



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

**“AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DEL ANÁLISIS CAUSA
RAÍZ Y LA METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS DE MODOS DE
FALLA Y EFECTO MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE EXCEL
PARA LA CARRERA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

AUTOR:

LUIS ELÍAS ANTE SATIZÁBAL

Riobamba – Ecuador

2021



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

**“AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DEL ANÁLISIS CAUSA
RAÍZ Y LA METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS DE MODOS DE
FALLA Y EFECTO MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE EXCEL
PARA LA CARRERA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

AUTOR: LUIS ELÍAS ANTE SATIZÁBAL

DIRECTOR: Ing. Sergio Raúl Villacrés Parra

Riobamba – Ecuador

2021

© 2021, Luis Elías Ante Satizábal

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

Yo, Luis Elías Ante Satizábal, declaro que el presente trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de integración curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 15 de Septiembre de 2021

Luis Elías Ante Satizábal

080298996-2

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

El Tribunal del trabajo de integración curricular certifica que: El trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto técnico, **AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DEL ANÁLISIS CAUSA RAÍZ Y LA METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS DE MODOS DE FALLA Y EFECTO MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE EXCEL PARA LA CARRERA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**, realizado por el señor: **LUIS ELÍAS ANTE SATIZÁBAL**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del tribunal del trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. José Antonio Granizo PhD. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	_____	2021-09-15
Ing. Sergio Raúl Villacrés Parra DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	_____	2021-09-15
Ing. César Marcelo Gallegos Londoño MIEMBRO DEL TRIBUNAL	_____	2021-09-15

DEDICATORIA

Dedico este Trabajo de Titulación Curricular primero a mí Abuela María Esperanza que a pesar de no estar ya conmigo me dejó las bases necesarias con las que yo pude optar por una formación académica universitaria, hasta este momento que estoy por concluir con la misma, a mi padre Carlos Arturo Ante Quiñonez, a mi madre Elida Magdalena Satizábal Chila por sus consejos, su paciencia y el apoyo incondicional me brindaron hasta este momento de mi vida, a mi hermano Carlos José por el apoyo personal y profesional que siempre me ha dado en todo momento de mi carrera universitaria, a mí tía Gaby por el apoyo moral y la motivación que me da cada día, a mí tío Washington por enseñarme siempre el valor de ser un profesional y la importancia del estudio, también a mis familiares y compañeros que me acompañaron y me ayudaron con sus enseñanzas a alcanzar mi meta profesional

Elías

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios todopoderoso por darme la vida, salud y guiarme en cada momento de mi vida.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a la Carrera Mantenimiento Industrial y a su personal docente, a mis tutores el Ing. César Gallegos, Ing. Sergio Villacrés y el Ing. Marco Santillán por su apoyo en la ejecución del presente trabajo.

Elías

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiii
RESUMEN	xv
SUMMARY	xvi
INTRODUCCIÓN	xvii

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación y actualidad	2
1.3 Planteamiento del problema.....	2
1.4 Objetivos.....	3
1.4.1 <i>Objetivo general</i>	3
1.4.2 <i>Objetivos específicos</i>	3

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS	4
2.1 Función Requerida	4
2.1.1 <i>Función Primaria</i>	4
2.1.2 <i>Función Secundaria</i>	4
2.1.3 <i>Fallo Funcional</i>	5
2.1.4 <i>Modo de Fallo</i>	5
2.2 Causa Inmediata	5
2.3 Causa Raíz.....	6
2.4 Análisis Causa Raíz	6
2.4.1 <i>Involucrados en el ACR</i>	6
2.4.2 <i>Aplicaciones del Análisis Causa Raíz</i>	7
2.4.3 <i>Diagrama de Pareto y curvas de Pareto</i>	7
2.4.3.1 <i>Procedimiento para realizar un el diagrama de Pareto</i>	8
2.4.4 <i>Análisis del árbol de fallos</i>	9
2.4.4.1 <i>Desarrollo de la metodología</i>	9

2.4.5	<i>Los 5 Por qué</i>	12
2.4.5.1	<i>Pasos para el uso de la herramienta 5 Por qué</i>	12
2.4.6	<i>Diagrama de Ishikawa</i>	12
2.4.6.1	<i>Elaboración del diagrama de Ishikawa</i>	13
2.5	Análisis de los modos de fallo y sus efectos	14
2.5.1	<i>Objetivos del AMFE</i>	15
2.5.2	<i>Tipos de AMFE</i>	16
2.5.2.1	<i>AMFE de Sistemas</i>	16
2.5.2.2	<i>AMFE de Diseño</i>	16
2.5.2.3	<i>AMFE de Procesos</i>	17
2.5.2.4	<i>AMFE de Prestación de Servicios</i>	17
2.5.3	<i>Procedimiento para la realización del AMFE</i>	17
2.5.3.1	<i>Criterios de Severidad (SEV), Ocurrencia (OCC) y Detección (DET)</i>	18
2.5.4	<i>Beneficios del AMFE</i>	20
2.5.5	<i>Limitaciones de AMFE</i>	21
2.5.6	<i>Aplicaciones del AMFE</i>	21

CAPÍTULO III

3.	DISEÑO DEL PROCESO DE ACR Y AMFE	22
3.1	Diagrama de Pareto	22
3.2	Análisis de Casos: Diagrama de Pareto	27
3.3	Análisis de Árbol de fallos	30
3.4	Análisis de Casos: Análisis de Árbol de Fallos	32
3.5	Diagrama de Ishikawa	34
3.6	Análisis de Casos: Diagrama de Ishikawa	37
3.7	Los 5 Por Qué	39
3.8	Análisis de casos: 5 Por qué?	41
3.9	Análisis de Modos de Falla y Efectos	42
3.10	Análisis de Casos: Análisis de los modos de fallo y sus efectos	44

CAPÍTULO IV

4.	AUTOMATIZACION DE LAS METODOLOGIAS DE ACR Y AMFE	47
4.1	Resultados obtenidos	47
	CONCLUSIONES	51
	RECOMENDACIONES	52

BIBLIOGRAFÍA
ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1- 2:	Clasificación de fallos	5
Tabla 2- 2:	Símbolos lógicos utilizados en el análisis de árbol de fallos	9
Tabla 3- 2:	Reglas del Álgebra Booleana	10
Tabla 4- 2:	Formato de Hoja de trabajo del AMFE	15
Tabla 5- 2:	Valores según la Severidad	19
Tabla 6- 2:	Valores según la Ocurrencia	19
Tabla 7- 2:	Valores según el nivel de detección	19
Tabla 8- 2:	Valores de jerarquización del NPR	20
Tabla 1- 3:	Tabla de Pareto 1	23
Tabla 2- 3:	Tabla de Pareto 2	25
Tabla 3- 3:	Análisis de eventos	27
Tabla 4- 3:	Orden de Frecuencia de defectos	27
Tabla 5- 3:	Datos del diagrama de Pareto	28
Tabla 6- 3:	AMFE Parte 1	45
Tabla 7- 3:	AMFE Parte 2	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2:	Esquema del Diagrama de Análisis de Árbol de Fallos	11
Figura 2-2:	Esquema de diagrama de 5 por qué	12
Figura 3-2:	Esquema del Diagrama de Ishikawa.....	13
Figura 1-3:	Portada de herramienta de análisis de Pareto.....	22
Figura 2-3:	Pantalla de registro	23
Figura 3-3:	Controles de Tabla de Pareto.....	25
Figura 4-3:	Diagrama de Pareto en hoja de cálculo.....	26
Figura 5-3:	Informe final del Análisis de Pareto	26
Figura 6-3:	Informe Final de Pareto.....	29
Figura 7-3:	Portada de herramienta Análisis por Árbol de Fallos	30
Figura 8-3:	Pantalla de Diagrama de Árbol.....	31
Figura 9-3:	Área de resolución.....	31
Figura 10-3:	Pantalla de Cálculo de Salida	32
Figura 11-3:	Diagrama de Árbol de Fallos en Sistema de protección contra incendios.....	33
Figura 12-3:	Probabilidad de Salida AAF	34
Figura 13-3:	Portada de herramienta de Análisis de Ishikawa.....	34
Figura 14-3:	Menú de ingreso del problema	35
Figura 15-3:	Menú de ingreso de las categorías	36
Figura 16-3:	Diagrama de Ishikawa	36
Figura 17-3:	Diagrama de Ishikawa al finalizar el análisis	38
Figura 18-3:	Portada de herramienta 5 Por Qué	39
Figura 19-3:	Registro de respuestas por nivel	40
Figura 20-3:	Visualización final de herramienta de 5 Por Qué.....	40
Figura 21-3:	Diagrama de análisis de 5 Por Qué.....	41
Figura 22-3:	Portada del Análisis de Modos de Falla y Efectos	42
Figura 23-3:	Datos básicos del AMFE.....	42
Figura 24-3:	Análisis AMFE.....	43
Figura 25-3:	Tabla del AMFE parte 1	43
Figura 26-3:	Tabla del AMFE parte 2.....	43
Figura 27-3:	Diagrama comparativo de NPR	44
Figura 1-4:	Hoja de cálculo Análisis de Pareto.....	47
Figura 2-4:	Hoja de cálculo Diagrama de Ishikawa	48
Figura 3-4:	Hoja de cálculo Análisis de Árbol de Fallas	48
Figura 4-4:	Hoja de cálculo 5 Por Qué.....	49

Figura 5-4: Hoja de cálculo AMFE.....49

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1- 2:	Diagrama de Pareto.....	8
Gráfico 2- 2:	Distribución del NPR.....	20
Gráfico 1- 3:	Diagrama de eventos.....	29

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** PROGRAMACIÓN DE ANÁLISIS DE PARETO
- ANEXO B:** PROGRAMACIÓN DE DIAGRAMA DE ISHIKAWA
- ANEXO C:** PROGRAMACIÓN DE DIAGRAMA DE ÁRBOL DE FALLOS
- ANEXO D:** PROGRAMACIÓN DE 5 POR QUÉ
- ANEXO E:** PROGRAMACIÓN DE ANÁLISIS DE MODOS DE FALLOS Y EFECTOS
- ANEXO F:** DISTRIBUCIÓN DE RESULTADOS DE NPR
- ANEXO G:** MANUAL DE USUARIO

RESUMEN

El objetivo de este proyecto técnico fue la creación de herramientas informáticas para automatizar las metodologías de mantenimiento del Análisis Causa Raíz y el Análisis de Modos de fallos y efectos (AMFE), para lo cual se realizó un estudio del estado del arte en base a normativas y bibliografías de mantenimiento, se definió las metodologías a utilizarse, se crearon las hojas de cálculo y se comprobó su funcionamiento. Entre las metodologías que se van a poder automatizar está el análisis de Pareto, el diagrama de Ishikawa, la metodología de los 5 porqué, y el análisis de modos de fallo y efectos, lo que se busca es acortar el tiempo de cálculo entre estas metodologías con el fin de poder seguir de forma más rápida al análisis de estas. Para la realización de estas herramientas se utilizará el programa Microsoft Office Excel, haciendo que el ingreso de datos y visualización de estos sea más interactivo con el usuario que utilizará dichas hojas de Cálculo, a través del uso de tablas dinámicas, instrucciones creadas a través de macros y gráficas de comparación de datos calculados a través de esta herramienta. Además, se pretende que estas herramientas informáticas puedan ser utilizadas en el ámbito académico, aunque también pueden ser utilizadas en cierta medida para un análisis profesional, ya que el análisis de las causas raíz es de vital importancia para la toma de decisiones en el sector industrial. En conclusión, se realizó una herramienta informática que puede automatizar el proceso de análisis causa raíz y análisis de modos de falla y efectos, ingresando datos específicos para cada hoja de cálculo, lo que mostrará un resultado en base a los criterios establecidos por el usuario. Se recomienda la implementación del uso de herramientas informáticas para la formación académica de los estudiantes de la carrera de Mantenimiento Industrial.

