

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**



**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO**

**PROYECTO DE TITULACIÓN**

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

**“MAGÍSTER EN ESTADÍSTICA CON MENCIÓN EN GESTIÓN DE  
LA CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD”**

**TEMA:**

APLICACIÓN DE TÉCNICAS ESTADÍSTICAS PARA EL CONTROL EN LA  
PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS BALANCEADOS

**AUTOR:**

VÍCTOR GABRIEL CEVALLOS GAVILANES

Guayaquil - Ecuador

2018

## **DEDICATORIA**

A mis Padres y abuelos por el ejemplo de perseverancia que me han dado siempre.

A mi familia por ser los pilares fundamentales en cada etapa de mi vida profesional a ellos por guiarme con paciencia, amor, educación y disciplina. Siendo la inspiración para el logro de mis metas.

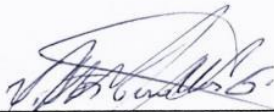
## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por darme vida, por brindarme la tenacidad para lograr mis metas.

Gracias a todos los profesores por compartir sus conocimientos con nosotros y brindarnos los consejos y guía para seguir superándonos cada día en nuestra profesión y en la vida.

## DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad por los hechos y doctrinas expuestas en este Proyecto de Graduación, me corresponde exclusivamente; el patrimonio intelectual del mismo, corresponde exclusivamente a la **Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, Departamento de Investigación y Postgrado** de la Escuela Superior Politécnica del Litoral.



ING. VICTOR GABRIEL CEVALLOS GAVILANES

## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



**Francisco Vera Alcívar, P.hD.**

**PRESIDENTE**



**M.Sc. Mónica Mite León**

**DIRECTOR**



**Sandra García Bustos, P.hD.**


**Vocal del Tribunal**



**Mgtr. Nadia Cárdenas Escobar**

**Vocal del Tribunal**

## AUTOR DEL PROYECTO



---

Ing. Víctor Cevallos Gavilanes

092655638-2

# Índice General

	Pág.
CAPÍTULO 1	
EL PROBLEMA.....	1
1.1. CONTEXTO DEL PROBLEMA .....	1
1.2. CAUSAS DEL PROBLEMA .....	2
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	3
1.4. OBJETIVOS.....	4
1.4.1. OBJETIVO GENERAL.....	4
1.4.2. OBJETIVO ESPECÍFICO .....	4
1.5. JUSTIFICACIÓN.....	5
1.6. ALCANCE .....	5
1.7. HIPÓTESIS.....	7
CAPÍTULO 2	
MARCO TEÓRICO .....	8
2.1. BASES TEÓRICAS.....	8
2.1.1. ALIMENTO BALANCEADO.....	10
2.1.1.1 USOS DE LOS ALIMENTOS BALANCEADOS .....	11
2.1.1.2 CLASIFICACIÓN DE LOS ALIMENTOS BALANCEADOS .....	11
2.1.1.3 INGREDIENTE PARA LA ELABORACIÓN DE ALIMENTOS BALANCEADOS .....	11

2.1.1.4	PROCESO DE ELABORACIÓN DE ALIMENTOS BALANCEADOS .....	12
2.1.1.5	TIPOS DE MEZCLAS UTILIZADAS EN LA ELABORACIÓN DE ALIMENTOS BALANCEADOS .....	13
2.1.1.6	HERRAMIENTAS UTILIZADAS EN LA ELABORACIÓN DE ALIMENTOS BALANCEADOS .....	14
2.1.2.	SITUACIÓN ACTUAL DE LA INDUSTRIA DE BALANCEADOS..	14
2.1.3.	USO DE LA ESTADÍSTICA.....	15
2.1.3.1.	PRUEBAS DE HIPÓTESIS .....	15
2.1.3.2.	ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA.....	16
2.1.3.3.	GRÁFICAS DE CONTROL .....	17
2.1.3.4.	REGRESIÓN LINEAL .....	17
2.1.3.5.	COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN.....	19
2.1.3.6.	ESTIMACIÓN B'S .....	20
2.1.3.7.	VARIANZA DE (B) .....	20
2.1.3.8.	PRUEBA DE HIPÓTESIS PARA LOS COEFICIENTES INDIVIDUALES DE LA REGRESIÓN MÚLTIPLE.....	20
2.1.3.9.	PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA GLOBAL EN LA REGRESIÓN (ANÁLISIS DE VARIANZA).....	21
2.1.3.10.	VIOLACIÓN A LOS SUPUESTOS.....	21
2.1.3.11.	ANÁLISIS DE RESIDUALES.....	22



2.1.3.12. LA APLICACIÓN DE LA ESTADÍSTICA EN LA INDUSTRIA DE BALANCEADOS .....	22
2.2. MARCO LEGAL .....	22
2.2.1. CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR .....	22
2.2.2. PLAN DEL BUEN VIVIR .....	23
2.2.3. LEY DE PROPIEDAD INTELECTUAL .....	24
CAPÍTULO 3	
DESARROLLO DEL CONTROL EN LA PRODUCCIÓN .....	26
3.1. CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS .....	26
3.2. APLICACIÓN DE TÉCNICAS ESTADÍSTICAS A LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS BALANCEADOS .....	27
3.2.1. PROCESOS Y COMPONENTES DE LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS BALANCEADOS .....	27
3.2.1.1. PROCESOS DE RECEPCIÓN.....	29
3.2.1.2. PROCESOS DE MOLIENDA .....	33
3.2.1.3. PROCESOS DE MEZCLADO .....	37
3.2.1.4. MODELO DE REGRESIÓN .....	41
CAPÍTULO 4 .....	49
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	49
RECOMENDACIONES:.....	51
BIBLIOGRAFÍA .....	52
GLOSARIO .....	55



# Índice de Cuadros

	<b>Pag.</b>
<b>Cuadro N°. 1:</b> Contenido máximo de impurezas permitidas en granos de uso para dietas. ....	30
<b>Cuadro N°. 2:</b> Resultados por Nivel de Humedad aplicando Gráfico de Control .....	31
<b>Cuadro N°. 3:</b> Resultados de Porcentaje de Impureza aplicando Gráficos de Control .....	32
<b>Cuadro N°. 4:</b> Datos de Nivel de Retención.....	34
<b>Cuadro N°. 5:</b> Datos de Nivel de Tratamiento Térmico. ....	38
<b>Cuadro N°. 6:</b> Cálculo de coeficientes.....	42
<b>Cuadro N°. 7:</b> Prueba de Kolmogorov-Samirnov.....	46
<b>Cuadro N°. 8:</b> Correlaciones .....	47

## Índice de Figura

	<b>Pag.</b>
<b>Figura 1:</b> Árbol de Problemas.....	3
<b>Figura 2:</b> Regiones de rechazo o aceptación en contrastes de hipótesis. ....	15
<b>Figura 3:</b> Flujograma del proceso de producción de alimento balanceado. ....	28
<b>Figura 4:</b> Gráficos de control para la media del Nivel de Humedad. ....	32
<b>Figura 5:</b> Gráficos de control para la media del Porcentaje de Impureza.....	33
<b>Figura 6:</b> Diagrama de caja de nivel de retención. ....	35
<b>Figura 7:</b> Gráfico de control de Nivel de Tratamiento Térmico. ....	37
<b>Figura 8:</b> Diagrama de caja de nivel de Tratamiento Térmica.....	38
<b>Figura 9:</b> Gráfico de control para la media del Nivel de Humedad.....	40
<b>Figura 10:</b> Gráfico de residuos para el Nivel de Humedad y porcentaje de impureza .....	45
<b>Figura 11:</b> Histograma de residuos .....	45
<b>Figura 12:</b> Gráfico de residuos para el Nivel de Humedad y porcentaje de impureza .....	47
<b>Figura 13:</b> Gráfico de residuos no estandarizados.....	48

## Abreviatura o Siglas

<b>SCT:</b>	Suma de Cuadrados Totales.
<b>SCM:</b>	Suma de Cuadrados explicada del Modelo.
<b>SCE:</b>	Suma de Cuadrados explicada de los Residuales o Error.
<b>Ph:</b>	Coeficiente que indica el grado de acidez.
<b>PDI:</b>	Porcentaje De Impureza
<b>PCDC:</b>	Puntos Críticos de Control.

## Presentación

El propósito de este estudio es el uso de técnicas estadísticas que van desde la descriptiva como medidas de tendencia central y de dispersión hasta más inferenciales como pruebas de hipótesis, gráficos de control, y regresión lineal para establecer los controles en el área productiva de la empresa AB más eficientes, lo que permita obtener información objetiva para mejorar dicha área de la empresa. La aplicación de estas técnicas facilita la determinación de parámetros de control dentro del proceso de producción de la empresa bajo estudio, así como también el análisis de datos históricos que identificarán comportamientos y patrones para definir actividades de buenas prácticas de manufactura. Una de las fortalezas de la aplicación de técnicas estadísticas es que brinda alarmas para la detección de situaciones atípicas que deben de ser mitigadas de forma inmediata para la mejora de los procesos internos. También aportan para la determinación de rangos admisible de operación óptima que beneficiarán a la organización bajo estudio.

El presente trabajo busca brindar una guía referencial y de aplicación de las técnicas estadísticas para la industria de los alimentos balanceados con la finalidad de mejorar el proceso productivo para volverlo mucho más eficiente, establecer controles analíticos para el proceso, así como una metodología de trabajo de supervisión objetiva basada en los datos para que el producto final sea de alta calidad.

La aplicación de las técnicas estadísticas en la empresa AB ha permitido mejorar los controles de supervisión sobre los procesos más críticos a partir de los datos recolectados. Todo esto mejoró el conocimiento de los colaboradores del proceso de producción de la organización sobre estadística y sus diversos usos

En el capítulo I, se presenta el planteamiento del problema, así como objetivos generales y específico del presente estudio. De igual manera, se establece la justificación bajo la cual se ha realizado la presente investigación tanto metodológicamente como prácticamente.

En el capítulo II, se presenta el marco teórico referente a las diversas técnicas estadísticas y su aplicación que permiten establecer controles de producción. Se expone además información relevante de la empresa, así como del proceso de producción de la empresa AB.

En el capítulo III, se expondrá el diseño y los diversos tipos de investigación, así como sus técnicas, métodos e instrumentos a usarse. En este apartado, se presenta la propuesta formulada como es la aplicación de técnicas estadísticas para el control de proceso del área de producción.

Finalmente, en el capítulo IV, se expondrán las conclusiones y recomendaciones, así como brevemente los resultados y objetivos alcanzados en este documento.

# **CAPÍTULO 1**

## **EL PROBLEMA**

### **1.1. CONTEXTO DEL PROBLEMA**

En el Ecuador, se estima que existen aproximadamente 360 empresas registradas y activas, dedicadas a la producción de alimentos balanceados para distintas especies. Muchas de estas organizaciones se encuentran en provincias como Tungurahua, El Oro y Cotopaxi. La producción de alimentos balanceados para animales fue de aproximadamente USD 502.2 millones (Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones, 2016). Dicha industria es uno de los sectores económicos más importante del país, y sus procesos operativos generan millonarios ingresos por lo que es importante establecer controles que le vuelvan más eficientes.

La Dirección de Inteligencia Comercial e Inversión (2016) definió que la producción de alimentos preparados para animales consiste en los siguientes elaborados:

- Balanceado para aves
- Balanceado para porcinos
- Balanceado para ganado
- Balanceado para peces
- Balanceado para camarones
- Balanceado para especies menores (cuyes y conejos)
- Balanceado para mascotas (perros, gatos y aves) (Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones, 2016)

La industria de alimentos para camarones de Ecuador cuenta actualmente con más de nueve proveedores por lo que la mayoría de la demanda se satisface mediante la producción local. La producción de balanceados cumple un rol muy importante en varios sectores que van desde el agrícola hasta el vacuno (Diccionario de la Real Academia Española, 2017). Pero así mismo, los costos para la producción de dichos balanceados son altos debido a su preparación,



formulación y facilidad de manejo. Las inversiones efectuadas en este tipo de industrias son millonarias, así como su demanda.

## **1.2. CAUSAS DEL PROBLEMA**

Causa Técnica: El desconocimiento y la dificultad de la aplicación de las herramientas analíticas de control, que generalmente son técnicas estadísticas aplicadas a los procesos operativos de una organización con la finalidad de poder hacer más eficiente dichas actividades, tal como se muestra en la Figura 1. Para la empresa AB en su proceso de producción se identificó que se carece de una adecuada aplicación de dichas técnicas que ha incidido en dicha área y por ende en el incumplimiento de las especificaciones y estándares definidos en la fórmula para la elaboración de los alimentos balanceados. Así mismo, esto genera la falta de identificación del valor óptimo que los parámetros críticos deben de cumplir como mínimo para que los resultados sean conformes.

Causa Económica: Al no contar con la medición adecuada, se genera producto no conforme. Ante ello, la organización procede a recuperar dicha producción mediante la adecuación del producto rechazado, teniendo como efecto un incremento en sus costos operativos. Incluso, en muchas organizaciones, esto provoca la implementación de nuevos procesos y actividades que se establecen cuando los problemas de inconformidad del producto se han vuelto crítico. Todo este entorno afecta los márgenes y rentabilidad de la empresa, así como el flujo y liquidez de la misma (ver Figura 1).

Causa Operativa: La no aplicación de técnicas estadísticas ha afectado a los programas de producción haciéndoles deficientes y generando costos adicionales, lo que genera a su vez que los tiempos de entrega no se cumplan y crea un *back* orden que se puede volver crítico convirtiéndose en una potencial no conformidad para los clientes y para la empresa. Muchos de los procesos operativos que no hacen uso de la Estadística, presentan problemas

internos que causan conflictos a los clientes internos de la organización. Se puede observar la Figura 1.

