

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE CUENCA**

**CARRERA DE MECATRÓNICA**

*Trabajo de titulación previo  
a la obtención del título de  
Ingeniero en Mecatrónica*

**PROYECTO TÉCNICO:**

**“ESTIMACIÓN DE LA CONFIABILIDAD EN MOTORES CON  
POTENCIA SUPERIOR A LOS 120KW DE LA EMPRESA  
INDUATENAS S.A.”**

**AUTOR:**

PABLO ÁNGEL PIÑA RIVERA

**TUTOR:**

ING. CRISTIAN LEONARDO GARCÍA GARCÍA, MSc.

CUENCA – ECUADOR

2022

# CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Pablo Ángel Piña Rivera con documento de identificación N° 0106639032, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de titulación: **“ESTIMACIÓN DE LA CONFIABILIDAD EN MOTORES CON POTENCIA SUPERIOR A LOS 120KW DE LA EMPRESA INDUATENAS S.A.”**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: *Ingeniero en Mecatrónica*, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, febrero del 2022.



---

Pablo Ángel Piña Rivera  
C.I. 0106639032

# CERTIFICACIÓN

Yo, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: “**ESTIMACIÓN DE LA CONFIABILIDAD EN MOTORES CON POTENCIA SUPERIOR A LOS 120KW DE LA EMPRESA INDUATENAS S.A.**”, realizado por Pablo Ángel Piña Rivera, obteniendo el *Proyecto Técnico*, que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, febrero del 2022.



---

Ing. Cristian Leonardo García García, MSc.  
C.I. 0103898318

# DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Yo, Pablo Ángel Piña Rivera con documento de identificación N° 0106639032, autor del trabajo de titulación: “**ESTIMACIÓN DE LA CONFIABILIDAD EN MOTORES CON POTENCIA SUPERIOR A LOS 120KW DE LA EMPRESA INDUATENAS S.A.**”, certifico que, el total contenido del *Proyecto Técnico*, es de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca, febrero del 2022.

A handwritten signature in purple ink, consisting of several overlapping loops and strokes, positioned above a horizontal line.

---

Pablo Ángel Piña Rivera  
C.I. 0106639032

## Dedicatoria

Este trabajo de titulación y todo el esfuerzo que requirió hacerlo va dedicado para mi madre, María que siempre estuvo y está apoyándome, motivándome a ser mejor, creyendo en mi mucho más, de lo que creo yo.

También quiero dedicarlo a mi padre Ángel que de alguna forma me ha guiado por cuales caminos ir y por donde no, por no habernos hecho faltar el pan en la mesa mientras nos acompañaba, quiero dedicarle todo lo que aprendí en mi vida universitaria.

Pablo Ángel Piña Rivera

# Agradecimientos

Mi agradecimiento a Dios, primero por darme la oportunidad de vivir y lograr llegar hasta este punto en mi vida académica y en todos los aspectos de principio a fin.

Agradezco a mi hermano Pedro y a mi madre por el cariño, el tiempo, el trabajo, amistad y la financiación entregada. A mi hermana Mariana por los principios, la confianza y el pilar moral que me apoya. A mi hermana Erica por enseñarme el ímpetu, la decisión y la perseverancia en la vida. A mi hermana Tania por estar desde mi infancia demostrándome la importancia y el amor que una persona necesita, sobretodo un niño. A Diana por la buena voluntad, la apertura y el acompañamiento en el desarrollo de este trabajo de titulación. A mi hermana Mayra por ser mi aliada, motivarme a superarme académicamente y enseñarme de la coherencia en las decisiones. A todos mis sobrinos que son una parte muy importantísima de mi vida, gracias por estar conmigo.

Agradecer al ingeniero Álvaro Vallejos y a la empresa cementera Induatenas S.A. por la apertura y aprobación para la realización del presente trabajo de titulación en la planta cementera, a Jenner Narváez por el tiempo compartido, las enseñanzas y la confianza concedida para el desarrollo de la metodología del presente documento.

Agradecer mis amigos. A Edgar y Henry por un 22 de octubre, a Dayanara, Katty y Romina por la amistad, el apoyo, las papas y los chuzos. A Andrés Damián y Franklin por el respaldo y la lealtad en proyectos que a veces parecían excesivos. A Daniel, Q., Daniel, G., Wilson, Agustín, Roberth, Jhonathan, Chris, Fabián, por el apoyo, la alegría y el entusiasmo para continuar con nuestros logros académicos.

A Carlos Andrés, Josue, P. y a Jorge por la amistad, el tiempo que hemos compartido y por la calidad de persona que son con todos en general.

Finalmente agradecer a la universidad, a todos los profesores que me han enseñado no solo en clases impartidas dentro de las aulas y laboratorios sino también como ejemplos de dedicación. De gran manera al ingeniero Cristian Garcia, por la confianza que me ha otorgado, el apoyo brindado, y la retroalimentación para el desarrollo de este trabajo de titulación. Al ingeniero Luis López por su constante apoyo e influencia en gran parte de mi vida universitaria.

Pablo Ángel Piña Rivera

Este documento fue realizado enteramente en L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

# Índice

<b>Cesión de Derechos de Autor</b>	<b>I</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
<b>2. Problema</b>	<b>2</b>
2.1. Antecedentes . . . . .	3
2.2. Importancia y alcances . . . . .	3
2.3. Delimitación . . . . .	3
2.3.1. Delimitación institucional . . . . .	3
2.3.2. Delimitación geográfica . . . . .	3
2.3.3. Delimitación temporal . . . . .	4
<b>3. Objetivos</b>	<b>6</b>
3.1. Objetivo General . . . . .	6
3.2. Objetivos Específicos . . . . .	6
<b>4. Hipótesis</b>	<b>6</b>
4.1. Hipótesis General . . . . .	6
4.2. Hipótesis Específicas . . . . .	6
<b>5. Matriz de consistencia lógica</b>	<b>8</b>
<b>6. Operacionalización de variables</b>	<b>9</b>
<b>7. Marco Teórico</b>	<b>9</b>
7.1. Motores Trifásicos . . . . .	9
7.2. Modos y efectos de falla . . . . .	12
7.2.1. Fallos en rodamientos y cojinetes . . . . .	13
7.2.2. Fallos en el estator . . . . .	15
7.2.3. Fallos en el rotor . . . . .	16
7.3. Adquisición de datos y distribución de señales . . . . .	18
7.4. Base de datos . . . . .	19
7.4.1. Base de datos de tipo relacional . . . . .	19
7.4.2. Estructura de las BD de tipo relacional . . . . .	19
7.4.3. El modelo de tipo relacional . . . . .	19



7.4.4.	Ejemplos de bases de datos relacionales . . . . .	20
7.4.5.	Base de datos de tipo no relacionales . . . . .	21
7.5.	Confiabilidad . . . . .	21
7.6.	Método Montecarlo . . . . .	23
7.6.1.	Argumentación matemática para Montecarlo . . . . .	25
<b>8.</b>	<b>Marco metodológico</b>	<b>25</b>
8.1.	Análisis del funcionamiento de los motores . . . . .	25
8.2.	Obtención de los modos y efectos de fallas . . . . .	27
8.2.1.	Modos de falla particulares de los motores a analizar . . . . .	28
8.2.2.	Modo de fallo para estimación de confiabilidad con el método montecarlo	29
8.2.3.	Efectos de falla en los motores a analizar . . . . .	30
8.3.	Adquisición y distribución de señales . . . . .	30
8.3.1.	Herramientas para manejo de datos disponibles en planta y su configu- ración . . . . .	31
8.3.2.	Generación de la puerta de enlace OPC . . . . .	32
8.3.3.	Creación de canal de conectividad OPC DA Client hacia el OPC- SERVER de FCB . . . . .	41
8.3.4.	Generación de base de datos para almacenamiento . . . . .	45
8.3.5.	Comunicación entre base de datos MySQL y canal de OPC Server de KEPServer EX . . . . .	47
8.4.	Simulación del método montecarlo y requerimientos para simulación . . . . .	49
8.4.1.	Modelo de la confiabilidad de motores con potencia superior a 120kW de la empresa Induatenas S.A. . . . .	49
8.4.2.	Algoritmo para registro de fallos . . . . .	49
8.4.3.	Simulación con el método de montecarlo . . . . .	51
8.4.4.	Evaluación de confiabilidad del motor analizado a partir del fallo propuesto	57
8.5.	Interfaz gráfico . . . . .	58
8.5.1.	Propuesta para la programación de la guía de usuario . . . . .	58
8.5.2.	Desarrollo de la programación para la guía de usuario . . . . .	60
<b>9.</b>	<b>Resultados</b>	<b>69</b>
9.1.	Resultados de la obtención de modos y efectos de falla en motores de alta potencia del área de producción de cemento de la planta Induatenas . . . . .	69

9.2. Resultados de la identificación de los parámetros característicos de de la base da datos . . . . .	70
9.3. Resultados del algoritmo para la simulación del método montecarlo en la evaluación de motores de potencia superior a los 120kW . . . . .	72
9.4. Resultados sobre la interfaz gráfica para la evaluación de los motores de potencia superior a 120kW . . . . .	75
<b>10. Conclusiones</b>	<b>76</b>
<b>11. Recomendaciones</b>	<b>76</b>
<b>11. Referencias.</b>	<b>80</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>81</b>

## Lista de Tablas

1.	Cronograma de actividades planteadas. . . . .	5
2.	Matriz de consistencia lógica. . . . .	8
3.	Motor de inducción trifásico con rotor de anillo colector para accionamiento del molino vertical . . . . .	10
4.	Esquema para registro de fallo . . . . .	30
5.	Señales disponibles de cada motor de análisis. . . . .	31
6.	Detalles de la base de datos. . . . .	47
7.	Obtención de MTBF, LANDA, MTTR, confiabilidad y disponibilidad . . . .	52
8.	Componentes de la distribución normal de MTBF . . . . .	52
9.	Componentes de la distribución normal de MTTR . . . . .	53
10.	Regresión lineal para obtención de parámetros alpha y beta. . . . .	56
11.	Registro de modo y efecto de fallo. . . . .	70

## Lista de Figuras

1.	Croquis de la ubicación de la planta de la empresa. . . . .	4
2.	Diagrama de flujo de potencia de un motor de inducción.. . . .	11
3.	Relación de temperatura de bobinado con respecto al tiempo de vida útil de 4 clases de motores. . . . .	12
4.	Modos y efectos de falla. . . . .	13
5.	Aspecto de pista (izquierda) y bolas (derecha) en un rodamiento afectado por el paso de corrientes. . . . .	15
6.	Rozamiento estator-rotor en motor de 6,6 kV y 800 kW con excentricidad. . .	16
7.	(a) Motor sin excentricidad, (b) motor con excentricidad estática y (c) motor con excentricidad dinámica. . . . .	17
8.	Estructura general de un sistema de medida y control . . . . .	18
9.	Experimento de las gotas de lluvia para estimar pi. . . . .	24
10.	Tendencias en el software DIGIVIS . . . . .	28
11.	Particularidad de la señal de fallo en la Interfaz gráfica de MATLAB . . . .	29
12.	Estructura del hardware para control actual. . . . .	32
13.	Configuración general de FCB. . . . .	33
14.	Configuración Network de la planta. . . . .	33
15.	Modificación de la instalación de Freelance. . . . .	34
16.	Modificación de la instalación de Freelance, OPC Gateway. . . . .	34
17.	Modificación de la instalación de FCB, OPC Gateway. . . . .	35
18.	Modificación de la instalación de FCB, nuevo nivel. . . . .	36
19.	Generación de Gateway software para OPC en FCB, nuevo nivel. . . . .	36
20.	Generación de Gateway software para OPC en FCB, configuración de estación de entrada. . . . .	37
21.	Generación de Gateway en la estructura del hardware para OPC en FCB, insertar nodo en hardware. . . . .	37
22.	Generación de Gateway en la estructura del hardware para OPC en FCB, inserción de Gateway como nuevo objeto. . . . .	38
23.	Generación de Gateway en la estructura del hardware para OPC en FCB, asignación de recurso. . . . .	38
24.	Generación de Gateway en la estructura del hardware para OPC en FCB, asignación del Gateway software: OPC. . . . .	39
25.	Revisión de modificaciones en programación FCB. . . . .	39

26.	Revisión de modificaciones en programación FCB, sin errores. . . . .	40
27.	Revisión de modificaciones en programación FCB, Gateway OPC ejecutando. . . . .	40
28.	Encendido de Freelance OPC-Server 45. . . . .	41
29.	Generacion de canal OPC DA Client para FCB . . . . .	42
30.	Generación de canal OPC DA Client para FCB. Selecccion de ID . . . . .	43
31.	Generación de canal OPC DA Client para FCB. Selección de variables . . . . .	44
32.	Generación de canal OPC DA Client para FCB. Selección de variables . . . . .	45
33.	Código para generación de 12 tablas con fecha de recepción de datos y 14 columnas para datos de sensores . . . . .	46
34.	Creación de origen ODBC para MySQL. . . . .	48
35.	Creacion de origen ODBC para MySQL. Parámetros de conector . . . . .	48
36.	Diagrama de flujo para algoritmo de registro de fallo . . . . .	50
37.	Generación de supuesto de entrada para la variable MTBF . . . . .	53
38.	Generación de supuesto de entrada para la variable MTTR . . . . .	54
39.	Frecuencia de MTBF . . . . .	55
40.	Supuesto de entrada distribución beta desplazada . . . . .	56
41.	Pronostico de simulador de riesgo: CONFIABILIDAD . . . . .	57
42.	Pronostico de simulador de riesgo: DISPONIBILIDAD . . . . .	57
43.	Primer desarrollo de interfaz en Qt Creator . . . . .	59
44.	Interfaz gráfico realizado en Matlab . . . . .	61
45.	Interfaz gráfico realizado en Matlab, TENDENCIAS. . . . .	62
46.	Interfaz gráfico realizado en Matlab, NUEVA BASE DE DATOS. . . . .	62
47.	Interfaz gráfico realizado en Matlab, botón MONTECARLO. . . . .	63
48.	Interfaz gráfico realizado en Matlab, espacio de gráfico. . . . .	63
49.	Interfaz gráfico realizado en Matlab, MENÚ:CARPETAS DE RESPALDO: Nueva ubicación de respaldos. . . . .	64
50.	Interfaz gráfico realizado en Matlab, MENÚ:CARPETAS DE RESPALDO: Ubicación de respaldos. . . . .	64
51.	Interfaz gráfico realizado en Matlab, MENÚ:CARPETAS DE RESPALDO. . . . .	64
52.	Interfaz gráfico realizado en Matlab, MENÚ: DETECCIÓN DE FALLOS. . . . .	65
53.	Interfaz gráfico realizado en Matlab, MENÚ: DETECCIÓN DE FALLOS. . . . .	65
54.	Interfaz gráfico realizado en Matlab, aviso para ingreso a tabla de fallos. . . . .	65
55.	Interfaz gráfico realizado en Matlab, DETECCIÓN DE FALLOS. . . . .	66
56.	Interfaz gráfico en microsoft excel: Menú. . . . .	67
57.	Interfaz gráfico en microsoft excel: procesamiento de datos. . . . .	67

58.	Interfaz gráfico en microsoft excel: MONTECARLO. . . . .	68
59.	Interfaz gráfico en microsoft excel: MRBF. . . . .	69
60.	Información receptada sobre el fallo. . . . .	71
61.	Particularidad de la señal de fallo en la Interfaz gráfica de MATLAB . . . .	72
62.	Interfaz de Risk Simulator:disponibilidad . . . . .	73
63.	Interfaz de Risk Simulator: confiabilidad . . . . .	73
64.	Interfaz de Risk Simulator: disponibilidad . . . . .	74
65.	Interfaz de Risk Simulator: confiabilidad . . . . .	74

# 1. Introducción

La simulación de montecarlo es una herramienta que utiliza la generación de números aleatorios, intentando predecir un fenómeno real gobernado por una distribución probabilística, siendo un proceso estocástico numérico que ha progresado con el avance tecnológico de las computadoras y la capacidad de generar dígitos aleatorios en un reducido tiempo (Illana, 2013).

Aunque existen varias herramientas para la generación de números aleatorios digitales ya sea directamente en programación para establecer y modelar la aleatoriedad de una variable se propone utilizar un complemento de Microsoft Excel para la simulación de montecarlo, ya que la planta cuenta con licencia para este software y no existe necesidad de programar los modelos matemáticos en la hoja de cálculo como lo explica el documento de Simulación de Monte Carlo con Excel Faulín y Juan (2005), en vez de esto se propone el uso del complemento Risk Simulator.

Este complemento es utilizado en parte para simplificar el proceso del planteamiento de las variables aleatorias, esta característica es aprovechada en el presente estudio. La herramienta ha sido usada para valoración de múltiples comparables de las empresas de sector eléctrico de Colombia (Boada y Gallego, 2016), dando uso de la versatilidad del complemento de Microsoft Excel para la predicción de variables principales y simulación de escenarios futuros de su caso de estudio. Existe el uso de la generación de números aleatorios de la herramienta para el área de economía como en la evaluación de la rentabilidad económica financiera en la empresa minera Winchusmayo Jacinto Mamani (2019) en donde se ocupa únicamente este software para analizar la proyección de VAN y TIR de su caso de estudio. El presente estudio se propone utilizar el complemento para estimar la confiabilidad de modo y efecto de fallo particular del motor del molino vertical de la planta cementera Induatenas S.A. redactado en la sección de simulación de método montecarlo.

Una parte importante del presente estudio es el monitoreo y almacenamiento de las señales disponibles de la planta para la identificación de parámetros característicos de modos y efectos de falla. Se trata de identificar particularidades en las señales que causen modos y efectos de fallo en motores inductivos trifásicos similares a las mostradas en Hernández (2018). Pero para el modo de fallo escogido en la verificación de la metodología se dialoga con los operadores de producción para conocer el funcionamiento de los motores (sección 9.1), los cuales comentan las particularidades de las señales para la futura programación del registro automático de fallos

Tanto el registro como la simulación de montecarlo son propuestas planteadas a través de

interfaces gráficas programados en base a los principios de diseño de la interfaz de usuario mostrado en (Albornoz, 2014).

La generación de un interfaz en el editor de diseño GUIDE de MATLAB para el registro de fallos es otra sección importante del documento ya que propone el uso de la generación de BD en el programa de gestión de bases de datos MySQL, esto para mejorar la gestión de los datos que se generen y al beneficio que trae el buen uso de estas herramientas como lo indica el libro de Bases de Datos Ricardo (2009) La BD se encargan del almacenamiento de las señales receptadas y también del registro automático de fallos que es implementado en el mismo interfaz.

Antes de establecer los parámetros para evaluación del fallo del motor del molino vertical con el personal, la propuesta del almacenamiento de las señales en la BD, la cantidad de señales para el registro de fallo y del uso de la herramienta Risk Simulator para estimar la confiabilidad se empieza por generar el canal de comunicación entre el control DCS de la planta con el programa FREELANCE ABB Corporation (2022b), cabe resaltar que al ser un programa que no cuenta con soporte técnico local se genera una investigación para conocer el proceso de generación de un canal OPC DA Server, y se propone una de las herramientas más utilizada para este protocolo de comunicación como lo es KEPServerEX definiéndose en su pagina web como una solución de conectividad que adquiere cualquier tipo de dato proveniente de un proceso industrial y lo deja disponible en un formato estándar y seguro para cualquier plataforma de supervisión, monitorización, control o análisis de información KEPServerEx (2022).

## **2. Problema**

La Empresa Cementera Induatenas S.A. surge en la industria de la construcción desde el año 2011, ubicada en el Parque Industrial Machángara de la ciudad de Cuenca, Ecuador. La cementera Induatenas tiene como misión producir, innovar y comercializar cemento de alta calidad en la zona centro-sur del país, empleando tecnología de punta y procesos de clase mundial, según lo dice la planta cementera en su pagina oficial Cemento Atenas (2022). El jefe de mantenimiento en el sector eléctrico de la planta cementera, el Sr. Jenner Narváz expone las necesidades para el desarrollo del mantenimiento. Se habla sobre los activos que la empresa los ha clasificado como activos críticos. La adquisición de equipos relativamente nuevos genera la necesidad de contar con herramientas para la optimización del plan de mantenimiento de la empresa acorde a las necesidades de la planta. De manera particular



en los equipos que el departamento de mantenimiento, por parte del jefe de mantenimiento eléctrico, ha orientado para realizar un análisis específico a estos equipos por su importancia en la empresa. La información de los motores de potencia superior a los 120kW con los que cuenta la empresa permite diseñar herramientas que apoyen a la gestión del mantenimiento, tanto los datos cuantitativos (históricos de fallo tabulados, monitoreo de condición, manuales de servicio), como cualitativos (experiencia del personal), que se puedan receptor, apoyan al modelado de la confiabilidad de los motores utilizando métodos estadísticos avanzados.

## **2.1. Antecedentes**

## **2.2. Importancia y alcances**

El proceso de generación de cemento necesita de equipos de alta criticidad, característica generada por la importancia de estos elementos en cada etapa de la elaboración del cemento. Los equipos propuestos para la estimación de la confiabilidad son de difícil sustitución y su precio bastante elevado en relación de otros componentes de la planta. No se encuentran empresas que distribuyan los motores de manera local, se requiere de largos periodos de tiempo para la importación de estos. Es por ello la necesidad de un monitoreo constante de los equipos de potencia superior a los 120kW. Los componentes de la planta cementera que superan esta envergadura son 3.

## **2.3. Delimitación**

Las delimitaciones planteadas corresponde a la institucional, geográfica y temporal redactadas a continuación.

### **2.3.1. Delimitación institucional**

El presente proyecto técnico de titulación está dirigido hacia la empresa cementera Induatenas S.A.

### **2.3.2. Delimitación geográfica**

El proyecto se realizó en la planta cementera Induatenas ubicada en la ciudad de Cuenca, en el sector del parque industrial en la calle Cornelio Veintimilla, como lo referencia el croquis de la figura 8.



**Figura 1:** Croquis de la ubicación de la planta de la empresa.

**Fuente:** Google Maps (2022)

### **2.3.3. Delimitación temporal**

El proyecto técnico de titulación se realizó en el año 2021-2022, en un tiempo de seis meses de acuerdo al cronograma.

**Tabla 1:** Cronograma de actividades planteadas.

		Mes 1			Mes 2			Mes 3			Mes 4			Mes 5			Mes 6			
Establecer modos y efectos de fallas en los motores de alta potencia del área de producción de cemento de la planta Induatenas.	Estado del arte del mantenimiento en plantas cementeras	x	x	x	x	x	x													
	Estado del arte de efectos y modos de fallas			x	x	x	x													
	Elección de efectos y modos de fallas					x	x	x												
	Clasificación para priorización de modos y efectos de falla					x	x	x	x											
	Establecimiento de posibles diagnósticos de cada falla						x	x	x											
Identificar los parámetros característicos de la base de datos para la evaluación de la confiabilidad en los motores de potencia superior a los 120kW de la empresa Induatenas S.A.	Elección de ecuaciones para la selección de indicadores a partir de los modos y efectos de falla.									x	x									
	Identificación de parámetros para programación y cantidad de datos a ocupar.											x	x	x						
Programar el algoritmo para la simulación del método de Montecarlo y posterior evaluación de la confiabilidad en los motores de potencia superior a los 120Kw de la empresa Induatenas S.A.	Evaluación de parámetros escogidos.												x	x						
	Programación de algoritmo para método Montecarlo.														x	x	x			
Crear un interfaz gráfico para la estimación de la confiabilidad de los motores de potencia superior a los 120Kw de la empresa Induatenas S.A.	Programación en para la interfaz.																x	x	x	
	Prueba del programa en Planta.																	x	x	x

**Fuente:** Autor.

### **3. Objetivos**

Los objetivos específicos, generados a partir de los problemas específicos se encuentran planteados después del planteamiento del objetivo general a continuación.

#### **3.1. Objetivo General**

- Modelar la confiabilidad de motores con potencia superior a los 120kW de la empresa Induatenas S.A. mediante el método Montecarlo.

#### **3.2. Objetivos Específicos**

- Establecer modos y efectos de fallas en los motores potencia superior a los 120kW del área de producción de cemento de la planta Induatenas.
- Identificar los parámetros característicos de la base de datos para la evaluación de la confiabilidad en los motores de potencia superior a los 120kW de la empresa Induatenas S.A.
- Programar el algoritmo para la simulación del método de montecarlo y posterior evaluación de la confiabilidad en los motores de potencia superior a los 120kW de la empresa Induatenas S.A.
- Crear un interfaz gráfico para la estimación de la confiabilidad de los motores de potencia superior a los 120kW de la empresa Induatenas S.A.

### **4. Hipótesis**

#### **4.1. Hipótesis General**

- Modelar la confiabilidad en motores con potencia superior a los 120kW de la empresa Induatenas S.A. a través del método Montecarlo.

#### **4.2. Hipótesis Específicas**

- Establecer modos y efectos de fallas de los motores de alta potencia del área de producción de cemento de la planta Induatenas.

- Identificar los parámetros característicos de la base de datos para la evaluación de confiabilidad en los motores de potencia superior a 120kW de la empresa Induatenas.
- Programación del algoritmo para la simulación del método de Montecarlo y posterior evaluación de la confiabilidad en los motores de potencia superior a los 120kW de la empresa Induatenas S.A.
- Creación de la interfaz gráfica para la evaluación de la confiabilidad de los motores de potencia superior a los 120kW de la empresa Induatenas S.A.

## 5. Matriz de consistencia lógica

**Tabla 2:** Matriz de consistencia lógica.

Problema general	Objetivo General	Hipótesis General	Variables	Marco Teórico
¿Es posible estimar la confiabilidad en motores con potencia superior a los 120 kW de la empresa Induatenas S.A. mediante el método Montecarlo?	Estimar la confiabilidad de motores con potencia superior a los 120kW de la empresa Induatenas S.A. mediante el método Montecarlo	Se estimará la confiabilidad de motores con potencia superior a los 120kW de la empresa Induatenas S.A. mediante el método Montecarlo	VD: Motores de alta potencia VI: Estimación de confiabilidad.	Confiabilidad
Problemas espedificos	Objetivos especificos	Hipótesis especificas	Variables especificas	Marco Teórico
¿Es posible identificar establecer modos y efectos de fallas en los motores de alta potencia del área de producción de cemento de la planta Induatenas S.A.?	Establecer modos y efectos de fallas en los motores de alta potencia del área de producción de cemento de la planta Induatenas S.A.	Se establecerá modos y efectos de fallas en los motores de alta potencia del área de producción de cemento de la planta Induatenas S.A.	VD: Motores de alta potencia. VI: Estimación de confiabilidad.	Modos y efectos de falla.
¿Es posible identificar los parámetros característicos de la base de datos para la evaluación de la confiabilidad en los motores de potencia superior a los 120kW de la empresa Induatenas S.A.?	Identificar los parámetros característicos de la base de datos para la evaluación de la confiabilidad en los motores de potencia superior a los 120kW de la empresa Induatenas S.A.	Se Identificará los parámetros característicos de la base de datos para la evaluación de la confiabilidad en los motores de potencia superior a los 120kW de la empresa Induatenas S.A.		Método Montecarlo
¿Se podrá programar el algoritmo para la simulación del método de Montecarlo y posterior evaluación de la confiabilidad en los motores de potencia superior a los 120Kw de la empresa Induatenas S.A.?	Programar el algoritmo para la simulación del método de Montecarlo y posterior evaluación de la confiabilidad en los motores de potencia superior a los 120Kw de la empresa Induatenas S.A.	Se programará el algoritmo para la simulación del método de Monte Carlo y posterior evaluación de la confiabilidad en los motores de potencia superior a los 120Kw de la empresa Induatenas S.A.		Métodos estáticos. Programación C.
¿Se podrá crear un interfaz gráfico para la estimación de la confiabilidad de los motores de potencia superior a los 120Kw de la empresa Induatenas S.A.?	Crear un interfaz gráfico para la estimación de la confiabilidad de los motores de potencia superior a los 120Kw de la empresa Induatenas S.A.	Se creará un interfaz gráfico para la estimación de la confiabilidad de los motores de potencia superior a los 120Kw de la empresa Induatenas S.A.		Programación C.