Palabras clave: < AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS>, <ANÁLISIS CAUSA RAÍZ>, <ANÁLISIS DE MODOS DE FALLA>, <ANÁLISIS DE PARETO>, <DIAGRAMA DE ISHIKAWA>, <NORMA ISO31000>, <NORMA UNE-EN 60812>.



Firmado electrónicamente por:
ELIZABETH
FERNANDA AREVALO
MEDINA



2056-DBRAI-UPT-2021

SUMMARY

The aim of this technical project was creating computer tools to automating the maintenance methodologies of the root cause analysis and the Failure Mode and Effects Analysis (FMEA). For this, it was necessary to develop a study of the art's state based on maintenance regulations and bibliographies. The methodologies were defined to be applied, the spreadsheets were created, and their operation checked. Among the methodologies to be automated are found Pareto analysis, the Ishikawa diagram, the 5-why methodology, and the analysis of failure modes and effects. The purpose is shorting the calculation time between these methodologies in order to perform the analysis in a quickly way. To carry out these tools, Microsoft Office Excel was used, making the registration and visualization of data interactive with the user, who use the spreadsheets. Dynamic tables, instructions created through Macros and data comparison charts were used. In addition, these computer tools are intended to be used in the academic and professional analysis, because root cause analysis has a vital importance for making a decision in the industry. In conclusion, a computer tool was created, and this is able to automate the recording process of root cause, failure modes and effects analysis. For obtaining these results specific data must be registered for each spreadsheet and this will show a result based on the criteria detailed by the user. It is recommended the implementation of computer tools for the Industrial Maintenance students' academic training.

Keywords: <PROCESS AUTOMATION>, <ROOT CAUSE ANALYSIS>, <FAILURE MODE ANALYSIS>, <PARETO ANALYSIS>, <ISHIKAWA DIAGRAM>, <ISO31000 STANDARD>, <UNE-EN 60812 STANDARD>.

SANDRA
PAULINA
PORRAS
PUMALEMA

Firmado
digitalmente por
SANDRA PAULINA
PORRAS PUMALEMA
Fecha: 2021.12.02
12:09:42 -05'00'

INTRODUCCIÓN

El mantenimiento industrial puede estudiarse desde dos puntos de vista, la planificación de las tareas de mantenimiento y la ejecución de estas mismas, al realizar correctamente este estudio pueden reducirse costos de reparaciones, reducir tiempo de parada de equipos ya sea por tareas de reparación o preservación de los activos y tiempo por reincidencia de fallas los equipos que están bajo la supervisión del departamento de mantenimiento en el sector industrial ecuatoriano.

Las metodologías para el análisis de fallos al ser analizadas e implementadas de una correcta manera son de esencial importancia para la correcta determinación del origen de las causas que llevan a un activo al fallo y en consecuencia una correcta intervención de parte de los técnicos de mantenimiento, ya que de no ser este el caso existe la probabilidad de actuar en los síntomas de fallos mientras el causante original de la avería sigue presente en el activo, esto puede llevar a la generación de mayores fallos, tiempos prolongados en mantenimiento y un aumento considerable de costos.

Debido a esto el correcto estudio y la implementación de las diferentes metodologías de mantenimiento, ayudan a la correcta toma de decisiones e implementación de estrategias para el departamento de mantenimiento.

El estudio de las metodologías de mantenimiento debe ser el adecuado, tratando de enfocarse en las decisiones que se deben tomar después de la implementación de las herramientas, partiendo de este punto, a pesar de que vivimos en una era ya marcada por los constantes cambios y mejoras tecnológicas, ciertas áreas de estudio siguen siendo impartidas de forma tradicional, mientras que otras están dominadas por el uso de programas poco interactivos, con una curva de aprendizaje muy pronunciada y hasta económicamente fuera del alcanza del sector estudiantil que se dedica al mantenimiento.

Por estas razones se propone la creación de herramientas de automatización de las metodologías de mantenimiento, con la finalidad de acortar el tiempo de escritura, diseño y cálculo de estas y que el sector estudiantil utilice este tiempo para profundizar en el desarrollo de soluciones que puedan mitigar o eliminar los problemas que han surgido antes y durante el proceso de análisis del activo a estudiar.

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES

1.1 Antecedentes

En el sector industrial la producción debe ser constante y con el mínimo de paradas, para ello los activos deben estar funcionando a la capacidad necesaria de acuerdo con el nivel requerido por cada industria. Uno de los inconvenientes que tienen las industrias es que al presentarse una falla no se realiza el análisis necesario para saber por qué ésta ocurrió, por consecuencia los fallos se repiten, lo que resulta en una mayor cantidad de paradas de los equipos, elevados costos de mantenimiento, pérdidas de producción y económicas por parte del sector industrial.

Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) han impulsado en las últimas dos décadas el desarrollo de herramientas informáticas a fin de integrarlas a los procesos de enseñanza y aprendizaje en pos de mejorar la calidad educativa en los distintos niveles de educación” (Martins, y otros, 2019 pág. 1)

En el sector académico, los estudiantes de mantenimiento para la realización de sus actividades han utilizado herramientas tradicionales, como papeles impresos y folletos, aunque se reconoce que este tipo de herramientas resulta útil a la hora de realizar los estudios, este método de enseñanza no se ajusta a el tiempo actual, donde comienza a ser más frecuente el uso de herramientas informáticas para el desarrollo de las actividades académicas o profesionales

EL AMFE fue aplicado por vez primera por la industria aeroespacial en la década de los 60, e incluso recibió especificaciones según norma militar americana MIL-STD 16291 titulada “Procedimientos para la realización de análisis de modos de fallo, efectos y criticidad”.

En la década de los 70 lo empezó a utilizar Ford, extendiéndose más tarde al resto de fabricantes móviles. En la actualidad es un método básico de análisis en el sector del automóvil que se ha extrapolado satisfactoriamente a otros sectores. Este método, también puede recogerse con la denominación del AMFEC, al introducir de manera remarcable y más precisa la especial gravedad de las consecuencias de los fallos.

1.2 Justificación y actualidad

En la actualidad, los estudiantes de la Carrera de Ingeniería de Mantenimiento no cuentan con una herramienta con la que puedan complementar los conocimientos que han obtenido a lo largo de su vida universitaria, para tener uso de este tipo de herramientas cada estudiante debería adquirir una licencia, que al tener un elevado valor monetario a los estudiantes les puede resultar complicado obtener este tipo de programas.

El concepto indicado de Análisis de modo de fallo y efecto cita que: “El análisis de Modo de Fallo y sus Efectos (AMFE) es un procedimiento sistemático de análisis de un sistema para identificar los modos de fallo potenciales, sus causas y sus efectos en el funcionamiento del sistema.”. (UNEEN60812, 2008 pág. 10)

Mitchell Zúñiga en su trabajo de Análisis Causa Raíz aplicado a fallas en equipos críticos explico que el análisis causa raíz es un método para analizar los problemas desde su origen, ya que cada fallo ocurre por algunas razones y esta secuencia de acciones conducen al fracaso (Zúñiga Pozo, 2016 pág. 9)

La Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, entre los lineamientos de investigación, que pueden desarrollar los estudiantes de la Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Industrial, está el desarrollo de herramientas de mantenimiento como el ACR y el AMFE que se ocupan de forma proactiva con la finalidad de evitar la recurrencia de fallos y disminuir los costos de mantenimiento.

1.3 Planteamiento del problema

Toda investigación científica referente a un accidente, evento catastrófico o falla debe estar estructurado mediante una pirámide, es decir debe existir una base de hechos verificables y pruebas en la parte inferior siendo estos los que constituyen la base de análisis basado en principios científicos y métodos comprobados. (Otegui, 2015 pág. 246)

Las industrias deben de tener una producción constante para poder competir tanto en el mercado nacional como internacional, para esto sus activos deben estar funcionando de manera correcta con el mínimo de paradas posibles, en el momento que falla un equipo y al ser reparado de manera superficial, no se toma en cuenta el verdadero origen de las fallas, por lo que se incurre a otra falla del mismo tipo, lo que ocasiona mayor cantidad de fallos, perdidas en materiales y perdida de producción, por lo que el personal de mantenimiento debe analizar de manera correcta que le

ocurre a los equipos que están a su cuidado y así evitar todo este tipo de pérdidas. Por lo que es pertinente que las personas que estudian el mantenimiento tengan el conocimiento y las herramientas para la realización de estos análisis de manera clara y para que puedan obtener los resultados deseados en el campo ocupacional en el que están o aspiran obtener.

Para el desarrollo de este proyecto se debe tener claros los conocimientos acerca del uso de las metodologías de Análisis causa raíz y del Análisis de modos de falla y efecto. Para el desarrollo de estas metodologías existen programas que realizan estos procesos, entre los cuales están “CAUSELINK DESTOP”, “ReliaSoft XFMEA”, “Visual Factor FMEA”, estos programas aparte de no contar con una interfaz intuitiva para el usuario se requiere contratar una licencia de la cual la politécnica no cuenta con estas para el uso de los estudiantes que requieren para su manejo y aprendizaje siendo este el motivo para la realización de este proyecto.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Automatizar el proceso del Análisis Causa Raíz y la metodología del Análisis de Modos de Falla y Efecto mediante la utilización de Excel para la Carrera de Mantenimiento Industrial

1.4.2 Objetivos específicos

Revisar el estado del arte de la metodología del Análisis Causa Raíz y el Análisis de Modos de Fallo y Efectos en base a las normas ISO 31000 y UNE-EN 60812 respectivamente.

Definir los métodos y las variables a utilizar en cada metodología.

Elaborar las herramientas para desarrollo de las metodologías de Análisis Causa Raíz y Análisis de Modos de Fallo y Efectos a través de Microsoft Excel.

Realizar pruebas funcionales de la herramienta desarrollada

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 Función Requerida

Según la Norma UNE EN 13306 se denomina función requerida a: “*Función o combinación de funciones de un elemento que se consideran necesarias para proporcionar un servicio dado*”. (UNEEN13306, 2002 pág. 5). Esto significa que la función requerida debe estar acorde a las condiciones o circunstancias en las que va a operar determinado elemento.

2.1.1 *Función Primaria*

Para una organización la compra de activos se hace en función de las necesidades que tiene la misma, por lo que al momento de la compra se describe la función que tendrá ese activo, con esto se puede decir que la función primaria: “*Es la razón principal por la que se adquiere un activo*”. (Basson, 2018 pág. 87). Estas funciones principales por lo general son fáciles de identificar ya que se basan en su función principal, por ejemplo una cinta transportadora su función principal es transportar.

2.1.2 *Función Secundaria*

Al momento de adquirir un activo se espera que este cumpla una o más funciones además de su función principal (Basson, 2018 pág. 90), por ejemplo una volqueta fue adquirida para transportar 10 toneladas de material, siendo esta su función principal, pero esta también cuenta con otras funciones sea consumir 40 litros de combustible, por cada 100 km/h o transportar una determinada cantidad de pasajeros.

Para un correcto enunciado de las funciones se debe seguir una de las siguientes estructuras denotadas por:

VERBO + OBJETO + ESTANDAR DE FUNCIONAMIENTO

Tomando en cuenta la función secundaria anterior se puede definir que consumir es considerado como el verbo, 40 litros de combustible es el objeto y el estándar de funcionamiento esta dado por cada 100 km/h.

Con la finalidad de que no se dejen pasar ninguna función se las divide en las siguientes ocho categorías:

- Seguridad, integridad estructural
- Apariencia
- Economía, eficiencia
- Funciones superfluas
- Integridad ambiental
- Control, contención, comodidad, limpieza
- Protección
- Reciclaje, reutilización, regulaciones y requisitos reglamentarios

2.1.3 *Fallo Funcional*

El fallo funcional se lo define como la incapacidad de cumplir con una función (Regan, 2012 pág. 67), así mismo los fallos funcionales se dividen en dos:

Tabla 1- 2: Clasificación de fallos

Fallos Totales	Fallos Parciales
Es cuando el activo pierde por completo su capacidad de realizar una función.	Es la incapacidad de cumplir con su función requerida a un nivel satisfactorio.

