



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA**

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“Mantenimiento preventivo utilizando promodel para disminuir los costos por paradas imprevistas en el área de molienda de la empresa El Rocío S.A. en el año 2018”**

TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO INDUSTRIAL

AUTOR:

**Br. Fortun Diaz, Giorgio Fabian**

ASESOR:

**Ing. Santos Santiago Javez Valladares**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

**Gestión Empresarial y productiva**

**TRUJILLO-PERÚ**

2019

## **DEDICATORIA**

### **A DIOS:**

Porque es el que me da las fuerzas necesarias para seguir adelante, para no desfallecer ante los desafíos de la vida y porque ha sido mi fortaleza en toda mi travesía académica.

### **A MI ABUELA Y MIS TIOS:**

Por el apoyo constante que me han dado a lo larga y satisfactoria travesía. Por la colaboración constante que me han brindado y por todas estas palabras de aliento que oportunamente me dieron.

### **A MI MADRE:**

Porque siempre me apoyo en todo momento desde pequeño, siempre quiso verme crecer y convertirme en un profesional, porque es lo más valioso que tengo en esta vida.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a la Universidad César Vallejo por la formación académica que me ha brindado, a los docentes que con su experiencia han contribuido a fortalecer mis habilidades y competencias como ingeniero industrial, y de manera muy especial a mis asesores los ingenieros Segundo Gerardo Ulloa Bocanegra y Santiago Javez Valladares. Por otro lado, también demuestro mi particular deferencia con La avícola El Rocio S.A. quién me dio la facultad de realizar mi investigación en su prestigiosa empresa y dentro de ella darle un cordial agradecimiento al Mg. Edwin Herrera Ocampo.

## **PÁGINA DEL JURADO**

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don (a) Giorgio Fabian Fortun Diaz cuyo título es: “Mantenimiento preventivo utilizando promodel para disminuir los costos por paradas imprevistas en el área de molienda de la empresa El Rocío S.A. en el año 2018”.

-----  
PRESIDENTE

Mg. Elmer Tello de la Cruz

-----  
SECRETARIO

Mg. Segundo Gerardo Ulloa Bocanegra

-----  
VOCAL

Mg. Santiago Javez Valladares

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Yo Giorgio Fabian Fortun Diaz DNI N° 47554959, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Industrial, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Trujillo, 2018

**FORTUN DIAZ Giorgio Fabian**

## INDICE

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento.....	iii
Página del Jurado .....	iv
Declaración de autenticidad .....	v
Resumen.....	1
Abstract.....	2
I. Introducción .....	3
1.1. Realidad problemática: .....	4
1.2. Trabajos previos:.....	5
1.3. Teorías relacionadas al tema: .....	8
1.4. Formulación del problema: .....	18
1.5. Justificación:.....	18
1.6. Hipotesis: .....	18
1.7. Objetivos: .....	19
1.7.1. Objetivo general:.....	19
1.7.2. Objetivos específicos:.....	19
II. Marco metodológico .....	20
2.1. Tipo de estudio .....	21
2.2. Diseño de investigación.....	21
2.3. Variables.....	21
2.3.1 Identificación de variables .....	21
2.3.2. Operacionalización de variables:.....	21
2.4. Poblacion y muestra .....	22
2.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:.....	22
2.6. Métodos de análisis de datos:.....	23
2.7. Aspectos éticos:.....	23
III. Resultados .....	24
3.1. Evaluación de la actual gestión de mantenimiento en el área de molienda de la avicola El Rocio S.A. ....	25
3.1.1. Generalidades: .....	25
3.1.2. Descripción de la producción del Alimento Balanceado para pollos y gallinas:.....	26
3.1.3. Maquinaria de planta: .....	29

3.1.4. Área en estudio: .....	31
3.1.5. Resultados de la entrevista realizada al supervisor de planta: .....	34
4.2. Principales tipos de fallas y su causa en el área de molienda .....	35
4.2.1. Análisis de las fallas registradas en el área de molienda de la avícola El Rocio S.A. mediante el Diagrama de Pareto. ....	35
4.2.2. Causas de las fallas en el área de molienda de la avícola El Rocio S.A. ....	37
4.3. Evaluación de un modelo de mantenimiento preventivo para el área de molienda mediante promodel .....	40
4.3.1. Elaboración del modelo de mantenimiento preventivo en promodel .....	40
4.3.2. Elaboración de las tablas de reporte.....	50
4.3.3. Cálculo de los costos de la simulación del mantenimiento preventivo .....	53
4.4. Determinación de los costos por paradas imprevistas en el área de molienda, mediante simulación montecarlo .....	54
4.4.1. Tablas de frecuencia.....	54
4.4.2. Tablas de Rangos de búsqueda.....	57
4.4.3. Modelo de simulación Montecarlo.....	60
IV. Discusiones.....	63
V. Conclusiones .....	66
VI. Recomendaciones.....	68
VII. Referencias bibliográficas .....	70
Referencias.....	71
Anexos: .....	73
A. Anexo de tablas .....	74
B. Anexo de figuras.....	80
C. Anexo de instrumentos .....	83

## INDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Operacionalización de variables.....	21
Tabla N° 2: Registro de paradas imprevistas para el periodo de agosto 2017 hasta Mayo 2018.....	74
Tabla N° 3: Fallas en las máquinas del área de molienda.....	35
Tabla N° 4: Identificación de fallas relevantes en las máquinas del área de molienda.....	36
Tabla N° 5: Frecuencia promedio Anual de fallas para el periodo agosto 2017 – mayo 2018.....	37
Tabla N° 6: Frecuencia de mantenimiento.....	77
Tabla N° 7: Resumen de Locaciones.....	50
Tabla N° 8: Llegadas fallidas.....	51
Tabla N° 9: Actividad de entidad.....	52
Tabla N° 10: Resumen de recursos .....	53
Tabla N° 11: Frecuencia de los días de la falla sobrecarga de molinos.....	54
Tabla N° 12: Frecuencia de los días de la falla discos mal puestos.....	54
Tabla N° 13: Frecuencia de los días de la falla zaranda mal puesta.....	55
Tabla N° 14: Frecuencia de los días de la falla encendido de paneles.....	55
Tabla N° 15: Frecuencia de tiempo entre fallas.....	56
Tabla N° 16: Tabla de Cálculo para el inicio de falla.....	57
Tabla N° 17: Tabla de Cálculo para la frecuencia de cada falla.....	58
Tabla N° 18: Tabla de Cálculo de probabilidad de tiempo de servicio.....	59
Tabla N° 19: Simulación Montecarlo para calcular el tiempo de paradas imprevistas.....	60
Tabla N° 20: Costos de paradas imprevistas.....	77
Tabla N° 21: Desviación Estándar para 10 corridas de simulación.....	78
Tabla N° 22: Nivel de Confianza.....	79



## INDICE DE FIGURAS

Figura N° 1 : Diagrama de Ishikawa.....	81
Figura N° 2 : Efecto de Pareto.....	82
Figura N° 3 : Simulación Montecarlo .....	82
Figura N° 4: Esquema general de producción del alimento balanceado.....	28
Figura N° 5: Silos.....	31
Figura N° 6: Gusano extractor.....	31
Figura N° 7: Tableros de control.....	32
Figura N° 8: Elevadores.....	32
Figura N° 9: Tolva de maíz entero.....	32
Figura N° 10: Molinos de martillo.....	33
Figura N° 11: Tolvas de alimento molido.....	33
Figura N° 12: Motores.....	34
Figura N° 13: Diagrama de Pareto de fallas relevantes de la maquinaria del área de molienda.....	36
Figura N° 14: Diagrama de causa-efecto de la falta de plan de mantenimiento preventivo en el área de molienda.....	39
Figura N° 15: Locaciones del área de molienda.....	41
Figura N° 16: Entidad del área de molienda.....	42
Figura N° 17: Rutas del área de molienda.....	43
Figura N° 18: Proceso del área de molienda.....	44
Figura N° 19: Llegadas del área de molienda.....	45
Figura N° 20: Mantenimiento preventivo del área de molienda.....	46
Figura N° 21: Recursos del mantenimiento preventivo.....	47
Figura N° 22: Costos de mantenimiento por uso de recursos.....	48
Figura N° 23: Simulación de mantenimiento preventivo del área de molienda.....	49

## RESUMEN

La presente investigación titulada “mantenimiento preventivo utilizando promodel para disminuir los costos por paradas imprevistas en el área de molienda de la empresa El Rocío S.A. en el año 2018”, enmarcado en las teorías de simulación; para lo cual empleó el método aplicativo, con una investigación de tipo descriptiva, aplicándola a una población de 10 que están conformadas por todas las máquinas del área de molienda, para lo cual se empleó una guía de entrevista para determinar la actual gestión del mantenimiento, observación directa y análisis de datos para determinar las fallas y sus causas, promodel para simular un plan de mantenimiento preventivo y calcular el costo que implica y el simulador Montecarlo en un formato de Microsoft Excel para calcular los costos por paradas imprevistas. Obteniendo como principales resultados que el área de molienda no cuenta con un plan de mantenimiento preventivo, también resulto que la principal causa de la carencia del mantenimiento es el bajo presupuesto para dicha área, así mismo se obtuvo que el costo de simulación de mantenimiento preventivo fue de S/. 20746.5 soles y para la simulación Montecarlo los costos por paradas imprevistas fueron de S/. 170212.5 soles

**Palabras claves:** Mantenimiento preventivo y Costos de paradas imprevistas

## ABSTRACT

This research entitled "preventive maintenance using promodel to reduce costs due to unexpected stops in the grinding area of the company El Rocío S.A. in 2018", framed in the simulation theories; for which he used the deductive method, with a descriptive research, applying it to a population of 10 that are made up of all the machines in the grinding area, for which a survey was used to determine the current maintenance management, direct observation and data analysis to determine the failures and their causes, promodel to simulate a plan of preventive maintenance and calculate the cost involved and the Montecarlo simulator in a Microsoft Excel format to calculate the costs for unexpected stops. Obtaining as main results that the milling area does not have a defined maintenance plan, it also turned out that the main cause of the lack of maintenance is the low budget for this area, likewise it was obtained that the cost of preventive maintenance simulation was of S /. 20746.5 soles and for the Montecarlo simulation the costs for unexpected stops were S /. 170212.5 soles

**Keywords:** Preventive maintenance and Costs of unexpected stops

# **I. INTRODUCCIÓN**

## **1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA:**

La industria avícola ha realizado actividades de comercialización en nuestra localidad llegando a la venta de 356 millones de pollos anuales, a precios para minoristas, que bordean los US\$1,005 millones, según varias fuentes de nuestro sector. De esta cantidad aproximadamente el 72% es para la venta de pollos destinados a los mercados y alrededor del 28% a los productos procesados dirigidos a todo tipo de locales de comida rápida.

Cabe mencionar que la fortaleza más resaltante de éste sector es el gusto del consumidor por el pollo, brindando, con el huevo, aproximadamente el 71% de proteína consumida por los habitantes peruanos. Así mismo, el consumo por habitante de pollo se encuentra cerca de los 28 Kg. anuales, sobrepasando la media de Sudamérica (22.5 Kg). El 80% de aves en territorio Peruano están ubicadas en la costa y el otro 20% en la sierra y la selva. Arraigando Lima un poco más del 50% del total del territorio, siguiéndole la Libertad, Ica, Lambayeque y Arequipa. El indicador más influyente en la producción de pollo es la entrada de pollos bebe a las granjas, en año el 2006 se colocaron más de 368 millones de pollos, y de éstos el 57 % fueron en Lima. (Olaechea, 2013)

El incremento de la demanda conlleva a usar la máxima capacidad de las empresas, lo cual repercute en el deterioro de los equipos y maquinarias, que con el tiempo ocasiona efectos en su operatividad y a su vez provocando interrupciones en el proceso productivo, desde el incumplimiento de compromisos adquiridos o baja producción, incluso hasta perjuicios legales. También un mantenimiento de maquinaria y equipos adecuado contribuye a minimizar riesgos de trabajo. Por ello, el correcto funcionamiento de los equipos es una garantía para las exigencias de producción y depende, principalmente, de un apropiado sistema de mantenimiento, ya sea a base de un sistema tradicional o un sistema acorde a los avances tecnológicos de esta era. La principal función del área de mantenimiento consiste en reducir al mínimo el efecto de las averías de los equipos y de las instalaciones, y proporcionar información relacionada con la experiencia y conocimiento a los departamentos relacionados con el proceso productivo, con la finalidad de reducir el trabajo de mantenimiento, los tiempos muertos y sus costos. (Sacristán, 2012)

Para Dounce (1984) el objetivo principal del mantenimiento es mantener la máxima disponibilidad de los equipos e instalaciones para la producción, y para ello plantea los siguientes objetivos específicos: a) asegurar el funcionamiento correcto y eficiente de los

equipos e instalaciones, acorde a los patrones establecidos de seguridad, protección ambiental e imagen de la empresa; b) desacelerar el deterioro de los equipos e instalaciones; c) proporcionar los servicios necesarios para la continuidad operacional de las instalaciones, y el bienestar de la comunidad. Hoy en día, las estrategias del mantenimiento están dirigidas a garantizar la máxima disponibilidad y eficacia de las máquinas, los equipos y las instalaciones, para asegurar la prolongada vida útil y reducir los costos de mantenimiento, respetando la seguridad y el medio ambiente. (Sistemas de información para la gestión, 2010)

En el área de molienda de la Avícola El Rocio S.A. se carece de un Plan de mantenimiento preventivo, ocasionando frecuentes paradas imprevistas ocasionadas por diferentes causas. Esto genera un retraso en la producción, tiempos muertos y costos por mano de obra. Esta área es una de las más críticas en planta porque provee de maíz molido a las tolvas para la elaboración del alimento balanceado. Actualmente se realiza un mantenimiento correctivo, es decir, una vez se presenta la falla y se procede a reparar la maquinaria; esto ocasiona paradas imprevistas que repercuten significativamente en la producción y en los costos operacionales. Por lo cual la presente investigación simula en promodel un plan de mantenimiento preventivo calculando sus costos y además calcular los costos ocasionados por las paradas imprevistas en una simulación Montecarlo obteniendo el ahorro económico para así demostrar a la gerencia de Avícola El Rocio S.A., la viabilidad económica de llevar a cabo un mantenimiento preventivo. Ésta viabilidad económica será determinada con la diferencia monetaria entre los costos por paradas imprevistas (mantenimiento correctivo) y los costos por llevar el plan de mantenimiento preventivo. El Palmo – El Rocio S.A. es una sucursal de mediana capacidad así que los costos por paradas imprevistas estimados son considerables, por esta razón realizo este estudio con la finalidad de calcular los costos por paradas imprevistas mediante una simulación y determinar si es factible realizar un plan de mantenimiento preventivo para el área de molienda de la avícola El Rocio S.A.

## **1.2. TRABAJOS PREVIOS:**

Como fuente inicial de información se recurrió a los siguientes antecedentes referidos a la gestión del mantenimiento preventivo y la simulación:

La investigación hecha por David Arman Titulada: “Aplicación de un plan de Mantenimiento Preventivo para reducir los costos operativos en el centro de inspección técnica agrícola IPTA”, con el fin de obtener el título profesional de Ingeniero Mecánico En la Universidad Paraguayo Alemana. En esta investigación buscó determinar la reducción de costos operativo al implementar un plan de mantenimiento preventivo para lo cual se empleó una metodología pre-experimental; y para ello se realizó una guía de observación (checklist) con 4 dimensiones de datos generales e indicadores de costos para antes y después de aplicar el plan de mantenimiento preventivo. David Arman obtuvo que para la dimensión realización del producto resultó un 25% antes del plan de mantenimiento preventivo y un 100% después de aplicar el plan de mantenimiento preventivo, para la dimensión gestión de los recursos el 36% si cumplió y luego del plan de mantenimiento preventivo 88% cumplió. Para la dimensión logística el 40% cumplió y luego de aplicar el plan de mantenimiento preventivo el 90% cumplió y para la dimensión producción y prestación del servicio el 30% y cumplía y después de aplicar el plan el 90% cumplió. Los resultados de los indicadores de costos fueron favorables, concluyendo que hubo un incremento del 17.7%. Para los costos por fallas en ambas líneas eran de S/. 523944 guaraníes y luego de aplicado el plan de mantenimiento preventivo disminuyeron a S/. 1419600 guaraníes, generando una diferencia monetaria a favor de S/. 49354800 guaraníes.

De la misma manera Adnan Aarón y su tesis titulada “Simulación de un programa maestro de mantenimiento preventivo para reducir los costos operativos de la planta de Alimento Balanceado Gold Food S.A.”, con el fin de obtener el título profesional de Ingeniero Industrial en la Universidad Industrial de Santander en el año 2013 - Colombia. En esta investigación se realiza una simulación de un programa maestro de mantenimiento preventivo con una metodología descriptiva; El estudio inició con una evaluación de la situación actual de planta, resultando con una baja disponibilidad de la maquinaria; posteriormente se simuló un plan maestro de mantenimiento para planta resultando que los beneficios ascienden a S/. 35616000 pesos colombianos. Concluyendo que el proyecto y la implementación son rentables al generar un VAN de S/. 70808000 pesos colombianos y una TIR anual de 84%.

Así también Diego Martin André y su tesis titulada “Aplicación de un programa de mantenimiento preventivo para reducir los costos operativos en la empresa E.T.A.

S.A.C.”, con el fin de obtener el título profesional de Ingeniero Industrial En la Universidad Privada del Norte en el año 2016 - Lima. En esta investigación se realizó un diagnóstico actual de planta, develando que las unidades móviles tenían baja disponibilidad, debido a que casi en su totalidad, la organización realizaba mantenimientos correctivos a las mismas, dando como resultado un total de S/. 64763.44 soles de pérdida mensual. Mediante la aplicación del programa de mantenimiento preventivo el cual consistió en: programa de mantenimiento preventivo, rediseño y reubicación del almacén, programa de adquisición de repuestos y política de manejo de unidades móviles, se logró reducir la pérdida mensual a S/. 3696.441 soles, además se redujeron los sobrecostos operativos de 39.20% a 1.96% aumentando así la disponibilidad de las máquinas de 79% a 98%. Con la aplicación de dicho plan se generó un ahorro mensual estimado de S/. 61067.03 soles.

También tenemos a Edgar Paul y su tesis titulada “Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para reducir los costos operativos en el centro de beneficiado de aves Chimú Agropecuaria - Trujillo”, con el fin de obtener el título profesional de Ingeniero Industrial en la Universidad Privada del Norte en el año 2017. En esta investigación se realizó un diagnóstico de los costos operativos de mantenimiento en respectiva área, identificándose 7 causas raíces que acarrearán un sobrecosto de mano de obra por S/. 69238 soles y un sobrecosto por repuestos de S/. 21024 soles, posteriormente Edgar diseñó e implementó un plan de mantenimiento preventivo enfocado en propuestas para eliminar las causas raíces, el cual tuvo una inversión de S/. 54950. El impacto de la implementación del plan de mantenimiento preventivo dio un beneficio en los costos de repuestos de S/. 16444 soles, con respecto a la mano de obra se logró S/. 14288 y en el costo operativo total se obtiene un beneficio de S/. 30732 durante el periodo de implementación (Año 2016). El análisis económico mostró un VAN de S/. 25137 y una tasa interna de retorno de 56% para un periodo de 2 años.