**Fuente:** Autor.

## 6. Operacionalización de variables

Establecimiento de variables				
<b>Variable independiente:</b>	Estimación de confiabilidad.			
<b>Variable dependiente:</b>	Motores de alta potencia			
Dimensión	Definición	Unidad	Magnitud	Instrumentos y herramientas de medición
Modos y efectos de fallas en los motores con potencia superior a los 120kW de la empresa.	Def. conceptual: los modos de falla o bien causan el estado de falla de la maquina, o inciden de manera implícita para que exista el fallo.(Mora, 2009).	SN	Cantidad de modos y efectos de fallo.	Experiencia del personal de producción. Software para contabilización.
	Def. operacional: acciones que desgastan la vida útil de los motores trifásicos a analizar.			
Adquisición de datos.	Def. conceptual: sirve para dimensionar la información cuando se la adquiere (en forma de señales analógicas o digitales), procesándola y presentándola. (Areny, 1993).	Bytes	Cantidad de información.	Software encargado para almacenamiento en base de datos.
	Def. operacional: toma de datos de las señales utilizadas en el área de producción de la planta.			
Identificación de parámetros característicos en la base de datos.	Def. conceptual: Como parámetro: Variable que, en una familia de elementos, sirve para identificar cada uno de ellos mediante su valor numérico. (Española y Madrid, 2001)	SN	Cantidad de parámetros.	Software encargado para la representación grafica de las señales y contabilización de modos y efectos de fallo.
	Def. operacional: Características en las señales adquiridas que son identificadas como un fallo en un segmento de tiempo			
Programa de simulación Montecarlo.	Def. conceptual: método basado en la generación y uso de números aleatorios, se trata de simular el comportamiento del sistema para obtener en forma artificial los índices de confiabilidad Zapata y colaboradores (2004).	SN	Cantidad de modos y efectos de fallo simulados.	Software encargado de simular algoritmo.
	Def. operacional: programa encargado de compilar el algoritmo con uso de números aleatorios para conocer la confiabilidad de los motores.			
Interfaz grafica de usuario para evaluación de la confiabilidad.	Def. conceptual: es la parte del software que las personas pueden ver, oír, tocar, hablar; es decir, donde se puede entender.(Albornoz, 2014).	SN	Efectividad del programa.	Software encargado de la contabilización de modos y efectos de fallo. Software encargado de la simulación de Montecarlo.
	Def. Operacional: interfaz gráfica encargada de interactuar tanto con el operador de producción que con el técnico de mantenimiento de la planta para la evaluación y desarrollo de la simulación.			

Fuente: Autor.

## 7. Marco Teórico

### 7.1. Motores Trifásicos

Los motores a estudio son trifásicos. La respectiva ficha técnica de cada uno indica las prestaciones particulares de cada equipo, pero de manera general se sustentan con marco teórico de motores trifásicos asíncronos de corriente alterna, la teoría descrita a continuación

está enfocada a procesos que pueden enlazar al mantenimiento de estos equipos y, a los principios básicos del funcionamiento de los motores alternos, el entendimiento de posibles modos y efectos de fallos y como analizarlos a partir de los principios técnicos de los motores y conceptos frecuentes en el uso diario de estas maquinas eléctricas.

Un motor de inducción lleva este nombre porque el voltaje del rotor se induce en los devanados del rotor, utilizando este principio físico en vez de una conexión por cables como se explica en el libro de Maquinas Eléctricas Chapman (2000).

El motor del molino vertical tiene un monitoreo constante de variables como la temperatura del bobinado, la temperatura en los cojinetes y la potencia RMS. Los valores nominales de algunas de las características están descritas en la tabla 3.

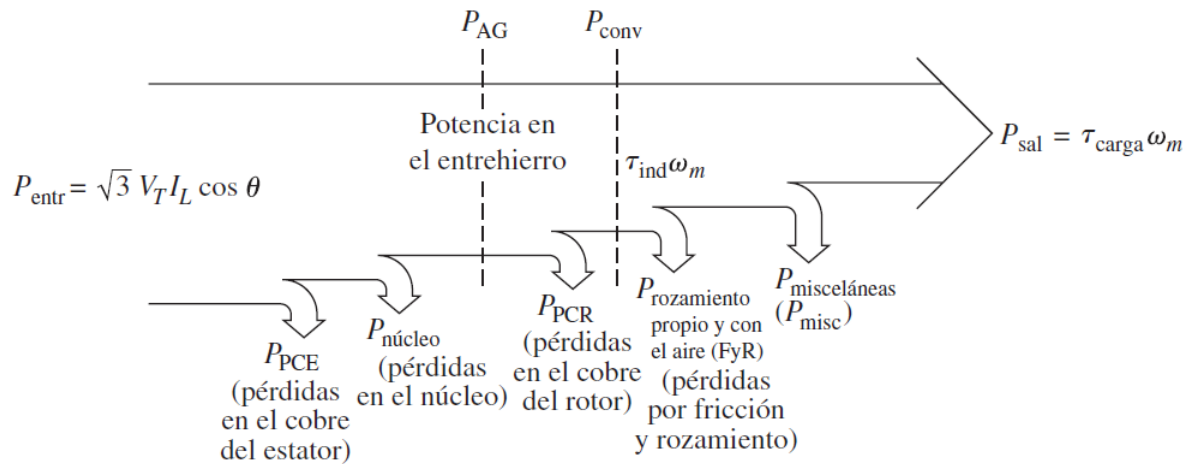
**Tabla 3:** Motor de inducción trifásico con rotor de anillo colector para accionamiento del molino vertical

DATOS ELÉCTRICOS				
Potencia nominal del motor	kW	920		
Tensión nominal	V	4160 (DELTA)		
Frecuencia nominal	Hz	60		
Número de polos		6		
Velocidad nominal del motor	rpm	1180		
Corriente nominal del rotor	A	383		
Factor de potencia (al 50 %-75 %-100 %)		0,71	0,8	0,84
Eficiencia al (50 %-75 %-100 %)		91,80 %	94,30 %	94,30 %

**Fuente:** J. Helmke & Co. (2013)

La potencia en los motores de estas características tienen una relación con el par muy distintas a las de los motores síncronos. Se estima en la figura 2 como la potencia tiene varias clases de pérdidas ya sea por motivos constructivos o por motivos externos al motor.





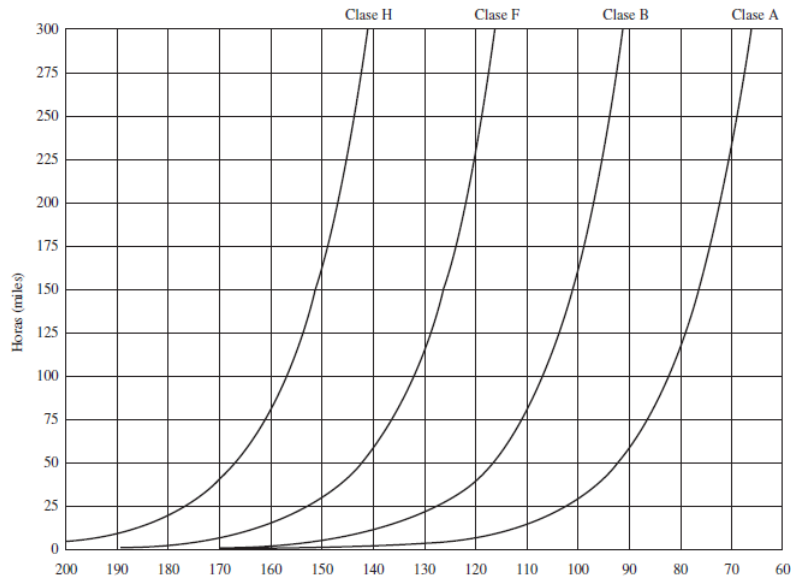
**Figura 2:** Diagrama de flujo de potencia de un motor de inducción..

**Fuente:** Chapman (2000)

Las pérdidas mecánicas de un motor asíncrono pertenecen a todas las relacionadas con los efectos mecánicos, principalmente por fricción en los cojinetes y por el rozamiento por el aire, como explica el libro de Chapman (2000) estas son pérdidas rotacionales sin carga de la máquina.

El calor dentro del motor se intentan establecer dentro de un rango de temperatura para que los valores nominales del motor no perjudiquen el tiempo de vida. El libro de Chapman (2000) indica que el daño por calentamiento crítico del bobinado rara vez ocurre pero que este tipo de daños incrementan el deterioro del aislamiento, haciéndolo mas sensible a otro tipos de fallos producto de golpes, vibraciones o fatiga eléctrica.

Establece también un gráfico en donde se relaciona la temperatura de los motores, cortesía de Marathon Electric Company, con el tiempo de vida de estos, cada uno de los gráficos pertenecen a diferentes estructuras de devanados como se aprecia en el gráfico 3.



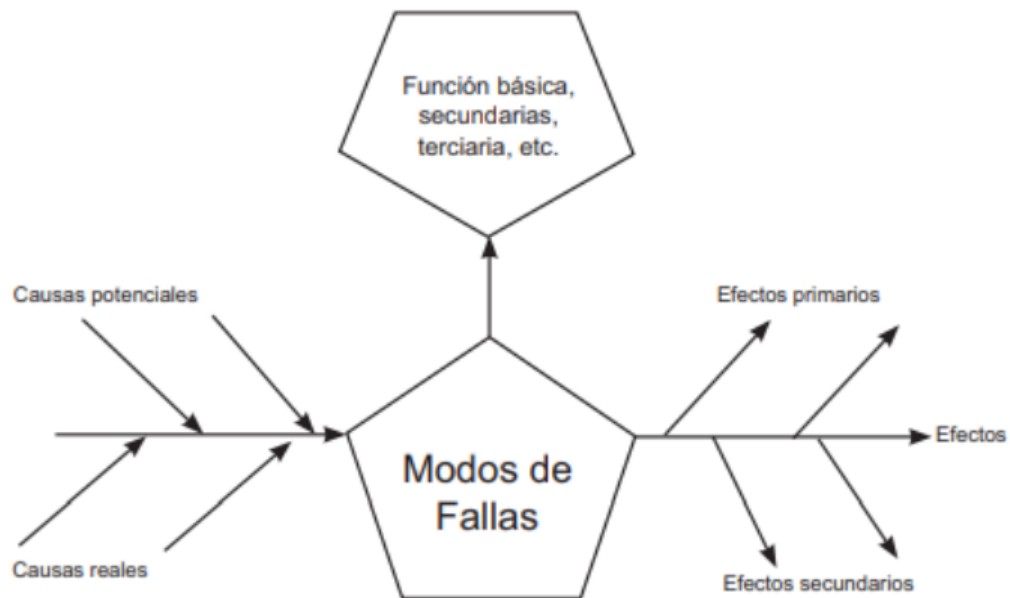
**Figura 3:** Relación de temperatura de bobinado con respecto al tiempo de vida útil de 4 clases de motores.

**Fuente:** Chapman (2000)

El libro de Chapman (2000) también acepta, hasta cierto punto, la regla de esperanza de la vida del motor donde indica que: cada 10 % de aumento de temperatura nominal del devanado reduce a la mitad la esperanza de vida del motor. A partir del concepto de la degradación de la vida del motor, los fabricantes establecen rangos para el uso de los motores a ciertas temperaturas con los diferentes tipos de devanados como se muestra en la figura 3.

## 7.2. Modos y efectos de falla

El propósito de realizar un análisis de fallos es entender completamente el funcionamiento y el comportamiento de la maquinaria en un proceso, para identificar anomalías en el uso de estos (Harris, 1994). Se utiliza el conocimiento creado a partir del análisis para anticipar y organizar la funcionalidad del equipo. Existen varios procesos para analizar los modos y efectos de fallo. Lo ideal de este proceso sería identificar fallas que causen daños que, al ser corregidos de manera temprana den rentabilidad, ya sea eliminando el fallo o minorando el riesgo que se genera por estos. El uso de estas técnicas permite documentar las tareas desvirtuadas preventivamente y correctivas que maneja y hasta eliminan fallas.



**Figura 4:** Modos y efectos de falla.

**Fuente:** Mora (2009).

Los motores eléctricos de inducción son muy ocupados en la planta cementera como en cualquier industria, es por esto que ya se tiene en cuenta ciertos modos y efectos de falla comunes entre los motores de diversas potencias, entre los fallos encontrados en la literatura se tienen:

### 7.2.1. Fallos en rodamientos y cojinetes

Estos fallos constituyen una de las averías que más comúnmente acontecen en los motores de inducción. Hay que tener en cuenta que los rodamientos son componentes especialmente críticos que sufren los efectos de otros tipos de averías en el motor, las cuales acaban repercutiendo en distintos esfuerzos anormales sobre estos.

Las excentricidades excesivas pueden ser causadas por diversas razones que pueden devenir en sistemas de fuerzas desequilibradas, que hacen que el rodamiento no pueda operar en las condiciones previstas (Hernández, 2018).

Existen múltiples clasificaciones por la cuales puede dar lugar a fallos en rodamientos algunas de estas causas son las siguientes:

- Sobrecarga: es provocada por una deficiente alineación, desequilibrio en el rotor, utilización de rodamientos inadecuados para la aplicación en cuestión, etc. Se puede traducir

en el descarrilamiento del material en la superficie donde la carga no es la apropiada.

- Brinelling: el límite elástico del material tanto del cojinete como en el rodamiento es sobrepasado. Se traduce en las marcas de características que se muestran como indentaciones en los caminos de rodadura, los cuales se incrementan la vibración del rodamiento.
- Problemas en el montaje: cuando el montaje es incorrecto el rodamiento puede trabajar con alabeo u holguras. Comúnmente se procede al calentamiento previo del rodamiento para que se facilite su montaje. Al momento del montaje se debe evitar los impactos que dañen los componentes.
- Lubricación: la lubricación inadecuada es una de las principales causas en el fallo de rodamientos, que resulta ser tan perniciosa en una lubricación por defecto como el exceso. Se debe respetar las distintas recomendaciones de lubricación de cada fabricante en el manual del motor.
- Circulación de corrientes a través de rodamientos: es un problema en boga actualmente en el nivel industrial, ya que aparece motores accionados mediante el variador de frecuencia, este es un fallo en rodamientos debido a la circulación de corrientes. Estas tensiones dan a lugar a corrientes que se descargan a tierra por medio del propio rodamiento, perjudicando las partes en donde existe contacto y paso de corrientes como por ejemplo en sus pistas interna y externa (Hernández, 2018).

En la Figura 5 se muestra una fotografía de un rodamiento siendo afectado por el paso de corrientes, en la que se aprecia la 'firma' características de este tipo de fallo.



**Figura 5:** Aspecto de pista (izquierda) y bolas (derecha) en un rodamiento afectado por el paso de corrientes.

**Fuente:** Hernández (2018)

### 7.2.2. Fallos en el estator

El estator consta de dos partes para su análisis de fallos, tanto en el núcleo magnético como en el devanado:

- Fallos en el núcleo magnético: este fallo es muy costoso de reparar pues requiere el cambio completo del núcleo aunque no es común, para identificar este daño se puede ocupar un ensayo off-line llamado ensayo del lazo. Este consiste en hacer la extracción del rotor y enrollar una bobina de determinadas características alrededor del núcleo del estator. Después de esto se alimenta la bobina externa para habilitar al estator a un 80 % - 100 % de la densidad de flujo nominal. Pasado un corto tiempo se mide la temperatura para detectar puntos calientes por los fallos en el aislamiento entre chapas, se puede ocupar una cámara infrarroja (Hernández, 2018).
- Fallos en el devanado: el devanado está conformado por una serie de conductores de cobre que están rodeados del correspondiente aislamiento. El devanado puede fallar por el aislamiento o por el propio cable una fractura o una rompimiento del conductor.
  - Los fallos en los cables conductores como en el bobinado son ocasionados por fracturas o desconexiones en cualquier tramo.

- Los fallos más comunes para los motores de inducción de alta potencia son los ocasionados por el aislamiento del estator, el costo y la dificultad de reparación son muy elevados.

Hay que tener presente que el aislamiento está sometido a múltiples solicitaciones durante la operación del motor la cuales suponen un desgaste del mismo y un acortamiento significativo de su vida útil cuando estas condiciones son inadecuadas (Hernández, 2018).

### 7.2.3. Fallos en el rotor

Los fallos en el rotor tiene que ver con el alabeo que no es lo suficientemente preciso para ir a la par con la simetría del estator, o solamente se encuentra fuera de un rango de simetría de excentricidades.

- Excentricidades: existe una excentricidad en el motor cuando la anchura del entre hierro no es uniforme, esto es, el entre hierro no mide lo mismo para cualquier posición angular considerada. La presencia de una excentricidad excesiva resulta indeseable, ya que ésta da lugar a esfuerzos inadecuados sobre los rodamientos, vibraciones excesivas y, en el peor de los casos, puede acabar causando el roce entre estator y rotor (Hernández, 2018). En la Figura 6 muestra una fotografía de un motor con excentricidad en el que se produjo el roce entre estator y rotor.

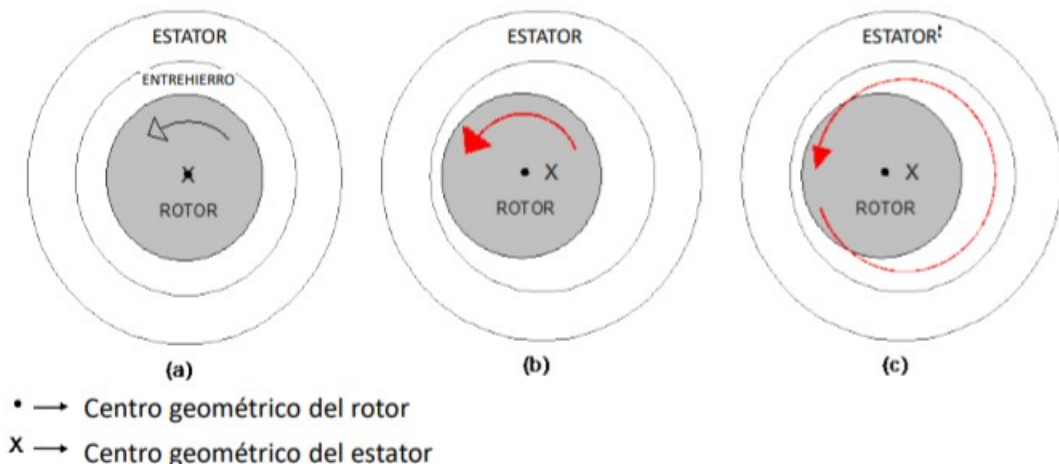


**Figura 6:** Rozamiento estator-rotor en motor de 6,6 kV y 800 kW con excentricidad.

**Fuente:** Hernández (2018)

Las excentricidades se pueden clasificar en estáticas, dinámicas o mixtas:

- Excentricidad estática: se dice que hay excentricidad estática cuando la posición de mínimo entre hierro permanece fija en el espacio (ver Figura 7 (b)). Puede ser debida a causas tales como: fallo de fabricación del estator o excesiva tolerancia, incorrecta instalación del rotor en el estator.
- Excentricidad dinámica: existe entre la superficie del estator y el rotor, a diferencia de la excentricidad estática, esta excentricidad varía por toda la superficie, mientras gira el rotor (ver Figura 7 (c)).
- Excentricidad mixta: es la combinación de excentricidad estática y dinámica. Es la que se da en la realidad, ya que siempre existe cierta combinación de excentricidad estática y dinámica (Hernández, 2018).



**Figura 7:** (a) Motor sin excentricidad, (b) motor con excentricidad estática y (c) motor con excentricidad dinámica.

**Fuente:** Hernández (2018)

- Rotura de barras y anillos rotóricos: El rango de porcentaje de daños en estas partes del motor comprenden entre un 10 % y un 20 % del total de fallos, aunque el porcentaje no pareciera una cantidad grande de estimar se debe tomar en cuenta el estudio que se necesite plantear y analizar si es o no importante este porcentaje en los efectos de fallo (Hernández, 2018).

### 7.3. Adquisición de datos y distribución de señales

Este proceso se debe comprender para delimitar y manejar los datos, en el presente estudio el área de mantenimiento requiere de la data generada a partir de los distintos sensores que están instalados para el monitoreo constante en el área de producción.

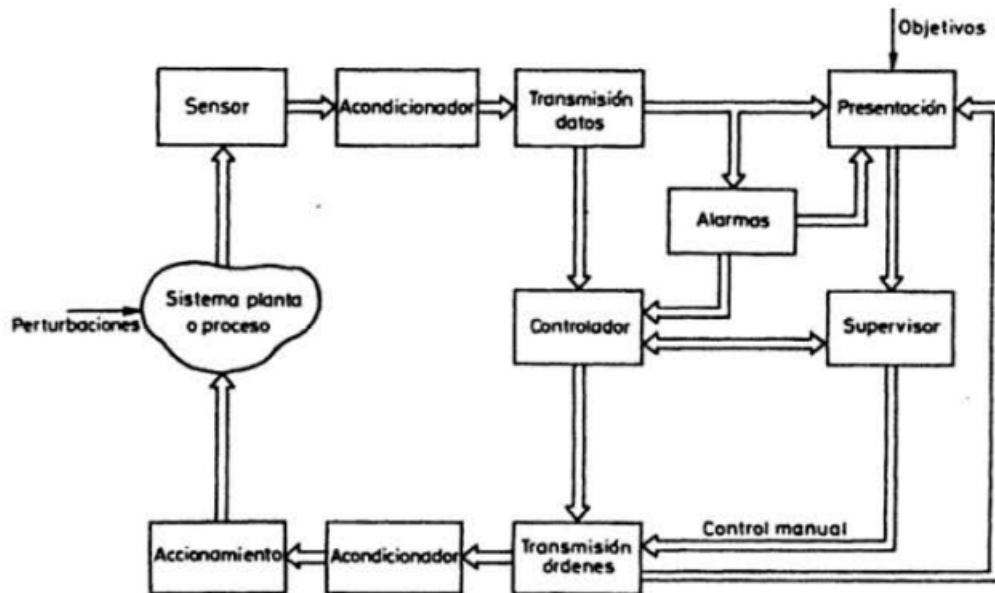


Figura 8: Estructura general de un sistema de medida y control

Fuente: Areny (2001)

En la imagen anterior muestra un esquema de distribución y adquisición de señales. El controlador para la adquisición y distribución de las señales de los motores del presente estudio se encuentran en un Sistema de Control Distribuido (DCS), de la empresa ABB llamado Freelance Distributed Control System, el PLC encargado de orquestrar el sistema es el PLC ABB AC 900F. La interfaz que se encarga de la presentación, alarmas y supervisión del proceso es el software DIGIVIS de ABB.

Las señales receptadas pasan a través de los sensores de los motores enviados por el fabricante, constan de sensores de vibración (VtV122 en el motor del ventilador de tiro, VIB 1185AQS-0XX), termo resistencias para medir temperatura (Omnigrad T TST434), y señales eléctricas como potencia y amperaje de cada uno de los motores.



## **7.4. Base de datos**

Las bases de datos (BD) son usadas en gran cantidad de organizaciones, una forma de definición que plantea el libro de Bases de Datos de Ricardo (2009) es que en una BD típica los datos se almacenan en un formato de fácil acceso para los usuarios, ya sea para consultas individuales o grandes reportes. En un escenario informático de BD integrada, todos los datos se mantienen en un solo repositorio, y el administrador de BD, es quien ubica la información. En el mercado existe una gran cantidad, pero existe una clasificación marcada, se dividen en dos grandes campos según su relación.

### **7.4.1. Base de datos de tipo relacional**

Una BD es de tipo relacional cuando almacena y entrega el acceso a ciertos usuarios de datos que se relacionan uno al otro. Este tipo de BD se fundamentan en el modelo relacional para representar de manera amigable tablas de datos. Una tabla es un registro la cual posee una ID única que se le conoce como clave. Una manera de ubicarse entre columnas y filas son los nombres y las ID de cada una respectivamente para facilitar la comunicación entre el usuario y las bases de datos.

### **7.4.2. Estructura de las BD de tipo relacional**

El tipo relacional tiene una organización física separada, su estructura permite la gestión de la información al almacenar en diferentes lugares la información, pero no por esto le quita el acceso a los datos de manera lógica a los usuarios de los datos.

El almacenamiento físico permite gestionar los datos y las estructuras por medio de las aplicaciones, sin sacrificar la estructura lógica. El uso de operaciones lógicas especifican el contenido necesario y las operaciones físicas permiten encontrar la información para realizar la tarea.

Se garantiza la fidelidad y la facilidad de ingreso de manera continua de los datos en la BD relacionales ya que sigue reglas de integridad como no duplicar filas en una tabla para evitar introducir confundir la información en la base de datos.

### **7.4.3. El modelo de tipo relacional**

Al comenzar las BD, la aplicación almacena registros en su propia estructura única, de no conocer esta configuración de datos no se podían crear aplicaciones para encontrar los datos que se necesitaban. Aquellas estructuras eran poco eficaces, dificultaba el mantenimiento y

de difícil optimización para ofrecer un buen rendimiento de las aplicaciones. El modelo de base de datos relacional trata de estandarizar bases de datos para que no sean arbitrarias ni se repitan sin una actualización instantánea en su mantenimiento. La página de ORACLE describe a su BD como la más utilizada, tiene un modelo relacional en MySQL, el cual indica que proporciona una forma estándar de consultar y representar datos que pueden utilizarse en cualquier aplicación. Mientras se desarrollaba el uso de las BD también se comenzó a usar el lenguaje de consulta estructurado denominado SQL para escribir y realizar consultas en una base de datos. ORACLE (2022). En el presente estudio se hace uso de este lenguaje para la programación y el uso de las BD's.

#### 7.4.4. Ejemplos de bases de datos relacionales

- MySQL es un sistema de gestión de bases de datos relacionales de código abierto, con un modelo cliente-servidor, tiene una base de datos de código abierto. MySQL (2022) RDBMS lo hace un software o servicio utilizado para crear y administrar bases de datos basadas en un modelo relacional. HOSTINGER (2022)
- Oracle PL/SQL como informa la revista de la UNIR UNIR Universidad Internacional de La Rioja (2022) PL/SQL es un lenguaje de programación por Oracle como extensión de SQL. SQL es un lenguaje de consulta estructurado con el que se maneja la información de una base de datos, modificando esos datos, añadiendo o eliminando. Es un lenguaje declarativo. PL/SQL Es un lenguaje de programación por procedimientos, ocupa SQL mintiendo el lenguaje. SQL solo realiza una consulta al mismo tiempo, PL/SQL se ejecuta un bloque de código completo.
- SQLite, En la página de Tecnología Android Tecnología Android (2022) indica que el software SQLite es una biblioteca de programas utilizada. Ofrece el entorno de ejecución completo para una base de datos basada en SQL. Su especialidad es que mantiene los datos en un solo archivo, indica también ACERVO LIMA (2022). Se puede realizar una consulta con SQL ya que son compatibles.
- Transact-SQL (T-SQL) esta base de datos proporcionada por Microsoft habla en su página oficial Microsoft Docs (2022) que T-SQL es un lenguaje de programación sólido con características que permiten almacenar temporalmente valores en variables como uso general en los programas, aplicar la ejecución condicional de comandos propio de esta base de datos, pasar parámetros a procedimientos almacenados y controlar el flujo de los programas.

#### 7.4.5. Base de datos de tipo no relacionales

La BD de tipo no relacional no usa la organización de los datos por filas y columnas al igual que en la mayoría de sistemas de BD. Las bases de datos no relacionales plantean un modelo optimizado para ser ocupado según parámetros puntuales.

- Hadoop proporciona almacenamiento masivo para cualquier tipo de datos, Posee un gran poder de procesamiento y la capacidad de procesar tareas o trabajos concurrentes virtualmente ilimitados. SAS (2022).
- Cassandra, lo explica Lignux en su página lignux (2022) Apache Cassandra es un software que fue lanzado en el año 2008, creado por Facebook, y cedido a Apache, hoy es una gran herramienta de código abierto usada por usuarios de la informática como Twitter, alejado de las funciones necesarias para el proyecto del presente estudio.
- Voldemort, esta BD esta cimentado por la estructura clave-valor de LinkedIn, escrito en Java, fue creado para solucionar un problema de escalabilidad que tenía con las base de datos relacionales, cuenta con una comunidad activa desde su liberación. Sanchez (2022)

### 7.5. Confiabilidad

La confiabilidad de un equipo en el libro de (Phogat, 2017) describe como la probabilidad de que un equipo desempeñe de buena manera, o de forma eficiente las funciones de su trabajo en condiciones normales para su operación, probabilidad con respecto a un tiempo específico.

La con fiabilidad expone la probabilidad que el equipo no sufra una avería en el tiempo de funcionamientoLuna (2005). Generalmente la manera del cálculo de la confiabilidad viene dada por la ecuación:

$$R(t + \Delta t/t) = \frac{(t + \Delta t)}{T(t)} \quad (1)$$

Los componentes eléctricos y las nuevas tecnologías hacen a los procesos industriales más complejos, como se menciona en Luna (2005).

Para el modelamiento matemático de la confiabilidad existe varios tipos distribuciones que se plantean tales como: exponencial, normal, gaussiana, Weibull.

- Ley normal de falla

Es también la distribución de Gauss, su ecuación está representada por:

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{1}{2} \left(\frac{t - \mu}{\sigma}\right)^2\right) \quad (2)$$

Donde

$$f(t) \geq 0, -\infty < t < \infty, \sigma > 0 \quad (3)$$

El modelo tiene un uso en cuando los equipos fallan en un tiempo promedio, en donde se tiene una conjunto de datos simétricos, las características como la media, moda y mediana no son iguales. La particularidad de la distribución normal es establecerse en el valor medio la mayor cantidad de datos y al alejarse por los límites dados en la desviación estándar, estos merman simétricamente la cantidad de datos bajo esta área. Aplicando esta distribución en la ecuación de confiabilidad se obtiene:

$$R(t) = 1 - \phi\left(\frac{t - \mu}{\sigma}\right) \quad (4)$$

Lo que muestra que para una confiabilidad alta se necesita un tiempo menor que mu.