Fuente: (Regan, 2012)

Realizador por: Ante Luis, 2021.

2.1.4 *Modo de Fallo*

Según la UNE-EN 13306, se define a un modo de fallo como: “*La manera en que se produce la inaptitud de un elemento para realizar una función requerida*” (UNEEN13306, 2002 pág. 11), este concepto depende de cada autor ya que un modo de fallo se puede definir también como la causa física en la que falla un elemento.

2.2 **Causa Inmediata**

Por definición son los eventos o condiciones que ocurren antes del resultado indeseado, las cuales producen directamente su ocurrencia y que de haber sido eliminado o modificado, se podía prevenir el resultado indeseado. (Otegui, 2015 pág. 252)

Es decir que las causas inmediatas son las causas directas, por lo tanto son las que producen el resultado no deseado en nuestro elemento o proceso.

2.3 Causa Raíz

Se define como cada uno de los múltiples factores, eventos, condiciones o factores orgánicos, que contribuyeron a la creación de la causa inmediata y su consecuente resultado inmediato que se podría haber prevenido, eliminando o modificando dichos factores. (Otegui, 2015 pág. 252)

Al referirse a la causa raíz nos referimos al origen de una situación que al no ser debidamente tratada puede derivarse en múltiples eventos que llevan a un resultado indeseado.

2.4 Análisis Causa Raíz

El Análisis Causa Raíz con sus siglas ACR se define como un método estructurado utilizado para determinar la causa raíz de un posible resultado no deseado y poder determinar acciones para prevenir la ocurrencia de éstos. (Otegui, 2015 pág. 252)

El propósito principal para el desarrollo de un Análisis Causa Raíz es la identificación y localización del problema principal con el objetivo de que estas situaciones puedan ser eliminadas o modificadas para que no se vuelvan a producir problemas o accidentes similares en el futuro, en el caso de no aplicarse correctamente esta metodología, se podría llegar a identificar y arreglar las causas inmediatas lo que conduce a que las causas subyacentes se sigan produciendo en la misma área o sus áreas relacionadas por la razón de que no fue tratado el problema principal.

Una investigación ACR une la causa y el efecto final con el fin de determinar lo que sucedió, por qué sucedió y lo más importante averiguar qué hacer para reducir la probabilidad de que vuelva a suceder. (Zúñiga Pozo, 2016 pág. 9)

2.4.1 Involucrados en el ACR

Para comenzar con la creación de un ACR en una organización, se debe contar con un equipo suficientemente calificado, este equipo generalmente debe estar conformado por un líder de equipo, un facilitador, personal de operaciones, ingeniero de procesos, personal de mantenimiento y personal experto en materia de análisis, siendo este caso en el ámbito industrial, de una forma más general, deben estar involucrados todo el personal que pueda contribuir con su experiencia y conocimiento de cada caso que se presente (Fuenmayor, 2017 pág. 5).

Los miembros del equipo deben ser imparciales y necesitan estar enfocados en hallar las causas raíz asociadas en el problema que está tratando la organización. Lo que algunos autores recomiendan es reunir un grupo de entre 5 o 7 personas.

De forma general cada miembro de este equipo debe estar enfocado en la búsqueda de una verdadera y correcta solución de los problemas, evitando enfocarse en una búsqueda innecesaria de culpables ya que esto puede comprometer la investigación y conlleva a un resultado insatisfactorio e incluso, puede llegar a omitirse la causa raíz del evento principal.

2.4.2 *Aplicaciones del Análisis Causa Raíz*

La metodología del ACR permite:

- Establecer las soluciones y definir responsabilidades.
- Identificar las causas raíz que se deberán eliminar de forma sistemática.
- Definir un plan de acción y cronograma de ejecución.
- Identificar las causas raíz de las intervenciones humanas para eliminarlas de fondo con un plan de acción concreto y justificado.
- Trabaja a partir de un hecho y se aplica a todo tipo de proceso.

2.4.3 *Diagrama de Pareto y curvas de Pareto*

El diagrama de Pareto es un tipo de distribución de frecuencias, que se prepara recogiendo datos ya sea del número de diferentes tipos de defectos, reprocesos, desechos y reclamaciones, o de pérdidas en dinero y porcentajes junto con sus causas las que se presentan en orden creciente de frecuencias. (Ishikawa, 2007 pág. 139).

El diagrama de Pareto es un diagrama de barras con datos organizados de mayor a menor utilizado para la identificación de datos que ocurren con una frecuencia mayor y con ello poder tomar acciones con respecto a los datos que se están exponiendo.

El diagrama de Pareto se basa en el Principio de Pareto, también conocido como la “Ley del 80-20” o “Pocos Vitales, Muchos triviales”, en donde se denota que algunos elementos (20%) generan mayor parte de los efectos (80%) y el resto genera muy poco efecto total. (Gutiérrez Pulido, 2010 pág. 179)

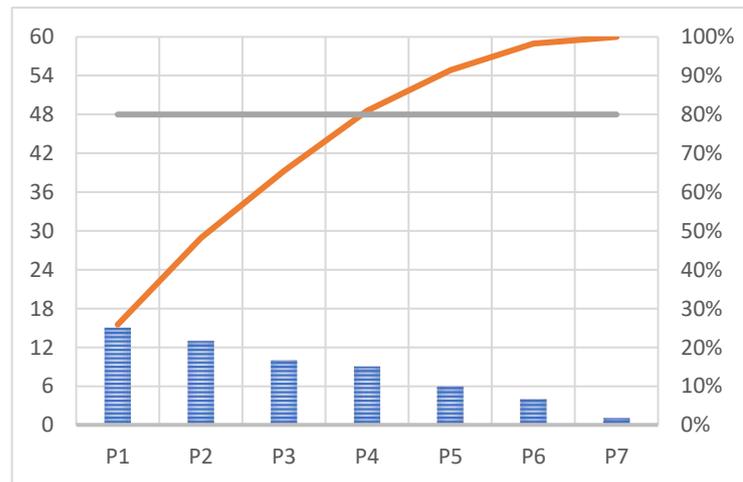


Gráfico 1- 2: Diagrama de Pareto

Realizado por: Ante Luis, 2021

La utilización del diagrama de Pareto es de vital importancia en las organizaciones ya que a través de su utilización se puede separar los problemas más importantes de los muchos problemas secundarios para poder enfocarse en la mejora de los procesos, ayuda en la organización de datos según su prioridad o su importancia y usa datos reales no percepciones para la determinación de los problemas de mayor importancia.

2.4.3.1 Procedimiento para realizar un el diagrama de Pareto

- a. Se debe definir la escala de medición para las causas potenciales, sea por su frecuencia de ocurrencia o por el costo.
- b. Definir un periodo de tiempo para la recopilación de los datos de las causas potenciales tomando en cuenta que este tiempo debe ser el que sea necesario para poder observar una cantidad significativa de ocurrencias.
- c. Recopilar los datos para cada causa potencial dependiendo de la naturaleza del problema.
- d. Ordenar los valores de las causas posibles en orden descendente de acuerdo con los datos recolectados
- e. Realizar los cálculos de los datos ordenados, comenzando con el acumulado de los mismos, el porcentaje y el porcentaje acumulado.
- f. Graficar en barras las causas siendo el eje X estas causas, en el eje Y izquierdo las frecuencias de estas.
- g. Graficar la curva de la acumulada, para lo cual se utiliza el eje Y derecho donde previamente se colocaron los valores acumulados de las frecuencias.
- h. Analizar el diagrama

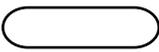
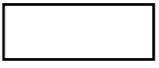
Las gráficas de Pareto son utilizadas para la identificación de diferentes tipos de problemáticas, para la medición del impacto de los cambios realizados antes y después de un proceso y para el desglose de causas generales en otras más específicas.

2.4.4 Análisis del árbol de fallos

EL FTA (Fault-Tree Analysis) en español análisis de árbol de fallos es un diagrama lógico que describe las relación que existe entre los modos de fallo y sus consecuencias, este muestra de forma jerárquica todas las fallas que han ocurrido en un sistema, subsistema, ensamble, modulo hasta llegar al componente, en ocasiones el diagrama comienza considerando los efectos de la falla del sistema, estos siendo denominados como “Eventos topes”, y el análisis continua con la determinación de las causas de fallo individuales o combinadas de los eventos en los niveles inferiores. (Tongdan, 2019 pág. 120).

En la figura a continuación se denotarán los diferentes diagramas que se utilizan en el desarrollo del análisis de árbol de fallos:

Tabla 2- 1: Símbolos lógicos utilizados en el análisis de árbol de fallos

Símbolo	Descripción
	Evento tope: Nivel superior de la falla no deseada
	Evento Básico: tratado como una causa principal sin mayor resolución
	Evento Falla: Describir la falla de nivel inferior
	Evento no desarrollado: eventos que por su complejidad no pueden tratarse como eventos básicos, para evitar que el árbol de conierta en algo muy grade e inmejorable
	Compuerta Y: la falla del próximo evento ocurrirá si fallan todas las entradas
	Compuerta O: la falla del próximo evento ocurrirá si falla alguna entrada

Fuente: (Tongdan, 2019 pág. 120)

Realizado por: Ante Luis, 2021

2.4.4.1 Desarrollo de la metodología

El análisis de árbol de fallas consta de los siguientes pasos:

- a. Definir el evento tope.

- b. Conocer el sistema.
- c. Construir el árbol.
- d. Evaluar el árbol.
- e. Considerar alternativas y recomiende medidas.

Definir el evento tope. Siendo este el motivo principal del análisis o el resultado final del incidente.

Conocer el sistema. Se debe tener un conocimiento teórico sobre el funcionamiento del sistema y su contexto operacional.

Construir el árbol. En este punto se debe de utilizar la simbología descrita anteriormente.

Evaluar el árbol. El diagrama de árbol debe ser examinado para enfocarse en las áreas donde se necesitan implementar mejoras en los procedimientos o para disminuir algún riesgo.

Cuando se planea realiza un análisis cuantitativo en el árbol de fallas se deben tomar en cuenta los siguientes pasos:

- Determinar las combinaciones mínimas para simplificar el árbol.

Esto se debe realizar a través de reducción de ecuaciones por álgebra Booleana utilizando las fórmulas básicas planteadas a continuación:

Tabla 3- 2: Reglas del Álgebra Booleana

Ley Conmutativa	$X*Y=Y*X$
	$X+Y=Y+X$
Ley Asociativa	$X*(Y*Z)=(X*Y)*Z$
	$X+(Y+Z)=(X+Y)+Z$
Ley Distributiva	$X*(Y+Z)=X*Y+X*Z$
	$X+Y*Z=(X+Y)*(X+Z)$
Ley Idempotente	$X*X=X$
	$X+X=X$
Ley de Absorción	$X*(X+Y)=X$
	$X+X*Y=X$
Teorema de Morgan	$X*Y=Y+X$
	$X+Y=Y*X$
Otras relaciones Matemáticas	$X*(X+Y)=X$
	$X+(X*Y)=X$

Realizado por: Ante Luis, 2021

- Determinar la probabilidad de ocurrencia por evento.
- Combinar las probabilidades de los eventos por las compuertas lógicas.

Compuesta “Y”: siendo la probabilidad a la salida el producto de sus probabilidades de entrada

$$PO=P1*P2*...Pn \quad (1)$$

Compuesta “O”: siendo la probabilidad a la salida la de sus probabilidades de entrada

$$PO=1-((1-P1)*(1-P2)*...(1-Pn)) \quad (2)$$

Donde:

PO = Probabilidad de salida

Pn = Probabilidad individual

- Determinar la probabilidad de ocurrencia del evento tope
- Identificar las combinaciones mínimas a causas comunes de fallos

Considerar alternativas y recomendar medidas. Este es el paso final de la metodología, en donde se recomiendan acciones correctivas o medidas de mejora.