Además, tenemos a Ricardo Manuel y su tesis titulada “Mejoramiento del mantenimiento preventivo usando simulación en promodel para disminuir los costos por paralizaciones imprevistas en la flota vehicular de la empresa Ittsa S.R.L en la ruta Trujillo – Lima – Trujillo”, con el fin de obtener el título profesional de Ingeniero Industrial en la Universidad Cesar Vallejo en el año 2014. En esta investigación con un diseño descriptivo se evalúa la gestión actual de mantenimiento de la empresa, obteniendo que ésta no la



lleva acabo de la manera correcta, para esto por medio de observación directa obtiene las principales fallas de la flota estudiada y utilizando el diagrama de Pareto e Ishikawa conoce cuales son las raíces de esas fallas y cuáles son las más abundantes. Posteriormente realiza una simulación en promodel de un plan de mantenimiento en la flota de buses en 3 situaciones de paralizaciones imprevistas los cuales son: 0% de paralizaciones imprevistas, 20% de paralizaciones imprevistas y 50% de paralizaciones imprevistas. Con estas simulaciones obtiene los costos resultados por éstas paralizaciones resultándole que cuando es un 0% el costo es de \$0, cuando es 20% el costo es de \$1753.45; cuando es 50% el costo es de \$1987.52 que es el actual costo por paralizaciones imprevistas.

### **1.3. TEORIAS RELACIONADAS AL TEMA:**

En la actualidad la gestión del Mantenimiento en una empresa es un tema muy importante a realizar ya que éste permite la correcta operatividad de las máquinas de una planta, para profundizar en este concepto puedo decir que el mantenimiento puede definirse de muy distintas formas. Actualmente, tratar de definir éste término en un entorno económico; es algo ambiguo, ya que, el mantenimiento viene siendo gestionado por grandes empresas y ya está dentro de la planeación de todo buen plan de producción. Resulta obvio que el punto de partida del mantenimiento es mantener el correcto estado funcional de los equipos e instalaciones, sin embargo, las consecuencias que implican el desarrollo de este principio elemental pueden ser los altos costos.

La importancia cada vez mayor de los costos de mantenimiento y de la influencia que tiene el uso eficiente de las instalaciones ha originado que este tema se considere relevante dentro de las empresas. Diseñar un plan de mantenimiento, estimar los costos por deterioros, mano de obra y herramienta no constituye una tarea fácil, sin embargo, la reducción de estos costos y la agilización de los procesos ha logrado redefinir al mantenimiento. Esta actividad ha pasado a ser parte del sistema de producción. En resumen, se puede decir que el mantenimiento son todos los trabajos necesarios para establecer y mantener el equipo de producción de modo que cumpla los requisitos normales del proceso. El mantenimiento se clasifica en Mantenimiento correctivo,

Mantenimiento preventivo, Mantenimiento predictivo y Mantenimiento productivo total. (Gómez de León, 1998)

El **Mantenimiento Correctivo** se aplica por daños o averías presentes en el momento. Los daños o averías pueden ser por accidentes o por deterioro de los elementos, ocasionados por factores externos o por desgastes o desajustes debidos al uso. En esta clase de mantenimiento resultará fundamental la comunicación para lograr una actuación eficiente. La comunicación corresponderá en todo caso al usuario de la instalación o equipo que requiere de la actuación del mantenimiento. Ligado a esto, se debe registrar aspectos como alcances, parte afectada, piezas reparadas o sustituidas, tiempo de parada, entre otros. Aspectos que ayudarán a una mejora gestión en un futuro. (Gómez de León, 1998)

El **Mantenimiento Preventivo** pretende disminuir o evitar la reparación mediante una rutina de inspecciones periódicas y la renovación de los elementos deteriorados, lo que se conoce como “las tres erres del mantenimiento preventivo”. Las inspecciones que se realizan en este mantenimiento consisten en el desmontaje parcial o total de las piezas que conforman las máquinas, sustituyendo aquellas que según el examen realizado se considere oportuno. Aunque, otros elementos son sustituidos también tomando como referencia el número de operaciones realizadas en un determinado periodo de tiempo. La determinación del periodo de inspección para el mantenimiento preventivo suele tomarse de la experiencia misma, debido que un periodo muy corto encarece el proceso y un periodo demasiado largo provoca la aparición de avería entre dos inspecciones. La principal ventaja del mantenimiento preventivo frente a técnicas estrictamente correctivas es la reducción de paradas eventuales, lo que en consecuencia origina que se aproveche óptimamente las horas de trabajo disponibles tanto de las máquinas y los equipo, como de los trabajadores en el área de producción (Fernández, 1998).

El **mantenimiento preventivo** debe basarse en el estado real del elemento o sub conjunto a mantener. Según la Norma AFNOR (X60 – 010). “El mantenimiento sistemático es aquel mantenimiento preventivo efectuado de acuerdo con un plan establecido, según el tiempo o el número de unidades fabricadas”. Podríamos utilizar cualquier otra definición, pero el resultado será el mismo. (Gómez de León, 1998)

Existen diferentes tipos de mantenimiento preventivo, los cuales son: rutinario, reemplazo proactivo, mantenimiento predeterminado, remodelamiento planificado, mantenimiento condicionado e ingeniería rehabilitada. Cualquier buen plan de mantenimiento preventivo debe tener las siguientes actividades: la inspección rutinaria (externa), la inspección periódica (interna), lubricación sistemática apropiada, reparación y reemplazo de las partes averiadas, registros, análisis periódico de sistemas y parámetros de operación, inventario de repuestos y controles, programación del mantenimiento general para la maquinaria, análisis del mantenimiento, registros y supervisión del mantenimiento. (Fernández, 1998)

Según Wireman (1990) el programa de mantenimiento preventivo es la parte más esencial del grupo de trabajo de ingenieros en una planta de alimento balanceado y se divide en las siguientes partes:

- Recopilación de toda la información básica en máquinas e instalaciones: los registros del equipo de la planta.
- Identificación de los objetivos de inspección, frecuencia, ubicación y horario de inspección. Esto incluye los horarios de lubricaciones y programas del reemplazo de repuestos de rutina.
- Procedimiento del Plan de mantenimiento preventivo es la acción que comienza con el análisis de los registros y es seguida por decisiones de que será hecho, por quien y cuando.
- Estimación de los costos de mantenimiento. (Wireman, 1990)

Para determinar las causas que ocasionan las fallas el **diagrama de Ishikawa** (Figura N° 1), o Diagrama causa – efecto, es una buena opción que nos ayuda a identificar, clasificar y manifestar las causas, ya sea de problemas específicos y también de características de calidad. Muestra gráficamente la relación entre el resultado dado y los factores influyentes del resultado. Las **ventajas** es que permite que nos concentremos en el problema en sí, no en la historia del problema ni en los diferentes intereses que puedan tener los miembros del grupo. Con este podemos determinar las causas principales del problema, o las causas de las características de calidad, usando una vista estructurada. Genera un ambiente de ideas en los miembros del grupo de trabajo, facilitando el aprovechamiento del conocimiento de todos los integrantes sobre el proceso.

Para poder cuantificar y priorizar nuestras fallas es adecuado utilizar el **Diagrama de Pareto**, con el cual es posible identificar los problemas más relevantes mediante la aplicación del principio de Pareto (pocos vitales, muchos triviales) que dice que hay bastantes problemas sin importancia frente a solo los graves. Ya que, generalmente, el 80% de los resultados en total son del 20% de los elementos. (Figura N° 2).

La minoría vital está a lado izquierdo de la gráfica y la mayoría útil a lado derecho. En ocasiones es necesario combinar elementos de la mayoría útil en una sola clasificación llamada otros, la cual siempre tendrá que ser puesta en el lado derecho. La escala vertical es para las unidades monetarias, frecuencias o porcentajes.

La gráfica resulta muy útil, porque permite identificar visualmente con solo un vistazo tales minorías de características vitales a las que debemos poner más atención y así usar todos los recursos que se necesiten para poner en marcha una acción correctiva sin desperdiciar esfuerzos.

Esta herramienta se debe utilizar cuando: Queremos reconocer un producto o servicio para analizar la mejora de la calidad, cuando existe la necesidad de prestarle mayor atención a los problemas o sus causantes de manera sistemática, para reconocer oportunidades de mejora, para analizar los distintos segmentos de datos, para encontrar las causas principales de los problemas y encontrarles soluciones viables, para evaluar los resultados de una pre y un post aplicación para un problema, cuando los costos puedan clasificarse en categorías, cuando el rango de cada categoría es de gran importancia.

Para elaborar un **diagrama de Pareto** primero debemos seleccionar el factor a analizar para luego ordenar los problemas como las fallas, quejas, necesidades, etc. De mayor a menor incidencia o frecuencia.

También tenemos el concepto del **80-20%** donde se interpreta que el 80% de un problema esta generado por sólo el 20% de las causas. Es muy importante utilizar en el diagrama de Pareto el sentido común ya que no necesariamente los eventos más frecuentes son los más importantes, por ejemplo: 2 accidentes fatales requieren más atención que 100 cortaduras de dedos (Véase en la figura 2). (Sanchez Cristina Abril, 2006)

El efecto que tiene la gestión del mantenimiento preventivo en la presente investigación será usando la simulación Monte Carlo el cual es un método no determinista o estadístico numérico, usado para aproximar expresiones matemáticas complejas y costosas de

evaluar con exactitud. El uso de los métodos de Montecarlo como herramienta de investigación, proviene del trabajo realizado en el desarrollo de la bomba atómica durante la Segunda Guerra Mundial en el Laboratorio Nacional de Los Álamos en EE. UU. Este trabajo conllevaba la simulación de problemas probabilísticos de hidrodinámica concernientes a la difusión de neutrones en el material de fisión. Esta difusión posee un comportamiento eminentemente aleatorio. (Figura N° 3)

### **Precisión en el cálculo**

El método de Montecarlo tiene cierto número de puntos aleatorios de los que  $N'$  corresponden al área que deseamos calcular.

$$S = A \cdot \frac{N'}{N}$$

Luego  $S$  es proporcional a la probabilidad de que un punto aleatorio caiga en la superficie. Esa probabilidad se estima como:

$$\hat{p} = \frac{N'}{N}$$

Que será la probabilidad de  $N'$  éxitos en  $N$  intentos y que viene dada por la distribución binomial:

$$P(N' \text{ aciertos en } N) = \binom{N}{N'} \cdot p^{N'} \cdot q^{N-N'}$$

La distribución binomial se puede aproximar mediante una normal cuando:  $N \cdot p > 5$  y  $N \cdot q > 5$ .

La distribución normal por la que aproximamos tendrá media  $\mu = N \cdot p$  y varianza  $\sigma^2 = N \cdot p \cdot q$ .

Además para una distribución normal  $N(\mu, \sigma^2)$  sabemos que el 95% de las observaciones se encuentra en el intervalo:

$$(\mu - 2 \sigma, \mu + 2 \sigma)$$

Con lo que suponiendo  $N \cdot p > 5$  y  $N \cdot q > 5$  tendremos que el intervalo de confianza al 95% del número de aciertos  $N^\circ$  en 5 estaría en:

$$N \cdot p - 2\sqrt{N \cdot p \cdot q} \text{ a } N \cdot p + 2\sqrt{N \cdot p \cdot q}$$

El sistema requiere obtener números aleatorios. La base del método de Montecarlo y de la simulación son los números aleatorios, las tablas de números aleatorios, los generadores de números aleatorios y los números pseudo aleatorios. ¿Cómo se mide la aleatoriedad de los números usados? Sean  $v_0, v_1, \dots, v_9$  la frecuencia absoluta de los números 0,1,...,9 en una tabla de números aleatorios.

$$\sum_{i=0}^9 (v_i - 0.1 \cdot N)^2$$

Además, existen test de rachas para detectar patrones. Primero se tiene que verificar la distribución normal de los datos a ingresar. La distribución normal fue reconocida por primera vez por Abraham de Moivre (1667-1754). Posteriormente, Carl Friedrich Gauss (1777-1855) elaboró trabajos más profundos y formuló la ecuación de la curva; de ahí se le reconoce como “**la campana de Gauss**”. La distribución de una variable normal se determina mediante dos parámetros, su media y su desviación estándar, simbolizadas comúnmente por  $\mu$  y  $\sigma$ . Con esta notación, la densidad de la normal viene dada por la ecuación:

$$\text{Ecuación 1: } f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{1}{2} \left(\frac{x - \mu}{\sigma}\right)^2\right\}; -\infty < X < \infty$$

Así, se dice que una característica  $X$  sigue una distribución normal de media  $\mu$  y varianza  $\sigma^2$ , y se denota como  $X = N(\mu, \sigma)$ , si su función de densidad viene dada por la Ecuación 1. De la misma forma que ocurría con un histograma, en el que el área de cada rectángulo es proporcional a la cantidad de datos en su rango de valores correspondientes.

**Las propiedades de la distribución normal:** La distribución normal posee algunas propiedades que se deben destacar: tiene solo una moda, que coincide con su media y su mediana, la curva normal es asintótica al eje de abscisas. Por ello, cualquier valor entre  $-\infty$  y  $+\infty$  es teóricamente posible. El área total bajo la curva es, por tanto, igual a 1; es simétrica con respecto a su media  $\mu$ . Según esto, para este tipo de variables hay un 50%

de probabilidades de observar un valor mayor que la media, y un 50% de observar un valor menor, la distancia entre la línea trazada en la media y el punto de inflexión de la curva es igual a una desviación típica ( $\sigma$ ). Cuanto mayor sea  $\sigma$ , menos pronunciada será la curva de la densidad, El área bajo la curva que comprende los valores situados aproximadamente a dos desviaciones estándar de la media es igual a 0.95. En concreto existe un 95% de posibilidades de observar un valor comprendido en el intervalo ( $\mu - 1.96 \sigma$ ;  $\mu + 1.96 \sigma$ ), la forma de la campana de Gauss depende de los parámetros  $\mu$  y  $\sigma$ . La media indica la posición de la campana, de manera que para distintos valores de  $\mu$ , la gráfica se desplaza de forma horizontal. Por otro lado, la desviación estándar determina el nivel de apuntamiento de la curva. Cuanto mayor sea el valor de  $\sigma$ , más dispersos estarán los datos en torno a la media y la curva será menos pronunciada. Un valor diminuto de este parámetro indica, así, una gran probabilidad de obtener datos cercanos a la media de la distribución. La función de densidad se da por:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

Donde  $\mu$  (M) es la media y  $\sigma$  (sigma) es la desviación estándar ( $\sigma^2$  es la varianza). Muchas variables aleatorias continuas presentan una función de densidad cuya gráfica tiene forma de campana. La importancia de la distribución normal se debe principalmente a que hay muchas variables asociadas a fenómenos naturales que siguen el modelo de la normal. (Lopez Agui, 2008)

Para realizar un plan de mantenimiento requiere una cantidad de dinero a invertir la cual depende directamente de ciertos costos que son determinados mediante algunos factores. **El costo global de mantenimiento** es la suma de tres costos: Costo de las intervenciones ( $C_i$ ), costo de las fallas ( $C_f$ ), costo de almacenamiento ( $C_a$ ), como se muestra a continuación:

$$C_g = C_i + C_f + C_a$$

En el costo de las intervenciones ( $C_i$ ) se incluyen los gastos que están relacionado con las actividades de reparación de las máquinas e instalaciones. El costo de las intervenciones está compuesto principalmente por:

- Costo con personal propio: son todos aquellos costos correspondientes a la mano de obra propia encargada de realizar el mantenimiento.

Costo mano de obra propia = tiempo empleado x costo de HH

- Costo de repuestos y materiales: Son todos aquellos costos de los materiales y repuestos utilizado para las actividades de mantenimiento, teniendo en cuenta que éstos costos deben estar cotizados conforme a su valor actual en el mercado y no al tiempo en el que ingresaron a la empresa.

En el costo de fallas (Cf) los cuales corresponden a las pérdidas del margen de utilidad debido a problemas directos del mantenimiento que hayan redundado en una reducción en la tasa de producción de productos con la calidad deseada, costos por multas debido al daño ambiental, aumento del costo de la seguridad del personal por fallas en los dispositivos de seguridad, pérdidas de negocios, pérdidas de materias primas que no se pueden reciclar, aumento de los costos de explotación, etc.

Para el **costo de almacenamiento** (CA) que generalmente es alto en las empresas, representa los costos incurridos en financiar y manejar el inventario de piezas de recambio e insumos necesarios para la función mantenimiento, se incluyen:

Todo material almacenado genera determinados costos, a los cuales se denomina costos de existencias; los costos de existencias dependen de dos variables; la cantidad en existencias y tiempo de permanencia en existencias. Cuanto mayor es la cantidad y tiempo de permanencia, mayores serán los costos de existencias. El costo de almacenamiento se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Ca = \frac{Q}{2 \times T \times P \times I}$$

Dónde:

Ca= Costo de almacenamiento

Q= Cantidad de material en existencia en el periodo considerado



T= Tiempo de almacenamiento

P= Precio unitario de material

I= Tasa de almacenamiento expresada en porcentaje del precio unitario

El conocimiento de los costos de mantenimiento tiene como fin precisar de manera objetiva y realista lo que cuesta la función de mantenimiento para reducir los costos globales del mismo a un nivel mínimo o mantenerlos, respaldados por una buena producción, alta calidad, y un buen estado de las instalaciones, además de generar información que facilite al personal la toma de decisiones. (Barfield Jose, 2011).

Conociendo esto podemos complementar al detalle lo que es una parada de planta imprevista y su cálculo.

Según Fernández una parada de planta imprevista, viene a ser una acción no planificada en la cual la producción es interrumpida debido a fallas en la maquinaria. (Fernández, 1998).