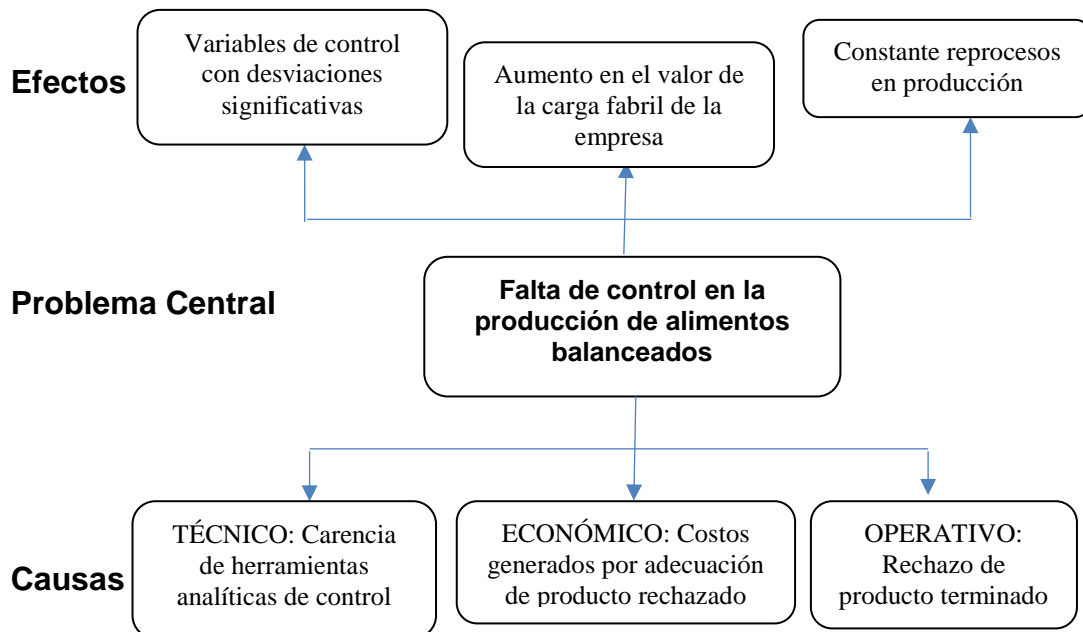


Figura 1: Árbol de Problemas.

Elaborado por: Víctor Cevallos

### 1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La empresa AB se encuentra ubicada en la ciudad de Yaguachi en el km 29 vía Durán-Milagro, y se dedica a la elaboración de alimentos balanceados para la industria acuícola, especialmente para camarones. Sus clientes pertenecen tanto al sector camaronero y distribuidores comerciales.

En los dos últimos años, la empresa AB ha presentado varios problemas en el área productiva; esto es debido, a la falta de control en las diferentes etapas del proceso de elaboración del balanceado, donde se han generado variaciones significativas y considerables en variables de control como son: porcentaje de grasa, humedad y proteína que determinan la inconformidad o reproceso del producto por motivo de incumplimientos de las especificaciones nutricionales establecidas en la receta (fórmula para elaboración del alimento balanceado).

Todo esto tiene un gran impacto económico en la empresa tanto en lo operativo como en su imagen. Y no contar con controles adecuados para la producción de los productos, representa una reducción significativa en el desempeño del área productiva; y, por ende, grandes pérdidas a la organización.

A pesar que la empresa ha realizado innovaciones en lo que respecta a la formulación por tonelada para la elaboración del alimento balanceado; sin embargo, presenta variaciones aproximadas en el intervalo  $\pm 1\%$  de lo formulado, ocasionando reproceso de producto terminado o haciendo llegar al productor camaronero más nutrientes en el alimento balanceado en sus diferentes formatos incrementando costos operativos.

El propósito de este estudio es de utilizar técnicas estadísticas para tratar de una manera más eficiente los controles de parámetros en el área productiva de la empresa AB, lo que permita tener una base razonable sobre la toma de decisiones por parte de los ejecutivos de la empresa.

## **1.4. OBJETIVOS**

### **1.4.1. OBJETIVO GENERAL**

Aplicar las técnicas estadísticas existentes para mejorar el control de los procesos del área de producción en la empresa AB con la finalidad de reducir las no conformidades del producto.

### **1.4.2. OBJETIVO ESPECÍFICO**

- Definir controles estadísticos de procesos para la elaboración del alimento balanceado para camarones.
- Elaborar un modelo de regresión lineal que permita determinar la influencia del porcentaje de impureza y el nivel de humedad en la variación de la proteína para establecer indicadores a través de estimadores estadísticos.

- Identificar las principales causas de la variación en la producción de la empresa AB haciendo uso de las técnicas estadísticas que permitan mejorar controles operacionales en los puntos de mayor incidencia.
- Reducir las inconformidades durante el proceso para la elaboración del alimento balanceado mediante la aplicación de técnicas estadísticas para optimizar los recursos del proceso y de la organización.
- Mejorar la fórmula de elaboración de productos balanceados mediante el establecimiento de rangos que determinen su combinación y mezcla óptima.

## **1.5. JUSTIFICACIÓN**

La presente investigación tiene como finalidad hacer uso de técnicas y métodos estadísticos para el control adecuado de los procesos de producción de alimentos balanceados, de tal manera que permita establecer un modelo de control apropiado para dicho proceso y reducir la cantidad de producto no conforme, así como monitorear de forma objetiva y medible las variables de control. Con este fin, la organización se beneficiará en cuanto a incrementar la productividad y mejorar aspectos relacionados con la calidad del producto reduciendo reprocesos y costos operativos asociados; también permite identificar falencias en el control de variables que inciden en la calidad y conformidad del producto terminado. La potencialidad de dichas herramientas radica en que es posible medir de forma objetiva las variables de interés y a partir de ello establecer estrategias y definir planes de acción para correctivos inmediatos. Finalmente, se persigue reducir en la organización, potenciales devoluciones de producto, quejas y reclamos de clientes, baja satisfacción del cliente y mayor eficiencia en el uso de todos sus recursos.

## **1.6. ALCANCE**

El presente estudio es aplicable a la empresa AB ubicada en el cantón Yaguachi, y temporalmente es aplicable al año 2017, en el cual se analizarán los procesos productivos en sus diferentes fases o actividades con el fin de

mejorar la eficiencia de dicha área y la calidad del producto objeto de la presente investigación.

## **1.7. HIPÓTESIS**

La aplicación de técnicas estadísticas como gráficos de control, prueba de hipótesis, estadística descriptiva y regresión lineal aplicados al área de producción de la empresa AB, brindarán un mayor control de los parámetros de porcentaje de grasa, humedad y proteína para que sean conforme a las especificaciones nutricionales establecidas en la receta o fórmula para la elaboración del alimento balanceado.

## **CAPÍTULO 2**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. BASES TEÓRICAS**

En este capítulo se realiza una breve revisión de estudios e investigaciones similares o problemática equivalente. Así mismo, se procederá a realizar un repaso a la situación del sector de alimentos balanceado en el Ecuador. Después se analizará la aplicación, sus beneficios, ventajas o desventajas de las técnicas estadísticas a nivel industrial, y el uso que se está haciendo de algunas herramientas estadísticas en el sector de elaborados de alimentos balanceados. Luego se procederá a presentar los conceptos más importantes que se hacen y harán uso dentro del presente desarrollo. También se presenta el marco legal aplicable al presente trabajo y a la organización bajo estudio.

A continuación, se presentará y expondrá varios estudios realizados en Ecuador y en Sudamérica referentes a la aplicación de técnicas estadísticas en el sector industrial y su mejora en los diversos procesos aplicados. Mucho de estos proyectos han servido de base teórica a partir de los alcances, objetivos, resultados, conclusiones y recomendaciones revisadas.

La información de dichos estudios permite tener una sólida teoría para la presente propuesta.

En los estudios e investigaciones que se mencionarán además de exponer las distintas técnicas estadísticas aplicadas, proporcionan una guía metodológica respecto a los elementos, herramientas y técnicas a ser utilizadas.

Según Fernández (2012) en el trabajo titulado “Desarrollo y aplicación de métodos estadísticos basados en recortes imparciales a datos de expresión génica de alta dimensionalidad”, se planteó la aplicación de herramientas estadísticas robustas en el análisis de datos expresión génica. El objetivo general es incorporar el concepto de recorte imparcial y que lo propone como base de la metodología, esto permitirá el análisis de grandes volúmenes de datos. Esta investigación tiene relación con el presente estudio debido a que

analiza un área de producción y se hace una revisión de técnicas estadísticas que han sido propuestas para este documento; llevando a la reflexión de las metodologías, técnicas e instrumentos examinados que ayuden a comprender el área de producción de la empresa AB. Finalmente, se concluyó que dicha aplicación de técnicas estadísticas permite la identificación de procesos de análisis biológicos de los genes y los diversos experimentos a los cuales se someten (Fernández, 2012).

Según Crow & Ruiz (2006) en el trabajo titulado “Aplicación de métodos estadísticos multivariados en el estudio de calidad de enmiendas orgánicas sólidas y líquidas preparadas en las provincias de Guayas, Los Ríos y El Oro”, se planteó utilizar técnicas estadísticas para la valoración de la calidad de productos orgánicos tanto sólidos como líquidos elaborados en fincas bananeras del litoral ecuatoriano. El objetivo general es evaluar estadísticamente que elemento o elementos inciden en la calidad del producto final obtenido. El estudio mencionado tiene relación con la presente investigación debido a que presenta el análisis sobre la calidad de productos orgánicos validando su conformidad con estándares internacionales. Para ello, se procedió a realizar y a utilizar técnicas de estadística multivariada aplicada a los resultados químicos, físicos y microbiológicos de las enmiendas orgánicas utilizadas. Finalmente, se concluyó que el usar técnicas estadísticas permitió obtener la mayor cantidad de información y la más relevante respecto a los diferentes factores analizados (Crow & Ruiz, 2006).

Según Zamudio & Hernández (2004) en el trabajo titulado “Aplicación de herramientas estadísticas para mejorar la calidad del proceso de mezcla de empaques de caucho para tubería en la empresa Eterna S.A.”, se planteó controlar el proceso y reducir pérdidas de material. El objetivo general es aplicar herramientas estadísticas para estudiar el proceso de mezcla en la fabricación de empaques de caucho para tubería. El estudio tiene relación con la presente investigación debido a que se detallan algunas herramientas que serán utilizadas y cuyos análisis de resultados también serán considerados para la aplicación a la organización que se encuentra bajo estudio actualmente.



Finalmente, se concluyó que al hacer uso de las herramientas estadísticas se obtuvieron resultados que permitieron la toma adecuada de decisiones para los parámetros críticos (Zamudio & Hernández, 2004).

Según Gras (2010) en el trabajo titulado “Estimación estadística, modelado y análisis de la transmisión y coste de la variabilidad en proceso multi-etapa. Aplicación en la fabricación de baldosas cerámicas”, se planteó establecer una metodología capaz de estudiar y modelar la transmisión de variabilidad y su coste para disponer de herramientas que permitan mejorar el proceso; y, su aplicación a la variabilidad dimensional de la producción de baldosas cerámicas. El objetivo general es mejorar el resultado de calidad del proceso, esto es la reducción de la variación observable en las características de calidad final del producto. Esto tiene relación con la presente investigación puesto que se busca la mejora un proceso productivo de igual manera. Finalmente, se concluyó las herramientas estadísticas son eficaces para modelar transmisión y costes (Gras, 2010).

### **2.1.1. ALIMENTO BALANCEADO**

El principal objetivo de los alimentos balanceados es garantizar una alimentación equilibrada que cumpla con requerimientos nutricionales. El alimento balanceado permite satisfacer necesidades no sólo para el animal sino también para el productor facilitando el aprovisionamiento y tiempo de preparación de los alimentos para animales (Chachapoya, 2014).

Los alimentos balanceados son el resultado de una mezcla de ingredientes en la que se busca un perfil nutricional deseado. Siendo una de las características más importantes el nivel proteico, seguido de elementos como grasa, hidratos de carbono, fibra, minerales y humedad que determinan el balance perfecto para la nutrición animal. El conjunto de ingredientes que forman parte de un alimento balanceado debe ser de estrictamente seleccionado, para asegurar un producto final que cumpla con los requisitos de fabricación; asimismo, en las etapas del proceso se deben tener ciertos parámetros o condiciones que

aseguren su cocción, textura y compactación del alimento (Parrales & Tamayo, 2012).

Los animales de especie menor como cerdos, pollos, conejos, cuyes, entre otros, se los conoce también como animales monogástricos; esta particularidad evita que los nutrientes puedan ser aprovechadas por el organismo del animal, debido a un mayor consumo de energía para poder asimilarlas (Chachapoya, 2014).

### **2.1.1.1 USOS DE LOS ALIMENTOS BALANCEADOS**

El uso de los alimentos balanceados se divide en:

- **Suplementaria:** A más de la dieta básica se suplementa con una provisión de minerales, vitaminas o concentrados proteicos (Chachapoya, 2014).
- **Complementaria:** Se entrega todos los nutrientes de acuerdo a la etapa de desarrollo de acuerdo al requerimiento (Chachapoya, 2014).

### **2.1.1.2 CLASIFICACIÓN DE LOS ALIMENTOS BALANCEADOS**

Los alimentos balanceados se clasifican tres tipos de alimentos:

- **Purificados:** Son alimentos costosos y se emplea con fines investigativos (Chachapoya, 2014).
- **Semi-purificados:** Son alimentos que se utilizan para determinar la eficiencia de los componentes alimenticios (Chachapoya, 2014).
- **Prácticos:** Son alimentos que sirven para satisfacer las necesidades nutricionales a un costo mínimo (Chachapoya, 2014).

### **2.1.1.3 INGREDIENTES PARA LA ELABORACIÓN DE ALIMENTOS BALANCEADOS**

- **Ingredientes de origen marino:** Son insumos o ingredientes como tal de origen marino contienen un 60% a 65% de proteína del total de su masa (Parrales & Tamayo, 2012).

- **Ingredientes de origen vegetal:** Este grupo de ingredientes representan una opción importante en la obtención de niveles proteicos significativos (Parrales & Tamayo, 2012).
- **Cereales y legumbres:** Grupo de materias primas que en muchos casos resultan de derivados de otras materias primas (Parrales & Tamayo, 2012).

#### **2.1.1.4 PROCESO DE ELABORACIÓN DE ALIMENTOS BALANCEADOS**

El proceso de producción de dichos alimentos está conformado por las siguientes fases:

- **Recepción de materia prima:** Las distintas materias primas que entran a la fábrica lo hacen normalmente en camiones y se procede a realizar un control de calidad para determinar si sus parámetros son conformes (Parrales & Tamayo, 2012).
- **Almacenamiento:** La materia prima se vierten en la tolva de recepción para su almacenamiento en silos y conservar su calidad nutricional (Parrales & Tamayo, 2012).
- **Formulación:** Establecer la cantidad de nutrientes que cumplan con los requerimientos nutricionales (Parrales & Tamayo, 2012).
- **Molienda:** Es el primer procesamiento que sufren las materias primas para alcanzar la granulometría adecuada (Parrales & Tamayo, 2012).
- **Pesaje:** Sirve para pesar los macro-ingredientes y micro-ingredientes (Parrales & Tamayo, 2012).
- **Mezclado:** Las materias primas molidas y parcialmente premezcladas desde la dosificación y molienda se descargan a mezcladora donde tras un tiempo de 30 segundos se le inyectan materias primas líquidas y adicionan pre-mezclas vitamínicas (Parrales & Tamayo, 2012).
- **Acondicionador:** Permite obtener un producto de óptima calidad en cuanto a estabilidad en el agua (Parrales & Tamayo, 2012).
- **Pelletización:** Es un proceso mecánico que modifican las características de las materias primas de tal manera que pre-cocina y mediante un molde o matriz le da la forma cilíndrica (Parrales & Tamayo, 2012).