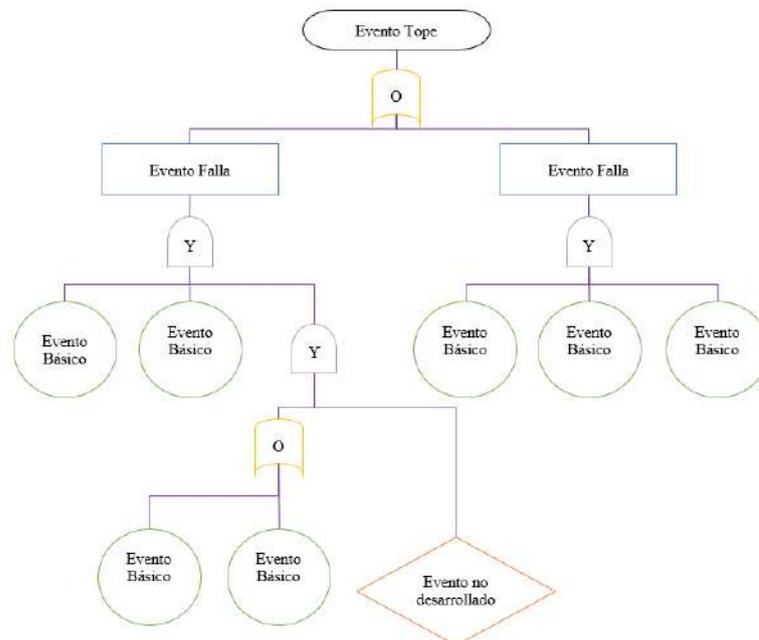


Figura 1-2: Esquema del Diagrama de Análisis de Árbol de Fallos

Realizado por: Ante Luis, 2021

2.4.5 Los 5 Por qué

Es una técnica utilizada para llegar a la raíz de un problema haciendo hasta cinco preguntas sucesivas después de cada respuesta, esto ayuda a identificar la causa raíz de un problema y mostrar las diferentes causas con las que está relacionado este. (Duffy, y otros, 2020 pág. 120).

2.4.5.1 Pasos para el uso de la herramienta 5 Por qué

- Se describe el problema de manera específica
- Preguntar por qué sucede
- Si con la respuesta obtenida no se identifica una causa raíz, se pregunta otra vez
- Continuar preguntando hasta identificar las causas fundamentales, esto lleva más o menos de cinco por qué.

Se llega a una causa raíz cuando no se puede más información que sea útil en nuestro análisis, para esto debemos concentrarnos en analizar los aspectos del proceso de el problema no a las personalidades involucradas.

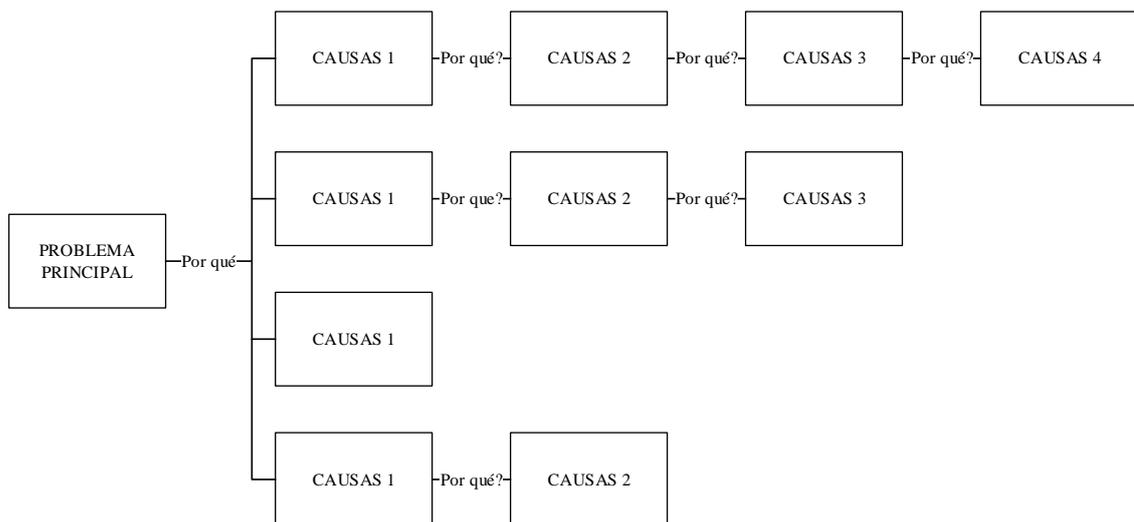


Figura 2-2: Esquema de diagrama de 5 por qué

Realizado por: Ante Luis, 2021

2.4.6 Diagrama de Ishikawa

El diagrama de Ishikawa o espina de pescado llamado así por la forma de pez con la que se lo dibuja fue desarrollado por Kaoru Ishikawa en la década de 1960, en este se considera como causas fundamentales al hombre, el método, la máquina, las medidas y los materiales, estas

categorías se colocan en la línea superior del diagrama y se agregan huesos (líneas) con el fin de detallar las posibles causas raíz. (Kerkstra, y otros, 2018 pág. 14).

El diagrama nos ayuda a mostrar la relación de partes y sub-partes mediante la determinación de factores que causan un resultado o efecto sea positivo o negativo, centrarse en un resultado específico sin acciones irrelevantes, determinar causas fundamentales de determinado efecto e identificar áreas con carencia de datos. (Duffy, y otros, 2020 pág. 188).

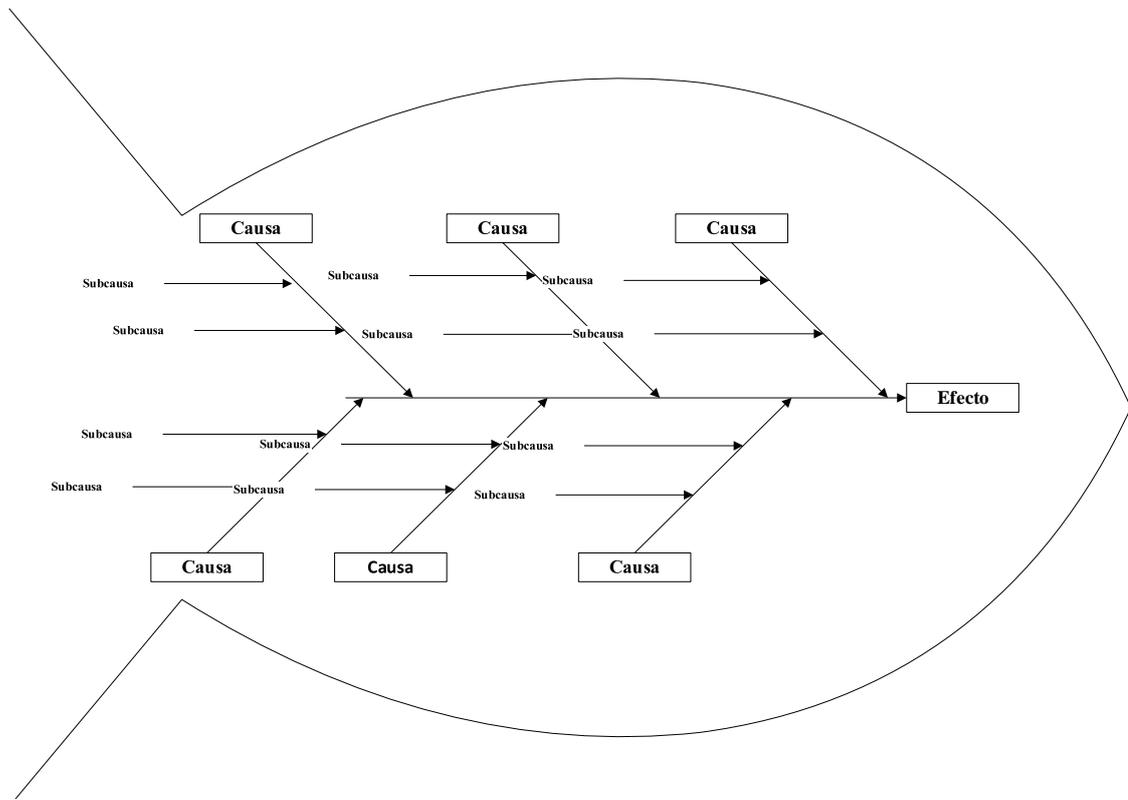


Figura 3-2: Esquema del Diagrama de Ishikawa

Realizado por: Ante Luis, 2021

2.4.6.1 *Elaboración del diagrama de Ishikawa*

Una vez expuesto lo que es el diagrama de Ishikawa se debe saber que un error común es elaborarlo sin antes haber analizado de forma global las causas raíz, enmascarando de forma involuntaria estas, o cometer errores que suponen una pérdida de importante de tiempo. (Walter Stachú, 2009 pág. 5).

Para eso el diagrama de Ishikawa se lo elabora de la siguiente forma

- a. Establecer la definición del efecto o problema

- b. Trazar una flecha y escribir el efecto en el lado derecho de la misma
- c. Identificar las principales causas a través de flechas secundarias que terminan en el trazo de la flecha principal donde describimos el problema
- d. Identificar las causas secundarias a través de flechas que terminan en las flechas secundarias, así mismo con las posibles causas terciarias.
- e. Definir los principales conjuntos de causas probables utilizando las 5 M's (Material, Máquina, Método de trabajo, Mano de obra y Medio ambiente), como principal categorización, o definir nuevas categorías en base a los requerimientos y contexto de la máquina a analizar.
- f. Señalar los factores que tienen una incidencia importante sobre el problema principal.
- g. Registrar cualquier información que resulte útil en el análisis.

Para las 5 M's se analiza los materiales como la parte principal inicial de la producción, la máquina estudia las entradas y salidas del proceso, el método de trabajo cuestiona la forma de realización de las cosas, la mano de obra se enfoca en el personal como la fuente del fallo y el medio ambiente son las condiciones externas que pueden afectar el proceso

Cuando utilizamos el diagrama de Ishikawa, también conocido como diagrama de espigas de pescado tenemos el beneficio de que en nuestro análisis vamos a poder llegar a la causa principal de nuestro problema permitiéndonos centrarnos en este mismo en lugar de prestar atención a causas secundarias.

2.5 Análisis de los modos de fallo y sus efectos

Es un procedimiento sistemático en el que se identifican los potenciales modos de fallo, sus causas y sus efectos en el funcionamiento de un sistema, software o proceso. (AENOR, 2008). Para obtener un AMFE eficiente se debe realizar en la fase inicial del desarrollo, esto se hace con el fin de mitigar o eliminar modos de fallo de forma más eficiente o cuando el sistema este lo suficientemente definido. Una parte esencial para la correcta realización del AMFE es contar con un equipo cualificado que pueda identificar y evaluar las magnitudes y consecuencias de los fallos potenciales en un sistema. El formato de hoja de trabajo del AMFE se denota en la Tabla 2-4.

La ASQ (American Society for Quality) define al AMFE como una herramienta de confiabilidad que ayuda en la definición, identificación, priorización y eliminación de fallas sean conocidas o potenciales en un sistema o proceso antes que llegue al cliente. (Stamatis, 2015 pág. 19).

2.5.1 *Objetivos del AMFE*

Entre los objetivos que se tiene para la realización del Análisis de Modos de Fallo y Efectos tenemos:

- Identificar y evaluar todos los efectos no deseados en el sistema analizar la secuencia de modos de fallo en los elementos de cualquier nivel jerárquico, sea cual sea su causa.
- Determinar la criticidad de cada modo de fallo en el sistema y su impacto en el proceso.
- Clasificar los modos de fallo de acuerdo con características pertinentes para el estudio.
- Identificar los fallos funcionales.
- Evaluar la severidad y probabilidad de fallo.
- Diseñar un plan de mejora.
- Implementar en el plan de mantenimiento.