El costo que implica las paradas de plantas imprevistas se cuantifica de la siguiente manera:

$$CPI = CM + CO + CMOO$$

Dónde:

CPI = Costo por parada imprevista

CM = Costo del mantenimiento

CO = Costo de oportunidad (utilidad dejada de percibir)

CMOO = Costo de mano de obra ociosa

Por lo anteriormente mencionado, la finalidad del **mantenimiento preventivo** es reducir la probabilidad de falla de una máquina o equipo, el cual ocasiona paradas imprevistas. La experiencia nos demuestra que no existen instalaciones, máquinas o equipos que estén libres de fallas en toda su vida útil, y que con una adecuada gestión de mantenimiento es posible reducir al mínimo los perjuicios ocasionados por los desperfectos. En la industria se suele considerar como “falla” a cualquier anomalía que impida mantener los niveles

de producción. Pero el concepto es aún más amplio y debe tener en cuenta la falta de calidad del producto, la falta de seguridad, el mal aprovechamiento de la energía disponible y la contaminación ambiental. En resumen, decimos que algo falla cuando no nos brinda el servicio que debe darnos o cuando aparecen resultados indeseables, según las especificaciones de diseño con las que fue construido o instalado el bien en cuestión. Existen tres tipos de fallas con respecto al tiempo de uso, las cuales son: 1.- Fallas tempranas, aquellas que se presentan al principio de la vida útil; mayormente causadas por problemas de materiales, diseño o montaje. 2.- Fallas adultas, aquellas que se presentan durante la vida útil. Se derivan de las condiciones de operación y se presentan a comparación de las anteriores, más lentamente. 3.- Fallas tardías, aparecen en forma lenta y ocurren en etapas finales de la vida útil del bien. (Gómez de León, 1998)

Parte de esta investigación es demostrar el impacto del mantenimiento preventivo para lo cual utilizamos **simulación**, que es una técnica usada para analizar y estudiar sistemas complejos. Nos permite reunir información pertinente sobre el comportamiento del sistema porque ejecuta modelos computarizados. Los datos recolectados se usan después para diseñar el sistema deseado. De esta manera, se define a la simulación como la técnica que imita el funcionamiento de un sistema del mundo real cuando evoluciona en el tiempo. La simulación no es una técnica de optimización, más bien es una técnica para estimar las medidas de desempeño del sistema modelado.

En tanto, Roger Schroeder planeaba: la **simulación** es una técnica que puede utilizarse para resolver una amplia gama de modelos. Su aplicación es tan amplia que se ha dicho: “cuando todo este fallando y quiera evaluar soluciones, utilice simulación”. etc. (Eppen G.D., 2000)

En la presente investigación utilizaremos el simulador promodel; el cual permite simular cualquier tipo de sistema de manufactura, logística, manejo de materiales, etc. Se puede simular bandas de transporte, gruas viajeras, ensamble, corte, talleres, logística, etc. Éste programa es un paquete de que no requiere programación, aunque si la permite. Funciona en equipos de 486 en adelante y utiliza el sistema operativo Windows, tiene la combinación perfecta entre facilidad de uso y flexibilidad para aplicaciones complejas. Además, permite simular justo a tiempo: teoría de restricciones, sistemas de empujar, jalar, logística, mantenimiento, etc. Prácticamente, cualquier sistema puede ser modelado. Una vez hecho el modelo, éste puede ser optimizado para encontrar los valores óptimos

de los parámetros claves del modelo. Algunos ejemplos incluyen determinar la mejor combinación de factores para incrementar producción, y a su vez, reducir costos, Este software permite hallar la solución óptima, desplazando por completo el modelo de prueba y error. (INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES, 1994).

#### **1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA:**

¿Cómo el mantenimiento preventivo usando simulación en Promodel contribuirá a disminuir los costos por paradas imprevistas en el área de molienda de la avícola El Rocio S.A. en el año 2018?

#### **1.5. JUSTIFICACIÓN:**

El presente estudio de investigación se justifica proponiendo a la empresa un plan de mantenimiento preventivo. Ya que actualmente la gestión de mantenimiento para esa área no está planeada y se lleva a cabo solamente mantenimiento correctivo, ocasionando paradas imprevistas y por consiguiente un aumento de costos. Además, se simuló un escenario del área de molienda con un plan de mantenimiento preventivo y se calculó los costos de dicho mantenimiento; para luego compararlo con los costos de paradas imprevistas calculados con una simulación Montecarlo, con la finalidad de mostrarle al empresario que dicha área amerita la implementación de un plan de mantenimiento preventivo. Por otro lado, se justifica metodológicamente el investigador propone el diseño descriptivo ya que se simula un plan de mantenimiento preventivo para el área de molienda y se simula la cantidad de horas de paradas imprevistas.

#### **1.6. HIPOTESIS:**

Los costos Simulados sin paradas imprevistas son significativamente menores que los costos simulados con paradas imprevistas para el área de molienda de la avícola El Rocio S.A. en el año 2018.

## **1.7. OBJETIVOS:**

### **1.7.1. OBJETIVO GENERAL:**

Simular un Plan de Mantenimiento Preventivo en Promodel para disminuir los costos por paradas imprevistas en el área de molienda de la Avícola El Rocio S.A. en el año 2018.

### **1.7.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS:**

- Evaluar la actual gestión de mantenimiento del área de molienda de la avícola El Rocio S.A.
- Determinar los principales tipos de fallas y su causa en la maquinaria del área de molienda.
- Elaborar un modelo de mantenimiento preventivo para el área de molienda y determinar sus costos, usando el simulador Promodel.
- Determinar los costos por paradas imprevistas en el área de molienda, mediante simulación Montecarlo

# **II. MARCO METODOLÓGICO**

## 2.1. TIPO DE ESTUDIO

Es un estudio aplicado, porque busca aplicar bases teóricas de la gestión de mantenimiento preventivo y la teoría de la simulación para darles solución a la realidad problemática de la empresa en estudio, al reducir sus costos por paradas imprevistas.

## 2.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Descriptiva, pues pretende describir los costos de mantenimiento por paradas imprevistas, bajo dos escenarios de probabilidad: no existe paradas imprevistas y existen paradas imprevistas.

## 2.3. VARIABLES

### 2.3.1 Identificación de variables

El siguiente estudio tiene como variables el mantenimiento preventivo (independiente) y los costos por paradas imprevistas (dependiente), los cuales son clasificados a continuación:

- **Variable independiente, cualitativa: Mantenimiento preventivo:** Tareas de inspección, control y conservación de un equipo/componente con la finalidad de prevenir, detectar o corregir defectos, tratando de evitar averías en el mismo, medido a través de controles previamente programados.
- **Variable dependiente, cuantitativa: Costos por paradas imprevistas:** Son todos aquellos costos de producción clasificados como perdidas por el hecho de paradas no panificadas en una planta.

### 2.3.2. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES:

**Tabla N° 1:** Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Escalas
Mantenimiento preventivo usando simulación	Mantenimiento preventivo: Tareas de inspección, control y conservación de un equipo/componente con la finalidad de prevenir, detectar o corregir defectos, tratando de evitar averías en el mismo.	Revisiones técnicas de la maquinaria del área de molienda, para evitar paradas imprevistas. Medidos en un programa de simulación que mide:	Programación por tipos de fallas	Nominal
			Tipos de fallas	
			Frecuencia por tipo de fallas	Razón
	Simulación del modelo	X: Factibilidad del plan de Mantenimiento	Costo del mantenimiento preventivo = Tiempo empleado para el mantenimiento en la simulación x costo de mantenimiento	
Costos por paradas imprevistas	Costos de mantenimiento por paradas imprevistas	Los costos de tiempo perdido por paradas imprevistas son altos	CTM = N° de horas de paradas imprevistas en la simulación x costo de parada imprevista por hora	Razón

**Fuente:** Elaboración propia

## **2.4. POBLACION Y MUESTRA**

Una población según Tomas G. (2003), es definida como “la totalidad del fenómeno a estudiar en donde las unidades de población poseen una característica común, la cual se estudia y da origen a los datos de la investigación”.

La población de este proyecto está constituida por todas las máquinas y equipos del área de molienda de la Avícola El Rocío S.A. las cuales son 10.

## **2.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS:**

### **Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Para el desarrollo de uno de los objetivos específicos se harán uso de las siguientes técnicas y herramientas:

- El primer objetivo es evaluar la actual gestión de mantenimiento del área de molienda de la avícola El Rocío S.A., para esto se recurre a la técnica de la entrevista y el análisis de información, usando como instrumentos para recoger información una guía de entrevista.
- El segundo objetivo es determinar los principales tipos de fallas y sus causas en la maquinaria del área de molienda, se recurre a la técnica del análisis de información, observación directa usando como instrumento un gráfico de Pareto y un diagrama de Ishikawa.
- El tercer objetivo es elaborar un modelo de mantenimiento preventivo para el área de molienda, mediante simulación, recurrimos al análisis de información y a la revisión bibliográfica, utilizando para ello el simulador PROMODEL.
- El cuarto objetivo determinar los costos por paradas imprevistas en el área de molienda, para ello se recurre al análisis de información de los costos obtenidos de la base de datos de la empresa, empleando para ello la simulación Montecarlo en una hoja de cálculo Excel.

## **2.6. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS:**

### **Análisis descriptivos**

De acuerdo a la escala de las variables de estudio, se procederá a calcular sus medidas de tendencia central, tabulando los datos en tablas de frecuencias o gráficos de barras o circular según sea la naturaleza de los resultados.

## **2.7. ASPECTOS ÉTICOS:**

El investigador se compromete con la empresa y con el proyecto, también por la aprobación de este respetando la veracidad de los resultados, la confiabilidad de los datos suministrados por la empresa y la identidad de los individuos que participan en el estudio entre otros aspectos.



# **III. RESULTADOS**

### **3.1. EVALUACIÓN DE LA ACTUAL GESTIÓN DE MANTENIMIENTO EN EL ÁREA DE MOLIENDA DE LA AVICOLA EL ROCIO S.A.**

Para realizar un diagnóstico situacional de la empresa El Rocio S.A. se procede a mostrar los siguientes puntos:

#### **3.1.1. Generalidades:**

##### **Descripción general de la empresa**

La Avicola El Rocio S.A., con RUC 20204844381 y con domicilio fiscal en la carretera industrial Laredo Km. 1.5 Zona Industrial; de la ciudad de Trujillo, tiene como actividad principal la venta de pollos, huevos y otros productos asociados.

Su historia inició en 1967 en el Valle de Virú (La Libertad) con un pequeño proyecto avícola en la crianza de 2000 pollos bebés. Oficialmente se constituye con fecha 06 de mayo del 1993 gracias al poder de acceso a la propiedad de la tierra, fue cuando empezaron a diversificar; pasando de ser una empresa solo avícola a una agroindustrial. Hacia el 2005 El Rocio S.A. dio un giro al negocio, gracias al éxito obtenido en la exportación. Es así como decidieron incursionar en la ganadería, división en la que hoy son la primera empresa del país. Sus principales actividades son la avicultura, la agricultura y la ganadería, las cuales se desarrollan en sinergia.

##### **Razón Social**

El Rocio S.A., con RUC No. 20204844381

##### **Ubicación Geográfica**

Está ubicada en la Carretera Industrial Laredo Km. Nro. 1.5 Zona Industrial

##### **Giro del Negocio**

El Rocio S.A., desarrolla actividades como: ganadería, agricultura y avicultura.

##### **Estrategia Empresarial**

###### **Visión**

“Ser competitivos en todos los eslabones de la cadena estableciendo alianzas estratégicas entre agricultores, industriales y gobierno, con el fin de realizar actividades competitivas, rentables y sostenibles económica, social y ambientalmente en un entorno participativo y bien informado”.

###### **Misión**

“Nuestra misión primordial es la producción y comercialización de productos alimenticios con los más altos estándares de calidad y valor agregado, con miras a proveer oportunidades para la nutrición y el desarrollo de la población nacional y a elevar la competitividad y la calidad de vida de los agentes que la componen”.

## **Valores**

Compromiso con el cliente  
Trabajo en equipo  
Creatividad e innovación  
Respeto a las leyes

### **3.1.2. Descripción de la producción del Alimento Balanceado para pollos y gallinas:**

El proceso de producción del alimento balanceado es el siguiente:

#### **Almacenamiento de materias primas**

Se utilizan silos cerrados conformados con planchas corrugadas galvanizadas, para evitar la entrada de aves, roedores y otros animales no deseables. Los silos son de fondo plano; para almacenar grandes cantidades de maíz. La inversión requerida para el almacenaje en silos es alta, comparada con otros sistemas de almacenajes, también existen almacenes bajo techo, en los cuales se ingresa grandes cantidades de maíz o soja. Ambos tipos de almacenaje se utilizan para el maíz, en el caso de la soja solo se utiliza el almacenamiento bajo techo debido a que en los silos éste se compacta.

#### **Área de Molienda**

En ésta área las materias primas como la soja y el maíz son fraccionados al tamaño adecuado, dependiendo del tipo de alimento que se desee hacer. El área de molienda de la avícola el Rocio S.A. Utiliza molinos de martillo, los cuales son molinos de baja inversión inicial. Ésta área es crítica ya que de aquí se distribuye la materia prima molida para los siguientes procesos y es el área en estudio debido a su falta de un plan mantenimiento preventivo el cual ocasiona su mal funcionamiento en planta repercutiendo en paradas imprevistas repetitivas.

#### **Área de dosificación y mezclado**

Una vez molida la materia prima, el siguiente paso es mezclarlos adecuadamente, para que el alimento quede perfectamente homogéneo; primero, se adicionan los ingredientes sólidos (maíz y soja), luego las pre mezclas de minerales y vitaminas y finalmente se adicionan los ingredientes líquidos (aceite). Para la dosificación del maíz, la soja y el aceite la planta cuenta con una balanza controlada mediante un panel de control, pero

en el caso de los aditivos como las vitaminas y los minerales estas actividades se realizan de manera manual.

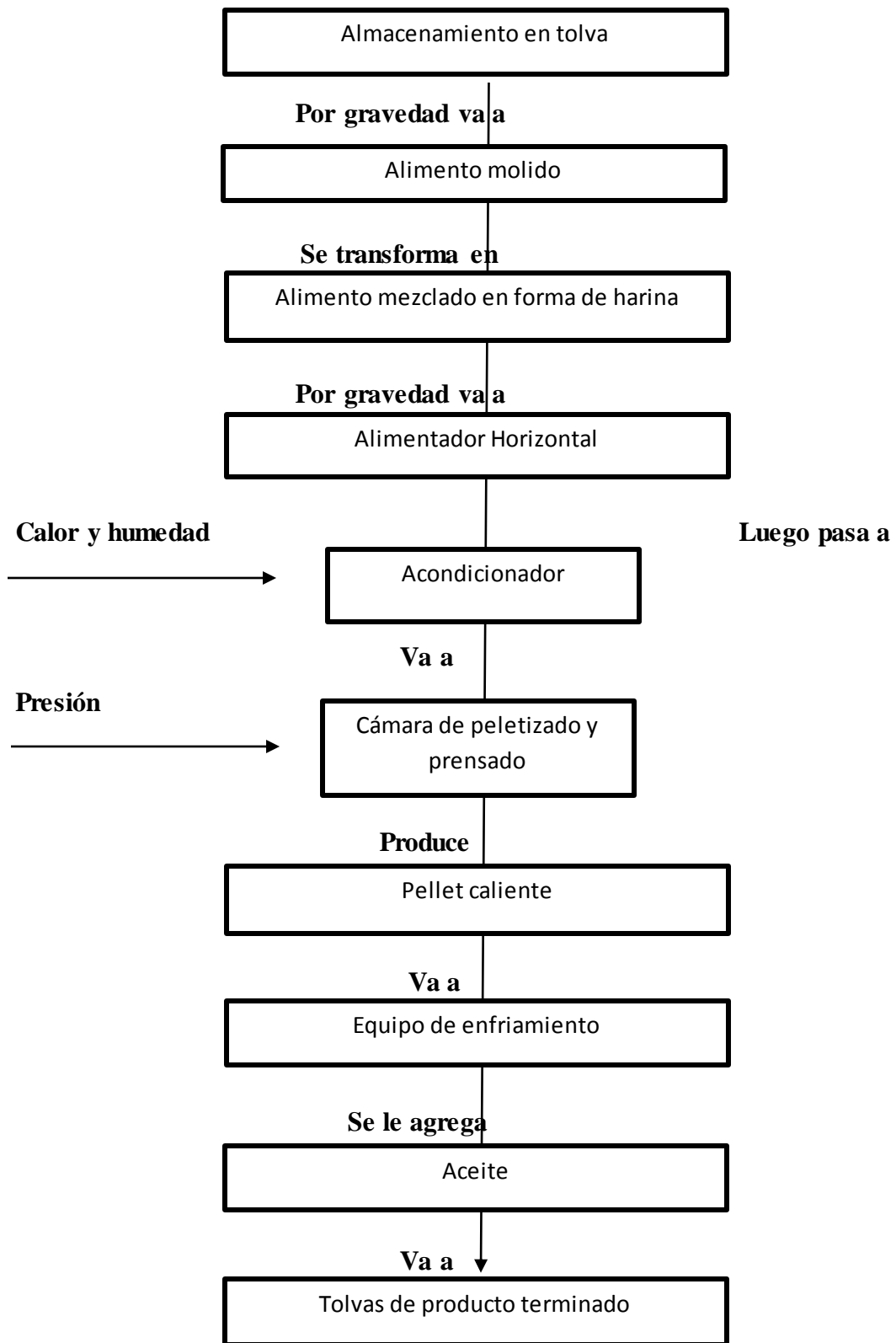
### **Área de peletizado y extrusión**

En este proceso el alimento fluye dentro del alimentador y es ingresado uniformemente al acondicionador, para la adición controlada de vapor, ingresando luego a la prensa (extrusión) de peletizado, la cual se encarga de darle una forma cilíndrica al alimento (pellet), saliendo los pellets al enfriador en el cual se zarandea el producto para acelerar el proceso de enfriamiento y retirar la mayor cantidad de sólidos posibles, posteriormente se le aplica aceite mediante tuberías que son alimentadas desde los tanques de aceite y el producto terminado pasa a ser almacenado a las tolvas de producto terminado.

### **Área de producto terminado**

El producto terminado es almacenado en diferentes tolvas, dependiendo que alimento sea; para posteriormente ser vaciado a los camiones y trasladados a las granjas.

**Figura N° 4:** Esquema general de producción del alimento balanceado



**Fuente:** Elaboración propia

### **3.1.3. Maquinaria de planta:**

La planta industrial AVICOLA EL ROCIO S.A. se puede dividir en 3 partes:

#### **Planta de Harina:**

Se divide en:

- Transportador Alimentador a Molino
- Transportador de Maíz Molido
- Elevador de Maíz Molido
- Elevador de Soya
- Elevador de Producto Terminado
- Molinos de Maiz y Soya
- Mezcladora
- Rastra de Harina
- Elevador de Harina

#### **Peletizado:**

Se divide en:

- Rastra de Alimento para separar solidos
- Tornillo de Alimentación
- Acondicionador 1
- Acondicionador 2
- Expander
- Gusano debajo de CICLON
- WING Crumbler
- Prensa
- Ciclón
- Exclusa
- Gusano inoxidable
- Bomba Hidráulica
- Exclusa (Enfriador)
- Quebrantador
- Sistema Post Pellet
- Bomba de Aceite (Post Pellet)

- Bomba de enzimas (Post Pellet)
- Elevador de Polvo (finos)
- Rastra de Pellets
- Elevador de Pellets
- Rastra de Alimento a equipo de rociado
- Rastra de producto terminado
- Rastra de doble piso 18.5m
- Elevador sobre SILO 11.5m

### **Recepción y Almacenaje:**

Se divide en:

- Elevador a Silos de Recepción
- Rastra de Repartos a Silos
- Transportador, Alimentador y Reciclaje #1
- Transportador, Alimentador y Reciclaje #2
- Transportador, Alimentador y Reciclaje #3
- Almacén N° 1
- Almacén N° 2
- Almacén N° 3
- Almacén Bajo Techo
- Almacén Central
- Silo N° 1
- Silo N° 2
- Silo N° 3
- TANQUE DE ACEITE N°1
- TANQUE DE ACEITE N°2
- TANQUE DE ACEITE N°3
- TANQUE DE ACEITE N°4
- TOLVAS DE INSUMOS.