- Un modelo de vida que consta dentro de la ley de probabilidad es la ley exponencial, la cual modela de manera específica la confiabilidad de los sistemas eléctricos, la ecuación 5 modela este tipo de distribución.

$$R(t) = e^{-\lambda(t)} \quad (5)$$

Lambda representa la dependencia de la confiabilidad con respecto al tiempo medio entre fallos:

$$MTBF = \frac{1}{\lambda} \quad (6)$$

Finalmente el tiempo entre fallos está relacionado en la ecuación 7:

$$MTBF = 100 * \frac{\text{tiempo trabajado}}{\text{número de paros}} \quad (7)$$

En la Teoría de Confiabilidad Luna (2005) explica como ocupar el modelo exponencial para obtener el índice de confiabilidad sugiere proponer a un a tasa de fallos que no varíe, sin cambiar la probabilidad de que el fallo suceda y sin contar el efecto de desgaste.

Las características de esta ecuación permiten, por ejemplo, a medida que  $\lambda$  es mas pequeño la distribución se desplaza hacia la derecha mientras que cuando  $\lambda$  es superior la distribución se apega al origen del plano cartesiano.

## 7.6. Método Montecarlo

Este término usa el principio de resolver un problema mediante procesos estocásticos numéricos, más coloquialmente el uso del azar para simular procesos o fenómenos gobernado por una distribución de probabilidad, así lo conceptualiza Illana (2013), en donde se refiere también a que se puede realizar un cálculo matemático a partir de este principio.

Experimentalmente existen muchos ejercicios en donde puede intervenir una solución con montecarlo, un ejemplo y tal vez el más conocido es la estimación de  $\pi$  a partir de gotas de lluvia, ejercicio que está resuelto en el libro de Métodos Monte Carlo Illana (2013).

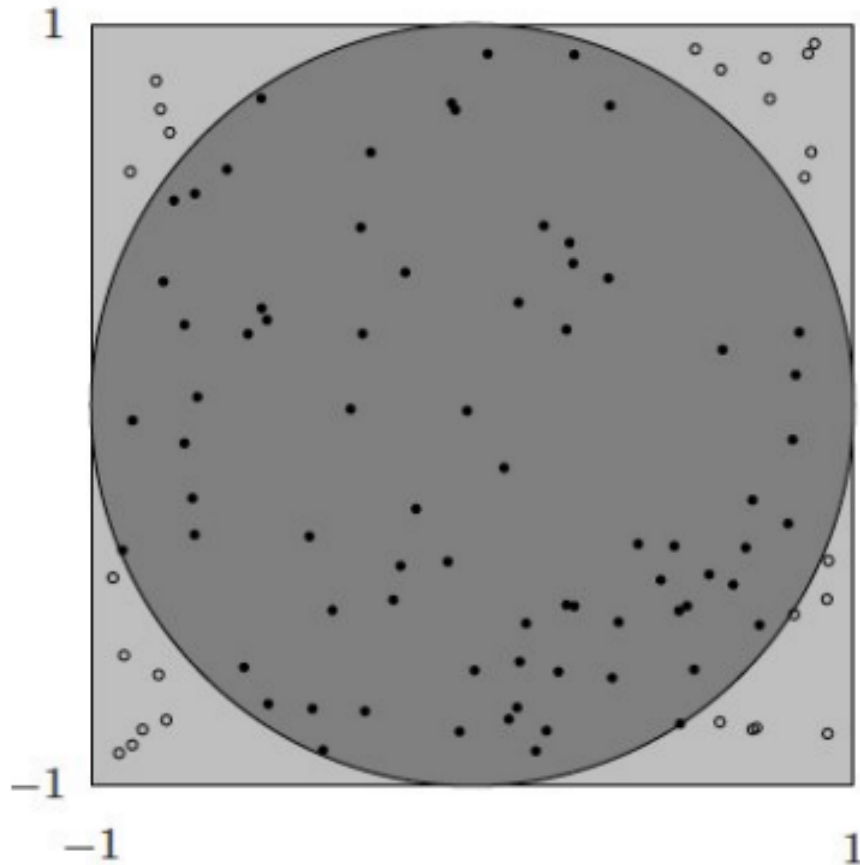
El ejercicio considera la probabilidad de que la lluvia idealmente uniforme sobre un cuadrado caiga dentro de una circunferencia dibujada dentro del círculo, con un diámetro de igual dimensión de uno de los lados del cuadrado, la ecuación 13 muestra el planteamiento de la probabilidad, mientras que la figura 9 se ejemplifica como se debe realizar experimentalmente el problema.

$$P = \frac{\text{área del círculo}}{\text{área del cuadrado}} = \frac{\pi}{4} \quad (8)$$

Despejando  $\pi$ :

$$\pi = 4P \quad (9)$$

Utilizar montecarlo para encontrar  $\pi$  no es una manera eficiente de solucionar el problema pero con este ejemplo se puede ver la veracidad de esta herramienta. Escalando el nivel de dificultad el método montecarlo puede utilizarse para evaluar procesos que necesitan de este método ya sea por su eficiencia o por la naturaleza del problema como por ejemplo en solución de integrales multidimensionales.



**Figura 9:** Experimento de las gotas de lluvia para estimar pi.

**Fuente:** Illana (2013)

Es necesario para la propuesta de la aleatoriedad en los números, un repaso de probabilidad y estadística. Esto para el planteamiento de las variables y la forma en las que estas se distribuirán al generarse de manera estocástica.

Verificar los intervalos de confianza, realizar test y los ajustes de estas variables es parte importante al plantear el espacio en donde se desarrollara la aleatoriedad de las entradas, es por esto que la verificación y comparación de los datos obtenidos con los comparados deben ser evaluados para la corrección y el recalcu del planteamiento de del espacio numérico en donde se desarrollan las variables aleatorias.

Es importante tener en cuenta teoremas que están ligados con el método montecarlo los cuales son:

- Ley de los grandes números.

- Desigualdad de Markov
- Desigualdad de Chebyshev

$$P(|X - \mu| \geq x) \leq \frac{\sigma^2}{x^2} \quad (10)$$

### 7.6.1. Argumentación matemática para Montecarlo

La variable aleatoria es modelada de la siguiente manera:

$$G_N = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N g(X_i) \quad (11)$$

Entonces la varianza y esperanza son:

$$\text{var}(G_N) = \frac{\text{var}(g(X))}{N}, \quad \mathbf{E}[G_N] = \mathbf{E}[g(X)] \quad (12)$$

El promedio de  $G_N$  se llama estimador de  $\mathbf{E}[g(X)]$ , su esperanza sería:

$$\mathbf{E}[G_N] = \mathbf{E}[g(X)] = \int_{-\infty}^{\infty} dx g(x) f(x) \quad (13)$$

Se evalua que  $X_i \sim f$ : se puede evaluar la integral creando un punto de  $N$  variables aleatorias  $X_i$  según las dos funciones que dependen de  $x$ . La media aritmética generada a partir de las funciones (que en este caso son evaluadas a partir de la aleatoriedad) da de respuesta el valor de la integral. Mientras  $N$  sea más grande el valor de varianza se va reduciendo.

Para argumentar el teorema fundamental de montecarlo se aplica la desigualdad de Chebyshev (ecuación 10) a la variable aleatoria  $G_N$  con  $\sigma^2 = \text{var}(G_N)$ ,  $x^2 = \sigma^2/\delta$  y  $\delta > 0$  entonces:

$$\mathbf{P} \left( |G_N - E[G_N]| \geq \left[ \frac{\text{var}(G_N)}{\delta} \right] \right) \leq \delta \quad (14)$$

Demostrando que mientras mas grande sea  $N$ , la probabilidad de que el estimador sea el valor esperado es tan grande como se quiera.

## 8. Marco metodológico

### 8.1. Análisis del funcionamiento de los motores

En el manejo de la planta se puede diferenciar de gran manera la importancia que se le da a los motores de potencia superior a los 120 kW, empezando por el monitoreo que tiene cada

uno de estos tres motores, aunque en secciones posteriores se mostrara las señales que son monitoreadas constantemente.

El motor por el cual se hace gran parte del control manual es el motor del molino vertical, la potencia es la variable con la que más se trabaja.

La potencia es una de las variables que más se ve afectada cuando se realiza diferentes tipos de cementos. La planta cementera Induatenas comúnmente trabaja con la producción de tres tipos de cemento:

- Cemento tipo GU

Es de uso general, tiene una velocidad de fraguado mas lenta que el cemento de tipo HE, utilizado mayormente para la generación de vías de hormigón. La potencia con la que regularmente se trabaja está entre 850kW y 900kW.

- Cemento tipo He

Este cemento es de alta resistencia, tiene una menor velocidad de fraguado y características específicas de materia prima así como todos los tipos de cementos producidos en planta. El amperaje utilizado para el ventilador de tiro es de 120A. La potencia procesada en el motor del molino vertical para la generación de este tipo de cemento es regularmente de 920kW a 930kW.

- Cemento tipo N

Más empleado en mampostería, enlucidos. En lo que respecta al uso de la potencia de los motores es similar a lo ocupado para la producción de cemento tipo GU,

- Crudo

Es solo destinado para la obtención de clinker. El motor del molino vertical trabaja a 730 kW por lo regular.

Cabe resaltar ciertos criterios para el control de la potencia y amperaje de los motores como es el tipo de granulometría de la materia prima ya que las particularidades y la aleatoriedad de está no permite un control similar en cada día de trabajo, el tensionamiento de los rodamientos que muelen la materia prima es resultado de un enclavamiento con la mesa del los rodillos, produciendo un pico de la potencia del molino vertical.

La humedad de la camada (el nombre de la materia prima antes de ingresar a los rodillos del molino vertical) facilita el manejo de la planta evitando atrancos con la mesa de los rodillos, pero como se busca un balance de las variables que permitan tener cierta calidad en



la producción de cemento obligan al operador a usar la menor cantidad de humedad posible en la camada.

Es importante mencionar que cada operador de la planta tiene su particular forma de manejarla, los datos y características aquí descritas son emitidas por los operadores, en particular gran parte de esta sección fue explicada por Franklin Riofrio, operador de turno de la planta cementera Induatenas.

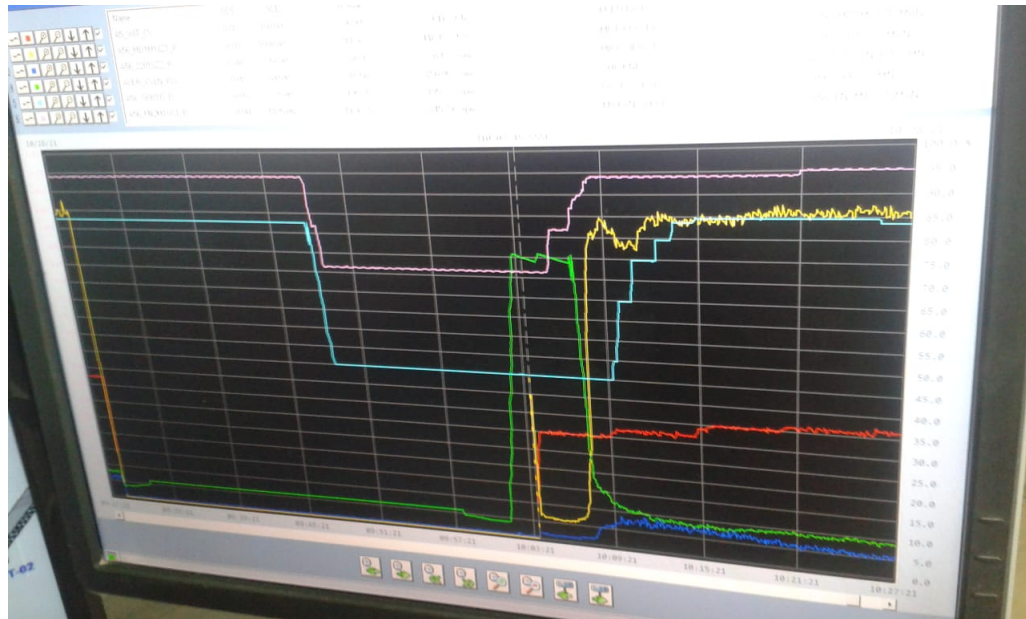
## **8.2. Obtención de los modos y efectos de fallas**

Los modos y efectos de fallo deben ser analizados a partir del monitoreo de las señales disponibles en planta de los motores de: molino vertical (920kW), separador dinámico (124kW), ventilador de tiro (460kW).

La planta tiene constante monitoreo de señales útiles únicamente a los operadores de producción. El tipo de control utilizado en planta es un control de sistema distribuido (DCS), el cual permite el control distribuido por toda la planta sin la necesidad de centralizarlo. En el nivel de mando del control DCS se encuentra un PLC de la marca ABB, el controlador lógico programable AC 900F entrega la información necesaria para el manejo de la planta, control programado en el software Freelance Control Builder F 2013 SP1, y la interfaz gráfica es realizado a través de la interfaz DIGIVIS 500. DIGIVIS 500 visualiza la configuración, puesta en servicio y documentado en la herramienta DigiVis 500 Graphics Builder, este software permite la supervisión compatible con el PLC ABB según la empresa desarrolladora del software ABB Corporation (2022a).

La planta dispone de distintas señales para el control de producción, señales que todavía no son utilizadas dentro del área de mantenimiento.

Las gráficas por parte del software DIGIVIS 500 (Figura 10) permite identificar los rangos por los cuales el sistema debe ser manejado, el sobrepaso de estos rangos son fallos que el operador de turno intenta no ocasionar pero por la naturaleza del material a procesar, los indicadores de calidad, la humedad en la camada y distintas variables que ingresan en el proceso de generación de cemento evitan tener un control estandarizado libre de fallos en el manejo de la planta y para el caso de estudio fallos para el motor.



**Figura 10:** Tendencias en el software DIGIVIS

**Fuente:** Induatenas S.A.

### 8.2.1. Modos de falla particulares de los motores a analizar

Los fallos de los motores trifásicos de corriente alterna son diversos, estos pueden ser:

- Sobrecarga.
- Fallo de cojinete.
- Antigüedad.
- Funcionamiento monofásico.
- Fallo del rotor.
- Contaminantes.
- Ejes de transmisión mal alineados.

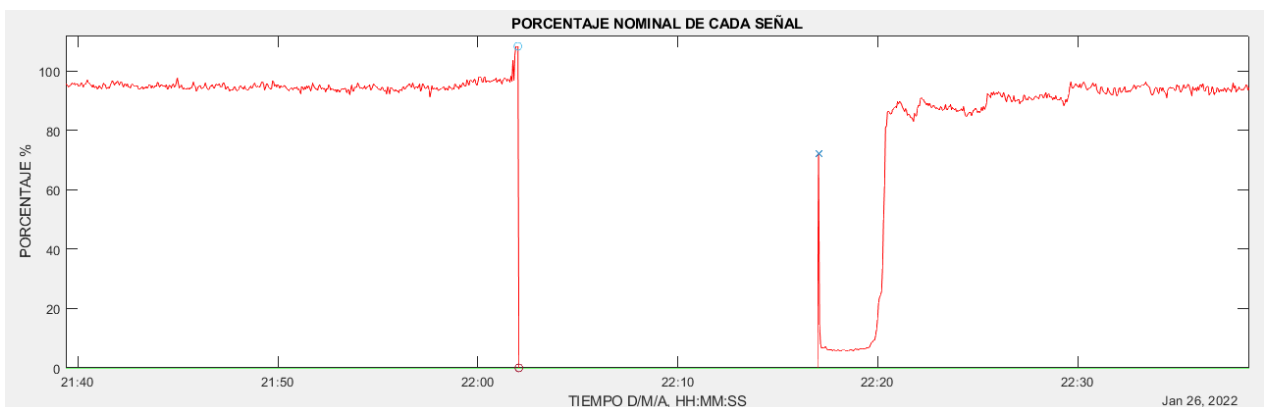
Los fallos que están en la lista son generalizados para los motores eléctricos, en el estudio elaborado al sistema de mantenimiento centrado en la confiabilidad para motores eléctricos de inducción, Mendoza Carvajal y Ruiz (2016) se puede distinguir como los motores de diversas potencias tienen fallos a raíz de la lista anterior, haciendo un análisis-comparación de los fallos con el caso actual se analiza las similitudes de estos fallos:

- Falta de tensión por conductor desconectado. Esto a partir del uso del motor con funcionamiento monofásico.
- Tensión de alimentación baja. Es un fallo externo al funcionamiento de los motores.
- Cortocircuito entre bobinas. Producto de esto es el calentamiento del bobinado del motor.
- Sobrecarga. En el caso de la planta cementera existe la necesidad de trabajar cerca de los límites de la potencia nominal cuando se trabaja para producir cemento tipo HE.
- Rodamientos dañados Se refiere al fallo en cojinete, se redacta en el sistema de mantenimiento centrado en la confiabilidad para motores eléctricos de inducción, Mendoza Carvajal y Ruiz (2016) como un daño que provoca ruido en su uso.

### 8.2.2. Modo de fallo para estimación de confiabilidad con el método montecarlo

Las características de los fallos de los motores tienen que parametrizarse respecto a las señales que se tienen almacenados en la base de datos. Para la estimación de la confiabilidad se ha decidido tomar un fallo característico del motor del molino vertical.

El fallo consiste en una elevación de la potencia con referencia a su valor nominal. Este fallo se lo toma muy en cuenta en el uso regular del motor del molino vertical, tiene una particularidad ya que al superar su valor nominal por un cierto tiempo el control de la planta apaga automáticamente el motor del molino vertical, deteniendo al instante la corriente que va al molino vertical y mostrando una potencia igual a cero en el control y enviando este dato a la BD. En el gráfico 11 se puede identificar la particularidad de esta señal.



**Figura 11:** Particularidad de la señal de fallo en la Interfaz gráfica de MATLAB

**Fuente:** Autor

Los datos recibidos que esta particularidad de fallo se muestra en la tabla:

**Tabla 4:** Esquema para registro de fallo

ID	FALLO	FECHA Y HORA INICIO	FECHA Y HORA FIN	OBSERVACIONES	FECHA Y HORA DE REGISTRO	T. operativo	T. fallo
55	PICOS FUERA DE NOMINAL	2022-01-24 22:41:31	2022-01-24 23:04:12	AUTOMÁTICO	2022-01-31 19:09:29	12:34:17	00:22:41
56	PICOS FUERA DE NOMINAL	2022-01-26 05:23:07	2022-01-26 05:30:16	AUTOMÁTICO	2022-01-31 19:09:42		00:07:09
57	PICOS FUERA DE NOMINAL	2022-01-26 06:05:14	2022-01-26 06:36:26	AUTOMÁTICO	2022-01-31 19:09:42	00:30:42	00:31:12
58	PICOS FUERA DE NOMINAL	2022-01-26 22:02:03	2022-01-26 22:17:02	AUTOMÁTICO	2022-01-31 19:09:52	15:23:07	00:14:59
59	PICOS FUERA DE NOMINAL	2022-01-27 12:23:52	2022-01-27 12:38:32	AUTOMÁTICO	2022-01-31 19:10:04	14:03:32	00:14:40
60	PICOS FUERA DE NOMINAL	2022-01-27 14:40:17	2022-01-27 14:49:00	AUTOMÁTICO	2022-01-31 19:10:05	01:59:21	00:08:43
61	PICOS FUERA DE NOMINAL	2022-01-27 16:31:32	2022-01-27 16:37:02	AUTOMÁTICO	2022-01-31 19:10:07	01:38:28	00:05:30

**Fuente:** Autor

### 8.2.3. Efectos de falla en los motores a analizar

Se propone analizar los efectos de falla de dos maneras, los efectos de manera instantánea y los efectos a largo plazo.

Los efectos de falla instantáneos a partir de las tendencias representadas en los equipos de ingeniería y producción llevan a detener de los motores afectados, esto bajo ciertas condiciones y solamente en las señales dispuestas por el fabricante, cuando el tiempo de sobrepaso de los valores censados excedan del umbral tanto de tiempo como de magnitud.

Los efectos de fallo a largo plazo, pueden ser analizados a partir de la magnitud, y cantidad de daños instantáneos a la vez que se vayan generando datos.

Cabe recalcar que en el presente estudio por la cantidad de registros y por el historial creado no es aun posible estimar un efecto de fallo cuantificable a partir del modo de fallo.

### 8.3. Adquisición y distribución de señales

Un sistema de adquisición y distribución de señales consta de equipos encargados de cada etapa del proceso, para la adquisición de la señal, el procesamiento de la señal y su representación.

La tabla 5 muestra de manera resumida la información con la que se encuentra monitorizado cada uno de los motores.

**Tabla 5:** Señales disponibles de cada motor de análisis.

	Señales disponibles	Cantidad	Unidades	Nombre de la señal
Motor de molino vertical	Potencia RMS trifásica (de accionamiento del molino)	1	kW	A56_MD1M1JZ1_R
	Sensores de temperatura de bobinado	6	°C	A56_MD1M1TZ1_R
				A56_MD1M1TZ2_R
				A56_MD1M1TZ3_R
				A56_MD1M1TZ4_R
				A56_MD1M1TZ5_R
				A56_MD1M1TZ6_R
Sensor de temperatura cojinetes (sin confirmar)	2	°C	A56_MD1M1TZ1_R	
			A56_MD1M1TZ1_R	
Sensor de vibracion	1	mm/s	A56_MD1M1_VT_R	
Motor de separador dinámico	Amperaje RMS	1	A	A56_SR1M1JZ1_R
	Velocidad de rotor	1	rpm	A56_SR1M1SC1_R
	Sensor de temperatura cojinete	3	°C	A56_SR1M1_TZ1_R
				A56_SR1M1_TZ2_R
				A56_SR1M1_TZ3_R
Porcentaje de potencia	1	%	A56_SR1M1_SP	
Motor de ventilador de tiro	Amperaje RMS	1	A	A56_FN2M1JZ1_R
	Velocidad de rotor	1	rpm	A56_FN2M1SC1_R
	Sensor de vibración	1	mm/s	A56_FN2M1_VT_R
	Sensor de temperatura	2	°C	A56_FN2M1TZ7_R
A56_FN2M1TZ6_R				

**Fuente:** Autor

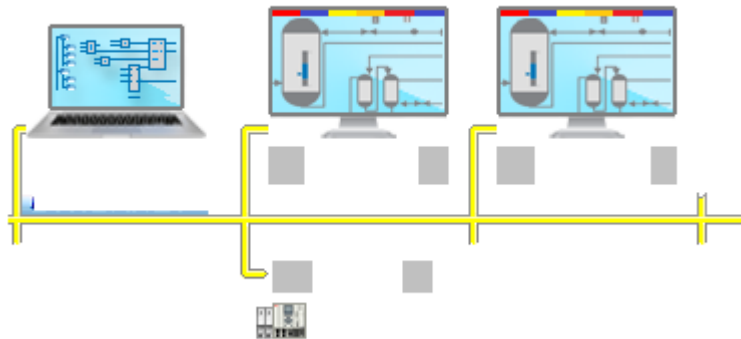
Las señales elegidas para el análisis de posibles efectos se encuentran en la sección de modo de fallo para estimación de confiabilidad con el método montecarlo.

### 8.3.1. Herramientas para manejo de datos disponibles en planta y su configuración

Las herramientas ofrece el sistema de control para adquisición de los datos corresponde a una puerta de enlace para un servido OPC propio del programa de control Freelance Control Builder F 2013 SP1 (FCB), en donde de manera adicional se instala un complemento para la generación de la puerta de enlace.

### 8.3.2. Generación de la puerta de enlace OPC

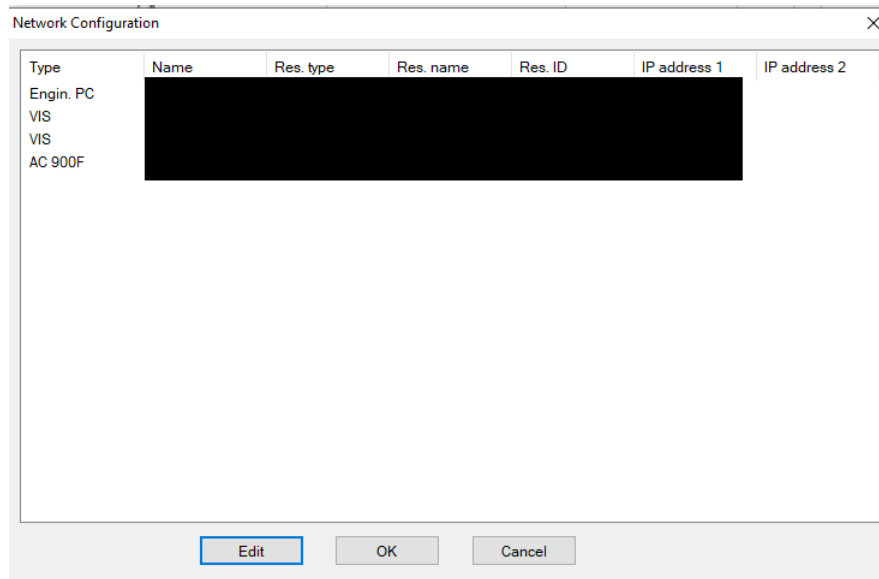
En la figura 12 se distingue la estructura de hardware para el control actual de la planta y es de aquí de donde se necesita ubicar la computadora de ingeniería, en el caso de la planta es el equipo OS en donde se realizara las modificaciones de la instalación de Freelance Control Builder(FCB).



**Figura 12:** Estructura del hardware para control actual.

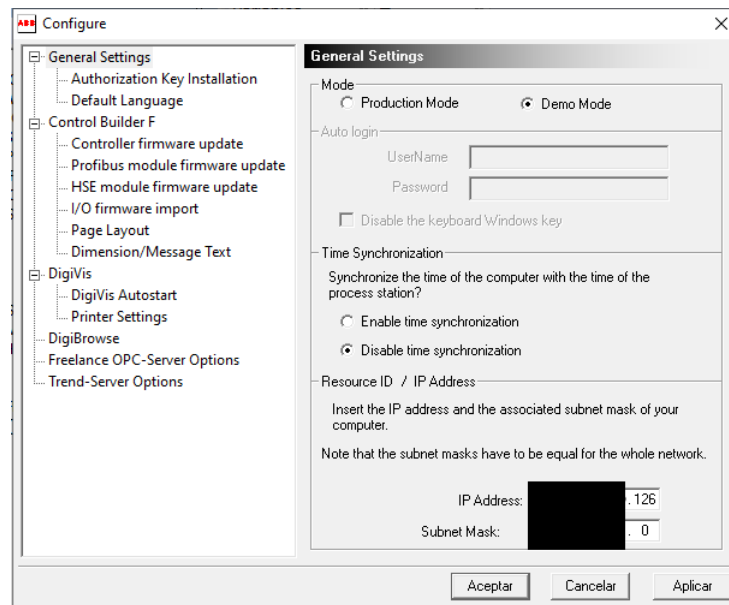
**Fuente:** Induatenas S.A.

Se puede identificar la dirección IP programada para el equipo de ingeniería OS, como se ve en la figura 14, con respecto a la que tiene el equipo en donde se esta realizando las modificaciones en el apartado de configuración en la figura 13.



**Figura 13:** Configuración general de FCB.

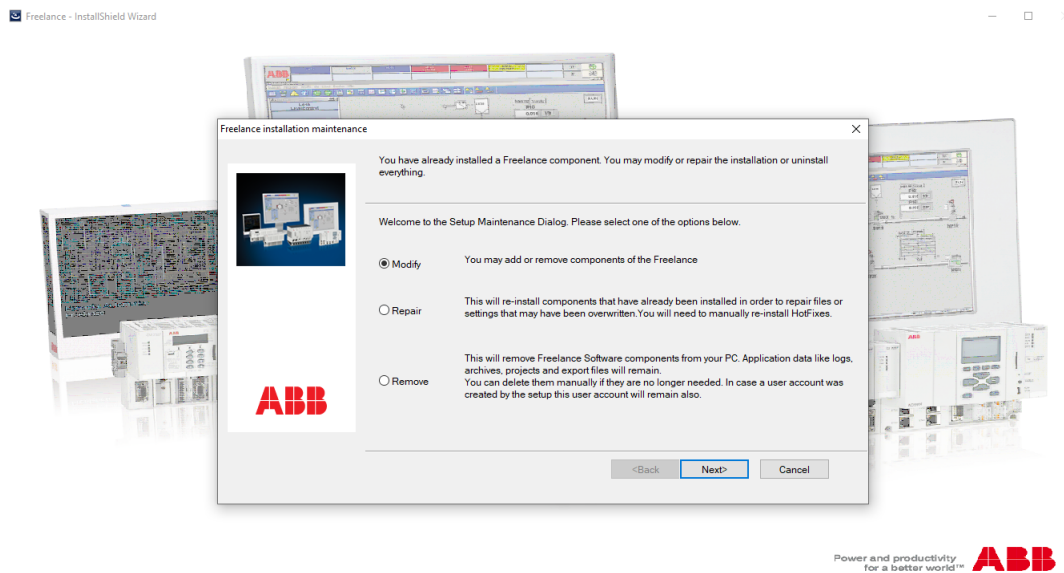
**Fuente:** Induatenas S.A.