Tabla 4- 2: Formato de Hoja de trabajo del AMFE

ANÁLISIS DE MODOS DE FALLO Y EFECTOS											HOJA	REV I. N°	FECHA	PO R		
											de					
DE PROCESO			DE DISEÑO													
PRODUCTO:			PROCESO:				RESPONSABLE:									
ESPECIFICACIONES:			OPERACIONES:				FECHA:									
FECHA DE EDICIÓN:			ACTUAR SOBRE NPR>QUE:				REVISADO:									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Valoración			17
													14	15	16	

Fuente: (UNEEN60812, 2008)

Realizado por: Ante Luis, 2021

Donde:

1. Nombre Producto
2. Operación o función
3. Modo de falla
4. Efecto de falla
5. Severidad
6. Causas de falla
7. Ocurrencia
8. Controles Actuales

9. Detección
10. NPR: Número prioritario de riesgo
11. Acciones correctoras
12. Responsables
13. Acciones Implantadas
14. Nueva Severidad
15. Nueva Ocurrencia
16. Nuevo Nivel de detección
17. Nuevo NPR

2.5.2 Tipos de AMFE

Debido a que el AMFE se puede aplicar en sistema, diseño, proceso y prestación de servicios, se procede a dividirlo de acuerdo con esta categorización:

2.5.2.1 AMFE de Sistemas

Un sistema es un conjunto de elementos que trabajan juntos para desarrollar una tarea deseada, al aplicar en este nivel el AMFE se pueden identificar posibles modos de fallo y efectos que pueden afectar de forma negativa al funcionamiento de este. (Walker, y otros, 2019 pág. 225)

Cuando el AMFE se lo realiza a nivel de sistema, este se centra en los límites de interés del sistema donde es más probable la ocurrencia de fallos potenciales, siendo estos límites el funcional donde se espera como resultado una operación normal del sistema y el operacional que comprende los resultados en función a características más específica del funcionamiento de cada sistema.

2.5.2.2 AMFE de Diseño

Un diseño de productos es un conjunto de especificaciones de todos los aspectos del producto sea su función principal, parámetros operativos, tolerancia, materiales, dimensiones, entre otras. La aplicación del AMFE se la debe realizar en la etapa de diseño del producto con el propósito de identificar posibles modos de fallo que puedan dar como resultado una falla del diseño. (Walker, y otros, 2019 pág. 225)

Los AMFE de diseño son considerados parte fundamental en el desarrollo de productos, debido a que se hace un estudio del producto desde la etapa de la concepción del proyecto, aprobación de este mismo, para pasar a la etapa de diseño y su consecuente aprobación.

2.5.2.3 *AMFE de Procesos*

Un diseño de proceso se denomina al conjunto de especificaciones que describe cada uno de los aspectos del proceso sea este los componentes funcionales, el paso de los procesos, los equipos se utilizaran y el personal que participa en el mismo. El AMFE de diseño de proceso se debe aplicar en el punto más temprano posible para evitar probables modos de falla en el diseño. (Walker, y otros, 2019 pág. 225)

2.5.2.4 *AMFE de Prestación de Servicios*

La prestación de servicios está dada por un conjunto de tareas diseñadas para satisfacer las necesidades del cliente, en este, el AMFE se realiza para poder identificar modos de fallo que puedan dar como resultado la insatisfacción del cliente con el producto final. (Walker, y otros, 2019 pág. 225).

Para la realización de este AMFE se recomienda que sea realizado lo más pronto posible en el nivel de diseño ya que este punto es clave para el correcto desarrollo del AMFE de prestación servicios.

2.5.3 *Procedimiento para la realización del AMFE*

De forma ideal un AMFE debe realizarse con mediante una lluvia de ideas en un grupo conformado de diversos expertos en el área en la que se realizará el AMFE (Sinnott, y otros, 2020 pág. 476), al tratarse de un AMFE de análisis de seguridad de procesos el equipo deberá incluir:

- Experto en equipos de procesos
- Experto en control de procesos
- Experto en operaciones de procesos
- Experto en análisis de seguridad
- El Ingeniero de diseño de procesos

Una vez conformado el equipo se procederá a realizar del análisis de la siguiente manera:

- a. Se comienza a revisar los procesos y definiendo la función del elemento a analizar
- b. Para cada función, se define mediante una lluvia de ideas los modos de fallo.

- c. Para cada modo de fallo se debe definir una posible consecuencia, teniendo en cuenta que puede haber algunas consecuencias que pueden desencadenar el mismo modo de fallo.
- d. Para cada modo de fallo y consecuencia de enumerar las posibles causas de este, teniendo en cuenta que varias causas pueden llegar a determinado modo de falla.
- e. A cada causa se deben enumerar los sistemas que evite que esta ocurra o que con su uso se puedan detectar a tiempo las causas por los operadores. En este paso se deben poner los equipos que se encuentran en ese momento sin asumir que serán colocados en el futuro.
- f. Una vez realizado esto se les asigna a las consecuencias un número de severidad (SEV) que se define como la medida del impacto de la consecuencia.
- g. Luego se le asigna un número de probabilidad de ocurrencia (OCC), esta se define como la frecuencia con la que ocurre determinada causa.
- h. Después se le debe asignar un número de detección (DET), este se califica la probabilidad de detección de las causas o de los modos de fallo por el operador para poder emitir una respuesta oportuna a la falla.
- i. Estos tres números SEV, OCC y DET se multiplican para obtener el número de probabilidad de riesgo (RPN).
- j. Según el valor de este número RPN se deberán tomar acciones que requieran algún tipo de mejora o cambio en el proceso, siendo que si el RPN es alto se necesitan tomar acciones, en cambio sí es bajo significa que no requiere de ninguna acción correctiva.

Para un uso correcto del AMFE este debe actualizarse en el momento que ocurra un cambio en el proceso o diseño del sistema analizado.

2.5.3.1 Criterios de Severidad (SEV), Ocurrencia (OCC) y Detección (DET)

La construcción del análisis es simple, se utiliza una fórmula matemática de cada uno de sus componentes, para cada modo de fallo se debe proporcionar un Número Prioritario de Riesgo (NPR) (Rainey, 2005 pág. 326).

$$\text{NPR} = \text{S} * \text{O} * \text{D} \quad (3)$$

Donde:

NPR= Número Prioritario de Riesgo

S = Severidad

O = Ocurrencia

D = Nivel de Detección

Para la selección de los valores de criterio en cuanto a la severidad, ocurrencia y el nivel de detección de debe tomar de referencia las tablas a continuación:

Tabla 5- 2: Valores según la Severidad

Efecto	Clasificación	Nivel de severidad
Ninguna	1-2	No tiene ningún efecto
Baja	3-4	Tiene efecto sobre la máquina
Moderada	5-6	Tiene efecto sobre la producción
Elevada	7-8	Tiene efecto sobre el medio ambiente
Muy Elevada	9-10	Tiene efecto sobre la vida humana

Realizado por: Ante Luis, 2021

Tabla 6- 2: Valores según la Ocurrencia

Efecto	Clasificación	Nivel de Ocurrencia
Ninguna	1-2	No registra fallos
Baja	3-4	Registra un fallo
Moderada	5-6	Registra entre uno y de cinco fallos
Elevada	7-8	Registra entre cinco y diez fallos
Muy Elevada	9-10	Registra más de diez fallos

Realizado por: Ante Luis, 2021

Tabla 7- 2: Valores según el nivel de detección

Efecto	Clasificación	Nivel de detección
Muy elevada	1-2	No puede ser detectado de ninguna forma
Elevada	3-4	Puede ser detectado por el operador
Moderada	5-6	Puede ser detectado mediante inspección visual
Escasa	7-8	Puede ser detectado con la utilizando equipo básico
Muy Escasa	9-10	Puede ser detectado por un técnico especializado

Realizado por: Ante Luis, 2021

Para la distribución de valores de la tabla del NPR se realiza una gráfica representando los 120 valores posibles que puede tomar la combinación de los 3 criterios mencionados en el punto anterior, se obtiene al segmentar la gráfica en tres partes iguales los primeros 40 valores corresponderán al criterio más bajo del NPR, las cifras situadas desde 40 a 80 estarán ubicados en una valorización media y los dígitos entre 80 y 120 serán la más alta valorización en el NPR. Anexo 5.

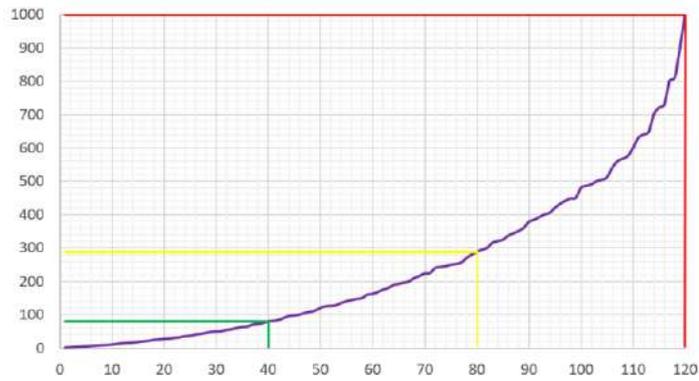


Gráfico 2- 1: Distribución del NPR

Realizado por: Ante Luis, 2021

Una vez distribuidos los valores la tabla de jerarquización queda de la siguiente manera:

Tabla 8- 2: Valores de jerarquización del NPR

Clasificación	Criterio
288-1000	Alto Riesgo de falla
80 – 288	Riesgo de falla medio
1-80	Riesgo de falla bajo

Realizado por: Ante Luis, 2021

Al obtener el Número prioritario de riesgo (NPR) y clasificarlo según sus resultados se procede a ordenar los modos de fallo de manera que en los valores más elevados se prioricen las acciones necesarias para mitigar o eliminar estos riesgos, una vez implementadas estas acciones y después de constatar las mejoras se procede a calcular nuevamente el NPR.

2.5.4 Beneficios del AMFE

Al ser un eficaz y eficiente el AMFE proporciona un proceso sistemático para la evaluación de procedimientos o sistemas que nos proporciona (Ostrom, y otros, 2019 pág. 146)

- Una visión más específica de las áreas de falla en un proceso, sistema, procedimiento o componente.
- Potenciales efectos de fallo en las áreas antes mencionadas.
- Potenciales causas de fallo
- Alternativas para reducir la probabilidad de fallas.
- Métodos de mejora de las causas de fallos.
- Clasificación de los riesgos de falla
- Un punto de inicio para crear un plan de control.

2.5.5 Limitaciones de AMFE

En el análisis de modos de fallo y efectos existen algunas limitaciones que deben estar expuestas de forma clara antes de su aplicación, entre las cuales tenemos:

Debido a que cada uno de sus componentes es analizado de forma individual, no se abordan los problemas críticos en la combinación de estos. En los sistemas las fallas más comunes tienden a no ser identificadas debido a que en estos se requiere que el fallo de más de un componente. También es probable que no se tomen en cuenta las fallas operativas y de mantenimiento durante un AMFE, a no ser que el inspector sea un experto en confiabilidad humana y pueda reconocer las fallas debido a interacción humana. (Goble, 2010 pág. 88).

Como podemos notar las limitantes más claras en un AMFE se reducen a la experiencia y criterio del inspector encargado de realizar esta metodología para que se pueda llegar a un resultado correcto y favorable para el análisis.

2.5.6 Aplicaciones del AMFE

Esta herramienta puede utilizarse para analizar la causa y el efecto asociados a las fallas del elemento para que sean tratados de manera correcta, ya que este tipo de herramientas son utilizadas en muchos niveles ya sean sistemas, subsistemas, equipos, componentes o piezas. Los puntos vulnerables que se identifican en el análisis son de gran importancia ya que ayudan en la toma de decisiones para la administración con la finalidad de asignar recursos y reducir esta vulnerabilidad. (Shammas, y otros, 2016 pág. 693). Este tipo de análisis se lo debe realizar desde el comienzo del ciclo de vida de un elemento.