### **3.1.4. Área en estudio:**

El área de estudio de ésta investigación es la molienda, debido a que no cuenta con un plan de mantenimiento preventivo. Para ello describiremos la maquinaria de ésta área a continuación:

#### **Silo**

Es un contenedor de capacidad aproximada a 2100 Toneladas donde se almacena el maíz. En la planta de la Avícola El Rocio S.A. existen tres silos equipados con sensores de Temperatura. Estos silos están clasificados por tipos de maíz que generalmente es Maíz americano, nacional y argentino.

**Figura N° 5: Silos**



**Fuente:** Planta de A.B., El Rocio S.A.

#### **Gusano extractor**

Encargado de extraer el maíz desde el interior del silo y transportarlo hacia un pozo con caída, estos gusanos son movidos por motores que se controlan mediante un tablero de control cuyo encargado es el molinero.

**Figura N° 6: Gusano extractor**



**Fuente:** Planta de A.B., El Rocio S.A.

#### **Tableros de control**

Cumple la función de activar un motor el cual permite el traslado del maíz por el gusano extractor. Existen uno para el escape del silo y otro para los molinos



**Figura N° 7:** Tablero de control



**Fuente:** Planta de A.B., El Rocio S.A.

### **Elevadores**

Están encargados de elevar el maíz mediante una alta presión de alta que se le suministra.

**Figura N° 8:** Elevadores



**Fuente:** Planta de A.B., El Rocio S.A.

### **Tolva de maíz entero**

La tolva tiene una capacidad aproximada de 26 Toneladas y se encarga de alimentar de maíz a ambos molinos de manera continua.

**Figura N° 9:** Tolva de maíz entero



**Fuente:** Planta de A.B., El Rocio S.A.

### **Molinos de martillo**

Tienen la función de moler el maíz y la soya y convertirlo en partículas más pequeñas para su futura mezcla con los aditivos, existen dos tipos de molienda: molienda fina y molienda gruesa. El molino 1 es utilizado para molienda fina y gruesa y el molino dos solo para molienda fina.

**Figura N° 10:** Molinos de martillo



**Fuente:** Planta de A.B., El Rocio S.A.

### **Tolva de alimento molido**

Almacenan el maíz y soya molida. Existen 5 tolvas para producto molido.

**Figura N° 11:** Tolvas de alimento molido



**Fuente:** Planta de A.B., El Rocio S.A.

### **Motores**

Con este el operador puede manipular el funcionamiento de ambos molinos modificando su potencia a la deseada.

**Figura N° 12:** Tablero de Control de molinos



**Fuente:** Planta de A.B., El Rocio S.A.

### **3.1.5. Resultados de la entrevista realizada al supervisor de planta:**

Se obtuvieron los siguientes resultados de la entrevista con la finalidad de evaluar la gestión actual de mantenimiento del área de molienda.

El Área de molienda carece de un plan de mantenimiento preventivo por ciertas razones, tales como la indisponibilidad inmediata de los repuestos, en especial de los martillos que se usan en los molinos, esto se debe a que el lugar de procedencia de los repuestos es lejano e impide su adquisición rápida; otro factor importante y creo que es el más determinante es la falta de recurso humano, ya que en lo observado y conversado fue claramente notorio que la cantidad de técnicos y obreros que se encargaban de hacer la limpieza y mantenimiento de las máquinas no era basta para la actividad, también era evidente que no existía un horario que ordene el inicio y la finalización del mantenimiento para cualquier área de planta, éstas deficiencias ocasionaron que se descuidaran ciertas áreas y la más afectada fue la molienda. Cabe resaltar que el espacio en el área de molienda es reducido y ocasiona incomodidad en los trabajadores al momento del mantenimiento, alentándolos y generando imprecisiones al momento de la actividad. Una vez tocado el tema de recursos se le preguntó al supervisor si los materiales eran los suficientes para las actividades de mantenimiento, resultando que no contaban con la cantidad requerida para mantener una ejecución ordenada y rápida del mantenimiento, alentando la actividad y ocasionando prolongaciones en muchas ocasiones de las reparaciones. En cuanto a la constante capacitación de todos los técnicos es algo que falta mejorar, ya que en las capacitaciones solo se consideran a algunos trabajadores y no a todos los que deberían estar preparados, en caso de algún inconveniente que demande un reemplazo inmediato, no se podría solucionar el problema eficientemente. Enfocándonos en los aspectos técnicos de las máquinas, el área de mantenimiento no cuenta con los

manuales que instruyan como realizar un correcto procedimiento y con qué frecuencia realizarlo; y por último se obtuvo que la carencia del plan de mantenimiento está ocasionando no solo costos por paradas imprevistas, sino también costos por horas extras, ya que en ocasiones se les debe pagar a los colaboradores horas extras con la finalidad de cumplir con la producción semanal.

## 4.2. PRINCIPALES TIPOS DE FALLAS Y SU CAUSA EN EL ÁREA DE MOLIENDA

### 4.2.1. Análisis de las fallas registradas en el área de molienda de la avícola El Rocio S.A. mediante el Diagrama de Pareto.

En las máquinas del área de molienda de la Avícola El Rocio S.A. se presentan determinadas fallas las cuales son las causantes de las paradas imprevistas, estas fallas se muestran a continuación:

**Tabla N° 3:** Fallas en las máquinas del área de molienda

Codigo de la falla	Nombre de Falla	Cantidad de Fallas registradas
<b>F1</b>	sobrecarga de molinos	36
<b>F2</b>	discos en mal estado	34
<b>F3</b>	zaranda dañada	33
<b>F4</b>	falla de encendido de paneles	8
<b>F5</b>	chumaceras en mal estado	6
<b>F6</b>	elevadores sin lubricación	5
<b>F7</b>	martillos desgastados	5
<b>F8</b>	rotura de martillos	3
<b>F9</b>	bobina cortocircuitada	2
<b>F10</b>	Silos deteriorados	1
<b>Total general</b>		<b>133</b>

**Fuente:** Planta de Alimento Balanceado, Avícola El Rocio S.A.

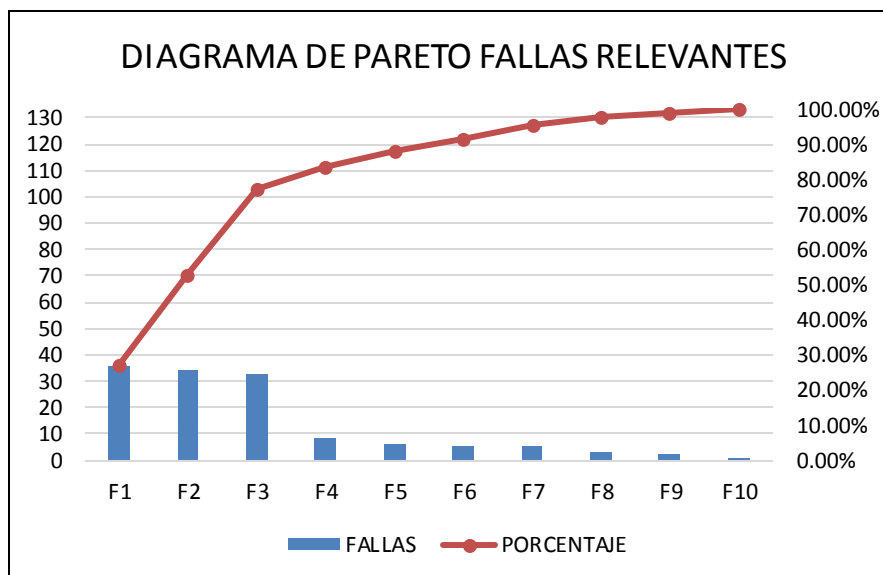
Interpretación: La Tabla N° 3 muestra la cantidad de fallas y tipos de fallas recolectadas por la empresa desde agosto del 2017 hasta mayo del 2018. Posteriormente con este registro de fallas desarrollamos un análisis de Pareto para identificar las fallas consideradas más relevantes.

**Tabla N° 4:** Identificación de fallas relevantes en las máquinas del área de molienda

N°	Codigo de la falla	N° de fallas recolectadas	N° de fallas acumuladas	% total	% acumulado
1	F1	36	36	27.07%	27.07%
2	F2	34	70	25.56%	52.63%
3	F3	33	103	24.81%	77.44%
4	F4	8	111	6.02%	83.46%
5	F5	6	117	4.51%	87.97%
6	F6	5	122	3.76%	91.73%
7	F7	5	127	3.76%	95.49%
8	F8	3	130	2.26%	97.74%
9	F9	2	132	1.50%	99.25%
10	F10	1	133	0.75%	100.00%
<b>TOTAL</b>		133			

**Fuente:** Planta de Alimento Balanceado, Avicola El Rocio S.A.

**Figura N° 13:** Diagrama de Pareto de fallas relevantes de la maquinaria del área de molienda



**Fuente:** Tabla N° 4

Interpretación: De acuerdo con la Tabla N° 4, El Diagrama de Pareto muestra que 4 fallas de un total de 10 representan el 83.46% de fallas totales por lo tanto vamos a realizar el

estudio con estas fallas en la simulación. Pero tratándose de fallas en máquinas, cabe resaltar, que la falla más frecuente es la sobrecarga de molinos representando un 27.07% del número total de fallas; ésta falla en específico se asocia al mal uso de los molinos en dicha área, luego obtuvimos que los discos e mal estado registraron un 25.56% del total de fallas, también que los casos de zaranda dañada registraron un 24.81% de fallas del total y las fallas de encendidos de paneles registraron solo un 6.02% del total de fallas, éstas 3 últimas fallas son causadas netamente por la falta de inspecciones y de un plan de mantenimiento preventivo en dicha área.

Posteriormente se procedió a calcular la frecuencia promedio anual de las fallas presentadas en el periodo de agosto del 2017 a mayo del 2018, utilizando el registro de paradas imprevistas del área de molienda, con la finalidad de mostrar de manera general cada que tiempo se presentan dichas fallas en las máquinas de dicha área.

**Tabla N° 5:** Frecuencia promedio Anual de fallas para el periodo agosto 2017 – mayo 2018

Item	Tipo de Falla	Frecuencia promedio de fallas
1	sobrecarga de molinos	9
2	discos en mal estado	9
3	zaranda dañada	10
4	falla de encendido de paneles	41

**Fuente:** Tabla N° 3

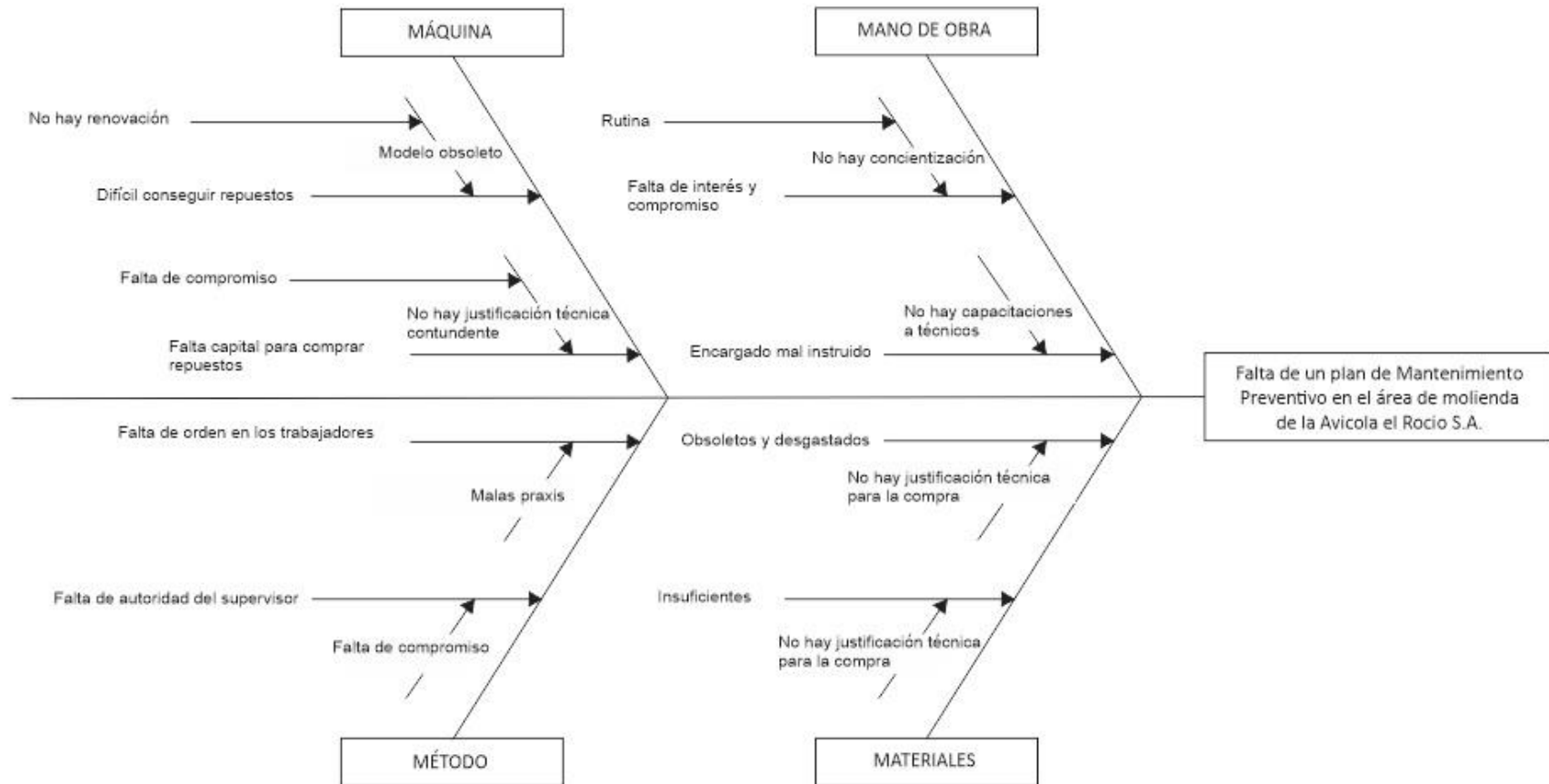
#### **4.2.2. Causas de las fallas en el área de molienda de la avícola El Rocio S.A.**

En el área de molienda de la avícola El Rocio S.A. se sabe que por diferentes factores ocasionados no solo por dicha área sino también por otras que influyen de manera indirecta, la cantidad de fallas son altas; pero el causante principal de las paradas imprevistas que a su vez son ocasionadas por las fallas es la carencia de un plan de mantenimiento preventivo para el área de molienda, por eso se consideró la principal problemática a éste estudio. Por ello utilizando el Diagrama de Ishikawa se analizan las

causas que ocasionan que el área de molienda no cuente con un plan de mantenimiento preventivo, el cual resulta de la siguiente manera:

En la Figura N° 14 se muestra el diagrama de causa-efecto, producto del análisis realizado a la falta del plan de mantenimiento en el área de molienda, mediante observación directa.

**Figura N° 14:** Diagrama de Ishikawa de la falta de plan de mantenimiento preventivo en el área de molienda



**Fuente:** Elaboración propia



Las causas relacionadas a la falta de un mantenimiento preventivo en el área de molienda, han sido identificadas en el diagrama de causa-efecto (Figura N° 14), con la cual podemos decir que las causas más resaltantes son: el bajo presupuesto para dicha área, falta de capacitaciones, materiales insuficientes y falta de compromiso; éstas causas son englobadas por una sola, la cual es el bajo presupuesto designado para la planta de la Avicola El Rocio S.A.. Es por eso que la finalidad de éste estudio fue demostrar mediante simulación los costos por paradas imprevistas, para así servir como justificación técnica en la Gerencia de La Avicola El Rocio S.A.