- **Post-acondicionador:** Permite acondicionar de mejor manera el producto para su fácil digestibilidad (Parrales & Tamayo, 2012).
- **Enfriador:** Este equipo permita eliminar las condiciones que generan la proliferación de hongos en los elaborados (Parrales & Tamayo, 2012).
- **Tamizado:** Esta es una etapa de clasificación, el producto que sale del enfriador es segregado de tal manera que quede el mejor producto. El producto ingresa a las tolvas de ensaque, mientras que el producto fino es derivado nuevamente a la fase de pelletización (Parrales & Tamayo, 2012).
- **Producto Terminado:** Una vez ensacado el alimento, pasa por una serie de análisis de laboratorio. La confirmación de dichos análisis, permite liberar el producto para ser almacenado en las Bodegas de Producto Terminado (Parrales & Tamayo, 2012).

#### **2.1.1.5 TIPOS DE MEZCLAS**

Para la industria de los alimentos balanceados se producen tres tipos de mezclas, que son:

- a) **Seco o Polvo:** Mezcla de sustancias sin interacción química entre ellas. Los componentes individuales en una “mezcla heterogénea” están físicamente separados y pueden observarse como tales. En una mezcla homogénea el aspecto y la composición son uniformes en todas las partes (Chachapoya, 2014).
- b) **Pelletización:** Consiste en adicionar vapor de agua al material finamente molido y mezclado, para lograr una hidratación adecuada (Chachapoya, 2014).
- c) **Mezcla de Extrusión:** Sustancias a pasar por un troquel, creando así distintas formas de sección uniforme utilizadas en la industria alimenticia y otras, se puede efectuar el proceso en frío o caliente (Chachapoya, 2014).

### **2.1.1.6 HERRAMIENTAS**

Durante el proceso de preparación es necesario hacer uso de herramientas. Entre las herramientas y equipos que más se utilizan en dicha actividad para la elaboración de alimentos balanceados, se tienen:

- Manillas plásticas
- Recipientes de laboratorio
- Cosedora manual para saco
- Analizador de humedad
- Balanza digital de precisión
- Balanza de plataforma mecánica tipo romana
- Transportador de tronillo sin fin
- Tolva del molino de martillos
- Molino de martillos
- Mezcladora vertical de tornillo sin fin (Chachapoya, 2014).
- Pelletizadoras
- Tambores para baño de aceite

### **2.1.2. SITUACIÓN ACTUAL DE LA INDUSTRIA DE BALANCEADOS**

Desde el año 2000 hasta el año 2010, Ecuador aumentó su volumen de producción interna de alimentos balanceados de forma considerable por año. Pasó de miles a millones de toneladas de producción del producto. Pero en los últimos años se vio afectada por el encarecimiento de las materias primas (maíz amarillo, soya, trigo y otros) que son importadas (Chachapoya, 2014).

Existen aproximadamente 351 empresas dedicadas a la fabricación de alimentos balanceados para distintas especies. La mayoría se encuentran en las provincias de Tungurahua, El Oro y Cotopaxi (Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones, 2016).

En Ecuador, alrededor del 90% del maíz que se consume corresponde a la demanda de las empresas procesadoras de balanceados para la alimentación de pollos, cerdos, camarones, etc. (Chachapoya, 2014).

### 2.1.3. USO DE LA ESTADÍSTICA

Para la presente investigación se consideró el uso de las siguientes técnicas estadísticas considerando su facilidad de uso, comprensión y aplicación. La mejora en la producción de alimentos balanceados de la empresa AB, dependerá de la aplicación óptima de las técnicas estadísticas antes descritas.

#### 2.1.3.1. PRUEBAS DE HIPÓTESIS

A través del uso de información provista bien por una encuesta o una base de datos, se procede a validar hipótesis planteadas acerca de una población, características y/o sus parámetros de interés. (Dugarte, 2017). Una hipótesis es denotada como "H" y generalmente dos:

- $H_0$ : hipótesis nula
- $H_1$ : hipótesis alternativa.

Para contrastar dos hipótesis estadísticas, el investigador divide los resultados muestrales en dos zonas; una zona de rechazo y otra de aceptación, de manera que según como obtenga el resultado, se acepta o rechaza la hipótesis (Montero A. , 2018).

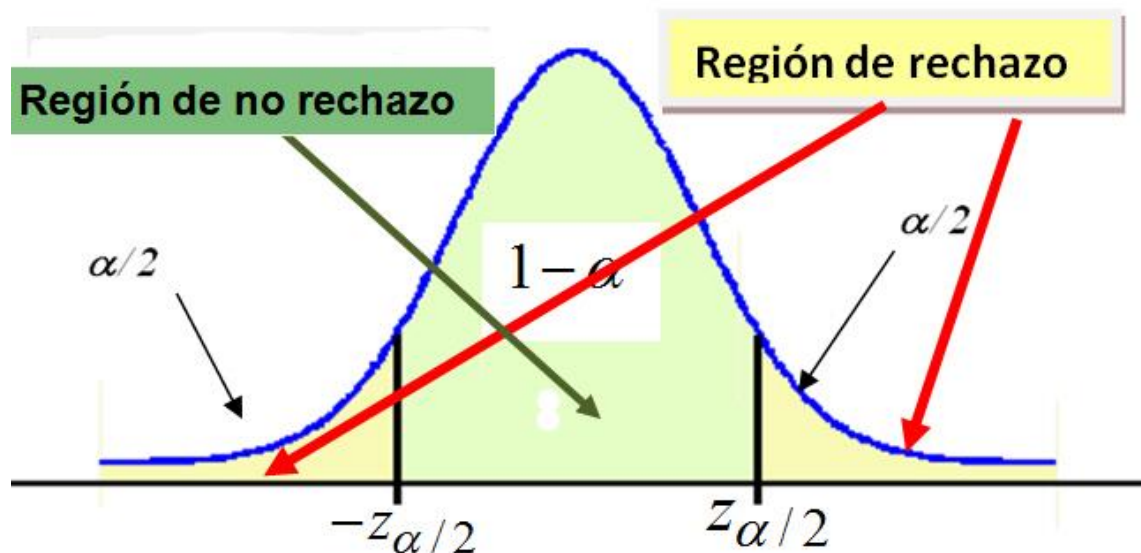


Figura 2: Regiones de rechazo o aceptación en contrastes de hipótesis.

Fuente: Tomado de Lara, A. (2018). Contraste de hipótesis. Disponible en: <http://www.ugr.es/~bioestad/guiaspss/practica6/cuerpo.html>

Al aplicar un contraste de hipótesis, se clasifican los puntos del espacio muestral en dos regiones excluyentes y complementarias:

- Región de Rechazo o Región Crítica: La formada por el conjunto de los valores del estadístico de contraste que nos llevan a rechazar la hipótesis nula  $H_0$ , se llama región crítica (los puntos que delimitan la región crítica se llaman puntos críticos) (Montero A. , 2018).
- Región de Aceptación o Región de No Rechazo: Es la formada por el conjunto de los valores del estadístico de contraste que nos lleva a aceptar la hipótesis nula  $H_0$  (Montero A. , 2018).

Será utilizada en el presente estudio debido a que se tomarán muestras de los subproductos generados en cada uno de los procesos que conforman el proceso de producción de la empresa AB que es objeto de esta investigación. A partir de esto, se deberá establecer si dichas muestras cumplen o no con la hipótesis establecidas o parámetros de producción esperados.

### **2.1.3.2. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA**

Permite a través de diversas técnicas y cálculos de análisis descriptivo basado en medidas centrales, la organización, agrupación y análisis de los datos en tablas y gráficos, así como el cálculo de medidas numéricas. Se pueden aplicar a una muestra, o a una población completa (Pascuzzo-Lima, 2011).

Existen Varias formas de representarla:

- En tablas, donde la variable es descrita en la primera columna y en las subsiguientes los valores de interés de acuerdo al tipo de variable. Es decir, datos que aporten valor descriptivo (Pascuzzo-Lima, 2011).
- En gráficos, normalmente en el eje X las variables, y en el eje Y las frecuencias. Dependiendo el tipo de gráfico, se puede agregar otras medidas como la media, que son de tendencia central, por citar un ejemplo (Pascuzzo-Lima, 2011).

Esta técnica brinda un rápido análisis a partir de datos recolectados y el uso de cálculos establecidos, de tal forma que facilita la toma rápida de decisiones y llega a identificar desviaciones significativas si las variables medidas se ven

afectadas. Todo esto es vital y crítico en un área tan importante como es la de producción. En este caso particular de la presente investigación, se consideró importante su uso para la empresa AB y dado el alcance de este estudio.

### **2.1.3.3. GRÁFICAS DE CONTROL**

Se representa el comportamiento de un proceso y cuyo fin es descubrir las causas asignables de variación y mostrar dichas tendencias. Es una de las herramientas de análisis y solución de problemas más conocida. Generalmente, se elabora un diagrama que muestra los valores producto de la medición de una característica de calidad, a través del tiempo. En él establecemos una línea central o valor nominal, que suele ser el objetivo del proceso o el promedio histórico, junto a uno o más límites de control, tanto superior como inferior, usados para determinar cuándo es necesario analizar una eventualidad (Medina, 2016).

El uso de esta herramienta estadística es que permite establecer parámetros a las variables de interés de tal forma que se puede llevar un control objetivo sobre su evolución y tendencia, así como la identificación inmediata de cualquier situación anómala que llegase a afectar a todo el proceso en sí. Bajo ese panorama, una herramienta como la descrita facilitará al área de producción elementos de convicción objetiva que fortalecerá la supervisión de todas sus actividades.

### **2.1.3.4. REGRESIÓN LINEAL**

El análisis de regresión establece la relación entre dos o más variables (Álvarez, 2008). El objetivo de este tipo de técnica estadística es encontrar modelo de tal manera que permita:

1. Identificar la relación las variables (dependiente e independientes) (Álvarez, 2008).
2. Establecer la variación que explica la relación entre las variables (dependiente a través de las independientes) y cuáles explican mejor unas a la otra (Álvarez, 2008).



3. Calcular valores futuros con la mayor precisión posible (Álvarez, 2008).

El modelo de regresión es:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \dots + \beta_k X_{ij} + \varepsilon_i \quad (2.1)$$

Donde:

$Y_i$ : Es la variable dependiente para la  $i$ -ésima observación

$\beta_j$ : Es el coeficiente de la  $j$ -ésima observación

$X_{ij}$ : Es la  $j$ -ésima variable independiente para la  $i$ -ésima observación

$\varepsilon_i$ : Es el  $i$ -ésimo error

La representación matricial de la regresión es:

$$Y = X \beta + \varepsilon \quad (2.2)$$

Donde:

$Y$ : Es el vector formado por la  $n$  observaciones de la variable dependiente.

$X$ : Es una matriz de tamaño  $(n \times (k + 1))$ , formado por las observaciones de las  $k$  variables independientes que contiene en la primera columna unos (la constante de la regresión).

$\beta$ : El vector de coeficientes poblacionales cuya dimensión es de  $(k+1)$

$\varepsilon$ : Es un vector de errores aleatorios de dimensión  $n$

“Generalmente, en cualquier estudio se tiene una muestra de datos que es obtenido por encuestas o datos históricos de la problemática a estudiar; es por ello que se hace necesario que los parámetros de regresión ( $\beta$ ) sean calculados para que sean estimados y, así, poder hacer inferencias a partir de la muestra original para la población total de estudio. La técnica de mayor uso para realizar la estimación es -generalmente- la de mínimo cuadrados ordinarios que facilita y establece el mejor ajuste a los datos. Para ello, dicha técnica estima la “proximidad” a partir de los cuadrados de las distancias de todos los datos en un plano cartesiano donde también se dibujará a la línea

de regresión. La línea de regresión es semejante a  $E[ Y_i | X_{ij} ] = X\beta$ " (Álvarez, 2008).

Para la aplicación y análisis en el uso de la regresión es necesario el cumplimiento de supuestos que permiten validar un modelo (Álvarez, 2008). Así se tiene:

1. El valor promedio del error  $i$ -ésimo  $\varepsilon_i$ , debe de ser igual a cero (Álvarez, 2008).
2. La varianza del error  $i$ -ésimo  $\varepsilon_i$  debe de ser es constante (homocedástica)
3. El error  $i$ -ésimo  $\varepsilon_i$  es una variable independiente y normalmente distribuida con media 0 y  $\delta^2$  (Álvarez, 2008).
4. Las variables independientes son no estocásticas. Este supuesto puede ser apropiado para experimentos de laboratorio, en lo que el investigador tiene el control sobre las variables explicativas, puede fijar el valor de las mismas y observar los resultados obtenidos para la variable endógena en experimentos repetidos; o para el caso de variables que se construyen artificialmente, como pueden ser las tendencias lineales o las variables ficticias (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos - Argentina, 2010).
5. Las variables independientes no tienen multicolinealidad (Álvarez, 2008).

#### 2.1.3.5. COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN.

El modelo de regresión permite establecer la existencia de una relación que entre variables. Existen un sinnúmero de medidas, entre la que más destaca y es de mayor uso se encuentra el Coeficiente de Determinación ( $R^2$ ) (Álvarez, 2008). El coeficiente tiene un valor que se rige en el rango entre cero y uno. La fórmula es:

$$R^2 = \frac{SCM}{SCT} = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - Y)^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - Y)^2} \quad (2.3)$$

Donde:

SCM: Suma de cuadrados del modelo

SCT: Suma de cuadrados totales.

### **2.1.3.6. ESTIMACIÓN DE LOS COEFICIENTES $\beta$**

Se estiman los coeficientes  $\beta$  para establecer el efecto de las variables independientes sobre la variable dependiente. Para la estimación de los coeficientes  $\beta$  se hace uso de la técnica de mínimos cuadrados, que es la más común para dicho procedimiento (Álvarez, 2008). Así se tiene:

$$\beta = (X'X)^{-1} X'Y \quad (2.4)$$

La matriz  $(X'X)^{-1}$  es conocida como “La Hat Matrix”; esto es porque la matriz anterior permite estimar de forma eficiente a los coeficientes  $\beta$ . Dicha matriz expresada es de suma importancia debido a que facilita la determinación de los pesos  $\beta$  (Álvarez, 2008).