CAPÍTULO III

3. DISEÑO DEL PROCESO DE ACR Y AMFE

Para realizar la automatización de las hojas de cálculo de las metodologías de Diagrama de Pareto, Análisis de Árbol de fallos, Diagrama de Ishikawa, 5 Por Qué y Análisis de modos de fallas, efectos y su criticidad, se procedió de la siguiente manera:

3.1 Diagrama de Pareto

Al abrir la hoja de cálculo denominada "Diagrama de Pareto", se encontrará la portada de la herramienta donde de forma previa, se mostrará una serie de pasos para el uso de esta, para empezar a utilizarlo se procede a dar clic en el botón COMENZAR.

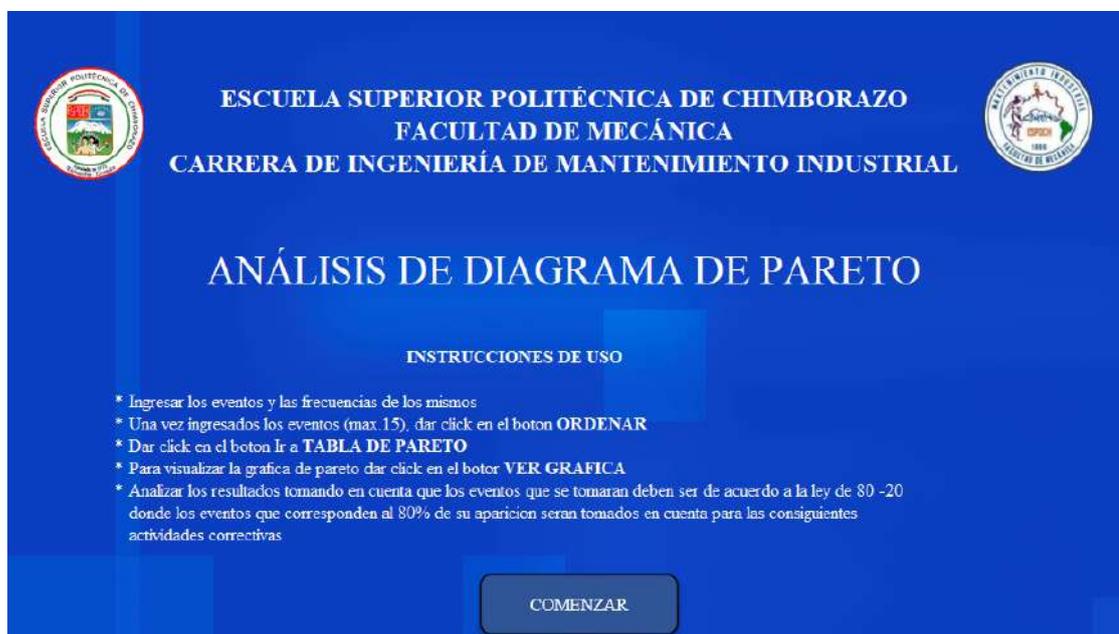


Figura 1-3: Portada de herramienta de análisis de Pareto

Realizado por: Ante Luis, 2021

Lo siguiente que se observará será la tabla de registro del Análisis de Pareto, en este parte se debe ingresar cada uno de los eventos que serán analizados junto con sus respectivas frecuencias de aparición, para esta tabla se pueden registrar un máximo de 15 eventos.

La toma de 15 eventos debe ser realizada a partir de una previa lluvia de ideas y la respectiva depuración de eventos que extiendan innecesariamente el análisis, pero sin omitir eventos necesarios en el mismo.

Se debe señalar que estos eventos pueden ser problemas, fallas, defectos, causas o algún factor que pueda ser recurrente en el proceso a analizarse y pueda ser estudiado por el personal de la institución.

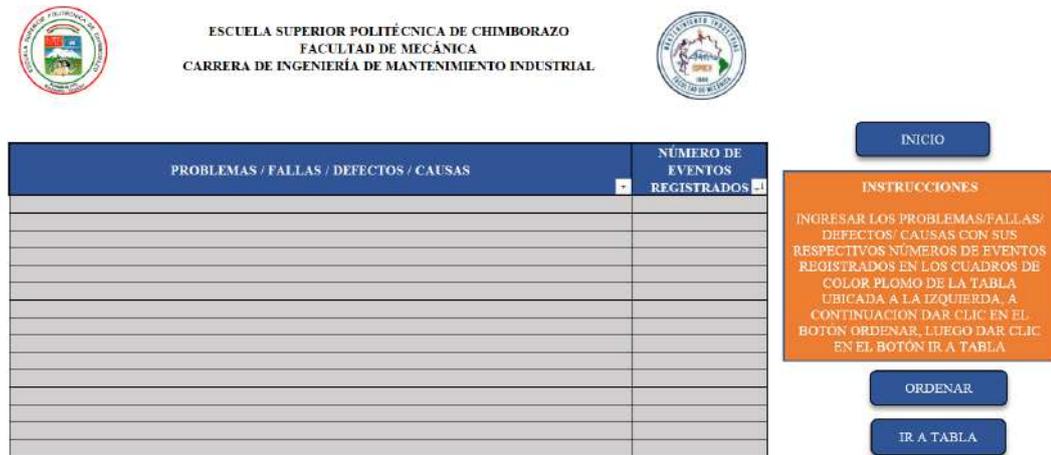


Figura 2-3: Pantalla de registro

Realizado por: Ante Luis, 2021

Lo siguiente que se debe de realizar será, mediante los botones de control de la hoja, damos clic en el botón **ORDENAR**, esto hace para que los valores de frecuencia de la hoja actual sean ordenados de forma descendente, luego de esto se procede a dar clic en el botón **IR A TABLA** para poder observar el cálculo que se realizó a partir de los datos previamente registrados y ordenados. En la siguiente hoja se puede observar la tabla con los datos calculados del análisis, donde se puede ver que para cada evento se le asigno un ID propio, con la finalidad de que se observe de mejor manera al momento de realizar el diagrama de Pareto.

Tabla 1- 3: Tabla de Pareto 1

ID	PROBLEMAS / FALLAS / DEFECTOS / CAUSAS	EVENTOS REGISTRADOS
P01	Evento 1	---
P02	Evento 2	---
P03	Evento 3	---
P04	Evento 4	---
P05	Evento 5	---
P06	Evento 6	---
P07	Evento 7	---
P08	Evento 8	---
P09	Evento 9	---
P10	Evento 10	---
P11	Evento 11	---
P12	Evento 12	---
P13	Evento 13	---
P14	Evento 14	---
P15	Evento 15	---

Realizado por: Ante Luis, 2021

En la tabla a continuación se podrá observar los datos calculados a partir del registro inicial de frecuencias, donde se encuentran los valores de frecuencia acumulada, valor porcentual y porcentaje acumulado.

El cálculo de la frecuencia acumulada se lo realiza mediante la suma de la frecuencia actual con la frecuencia previa:

$$f_{\text{acum}} = f_{\text{act}} + f_{\text{pre}} \quad (4)$$

Donde:

f_{acum} = Frecuencia acumulada

f_{act} = Frecuencia actual

f_{pre} = Frecuencia previa

Para las expresiones de valor porcentual analizamos la frecuencia actual sobre la sumatoria total de las frecuencias tomadas multiplicado por el 100%:

$$V_p = \frac{f_{\text{act}}}{\sum f} * 100\% \quad (5)$$

Donde:

V_p = Valor porcentual

f_{act} = Frecuencia actual

$\sum f$ = Sumatoria de frecuencias

Para finalizar con el análisis se procede a

Para el cálculo del porcentaje acumulado, así como previamente se analizó la frecuencia acumulada se lo realiza mediante la suma del porcentaje actual con el porcentaje previo, siendo el ultimo cálculo de porcentaje el 100% de los porcentajes obtenidas:

$$P_{\text{acum}} = P_{\text{act}} + P_{\text{pre}} \quad (6)$$

Donde:

P_{acum} = Porcentaje acumulada

p_{act} = Porcentaje actual

p_{pre} = Porcentaje previo

Tabla 2- 3: Tabla de Pareto 2

EVENTOS REGISTRADOS ACUMULADOS	PORCENTAJE INDIVIDUAL	PORCENTAJE ACUMULADO2	CRITERIOS
---	---	---	ALTO
---	---	---	ALTO
---	---	---	ALTO
---	---	---	ALTO
---	---	---	ALTO
---	---	---	ALTO
---	---	---	ALTO
---	---	---	ALTO
---	---	---	BAJO
---	---	---	BAJO
---	---	---	BAJO
---	---	---	BAJO
---	---	---	BAJO
---	---	---	BAJO
---	---	---	BAJO

Realizado por: Ante Luis, 2021

Como se puede observar en la Tabla 3-2, el porcentaje acumulado está dividido por colores que indica la parte verde de la tabla representa el menos del 80% de las causas y el restante 20% se lo representa con el color rojo que nos indica los eventos de los que se deben revisar para tomar las debidas acciones correctoras.

En la misma hoja se puede observar los botones de control, donde para visualizar la gráfica se debe dar clic en VER GRÁFICA para poder visualizar el diagrama de Pareto.



Figura 3-3: Controles de Tabla de Pareto

Realizado por: Ante Luis, 2021

En el diagrama de Pareto se puede observar en el eje de las X los eventos codificados como se definió anteriormente, en el eje de las Y en la parte izquierda se observan las frecuencias y en el lado derecho del eje de las Y los porcentajes acumulados.

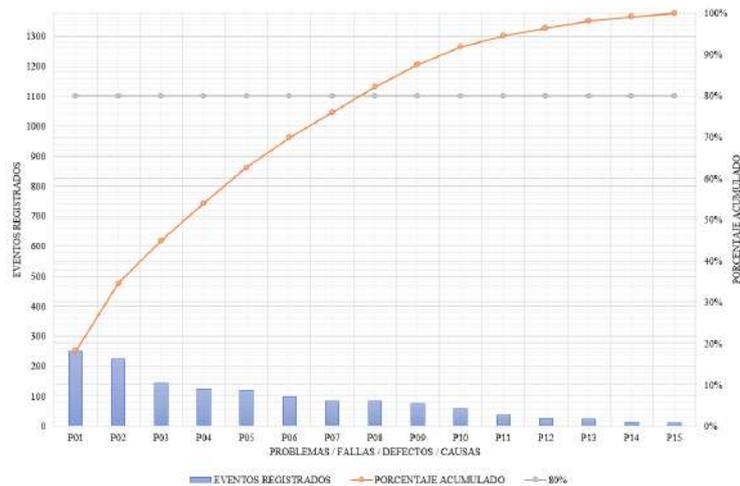


Figura 4-3: Diagrama de Pareto en hoja de cálculo

Realizado por: Ante Luis, 2021

Una vez visualizado el diagrama de Pareto dar clic en el botón VER INFORME FINAL, dar clic en el botón ACTUALIZACIÓN ubicado en la esquina superior izquierda de la pantalla para poder obtener los últimos datos ingresados en la tabla de Pareto, lo siguiente que se podrá observar es un diagrama de pastel que representan los eventos de mayor y menor significancia representados en el informe final como criterios ALTO (20%) el mismo que corresponde a los eventos más significativos con menor ocurrencia y BAJO (80%) siendo los eventos que tienen mayor ocurrencia, pero tienen menor impacto en el proceso estudiado, estos se muestran respectivamente, ubicado en la parte izquierda de la pantalla.

En la parte derecha de la hoja de cálculo se podrá observar los eventos representados en el diagrama de pastel con si respectivo ID de identificación en el mismo.