### **4.3. EVALUACIÓN DE UN MODELO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL ÁREA DE MOLIENDA MEDIANTE PROMODEL**

#### **4.3.1. Elaboración del modelo de mantenimiento preventivo en promodel**

Para elaborar la simulación del mantenimiento preventivo del área de molienda primero se procedió a crear las locaciones del área las cuales se muestran en la siguiente figura:

**Figura N° 15:** Locaciones del área de molienda

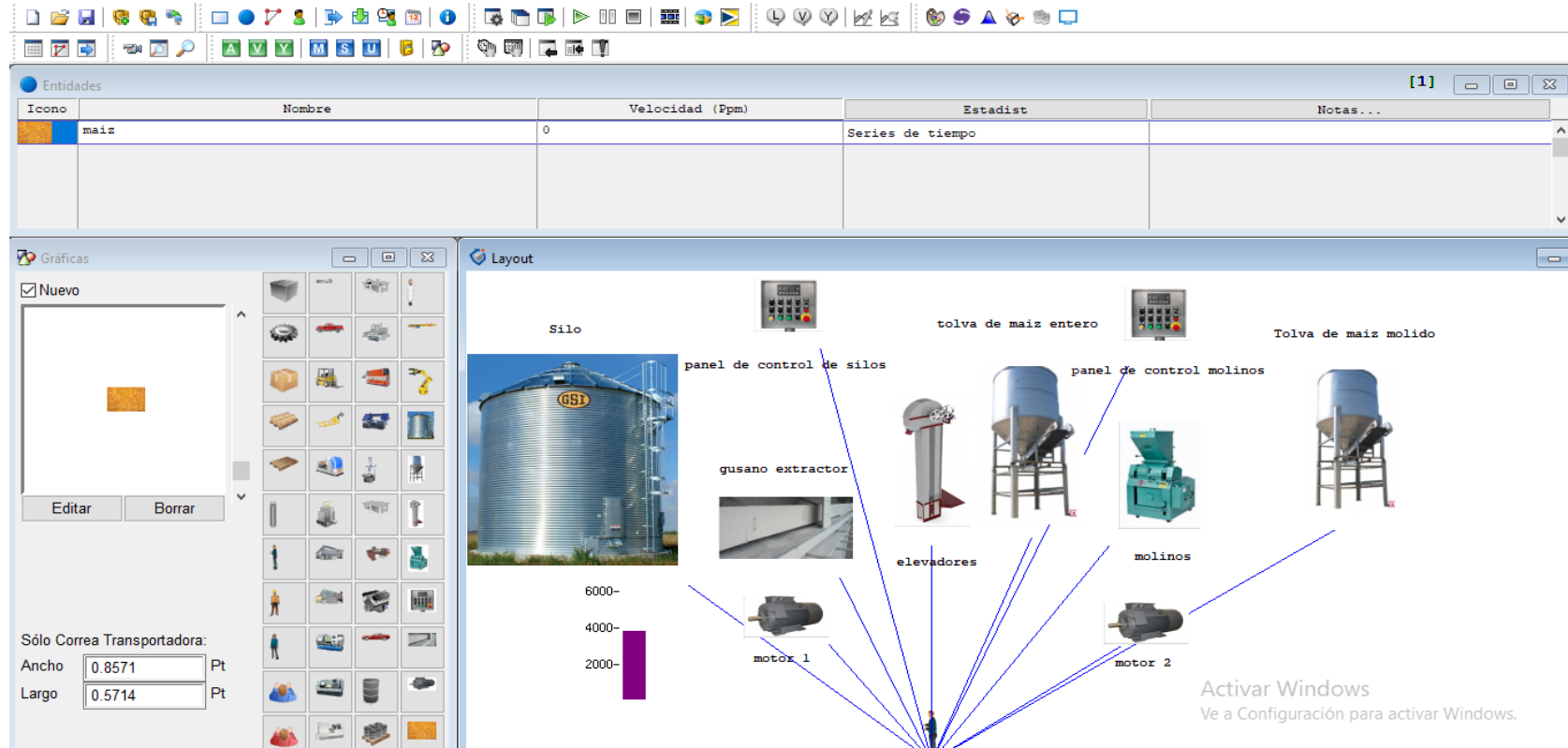
Icono	Nombre	Cap.	Unidades	TMs...	Estadist	Reglas...
	Silo	6300	1	Reloj,	Series de tiempo	Más Tiempo
	panel_de_control_de_silos	1	1	Reloj,	Series de tiempo	Más Tiempo
	gusano_extractor	42	1	Reloj,	Series de tiempo	Más Tiempo
	elevadores	42	1	Reloj,	Series de tiempo	Más Tiempo
	tolva_de_maiz_entero	50	1	Reloj,	Series de tiempo	Más Tiempo
	molinos	42	1	Reloj,	Series de tiempo	Más Tiempo
	panel_de_control_molinos	1	1	Reloj,	Series de tiempo	Más Tiempo
	Tolva_de_maiz_molido	160	1	Reloj,	Series de tiempo	Más Tiempo
	Mantenimiento	1	1	Ninguna	Series de tiempo	Más Tiempo
	motor_1	1	1	Reloj,	Series de tiempo	Más Tiempo
	motor_2	1	1	Reloj,	Series de tiempo	Más Tiempo

**Fuente:** Promodel

A las locaciones se les asignaron sus nombres, capacidades y unidades la cual permite un correcto funcionamiento en la simulación del proceso y del mantenimiento preventivo.

Posteriormente se creó la entidad, la cual es el maíz:

**Figura N° 16: Entidad del área de molienda**

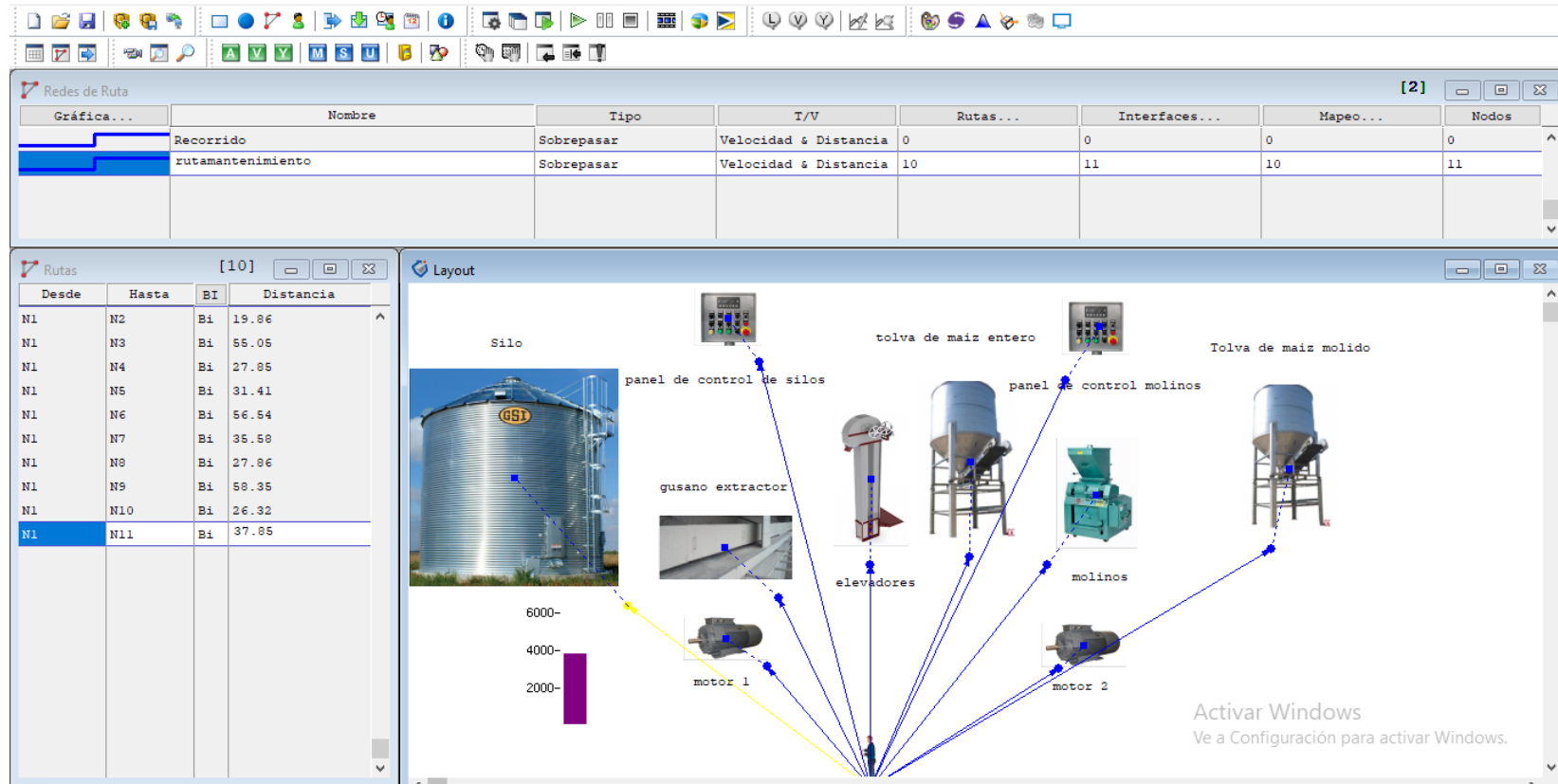


**Fuente: Promodel**

A ésta entidad se le asignó una velocidad de 0.

Luego se crearon rutas de todas las entidades del área (máquinas):

**Figura N° 17: Rutas del área de molienda**



**Fuente: Promodel**

En ésta sección se creó una red de rutas con la finalidad de indicarle a nuestro técnico de mantenimiento a que locaciones debe darle mantenimiento.

Para el procesamiento se programaron todas las actividades y esperas que deben tener las locaciones junto con la entidad, como se muestra a continuación:

**Figura N° 18:** Proceso del área de molienda

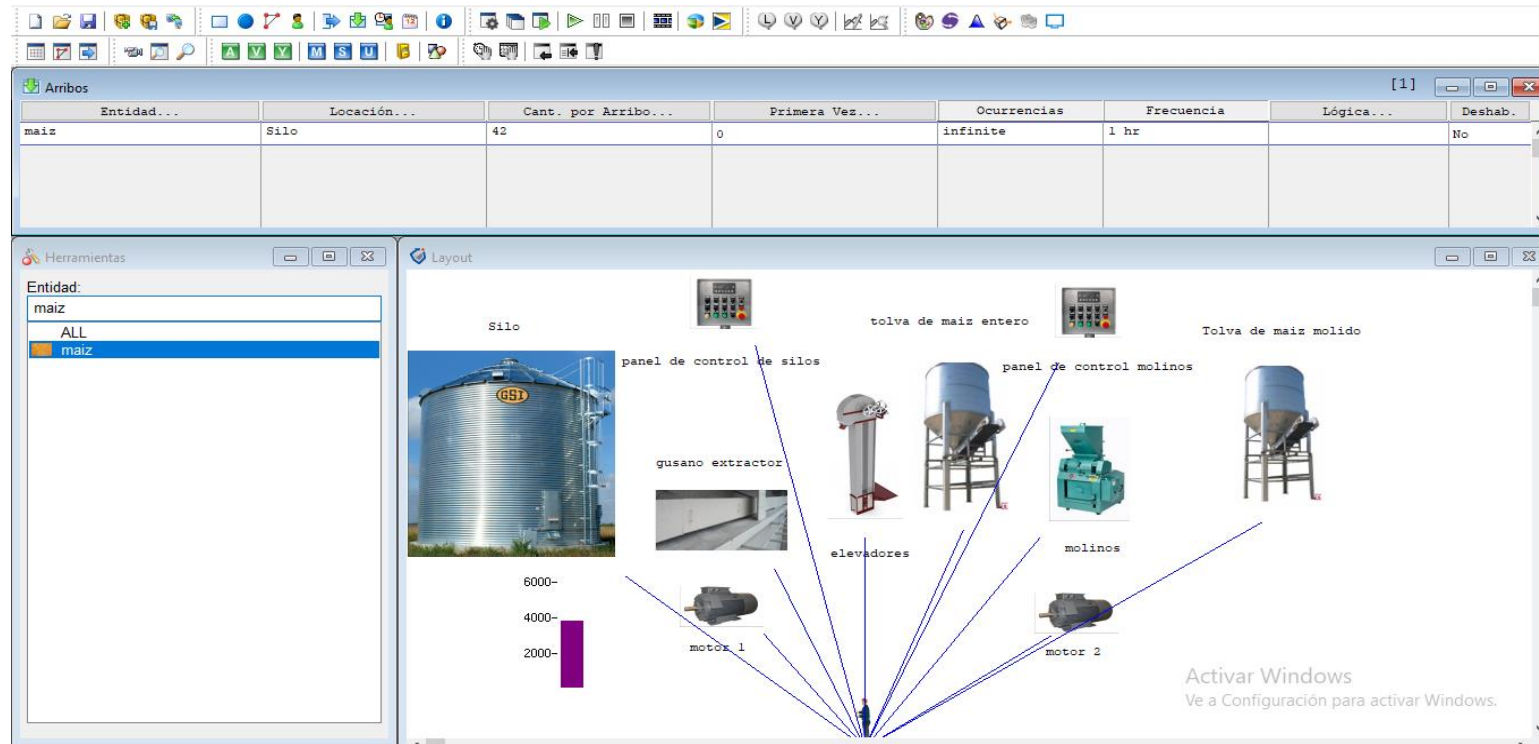
		Proceso		Enrutamiento				
Entidad	Locación	Operación	Bik	Salida	Destino	Regla	Lógica de Movimiento	
maiz	Silo		1	maiz	gusano_extractor	FIRST	1	
maiz	gusano_extractor	wait 1 hr		1	maiz	elevadores	FIRST	1
maiz	elevadores	wait 1 hr		1	maiz	tolva_de_maiz_entero	FIRST	1
maiz	tolva_de_maiz_entero	wait 1 hr		1	maiz	molinos	FIRST	1
maiz	molinos	wait 1 hr		1	maiz	Tolva_de_maiz_molido	FIRST	1
maiz	Tolva_de_maiz_molido			1	maiz	EXIT	FIRST	1

**Fuente:** Promodel

La figura N° 18 indica que el proceso inicia con el almacenamiento del maíz en el silo, al momento que arranca el sistema, el maíz sale y se dirige al gusano extractor en el cual demora 1 hora para transportar 42 toneladas de maíz, posteriormente se dirige a los elevadores los cuales de igual manera tardan 1 hora para transportar 42 toneladas de maíz, así mismo el proceso sigue en la tolva de maíz entero el cual cuenta con una capacidad de 50 toneladas pero no son utilizadas en su totalidad ya que la operación solo transporta 42 toneladas por 1 hora, luego en el molino; 42 toneladas de maíz son triturados durante 1 hora para finalmente ser transportado a la tolva de maíz molido en el cual acaba el proceso del área.

El siguiente paso para elaborar la simulación fue configurar las llegadas de la siguiente manera:

**Figura N° 19:** Llegadas del área de molienda

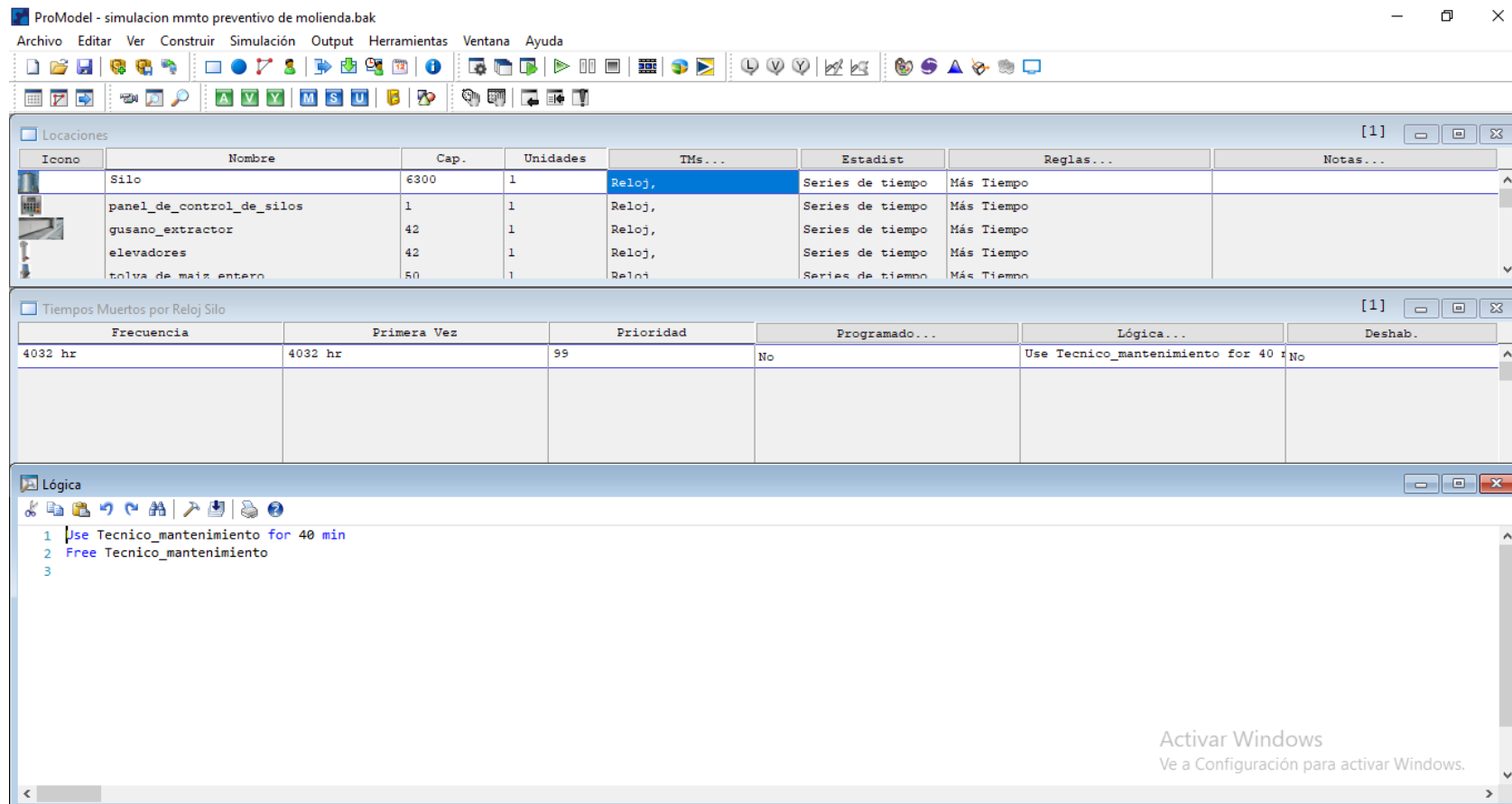


**Fuente:** Promodel

La única llegada fue el maíz ya que es la única entidad en el sistema, a la cual se le asignó que llegará al silo en una cantidad de 42 toneladas con una frecuencia de 1 hora; también se le asignó que la primera vez es 0 debido a que la simulación debe arrancar con la inmediata llegada del maíz al silo. La ocurrencia fue infinita, esto quiere decir que el maíz va a llegar infinitas veces al silo, esto para que la simulación cumpla con la duración requerida.

Para la configuración del mantenimiento preventivo se realizó lo siguiente:

**Figura N° 20:** Mantenimiento preventivo del área de molienda



**Fuente:** Promodel

A cada entidad (máquina) se le programó la opción reloj, la cual es la más factible para el mantenimiento preventivo. En el caso del silo se le colocó una frecuencia de 4032 horas debido a que es lo que recomienda el manual del silo (Tabla N° 6), en la primera vez se le colocó de igualmente 4032 horas para que esa sea la primera vez que el técnico realice el mantenimiento y no al inicio de la simulación; también se programó la lógica indicándole que use al técnico de mantenimiento por 40 minutos y luego lo deje libre de regreso al almacén de mantenimiento. El tiempo de mantenimiento se obtuvo en el registro de Paradas imprevistas específicamente del tiempo de reparación para cada máquina (Tabla N° 2). El procedimiento se repitió para cada locación asignándole su respectiva frecuencia de mantenimiento recomendada por los manuales (Tabla N° 6) y el tiempo de mantenimiento (Tabla N° 2). A continuación, se procedió a crear los recursos de la simulación:

**Figura N° 21:** Recursos del mantenimiento preventivo

Icono	Nombre	Unidades	TMs...	Estadist	Especific...	Buscar...
	Tecnico_mantenimiento	1	Ninguna	Por Unidad, Seriesrutamantenimiento,		Ninguna
	alicate	1	Ninguna	Por Unidad, Seriesrutamantenimiento,		Ninguna
	desentornillador	1	Ninguna	Por Unidad, Seriesrutamantenimiento,		Ninguna
	llave	1	Ninguna	Por Unidad, Seriesrutamantenimiento,		Ninguna
	lubricante	1	Ninguna	Por Unidad, Seriesrutamantenimiento,		Ninguna
	martillos	1	Ninguna	Por Unidad, Seriesrutamantenimiento,		Ninguna
	rotor	1	Ninguna	Por Unidad, Seriesrutamantenimiento,		Ninguna
	fusibles	1	Ninguna	Por Unidad, Seriesrutamantenimiento,		Ninguna

**Fuente:** Promodel

En ésta parte se creó cada uno de los recursos necesario para el mantenimiento preventivo especificándoles a cada recurso que utilice la ruta de mantenimiento, ya que esta anteriormente fue elaborada para enlazar el área de mantenimiento con las máquinas del área de molienda. Éstos recursos se programaron en locaciones, usando la opción Lógica, especificándole el tiempo de uso.