### **2.1.3.7. VARIANZA DE ( $\beta$ )**

Obtenido los valores estimados de los coeficientes  $\beta$ , se procede a realizar el cálculo de la varianza de dichos coeficientes (Álvarez, 2008). Así se:

$$\text{Var} [\beta_i] = \sigma^2 [X'X]^{-1} \quad (2.5)$$

Donde  $\sigma^2$  es desconocida y:

$$\tilde{\sigma} = \frac{\sigma_u^2}{n S_x^2} \quad (2.6)$$

### **2.1.3.8. PRUEBA DE HIPÓTESIS PARA LOS COEFICIENTES INDIVIDUALES DE LA REGRESIÓN MÚLTIPLE.**

Al realizar inferencia en modelos de regresión muestral, de forma práctica, se asume que los errores son variables independiente y distribuida normalmente con media cero y varianza constante ( $\sigma^2$ ), así como coeficientes  $\beta$  insesgados y con distribución normal (Álvarez, 2008).

La normalidad de los errores permite establecer estimadores para los coeficientes  $\beta$  con distribución normal, media igual al valor verdadero del coeficiente de  $\beta$  y una varianza  $\sigma^2$  multiplicado por el elemento adecuado en la diagonal de la matriz inversa  $[X_t X]^{-1}$ . Esto permite el uso de la distribución t con  $(\alpha/2, n-(k+1))$  grados de libertad (donde k es el número de parámetros a estimar) (Álvarez, 2008). De tal forma que el estadístico t se calcula:

$$t = \frac{\hat{\beta}_i - \beta_i}{\text{var}[\hat{\beta}_i]^{1/2}} \quad (2.7)$$

La distribución t permite la realización de pruebas de hipótesis respecto al verdadero valor de los coeficientes  $\beta$ .

#### **2.1.3.9. PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA GLOBAL EN LA REGRESIÓN (ANÁLISIS DE VARIANZA)**

El análisis de varianza es una de las metodologías más utilizadas en la regresión. Para ello, hace uso de las sumatorias de cuadrados totales (SCT), de cuadrados explicada del modelo (SCM) y de los residuales (SCE). Tiene como objetivo validar la hipótesis nula donde se considera que todos los coeficientes  $\beta$  son iguales a cero (Álvarez, 2008).

Para lo anterior, se requiere que:

SCE/ $\sigma^2$ : Tiene una distribución  $\chi^2$  (Ji-cuadrada) con  $(N-k-1)$  grados de libertad.

SCM/ $\sigma^2$ : Tiene una distribución  $\chi^2$  (Ji-cuadrada) con k grados de libertad.

Ambas distribuciones son independientes.

Para validar y verificar la hipótesis nula se hace uso del estadístico F, al dividir las dos expresiones anteriores (Álvarez, 2008).

#### **2.1.3.10. VIOLACIÓN A LOS SUPUESTOS.**

El incumplimiento de los supuestos requeridos para la validación de un modelo de regresión puede tener como efecto negativo y gravísimo el rechazo de un modelo. Para ello, se hace uso de los estadísticos de prueba como t, F o el Coeficiente de Correlación ( $R^2$ ) (Álvarez, 2008).

### **2.1.3.11. ANÁLISIS DE RESIDUALES.**

Los residuales son la diferencia entre el dato original y el calculado o ajustado por el modelo de regresión. La suma de cuadrados de los residuales es la variabilidad no explicada por el modelo de regresión. Los residuales no son independientes, pero los errores si lo son. Los residuales se utilizan para analizar la eficacia de los supuestos (Álvarez, 2008).

### **2.1.3.12. LA APLICACIÓN DE LA OPTIMIZACIÓN EN LA INDUSTRIA DE BALANCEADOS**

Dentro de la industria de alimento balanceado para camarones, la técnica estadística que se aplica con mayor frecuencia es el de programación lineal, debido a que permite optimizar recursos y materiales enfocados a establecer la ración equilibrada entre los ingredientes a emplearse y el costo final que tendrá la dieta. Así el productor asegura la inversión que realiza en la producción de alimentos balanceados y los costos de las materias primas que se utilizan están entre 70 a 85%, lo que equivale para el productor pecuario entre un 60 a 70% del costo de producción en la industria pecuaria (Chachapoya, 2014).

En este sentido, se puede observar que la estadística es utilizada dentro de dicha actividad económica, pero requieren de conocimiento técnicos para su aplicación efectiva que conlleve a los resultados y objetivos trazados. Es así que para la empresa AB se ha considerado la aplicación de técnicas estadísticas enfocadas al control de los procesos del área de producción con la finalidad de reducir la no conformidad en su producto final, y a pesar que no hará uso de técnicas complejas como la programación lineal, se consideró las herramientas antes expuestas por su facilidad de uso, comprensión y aplicación en la organización objeto del presente estudio.

## **2.2. MARCO LEGAL**

### **2.2.1. CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR**

En el Título VI “Régimen de Desarrollo”, Capítulo “Trabajo y Producción” en la Sección Primera “Formas de Organización de la Producción y su Gestión”; en su artículo 319 se establece que:

“Se reconocen diversas formas de organización de la producción en la economía, entre otras las comunitarias, cooperativas, empresariales públicas o privadas, asociativas, familiares, domésticas, autónomas y mixtas. El Estado promoverá las formas de producción que aseguren el buen vivir de la población y desincentivará aquellas que atenten contra sus derechos o los de la naturaleza; alentará la producción que satisfaga la demanda interna y garantice una activa participación del Ecuador en el contexto internacional” (Asamblea Nacional, 2008).

Así mismo en el artículo 320 establece que:

“En las diversas formas de organización de los procesos de producción se estimulará una gestión participativa, transparente y eficiente. La producción, en cualquiera de sus formas, se sujetará a principios y normas de calidad, sostenibilidad, productividad sistémica, valoración del trabajo y eficiencia económica y social” (Asamblea Nacional, 2008).

Por lo anteriormente expuesto, la actual Constitución de la República del Ecuador garantiza las diversas formas de producción, así como la organización empresarial para el emprendimiento de nuevos productos y servicios.

### **2.2.2. PLAN DEL BUEN VIVIR**

De acuerdo a las líneas de investigación establecidas para el presente estudio y acorde a la temática, se ha considerado mencionar los siguientes objetivos:

- Objetivo 4. Fortalecer las capacidades y potencialidades de la ciudadanía. Para ello, el presente estudio brinda y facilita herramientas y técnicas estadísticas de fácil uso, comprensión y aplicación al personal de una organización en un sector industrial como es la elaboración de alimentos balanceados para camarones, pero que también puede ser utilizado por colaboradores de otras empresas de otras actividades económicas. Dando cumplimiento al objetivo del Plan del Buen Vivir que ha sido expuesto (Consejo Nacional de Planificación, 2013).

- Objetivo 8. Consolidar el sistema económico social y solidario, de forma sostenible. Al mejorar la calidad del producto de la empresa AB mejorando su propio proceso productivo a través de la aplicación de técnicas estadísticas, permitirá reducir la no conformidad de sus productos, mejorar su producción y por ende los ingresos de la organización, aumentando su contribución tributaria que consolidará el sistema económico ecuatoriano. Así se da cumplimiento del objetivo del Plan del Buen Vivir que ha sido expuesto (Consejo Nacional de Planificación, 2013).
- Objetivo 9. Garantizar el trabajo digno en todas sus formas. El estudio al brindar técnicas de fácil uso, comprensión y aplicación, también permite reforzar y capacitar las competencias de los colaboradores del área de producción de la empresa AB, como de otras industrias o actividades económicas. Así se da cumplimiento al objetivo del Plan del Buen Vivir que ha sido expuesto (Consejo Nacional de Planificación, 2013).
- Objetivo 10. Impulsar la transformación de la matriz productiva. Al capacitar al personal en técnicas estadísticas aplicadas a áreas de producción dentro de la industria de alimentos balanceados para camarones, esto permite aumentar la participación de mano de obra con ocupación plena. Para la empresa AB permitirá mejorar su producción y aumentar a largo plazo su participación dentro de la industria manufacturera en que opera. Así se da cumplimiento al objetivo del Plan del Buen Vivir que ha sido expuesto (Consejo Nacional de Planificación, 2013).

### **2.2.3. LEY DE PROPIEDAD INTELECTUAL**

En su artículo 129 se establece que: “El derecho de la patente sobre una invención desarrollada en cumplimiento de un contrato pertenece al mandante o al empleador, salvo estipulaciones en contrario” (Instituto Ecuatoriano de Propiedad Intelectual, 2006). Esto permite el desarrollo de nuevas soluciones tanto operativas internas para la empresa como para los clientes, generando a la organización una ventaja competitiva importante sobre sus demás rivales o potenciales competidores.

En este sentido, la empresa AB debe de resguardar la fórmula que hace uso para la elaboración de alimentos balanceados debido a su innovación que brinda más beneficios para los clientes y usuarios.



## **CAPÍTULO 3**

### **DESARROLLO DEL CONTROL EN LA PRODUCCIÓN**

#### **3.1. CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS**

El control estadístico de procesos permite dar seguimiento y medir de forma objetiva el cumplimiento de las metas establecidas por la organización para sus actividades internas, así como reducir o mitigar no conformidades que se pueden presentar por la variabilidad de las mismas.

El control estadístico de procesos surge y es producto del trabajo en equipo. Dicho trabajo en equipo es organizado, planificado, creativo; lo que exige un compromiso entre todos los colaboradores, sin excepción, de la empresa.

Es importante mencionar que, a través de la experiencia adquirida en empresas del sector de alimentos balanceados, el control proporciona un estándar que optimiza el trabajo, pero delega responsabilidad y autoridad.

Esto implica que, para ejercer un control sobre los procesos, la información recabada mediante la supervisión realizada permitirá el análisis del proceso y su mejora.

Para realizar el control de los procesos, es necesario la aplicación de la estadística. Debido a que la estadística es una herramienta objetiva y adaptable para cualquier industria, sector o actividad económica que facilita las operaciones internas mejorando la producción y la eficiencia en las diversas actividades.

Los diversos objetivos que busca alcanzar la aplicación de la estadística como control es prevenir los defectos en la producción, y para ello se procede al desarrollo de sistemas internos de control.

Las personas son la base fundamental para el óptimo funcionamiento de los controles. Pues son las personas las que dan el seguimiento de la aplicación correcta de las actividades de supervisión. A pesar de ello, existe también una variabilidad inherente como característica humana; es por eso que la

organización debe definir y establecer sistemas internos para el adecuado tratamiento estadístico de los datos.

## **3.2. APLICACIÓN DE TÉCNICAS ESTADÍSTICAS A LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS BALANCEADOS**

Se procederá a identificar las características de dichos procesos que son realmente necesarias para controlar y supervisar de forma constante, debido que afectan directamente al producto. Así mismo, dichos procesos tienen actividades repetitivas, y eso permite la estandarización de sus salidas.

Los procesos de producción generan una gran cantidad de datos que no son analizados de forma adecuada, lo que impide que se tomen decisiones a tiempo o se lleguen a identificar problemas con antelación. Ante eso, es necesario la aplicación y uso de técnicas estadísticas para la obtención de información para mejorar el control de los procesos productivos y su eficiencia para la empresa AB.

Para ello, se procederá a identificar las principales características de interés a controlar mediante la elaboración del flujo de producción que permitirá el uso de técnicas estadísticas como gráficos de control, prueba de hipótesis, estadística descriptiva y regresión lineal.

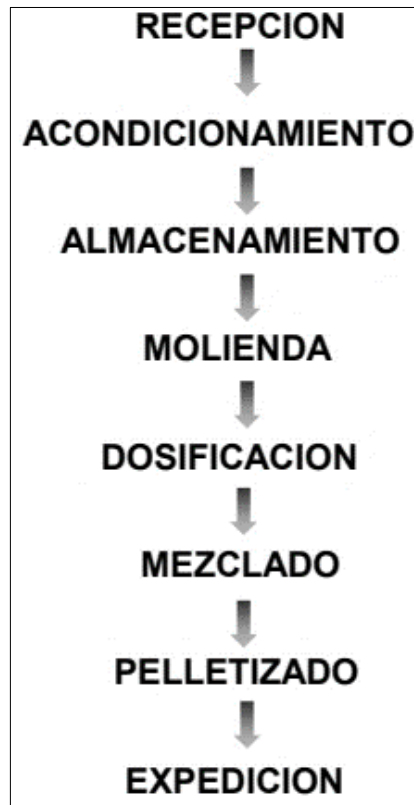
### **3.2.1. PROCESOS Y COMPONENTES DE LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS BALANCEADOS**

El proceso, al igual que otros procesos internos de cualquier organización, se compone de la siguiente manera:

- Entrada: Conformada por la materia prima.
- Proceso: Conformado por los equipos, actividades, control de calidad y administración.
- Salida Conformado por el producto terminado.

El control del proceso permitirá la producción de alimentos de alta calidad y bajo costos. Es por ello la importancia de aplicar técnicas estadísticas en dicho proceso.

El diagrama de flujo correspondiente al proceso productivo de la empresa AB, se conformó de la siguiente manera:



*Figura 3: Flujograma del proceso de producción de alimento balanceado.*

*Elaborado por: Víctor Cevallos*

Una vez establecido el flujograma correspondiente del proceso de producción, se describirá cada uno de los procesos donde se identificaron riesgos potenciales a los cuales, se le establecerán la técnica estadística apropiada para la mitigación de los defectos que se puedan presentar durante la producción. El proceso de producción está conformado por: Recepción, Molienda, Mezclado y Pelletizado (Asamblea Nacional, 2016).

La aplicación de las técnicas estadísticas no sería posible sin una muestra cuyo tamaño sea óptimo y que a su vez permita un control ágil y eficiente.

Dada la gran cantidad de materia prima, así como los diferentes tipos de envases que se receptan, es prioritario establecer el cálculo del tamaño de muestra. Así se tiene que:

- a) Para determinar el número de bolsas de materia prima a muestrear, se deberá utilizar la siguiente fórmula:

$$X = \sqrt{N} \quad (3.1)$$

Siendo:

N: Total de bolsas de materia prima.

X: Cantidad de materia prima a muestrear

Es importante mencionar que la fórmula anteriormente mencionada, es recomendada por el Centro de Información de Actividades Porcinas de Argentina, organización enfocada en la mejora para una adecuada gestión y control en planta de alimentos balanceados. Acogiendo dicha sugerencia se ha procedido aplicar obteniendo con esos las muestras que se expondrán más adelante.

- b) Para determinar cantidad de materia prima a granel que se debe muestrear, se procede a seleccionar puntos al azar, preferiblemente seleccionar de la parte de abajo del embalaje o envase de la materia prima.