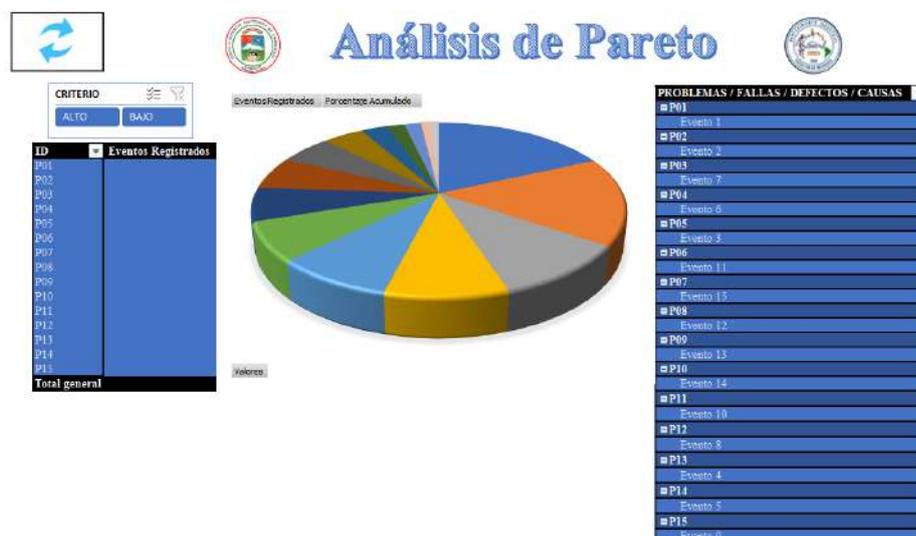


Figura 5-3: Informe final del Análisis de Pareto

Realizado por: Ante Luis, 2021

3.2 Análisis de Casos: Diagrama de Pareto

Para la comprensión y demostración de la metodología del análisis de Pareto se estudiará el caso de una serie de moto soldadoras pertenecientes a una empresa de construcción en un periodo de un año, donde se analizarán los defectos más comunes que suceden en estos, comenzando por escribir cada uno de los factores encontrados junto con su número de defectos registrados.

Tabla 3- 1: Análisis de eventos

PROBLEMAS / FALLAS / DEFECTOS / CAUSAS	NÚMERO DE EVENTOS REGISTRADOS
Utilización incorrecta	12
Tamaño incorrecto del soporte del electrodo	1
Sobrecarga	3
Obstrucción en el ventilador	2
Interruptor de línea desgastado	2
Fusil de línea de alimentación fundido	3
Fallo en el ventilador interno	6
Entrada de voltaje incorrecto	1
Desgaste de la conexión	3
Conexión floja	2
Conexión incorrecta a tierra	2
Círculo de potencia muerto	3
Cable de la máquina inapropiado	1
Cable dañado	6
Abrazaderas en mal estado	1

Realizado por: Ante Luis, 2021

Como primer paso se debe separar el evento y el cálculo de frecuencias en una nueva tabla, después de esto se debe organizar los datos de frecuencia de esta en forma decreciente.

Tabla 4- 3: Orden de Frecuencia de defectos

PROBLEMAS / FALLAS / DEFECTOS / CAUSAS	NÚMERO DE EVENTOS REGISTRADOS
Utilización incorrecta	12
Fallo en el ventilador interno	6
Cable dañado	6
Sobrecarga	3
Fusil de línea de alimentación fundido	3
Desgaste de la conexión	3

Circuito de potencia muerto	3
Obstrucción en el ventilador	2
Interruptor de línea desgastado	2
Conexión floja	2
Conexión incorrecta a tierra	2
Tamaño incorrecto del soporte del electrodo	1
Entrada de voltaje incorrecto	1
Cable de la máquina inapropiado	1
Abrazaderas en mal estado	1

Realizado por: Ante Luis, 2021

Lo siguiente será calcular en la tabla los porcentajes de ocurrencia de cada defecto con el porcentaje acumulado de estos y como paso adicional se le dará un código individual a cada evento con la finalidad de que se pueda interpretar de mejor manera en el diagrama final:

Tabla 5- 3: Datos del diagrama de Pareto

ID	PROBLEMAS / FALLAS / DEFECTOS / CAUSAS	EVENTOS REGISTRADOS	EVENTOS REGISTRADOS ACUMULADOS	PORCENTAJE INDIVIDUAL	PORCENTAJE ACUMULADO	CRITERIOS
P01	Utilización incorrecta	12	12	25%	25%	ALTO
P02	Fallo en el ventilador interno	6	18	13%	38%	ALTO
P03	Cable dañado	6	24	13%	50%	ALTO
P04	Sobrecarga	3	27	6%	56%	ALTO
P05	Fusil de línea de alimentación fundido	3	30	6%	63%	ALTO
P06	Desgaste de la conexión	3	33	6%	69%	ALTO
P07	Circuito de potencia muerto	3	36	6%	75%	ALTO
P08	Obstrucción en el ventilador	2	38	4%	79%	ALTO
P09	Interruptor de línea desgastado	2	40	4%	83%	BAJO
P10	Conexión floja	2	42	4%	88%	BAJO
P11	Conexión incorrecta a tierra	2	44	4%	92%	BAJO
P12	Tamaño incorrecto del soporte del electrodo	1	45	2%	94%	BAJO
P13	Entrada de voltaje incorrecto	1	46	2%	96%	BAJO
P14	Cable de la máquina inapropiado	1	47	2%	98%	BAJO
P15	Abrazaderas en mal estado	1	48	2%	100%	BAJO

Realizado por: Ante Luis, 2021

Una vez teniendo los datos, se procede a la realización del diagrama, teniendo como eje de las X el código del problema, en el eje de las Y de la Izquierda del diagrama con las frecuencias de cada evento y por último en el eje de las Y a la derecha se coloca el porcentaje acumulado de los eventos.

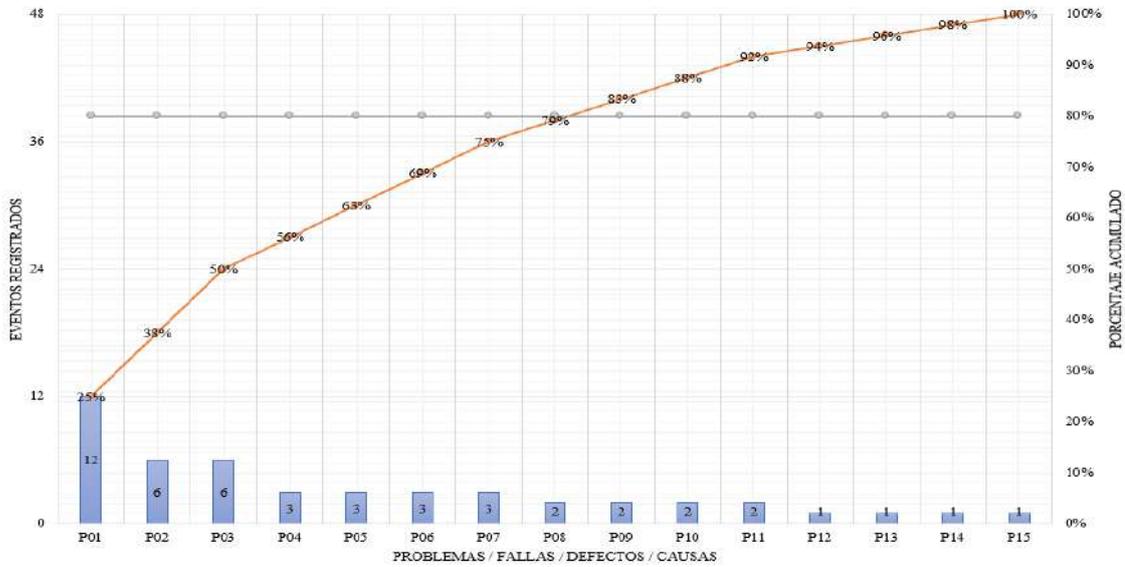


Gráfico 1-3: Diagrama de eventos

Realizado por: Ante Luis, 2021

Se procede a analizar este diagrama en base al principio del 80/20, como se explicó en el punto 2.4.3.

Aquí se puede observar que para este caso los eventos P1, P2, P3, P4 y P5 representan un 80% de los problemas analizados, por lo que el mayor esfuerzo de cambio o mejora para esta situación industrial será el enfoque en la mitigación o resolución de estos cinco modos de fallos.



Figura 6-3: Informe Final de Pareto

Realizado por: Ante Luis, 2021

El siguiente paso por realizar será el análisis de las acciones de mejora de a realizarse en este caso específico se concluyó con:

- Capacitación al personal sobre la correcta utilización de las moto soldadoras y sobre seguridad industrial.
- Limpieza periódica de los equipos para evitar la entrada de elementos que obstruyan su sistema de ventilación.
- Inspección visual periódica del cableado de los equipos.
- Revisión programada de fuente de alimentación de los equipos.
- Revisión de los equipos previo a su utilización en campo.

3.3 Análisis de Árbol de fallos

Al momento de iniciar la hoja de cálculo denominada como: “Análisis de Árbol de Fallos”, se encontrará la portada denotando el nombre de la metodología e instrucciones básicas del manejo de la herramienta. Para comenzar a usar la hoja damos clic en el botón de COMENZAR.



Figura 7-3: Portada de herramienta Análisis por Árbol de Fallos

Realizado por: Ante Luis, 2021

A continuación se debe dibujar el Diagrama de Árbol de fallo utilizando las formas ya incluidas en el área de COMPONENTES DEL ÁRBOL DE FALLOS, una vez hecho dar clic en el botón RESOLUCION.

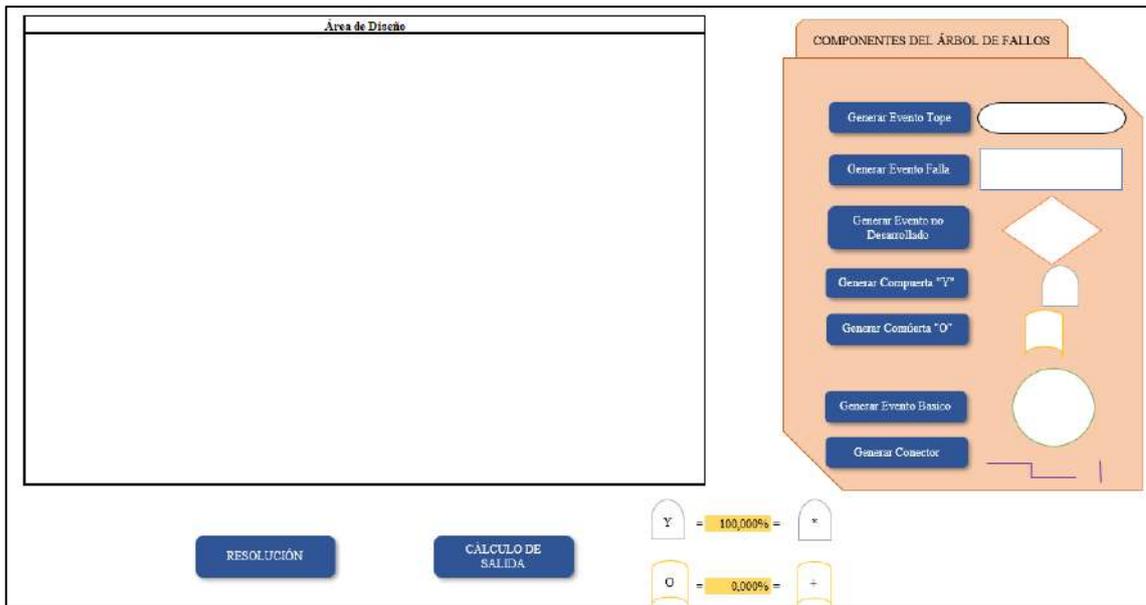


Figura 8-3: Pantalla de Diagrama de Árbol

Realizado por: Ante Luis, 2021

En la pantalla de resolución se deben definir las ecuaciones utilizadas y reducirlas aplicando el álgebra Booleana, siendo que en esta misma pantalla se encuentran las reglas básicas para la resolución de las ecuaciones.