**Figura 14:** Configuración Network de la planta.

**Fuente:** Induatenas S.A.

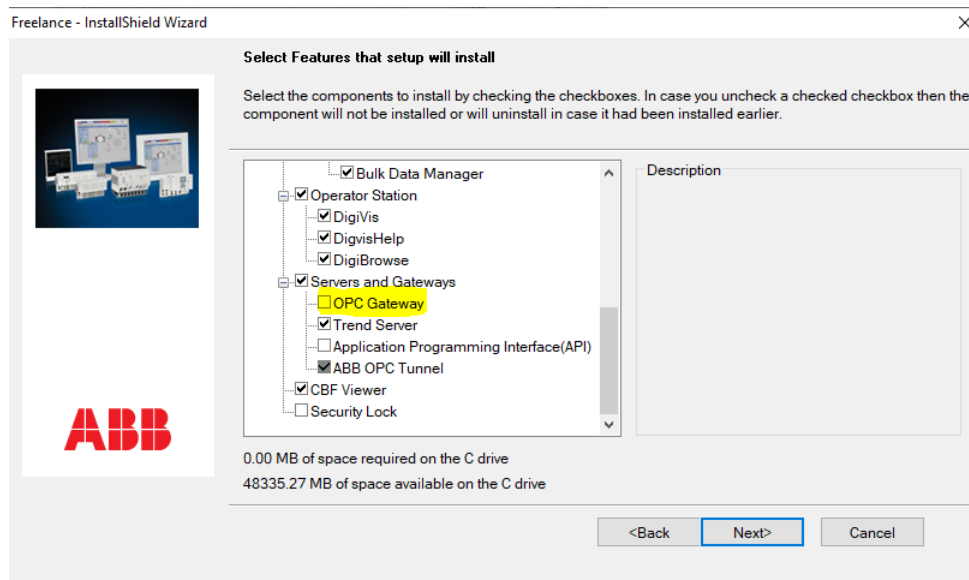
Una vez encontrada la maquina OS se procede a modificar la instalación del programa para poder generar un OPC Gateway



**Figura 15:** Modificación de la instalación de Freelance.

**Fuente:** Autor

Se selecciona la puerta de enlace OPC Gateway que se necesita, se muestra la selección del ítem en la figura 16 y se continúa con el proceso de modificación.



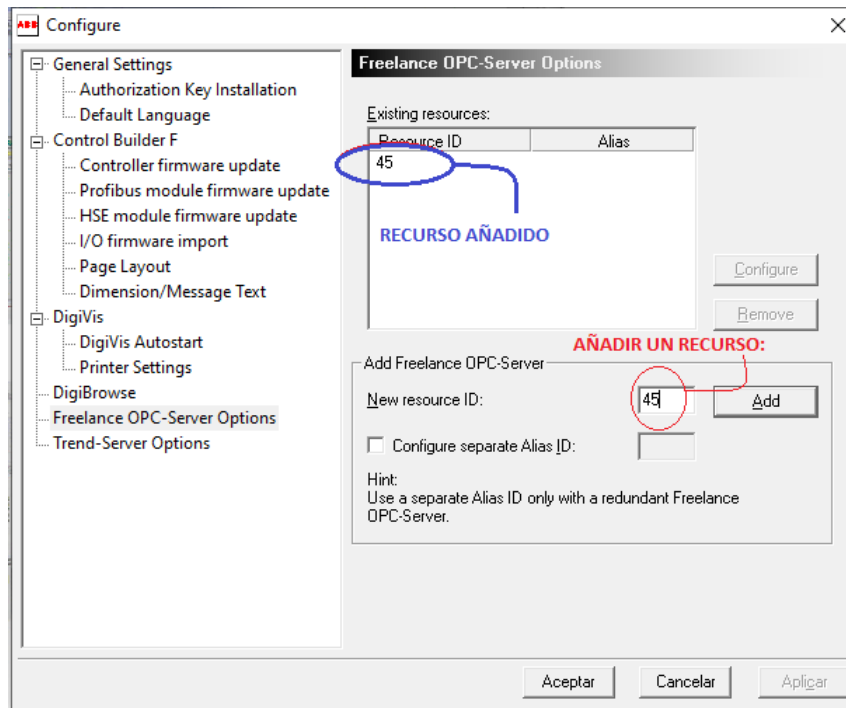
**Figura 16:** Modificación de la instalación de Freelance, OPC Gateway.

**Fuente:** Autor

Se añade un recurso ID para poder direccionar la puerta de enlace además del direcciona-



miento IP como se muestra en la figura 17 a continuación.

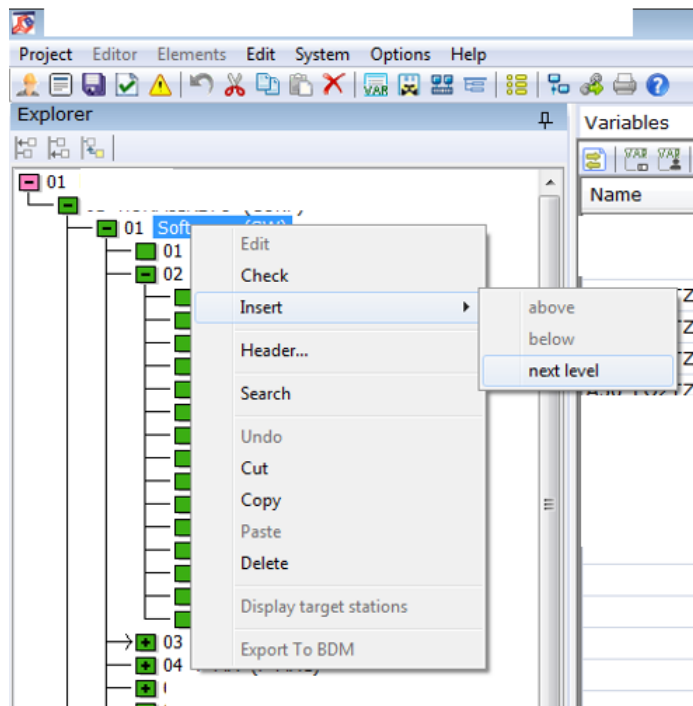


**Figura 17:** Modificación de la instalación de FCB, OPC Gateway.

**Fuente:** Autor

Y finalmente se reinicia el computador de ingeniería

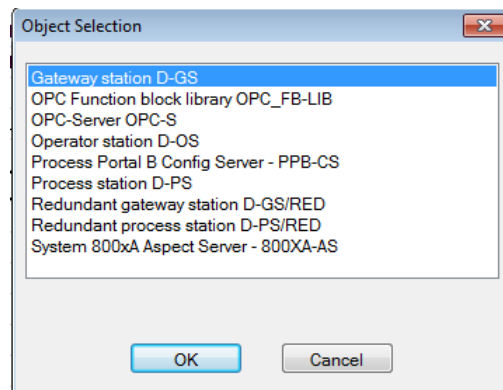
Para la generación de la puerta de enlace en el programa actual de control en FCB se debe insertar un nuevo nivel en el software (figura 18).



**Figura 18:** Modificación de la instalación de FCB, nuevo nivel.

**Fuente:** Autor

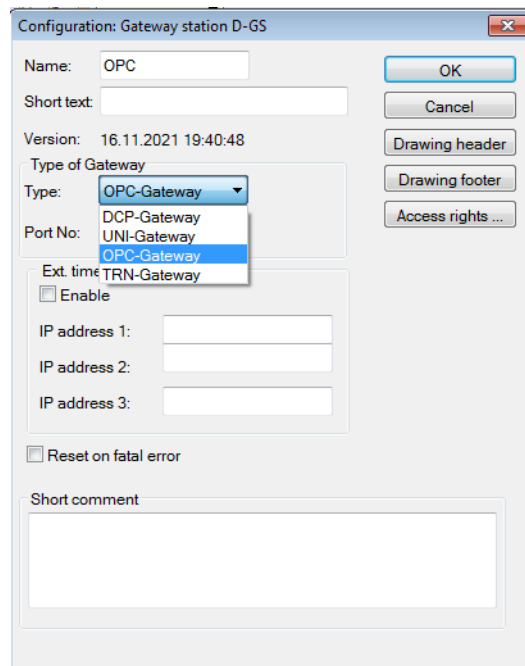
El nuevo nivel en software debe ser un Gateway station D-GS, acontinuacion la grafica 19



**Figura 19:** Generación de Gateway software para OPC en FCB, nuevo nivel.

**Fuente:** Autor

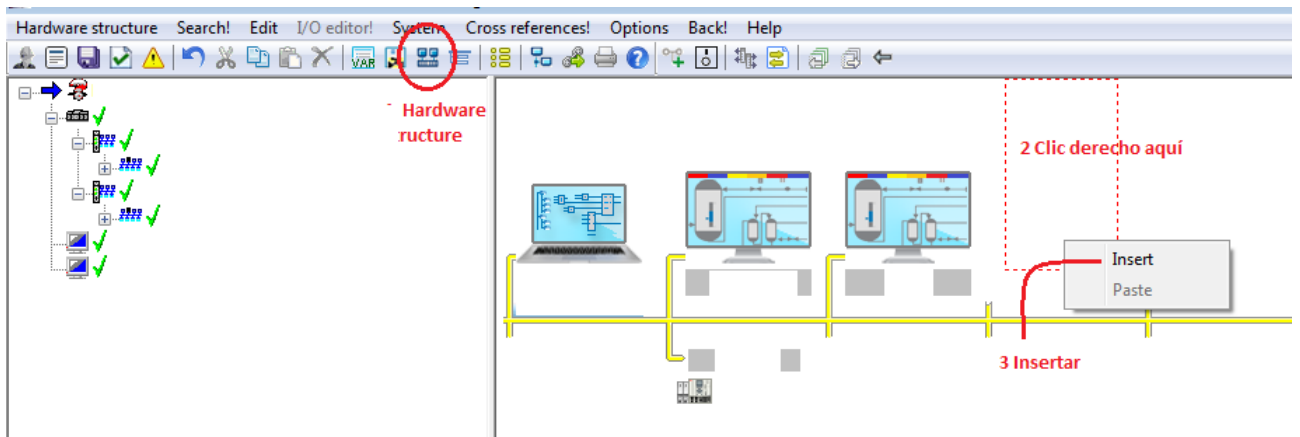
En la configuración que se solicita se debe ubicar el tipo de puerta de enlace que se requiere, en este caso OPC-Gateway. A continuación se muestra la configuración de este apartado en la figura 20



**Figura 20:** Generación de Gateway software para OPC en FCB, configuración de estación de entrada.

**Fuente:** Autor

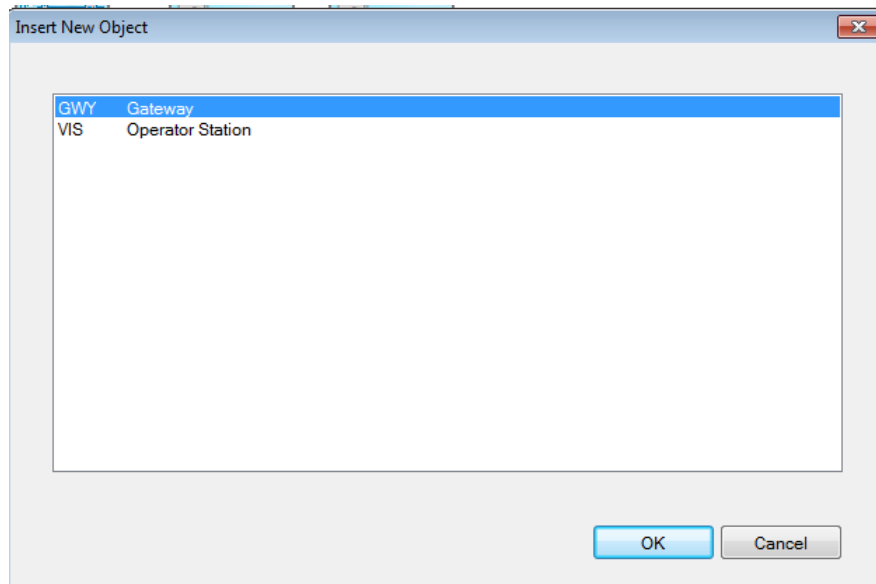
Una vez configurado el software se debe configurar el hardware. Para esto se ingresa en "Hardware structure" y se da click derecho donde indica la figura 21 para insertar una puerta de enlace.



**Figura 21:** Generación de Gateway en la estructura del hardware para OPC en FCB, insertar nodo en hardware.

**Fuente:** Autor

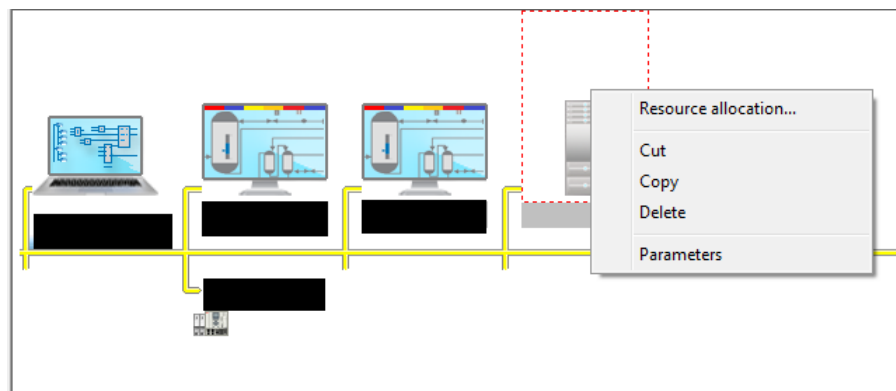
Se selecciona Gateway como en la imagen 22:



**Figura 22:** Generación de Gateway en la estructura del hardware para OPC en FCB, inserción de Gateway como nuevo objeto.

**Fuente:** Autor

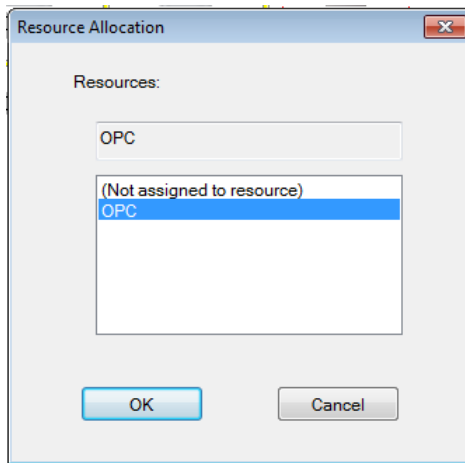
Continuando con el proceso se debe asignar el recurso desde el software para la estructura del hardware como se muestra en la figura 23:



**Figura 23:** Generación de Gateway en la estructura del hardware para OPC en FCB, asignación de recurso.

**Fuente:** Autor

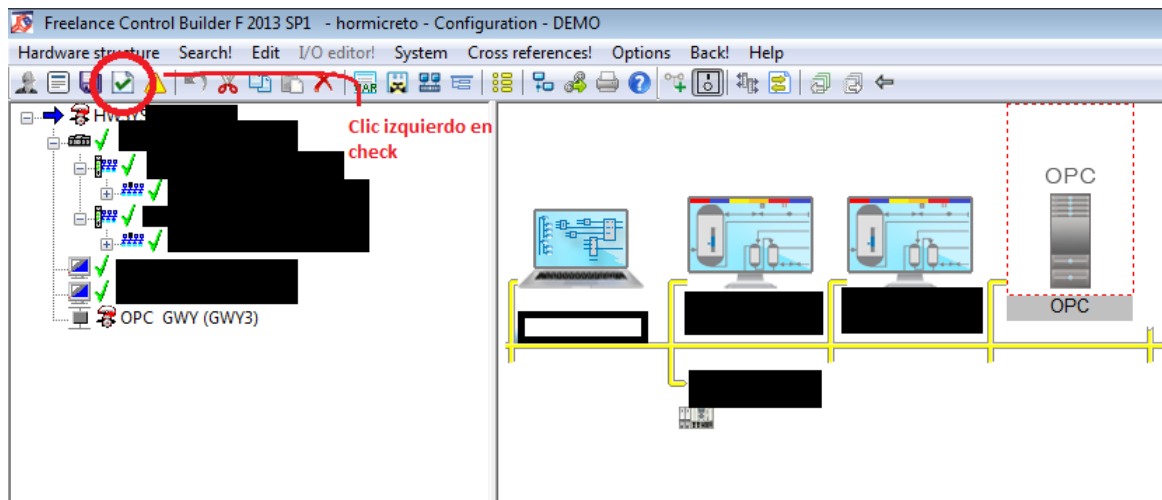
Se ubica el nombre del Gateway en el software antes creado:



**Figura 24:** Generación de Gateway en la estructura del hardware para OPC en FCB, asignación del Gateway software: OPC.

**Fuente:** Autor

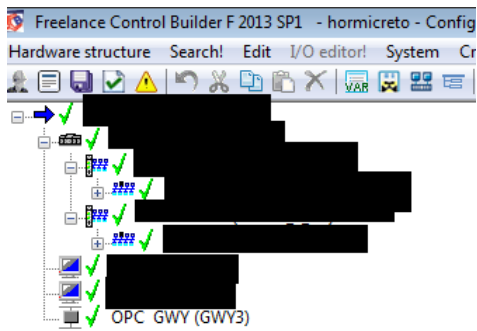
Finalmente se da un click izquierdo en la sección de check en FCB (figura 25) para comprobar que todo lo antes realizado este correcto (gráfico26).



**Figura 25:** Revisión de modificaciones en programación FCB.

**Fuente:** Autor

Como se puede ver en la figura26 toda la programación ha sido correctamente efectuada.

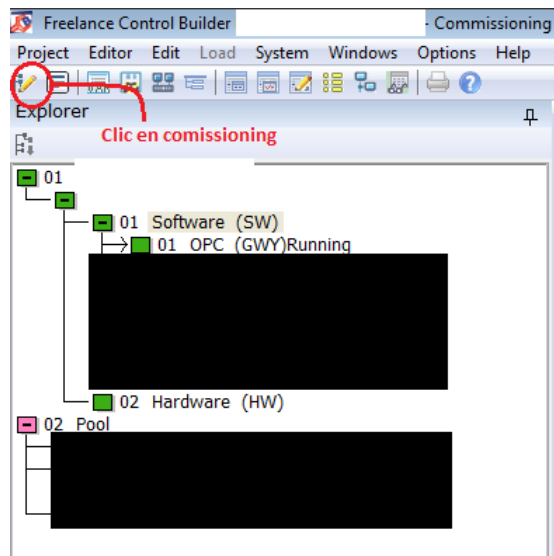


**Figura 26:** Revisión de modificaciones en programación FCB, sin errores.

**Fuente:** Autor

Ahora se debe ubicar la IP de la computadora a la cual se va a enviar los datos y además ubicar el ID correspondiente al configurado pasos atrás (45), en el caso de estudio se envía los datos a una computadora únicamente para el almacenamiento de estos datos y para la ejecución de la interfaz y la simulación de los programas realizados para la estimación de la confiabilidad de los motores de potencia superior a las 120kW.

Ahora se da click a la puerta en marcha para ver si el OPC se encuentra ejecutando, en la figura 27 se puede mirar que la puerta de enlace se encuentra trabajando.

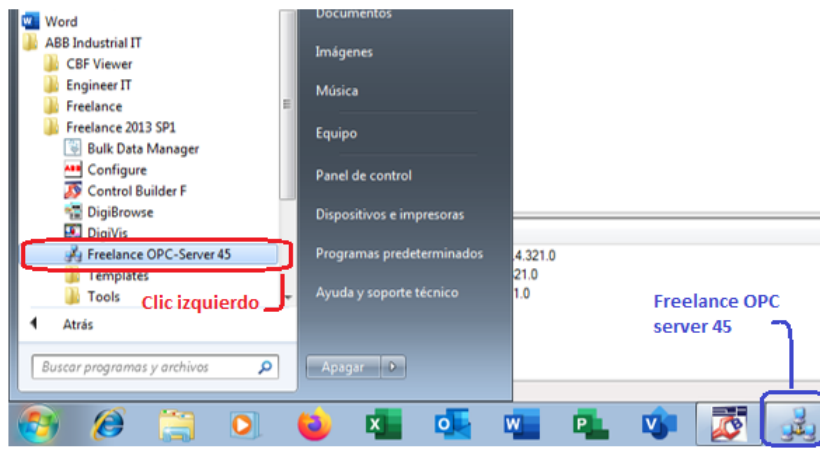


**Figura 27:** Revisión de modificaciones en programación FCB, Gateway OPC ejecutando.

**Fuente:** Autor

### 8.3.3. Creación de canal de conectividad OPC DA Client hacia el OPC-SERVER de FCB

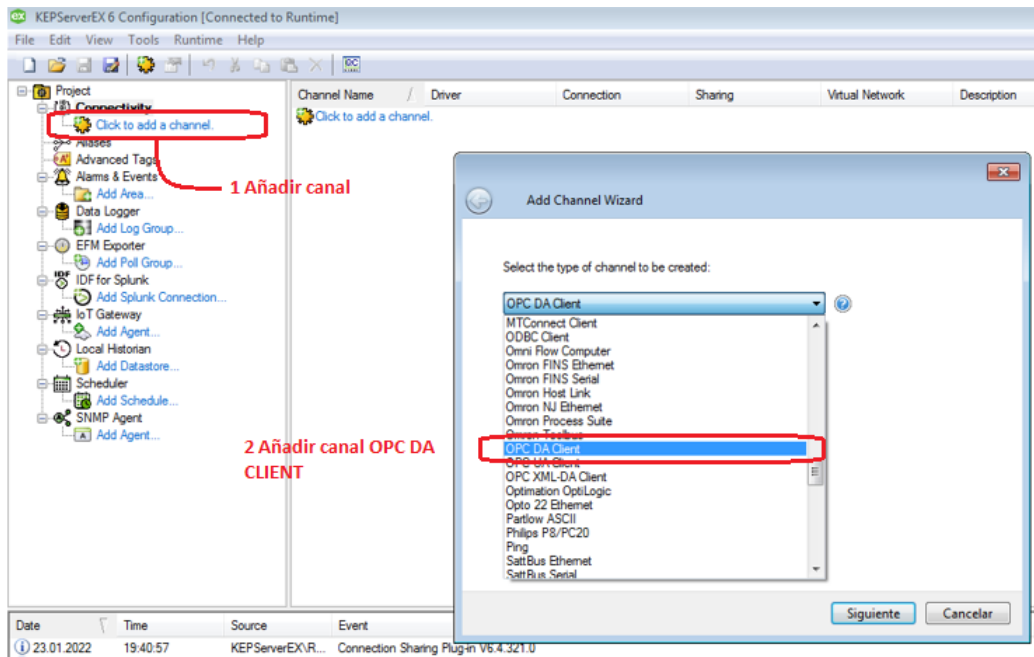
Para la creación del canal de comunicación con Freelance OPC Server se ha seleccionado el servidor de datos de Kepware, como se revisó en el capítulo anterior. Como primer paso se debe mantener ejecutado el Gateway OPC-Server de FBC para más seguridad, para esto se debe dar click en Inicio, ABB Industrial IT, Freelance 2013 SP1 y finalmente Freelance OPC-Server 45 como se muestra en la figura 28



**Figura 28:** Encendido de Freelance OPC-Server 45.

**Fuente:** Autor

Para la generación del canal se crea un nuevo proyecto, se elije la generación del canal y se elije la opción de OPC DA Client, la imagen 29 muestra el proceso.

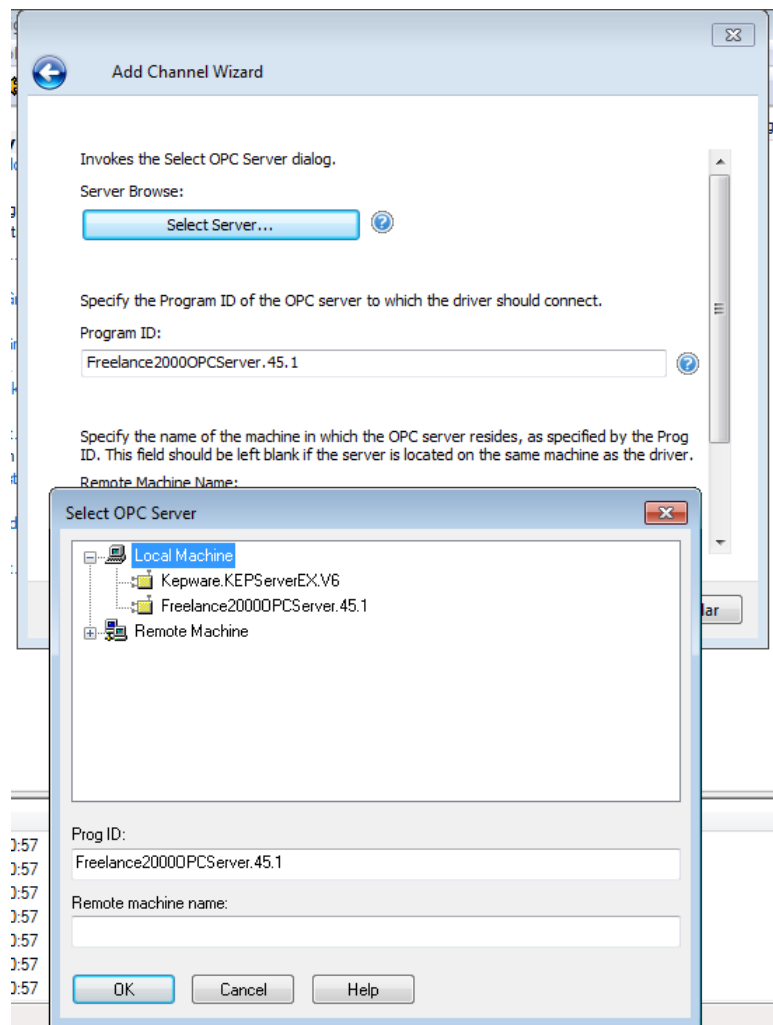


**Figura 29:** Generacion de canal OPC DA Client para FCB .

**Fuente:** Autor

En la generación del asistente del canal se selecciona la opción de Freelance 20000PCServer.45.1 que ya viene registrada automáticamente mientras esta encendido el canal (figura 30).