Dicha muestra es calculada en los procesos de recepción, para medir si la materia prima cumple con estándares internos, nacionales e internacionales para alimentos balanceados de alta calidad.

### **3.2.1.1. PROCESOS DE RECEPCIÓN**

El proceso de recepción es la primera actividad y en donde inicia todo el proceso de producción de alimentos balanceados. El riesgo potencial radica en que, si no se controla y supervisa desde un principio, existe alta probabilidades de que el producto final tenga defectos y no conformidades.

Así se tiene que, para determinar el número de bolsas de materia prima a muestrear, se utilizará la fórmula (3.1):

$$X = \sqrt{N} \quad (3.1)$$

Siendo:

N: 3.025 bolsas de materia prima que se receipta en una orden de compra.

X: Cantidad de materia prima a muestrear

Reemplazando:

$$X = \sqrt{N} = \sqrt{3.025} = 55$$

Una vez definida la cantidad y el método de muestreo (aleatorio simple) para completar el tamaño de la muestra determinado e medir los parámetros de interés. En este proceso es de interés las siguientes características:

- Comercial: Grado, Condición y Ph.
- Físicos: Granulometría y Porcentaje de Impureza (PDI).
- Químicos: Humedad, Proteína Cruda, Grasa, Fibra Cruda, Cenizas, Acidez Oleica, I. Peróxidos, Act. Ureásica, Micotoxinas y Minerales.
- Microbiológicos: Recuento de bacterias, Hongos y Levaduras, Enterobacterias y Salmonella.

Para identificar y establecer los parámetros que serán considerados para medir, supervisar y controlar mediante la aplicación de técnicas y herramientas estadísticas, es necesario revisar lo que la normativa ecuatoriana requiere respecto a las materias primas que se utilicen en la producción de alimentos balanceados. Se ha considerado para la evaluación física-química de la materia prima la característica de nivel de humedad y porcentaje de impureza (PDI). En el siguiente cuadro se explica el contenido máximo de impurezas (Porcentaje De Impureza) y Nivel de Humedad permitidas en los diversos granos que se utilizan para la elaboración de dietas y alimentos balanceados. Así se tiene que:

*Cuadro N°. 1: Contenido máximo de impurezas permitidas en granos de uso para dietas.*

Producto	Límites Máximos	
	% Humedad	% Impurezas
Maíz	14,50	3,00
Trigo	14,00	1,50
Frijol	15,00	3,00
Sorgo	14,00	4,00
Arroz	13,00	2,50

Soya	14,00	6,00
------	-------	------

*Elaborado por: Víctor Cevallos*

*Fuente: Tomado del Departamento de Agricultura de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2017). Manual de manejo postcosecha de grano. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/X5027S/x5027S03.htm>*

Para el control en la producción y aplicar técnicas estadísticas se ha procedido a establecer como una técnica los gráficos de control para la media del Nivel de Humedad y Porcentaje de Impureza (PDI). Para ello, se inicia estableciendo un rango de +/- del 1% al valor esperado, debido a que, si excede los límites establecidos en humedad y porcentaje de impureza, se procederá con acciones correctivas que permitan que la materia prima recibida sea la más óptima. Para determinar los límites requeridos e inherentes del proceso, se utilizará las cartas de control  $\bar{x} - R$  para muestras únicas, de tal manera que se fijarán estos estimadores estadísticos para el control de la humedad y el porcentaje de impurezas en materia prima. Para verificar y validar la técnica estadística de gráficos de control, se procedió a tomar una muestra donde se midió su nivel de humedad y el porcentaje de impureza.

Los datos tomados fueron tomados en procesos bajo control. A continuación, se muestran los resultados aplicando la carta de control al nivel de humedad. Así se tiene:

*Cuadro N°. 2: Resultados por Nivel de Humedad aplicando Gráfico de Control*

<b>Item</b>	<b>Valor de item</b>
Cantidad de Lote:	3.000 sacos
Muestra:	$\sqrt{3.000} = 55$ sacos
Valor esperado:	14,50%
Límite Superior:	16%
Límite Inferior:	13%

*Elaborado por: Víctor Cevallos*

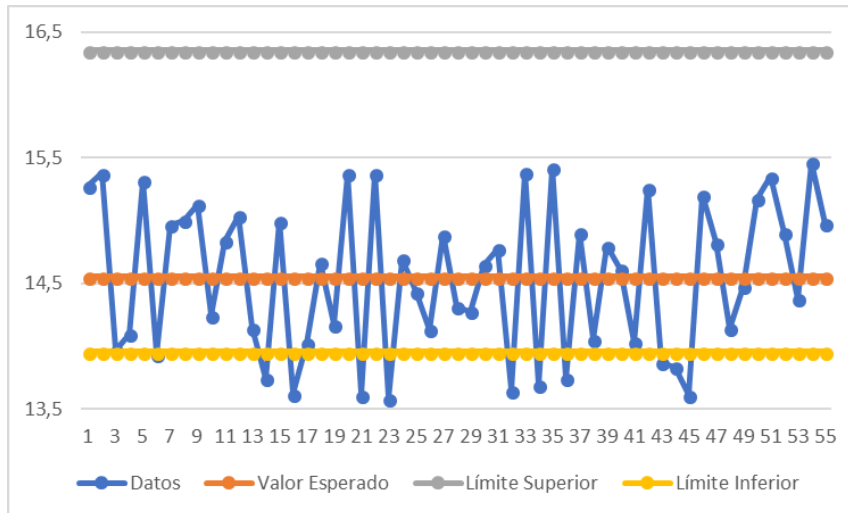


Figura 4: Gráficos de control para la media del Nivel de Humedad.

Elaborado por: Víctor Cevallos

Observando la Figura 3 donde se presenta el gráfico de control para la media del nivel de humedad, se puede identificar que existe varios puntos que están fuera de control, en este aspecto se evidencia que sus valores estuvieron por debajo del límite inferior calculado, demostrando que existe una causalidad. En la investigación se determinó que no existe un control previo del maíz antes de su ingreso a las bodegas de la empresa cuando ha sido adquirido para establecer que cumpla con los niveles de humedad requeridos y establecidos por la organización bajo estudio. Esto se dará a conocer a la gerencia para que apruebe implementar las medidas correctivas mencionadas. Así se pone en evidencia que esta herramienta permitirá establecer controles futuros para la variable y proceso de interés antes descrito. Los datos tomados fueron tomados en procesos bajo control. Luego, se procedió medir su Porcentaje de Impureza. Lo cual se muestra a continuación los resultados aplicando los gráficos de control.

Cuadro N°. 3: Resultados de Porcentaje de Impureza aplicando Gráficos de Control

Item	Valor de item
Cantidad de Lote:	3.000 sacos
Muestra:	$\sqrt{3.000} = 55$ sacos
Valor esperado:	3%
Límite Superior:	4.5%
Límite Inferior:	2%

Elaborado por: Víctor Cevallos

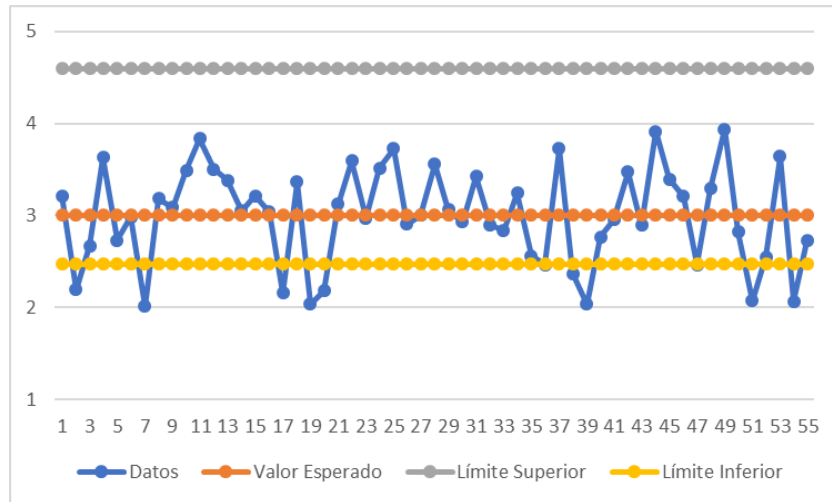


Figura 5: Gráficos de control para la media del Porcentaje de Impureza.

Elaborado por: Víctor Cevallos

Observando la Figura 4, donde se presenta el gráfico de control para la media del porcentaje de impureza, se puede identificar visualmente que hay algunos puntos que se encuentran “fuera de control”, pero para efectos del proceso de producción es conveniente que tenga la menor cantidad de impureza; por lo tanto, el control al porcentaje de impureza (PDI) se realiza de forma efectiva. Esta herramienta permitirá establecer controles futuros para la variable y proceso de interés antes descrito.

Se puede concluir que aplicar el gráfico de control a las características de evaluación física-química como son: Nivel de Humedad y Porcentaje de Impureza, facilita rápidamente su análisis, así como verifica el cumplimiento de los porcentajes y límites permitidos.

### 3.2.1.2. PROCESOS DE MOLIENDA

Para dicho proceso se consideró analizar las siguientes características de interés como son:

- Pre-molienda
- Post-molienda

En dichas operaciones la mezcla sufre una transformación y ésta es reducida a partículas muy pequeñas.



En la operación de post molienda, se determina que debe de ser menor a 20% de retención de partículas en la malla de paso, de acuerdo a lo establecido como procedimiento interno por parte de la empresa el cual nos indica que en malla de 500 (micras) el porcentaje de retención de partículas debe estar entre (0 y 1) %, pero en malla de 250 (micras) debe ser máximo 20% de partículas retenidas a este sistema se le denomina análisis de granulometría.

Se sigue el procedimiento anterior de tomar una muestra, que fue calculada en 55 muestras en un determinado tiempo dividida en cada turno y para la aplicación de una técnica estadística adecuada.

Se hizo uso de la muestra anteriormente considerada para poder dar una trazabilidad y seguimiento al componente del producto final. En este aspecto, se consideró aplicar el cálculo para Intervalos de Confianza. Los datos son presentados en el Anexo. A partir de esta muestra, se determinaron los siguientes cálculos estadísticos:

*Cuadro N°. 4: Datos de Nivel de Retención de la muestra.*

<i>Datos</i>	
Media	22,44211332
Error típico	0,195717541
Mediana	22,21167638
Moda	#N/A
Desviación estándar	1,45148013
Varianza de la muestra	2,106794569
Curtosis	-1,168456792
Coefficiente de asimetría	0,133259273
Rango	4,925992615
Mínimo	20,0367748
Máximo	24,96276742
Suma	1234,316233
Cuenta	55
Mayor (1)	24,96276742
Menor(1)	20,0367748
Nivel de confianza(95,0%)	0,392390044

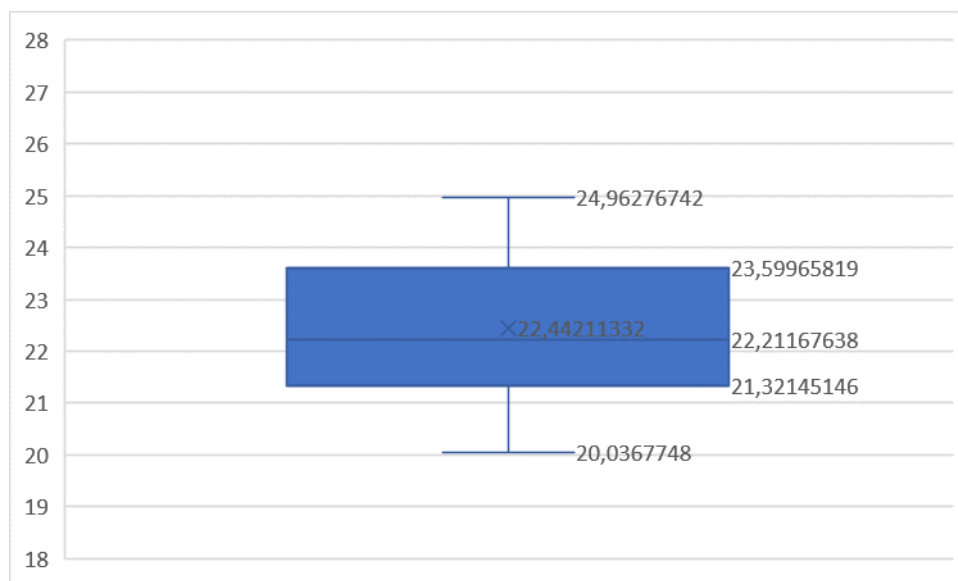
*Elaborado por: Víctor Cevallos*

Entre los resultados alcanzados se tiene que el promedio del nivel de retención en la muestra tomada fue de 22,44%, con un valor mínimo de 20% y un valor

máximo de 24% dentro de las 55 muestras tomadas. Por lo que se puede deducir fácilmente que la muestra tiene un nivel de retención fuera al permitido, debido a que no debe de sobrepasar el 20% de retención.

Para la obtención de evidencia estadística adecuada, se procederá a realizar un análisis mediante la aplicación del diagrama de caja y contraste de hipótesis. Se debe de recordar que, para la operación de post molienda, se requiere que sea menor a 20% de retención de partículas en la malla de paso, de acuerdo a lo establecido como procedimiento interno por parte de la empresa.

En la Figura 5, se puede observar el diagrama de cajas, donde se observa que el valor esperado de la muestra está alejado de la concentración de datos. Así se tiene:



*Figura 6: Diagrama de caja de nivel de retención de la muestra.*

*Elaborado por: Víctor Cevallos*

Finalmente, se calcula el intervalo de confianza de la proporción donde: el valor del límite superior es de 24% mientras que el valor del límite inferior es de 21%. Es decir que, entre el 24% a 21% son los valores de los datos de la muestra que superan el valor del 20% de retención promedio permitido. Lo que infiere el

rechazo de cualquier valor mayor al 20% de retención promedio de material particulado. Los intervalos calculados tienen un nivel de confianza del 95%.

Para el contraste de hipótesis, se consideró el siguiente planteamiento:

H<sub>0</sub>: La retención promedio del material particulado es menor o igual al 20%. ( $\mu \leq 20\%$ )

vs.

H<sub>1</sub>: La retención promedio del material particulado es mayor al 20%.

$\mu > 20\%$

El estadístico de contraste será la t student debido a que los datos siguen una distribución cualquiera y se desconoce el valor de la desviación estándar  $\delta$  de la población. Es así que se tiene:

$$T = \frac{\bar{X} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}} \quad (3.2)$$

Se consideró un nivel de significación de 5%; y, como región crítica  $T > t_{\alpha}$ . Debido a que, el contraste es bilateral  $T < t_{1-\alpha/2}$  o  $T > t_{\alpha/2}$ .