Posteriormente se programó los costos por uso de los materiales y repuestos para cada tiempo de mantenimiento en cada locación de la siguiente manera:

**Figura N° 22:** Costos de mantenimiento por uso de recursos

Costo

Tipo de Objeto:

Recursos

- Tecnico\_mantenimiento
- alicate
- desentomillador
- llave
- lubricante
- martillos
- rotor
- fusibles

Tasa Regular:  Por hr

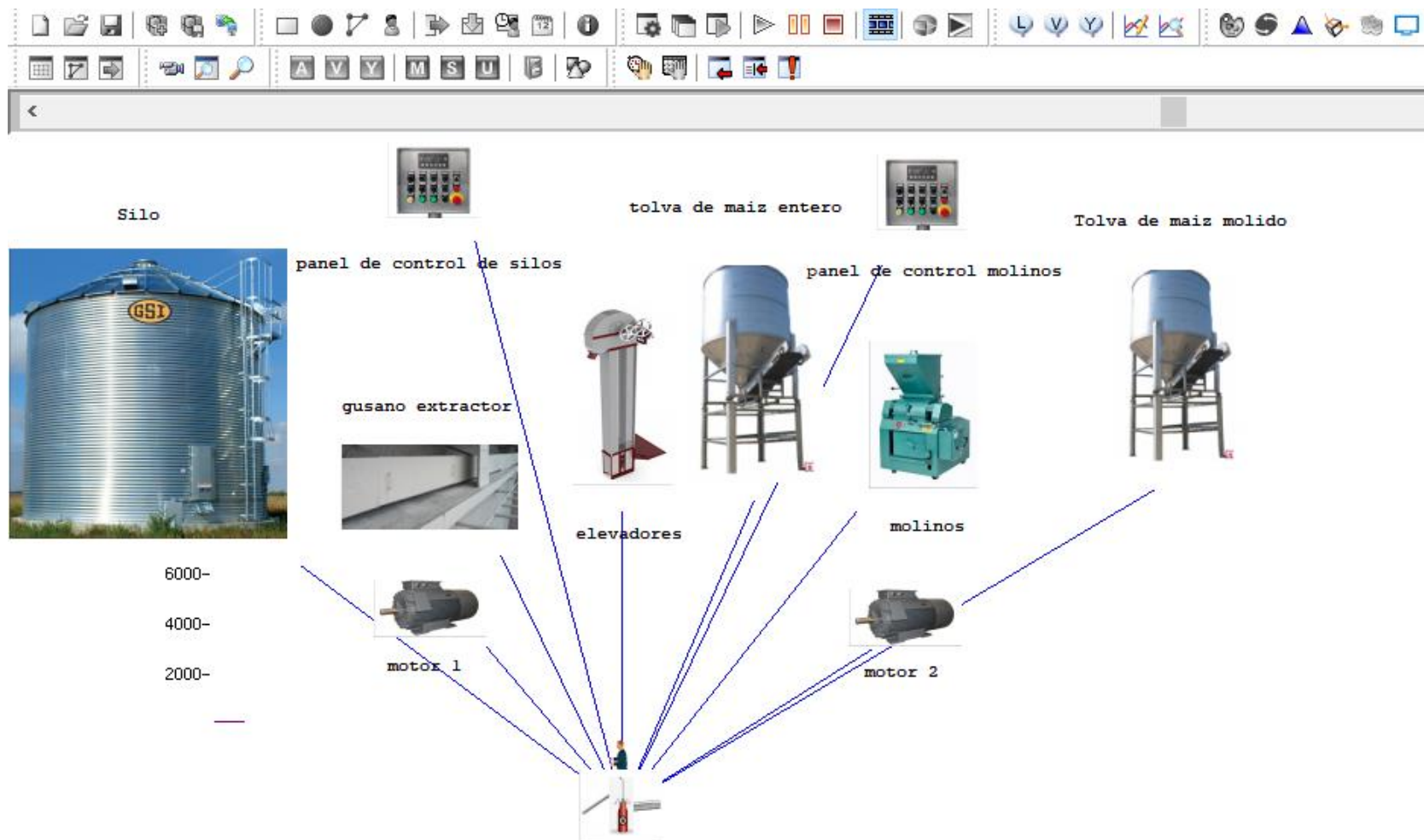
Costo Por Uso:

Cerrar Ayuda

**Fuente:** Promodel

El costo del técnico de mantenimiento no fue considerado por tiempo de uso, sino por un pago anual el cual es S/. 12000 soles. Estando listo el sistema se procedió a simularlo, para lo cual se consideró un tiempo de simulación de 7608 horas que es lo equivalente a un año, esto es ya que tanto como el registro de paradas imprevistas como la simulación Montecarlo que se mostrará posteriormente están elaboradas para 1 año.

Figura N° 23: Simulación de mantenimiento preventivo del área de molienda



Fuente: Promodel

### 4.3.2. Elaboración de las tablas de reporte

Una vez culminada la simulación se procedió a analizar el reporte emitido por promodel. Los datos de los reportes son los siguientes:

#### Información General

Salida de: simulación de mantenimiento preventivo.mod

Fecha: 07/Julio/2018 a las 8:45 pm

Escenario: Corrida normal

Replicación: Promedio

Periodo: Reporte final desde 0 segundos hasta 7608 horas

Tiempo de simulación: 7608 horas

**Tabla N° 7:** Resumen de Locaciones

Escenario	Réplica	Período	Nombre	Tiempo Programado (Min)	Capacidad	Total Entradas	Tiempo Por entrada Promedio (Min)	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
Baseline	1	1	Silo	456480	6300	319578	1615.980259	1131.334865	2362	2362	17.95769627
Baseline	1	1	panel de control de silos	456480	1	0	0	0	0	0	0
Baseline	1	1	gusano extractor	456480	42	317216	60.41869157	41.98601399	42	42	99.96669996

Baseline	1	1	elevadores	456480	42	31717 4	60.394754 99	41.963823 21	42	42	99.913864 79
Baseline	1	1	tolva de maiz entero	456480	50	31713 2	70.039316 69	48.658667 59	50	50	97.317335 18
Baseline	1	1	molinos	456480	42	31708 2	60.020108 16	41.691412 41	42	42	99.265267 64
Baseline	1	1	panel de control molinos	456480	1	0	0	0	0	0	0
Baseline	1	1	Tolva de maiz molido	456480	160	31704 0	0	0	1	0	0
Baseline	1	1	Mantenimie nto	456480	1	0	0	0	0	0	0
Baseline	1	1	motor 1	456480	1	0	0	0	0	0	0
<b>Baseline</b>	1	1	motor 2	456480	1	0	0	0	0	0	0

**Fuente:** Promodel

Interpretación: La Tabla N° 7 contiene datos generales del proceso productivo de la simulación; como la capacidad, tiempo programado, entradas, contenido y porcentaje de utilización. Estos datos nos indican que el sistema marcha correctamente y el mantenimiento preventivo va a la par con el proceso de molienda de maíz.

**Tabla N° 8:** Llegadas fallidas

Escenario	Réplica	Período	Nombre	Locación	Total Fallidas
Baseline	1	1	maiz	Silo	0

**Fuente:** Promodel

Interpretación: La Tabla N° 8 indica que la simulación tuvo 0 llegadas fallidas dando como resultado una correcta simulación.

**Tabla N° 9:** Actividad de entidad

<b>Nombre</b>	<b>Total Salidas</b>	<b>Cantidad actual En Sistema</b>	<b>Tiempo En Sistema Promedio (Min)</b>	<b>Tiempo En lógica de movimiento Promedio (Min)</b>	<b>Tiempo Esperando Promedio (Min)</b>	<b>Tiempo En Operación Promedio (Min)</b>	<b>Tiempo de Bloqueo Promedio (Min)</b>
maiz	317040	2538	1865.60	0	0	240	1625.60

**Fuente:** Promodel

Interpretación: La Tabla N° 9 muestra que el tiempo de espera promedio es 0, eso indica que el proceso corre de manera continua, resultando una simulación correcta.

### 4.3.3. Cálculo de los costos de la simulación del mantenimiento preventivo

Posteriormente pasaremos a analizar los resultados de los costos de los recursos:

**Tabla N° 10:** Resumen de recursos

<b>Costo total de mantenimiento en el área de molienda</b>				
<b>Nombre</b>	<b>Unidades</b>	<b>% NoUso Costo</b>	<b>Costo de Uso</b>	<b>Pago Anual</b>
<b>Tecnico mantenimiento</b>	1	100	0	S/ 12,000
<b>alicate</b>	1	0	S/ 0.20	0
<b>desentornillador</b>	1	0	S/ 0.20	0
<b>llave</b>	1	0	S/ 2.10	0
<b>lubricante</b>	1	0	S/ 120	0
<b>martillos</b>	1	0	S/ 5,000	0
<b>rotor</b>	1	0	S/ 3,600	0
<b>fusibles</b>	1	0	S/ 24	0
<b>subtotal</b>			S/ 8,746.50	S/ 12,000
<b>total</b>			S/	20,746.50

**Fuente:** Promodel

Interpretación: La Tabla N° 10 muestra los costos de todas las entidades que vienen a ser el técnico de mantenimiento, los materiales y los repuestos para la simulación del mantenimiento preventivo. Los recursos materiales y repuestos están bajo condición de uso, esto quiere decir que sus costos no se hayan por tiempo de uso, sino por veces de uso. Posteriormente estos datos se sumaron y resultó que el costo anual simulado del mantenimiento preventivo para el área de molienda es de S/. 20746.50 soles.

#### 4.4. DETERMINACIÓN DE LOS COSTOS POR PARADAS IMPREVISTAS EN EL ÁREA DE MOLIENDA, MEDIANTE SIMULACIÓN MONTECARLO

##### 4.4.1. Tablas de frecuencia

En la elaboración de la simulación mediante Montecarlo se utilizó una hoja de cálculo en Microsoft Excel, primero analizando las frecuencias de los días que se presentan las fallas, como se muestra a continuación:

**Tabla N° 11:** Frecuencia de los días de la falla sobrecarga de molinos

frecuencia de días de la falla sobrecarga de molino	
días	frecuencia
8	3
13	4
9	6
10	2
5	3
14	4
11	2
12	3
7	1
6	1
4	4
3	2

Fuente: Tabla N° 3

**Tabla N° 12:** Frecuencia de los días de la falla discos mal puestos

frecuencia de días de la falla discos en mal estado	
días	frecuencia
13	2
8	4
10	6
15	2
6	3
14	1
12	2
11	1
17	2
7	3
5	3
4	3
3	1

Fuente: Tabla N°3

**Tabla N° 13:** Frecuencia de los días de la falla zaranda mal puesta

<b>frecuencia de días de la falla zaranda dañada</b>	
<b>días</b>	<b>frecuencia</b>
16	4
12	5
15	2
10	2
14	1
11	2
13	1
17	1
8	3
2	1
9	2
7	2
5	4
4	2

**Fuente:** Tabla N°3

**Tabla N° 14:** Frecuencia de los días de la falla encendido de paneles

<b>frecuencia de días de la falla encendido de paneles</b>	
<b>días</b>	<b>frecuencia</b>
26	2
41	1
50	2
71	1
20	1

**Fuente:** Tabla N°3

Interpretación: Las Tablas N° 11, 12, 13 y 14 indican las frecuencias de los días en los que se presentaron las fallas en estudio. Con estas frecuencias posteriormente se procedió a cuantificarlas en una sola tabla para poder hallar la probabilidad de ocurrencia en la simulación Montecarlo.



**Tabla N° 15:** Frecuencia de tiempo entre fallas

<b>Frecuencia de tiempo entre fallas</b>	
<b>tiempo entre fallas</b>	<b>frecuencia</b>
2	1
3	3
4	9
5	10
6	4
7	6
8	10
9	8
10	10
11	5
12	10
13	7
14	6
15	4
16	4
17	3
20	1
26	2
41	1
50	2
71	1

**Fuente:** Tablas N° 11, 12, 13 y 14

Interpretación: La Tabla N° 15 muestra los tiempos entre fallas con su respectiva frecuencia, con un orden descendiente desde arriba hacia abajo con la finalidad de mantener un orden en el cálculo. Posteriormente a esto se elaboró la tabla de frecuencia de tiempo entre fallas haciendo uso de distintas funciones de Microsoft Excel, tal como se muestra a continuación:

#### 4.4.2. Tablas de Rangos de búsqueda

Tabla N° 16: Tabla de Cálculo para el inicio de falla

tiempo entre Falla dias	Factor de conversion	tiempo entre Falla horas	Frecuencia	probabilidad	Acumulado	Rango Minimo	Rango Maximo	tiempo entre Falla horas
2	24	48	1	0.009345794	0.009345794	0	0.009345794	48
3		72	3	0.028037383	0.037383178	0.00934579	0.037383178	72
4		96	9	0.08411215	0.121495327	0.03738318	0.121495327	96
5		120	10	0.093457944	0.214953271	0.12149533	0.214953271	120
6		144	4	0.037383178	0.252336449	0.21495327	0.252336449	144
7		168	6	0.056074766	0.308411215	0.25233645	0.308411215	168
8		192	10	0.093457944	0.401869159	0.30841121	0.401869159	192
9		216	8	0.074766355	0.476635514	0.40186916	0.476635514	216
10		240	10	0.093457944	0.570093458	0.47663551	0.570093458	240
11		264	5	0.046728972	0.61682243	0.57009346	0.61682243	264
12		288	10	0.093457944	0.710280374	0.61682243	0.710280374	288
13		312	7	0.065420561	0.775700935	0.71028037	0.775700935	312
14		336	6	0.056074766	0.831775701	0.77570093	0.831775701	336
15		360	4	0.037383178	0.869158879	0.8317757	0.869158879	360
16		384	4	0.037383178	0.906542056	0.86915888	0.906542056	384
17		408	3	0.028037383	0.934579439	0.90654206	0.934579439	408
20		480	1	0.009345794	0.943925234	0.93457944	0.943925234	480
26		624	2	0.018691589	0.962616822	0.94392523	0.962616822	624
41		984	1	0.009345794	0.971962617	0.96261682	0.971962617	984
50		1200	2	0.018691589	0.990654206	0.97196262	0.990654206	1200
71		1704	1	0.009345794	1	0.99065421	1	1704

107

Fuente: Tabla N° 15

Interpretación: En la Tabla N°16 se calculó el tiempo de inicio de falla de manera aleatoria, para ellos primero se convirtieron los tiempos entre fallas en días hacia horas, multiplicando cada valor por 24; con estos nuevos tiempos y sus respectivas frecuencias se calculó su probabilidad dividiendo cada frecuencia con el total de frecuencias, para luego calcular el porcentaje acumulado de la probabilidad. Estos porcentajes acumulados son los rangos máximos y su valor anterior es el rango mínimo de cada porcentaje. Una vez calculados estos valores se hallaron las frecuencias de las fallas las cuales se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla N° 17:** Tabla de Cálculo para la frecuencia de cada falla

<b>Tipo de FALLA</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>probabilidad</b>	<b>Acumulada</b>	<b>Rango Mínimo</b>	<b>Rango Máximo</b>
<b>sobrecarga de molinos</b>	47	0.36153846	0.36153846	0	0.36153846
<b>discos dañados</b>	37	0.28461538	0.64615384	0.36153846	0.64615384
<b>zaranda mal puesta</b>	33	0.25384615	0.9	0.64615384	0.9
<b>falla encendido de panel</b>	13	0.1	1	0.9	1
	130				

**Fuente:** Tabla N° 2

Interpretación: La Tabla N° 17 muestra las frecuencias que presentaron los 4 tipos de fallas, para estas frecuencias se les calculó su probabilidad dividiendo cada frecuencia con el total de frecuencia, luego con el porcentaje acumulados que es igual al rango máximo; se le asigna a cada rango máximo un rango mínimo el cual inicia con 0 y le sigue al valor anterior que tiene el rango máximo. La tabla de tiempo de servicio es la que designa cuanto tiempo de mantenimiento correctivo recibe una máquina por la falla que presenta y se usa para calcular el tiempo total de paradas imprevistas. El cálculo de la probabilidad de ocurrencia de un tiempo de servicio se muestra a continuación:

**Tabla N° 18:** Tabla de Cálculo de probabilidad de tiempo de servicio

<b>tiempo de servicio (minutos)</b>	<b>Factor de conversión</b>	<b>tiempo de servicio (horas)</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>probabilidad</b>	<b>Acumulado</b>	<b>Rango Minimo</b>	<b>Rango Maximo</b>
<b>30</b>	0.0166667	0.5	33	0.264	0.264	0	0.264
<b>60</b>	0.0166667	1	48	0.384	0.648	0.264	0.648
<b>90</b>	0.0166667	1.5	8	0.064	0.712	0.648	0.712
<b>120</b>	0.0166667	2	36	0.288	1	0.712	1
			125				

**Fuente:** Tabla N° 2

Interpretación: En la Tabla N° 18 se obtuvo calculando la probabilidad de ocurrencia de cada tiempo de servicio, dividiendo las frecuencias con su total; de esta manera con el porcentaje acumulado obtuvimos los rangos máximos y mínimos necesarios para la simulación Montecarlo. Una vez elaborados estas 3 tablas se procedió a elaborar la simulación Montecarlo tal y como se muestra a continuación:

#### 4.4.3. Modelo de simulación Montecarlo

**Tabla N° 19:** Simulación Montecarlo para calcular el tiempo de paradas imprevistas

ALEATORIO	INICIO DE FALLA(hr)	ALEATORIO	TIPO DE FALLA	ALEATORIO	INICIO DE SERVICIO(hr)	ALEATORIO	TIEMPO DE SERVICIO(hr)	HORA DE SALIDA(hr)	TIEMPO DE ESPERA	TIEMPO EN EL SISTEMA(hr)	TIEMPO EN EL SISTEMA ACUMULADO(hr)
0.3703	192	0.9847	falla encendido de panel	0.7643	192	0.0618	0.5	192.5	0	0.5	0.5
0.1232	312	0.9538	falla encendido de panel	0.8235	312	0.3642	1	313	0	1	1.5
0.4146	528	0.6492	zaranda mal puesta	0.9564	528	0.0437	0.5	528.5	0	0.5	2
0.8555	888	0.1803	sobrecarga de molinos	0.7207	888	0.1801	0.5	888.5	0	0.5	2.5
0.6751	1176	0.4442	discos dañados	0.2361	1176	0.9740	2	1178	0	2	4.5
0.6557	1464	0.4967	discos dañados	0.4508	1464	0.5432	1	1465	0	1	5.5
0.8426	1824	0.7410	zaranda mal puesta	0.0921	1824	0.5990	1	1825	0	1	6.5
0.2915	1992	0.0211	sobrecarga de molinos	0.9119	1992	0.5351	1	1993	0	1	7.5
0.7167	2304	0.6251	discos dañados	0.7231	2304	0.1064	0.5	2304.5	0	0.5	8
0.9141	2712	0.5474	discos dañados	0.2236	2712	0.1515	0.5	2712.5	0	0.5	8.5
0.9331	3120	0.9390	falla encendido de panel	0.2448	3120	0.3893	1	3121	0	1	9.5
0.0290	3192	0.3620	discos dañados	0.7525	3192	0.2191	0.5	3192.5	0	0.5	10
0.4339	3408	0.2531	sobrecarga de molinos	0.5363	3408	0.9138	2	3410	0	2	12
0.2448	3552	0.4197	discos dañados	0.4658	3552	0.6142	1	3553	0	1	13
0.5713	3816	0.0753	sobrecarga de molinos	0.4155	3816	0.7575	2	3818	0	2	15
0.2326	3960	0.8527	zaranda mal puesta	0.2306	3960	0.1100	0.5	3960.5	0	0.5	15.5
0.4993	4200	0.1029	sobrecarga de molinos	0.3440	4200	0.8568	2	4202	0	2	17.5
0.0170	4272	0.8295	zaranda mal puesta	0.6726	4272	0.7733	2	4274	0	2	19.5
0.8016	4608	0.0297	sobrecarga de molinos	0.8050	4608	0.0033	0.5	4608.5	0	0.5	20
0.4561	4824	0.6118	discos dañados	0.4034	4824	0.6955	1.5	4825.5	0	1.5	21.5
0.9527	5448	0.3091	sobrecarga de molinos	0.4740	5448	0.4956	1	5449	0	1	22.5
0.8108	5784	0.0623	sobrecarga de molinos	0.0221	5784	0.5159	1	5785	0	1	23.5
0.7937	6120	0.9826	falla encendido de panel	0.0236	6120	0.2571	0.5	6120.5	0	0.5	24
0.6358	6408	0.0188	sobrecarga de molinos	0.4608	6408	0.6497	1.5	6409.5	0	1.5	25.5

**Fuente:** Tablas N° 16, 17 y 18

Interpretación: En la Tabla N° 19 se muestra el modelo de simulación Montecarlo para calcular el tiempo de paradas imprevistas el cual se elaboró primeramente generando números aleatorios como se muestra en la primera columna, la columna de inicio de falla se obtuvo de la tabla N° 16 en la que se usó la función BUSCARV y se seleccionaron los valores de las columnas: tiempo entre fallas horas, rangos mínimos y rangos máximos; luego se generó una nueva columna de aleatorio la cual se usó para generar qué tipo de falla se presentará, esto se realizó usando nuevamente la función BUSCARV en las columnas de: tipo de fallas, rangos mínimos y rangos máximos de la Tabla N° 17. La tercera columna de números aleatorios se utilizó para generar valores para el inicio de servicio, el cual es igual al inicio de fallas, esto se debe a que en la simulación el tiempo de servicio es pequeño. La cuarta columna de números aleatorios tuvo la función de generar el tiempo de servicio utilizando los valores de las columnas de tiempo de servicio, rango mínimo y rango máximo de la tabla N° 18. Para la columna de hora de salida solo se sumó el inicio de servicio con el tiempo de servicio que se encuentra en horas, continuamente se vio que no existe tiempo de espera debido a que el tiempo de servicio es menor y no genera demoras para el siguiente inicio de servicio de otra posible falla. Con estos datos podemos generar el tiempo del sistema que es la resta de la hora de salida con el inicio de falla, en nuestra simulación estos valores coinciden con el tiempo de servicio debido a lo explicado anteriormente. Finalmente, para hallar el tiempo en el sistema acumulado debemos colocar el primer tiempo en espera y sumarlo con el siguiente tiempo en espera con la finalidad de acumular las horas del servicio y obtener las horas totales de paradas imprevistas. Esta simulación se realizó para 7608 horas en las cuales para la primera corrida de simulación se obtuvo un tiempo de paradas imprevistas de 25.5 horas. Esta simulación debe realizarse un determinado número de veces para reducirse el error que pueda tener en el resultado final, para esto se utilizó la siguiente fórmula de estimación de tamaño de muestra:  $n = \left(\frac{\sigma z_{\alpha/2}}{e}\right)^2$ ; donde  $\sigma$  es la desviación estándar que se halló con 10 resultados de tiempo en el sistema acumulado (Tabla N°21) utilizando la función DESVEST.M,  $z$  es el nivel de confianza al cual se le asignó un 90% (Tabla N° 22) y al error se le asignó 0.1 el cual da un margen aceptable para casos de simulaciones en Montecarlo, El resultado del tamaño de muestra fue de 5866, esto quiere decir que la simulación debe correrse esa cantidad de veces; con los 5866 resultados de tiempos acumulados se procedió a calcular los costos por paradas imprevistas, el cual es el resultado de la suma entre: Costo de Mantenimiento, Costo de mano de obra ociosa y Costo de Utilidad perdida. Las sumas de los 3 costos resultan en S/. 5205.76 soles que

vendría a ser el costo de paradas imprevistas para una hora (Tabla N° 20), obteniendo así para todas las corridas de simulación un promedio de S/. 170212 soles por paradas imprevistas.

## **IV. DISCUSIONES**



Para evaluar la gestión del mantenimiento en el área de molienda se usó una entrevista la cual fue dirigida al supervisor de planta, obteniendo que no existió un plan de mantenimiento definido para dicha área. Esto se debe a diferentes factores que influyen directa e indirectamente, como; la indisponibilidad inmediata de los repuestos, falta de recurso humano y el espacio reducido en el área. Comparando este resultado con Ricardo Manuel (2014) que realizó su investigación en el mismo rubro, este encontró que las que la flota de buses Trujillo – Lima – Trujillo no contaba con un plan definido de mantenimiento, generado por el alto presupuesto que requería este para ser llevado a cabo. Ricardo encontró que los factores más influyentes fueron: el reducido espacio del local, el cual solo permitía estacionar los buses, pero no organizarlos para su mantenimiento, los altos costos de inversión que implicaban diseñar un área de mantenimiento y la falta de interés del encargado.

Al analizar las fallas presentadas en el área de molienda se determinó que son 10 y cada una presentó una frecuencia, mediante el diagrama de Pareto se determinó que el 83% del total de fallas son 4: sobrecarga de molinos, zaranda dañada, discos en mal estado y no enciende panel. El estudio realizado por Ricardo Manuel (2014) encontró que el 81.45% del total de fallas eran representadas por 7, las cuales fueron: llantas bajas, filtro de combustible, jebes de embrague, muelles, aros de llanta; fuga, daño de manguera y tubería de filtro, luces de carreta. En ambos estudios coincidió que las fallas se producen por la falta de un plan de mantenimiento preventivo y para determinar cuáles son las causas raíces de que no exista dicho plan de uso un diagrama de Ishikawa para identificar dichas causas, obteniendo así que la principal causa por parte de máquinas es la falta de renovación de éstas debido a un bajo presupuesto, en el caso de mano de obra se observó que la causa principal es la falta de capacitaciones al personal encargado, en el factor método la principal causa fue la falta de orden en los colaboradores debido a las malas praxis y en materiales se observó que la principal causa de que no existieran materiales bastos y repuestos a tiempo es el bajo presupuesto para el área de molienda. En la tesis de Ricardo Manuel (2014) las causas coinciden en cada parte del diagrama de Ishikawa; Ricardo dice que falta capital para repuestos, falta orden y prioridad de compras, maquinas inoperativas y falta personal calificado, todo esto es ocasionado por la carencia de un plan de mantenimiento preventivo.

La simulación realizada para el área de molienda dio a conocer diferentes datos del proceso productivo y del mantenimiento preventivo; los cuales son que el costo sin paradas imprevistas (simulando un plan de mantenimiento preventivo) es de S/. 20746.5; éste costo lo considero alto debido a que el pago del técnico fue mensual y no por tiempo de trabajo, ya que esto es lo que se aplica en la realidad. En la investigación de Ricardo Manuel (2014) el determinó que el costo sin paradas imprevistas fue de S/. 0, debido a que su investigación trabajo con una población de buses y la empresa en estudio es de servicios. Por otro lado, en el estudio realizado por Adnan Aarón (2013) el cual también realizó una simulación, obtuvo que los costos del programa maestro de mantenimiento preventivo eran de S/.54615400 pesos colombianos, pero si aplicaba este plan obtenía un beneficio de S/. 35616000.

Para la simulación Montecarlo, la cual fue elaborada para un tiempo de 7608 horas (equivalente a un año de producción) se calculó que los costos por paradas imprevistas con una estimación de tamaño de muestra de 5866 fueron de S/. 170212 soles; a comparación de los costos sin paradas imprevistas que es equivalente a S/. 20746.5. Es una gran diferencia monetaria la cual puede eliminarse aplicando el mantenimiento preventivo. En la tesis de Ricardo Manuel (2014) el obtuvo que para una simulación al 50% con paralizaciones imprevistas un costo de S/. 1987.52 soles. Esta diferencia entre resultados se debe a que el estudio de Ricardo Manuel (2014) tiene como población una empresa de servicios en la cual no se maneja inventarios, mano de obra ociosa y utilidad; en cambio en el presente estudio al tratarse de una empresa manufacturera los costos por paradas imprevistas son elevados debido a los altos costos de personal de planta, utilidad perdida y costos de mantenimiento. En el caso de Diego Martin (2016) cuya investigación fue en una empresa manufacturera resulto que los costos por paradas eran de S/. 64763.44 soles, monto el cual es considerable. A su vez Diego determinó que aplicar un plan de mantenimiento preventivo generaría un ahorro mensual de S/. 61067.03 soles.

# **V. CONCLUSIONES**

- La evaluación de la gestión de mantenimiento del área de molienda mediante una entrevista trae como resultados que dicha área no cuenta con un plan de mantenimiento preventivo, y los factores responsables son los siguientes: indisponibilidad de los repuestos, cantidad escasa de materiales, recurso humano insuficiente y mal organizado, espacio reducido del área y falta de manuales de los equipos.
- El análisis de los tipos de fallas mediante observación directa da como resultado que existen 10 tipos de fallas en el área de estudio, las cuales son: sobrecarga de molinos, discos en mal estado, zaranda dañada, falla de encendido de panel, chumaceras en mal estado, elevadores sin lubricación, martillos desgastados, rotura de martillos, bobina cortocircuitada y silos deteriorados; de los cuales mediante el diagrama de Pareto se determina que las 4 primeras fallas representan el 83.46% del total de fallas. Para el análisis de las causas de las fallas se usa la observación directa para recolectar la información y al elaborar el diagrama de Ishikawa se determinan las siguientes causas raíces: no hay renovación, falta de compromiso, malas praxis, Rutina, no hay capacitaciones y no hay justificación técnica para la compra.
- La simulación del plan de mantenimiento preventivo resulta con la elaboración de las locaciones, entidades, recursos, procesos, llegadas, rutas y costos; los cuales permiten emitir el reporte de promodel de donde se obtienen los costos de la simulación del plan de mantenimiento preventivo. Este costo es equivalente a S/. 20746.5 soles. De los cuales se dividen en costos de técnico de mantenimiento, costos de materiales y costos de repuestos.
- La simulación Montecarlo se usa para determinar los costos por paradas imprevistas simulando 7068 horas; para disminuir el error en el cálculo de los costos se estima un tamaño de muestra de número de corridas de simulación el cual equivale a 5866. Con esta cantidad de simulaciones se calcula de una manera más precisa los costos por paradas imprevistas, los cuales fueron S/. 170212 soles, se concluye que la diferencia de los actuales costos por paradas imprevistas con el costo que representa la aplicación de un plan de mantenimiento preventivo es de S/. 149465.5 soles.

# **VI. RECOMENDACIONES**

Se recomienda a la Avícola el Rocio S.A. asumir con mucho compromiso y responsabilidad el desarrollo de todas sus áreas en especial el área productiva, involucrando a todo su personal a cargo, informándoles los avances obtenidos, motivándolos y dándoles la libertad de expresar sus opiniones para posibles sugerencias.

Se recomienda a Avicola el Rocio S.A. establecer un plan de mantenimiento preventivo con la finalidad de no solo disminuir costos, ya que quedó demostrado que las paradas imprevistas generan costos altos anualmente; siendo la diferencia de S/. 149465.5 soles; costos que se pueden convertir en utilidad si se establece un plan de mantenimiento preventivo para el área estudiada. También para dar un primer paso a la mejora continua en el proceso productivo.

Se Recomienda a los supervisores de producción programar reuniones de concientización con los trabajadores de planta, con la finalidad de crear un grato ambiente planteándoles a los mismos metas mensuales otorgándoles bonos extras o reconocimientos.

Se recomienda a la Avicola el Rocio S.A. Elaborar registros no solo de fallas sino también de cualquier actividad fuera de línea con la finalidad de analizarla y corregirla.

Y finalmente se recomienda que sería conveniente realizar una investigación de estudio de tiempos para el área de mezclado, debido que al momento del análisis se observó que existen malas praxis en dicha área.

# **VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

## REFERENCIAS

**Arman, D. 2014.** *Aplicación de un plan de Mantenimiento Preventivo para reducir los costos operativos en el centro de inspección técnica agrícola IPTA.* Asunción : s.n., 2014.

**Barfield Jose, Raiborn C. y Kinney M. 2011.** *Contabilidad de costos tradiciones e innovaciones.* Madrid : UMSA, 2011. 800-0-1457894.

**Bravo Galvez, C. 2013.** *Manual de mantenimiento – Bravo Galvez.* Bogota : Planeta colombia, 2013.

**Cardenas, D. 2016.** *Aplicación de un programa de mantenimiento preventivo para reducir los costos operativos en la empresa E.T.A. S.A.C.* Lima : s.n., 2016.

**Chavez Gutierrez, E. 2017.** *Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para reducir los costos operativos en el centro de beneficiado de aves Chimú Agropecuaria - Trujillo.* Trujillo : s.n., 2017.

**Cristina Abril Sanchez, Antonio Enriquez Palomino, Jose Manuel Sanchez Rivero. 2006.** *Guía para la integración de sistemas de gestión de calidad, medio ambiente y seguridad y salud en el trabajo.* Madrid : Fundación confemetal, 2006. 978-84-9396187-9.

**Definición.de. 2009.** Definición.de. [En línea] WordPress, 14 de Junio de 2009. <http://definicion.de/sistema-de-gestion-de-calidad/>.

**Eppen G.D., Gould F.J, Schmidt C.P.,Moore J.H. 2000.** *Investigación de operaciones en la ciencia administrativa.* Mexico : Prentice Hall, 2000. 0-13-889395-0.

**Escudero Chavez, A. 2013.** *Simulación de un programa maestro de mantenimiento preventivo para reducir los costos operativos de la planta de Alimento Balanceado Gold Food S.A.* Bogota : s.n., 2013.

**Fernández, Cabanas. 1998.** *Ingeniería de Mantenimiento.* México : Marcar S.A., 1998.

**G.D. Eppen, F.J. Gould, C.P. Schmidt, J.H. Moore. 2000.** *Investigación de operaciones en la ciencia administrativa.* Mexico : Prentice Hall, 2000. 0-13-889395-0.

**Garcia Garrido, Santiago. 2012.** *Ingeniería del Mantenimiento.* Lima : Wester S.A., 2012.

**Geankoplis, C.J. 1998.** *Procesos de transportes y operaciones unitarias.* Mexico DF : Continental S.A., 1998.

**Gómez de León, Arturo. 1998.** *Mantenimiento Industrial.* México : UMSA, 1998.

**Gutierrez Celis, R. 2014.** *Mejoramiento del mantenimiento preventivo usando simulación en promodel para disminuir los costos por paralizaciones imprevistas en la flota vehicular de la empresa Ittsa S.R.L en la ruta Trujillo – Lima – Trujillo.* Trujillo : s.n., 2014.



*INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES*. **Winston, W. 1994**. Houston : Cengage Learning Editores S.A., 1994, Vol. 4. 978-9706863621.

**Jose Barfield, C. Raiborn y M. Kinney. 2011**. *Contabilidad de costos tradiciones e innovaciones*. Madrid : UMSA, 2011.

**Lopez Agui, J. 2008**. *GUIA BASICA PARA LA SIMULACION DE MONTECARLO*. Madrid : AENOR. ASOCIACION ESPAÑOLA DE NORMALIZACION Y CERTIFICACION, 2008.

**Mitonneau, H. 1991**. *Cambiar la gestión de la calidad: "los 7 nuevos instrumentos"*. Madrid : AENOR, 1991.

**Olaechea, Fernando Berckemeyer. 2013**. El Perú se encuentra entre los 20 mayores productores avícolas del mundo. [En línea] El comercio, 18 de Junio de 2013. [Citado el: 22 de Mayo de 2015.] <http://elcomercio.pe/economia/negocios/peru-se-encuentra-entre-20-mayores-productores-avicolas-mundo-noticia-1592234>.

**Perez Cardenas, A. 2010**. *Revista de Actualización Clínica Investiga*. Bogota : El Bogotano, 2010.

**Reyes Gamboa, E. 2016**. *Propuesta de implementación de un plan de mantenimiento preventivo para reducir los costos operativos en el centro de beneficiado de aves Chimú Agropecuaria*. Trujillo : s.n., 2016.

**Sacristán, Francisco R. 2012**. España : s.n., 2012.

**Sanchez Cristina Abril, Palomino Antonio Enriquez, Sanchez Rivero Jose Manue. 2006**. *Guía para la integración de sistemas de gestión de calidad, medio ambiente y seguridad y salud en el trabajo*. Madrid : Fundación confemetal, 2006. 978-84-9396187-9.

*Sistemas de información para la gestión*. **Revista Venezolana de Gerencia. 2010**. 49, Maracaibo : redalyc, 2010, Vol. 15.

**SOLOMANTENIMIENTO.COM**. Diccionario técnico del mantenimiento Industrial. *Solo mantenimiento: diccionario de mantenimiento industrial*. [En línea] [Citado el: 24 de Junio de 2015.] <http://www.solomantenimiento.com/diccionario.htm>.