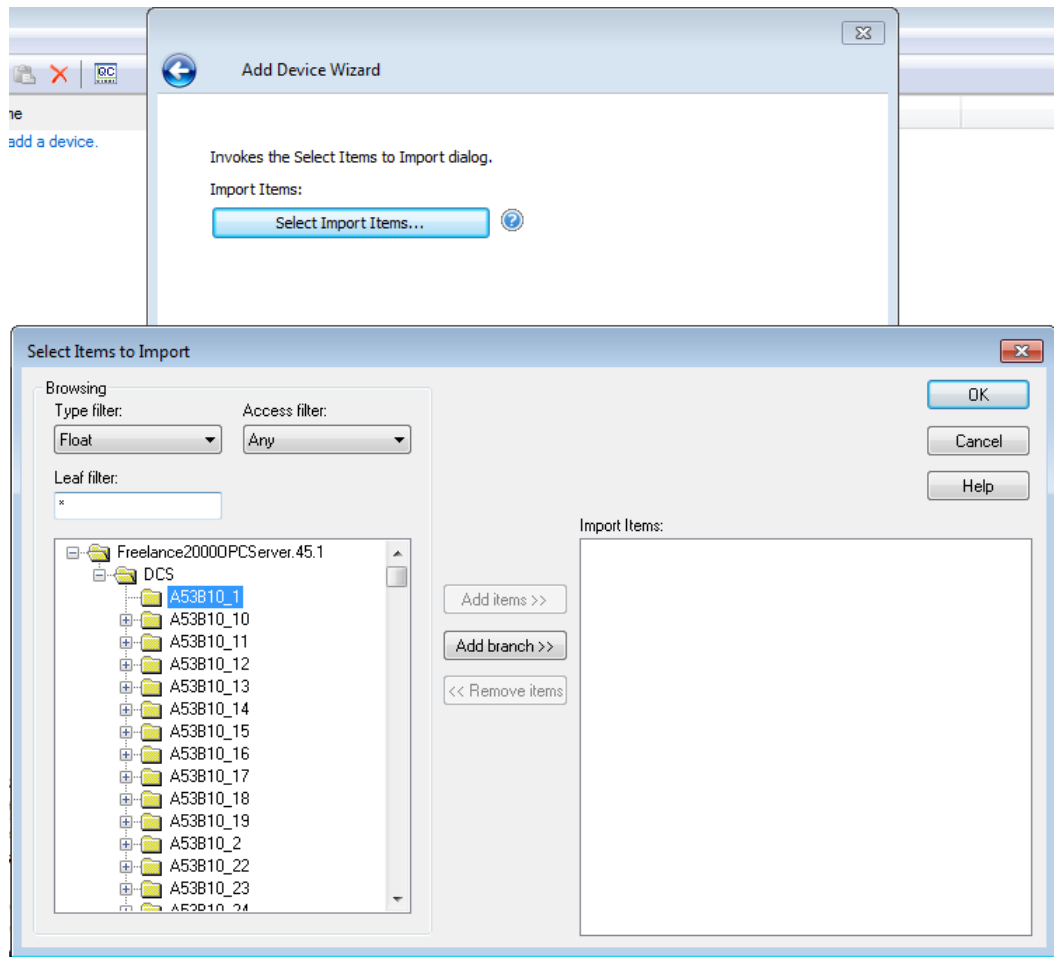




**Figura 30:** Generación de canal OPC DA Client para FCB. Selección de ID

**Fuente:** Autor

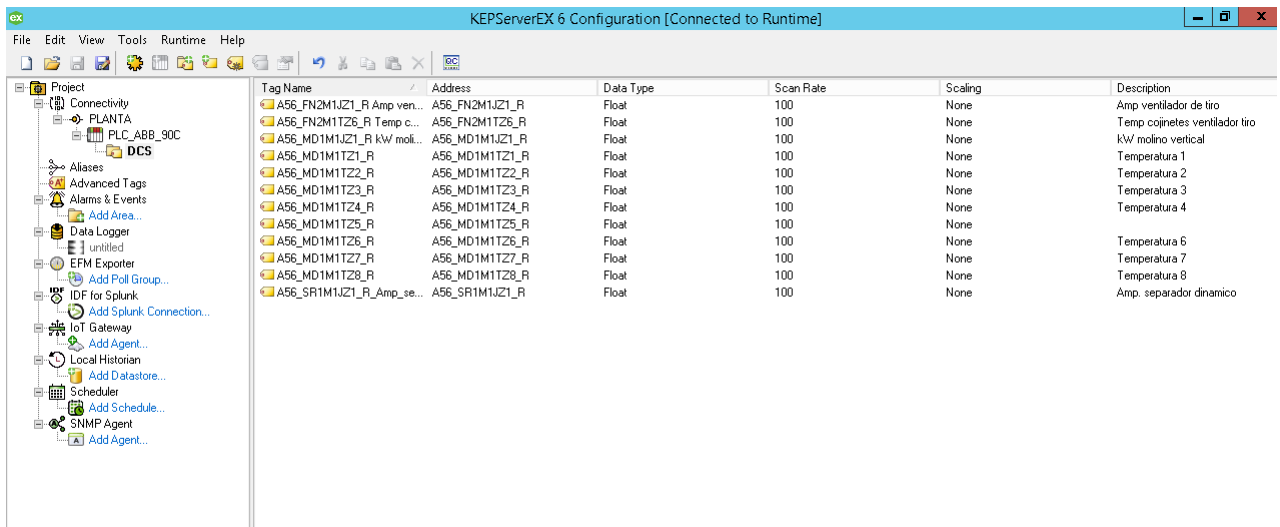
Una vez creado el canal se agrega el dispositivo que en este caso es el PLC de DCS. Las variables importadas son las seleccionadas en la sección de modos de falla particulares de los motores a analizar, las cuales son escogidas desde la herramienta de KEPserver QC, en donde se muestra todas las variables que usa el proceso de control de la planta cementera, tal como se muestra a continuación en la figura 31:



**Figura 31:** Generación de canal OPC DA Client para FCB. Selección de variables

**Fuente:** Autor

El nombre de las variables están dispuestas en la tabla 5, para facilitar la búsqueda de las mismas se elijen las variables de tipo float ya que ese es el formato de las variables con las que se va a trabajar. Declarando las variables como se representa a continuación en la figura 32:

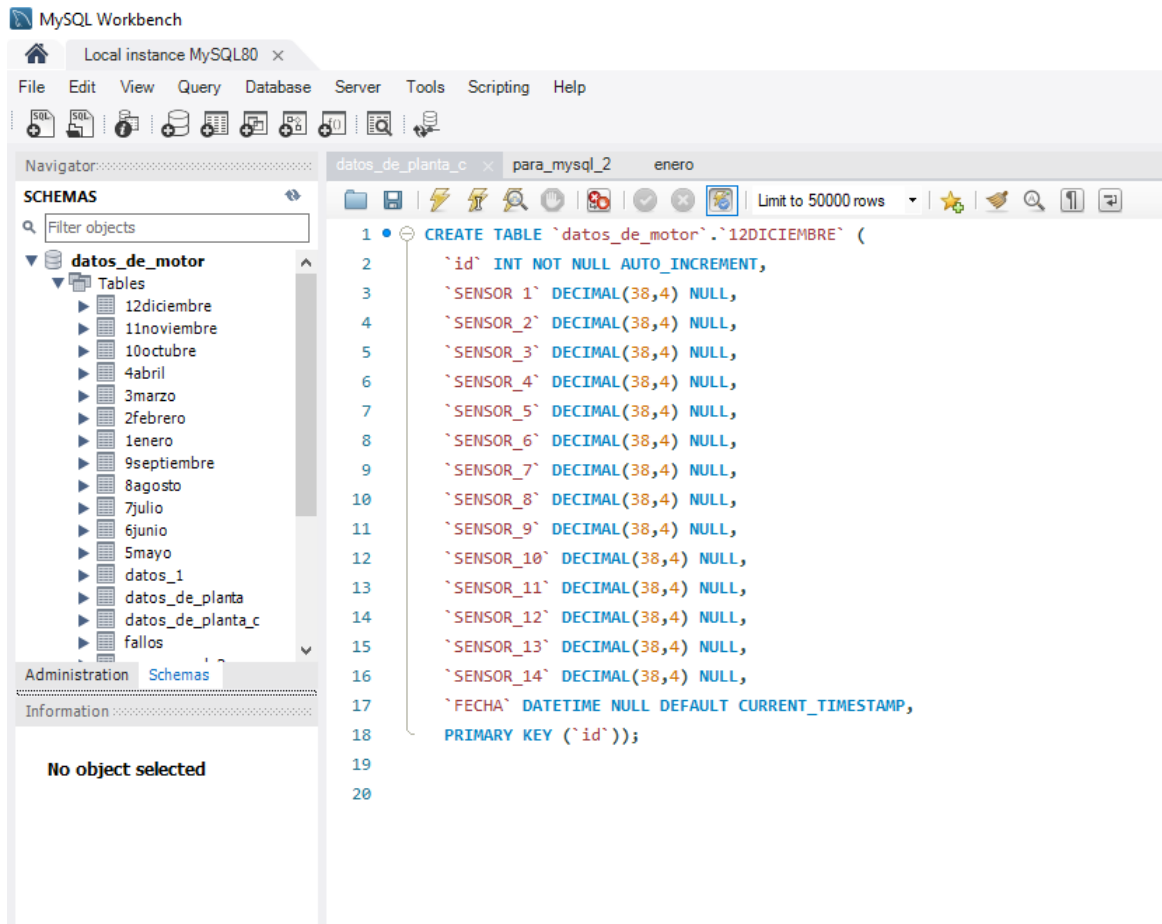


**Figura 32:** Generación de canal OPC DA Client para FCB. Selección de variables

**Fuente:** Autor

### 8.3.4. Generación de base de datos para almacenamiento

Se decidió utilizar la base de datos MySQL por las prestaciones y por el uso gratuito de esta base de datos, utilizado en la industria en general para el almacenamiento de las diversas señales. Para esto se utilizó la herramienta workbench de MySQL para no programar directamente en consola optimizando el tiempo de aplicación de esta base de datos se logra ver en el gráfico 33 a continuación la programación y la estructura de los datos para cada señal.



**Figura 33:** Código para generación de 12 tablas con fecha de recepción de datos y 14 columnas para datos de sensores

**Fuente:** Autor

Se propone utilizar un total de doce tablas para la organización al almacenar datos mensuales, también para el manejo con la interfaz gráfica. Es necesario crear una conexión adicional para mantenimiento de la base de datos, la cual también es programada dando acceso únicamente a la base de datos del motor, en resumen se cuenta con la siguiente tabla.

**Tabla 6:** Detalles de la base de datos.

	CANTIDAD:	NOMBRE:	CARACTERISTICAS
Base de datos:	1	Datos_de_motor	Creada para estimación de confiabilidad.
Conexiones:	2	localhost	Usuario: root, Conexión: Local
		pablo	Usuario: IP de computadora mantenimiento.
Tablas:	13	1enero	Columnas: 17; registro con fecha desde ODBC
		2febrero	Columnas: 17; registro con fecha desde ODBC
		3marzo	Columnas: 17; registro con fecha desde ODBC
		4abril	Columnas: 17; registro con fecha desde ODBC
		5mayo	Columnas: 17; registro con fecha desde ODBC
		6junio	Columnas: 17; registro con fecha desde ODBC
		7julio	Columnas: 17; registro con fecha desde ODBC
		8agosto	Columnas: 17; registro con fecha desde ODBC
		9septiembre	Columnas: 17; registro con fecha desde ODBC
		10octubre	Columnas: 17; registro con fecha desde ODBC
		11noviembre	Columnas: 17; registro con fecha desde ODBC
		12diciembre	Columnas: 17; registro con fecha desde ODBC
		fallos	Columnas: 9; registro con fecha desde interfaz gráfico.

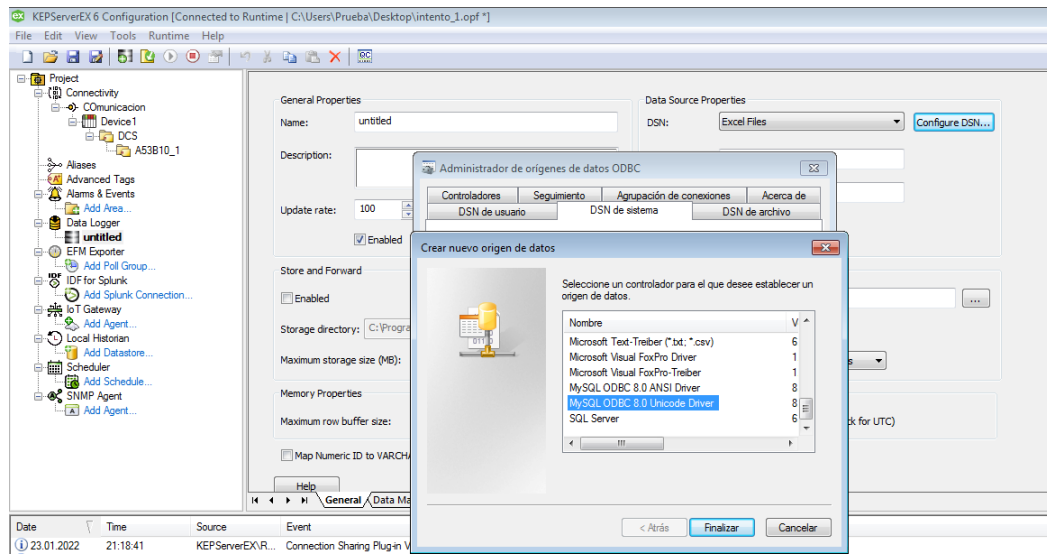
**Fuente:** Autor.

### 8.3.5. Comunicación entre base de datos MySQL y canal de OPC Server de KEPServer EX

MySQL tiene una herramienta para generar orígenes de datos ODBC tanto de 64 como de 32 bits llamada MySQL Server, este producto permite la creación de conectividad abierta de BD para utilizar una base de datos de manera externa y así mismo almacenar información en ésta de manera remota, como lo redacta Microsoft en su página support. Microsoft (2022).

La creación del origen ODBC para la base de datos para el mantenimiento fue realizado de la siguiente manera:

Una vez instalado MySQL Server, se ingresó al proyecto creado en KEPServerEX, generando un nuevo registrador de datos como se muestra en la figura 34.

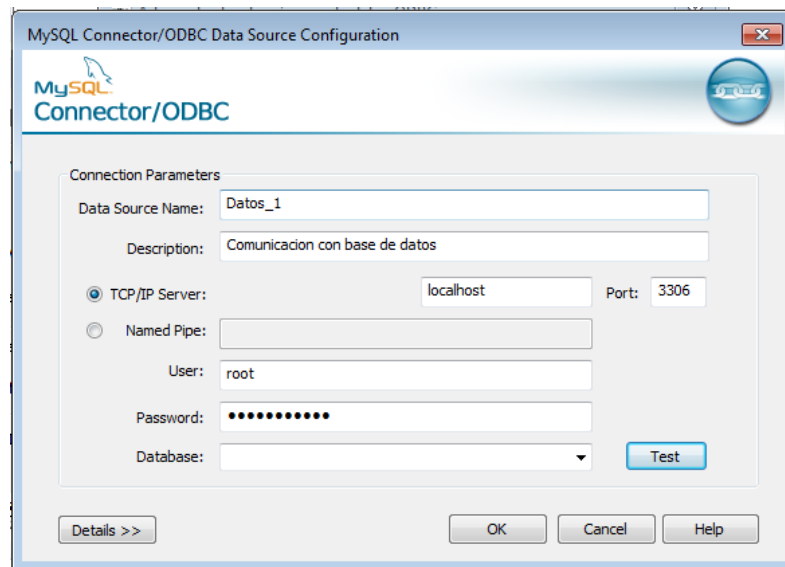


**Figura 34:** Creación de origen ODBC para MySQL.

**Fuente:** Autor

Al crear un nuevo Data Logger se insertó un nuevo DNS de sistema en donde se escoge la opción MySQL ODBC Unicode Driver, esto para enviar los datos hacia MySQL.

Se configuró el Conector/ODBC con respecto a la base de datos creada tal como se muestra en la figura 36.



**Figura 35:** Creacion de origen ODBC para MySQL. Parámetros de conector

**Fuente:** Autor

## **8.4. Simulación del método montecarlo y requerimientos para simulación**

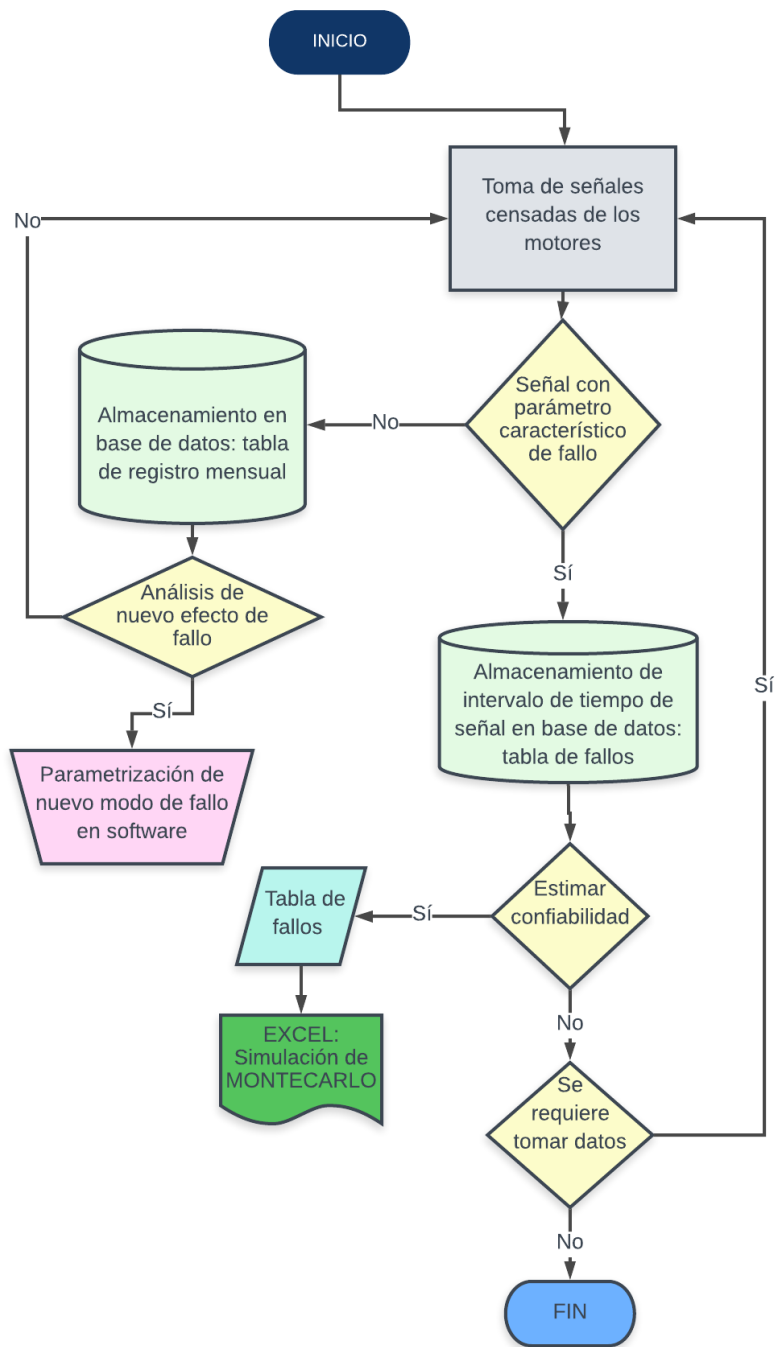
### **8.4.1. Modelo de la confiabilidad de motores con potencia superior a 120kW de la empresa Induatenas S.A.**

El modelo optado para estimar la confiabilidad de los motores según los intervalos de tiempo del análisis de fallo parte de la teoría vista en la sección de marco teórico es el modelo exponencial, ya que al ser un equipo eléctrico se toma en consideración las observaciones de la bibliografía al discurrir que el modelo exponencial crea fallos aleatorios, típicos de componentes eléctricos, para el caso de estudio, este modelo se tomará para la estimación de la confiabilidad, modelo representado en la ecuación 5.

### **8.4.2. Algoritmo para registro de fallos**

El planteamiento del algoritmo para el registro de fallos está definido a partir de: las señales disponibles y propuestas para el análisis, Las características del fallo específico y la parametrización de las señal de fallo; visto en la sección Modo de fallo para estimación de confiabilidad con el método montecarlo.

También se da uso de las DB. generados en MySQL para el almacenamiento, en cuanto a la comunicación se utiliza la generación del canal OPC DA server de FREELANCE y las variables escogidas en KEPServerEX 6.



**Figura 36:** Diagrama de flujo para algoritmo de registro de fallo

**Fuente:** Autor



### 8.4.3. Simulación con el método de montecarlo

Para la simulación del metodo de montecarlo se emplea la herramienta- complemento de Excel: Risk simulator 2017 Para preparar los datos para la simulación se extrae la tabla de fallos de la base de datos, como referencia los fallos de la tabla 4, (no se muestran todos los fallos que sucedieron en el tiempo de evaluación). A partir de la extracción de los datos se emplea:

Ecuación 7 para la estimación del MTBF dividiendo el tiempo de operación antes de fallo para uno que es la cuantía de paros en el intervalo de tiempo y todo eso multiplicado por 100.

Ecuación 6 para la estimación de landa a partir de la inversa de MTBF.

Ecuación 5 para la estimación de la confiabilidad en el intervalo de tiempo. Finalmente se hace una estimación de la disponibilidad en esos mismos intervalos de tiempo de la máquina aplicando su modelo matemático:

$$Disponibilidad = 100 * \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (15)$$

Donde  $MTTR$  es:

$$MTTR = 100 * \frac{tiempo\ de\ fallo}{cantidad\ de\ paros} \quad (16)$$

Con esto se obtiene los valores que están descritos parcialmente en la tabla 10

**Tabla 7:** Obtención de MTBF, LANDA, MTTR, confiabilidad y disponibilidad

TIEMPO OPERACION ANTES DE FALLO	TIEMPO DE FALLO	PERIODO	MTBF	LANDA	CONFIABILIDAD	MTTR	DISPONIBILIDAD
1:15:55	0:01:41	1:17:36	5,271990741	0,18968167	98,983033	0,12	97,83
6:55:19	0:08:55	7:04:14	28,84143519	0,03467234	98,98372972	0,62	97,90
1:50:53	0:10:46	2:01:39	7,700231481	0,12986623	98,90889713	0,75	91,15
10:31:19	0:08:31	10:39:50	43,84143519	0,02280947	98,99162818	0,59	98,67
0:35:13	0:18:35	0:53:48	2,445601852	0,4088973	98,48392417	1,29	65,46
1:00:57	0:06:52	1:07:49	4,232638889	0,23625923	98,89350652	0,48	89,87
3:46:02	0:05:09	3:51:11	15,69675926	0,06370742	98,9824284	0,36	97,77
3:06:46	0:08:31	3:15:17	12,96990741	0,07710155	98,95984683	0,59	95,64
0:36:09	0:16:05	0:52:14	2,510416667	0,39834025	98,56548318	1,12	69,21
3:15:32	0:17:22	3:32:54	13,5787037	0,07364473	98,91708925	1,21	91,84
7:21:00	0:20:26	7:41:26	30,625	0,03265306	98,95912094	1,42	95,57
0:55:24	0:10:34	1:05:58	3,847222222	0,2599278	98,81632713	0,73	83,98
13:18:34	0:07:56	13:26:30	55,45601852	0,01803231	98,99514825	0,55	99,02
0:49:09	0:09:56	0:59:05	3,413194444	0,29298067	98,80509398	0,69	83,19
5:00:17	0:15:45	5:16:02	20,85300926	0,04795471	98,95306842	1,09	95,02
0:00:21	0:15:24	0:15:45	0,024305556	41,1428571	63,76281516	1,07	2,22
1:36:34	0:17:16	1:53:50	6,706018519	0,14911978	98,82811503	1,20	84,83
5:53:59	0:25:41	6:19:40	24,58217593	0,04067988	98,93317616	1,78	93,24

**Fuente:** Autor.

A partir de los valores de MTTR y MTTF se obtiene la distribución normal con los componentes que permiten caracterizar este tipo de moldeamientos estadísticos, estableciendo la media y la desviación estándar, valores que están descritos en la tabla 8 y que se utilizarán para la generación de números aleatorios.

**Tabla 8:** Componentes de la distribución normal de MTBF

MEDIA	22,88
Desviación Estándar	23,49777
MAXIMA	83,993
MINIMA	0,006
INTERVALO	1,424

**Fuente:** Autor.

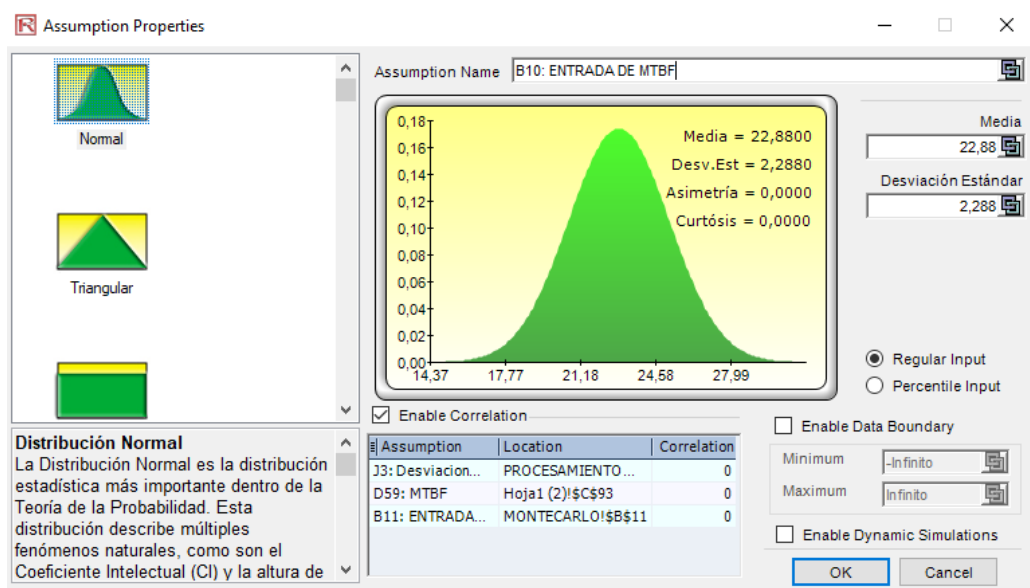
Así mismo para la distribución normal de MTTR en la tabla 9:

**Tabla 9:** Componentes de la distribución normal de MTTR

MEDIA	1,67
Desviacion Estándar	3,08720334
MAXIMA	17,677
MINIMA	0,107
INTERVALO	0,298

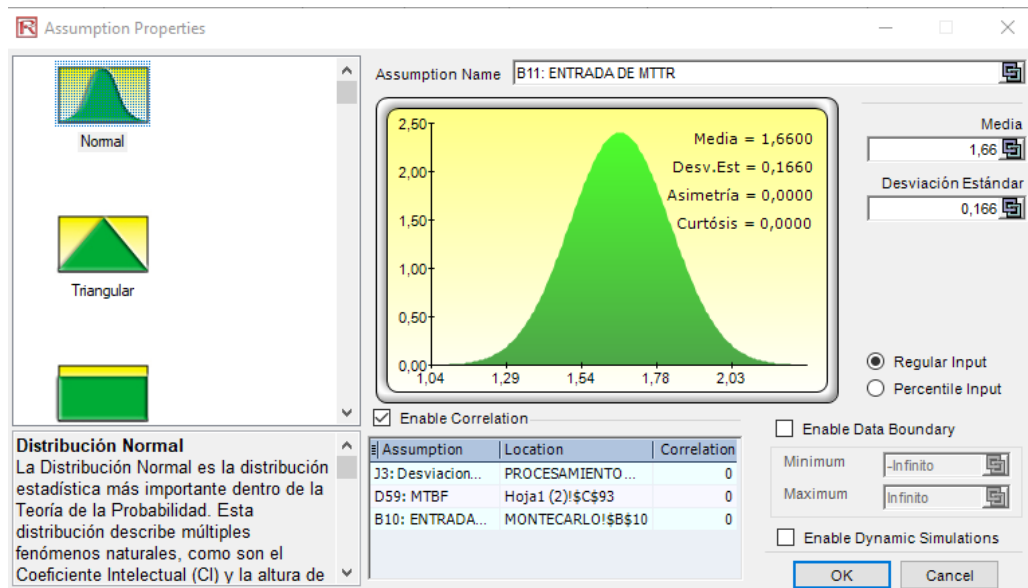
**Fuente:** Autor.

A partir de estos valores se plantea los supuestos de entrada para la simulación como ve en la figura 37 para la variable MTBF y en la figura 38 para MTTR.



**Figura 37:** Generación de supuesto de entrada para la variable MTBF

**Fuente:** Autor

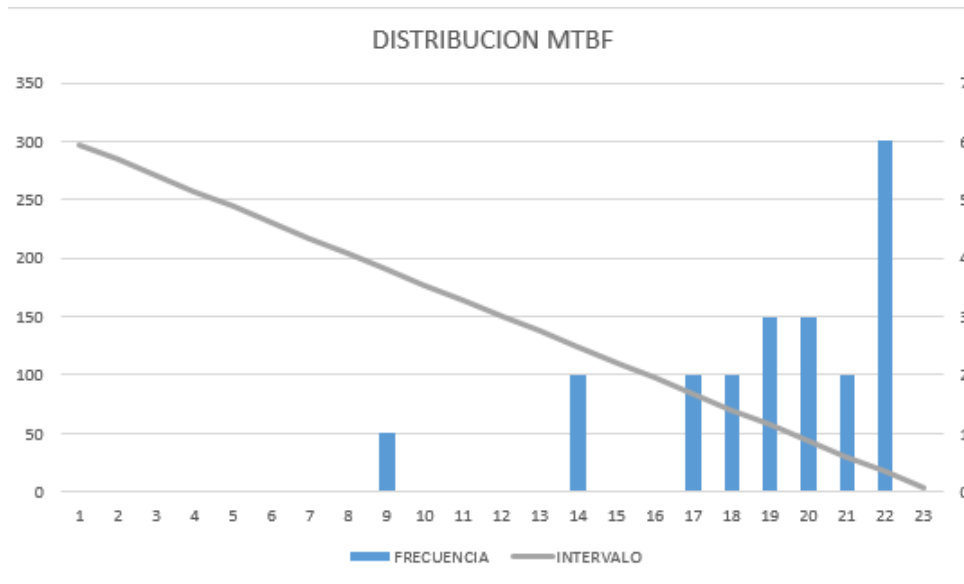


**Figura 38:** Generación de supuesto de entrada para la variable MTTR

**Fuente:** Autor

Se plantean como salida los indicadores de confiabilidad y de disponibilidad, al tener un modo de fallo registrado existe solamente una entrada, entonces se establece la cantidad máxima de secuencia de números aleatorios que el programa puede ofrecer que es de 999999 y la cantidad de pruebas que se establece es de  $N=1000$ .

Se resalta que por la cantidad de muestra reducida por el momento como se mira en la figura 40, se planea una selección de distribución beta desplazada para acercarse a los valores de la muestra actual.



**Figura 39:** Frecuencia de MTBF

**Fuente:** Autor

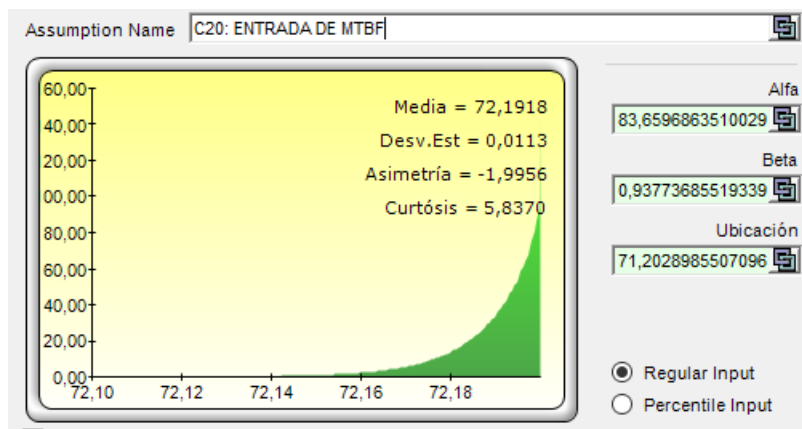
La herramienta Risk Simulator sugiere dar uso una distribución beta desplazada para representar la variabilidad sobre un rango específico, utilizada para describir datos empíricos y predecir el comportamiento aleatorio, a diferencia de la distribución solamente beta, permite proponer un alfa y un beta, estos valores se los obtienen a partir de la herramienta de análisis de datos de Microsoft Excel: análisis de datos, regresión, la tabla da como resultado los coeficientes como se muestra a continuación:

**Tabla 10:** Regresión lineal para obtención de parámetros alpha y beta.

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0,842398781
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,709635706
R <sup>2</sup> ajustado	0,695808835
Error típico	49,99783933
Observaciones	23

ANÁLISIS DE VARIANZA					
	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	128296,2661	128296,2661	51,32294203	4,60905E-07
Residuos	21	52495,46269	2499,783938		
Total	22	180791,7288			
	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95 %</i>
Alpha	83,65968635	13,98397111	5,982541418	6,14893E-06	54,57842643
Beta	0,937736855	0,13089565	7,164003212	4,60905E-07	0,66552445

Como se observa en la tabla anterior el parámetro p es muy bajo en este planteamiento de constantes para una beta desplazada, cabe resaltar que la muestra obtenida de los modos de fallo es tan solo de un mes, se espera disponer de más datos que ayuden a mejorar la probabilidad del planteamiento de esta variable aleatoria.