Para la presente muestra se tiene que el estadístico t de acuerdo al tamaño de muestra considerado y el nivel de significancia establecido es de:

$$t(55; 0,05) = 1,69$$

Mediante cálculo se tiene que:

$$T = \frac{22,44 - 20}{\frac{1,52}{\sqrt{55}}}$$

$$T = 11,90$$

Debido a que el valor calculado es mayor a  $\pm 1,69$ . Se concluye que existe evidencia estadística para rechazar la hipótesis H<sub>0</sub>. Es decir que hay tamaños de partículas molidas superiores a 250 micrones, debido a que estadísticamente se comprueba que el porcentaje supera el 20% de nivel de retención permitido.

### 3.2.1.3. PROCESOS DE PELLETIZADO

Para dicho proceso se consideró analizar las siguientes características de interés como es: el tratamiento térmico.

Los datos tomados fueron tomados en procesos bajo control. Se sigue el procedimiento anterior, esto es, tomar una muestra y aplicar el cálculo para Intervalos de Confianza. Así se tiene:

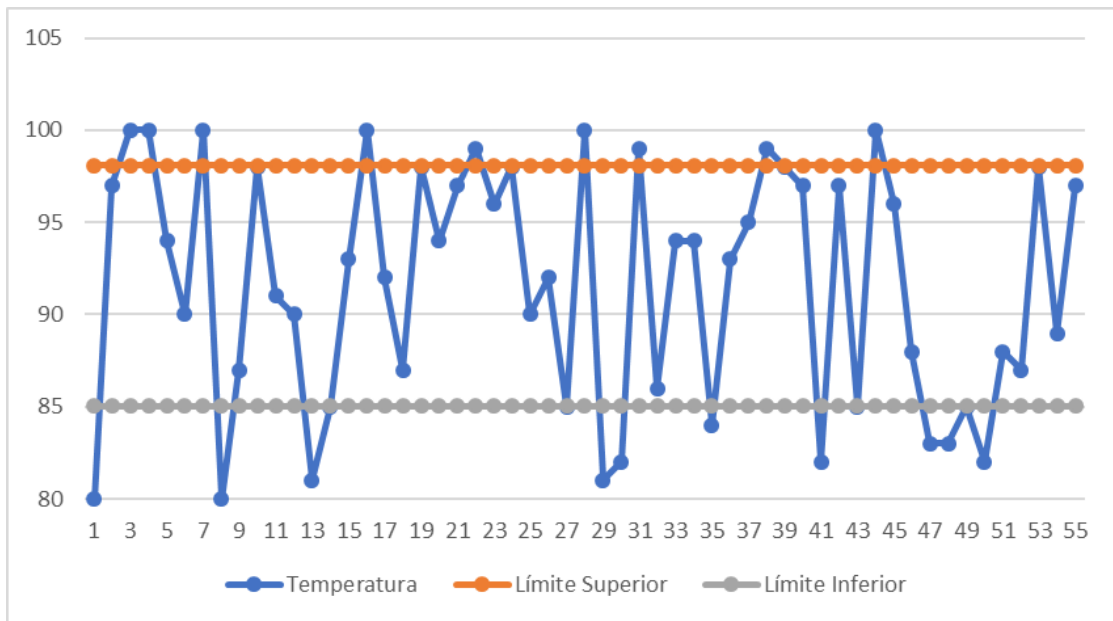


Figura 7: Gráfico de control de Nivel de Tratamiento Térmico.

Elaborado por: Víctor Cevallos

Se puede observar de acuerdo a la Figura 6 que existen varias muestras tomadas que se encuentran fuera de control y muy encima del límite superior inherente del proceso calculado para dicho efecto. Esto afecta considerablemente a todo el proceso dado el tratamiento térmico. Al analizar las causas se identificaron que el nivel de humedad incide en el tratamiento térmico. Esto se dará a conocer a la gerencia para que apruebe implementar las medidas correctivas mencionadas.

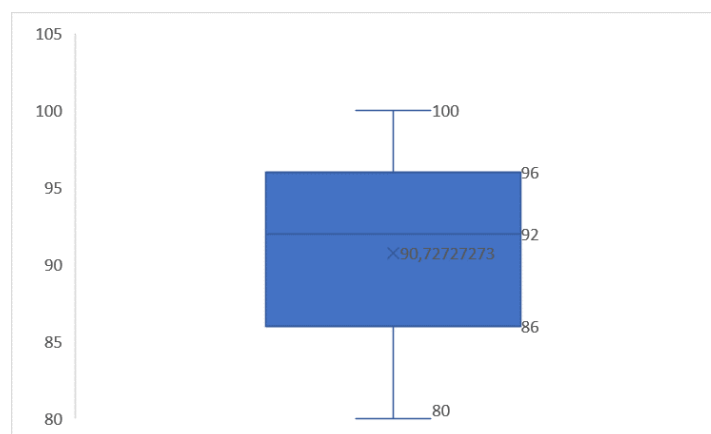
A partir de esta muestra, se determinaron los siguientes cálculos de los estadísticos descriptivos. Así se tiene que:

*Cuadro N°. 5: Datos de Nivel de Tratamiento Térmico.*

<i>Resultados</i>	
Media	90,5636364
Error típico	0,85073295
Mediana	90
Moda	90
Desviación estándar	6,30920444
Varianza de la muestra	39,8060606
Curtosis	-1,31852841
Coefficiente de asimetría	-0,15345911
Rango	20
Mínimo	80
Máximo	100
Suma	4981
Cuenta	55
Nivel de confianza(95,0%)	1,70561688

*Elaborado por: Víctor Cevallos*

Entre los resultados alcanzados se tiene que el promedio del nivel de tratamiento térmico en la muestra tomada fue de 90.56 °C, con un valor mínimo de 85 °C y un valor máximo de 100 °C dentro de los 55 datos tomados. Las medidas de tendencias central son casi iguales, eso muestra una tendencia a ser constante y con muy poca variación, tal como se puede también apreciar el valor de la desviación estándar. Para la obtención de evidencia estadística adecuada, se procederá a realizar un análisis mediante la aplicación de contraste de hipótesis y diagrama de caja. En la Figura 7, se puede observar diagrama de cajas, donde se observa que, el valor esperado de la muestra está alejado de la concentración de datos. Así se tiene:



*Figura 8: Diagrama de caja de nivel de Tratamiento Térmica.*

*Elaborado por: Víctor Cevallos*

Finalmente, se calcula el intervalo de confianza de la proporción donde: el valor del límite superior es de 96° mientras que el valor del límite inferior es de 86°. Es decir que, entre el rango de 86° al 96° se incluye el valor promedio 90,72° de la muestra. Lo que infiere a la aceptación de cualquier valor igual a 90,72° de nivel de tratamiento térmico. Los intervalos calculados tienen un nivel de confianza del 95%.

Para el contraste de hipótesis se consideró el siguiente planteamiento:

H<sub>0</sub>: El valor promedio del nivel de tratamiento térmico es menor o igual a 85° ( $\mu \leq 85^\circ$ ).

vs.

H<sub>1</sub>: El valor promedio del nivel de tratamiento térmico es mayor o igual a 85° ( $\mu \geq 85^\circ$ ).

El estadístico de contraste será la t student debido a que los datos siguen una distribución cualquiera y se desconoce el valor de la desviación estándar poblacional. Es así que se tiene:

$$T = \frac{\bar{X} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}} \quad (3.3)$$

Se consideró un nivel de significación de 5%; y, como región crítica  $T > t_{\alpha}$ . Debido a que, el contraste es bilateral  $T < t_{1-\alpha/2}$  o  $T > t_{\alpha/2}$ .

Para la presente muestra se tiene que el estadístico t de acuerdo al tamaño de muestra considerado y el nivel de significancia establecido es de:

$$t(55; 0,05) = 1,69$$

Mediante cálculo se tiene que

$$T = \frac{90,56 - 85}{\frac{6,30}{\sqrt{55}}}$$

$$T = 6.54$$

Debido a que el valor calculado es mayor a  $\pm 1,69$ . Se concluye que existe evidencia estadística para rechazar la hipótesis  $H_0$ .

La importancia del proceso de Mezclado es que brinda información útil para saber si el balanceado ha sido correctamente formulado, para lo cual es prioritario analizar el nivel de proteína. Debido a que las proteínas son adquiridas por la organización, este es un limitante que debe de ser considerado, así mismo los valores son establecidos por la organización. Ante ello, no se procederá a calcular los estadísticos descriptivos de la muestra.

Los datos tomados fueron tomados en procesos bajo control. A continuación, se muestran los resultados aplicando la carta de control al nivel de proteína.

Así se tiene:

- Muestra: 55 observaciones
- Valor esperado: 35.5% (establecido por la organización)
- Límite Superior: 36% (establecido por la organización)
- Límite Inferior: 35.5% (establecido por la organización)

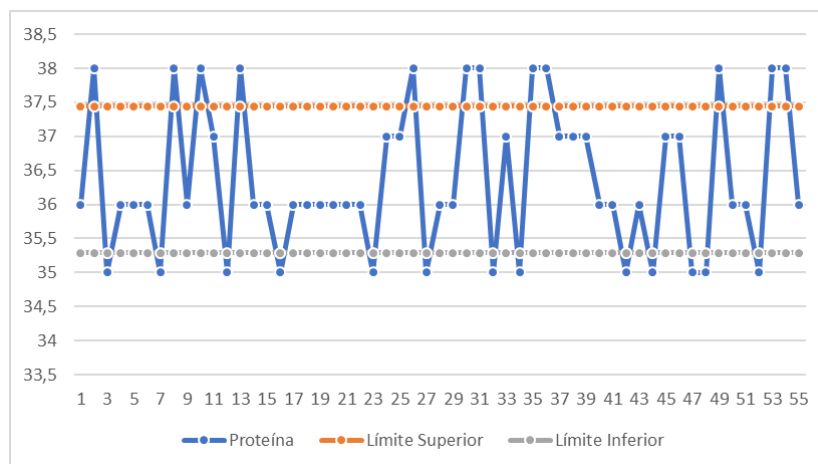


Figura 9: Gráfico de control para la media del Nivel de Proteína.

Elaborado por: Victor Cevallos

Observando el Gráfico de Control para la Media del Nivel de Proteína, se puede identificar rápidamente que existen algunos puntos que se encuentran fuera de control. Al analizar los motivos, se determinó y estableció que no se sigue la formulación establecida como tal y se añaden algunos “gramos de seguridad” en algunos de sus compuestos lo que hace que el nivel de proteína suba o baje. Esto permitirá establecer acciones correctivas ante lo identificado

durante la ejecución de dicho proceso o actividad. Esto se dará a conocer a la gerencia para que apruebe implementar las medidas correctivas mencionadas.

#### **3.2.1.4. MODELO DE REGRESIÓN**

Se consideraron las variables de Nivel de Humedad y dichas variables por la experiencia que se tiene en la producción de alimentos balanceados estos dos componentes inciden enormemente en la proteína final del producto.

El método escogido para establecer la relación entre el porcentaje de impureza y humedad en la variación de la proteína para establecer indicadores a través de estimadores estadísticos. Para ello, es necesario hacer uso de datos históricos a través de la técnica de mínimos cuadrados para su ajuste a una determinada función, cuya tendencia va acorde a los datos históricos. Obtenida la ecuación y parámetros, se establece la relación entre las variables consideradas.

Para el establecimiento del modelo es necesario el uso y especial significación del grado de correlación, el cual se analiza mediante medidas de correlación como el coeficiente de correlación o de determinación que fue descrito en capítulos presentados anteriormente.

Para efectos de nuestro estudio, la correlación es causal, es decir la que se produce a través de una relación de causa y efecto.

Por lo tanto, definiremos como variable dependiente las proteínas del alimento balanceado producido y como variables independientes el porcentaje de impureza y el nivel de humedad. Se hará uso de la fórmula que permite la relación antes mencionada (2.2).



*Cuadro N°. 6: Cálculo de coeficientes.*

<b>Extrapolación Pura</b>	<b>Coeficiente de Correlación (r)</b>	<b>Coeficiente de Determinación (R<sup>2</sup>)</b>	<b>Coeficiente de Indeterminación (ci)</b>
Ajuste Lineal	99,74	99,49	0,25
Ajuste Potencial	88,09	71,79	28,1
Ajuste Exponencial	91,49	82,99	17,1

*Elaborado por: Víctor Cevallos*

Calculado los coeficientes de correlación, determinación, e indeterminación, se procede a realizar un análisis comparativo entre las funciones: lineal, potencial y exponencial. De dicha comparación se obtuvo como resultado que el ajuste lineal y exponencial alcanzaron los valores más altos; siendo el ajuste lineal el considerado para la presente investigación, debido a que se incrementa de una forma constante y no de manera acelerada como en el ajuste exponencial, de acuerdo a los valores del cuadro anterior (ver Cuadro N°. 6).

El modelo e hipótesis para la regresión lineal son:

Ecuación:	$Y = a + bx_1 + cx_2$
x <sub>1</sub> :	Nivel de Humedad
x <sub>2</sub> :	Porcentaje de Impureza
Hipótesis:	Existe una relación lineal entre las proteínas y, los niveles de humedad y porcentaje de impureza.

Coeficiente de Correlación  $r = 99,74\%$

Esto nos indica que el 99,74% de las variaciones proteína que compone una producción de alimento balanceado está en función de las variables como son el nivel de humedad y porcentaje de impureza. Por tanto, las variables se encuentran estrechamente correlacionadas, variando en forma lineal.

Por lo tanto, existe evidencia estadística para aceptar como verdadera la hipótesis de la existencia de una relación lineal entre la proteína y, los niveles de humedad y porcentaje de impureza; siendo el modelo propuesto congruente.

El Coeficiente de determinación  $R^2 = 99,49\%$

Señala que el 99,85% de los datos de la variable Proteína son explicadas por las variables Niveles de Humedad y el Porcentaje de Impureza. Por lo tanto, se evidencia relación entre las variables mencionadas y observadas.

Coeficiente de Indeterminación  $C_i = 0,25\%$

Indica que el 0,25% es el porcentaje de variación de Proteína no explicada por Nivel de humedad y Porcentaje de Impureza (PDI); por lo tanto, se evidencia que existen otros factores que no han sido observados o no determinados por parte del modelo de regresión.