**Wireman, Jhon Albert. 1990**. *Planeamiento del Mantenimiento Preventivo*. México : ALSTOM S.A., 1990. 815-4579823-0.

**Zamora, Manuel Córdova. 2003**. *Estadística descriptiva e inferencial*. Lima : Moshera S.R.L., 2003. 9972-813-05-3.

# **ANEXOS:**

# **A.ANEXO DE TABLAS**

**Tabla N° 2:** Registro de paradas imprevistas para el periodo de agosto 2017 hasta mayo 2018

<b>REGISTRO DE PARADAS IMPREVISTAS DE LA PLANTA DE A.B. DE LA AVICOLA EL ROCIO EN EL PERIODO DE AGOSTO DE 2017 A MAYO DE 2018</b>			
<b>Fecha</b>	<b>Area</b>	<b>Tiempo de parada(minutos)</b>	<b>Falla</b>
2/08/2017	molienda	30	zaranda dañada
5/08/2017	molienda	60	martillos desgastados
8/08/2017	molienda	120	rotura de martillos
12/08/2017	molienda	30	sobrecarga de molinos
15/08/2017	molienda	60	chumaceras en mal estado
18/08/2017	molienda	45	zaranda dañada
20/08/2017	molienda	50	sobrecarga de molinos
24/08/2017	molienda	55	elevadores sin lubricación
27/08/2017	molienda	45	discos en mal estado
30/08/2017	molienda	100	zaranda dañada
3/09/2017	molienda	30	sobrecarga de molinos
7/09/2017	molienda	55	falla de encendido de paneles
10/09/2017	molienda	45	discos en mal estado
12/09/2017	molienda	30	sobrecarga de molinos
15/09/2017	molienda	120	zaranda dañada
18/09/2017	molienda	45	discos en mal estado
22/09/2017	molienda	50	sobrecarga de molinos
25/09/2017	molienda	30	zaranda dañada
28/09/2017	molienda	100	discos en mal estado
31/9/2017	molienda	75	sobrecarga de molinos
2/10/2017	molienda	55	falla de encendido de paneles
5/10/2017	molienda	30	sobrecarga de molinos
9/10/2017	molienda	120	zaranda dañada
12/10/2017	molienda	150	discos en mal estado
15/10/2017	molienda	30	sobrecarga de molinos
18/10/2017	molienda	50	discos en mal estado
22/10/2017	molienda	45	chumaceras en mal estado
25/10/2017	molienda	75	zaranda dañada
29/10/2017	molienda	60	sobrecarga de molinos
30/10/2017	molienda	35	martillos desgastados
3/11/2017	molienda	45	discos en mal estado
7/11/2017	molienda	30	zaranda dañada
10/11/2017	molienda	75	sobrecarga de molinos
13/11/2017	molienda	60	falla de encendido de paneles
17/11/2017	molienda	50	discos en mal estado
21/11/2017	molienda	55	zaranda dañada
24/11/2017	molienda	120	sobrecarga de molinos

<b>26/11/2017</b>	molienda	100	elevadores sin lubricación
<b>29/11/2017</b>	molienda	30	discos en mal estado
<b>1/12/2018</b>	molienda	30	zaranda dañada
<b>4/12/2018</b>	molienda	45	sobrecarga de molinos
<b>8/12/2018</b>	molienda	50	falla de encendido de paneles
<b>11/12/2018</b>	molienda	60	discos en mal estado
<b>14/12/2018</b>	molienda	30	zaranda dañada
<b>18/12/2018</b>	molienda	45	sobrecarga de molinos
<b>21/12/2018</b>	molienda	100	discos en mal estado
<b>24/12/2018</b>	molienda	75	chumaceras en mal estado
<b>27/12/2018</b>	molienda	30	sobrecarga de molinos
<b>30/12/2018</b>	molienda	30	zaranda dañada
<b>2/01/2018</b>	molienda	30	discos en mal estado
<b>5/01/2018</b>	molienda	50	sobrecarga de molinos
<b>9/01/2018</b>	molienda	60	zaranda dañada
<b>12/01/2018</b>	molienda	30	discos en mal estado
<b>15/01/2018</b>	molienda	45	rotura de martillos
<b>18/01/2018</b>	molienda	30	sobrecarga de molinos
<b>21/01/2018</b>	molienda	120	zaranda dañada
<b>23/01/2018</b>	molienda	35	discos en mal estado
<b>27/01/2018</b>	molienda	45	falla de encendido de paneles
<b>2/02/2018</b>	molienda	100	sobrecarga de molinos
<b>5/02/2018</b>	molienda	45	zaranda dañada
<b>8/02/2018</b>	molienda	75	martillos desgastados
<b>12/02/2018</b>	molienda	60	discos en mal estado
<b>14/02/2018</b>	molienda	55	sobrecarga de molinos
<b>17/02/2018</b>	molienda	30	zaranda dañada
<b>20/02/2018</b>	molienda	35	discos en mal estado
<b>24/02/2018</b>	molienda	55	elevadores sin lubricación
<b>27/02/2018</b>	molienda	30	sobrecarga de molinos
<b>28/02/2018</b>	molienda	90	discos en mal estado
<b>3/03/2018</b>	molienda	100	zaranda dañada
<b>6/03/2018</b>	molienda	75	chumaceras en mal estado
<b>9/03/2018</b>	molienda	45	sobrecarga de molinos
<b>11/03/2018</b>	molienda	45	zaranda dañada
<b>14/03/2018</b>	molienda	50	discos en mal estado
<b>18/03/2018</b>	molienda	90	falla de encendido de paneles
<b>21/03/2018</b>	molienda	35	sobrecarga de molinos
<b>24/03/2018</b>	molienda	60	discos en mal estado
<b>27/03/2018</b>	molienda	55	zaranda dañada
<b>29/03/2018</b>	molienda	70	zaranda dañada
<b>1/04/2018</b>	molienda	65	discos en mal estado
<b>5/04/2018</b>	molienda	30	sobrecarga de molinos
<b>8/04/2018</b>	molienda	45	zaranda dañada
<b>11/04/2018</b>	molienda	30	discos en mal estado
<b>14/04/2018</b>	molienda	90	sobrecarga de molinos
<b>16/04/2018</b>	molienda	120	zaranda dañada

18/04/2018	molienda	100	discos en mal estado
22/04/2018	molienda	45	sobrecarga de molinos
25/04/2018	molienda	30	zaranda dañada
28/04/2018	molienda	70	discos en mal estado
29/04/2018	molienda	65	martillos desgastados
30/04/2018	molienda	90	sobrecarga de molinos
2/05/2018	molienda	75	discos en mal estado
5/05/2018	molienda	30	zaranda dañada
6/05/2018	molienda	45	chumaceras en mal estado
8/05/2018	molienda	90	sobrecarga de molinos
9/05/2018	molienda	120	discos en mal estado
12/05/2018	molienda	45	zaranda dañada
15/05/2018	molienda	65	sobrecarga de molinos

Fuente: Planta de Alimento Balanceado, El Rocio S.A.

Tabla N° 6: Frecuencia de mantenimiento

Frecuencia de mantenimiento para máquinas					
Maquina	materiales		Repuestos	Periodo	Frecuencia (hr)
tableros electricos	alicate	desatornillador	fusibles	semestral	4032
motores	llave de tornillos	lubricador	rotor	trimestral	2016
silos	-	-		semestral	4032
tolvas	lubricante	llave de tornillos		trimestral	2016
molinos	lubricante	llave de tornillos	martillos	semanal	168
gusano extractor	llave de tornillos	lubricante		bimestral	1344
elevadores	lubricante	llave de tornillos		trimestral	2016

Fuente: Manual de mantenimiento – Bravo Galvez

Tabla N° 20: Costos de paradas imprevistas

Costos por paradas imprevistas					
Costo de M.O. Ociosa	Anual	1 hora	25.5 horas		
soles/hora	0	S/ 5.00	S/	5.00	5.00
N° operarios	0	10	S/	10.00	10.00
Costo por hora de M.O	0	S/ 50.00	S/	50.00	50.00
horas	0	1	S/	25.5	25.5
Costo Total de M.O.O	0	S/ 50.00	S/	1,275.00	1,275.00
<b>Utilidad dejada de percibir</b>					
Tn/hr	0	42		42	42
Horas	0	1		25.5	25.5
Toneladas producidas	0	42		1071	1071
Kg	0	42000		1071000	1071000

Costo por kg	0	S/ 0.61	S/ 0.61
Costo de producción total	0	S/ 25,662.00	S/ 654,488.10
Utilidad	0	S/ 5,132.40	S/ 130897.62
<b>Costo de mantenimiento molienda</b>			
costo por tecnico	S/ 7.00	S/ 7.00	S/ 7.00
N° de tecnicos	1	1	1
soles/hora	S/ 7.00	S/ 7.00	S/ 7.00
Materiales	S/ 9.00	S/ 9.00	S/ 9.00
Repuestos	S/ 7.36	S/ 7.36	S/ 7.36
costo de mantenimiento por hora	S/ 23.36	S/ 23.36	S/ 23.36
horas	7608	1	S/ 25.50
costo de mantenimiento para molienda	S/ 177,722.88	S/ 23.36	S/ 595.68
<b>Costo por parada imprevista</b>	-	S/ 5,205.76	S/ 170212.5

Fuente: Planta de Alimento Balanceado, El Rocio S.A.

Tabla N° 21: Desviación Estándar para 10 corridas de simulación

N° de simulación	Tiempo de parada imprevista
1	41
2	32.5
3	27
4	37.5
5	35.5
6	27
7	33
8	36.5
9	30.5
10	37.5

Fuente: Simulación Montecarlo

**Tabla N° 22:** Nivel de Confianza

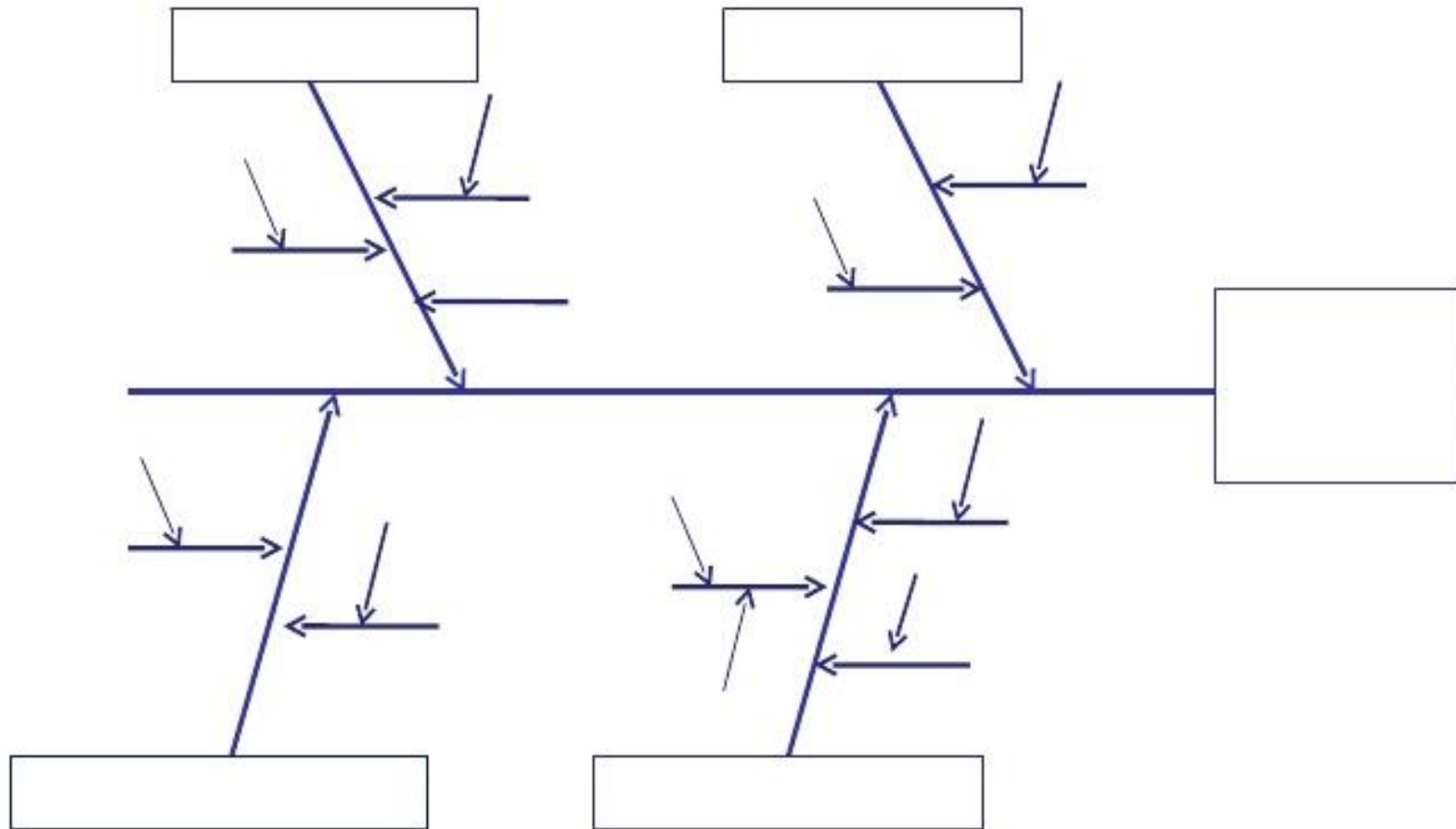
Nivel de confianza	Z <sub>alfa</sub>
99.7%	3
99%	2,58
98%	2,33
96%	2,05
95%	1,96
90%	1,645
80%	1,28
50%	0,674

**Fuente:** Revista de Actualización Clínica Investiga



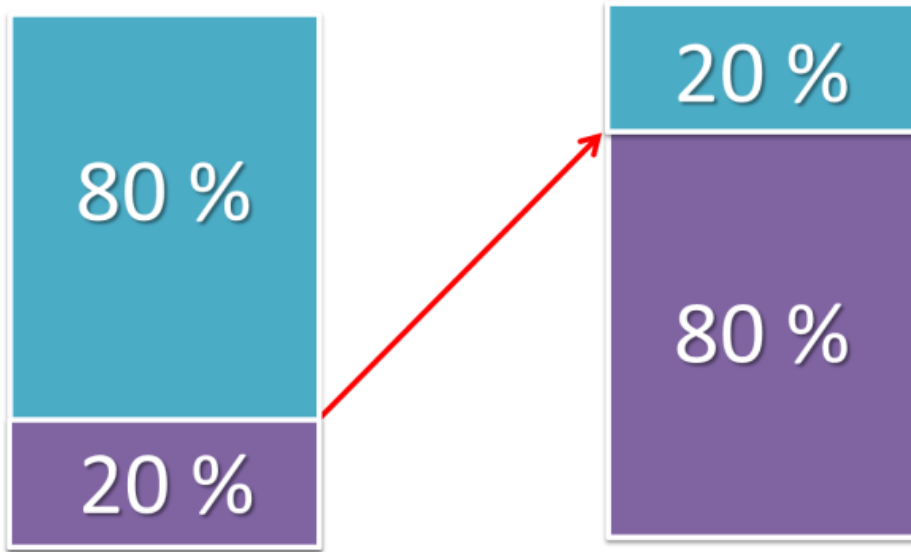
# **B. ANEXO DE FIGURAS**

Figura N° 1 : Diagrama de Ishikawa



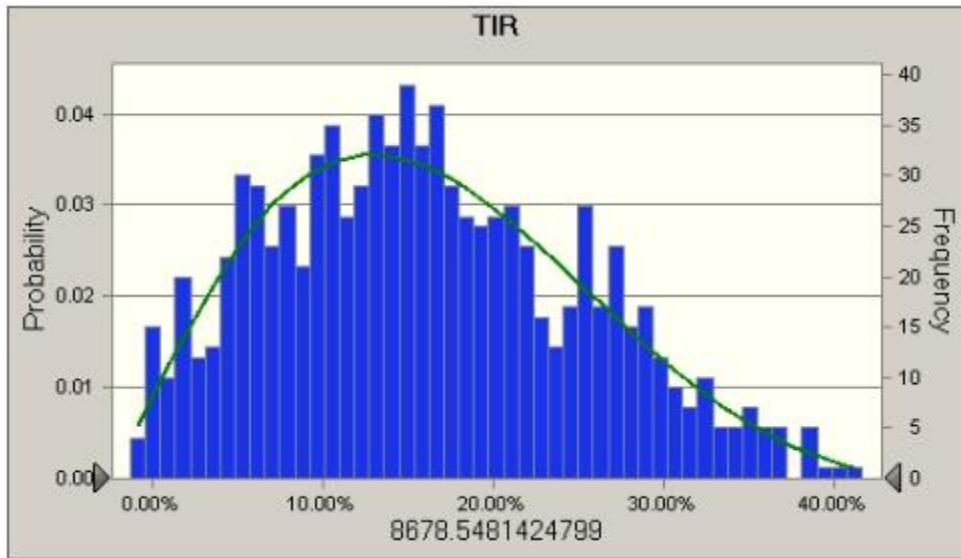
Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 2 : Efecto de Pareto**



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura N° 3 : Simulación Montecarlo**



**Fuente:** Análisis financiero proyecto NN – Capital Colombia

# **C.ANEXO DE INSTRUMENTOS**

**ENTREVISTA A SUPERVISOR DE PLANTA DE LA AVICOLA EL ROCIO S.A.  
– EL PALMO**

**Fecha:** 10 mayo del 2018

**Entrevistador:** Fortun Díaz, Giorgio Fabian - Practicante

**Entrevistado:** Castillo Sanchez, Edward - Supervisor de Producción

**Área:** Producción

**Dirección:** Panamericana Norte KM 1.5 – Trujillo

**La presente entrevista muestra las preguntas que se aplicaron al Sr. Edward Castillo Sánchez supervisor de planta para obtener información acerca de la gestión actual de mantenimiento en el área de molienda.**

**1. ¿Existe un plan de mantenimiento preventivo establecido para el área de molienda?**

No existe un plan de mantenimiento preventivo para esa área.

**2. ¿Existe algún factor que determine la carencia de un plan de mantenimiento en ésta área en específico?**

Si, existen varios factores que han influido, como: los altos costos de repuestos, falta de recurso humano y el espacio reducido en el área.

**3. ¿Considera que realizar mantenimiento preventivo no influirá mucho en la reducción de costos por paradas imprevistas?**

Si considero que influye en la reducción de éstos costos, pero las causas de algunos factores escapan de mis manos

**4. ¿Cuentan con los repuestos en almacén a tiempo?**

A veces sí, pero existen ocasiones que los repuestos llegan semanas después.

**5. ¿Los materiales son los necesarios?**

Contamos con la variedad necesaria pero no con la cantidad, hay ocasiones que los técnicos tienen que turnarse las herramientas interrumpiendo sus actividades de mantenimiento.

**6. ¿Los técnicos están debidamente capacitados para realizar el mantenimiento?**

No todos los técnicos cuentan con las capacitaciones correspondientes para cumplir con el mantenimiento de las máquinas, pero cuentan con el asesoramiento del jefe de planta.

**7. ¿Dispone de los manuales de cada máquina del área de molienda?**

No se dispone de esos manuales.

**8. ¿Logran cumplir con el objetivo de producción de alimento balanceado semanal?**

No siempre, cuando existen retrasos se pagan horas extras.

**9. ¿Qué observación daría acerca del área de molienda?**

Esa área cuenta con muchas deficiencias y la principal es su espacio reducido, impide la facilidad de hacer el cambio de martillo a los molinos, también existe dificultad para conseguir los repuestos de los molinos, debido a la obsolescencia del modelo. Invertir en mejorar esa área sería una gran mejora de la planta.