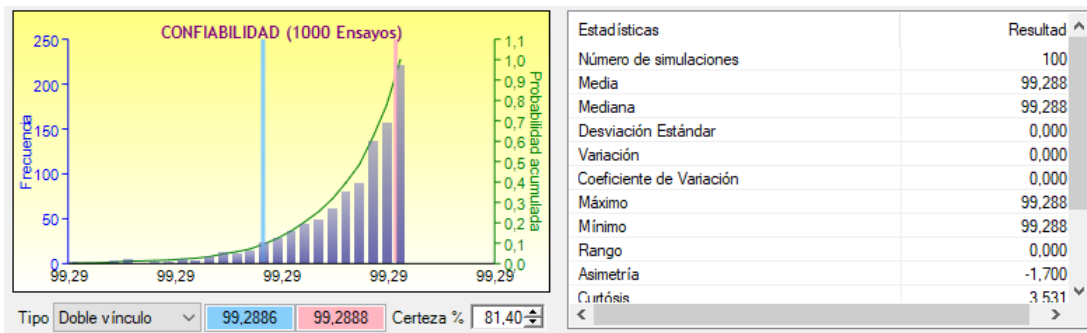
**Figura 40:** Supuesto de entrada distribución beta desplazada

**Fuente:** Autor

#### 8.4.4. Evaluación de confiabilidad del motor analizado a partir del fallo propuesto

Después de establecer las entradas aleatorias respecto a la naturaleza de las mismas se evalúa los resultados de la simulación en los diagramas dinámicos que se obtiene de la herramienta Risk Simulator.

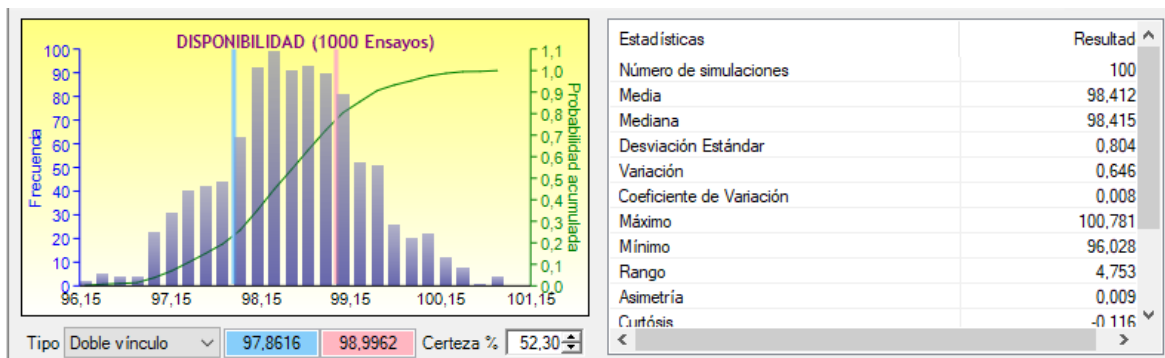
En la figura 41 se observa la convergencia de los datos con la cantidad de interacciones programadas, la confiabilidad tiene la misma cantidad de media y de mediana y la variación es nula. La simulación ha sido resuelta para un tiempo de 12:22:03 como entrada en el modelo exponencial de la confiabilidad del motor del molino vertical.



**Figura 41:** Pronostico de simulador de riesgo: CONFIABILIDAD

**Fuente:** Autor

Así mismo para la evaluación de la disponibilidad se ha dado uso de la simulación de montecarlo, a partir de esto se obtiene una probabilidad de disponibilidad que se muestra en el gráfico 42, con una media de 98.412 % y una mediana de 98.415 %.



**Figura 42:** Pronostico de simulador de riesgo: DISPONIBILIDAD

**Fuente:** Autor

La evaluación de la convergencia de la simulacion con la cantidad de interacciones da

como resultado una media muy cercana a la mediana, en donde se tiene valores de 93,162 y 93,193 respectivamente.

## **8.5. Interfaz gráfico**

En la realización de la interfaz gráfica para estimar la confiabilidad de los motores de potencia superior se siguen los principios de diseño propuestos en el documento de diseño de interfaz gráfica de usuario Albornoz (2014), en donde se trata de:

- La interfaz gráfica se programa con la idea de familiarizarse con el usuario, en este caso los operadores de producción y el técnico encargado del análisis de los datos para la estimación de la confiabilidad de los motores a analizar, tratando de simular al software con el que se trabaja normalmente en planta para los operadores y manejando un software que es de uso común para el departamento de mantenimiento de la empresa.
- La uniformidad de la interfaz esta muy marcado por dos estilos de programación los cuales van dirigidos a dos partes distintas para su operación, estilos que mas adelante se explicarán.
- Por la cantidad de complejidad del programa no se cuenta con un nivel de sorpresa identificable en su uso.
- La recuperación de datos es tal vez la parte con mas potencial de la interfaz al contar con una base de datos para su interacción y al trabajar en base de estos.
- La diversidad de usuarios a los que va dirigido la interfaz esta bien definida.
- La legibilidad del programa se encuentran similares a los programas que se utilizan en planta.

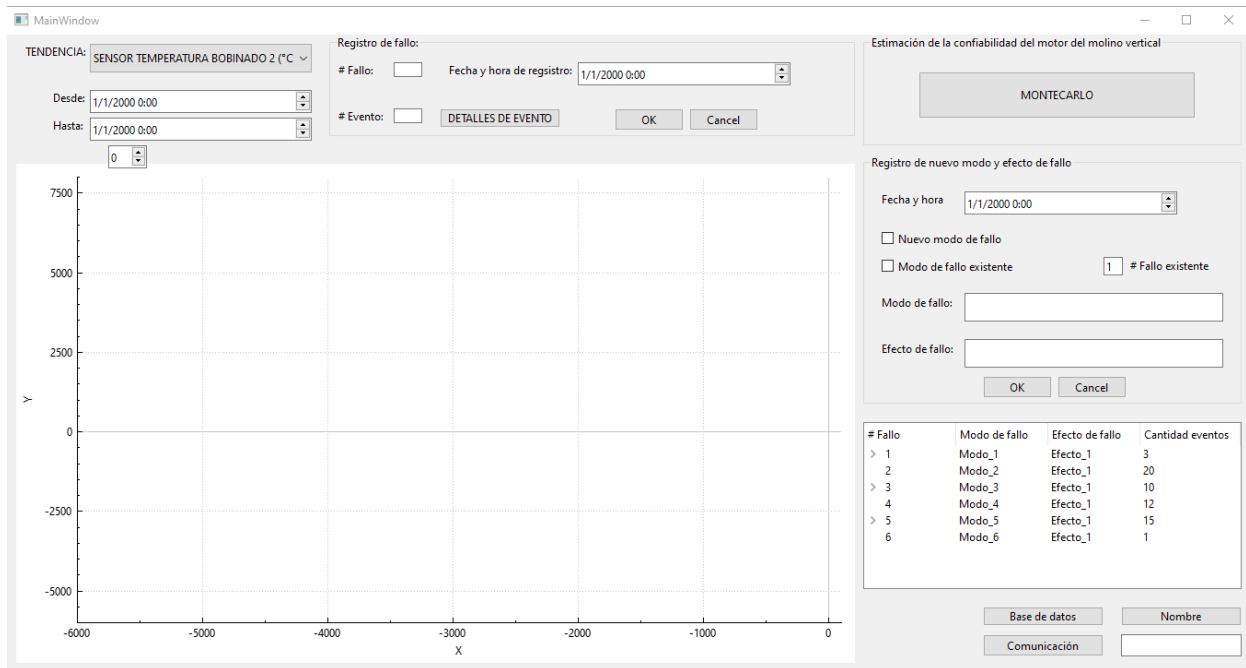
Se da realce a los ítems del artículo de diseño de interfaz gráfica del usuario Albornoz (2014), que más importancia toma a la planta en comparación con las interfaces que se manejan actualmente.

### **8.5.1. Propuesta para la programación de la guía de usuario**

Para el desarrollo de la sección se dividió la generación de interfaz en dos partes, la primera enfocada a la recolección y gráfico de datos temporales y el enlazamiento con la BD para posteriormente el análisis de los datos; la programación de esta parte se propuso entre el



software Qt Creator el cual es un entorno de diseño y desarrollo de interfaces de usuario, la programación realizada es en C y la licencia es gratuita en la actualidad como se informa en su pagina oficial The Qt Company (2022). Se estuvo desarrollando la programación de la interfaz para la visualización de las señales y se dio una primera propuesta para el diseño como se muestra a continuación en la figura 43.



**Figura 43:** Primer desarrollo de interfaz en Qt Creator

**Fuente:** Autor

Este diseño abarca:

- Registros de fallo manual, el operador es el encargado de ubicar el periodo a partir del tiempo que él sabe que ocurrió el fallo para posterior evaluación y el respectivo nombre del fallo.
- Gráfica individual de la señal a la cual se desea hacer el análisis automático o manual para identificar los errores a partir del registro.
- Botón de direccionamiento al interfaz de simulación de Montecarlo.
- Registro de nuevo modo y efecto de fallo para clasificar los fallos y así registrar la base de datos y aumentar la cantidad de ítems.

- Tendencia, donde se encuentra el nombre de las variables que se quieren dibujar.
- Ubicación del período de tiempo que se quiere graficar.

El uso de este software al ser de uso libre, tiene librerías que ayudan a la programación, el tiempo asignado para la realización de esta interfaz en este programa es un factor importante en el desarrollo de esta tesis, por ser un lenguaje nuevo y las prestaciones del programa en comparación de otros entornos tal como Matlab, Laview u otros utilizados con licencia no se compara con el nivel de complejidad para la inserción de un gráfico sin una cantidad de datos específicos por ejemplo.

Finalmente, se decidió realizar en la plataforma de programación y cálculo numérico Matlab con la ayuda de la herramienta Guide la cual proporciona herramientas que facilitan la generación de interfaces de usuario como lo informa MathWorks en su pagina Web MathWorks (2022).La interfaz es alimentada y de igual manera alimenta la base de datos MySQL.

La segunda parte consta de la programación del método de Montecarlo, este interfaz es alimentado desde la base de datos de MySQL, después de pasar por el procesamiento de datos en la primera interfaz; esta parte está desarrollada directamente en Excel de Microsoft, esto por la interactividad que la empresa tiene con el software al contar con licencia para el manejo de Microsoft 365 y por modificaciones sencillas que se requiera realizar al programa al momento del análisis de la confiabilidad a través de Montecarlo, la herramienta adicional con la que se trabaja en Excel se llama Risk Simulator, esta herramienta es en realidad un complemento de Excel que tienen características que ayudan a la interacción con la simulación de Montecarlo, así lo redacta software-shop Software Shop (2022) una de las paginas que distribuye este software.

### **8.5.2. Desarrollo de la programación para la guía de usuario**

El desarrollo de la primera parte de la programación incluye las características propuestas del primer diseño esto después de una retroalimentación con el Sr. Jenner Narváez, el cual resalta las necesidades a partir del primer diseño las cuales son:

- Mayor cantidad de gráficos para cotejar fallos con respecto a otras señales.
- Mas facilidad para el usuario al momento del registro de un nuevo modo y efecto de fallo.
- Gráficos que sean relacionales a partir de su valor nominal.

Entonces a partir de las retroalimentaciones recibidas se realizó la siguiente propuesta, representada en el gráfico 44:



**Figura 44:** Interfaz gráfico realizado en Matlab

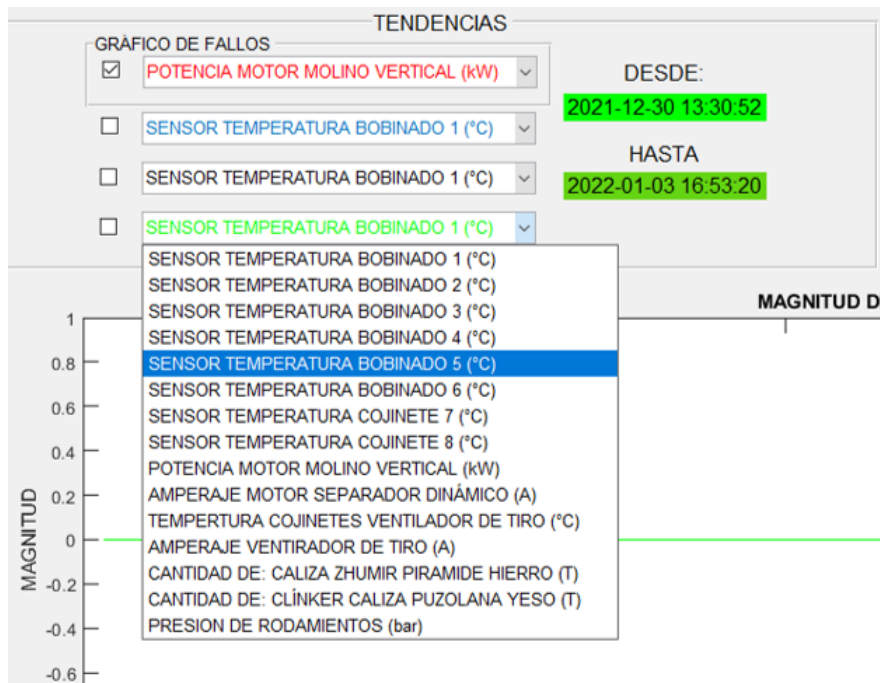
**Fuente:** Autor

Para este diseño se tomó en cuenta las siguientes partes:

- **TENDENCIAS**

Este espacio de la interfaz está ubicada en la parte superior izquierda para empezar el análisis del programa en donde se muestra la capacidad de dibujar hasta cuatro gráficos a la vez, el usuario puede interactuar para trabajar con las señales escogidas para el análisis.

También se visualizan las fechas de los registros de los respaldos de la base de datos mientras no se trabaje en tiempo real.



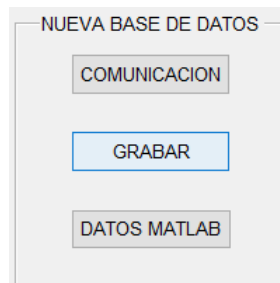
**Figura 45:** Interfaz gráfico realizado en Matlab, TENDENCIAS.

**Fuente:** Autor

- **NUEVA BASE DE DATOS**

Este espacio es utilizado para realizar la comunicación entre la base de datos, momento en el cual dibuja de manera automática la señal, de no ser así, no existe comunicación con la base de datos de la planta.

También tiene un botón para realizar un respaldo de la base de datos de la fecha dibujada actual, esto solo para uso del propio interfaz.

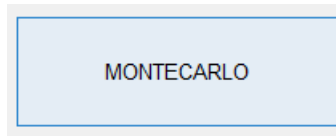


**Figura 46:** Interfaz gráfico realizado en Matlab, NUEVA BASE DE DATOS.

**Fuente:** Autor

- Botón MONTECARLO

Este botón abre la ventana de la segunda parte de la interfaz en donde se realiza la simulación montecarlo en excel.

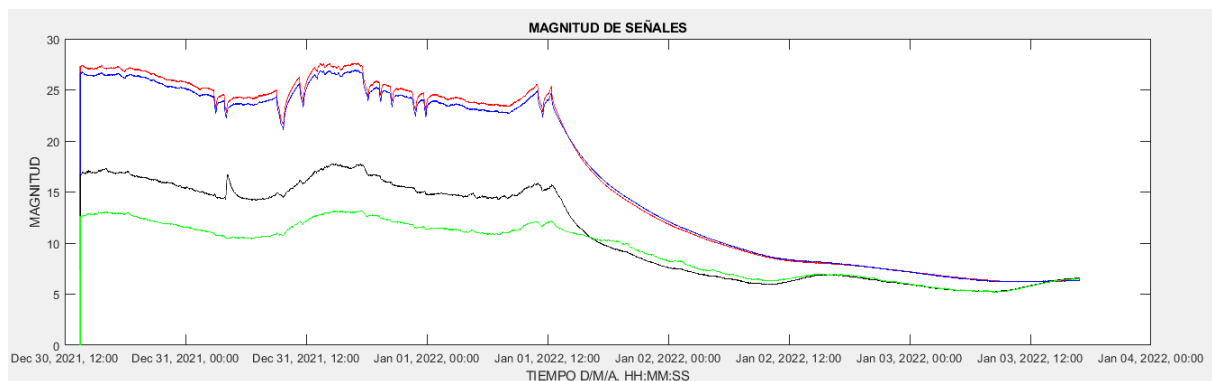


**Figura 47:** Interfaz gráfico realizado en Matlab, botón MONTECARLO.

**Fuente:** Autor

- GRÁFICOS

En la evaluación del anterior interfaz se destacó la necesidad de mas gráficos que permitan la relación de la señal a evaluar los modos y efectos de fallo, entonces se realizó un gráfico con cuatro tendencias para su análisis.

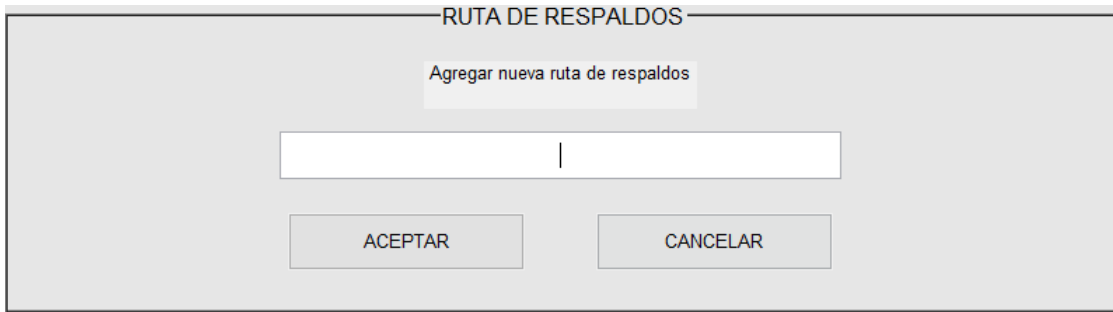


**Figura 48:** Interfaz gráfico realizado en Matlab, espacio de gráfico.

**Fuente:** Autor

- MENÚ: CARPETAS DE RESPALDO

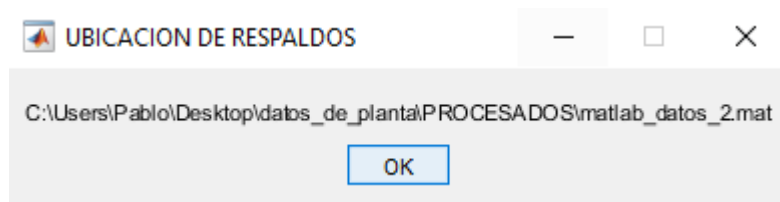
Este espacio permite insertar el direccionamiento para la ubicación del almacenamiento de los respaldos para los análisis de la señal como se ve en la figura 49.



**Figura 49:** Interfaz gráfico realizado en Matlab, MENÚ:CARPETAS DE RESPALDO: Nueva ubicación de respaldos.

**Fuente:** Autor

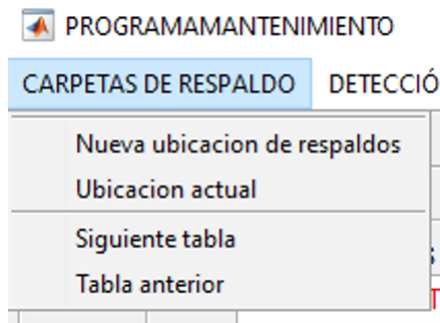
Adicionalmente se sitúa un botón para saber la ubicación actual de los respaldos (Figura 50):



**Figura 50:** Interfaz gráfico realizado en Matlab, MENÚ:CARPETAS DE RESPALDO: Ubicación de respaldos.

**Fuente:** Autor

Esta parte de la interfaz también permite navegar entre respaldos con los botones de tabla siguiente y tabla anterior como se muestra en la imagen51:

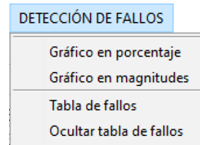


**Figura 51:** Interfaz gráfico realizado en Matlab, MENÚ:CARPETAS DE RESPALDO.

**Fuente:** Autor

## ■ DETECCIÓN DE FALLOS

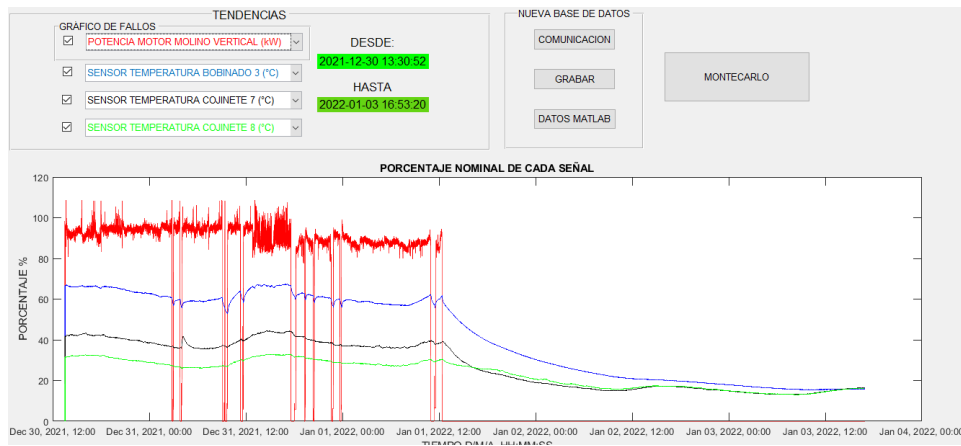
Esta sección del menú esta encargada de evaluar de manera automática, los valores de la potencia que sobrepasan sus valores nominales según la hoja de datos vista en la sección de Modos de falla particulares de los motores a analizar.



**Figura 52:** Interfaz gráfico realizado en Matlab, MENÚ: DETECCIÓN DE FALLOS.

**Fuente:** Autor

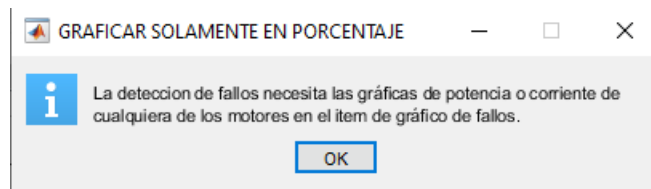
Permite variar la escala del gráfico referente a su magnitud con el porcentaje del valor nominal que está descrito en la hoja de datos, como se muestra en el gráfico 53.



**Figura 53:** Interfaz gráfico realizado en Matlab, MENÚ: DETECCIÓN DE FALLOS.

**Fuente:** Autor

La tabla de fallos tiene requerimientos escritos en el cuadro de aviso de la figura 54



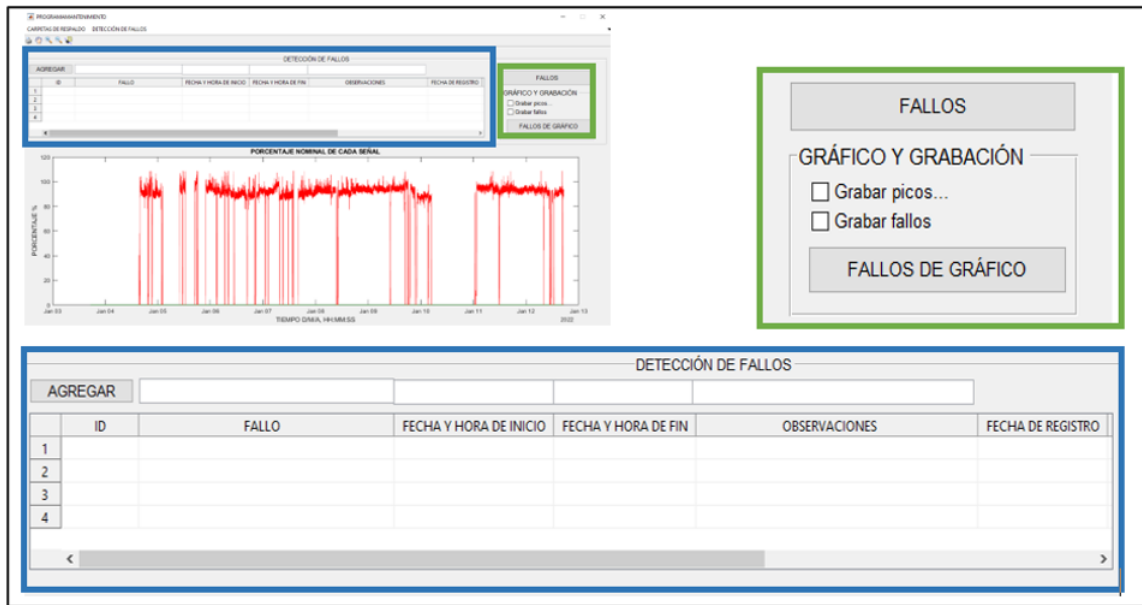
**Figura 54:** Interfaz gráfico realizado en Matlab, aviso para ingreso a tabla de fallos.

**Fuente:** Autor

■ **DETECCIÓN DE FALLOS**

Dentro de la detección de fallos se establece dos partes importantes que es la muestra de la tabla de fallo la cual se encarga de mostrar los fallos de la base de datos, el botón agregar que es el encargado de enviar un fallo de manera manual a la base de datos ubicando el nombre de fallo, la hora de inicio y la hora de fin del fallo, también existe un campo para agregar observaciones del fallo.

En la detección de fallos, como se ve en la sección verde de la imagen 55, está el botón para visibilizar los fallos adquiridos en la base de datos, la subsección de GRÁFICO Y GRABACIÓN permite grabar los picos para un futuro estudio de los efectos de los picos de las nominales en la potencia del motor y en el mismo recuadro la grabación de fallos, la cual asigna los intervalos de tiempo respecto al fallo evaluado en la sección de modo de falla para simulación confiabilidad con el método montecarlo que se muestran en la tabla 4.

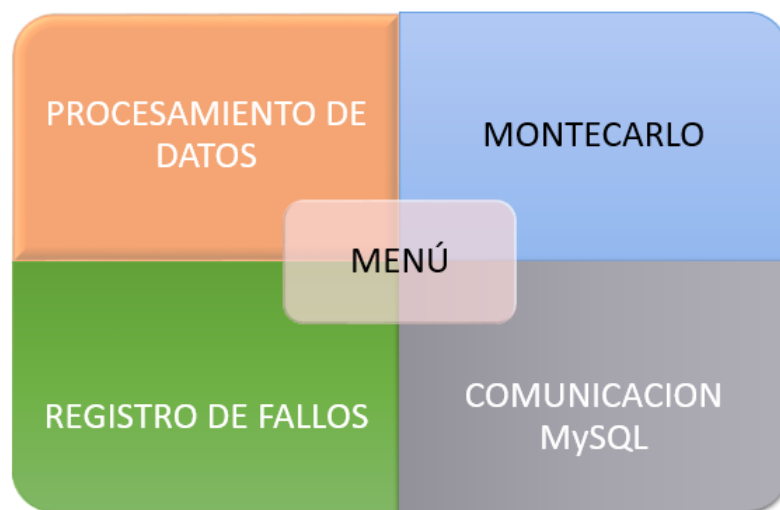


**Figura 55:** Interfaz gráfico realizado en Matlab, DETECCIÓN DE FALLOS.

**Fuente:** Autor

Como se explicó al inicio de la sección se decidió realizar la interfaz gráfica en dos fases, la siguiente parte realiza la interacción del usuario con la simulación de montecarlo. A continuación en el gráfico 56 se especifica el menú como pantalla inicial de la interfaz creado en microsoft excel.





**Figura 56:** Interfaz gráfica en microsoft excel: Menú.

**Fuente:** Autor

En el botón tipo vínculo del la hoja de procesamiento de datos en donde después de haber realizar la comunicación con la BD se realizan los procesos para las variables necesarias para la estimación de la confiabilidad mostrados en el capítulo de simulación del método montecarlo. La figura 57 muestra parte de la tabla del procesamiento de datos, el vinculo para enviarse al menú y la ubicación actual de la hoja.