Una vez cumplido y satisfechos la significación de las medidas de correlación, se procede al cálculo de los parámetros del modelo de regresión:

El modelo e hipótesis de la regresión es una función lineal calculadas a través de:

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 \quad (3.4)$$

Estimando los parámetros del modelo de regresión lineal múltiple a los datos para el nivel de proteína, el nivel de humedad y el porcentaje de impureza se determinaron los valores de sus coeficientes:

- a.- Coeficiente de recta: 0
- b<sub>1</sub>.- Coeficiente de nivel de humedad: 0,4884
- b<sub>2</sub>.- Coeficiente de porcentaje de impureza: 15,1015

Reemplazando los valores en la fórmula (3.4) se tiene:

$$Y = 0,49 X_1 + 15,10 X_2$$

Con ello, se logrará alcanzar un nivel de proteína mayor a 68% que es el rango establecido bajo norma como óptimo que debe contener una producción de alimentos balanceados (Organización de las Naciones Unidas para la

Alimentación y la Agricultura, 2018). Dicho valor es alcanzado cuando las variables independientes toman los siguientes valores:

$$X_1: 12,5$$

$$X_2: 4,1$$

Así se tiene que reemplazando todos los valores el valor de Y es:

$$Y= 0,49 X_1 + 15,10 X_2$$

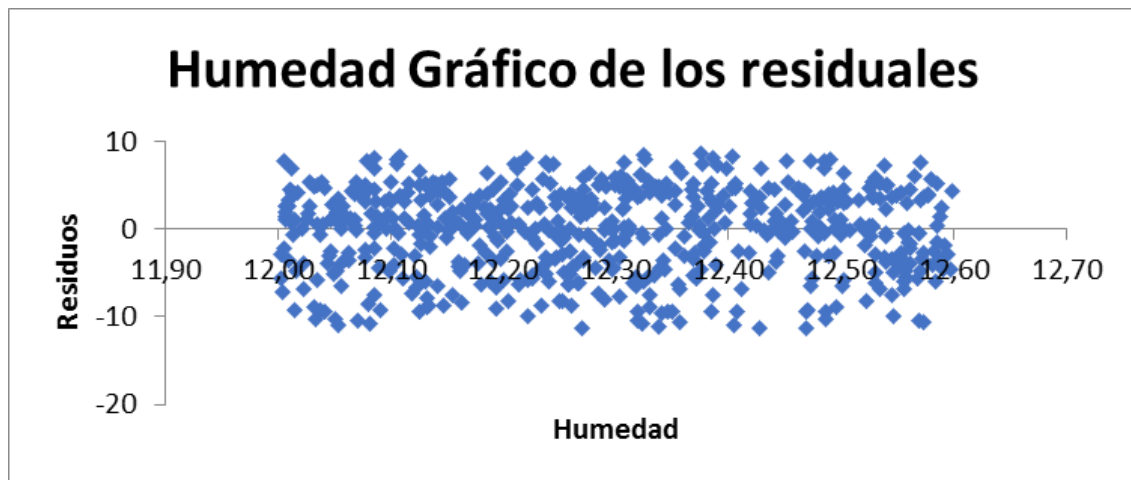
$$Y= 0,49(12,5) + 15,10(4,1)$$

$$Y= 6,125 + 61,91$$

$$Y= 68,0,35\%$$

Para establecer de forma definitiva el modelo de regresión, se procederá a probar los supuestos requerido de dicha herramienta analítica. Así se tiene que:

a) Linealidad



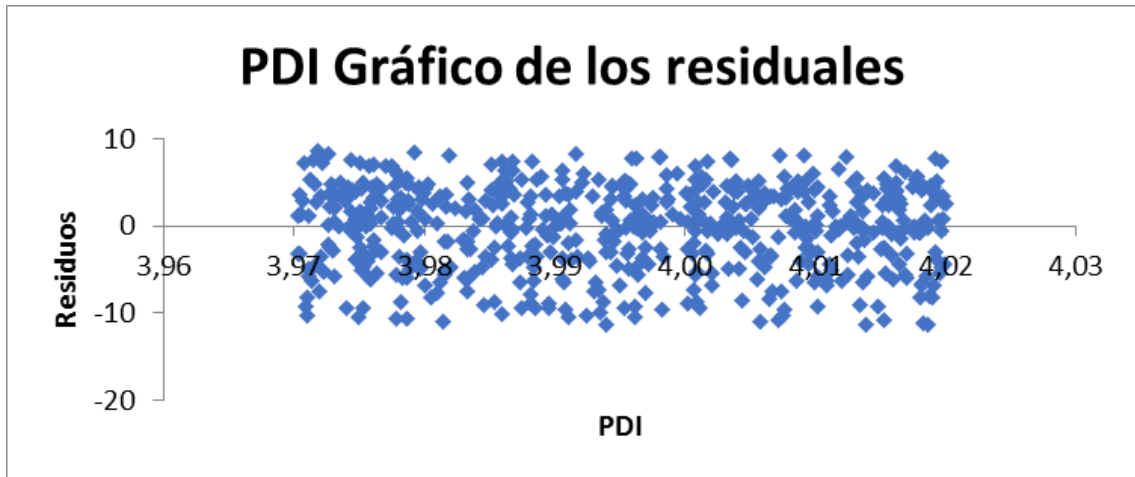


Figura 10: Gráfico de residuos para el Nivel de Humedad y porcentaje de impureza

Elaborado por: Víctor Cevallos

Si la relación no fuera lineal habría alguna configuración manifiesta. No lo parece, así que se corrobora la supuesta linealidad. Por tanto, existe evidencia que cumple con el supuesto de linealidad

b) Normalidad

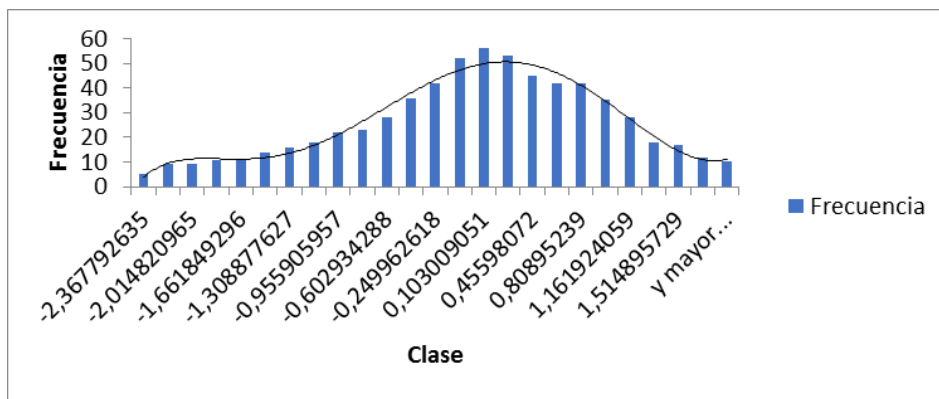


Figura 11: Histograma de residuos

Elaborado por: Víctor Cevallos

Para el presente estudio se ha utilizado el procedimiento gráfico. El gráfico presenta el histograma de residuales estandarizados. Se observa una aproximación cercana a la normalidad. De manera analítica, se hará uso de la prueba de Kolmogorov-Smirnov para establecer la normalidad de los datos. Se define el contraste para la prueba KS de la siguiente manera:

H0: Los datos analizados siguen una distribución Normal.

H1: Los datos analizados no siguen una distribución Normal.

Así se tiene que el resultado fue:

Cuadro N°. 7: Prueba de Kolmogorov-Smirnov.

		Unstandardiz ed Residual
N		600
Parámetros normales	Media	.0000000
	Desviación típica	1,008343,
Diferencias más extremas	Absoluta	.127
	Positiva	.127
	Negativa	-.086
Z de Kolmogorov-Smirnov		.786
Sig. asinót. (bilateral)		.722

Elaborado por: Víctor Cevallos

Se puede observar que la probabilidad referida a la hipótesis nula (normalidad) es 0,722. Por tanto, se afirma que los datos provienen de una distribución normal.

c) Homocedasticidad



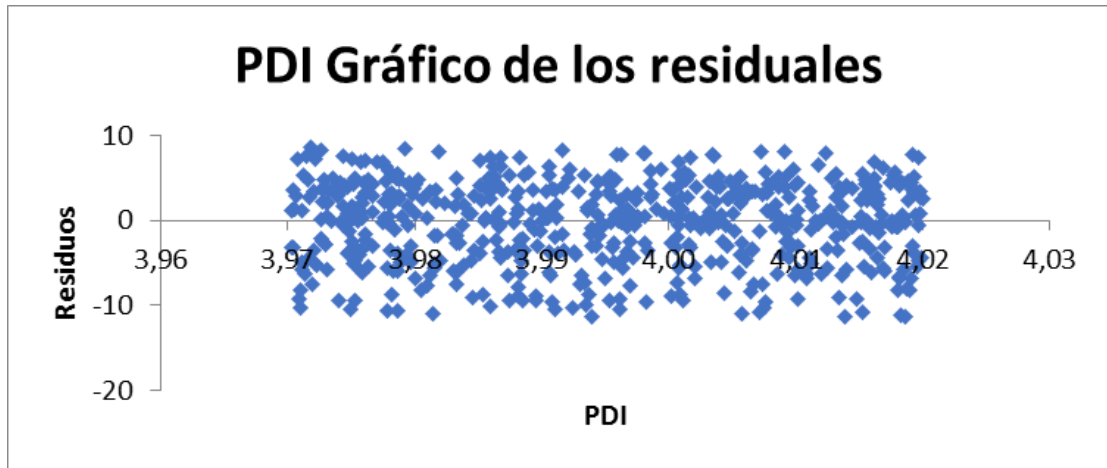


Figura 12: Gráfico de residuos para el Nivel de Humedad y porcentaje de impureza

Elaborado por: Víctor Cevallos

Se observa que no existe, en apariencia, sentido o dirección de la nube de puntos, y debido a la gran cantidad de datos se evidencia para afirmarlo. Para ser más rigurosos se dispondrá de un análisis.

Se procede a continuación a calcular la correlación entre los cálculos residuales en valores absolutos y los cálculos predichos. Y se obtiene:

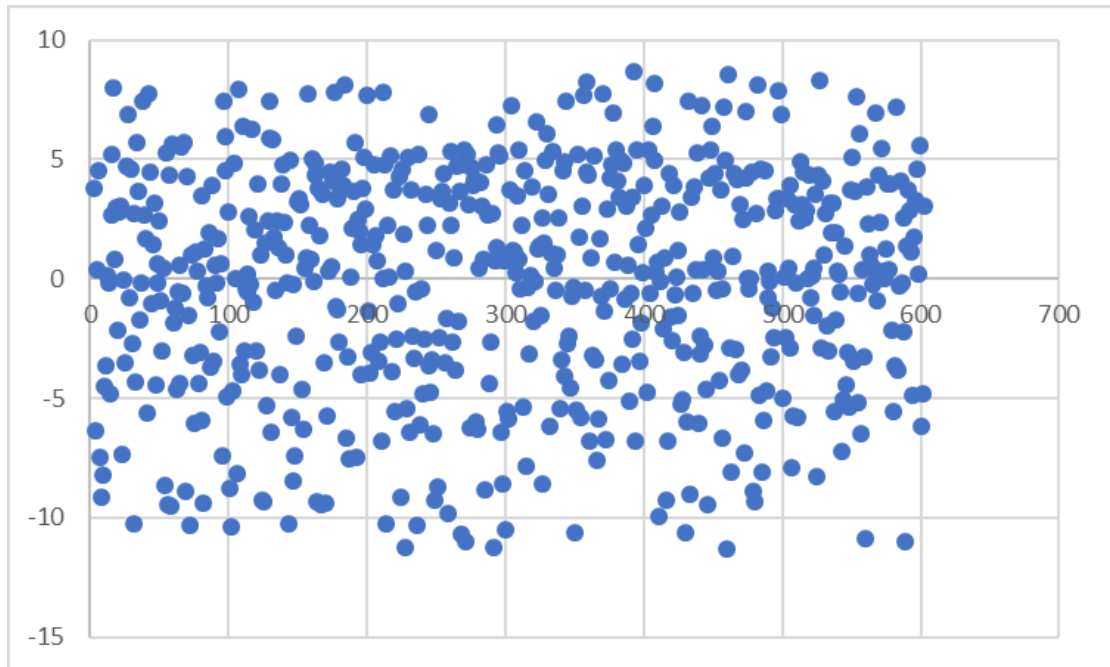
Cuadro N°. 8: Correlaciones

		Unstandardized Predicted Value	ABSRES1
Unstandardized Predicted Value	Correlación de Pearson		
	Sig. (bilateral)		
	N		
ABSRES1s	Correlación de Pearson	-.077	
	Sig. (bilateral)	.712	
	N	600	

Elaborado por: Víctor Cevallos

Debido a que el valor del estadístico de prueba (Pearson) es menor al valor asociada a la hipótesis nula de correlación, se confirma que no existe ningún tipo de relación entre los residuos y los valores predichos.

d) Independencia de errores



*Figura 13: Gráfico de residuos no estandarizados*

*Elaborado por: Víctor Cevallos*

Obsérvese que los residuales no tiene un orden ni repiten algún patrón, lo que es indicativo de su distribución aleatoria.

## **CAPÍTULO 4**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **CONCLUSIONES:**

Al finalizar el presente trabajo, se ha llegado a establecer las siguientes conclusiones:

- Se definieron los controles estadísticos de procesos para la elaboración del alimento balanceado para camarones. En este caso particular se definieron como controles estadísticos el uso de contraste de hipótesis, cartas de control y diagrama de caja. Los controles estadísticos fueron enfocados a: Porcentaje de Impureza, Humedad, Tratamiento Térmico y Nivel de Retención.
- Se elaboró un modelo de regresión lineal que permita determinar la influencia del porcentaje de impureza y el nivel de humedad en la variación de la proteína.
- A partir de los cálculos se obtuvieron los valores de sus coeficientes, así se tiene que para el porcentaje de impureza su coeficiente fue de 15,1015 mientras que para el nivel de humedad fue de 0,4884.
- Se identificó a las principales causas de la variación en la producción de alimento balanceado, entre los que se están: nivel de humedad, porcentaje de impureza, tratamiento térmico y nivel de retención. Los cuales a pesar de conocerse no contaban con los límites de control del proceso como tal. En este sentido se mejoró el proceso al establecer límites que permiten evaluar los controles operacionales, así como establecer una metodología de medición a partir del uso y la toma de muestras aleatorias entre los principales procesos y variables.
- Se redujo de un 50% a un 12% de inconformidades durante el proceso para la elaboración del alimento balanceado mediante la aplicación de técnicas estadísticas para optimizar los recursos del proceso y de la organización al identificar, medir y evaluar a las principales causas de variación en la producción de alimentos balanceados (nivel de humedad, porcentaje de impureza, tratamiento térmico y nivel de retención)



concentrando los recursos en aquello que originaba el 80% de las no conformidades presentadas. Al no haberse establecido antes, estas variables de interés (causas principales), se dificultaba cualquier plan de mejorar debido a la falta de análisis y es por ello que se encontraban fuera de control.

- Entre los beneficios del uso de las técnicas estadísticas están los rangos de las variables de interés que son consideradas dentro de la formulación para la producción de alimentos balanceados. Los rangos establecidos del Nivel de Humedad se determinaron entre (12,50 - 14,50%).
- La empresa se ha beneficiado con la aplicación de técnicas estadísticas dada su utilidad para la reducción de no conformidades en la producción, el establecimiento de rangos y la identificación de variables de interés o causales que inciden en la calidad del producto y su producción como tal. La carencia de esto ocasionaba que los controles establecidos anteriormente no pudieran establecer un parámetro numérico para evaluar los diversos componentes del alimento balanceado.
- Se mejoró la producción puesto que las variables consideradas en este estudio tenían como efecto la generación de no conformidades en el producto. Esto también facilitará la aplicación de otras medidas correctivas dentro del proceso de producción y la revisión de la formulación del producto.

## **RECOMENDACIONES:**

Al finalizar el presente trabajo, se ha llegado a establecer las siguientes recomendaciones:

- Establecer para cada proceso y actividad las características importantes que permitan el control adecuado, así como también la búsqueda de la eficiencia operativa.
- Complementar las técnicas estadísticas con indicadores de desempeño, como aporte fundamental a la mejora de sus procesos.
- Determinar de manera exhaustiva un estudio de todas las variables del proceso productivo, con la finalidad de plantear hipótesis sobre el cumplimiento de las especificaciones.
- Determinar intervalos de confianza de todas las variables críticas, o que afecten directamente a la calidad del producto, y gestionarlas a través del Cuadro de Mando Operativo.
- Utilizar los intervalos de confianza del proceso productivo, como sustituto del plan de muestreo, sea este por variables o atributos.
- Elaborar y realizar análisis multivariado respecto a las variables y procesos críticos identificados.
- Implementar el muestreo aleatorio en tiempos establecidos en este caso cada 2 horas en las diferentes etapas del proceso para la elaboración del alimento balanceado en este caso desde abastecimiento de materias primas, dosificación de micro-ingredientes, molienda, mezclado, pelletizado (post acondicionador, secador y enfriador) hasta el envase del producto terminado.
- Establecer parámetros operativos de control para la elaboración del alimento balanceado en función su formato (diámetro de pellet) y composición de porcentaje de proteína.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Asamblea Nacional. (2008). *Constitución Política del Ecuador*. Recuperado el 03 de Diciembre de 2016, de <http://www.pucesi.edu.ec/web/wp-content/uploads/2016/04/Constituci%C3%B3n-de-la-Rep%C3%ABlica-2008.pdf>
- Ávila, C., & Benavides, D. (2013). *Estudio de factibilidad para la elaboración de alimentos balanceados para pollos broilers*. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2317/1/T-UCE-0005-403.pdf>
- Chachapoya, D. (2014). *Producción de alimentos balanceados en una planta procesadora en el cantón Cevallos*. Obtenido de [bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/8927/3/CD-5974.pdf](http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/8927/3/CD-5974.pdf)
- Consejo Nacional de Planificación. (2013). *Plan Nacional 2013 - 2017 - Buen Vivir*. Obtenido de <http://www.buenvivir.gob.ec/herramientas>
- Crow, P., & Ruiz, O. (2006). *Aplicación de métodos estadísticos multivariados en el estudio de calidad de enmiendas orgánicas sólidas y líquidas preparadas en las provincias de Guayas, Los Ríos y El Oro*. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/5761/11/Doc%20Cycit.doc>
- Diccionario de la Real Academia Española. (2017). *Eficiencia*. Obtenido de <http://dle.rae.es/?id=EPVwpUD>
- Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones. (2016). *Alimentos para animales*. Obtenido de [http://www.proecuador.gob.ec/wp-content/uploads/2016/07/proec\\_psi2016\\_alimentoparaanimales.pdf](http://www.proecuador.gob.ec/wp-content/uploads/2016/07/proec_psi2016_alimentoparaanimales.pdf)
- Dugarte, L. (2017). *Prueba de Hipótesis*. Obtenido de <https://www.mindmeister.com/es/848886521/prueba-de-hip-tesis>
- Fernández, I. (2012). *Desarrollo y aplicación de métodos estadísticos basados en recortes imparciales a datos de expresión génica de alta dimensionalidad*. Obtenido de <https://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/1754/1/TESIS217-121107.pdf>

- García, M. (2006). *Estudio de factibilidad de una fabrica productora de harina vial a partir de la pluma de pollo*. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/5082/1/3276.pdf>
- Gras, M. (2010). *Estimación estadística, modelado y análisis de la trasmisión y coste de la variabilidad en proceso multi-etapa. Aplicación en la fabricación de baldosas cerámicas*. Obtenido de <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/42926/mgras.pdf;jsessionid=97BA7DADBA521B5A49E5FC76285A7144?sequence=1>
- Instituto Ecuatoriano de Propiedad Intelectual. (2006). *Ley de Propiedad Intelectual*. Obtenido de [https://www.propiedadintelectual.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/agosto/a2\\_ley\\_propiedad\\_intelectual\\_agosto\\_2015.pdf](https://www.propiedadintelectual.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/agosto/a2_ley_propiedad_intelectual_agosto_2015.pdf)
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos - Argentina. (2010). *Regresores estocásticos*. Obtenido de <http://www.econometricos.com.ar/wp-content/uploads/2010/08/20-ECO-20-2012.pdf>
- Jinez, P. (2009). *Propuesta de la creación de un observatorio económico en la municipalidad del cantón Riobamba, provincia de Chimborazo*. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1307/1/226T0010.pdf>
- Lara, A. (2018). *Contraste de hipótesis*. Obtenido de <http://www.ugr.es/~bioestad/guiaspss/practica6/cuerpo.html>
- Medina, J. (2016). *Cómo hacer un gráfico de control: Ejemplo resuelto en calidad*. Obtenido de <https://ingenioempresa.com/grafico-de-control/>
- Montero, A. (2018). *Inferencia, estimación y contraste de hipótesis*. Obtenido de <http://www.ugr.es/~eues/webgrupo/Docencia/MonteroAlonso/estadistical/tema4.pdf>
- Montero, A., & Salvador, S. (2015). *Panorama Agroeconómico del Ecuador: una visión del 2015*. Obtenido de [http://sinagap.agricultura.gob.ec/pdf/estudios\\_agroeconomicos/panorama\\_agroeconomico\\_ecuador2015.pdf](http://sinagap.agricultura.gob.ec/pdf/estudios_agroeconomicos/panorama_agroeconomico_ecuador2015.pdf)
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2018). *Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados -*

*Métodos de alimentación.* Obtenido de  
<http://www.fao.org/docrep/field/003/AB492S/AB492S12.htm>

Parrales, V., & Tamayo, J. (2012). *Diseño de un modelo de gestión estratégico para el mejoramiento de la productividad y calidad aplicado a una planta procesadora de alimentos balanceados.* Obtenido de  
[https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/24849/1/Tesis\\_MOD%20GEST%20MEJORA%20PRODUCT%20Y%20CALIDAD%20PLANTA%20BALANCEADOS%20J.%20TAMAYO%20-%20V.%20PARRALES.pdf](https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/24849/1/Tesis_MOD%20GEST%20MEJORA%20PRODUCT%20Y%20CALIDAD%20PLANTA%20BALANCEADOS%20J.%20TAMAYO%20-%20V.%20PARRALES.pdf)

Pascuzzo-Lima, A. (2011). *Breves de Estadística Descriptiva y Estadística Inferencial.* Obtenido de <http://ald analisis.blogspot.com/2011/10/breves-de-estadistica-descriptiva-y.html>

Pérez, C. (2010). *La estadística como herramienta en la investigación psicológica: un estudio exploratorio.* Obtenido de  
<http://www.ugr.es/~batanero/pages/ARTICULOS/Cuauhtemo.pdf>

Zamudio, L., & Hernández, J. (2004). *Aplicación de herramientas estadísticas para mejorar la calidad del proceso de mezcla de empaques de caucho para tubería en la empresa Eterna S.A.* Obtenido de  
<http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ingenieria/tesis73.pdf>

REGLAMENTO (CE) no152/2009 DE LA COMISIÓN de 27 de enero de 2009 por el que se establecen los métodos de muestreo y análisis para el control oficial de los piensos (Texto pertinente a efectos del EEE)  
<https://publications.europa.eu/es/publication-detail/-/publication/72709682-c5e2-42a4-948d-1877344bb582/language-es>

## **GLOSARIO**

**La Asociación de Fabricantes de Alimentos Balanceados (AFABA)** es una asociación de empresas que tiene objetivo brindar servicios a sus afiliados con un permanente surtido de insumos y materia prima; además, ofrecer asesoramiento técnico con expertos nacionales y extranjeros (García, 2006).

**Industria de balanceados** Son empresas cuyos procesos operativos realizan la conversión de productos de origen vegetal como animal, en alimentos para consumo de otras industrias como la avícola, acuícola, ganado, etc. (García, 2006).

**Proteínas digeribles:** Son todas aquellas proteínas asimiladas por el cuerpo del animal, aquellas que no son digeridas por el cuerpo son eliminadas en los excrementos (García, 2006).

**Alimentos zootécnicos:** Son las sustancias que sirven para la alimentación animal (Ávila & Benavides, 2013).

**Alimentos simples o materia prima:** Son productos que contienen nutrientes y son aportado en una ración (Ávila & Benavides, 2013).

**Ración:** Es la cantidad de alimentos que se da a un animal en un periodo de 24 horas (Ávila & Benavides, 2013).

**Alimentos simples de origen vegetal:** Son productos de origen vegetal y los derivados de los procesos industriales de otros productos del mismo origen (Ávila & Benavides, 2013).

**Alimentos simples de origen animal:** Son productos de origen animal y los derivados de los procesos industriales de otros productos del mismo origen (Ávila & Benavides, 2013).

**Alimentos compuestos:** Son las preparaciones combinando adecuadamente dos o más alimentos simples, aptas para la alimentación animal (Ávila & Benavides, 2013).

**Alimentos compuestos completos:** Es la mezcla de alimentos simples, de acuerdo a una fórmula específica, para ser suministrada como única ración a los animales, junto con el agua (Ávila & Benavides, 2013).

**Alimentos concentrados:** Son alimentos compuestos formados por uno o más alimentos simples para elaborar un alimento completo (Ávila & Benavides, 2013).

**Nutriente:** Grupo de sustancias de un alimento necesarias para el desarrollo normal de las funciones fisiológicas y productivas del organismo animal (Ávila & Benavides, 2013).

**Pre-mezclas:** Mezcla uniforme de uno o más micro-ingredientes (Ávila & Benavides, 2013).

**Micro-ingredientes:** Grupo de minerales de uso permitido en pequeñas cantidades y medidos en mg, µg, mg/kg (Ávila & Benavides, 2013).

**Vitaminas:** Son compuestos orgánicos que transmiten energía y ayudan a la regulación del metabolismo orgánico (Ávila & Benavides, 2013).

**Micro-elementos:** Elementos inorgánicos que en los alimentos aparecen como cenizas (Ávila & Benavides, 2013).

**Alimentos zootécnicos:** Alimentos simples o compuestos que bajo un proceso tecnológico le convierte en gránulos determinados para especie animal (Ávila & Benavides, 2013).

**Consumo:** Es el objetivo por el que se lleva a cabo toda producción (Ávila & Benavides, 2013).

**Costo de producción:** Son los recursos utilizados en el área de producción dedicados exclusivamente a la fabricación de un producto, se lo llama también costo del producto (Ávila & Benavides, 2013).

**Sistema de información:** Es un conjunto de componentes relacionados que capturan datos, almacenan, procesan y distribuyen la información para apoyar la toma de decisiones, el control, análisis y visión de una empresa. (Jinez, 2009)

**Control:** Es un esfuerzo sistemático para fijar niveles de desempeño con objetivos de planeación, para diseñar los niveles determinados de antemano, (Jinez, 2009)

**Indicador:** Es el resultado del proceso de la información los mismos que se agrupan en uno solo, tanto el indicador como su meta. De esta manera se puede afirmar o medir el logro al final del proyecto o del periodo para el cual se ha diseñado el mismo (Jinez, 2009)

**Estadística:** es el conjunto de técnicas que se emplean para la recolección, organización, análisis e interpretación de datos (Jinez, 2009)

**Eficiencia:** Capacidad de disponer de algo para conseguir un efecto determinado (Diccionario de la Real Academia Española, 2017).

**Eficacia:** Capacidad de lograr el efecto que se desea o se espera (Diccionario de la Real Academia Española, 2017)



## **ANEXO**

### **Datos de Nivel de Retención de Material Particulado**

<b>RETENCIÓN DE MATERIAL PARTICULADO</b>					
<b>Muestra</b>	<b>Impureza</b>	<b>Muestra</b>	<b>Impureza</b>	<b>Muestra</b>	<b>Impureza</b>
<b>1</b>	20,36	<b>21</b>	20,75	<b>41</b>	23,49
<b>2</b>	20,66	<b>22</b>	24,05	<b>42</b>	22,12
<b>3</b>	21,53	<b>23</b>	22,35	<b>43</b>	22,15
<b>4</b>	22,80	<b>24</b>	23,42	<b>44</b>	23,11
<b>5</b>	22,21	<b>25</b>	23,03	<b>45</b>	23,15
<b>6</b>	22,17	<b>26</b>	20,88	<b>46</b>	23,60
<b>7</b>	21,65	<b>27</b>	24,29	<b>47</b>	20,04
<b>8</b>	20,89	<b>28</b>	24,70	<b>48</b>	21,45
<b>9</b>	20,45	<b>29</b>	24,65	<b>49</b>	20,27
<b>10</b>	21,48	<b>30</b>	24,51	<b>50</b>	21,43
<b>11</b>	22,02	<b>31</b>	23,52	<b>51</b>	22,18
<b>12</b>	23,65	<b>32</b>	24,96	<b>52</b>	23,52
<b>13</b>	24,08	<b>33</b>	24,96	<b>53</b>	22,50
<b>14</b>	24,00	<b>34</b>	20,26	<b>54</b>	22,68
<b>15</b>	21,64	<b>35</b>	21,36	<b>55</b>	24,83
<b>16</b>	20,98	<b>36</b>	20,90		
<b>17</b>	20,50	<b>37</b>	24,57		
<b>18</b>	23,92	<b>38</b>	21,72		
<b>19</b>	21,32	<b>39</b>	23,13		
<b>20</b>	22,69	<b>40</b>	20,78		