	A	B	C	D	E	F	G	H
		id	FALLO	FECHA_HORA_DE_INICIO	FECHA_HORA_DE_FIN	OBSERVACIONES	FECHA Y HORA DE REGISTRO	TIEMPO_OPERACI
1		1	PICOS FUERA DE NOMINAL	martes, 28 de diciembre de 2021	martes, 28 de diciembre de 2021	AUTOMATICO	lunes, 31 de enero de 2022	1:15:55
2		2	PICOS FUERA DE NOMINAL	martes, 28 de diciembre de 2021	martes, 28 de diciembre de 2021	AUTOMATICO	lunes, 31 de enero de 2022	6:55:19
3		3	PICOS FUERA DE NOMINAL	martes, 28 de diciembre de 2021	martes, 28 de diciembre de 2021	AUTOMATICO	lunes, 31 de enero de 2022	1:50:53
4		4	PICOS FUERA DE NOMINAL	miércoles, 29 de diciembre de 2021	miércoles, 29 de diciembre de 2021	AUTOMATICO	lunes, 31 de enero de 2022	10:31:19
5		5	PICOS FUERA DE NOMINAL	miércoles, 29 de diciembre de 2021	miércoles, 29 de diciembre de 2021	AUTOMATICO	lunes, 31 de enero de 2022	0:35:13
6		6	PICOS FUERA DE NOMINAL	miércoles, 29 de diciembre de 2021	miércoles, 29 de diciembre de 2021	AUTOMATICO	lunes, 31 de enero de 2022	1:00:57
7		7	PICOS FUERA DE NOMINAL	miércoles, 29 de diciembre de 2021	miércoles, 29 de diciembre de 2021	AUTOMATICO	lunes, 31 de enero de 2022	3:46:02
8		8	PICOS FUERA DE NOMINAL	miércoles, 29 de diciembre de 2021	miércoles, 29 de diciembre de 2021	AUTOMATICO	lunes, 31 de enero de 2022	3:06:46
9		9	PICOS FUERA DE NOMINAL	miércoles, 29 de diciembre de 2021	miércoles, 29 de diciembre de 2021	AUTOMATICO	lunes, 31 de enero de 2022	0:36:09
10		10	PICOS FUERA DE NOMINAL	jueves, 30 de diciembre de 2021	jueves, 30 de diciembre de 2021	AUTOMATICO	lunes, 31 de enero de 2022	3:15:32
11		11	PICOS FUERA DE NOMINAL	jueves, 30 de diciembre de 2021	jueves, 30 de diciembre de 2021	AUTOMATICO	lunes, 31 de enero de 2022	7:21:00
12		12	PICOS FUERA DE NOMINAL	jueves, 30 de diciembre de 2021	jueves, 30 de diciembre de 2021	AUTOMATICO	lunes, 31 de enero de 2022	0:55:24
13		13	PICOS FUERA DE NOMINAL	viernes, 31 de diciembre de 2021	viernes, 31 de diciembre de 2021	AUTOMATICO	lunes, 31 de enero de 2022	13:18:34
14		14	PICOS FUERA DE NOMINAL	viernes, 31 de diciembre de 2021	viernes, 31 de diciembre de 2021	AUTOMATICO	lunes, 31 de enero de 2022	0:49:09
15		15	PICOS FUERA DE NOMINAL	viernes, 31 de diciembre de 2021	viernes, 31 de diciembre de 2021	AUTOMATICO	lunes, 31 de enero de 2022	5:00:17
16		16	PICOS FUERA DE NOMINAL	viernes, 31 de diciembre de 2021	viernes, 31 de diciembre de 2021	AUTOMATICO	lunes, 31 de enero de 2022	0:00:21
17		17	PICOS FUERA DE NOMINAL	viernes, 31 de diciembre de 2021	viernes, 31 de diciembre de 2021	AUTOMATICO	lunes, 31 de enero de 2022	1:36:34
18		18	PICOS FUERA DE NOMINAL	viernes, 31 de diciembre de 2021	viernes, 31 de diciembre de 2021	AUTOMATICO	lunes, 31 de enero de 2022	5:53:59
19		19	SIN FALLOS	viernes, 31 de diciembre de 2021	sábado, 1 de enero de 2022	MANUAL	lunes, 31 de enero de 2022	
20		20	PICOS FUERA DE NOMINAL	martes, 4 de enero de 2022	martes, 4 de enero de 2022	AUTOMATICO	lunes, 31 de enero de 2022	3:53:09
21		21	PICOS FUERA DE NOMINAL	martes, 4 de enero de 2022	martes, 4 de enero de 2022	AUTOMATICO	lunes, 31 de enero de 2022	1:11:27
22		22	PICOS FUERA DE NOMINAL	miércoles, 5 de enero de 2022	miércoles, 5 de enero de 2022	AUTOMATICO	lunes, 31 de enero de 2022	4:05:52
23		23	PICOS FUERA DE NOMINAL	miércoles, 5 de enero de 2022	miércoles, 5 de enero de 2022	AUTOMATICO	lunes, 31 de enero de 2022	9:16:40
24		24	PICOS FUERA DE NOMINAL	miércoles, 5 de enero de 2022	miércoles, 5 de enero de 2022	AUTOMATICO	lunes, 31 de enero de 2022	1:15:53
25		25	PICOS FUERA DE NOMINAL	miércoles, 5 de enero de 2022	miércoles, 5 de enero de 2022	AUTOMATICO	lunes, 31 de enero de 2022	0:59:53
26								

**Figura 57:** Interfaz gráfica en microsoft excel: procesamiento de datos.

**Fuente:** Autor

Así mismo la interfaz de registro de fallos y para la comunicación con el registro de las

bases MySQL, en donde de la misma manera se tienen las viñetas para navegar entre el menú y cada opción.

Finalmente en el botón de montecarlo se ingresa de primer momento hacia las tablas generadas para la ubicación de las entradas aleatorias y las salidas, con un ingreso para el intervalo de tiempo de simulación como se muestra en la figura 58 en el recuadro de aviso.

	A	B	C	D
1		VALORES PARA GENERACION DE MTBF	VALOR	
2		MEDIA	22,88015046	
3		Desviacion Estándar	23,49777157	
4		MAXIMA	83,99305556	
5		MINIMA	0,006203704	
6		INTERVALO	1,423505964	
7				
8		VALORES PARA GENERACION DE MTTR	VALOR	
9		MEDIA	1,666184414	
10		Desviacion Estándar	3,087203335	
11		MAXIMA	17,67666667	
12		MINIMA	0,106898148	
13		INTERVALO	0,297792687	
14				
15				
16				
17				
18		ENTRADA DE MTBF	22,88	
19		ENTRADA DE MTTR	1,66	
20				
21		TIEMPO PARA CÁLCULO	5:22:03	
22		LAMBDA	0,602409639	
23				
24		CONFIABILIDAD	87,40	
25		DISPONIBILIDAD	93,23553382	
26				
27				
28				
29				

**Figura 58:** Interfaz gráfico en microsoft excel: MONTECARLO.

**Fuente:** Autor

Adicionalmente la interfaz también permite navegar entre los valores de las distribuciones de MTBF y de MTTR.

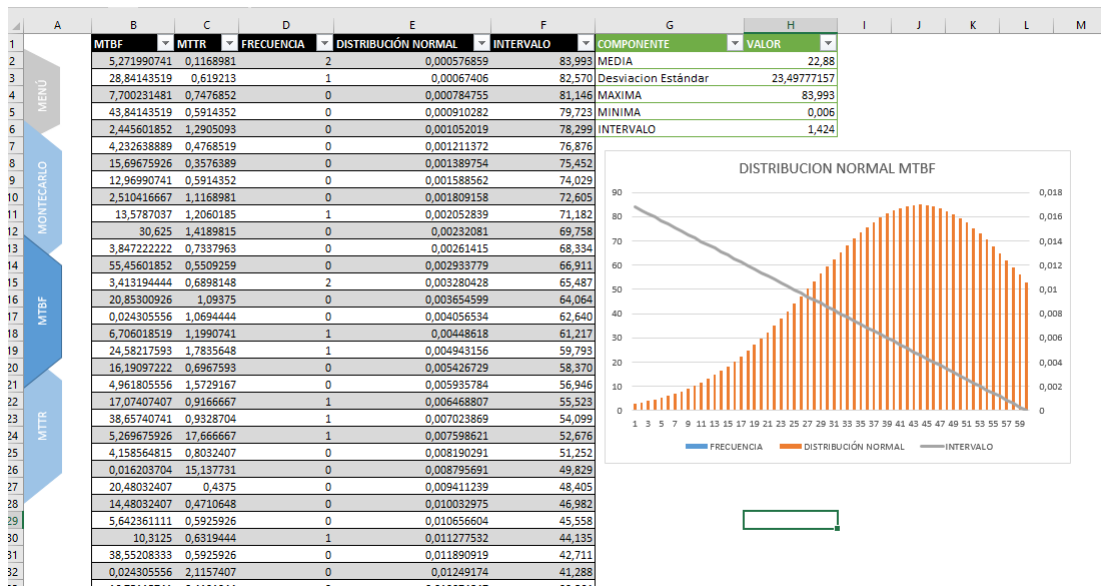


Figura 59: Interfaz gráfico en microsoft excel: MRBF.

Fuente: Autor

## 9. Resultados

### 9.1. Resultados de la obtención de modos y efectos de falla en motores de alta potencia del área de producción de cemento de la planta Induatenas

El modo y efecto de fallo con el cual se trabajó, está referido específicamente con la señal de potencia del motor del molino vertical, es un modo de fallo registrado 24 veces en el tiempo de evaluación como se mira en la tabla 11

**Tabla 11:** Registro de modo y efecto de fallo.

FALLO	FECHA Y HORA DE INICIO	FECHA Y HORA DE FIN FALLO	OBSERVACIONES	TIEMPO DE OPERACION	TIEMPO DE FALLO
PICOS FUERA DE NOMINAL	2021-12-28 12:37:51	2021-12-28 21:41:49	AUTOMATICO	09:03:58	00:08:58
PICOS FUERA DE NOMINAL	2021-12-28 21:50:47	2021-12-29 11:20:07	AUTOMATICO	13:29:20	00:21:11
PICOS FUERA DE NOMINAL	2021-12-29 11:41:18	2021-12-29 16:37:57	AUTOMATICO	04:56:39	00:08:13
PICOS FUERA DE NOMINAL	2021-12-29 16:46:10	2021-12-29 19:52:50	AUTOMATICO	03:06:40	00:11:59
PICOS FUERA DE NOMINAL	2021-12-29 20:04:49	2021-12-30 08:00:23	AUTOMATICO	11:55:34	00:25:29
PICOS FUERA DE NOMINAL	2021-12-30 08:25:52	2021-12-30 09:21:13	AUTOMATICO	00:55:21	00:19:23
PICOS FUERA DE NOMINAL	2021-12-30 13:30:52	2021-12-31 02:49:22	AUTOMATICO	13:18:30	00:11:33
PICOS FUERA DE NOMINAL	2021-12-31 03:00:55	2021-12-31 03:49:57	AUTOMATICO	00:49:02	00:12:58
PICOS FUERA DE NOMINAL	2021-12-31 04:02:55	2021-12-31 09:02:58	AUTOMATICO	05:00:03	00:21:01
PICOS FUERA DE NOMINAL	2021-12-31 09:23:59	2021-12-31 09:24:06	AUTOMATICO	00:00:07	00:20:04
PICOS FUERA DE NOMINAL	2022-01-03 17:16:16	2022-01-04 21:00:39	AUTOMATICO		00:27:33
PICOS FUERA DE NOMINAL	2022-01-04 21:28:12	2022-01-05 12:40:43	AUTOMATICO	15:12:31	04:18:15
PICOS FUERA DE NOMINAL	2022-01-05 16:58:58	2022-01-05 17:58:37	AUTOMATICO	00:59:39	00:17:24
PICOS FUERA DE NOMINAL	2022-01-05 18:16:01	2022-01-05 18:16:08	AUTOMATICO	00:00:07	03:38:06
PICOS FUERA DE NOMINAL	2022-01-05 21:54:14	2022-01-06 06:36:20	AUTOMATICO	08:42:06	00:11:27
PICOS FUERA DE NOMINAL	2022-01-06 06:47:47	2022-01-06 08:08:55	AUTOMATICO	01:21:08	00:09:28
PICOS FUERA DE NOMINAL	2022-01-06 08:18:23	2022-01-06 10:46:46	AUTOMATICO	02:28:23	00:09:55
PICOS FUERA DE NOMINAL	2022-01-06 10:56:41	2022-01-06 20:26:33	AUTOMATICO	09:29:52	00:33:30
PICOS FUERA DE NOMINAL	2022-01-06 21:00:03	2022-01-09 16:48:06	AUTOMATICO		00:11:34
PICOS FUERA DE NOMINAL	2022-01-09 16:59:40	2022-01-12 16:34:40	AUTOMATICO		00:11:48
PICOS FUERA DE NOMINAL	2022-01-24 10:07:09	2022-01-26 05:23:04	AUTOMATICO		00:11:37
PICOS FUERA DE NOMINAL	2022-01-26 05:34:41	2022-01-26 22:02:00	AUTOMATICO	16:27:19	00:18:23
PICOS FUERA DE NOMINAL	2022-01-26 22:20:23	2022-01-27 16:31:29	AUTOMATICO	18:11:06	00:11:16
PICOS FUERA DE NOMINAL	2022-01-27 16:42:45	2022-01-28 12:26:02	AUTOMATICO	19:43:17	00:41:25
PICOS FUERA DE NOMINAL	2022-01-28 13:07:27	2022-01-29 17:51:41	AUTOMATICO		00:13:07
PICOS FUERA DE NOMINAL	2022-01-29 18:04:48	2022-01-29 19:18:10	AUTOMATICO	01:13:22	01:42:59

**Fuente:** Autor.

## 9.2. Resultados de la identificación de los parámetros característicos de de la base da datos

La cantidad de información obtenida sobre el modo de fallo se encuentra detallada en el desglose de la tabla de fallos.

Local instance MySQL80  
datos\_de\_motor.fallo\_1

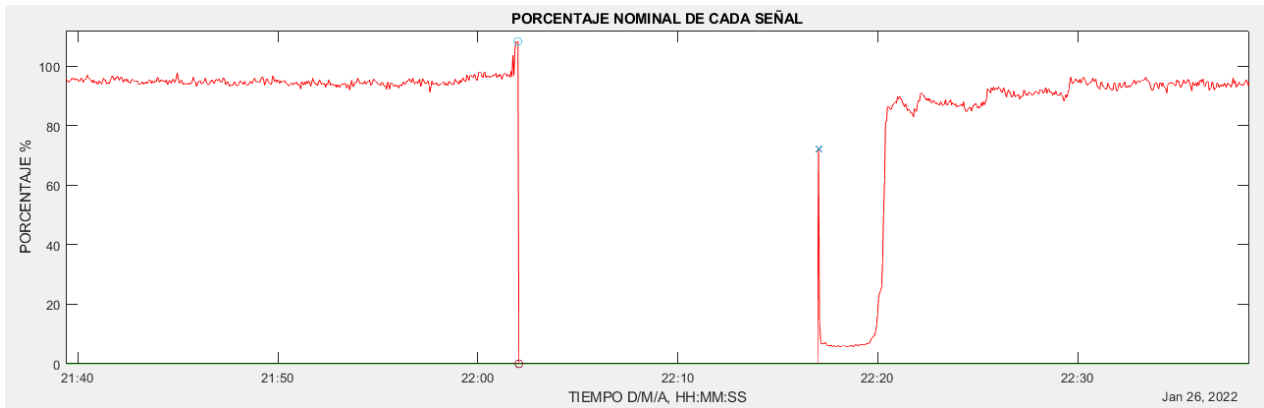
**Table Details**

Engine:	<b>InnoDB</b>
Row format:	<b>Dynamic</b>
Column count:	<b>8</b>
Table rows:	<b>66</b>
AVG row length:	<b>248</b>
Data length:	<b>16.0 KiB</b>
Index length:	<b>0.0 bytes</b>
Max data length:	<b>0.0 bytes</b>
Data free:	<b>0.0 bytes</b>
Table size (estimate):	<b>16.0 KiB</b>

**Figura 60:** Información receptada sobre el fallo.

**Fuente:** Autor

Para poder estimar la confiabilidad de los motores de potencia superior a los 120kW se parametrizó uno de los modos de falla más comunes de la planta, las señales adquiridas facilitaron el análisis de el único modo de falla del presente estudio que se plantea en el desarrollo. El registro de los intervalos de tiempo de este modo de fallo se automatizó debido a la particularidad que se pudo distinguir en las señales evaluadas y propuestas por parte de los operadores de planta todo esto a partir de su efecto inmediato que es la parada del motor del molino vertical.



**Figura 61:** Particularidad de la señal de fallo en la Interfaz gráfica de MATLAB

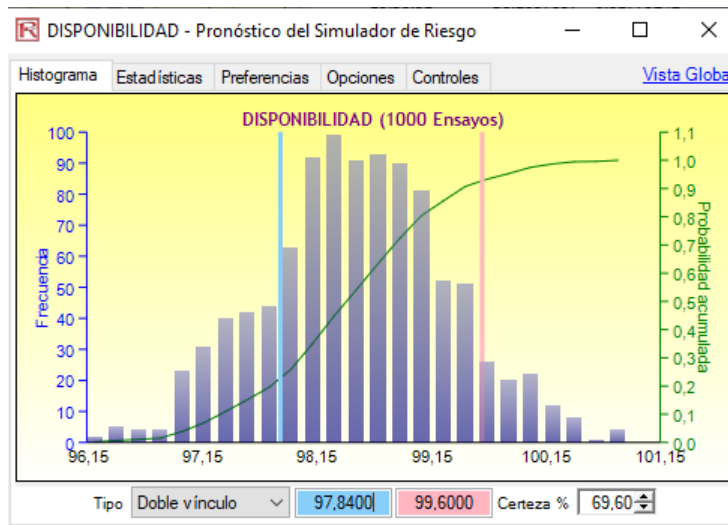
**Fuente:** Autor

Cabe resaltar que ahora se tiene las bases de datos de principio de año, con las cuales no se contaba. Este respaldo de las señales adquiridas se puede evaluar distintos modos y efectos de fallo que se mencionan en el presente estudio siguiendo la metodología propuesta para el primer modo de fallo registrado a partir de una de las señales, en este caso la de potencia del motor del molino vertical.

### **9.3. Resultados del algoritmo para la simulación del método montecarlo en la evaluación de motores de potencia superior a los 120kW**

El algoritmo generado para estimar la confiabilidad con respecto a un modo de fallo común de un activo crítico de la planta cementera, fallo que afecta al motor del molino vertical, resulta en un indicador para el área de mantenimiento.

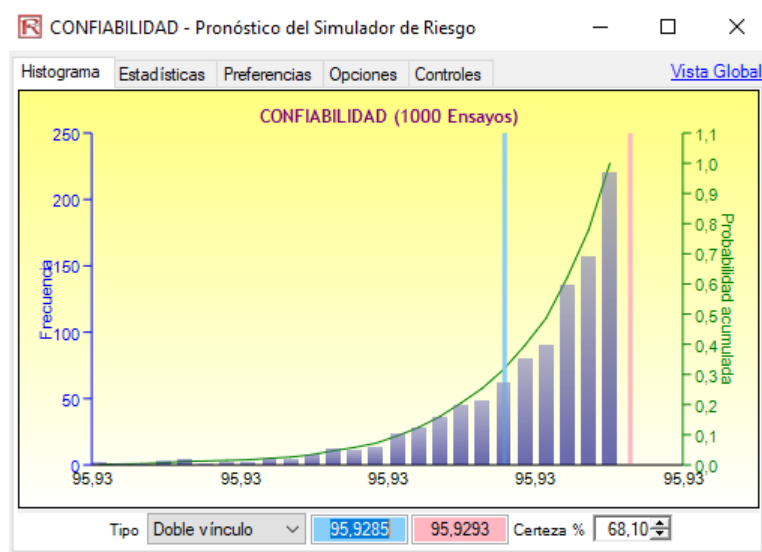
En el gráfico 65 se puede evidenciar las probabilidades que la simulación plantea a partir del establecimiento de las entradas aleatorias tanto para la confiabilidad como para la disponibilidad del motor con respecto al modo de falla estudiado.



**Figura 62:** Interfaz de Risk Simulator: disponibilidad

**Fuente:** Autor

En cuanto a la confiabilidad la entrada de tiempo para la simulación es de 72:01:06 en HH:MM:SS, observando que la parte más concentrada en las 1000 interacciones simuladas se encuentra desde los 95.9285 % hasta los 95.9293 % con un 68.1 % de certeza de que en ese tiempo se obtendrá ese indicador de con fiabilidad para el error número uno.

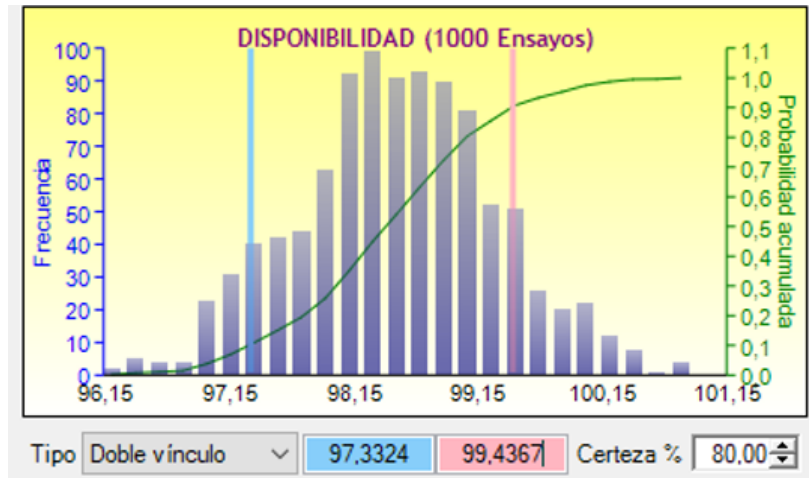


**Figura 63:** Interfaz de Risk Simulator: confiabilidad

**Fuente:** Autor

Se realiza una simulación adicional con un tiempo de 12:22:03 la cual como resultado se

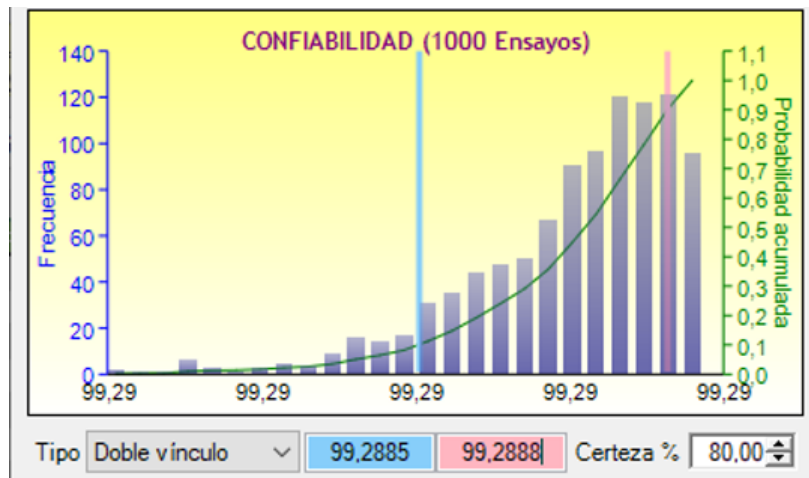
tiene una probabilidad de disponibilidad distribuida como se ve en la imagen a continuación:



**Figura 64:** Interfaz de Risk Simulator: disponibilidad

**Fuente:** Autor

Mientras que en la confiabilidad la simulación entrega los resultados que se observan a continuación:



**Figura 65:** Interfaz de Risk Simulator: confiabilidad

**Fuente:** Autor



#### **9.4. Resultados sobre la interfaz gráfica para la evaluación de los motores de potencia superior a 120kW**

La interfaz generada en el entorno de programación visual de Matlab permite el registro automático de los modos y efectos de fallo, actualizando la tabla de fallo de la base de datos, tomando características necesarios para la estimación de la confiabilidad en los motores de potencia superior

La interfaz gráfica permite la visualización de las señales para la evaluación de los modos y efectos de fallo, la interacción con el personal para posibles análisis de la señales en ocasiones sugeridas por parte del operador de turno, permite la comunicación con las bases de datos para los registros.

La segunda parte de interfaz gráfico permite la interacción con el personal de mantenimiento, al ser creado en Microsoft Excel es posible realizar modificaciones y adiciones al programa de manera regular, a diferencia de la interfaz realizada en Matlab.

## 10. Conclusiones

Se estableció el modo y efecto de falla el cual permitió identificar los parámetros de la señal para así registrar los factores necesarios para la estimación de la confiabilidad de manera automática, siendo un total de 26 fallos registrados en el mes de enero del presente año.

La estimación de la confiabilidad de los motores a partir del método montecarlo permite generar un indicador para estimar la confiabilidad en un segmento de tiempo relativamente reducido por el momento, ya que mientras exista un crecimiento de los históricos se podrá generar la estimación de la confiabilidad con el método del presente estudio caracterizándose con intervalos de tiempo progresivos, siendo un recurso que se desarrolla continuamente.

La estimación de la confiabilidad simulada a partir de montecarlo genera un indicador para la evaluación de las posibles certezas de confiabilidad en porcentajes, adicional a esto y con la información proporcionada al registrar las señales se obtiene un indicador de disponibilidad del mismo modo y efecto de fallo para contrastar la información. Se programó el algoritmo para la simulación de Montecarlo ocupando el complemento de Excel Risk Simulator permitiendo estimar la confiabilidad del motor del molino vertical. Se planteo un intervalo de tiempo como entrada en el interfaz para la simulación. Para un tiempo de 12:22:03 se obtuvo una media y mediana de la confiabilidad de un 99.2887 % con una certeza del 80 % en un rango desde 99.2885 % hasta 99.2888 %, mientras que la disponibilidad tiene una media de 98.412 % y una mediana de 98.415 % con una certeza del 80 % en un rango desde 97.3 % al 99.4 %.

Las interfases generadas tanto para la adquisición de las señales a evaluar como del procesamiento para la estimación de la confiabilidad, permiten la estimación de la confiabilidad en el motor del molino vertical con respecto a uno de los modos y efectos de fallo registrados en la base de datos y consignado de manera automática.

## 11. Recomendaciones

Como parte del algoritmo para la simulación del método montecarlo el registro de fallos genera un historial importante para la simulación, el registro extensivo de las señales significativas para el manejo de la planta. Esta información tiene gran potencial para optimizar la simulación de la confiabilidad en los equipos que se requiera evaluar, ya que todas las señales están estrechamente ligadas con los activos de producción de cemento de la empresa Induatenas S.A.

La creación tanto de los canales OPC para la comunicación de la bases de datos, como el establecimiento de la BD, las puertas de enlace generados para la adquisición de señales

establecidas únicamente para alimentar las BD, todos estas herramientas antes mencionadas permiten continuar con un análisis constante y periódico, en donde se puede establecer más modos y efectos de fallo que se desarrollan con el uso de los motores.

Las evaluaciones de la confiabilidad se las puede analizar relacionando más de una de las señales a la vez, ya que como se mostró en el desarrollo del estudio, cada una de estas se halla estrechamente relacionada y los efectos de una pueden intervenir de manera instantánea o generando una variación que dependa de un intervalo de tiempo considerable.

## Referencias

- ABB Corporation (2022a). Digivis 500 - productos antiguos | abb. <https://new.abb.com/plc/es/productos-antiguos/digivis-500>. Accedido en febrero del 2022.
- ABB Corporation (2022b). Distributed control systems. <https://new.abb.com/control-systems>. Accedido en febrero del 2022.
- ACERVO LIMA (2022). Diferencia entre adabas y alibaba cloud analyticdb para postgresql – acervo lima. <https://www.unir.net/ingenieria/revista/que-es-plsql/>. Accedido en febrero del 2022.
- Albornoz, M. C. (2014). Diseño de interfaz gráfica de usuario. In *XVI Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación*.
- Areny, R. P. (1993). *ADQUISICIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE SEÑALES, ejecución y contro*. marcombo, BOIZAREU EDITORES, BARCELONA.
- Areny, R. P. (2001). *SENSORES Y ACONDICIONADORES DE SEÑAL*, volume 22\*. marcombo BOIZAREU EDITORES BARCELONA.
- Boada, A. y Gallego, N. (2016). Uso del risk simulator® como herramienta para valoración de múltiples comparables. caso empresas sector eléctrico colombia. In *T. d. Monterrey, Memorias Arbitradas del Congreso FIMEF*, pp. 849–871.
- Cemento Atenas (2022). Inicio-cemento atenas. <https://cementoatenas.com/>. Accedido en febrero del 2022.
- Chapman, S. J. (2000). *Máquinas eléctricas*.
- Española, R. A. y Madrid, E. (2001). *Diccionario de la lengua española*, volume 22. Real academia española Madrid.
- Faulín, J. y Juan, Á. A. (2005). Simulación de monte carlo con excel.
- Google Maps (2022). Graiman, parque industrial - google maps. <https://www.google.com.ec/maps/place/GRAIMAN,+Parque+Industrial/@-2.8791375,-78.9731348,193m/data=!3m1!1e3!4m9!1m2!2m1!1sinduatenas+cuenca!3m5!1s0x91cd181245869db5:0xb1486cf0b943ccac!8m2!3d-2.88132!4d-78.973877!15sChFpbmR1YXR1bmFzIGN1ZW5jYzIBDG1hbnVmYWN0dXJlcg?hl=es>. Accedido en febrero del 2022.

- Hernández, J. A. C. (2018). Aportaciones al diagnóstico de averías en motores eléctricos basados en el análisis avanzado de corrientes.
- HOSTINGER (2022). Qué es mysql? explicación detallada para principiantes. <https://www.oracle.com/ar/database/what-is-a-relational-database/>. Accedido en febrero del 2022.
- Illana, J. I. (2013). Métodos monte carlo.
- Jacinto Mamani, D. (2019). Risk simulator en la evaluación de la rentabilidad económica-financiera en la empresa minera winchusmayo eirl.
- J. Helmke & Co. (28 de octubre de 2013). *Technisches Datenblatt*.
- KEPServerEx (2022). Características kepservbverex. <https://www.kepserverexopc.com/kepware-kepserverex-features/>. Accedido en febrero del 2022.
- lignux (2022). ¿qué es cassandra?, algo más que una base de datos (nosql) | lignux.com. <https://lignux.com/que-es-cassandra-algo-mas-que-una-base-de-datos-nosql/>. Accedido en febrero del 2022.
- Luna, A. E. (2005). Teoría de la confiabilidad.
- MathWorks (2022). (to be removed) create or edit ui file in guide - matlab guide - mathworks américa latina. [https://la.mathworks.com/help/matlab/ref/guide.html?searchHighlight=guide&s\\_tid=srchtitle\\_guide\\_1](https://la.mathworks.com/help/matlab/ref/guide.html?searchHighlight=guide&s_tid=srchtitle_guide_1). Accedido en febrero del 2022.
- Mendoza Carvajal, C. y Ruiz, M. A. (2016). *Sistema de mantenimiento centrado en la confiabilidad para motores eléctricos de inducción*.
- Microsoft Docs (2022). Programación con transact-sql - learn | microsoft docs. <https://docs.microsoft.com/es-es/learn/paths/program-transact-sql/>. Accedido en febrero del 2022.
- Mora, L. (2009). *MANTENIMIENTO Planeación, ejecución y control*. Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V.
- MySQL (2022). Mysql. <https://www.mysql.com/>. Accedido en febrero del 2022.

- ORACLE (2022). Qué es una base de datos relacional | oracle argentina. <https://www.oracle.com/ar/database/what-is-a-relational-database/>. Accedido en febrero del 2022.
- Phogat, S. (2017). Identificación de problemas en las operaciones de mantenimiento y comparación con las operaciones de fabricación. *Revista de Calidad en Ingeniería de mantenimiento*.
- Ricardo, C. M. (2009). *BASES DE DATOS*. McGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES, S.A. de C.V, Mexico.
- Sanchez, D. R. (2022). *Bases de datos NoSQL*.
- SAS (2022). Mysql¿qué es hadoop? | sas. [https://www.sas.com/es\\_mx/insights/big-data/hadoop.html](https://www.sas.com/es_mx/insights/big-data/hadoop.html). Accedido en febrero del 2022.
- Software Shop (2022). Software shop - risk simulator. <https://www.software-shop.com/producto/risk-simulator?tab=Descargas>. Accedido en febrero del 2022.
- support.Microsoft (2022). Administrar orígenes de datos odbc. [https://support.microsoft.com/es-es/office/administrar-or%C3%A9genes-de-datos-odbc-b19f856b-5b9b-48c9-8b93-07484bfab5a7?#:sim\\$&text=La%20conectividad%20abierta%20de%20bases,externos%2C%20como%20Microsoft%20SQL%20Server.](https://support.microsoft.com/es-es/office/administrar-or%C3%A9genes-de-datos-odbc-b19f856b-5b9b-48c9-8b93-07484bfab5a7?#:sim$&text=La%20conectividad%20abierta%20de%20bases,externos%2C%20como%20Microsoft%20SQL%20Server.) Accedido en febrero del 2022.
- Tecnología Android (2022). ¿qué es sqlite? | biblioteca de programas - tecnología android. <https://tecnologiandroid.com/que-es-sqlite/>. Accedido en febrero del 2022.
- The Qt Company (2022). User interface design tools | the best ui design software | qt designer | qt. <https://www.qt.io/design>. Accedido en febrero del 2022.
- UNIR Universidad Internacional de La Rioja (2022). ¿qué es pl/sql? descripción, características y contexto de uso. <https://www.unir.net/ingenieria/revista/que-es-plsql/>. Accedido en febrero del 2022.
- Zapata, C. J., Piñeros, L. C., y Castaño, D. A. (2004). El método de simulación de montecarlo en estudios de confiabilidad de sistemas de distribución de energía eléctrica. *Scientia et technica*, 10(24):55–60.

# ANEXOS

# **ANEXO 1**

## **Interfaz de planta para obtención de datos**



## ANEXO 2

# Programación para obtención de gráficos

```

function varargout = PROGRAMAMANTENIMIENTO(varargin)
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name', mfilename, ...
'gui_Singleton',gui_Singleton, ...
'gui_OpeningFcn', @PROGRAMAMANTENIMIENTO_OpeningFcn,
...@PROGRAMAMANTENIMIENTO_OpeningFcn, ...
'gui_OutputFcn',@PROGRAMAMANTENIMIENTO_OutputFcn, ...
'gui_LayoutFcn', [], ...
'gui_Callback', []);
if nargin && ischar(varargin{1})
gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end
if nargin
[varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
function PROGRAMAMANTENIMIENTO_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)
handles.output = hObject;
guidata(hObject, handles);
global i_datos;
global y x x1 x2 x3 x4 x5 x6 x7 x8 x9 x10 x11 x12 x13 x14 x15
global H_1 H_2 H_3 H_4
global a1 a2 a3 a4
a1=0; a2=0; a3=0; a4=0; H_1=0; H_2=0;
H_3=0; H_4=0; y=0; x=0; x1=0;

```

```

x2=0; x3=0; x4=0; x5=0; x6=0; x7=0; x8=0; x9=0;
x10=0; x11=0; x12=0; x13=0; x14=0; x15=0; i_datos=1;
% — Outputs from this function are returned to the command line.
function varargout = PROGRAMAMANTENIMIENTO_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)
varargout{1} = handles.output;
function MONTECARLO_Callback(hObject, eventdata, handles)
function COMUNICACION_Callback(hObject, eventdata, handles)
global data
global y x x1 x2 x3 x4 x5 x6 x7 x8 x9 x10 x11 x12 x13 x14 x15 cero
conn = database('Datos_1_1','root','972004pablo');
query = ['SELECT * ' ...
'FROM datos_de_motor.datos_de_planta_c'];
data = fetch(conn,query);
close(conn)
clear conn query
cantidad_data=size (data)
cero=zeros(cantidad_data(1),1)

y=datetime(y0);
x=table2array(data(:,2));

```

```

x1=table2array(data(:,3));
x2=table2array(data(:,4));
x3=table2array(data(:,5));
x4=table2array(data(:,6));
x5=table2array(data(:,7));
x6=table2array(data(:,8));
x7=table2array(data(:,9));
x8=table2array(data(:,10));
x9=table2array(data(:,11));
x10=table2array(data(:,12));
x11=table2array(data(:,13));
x12=table2array(data(:,14));
x13=table2array(data(:,15));
x14=table2array(data(:,16));
x15=table2array(data(:,17));
dibujar();
% — Executes on button press in GRABAR.
function GRABAR_Callback(hObject, eventdata, handles)
cd('C:\Users\Pablo\Desktop\datos_de_planta')
save('datos_111.mat','data')
function DATOSMATLAB_Callback(hObject, eventdata, handles)
function PLOT_2_Callback(hObject, eventdata, handles)
global a_2;
a_2=get(handles.PLOT_2,'Value')
dibujar();
function PLOT_2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function PLOT_4_Callback(hObject, eventdata, handles)
global a_4;

```

```

a_4=get(handles.PLOT_4,'Value')
dibujar();
function PLOT_4_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function edit10_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit10_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function HASTA_TENDENCIA_Callback(hObject, eventdata, handles)
function HASTA_TENDENCIA_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function HABILITA_4_Callback(hObject, eventdata, handles)
global H_4
H_4=get(handles.HABILITA_4,'Value')
dibujar();
function PLOT_1_Callback(hObject, eventdata, handles)
global a_1;
a_1=get(handles.PLOT_1,'Value')
dibujar();
function PLOT_1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function HABILITA_3_Callback(hObject, eventdata, handles)
global H_3
H_3=get(handles.HABILITA_3,'Value')
dibujar();
function HABILITA_1_Callback(hObject, eventdata, handles)
global H_1
H_1=get(handles.HABILITA_1,'Value')

```

```

dibujar();
function HABILITA_2_Callback(hObject, eventdata, handles)
global H_2
H_2=get(handles.HABILITA_2,'Value');
dibujar();
function BOTON_FALLO_1_Callback(hObject, eventdata, handles)
function BOTON_FALLO_3_Callback(hObject, eventdata, handles)
function BOTON_FALLO_2_1_Callback(hObject, eventdata, handles)
function BOTON_FALLO_2_2_Callback(hObject, eventdata, handles)
function BOTON_FALLO_2_3_Callback(hObject, eventdata, handles)
function BOTON_FALLO_3_1_Callback(hObject, eventdata, handles)
function BOTON_FALLO_3_2_Callback(hObject, eventdata, handles)
function BOTON_FALLO_3_3_Callback(hObject, eventdata, handles)
function DESDE_DETECCION_Callback(hObject, eventdata, handles)
function DESDE_DETECCION_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function HASTA_DETECCION_Callback(hObject, eventdata, handles)
function HASTA_DETECCION_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function ACEPTAR_DETECCION_FALLOS_Callback(hObject, eventdata, handles)
function SIGUIENTE_Callback(hObject, eventdata, handles)
function ANTERIOR_Callback(hObject, eventdata, handles)
function traer_base_data()
global i_datos;
global data;
global y x x1 x2 x3 x4 x5 x6 x7 x8 x9 x10 x11 x12 x13 x14 x15
global ubicacionT
global ubi_nueva
istr=string(i_datos);
ichar=char(istr);

```

```

ubicacionC=ubi_nueva;
smatlab_datpos='\matlab_datos_'
pmat='.mat'
ubicacionT=[ubicacionC,smatlab_datpos,ichar,pmat]
load(ubicacionT);
y0=table2array(data(:,17))
y=datetime(y0);
x=table2array(data(:,2));
x1=table2array(data(:,3));
x2=table2array(data(:,4));
x3=table2array(data(:,5));
x4=table2array(data(:,6));
x5=table2array(data(:,7));
x6=table2array(data(:,8));
x7=table2array(data(:,9));
x8=table2array(data(:,10));
x9=table2array(data(:,11));
x10=table2array(data(:,12));
x11=table2array(data(:,13));
x12=table2array(data(:,14));
x13=table2array(data(:,15));
x14=table2array(data(:,16));
x15=table2array(data(:,17));
function dibujar()
global por;
global data;
global H_1 H_2 H_3 H_4
global a_1 a_2 a_3 a_4
global y x x1 x2 x3 x4 x5 x6 x7 x8 x9 x10 x11 x12 x13 x14 cero
global a1
global a2 a3 a4
if H_1==1
a1=a_1
else

```

```
a1=0;
end
if H_2==1
a2=a_2
else
a2=0;
end
if H_3==1
a3=a_3
else
a3=0;
end
if H_4==1
a4=a_4
else
a4=0;
end
if por==1
switch a1
case 0
d_1=cero;
case 1
d_1=2.5*(x);
case 2
d_1=2.5*(x1)
case 3
d_1=2.5*(x2);
case 4
d_1=2.5*(x3);
case 5
d_1=2.5*(x4);
case 6
d_1=2.5*(x5);
case 7
```



```
d_1=2.5*(x6);
case 8
d_1=2.5*(x7);
case 9
d_1=(x8)*(5/46);
case 10
d_1=(x9)*(100/189);
case 11
d_1=1.5*(x10);
case 12
d_1=(x11)*(100/702);
case 13
d_1=(x12)*(100/8.5);
case 14
d_1=(x13);
case 15
d_1=(x14)*0.5;
end
switch a2
case 0
d_2=cero;
case 1
d_2=2.5*(x);
case 2
d_2=2.5*(x1)
case 3
d_2=2.5*(x2);
case 4
d_2=2.5*(x3);
case 5
d_2=2.5*(x4);
case 6
d_2=2.5*(x5);
case 7
```

```
d_2=2.5*(x6);
case 8
d_2=2.5*(x7);
case 9
d_2=(x8)*(5/46);
case 10
d_2=(x9)*(100/189);
case 11
d_2=1.5*(x10);
case 12
d_2=(x11)*(100/702);
case 13
d_2=(x12)*(100/8.5);
case 14
d_2=(x13);
case 15
d_2=(x14)*0.5;
end
switch a3
case 0
d_3=cero;
case 1
d_3=2.5*(x);
case 2
d_3=2.5*(x1)
case 3
d_3=2.5*(x2);
case 4
d_3=2.5*(x3);
case 5
d_3=2.5*(x4);
case 6
d_3=2.5*(x5);
case 7
```

```
d_3=2.5*(x6);
case 8
d_3=2.5*(x7);
case 9
d_3=(x8)*(5/46);
case 10
d_3=(x9)*(100/189);
case 11
d_3=1.5*(x10);
case 12
d_3=(x11)*(100/702);
case 13
d_3=(x12)*(100/8.5);
case 14
d_3=(x13);
case 15
d_3=(x14)*0.5;
end
switch a4
case 0
d_4=cero;
case 1
d_4=2.5*(x);
case 2
d_4=2.5*(x1)
case 3
d_4=2.5*(x2);
case 4
d_4=2.5*(x3);
case 5
d_4=2.5*(x4);
case 6
d_4=2.5*(x5);
case 7
```

```

d_4=2.5*(x6);
case 8
d_4=2.5*(x7);
case 9
d_4=(x8)*(5/46);
case 10
d_4=(x9)*(100/189);
case 11
d_4=1.5*(x10);
case 12
d_4=(x11)*(100/702);
case 13
d_4=(x12)*(100/8.5);
case 14
d_4=(x13);
case 15
d_4=(x14)*0.5;
end
plot(y,d_1,'r',y,d_2,'b',y,d_3,'black',y,d_4,'green');
title('PORCENTAJE NOMINAL DE CADA SEÑAL')
xlabel('TIEMPO D/M/A, HH:MM:SS');
ylabel('PORCENTAJE %')
ylim([0 120])
else
switch a1
case 0
d_1=cero;
case 1
d_1=(x);
case 2
d_1=(x1)
case 3
d_1=(x2);
case 4

```

```
d_1=(x3);
case 5
d_1=(x4);
case 6
d_1=(x5);
case 7
d_1=(x6);
case 8
d_1=(x7);
case 9
d_1=(x8);
case 10
d_1=(x9);
case 11
d_1=(x10);
case 12
d_1=(x11);
case 13
d_1=(x12);
case 14
d_1=(x13);
case 15
d_1=(x14);
end
switch a2
case 0
d_2=cero;
case 1
d_2=(x);
case 2
d_2=(x1)
case 3
d_2=(x2);
case 4
```

```
d_2=(x3);
case 5
d_2=(x4);
case 6
d_2=(x5);
case 7
d_2=(x6);
case 8
d_2=(x7);
case 9
d_2=(x8);
case 10
d_2=(x9);
case 11
d_2=(x10);
case 12
d_2=(x11);
case 13
d_2=(x12);
case 14
d_2=(x13);
case 15
d_2=(x14);
end
switch a3
case 0
d_3=cero;
case 1
d_3=(x);
case 2
d_3=(x1)
case 3
d_3=(x2);
case 4
```

```
d_3=(x3);
case 5
d_3=(x4);
case 6
d_3=(x5);
case 7
d_3=(x6);
case 8
d_3=(x7);
case 9
d_3=(x8);
case 10
d_3=(x9);
case 11
d_3=(x10);
case 12
d_3=(x11);
case 13
d_3=(x12);
case 14
d_3=(x13);
case 15
d_3=(x14);
end
switch a4
case 0
d_4=cero;
case 1
d_4=(x);
case 2
d_4=(x1)
case 3
d_4=(x2);
case 4
```

```

d_4=(x3);
case 5
d_4=(x4);
case 6
d_4=(x5);
case 7
d_4=(x6);
case 8
d_4=(x7);
case 9
d_4=(x8);
case 10
d_4=(x9);
case 11
d_4=(x10);
case 12
d_4=(x11);
case 13
d_4=(x12);
case 14
d_4=(x13);
case 15
d_4=(x14);
end
plot(y,d_1,'r',y,d_2,'b',y,d_3,'black',y,d_4,'green');
title('MAGNITUD DE SEÑALES')
xlabel('TIEMPO D/M/A, HH:MM:SS');
ylabel('MAGNITUD')
end
function TENDENCIAS_DESDE_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)

```



```

function PLOT_3_Callback(hObject, eventdata, handles)
global a_3;
a_3=get(handles.PLOT_3,'Value')
dibujar();
function PLOT_3_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function checkbox6_Callback(hObject, eventdata, handles)
function text20_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
function DETEC_DESDE_Callback(hObject, eventdata, handles)
function DETEC_HASTA_Callback(hObject, eventdata, handles)
function uitoggetool2_ClickedCallback(hObject, eventdata, handles)
function uitoggetool2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
function uitoggetool2_DeleteFcn(hObject, eventdata, handles)
function uitoggetool2_OffCallback(hObject, eventdata, handles)
function GRAFICO_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
function D_FALLO_Callback(hObject, eventdata, handles)
function D_FALLO_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function D_FECHA_HORA_INICIO_Callback(hObject, eventdata, handles)
function D_FECHA_HORA_INICIO_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function D_FECHA_HORA_FIN_Callback(hObject, eventdata, handles)
function D_FECHA_HORA_FIN_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
end

```

```

function D_OBSERVACIONES_Callback(hObject, eventdata, handles)
function D_OBSERVACIONES_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function D_AGREGAR_Callback(hObject, eventdata, handles)
conn = database('Datos_1_1','root','972004pablo');
query = ['SELECT * ' ...
'FROM datos_de_motor.fallos'];
data = fetch(conn,query);
fallo=get(handles.D_FALLO,'String');
fecha_hora_inicio_fallo=get(handles.D_FECHA_HORA_INICIO,'String')
fecha_hora_fin_fallo=get(handles.D_FECHA_HORA_FIN,'String')
%fecha_hora_fin_fallo=datetime(fecha_hora_fin_fallo)
observaciones_fallo=get(handles.D_OBSERVACIONES,'String')
enviar={fallo,fecha_hora_inicio_fallo,fecha_hora_fin_fallo,observaciones_fallo};
columnaguardar={'FALLO','FECHA_HORA_DE_INICIO','FECHA_HORA_DE_FIN','OBSERVACIONES'};
insert(conn,'fallos',columnaguardar,enviar)
% Clear variables
close(conn)
clear conn query
function agregar(fallo,fecha_hora_inicio_fallo,fecha_hora_fin_fallo,observaciones_fallo,operacion,Tfallo)
conn = database('Datos_1_1','root','972004pablo');
query = ['SELECT * ' ...
'FROM datos_de_motor.fallos_2'];
data = fetch(conn,query);
fecha_hora_inicio_fallo;
enviar={char(fallo),char(fecha_hora_inicio_fallo,'yyyy-MM-dd HH:mm:ss'),char(fecha_hora_fin_fallo,
'yyyy-MM-dd HH:mm:ss'),char(observaciones_fallo),char(operacion),char(Tfallo)};
columnaguardar={'FALLO','FECHA_HORA_DE_INICIO','FECHA_HORA_DE_FIN',
'OBSERVACIONES','TIEMPO_OPERACION_ANTES_DE_FALLO','TIEMPO_DE_FALLO'};
insert(conn,'fallos_2',columnaguardar,enviar)
% Clear variables
close(conn)
clear conn query
function agregar2(fallo,fecha_hora_inicio_fallo,fecha_hora_fin_fallo,observaciones_fallo,operacion,Tfallo)
conn = database('Datos_1_1','root','972004pablo');
% query = ['SELECT * ' ...
%
if (operacion>=duration(23,59,59))
enviar={char(fallo),char(fecha_hora_inicio_fallo,'yyyy-MM-dd HH:mm:ss'),char(fecha_hora_fin_fallo,
'yyyy-MM-dd HH:mm:ss'),char(observaciones_fallo),char(Tfallo)} % ,char(operacion);

```

```

columnaguardar={'FALLO','FECHA_HORA_DE_INICIO','FECHA_HORA_DE_FIN','OBSERVACIONES',
'TIEMPO_DE_FALLO'};%,'TIEMPO_OPERACION_ANTES_DE_FALLO'
insert(conn,'fallo_1',columnaguardar,enviar)
else
if Tfallo<duration(-24,0,0)
enviar={char(fallo),char(fecha_hora_inicio_fallo,'yyyy-MM-dd HH:mm:ss'),char(fecha_hora_fin_fallo,
'yyyy-MM-dd HH:mm:ss'),char(observaciones_fallo),char(operacion)}%,'TIEMPO_OPERACION_ANTES_DE_FALLO'};%,'TIEMPO_DE_FALLO'};
columnaguardar={'FALLO','FECHA_HORA_DE_INICIO','FECHA_HORA_DE_FIN','OBSERVACIONES',
'TIEMPO_OPERACION_ANTES_DE_FALLO'};%,'TIEMPO_DE_FALLO'};
insert(conn,'fallo_1',columnaguardar,enviar)
else
enviar={char(fallo),char(fecha_hora_inicio_fallo,'yyyy-MM-dd HH:mm:ss'),char(fecha_hora_fin_fallo,
'yyyy-MM-dd HH:mm:ss'),char(observaciones_fallo),char(operacion),char(Tfallo)};
columnaguardar={'FALLO','FECHA_HORA_DE_INICIO','FECHA_HORA_DE_FIN','OBSERVACIONES',
'TIEMPO_OPERACION_ANTES_DE_FALLO','TIEMPO_DE_FALLO'};
insert(conn,'fallo_1',columnaguardar,enviar)
% Clear variables
end
end
close(conn)
clear conn query
function PORCENTAJE_Callback(hObject, eventdata, handles)
function CONT_FALLOS_Callback(hObject, eventdata, handles)
global a1
global y x x1 x2 x3 x4 x5 x6 x7 x8 x9 x10 x11 x12 x13 x14
global data
ai=0;
switch a1
case 0
%d_1=cero;
case 1
%d_1=2.5*(x);
case 2
%d_1=2.5*(x1)
case 3
%d_1=2.5*(x2);
case 4
%d_1=2.5*(x3);
case 5
%d_1=2.5*(x4);
case 6
%d_1=2.5*(x5);
case 7
%d_1=2.5*(x6);
case 8
%d_1=2.5*(x7);

```

```

case 9
%d_1=(x8)*(5/46);
cantidad_data=size (data)
bandera=0;
empieza=y(1);
finaliza=y(1);
bucle=0;
T_total_fallo=0;
T_Total_operacion=0;
Tooperacion=0;
Tfallo=0;
id='sin id'
nombre='PICOS FUERA DE NOMINAL'
observacion='AUTOMATICO'
i=1;
T0=y(1);
T1=0;
bandera2=0
hold on
bu=1;
Tn=y(3);
for j=1:cantidad_data
if (x8(j)*(5/46)>=100&&bandera==0)
empieza=y(j)
xempieza=x8(j)*(5/46);
bandera=1
Tooperacion=finaliza-empieza;
T_Total_operacion=Tooperacion+T_Total_operacion;
end
if ((bandera==1)&&(x8(j)*(5/46)<=100))
finaliza=y(j)
xfinaliza=x8(j)*(5/46);
bandera=0;
Tfallo=empieza-finaliza
T_total_fallo=Tfallo+T_total_fallo
celda(i,:)= {id,nombre,char(empieza),char(finaliza),char(observacion),char(datetime),char(Tooperacion),char(Tfallo)}
i=i+1;
if (habi_graba==1)
agregar(nombre,empieza,finaliza,observacion,Tooperacion,Tfallo)
end
end
if(x8(j)*(5/46)>=105)&&(bu==1)&&(x8(j+1)*(5/46)<=0)
bandera2=1;
T1=y(j)
To=- (T0-Tn)
To=T1-T0

```

```

T1x=x8(j)*(5/46);
plot(T1,T1x,'X')
bu=0;
Tn=T0;
T01=T0;
end
habi_graba=get(handles.GRABAR_FALLOS,'Value')
habi_graba1=get(handles.para_fallos,'Value')
if(habi_graba1==1)&&(x8(j+1)*(5/46)>=80)&&(bandera2==1)
bu=1
T0=y(j+1);
Tf=(T1-T0)
T0x=x8(j+1)*(5/46);
bandera2=0;
plot(T0,T0x,'O')
%end
agregar2(nombre,T01,T1,observacion,To,Tf)
end
j=j+1;
%function agregar(fallo,fecha_hora_inicio_fallo,fecha_hora_fin_fallo,observaciones_fallo,Toperacion,Tfallo)
end
case 10
%d_1=(x9)*(100/189);
case 11
%d_1=1.5*(x10);
case 12
%d_1=(x11)*(100/702);
case 13
%d_1=(x12)*(100/8.5);
case 14
%d_1=(x13);
case 15
%d_1=(x14)*0.5;
end
hold off
%% T_total_fallo;
%% T_Total_operacion;
set(handles.uitable2,'DATA',celda)
function GRABAR_FALLOS_Callback(hObject, eventdata, handles)
function MOSTRAR_FALLOS_TABLA_Callback(hObject, eventdata, handles)
conn = database('Datos_1_1','root','972004pablo');
query = ['SELECT * ' ...
'FROM datos_de_motor.fallos'];

```

```

fallos = fetch(conn,query);
CT=table2cell(fallos)
set(handles.uitable2,'DATA',CT)
close(conn)
clear conn query
function Untitled_1_Callback(hObject, eventdata, handles)
function Respaldo_Callback(hObject, eventdata, handles)
function Untitled_5_Callback(hObject, eventdata, handles)
function MOSTRAR_TABLA_Callback(hObject, eventdata, handles)
set(handles.uipanel9,'visible','on')
uiwait( msgbox('La deteccion de fallos necesita las gráficas de potencia o corriente de cualquiera de los
motores en el item de gráfico de fallos.', 'GRAFICAR SOLAMENTE EN PORCENTAJE','help'));
function OCULTAR_TABLA_Callback(hObject, eventdata, handles)
set(handles.uipanel9,'visible','off')
function UBICACION_NUEVA_Callback(hObject, eventdata, handles)
set(handles.uibuttongroup9,'visible','on')
function UBICACION_ACTUAL_Callback(hObject, eventdata, handles)
global ubicacionT
uiwait(msgbox(ubicacionT,'UBICACION DE RESPALDOS','modal'));
function Untitled_3_Callback(hObject, eventdata, handles)
function Untitled_4_Callback(hObject, eventdata, handles)
function PORCENTAJES_Callback(hObject, eventdata, handles)
global por
por=1
dibujar()
function MAGNITUDES_Callback(hObject, eventdata, handles)
global por
por=0
dibujar();
function Siguiente_tabla_Callback(hObject, eventdata, handles)
global i_datos;
global data;
global cero;
i_datos=i_datos+1;
traer_base_data;
cantidad_data=size (data)
cero=zeros(cantidad_data(1),1)
id_fin=cantidad_data(1)
desde=string(table2array(data(1,17)))
hasta=string(table2array(data(id_fin,17)))
set(handles.TENDENCIAS_DESDE,'String',desde)
set(handles.TENDENCIAS_HASTA,'String',hasta)
dibujar();
function Tabla_anterior_Callback(hObject, eventdata, handles)
global i_datos;
global data;

```

```

global cero;
i_datos=i_datos-1
if i_datos<=0
i_datos=1;
end
traer_base_data;
cantidad_data=size (data)
cero=zeros(cantidad_data(1),1)
id_fin=cantidad_data(1)
desde=string(table2array(data(1,17)))
hasta=string(table2array(data(id_fin,17)))
set(handles.TENDENCIAS_DESDE,'String',desde)
set(handles.TENDENCIAS_HASTA,'String',hasta)
dibujar();
% — Executes on button press in ACEPTAR_RUTA.
function ACEPTAR_RUTA_Callback(hObject, eventdata, handles)
global ubi_nueva
ubi_nueva=get(handles.NUEVA_RUTA,'String')
set(handles.uibuttongroup9,'visible','off')
function NUEVA_RUTA_Callback(hObject, eventdata, handles)
function NUEVA_RUTA_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function pushbutton67_Callback(hObject, eventdata, handles)
function CANCELAR_Callback(hObject, eventdata, handles)
set(handles.uibuttongroup9,'visible','off')
function CONT_FALLOS_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
function CONT_FALLOS_DeleteFcn(hObject, eventdata, handles)
function checkbox14_Callback(hObject, eventdata, handles)
function para_fallos_Callback(hObject, eventdata, handles)

```

## **ANEXO 3**

**Hojas de datos de los motores de potencia superior a los 120kW de la planta cementera Induatenas**