Al finalizar, dar clic en el botón DIAGRAMA DE ÁRBOL para regresar a la pantalla especificada en la Figura 3-11.

Reglas del Álgebra Booleana	
Ley Conmutativa	$X*Y=Y*X$ $X+Y=Y+X$
Ley Asociativa	$X*(Y*Z)=(X*Y)*Z$ $X+(Y+Z)=(X+Y)+Z$
Ley Distributiva	$X*(Y+Z)=X*Y+X*Z$ $X+Y*Z=(X+Y)*(X+Z)$
Ley Idempotente	$X*X=X$ $X+X=X$
Ley de Absorción	$X*(X+Y)=X$ $X+X*Y=X$
Teorema de Morgan	$X*Y=Y*X$ $X+Y=Y*X$
Otras relaciones Matemáticas	$X*(X+Y)=X$ $X+(X*Y)=X$

SOLUCIÓN

DIAGRAMA DE ÁRBOL

Figura 9-3: Área de resolución

Realizado por: Ante Luis, 2021

Una vez en la pantalla de Diagrama de Árbol dar clic en el botón CÁLCULO DE SALIDA, en esta pantalla dependiendo del problema analizado se debe escoger la salida de compuerta “Y” e “O” tomando la primera relación inicial del evento tope analizado.

Una vez definida la probabilidad de ocurrencia del evento tope dar clic en el botón DIAGRAMA DE ÁRBOL para regresar a la pantalla inicial de comenzar a definir las acciones de mejora correspondientes.

Salida de compuerta "Y"



$PO=P1*P2*...Pn$

P0	1	= 100,000%
P1		
P2		
P3		
P4		
P5		
P6		
P7		
P8		
P9		
P10		
P11		
P12		

Salida de compuerta "O"



$PO=1-((1-P1)*(1-P2)*...*(1-Pn))$

P0	0	= 0,000%
P1		
P2		
P3		
P4		
P5		
P6		
P7		
P8		
P9		
P10		
P11		
P12		

DIAGRAMA DE ÁRBOL

Figura 10-3: Pantalla de Cálculo de Salida

Realizado por: Ante Luis, 2021

3.4 Análisis de Casos: Análisis de Árbol de Fallos

Para la correcta interpretación de la metodología se toma en consideración el siguiente caso de estudio, en el cual se analizó un fallo en el sistema de protección contra incendios, se define que esto puede deberse a una de las siguientes condiciones: sea por un fallo en el sistema de detección o por un fallo en los medios de extinción, si es la primera condición debe fallar el detector de humo y el sensor de temperatura, en caso de cumplirse la segunda condición significa que el sistema se encuentra sin agua o que las boquillas de los rociadores se encuentran bloqueadas.

Con esto se define que los eventos básicos para que ocurra la primera condición deben ser por fallas en el detector y el sensor, en caso de la segunda condición se deberá a un fallo en la bomba o en la boquilla.

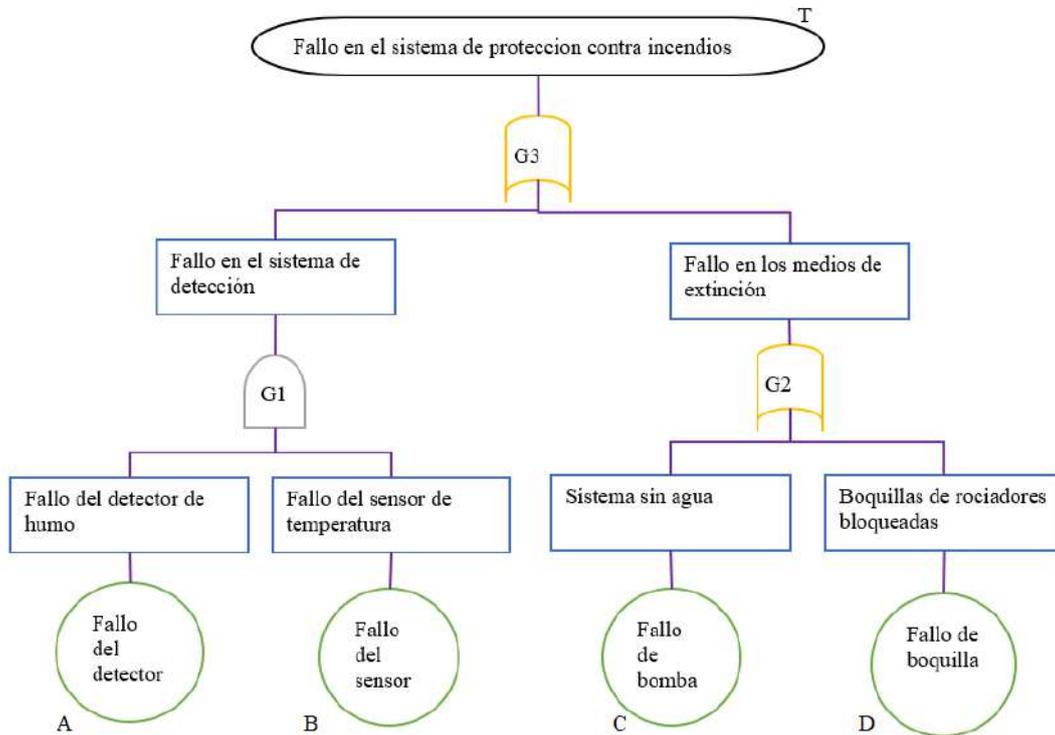


Figura 11-3: Diagrama de Árbol de Fallos en Sistema de protección contra incendios

Realizado por: Ante Luis, 2021

Después de definir identificaciones en las compuertas y eventos de fallo, se procede a definir y reducir de ser el caso la ecuación obtenida a través del álgebra de Bool.

$$T=G1+G2 \quad (6)$$

$$T=(A*B)+(C+D) \quad (7)$$

$$T=A*B+C+D \quad (8)$$

Una vez definida la ecuación se procede a asignar valores de probabilidad a cada evento y realizar el cálculo utilizando la fórmula de la salida de compuerta “O”:

En base a la Ecuación 2 se tiene que:

P0	0,1330528	= 13,305%
P1	0,05	
P2	0,03	
P3	0,04	
P4	0,02	

Figura 12-3: Probabilidad de Salida AAF

Realizado por: Ante Luis, 2021

Al concluir el Análisis de Árbol de Fallos se definen las siguientes acciones de mejora tales como:

- Revisión periódica de sensores y detectores
- Revisión de bombas y niveles de agua del sistema

3.5 Diagrama de Ishikawa

Al dar apertura a la hoja de cálculo denominada: “Diagrama de Ishikawa”, se podrá observar la portada que además del nombre de la metodología contiene una serie de instrucciones rápidas de uso de la herramienta. Para comenzar a usar la hoja damos clic en el botón de COMENZAR.

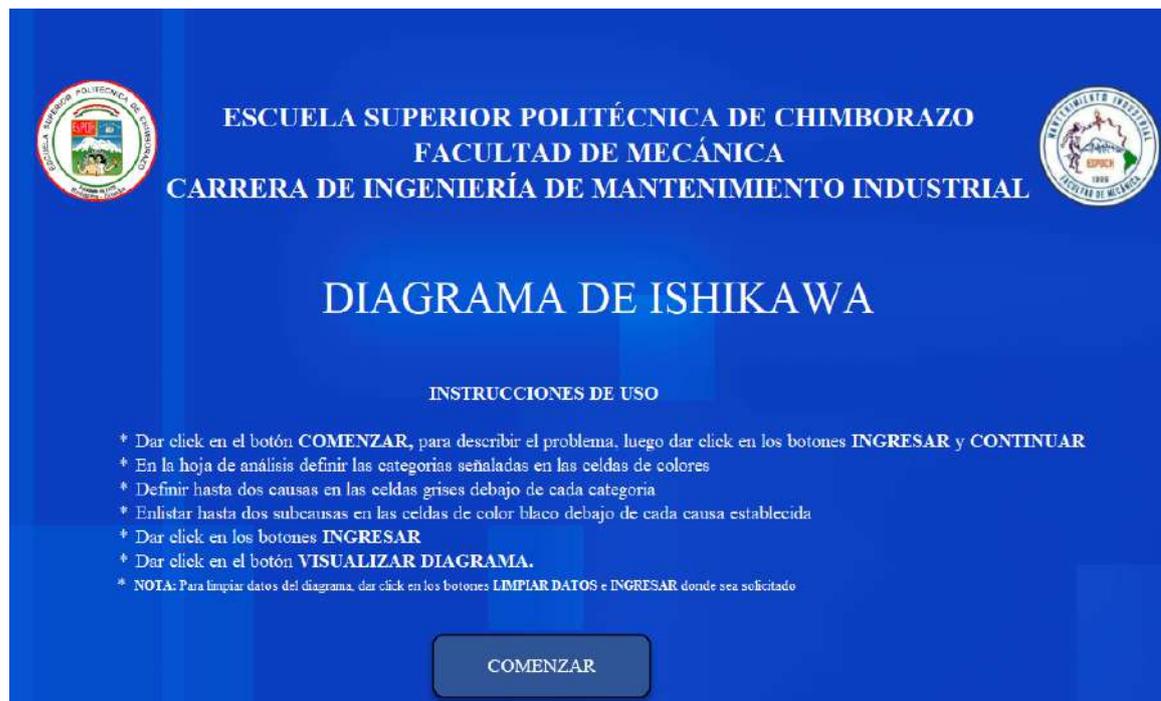


Figura 13-3: Portada de herramienta de Análisis de Ishikawa

Realizado por: Ante Luis, 2021

Al seleccionar el botón COMENZAR, dará apertura a la siguiente pantalla donde se debe describir el problema principal, una vez realizada esta acción se debe dar clic en los botones INGRESAR y CONTINUAR sucesivamente.



Figura 14-3: Menú de ingreso del problema

Realizado por: Ante Luis, 2021

Para borrar la descripción del problema de la pantalla actual se debe dar clic en el botón LIMPIAR DATOS. Para eliminar el problema del diagrama final se deberá dar clic en el botón LIMPIAR DATOS y el botón INGRESAR sucesivamente, para seguir hacia la siguiente dar clic en el CONTINUAR. Una vez presionado el botón CONTINUAR, se desplegará la pantalla de DESCRIPCIÓN DEL ANÁLISIS, donde se podrá visualizar las celdas donde se ingresarán los datos necesarios del caso de estudio

Las CATEGORÍAS están descritas en las celdas de colores, donde se pueden conservar estas o cambiarlas dependiendo de la naturaleza del problema a ser estudiado. Estas categorías pueden regirse a la metodología de las 5 M's, las cuales son:

- Máquina
- Método
- Mano de obra
- Materia prima
- Medio ambiente

En la pantalla actual se definirán las causas y sub-causas dependiendo de la categoría establecida anteriormente, en las celdas seleccionadas de color gris y blanco respectivamente.

Una vez realizado el análisis se procede a dar clic en el botón INGRESAR, seguido del botón VISUALIZAR DIAGRAMA, para observar este mismo completo con los datos ingresados por el usuario.



Figura 15-3: Menú de ingreso de las categorías

Realizado por: Ante Luis, 2021

Para limpiar los datos ingresados se debe dar clic en los botones LIMPIAR DATOS e INGRESAR de forma sucesiva para eliminar la información de la pantalla actual y del diagrama final. Para poder redefinir el problema planteado anteriormente, se puede dar clic en el botón REGRESAR AL PROBLEMA. En la última hoja se podrá observar el diagrama de Ishikawa completo, el mismo que tiene la opción de ser impreso para su posterior presentación física. Desde el diagrama final se puede navegar por las pantallas anteriores de la descripción del problema y la descripción del análisis utilizando los botones PROBLEMA y ANÁLISIS respectivamente.

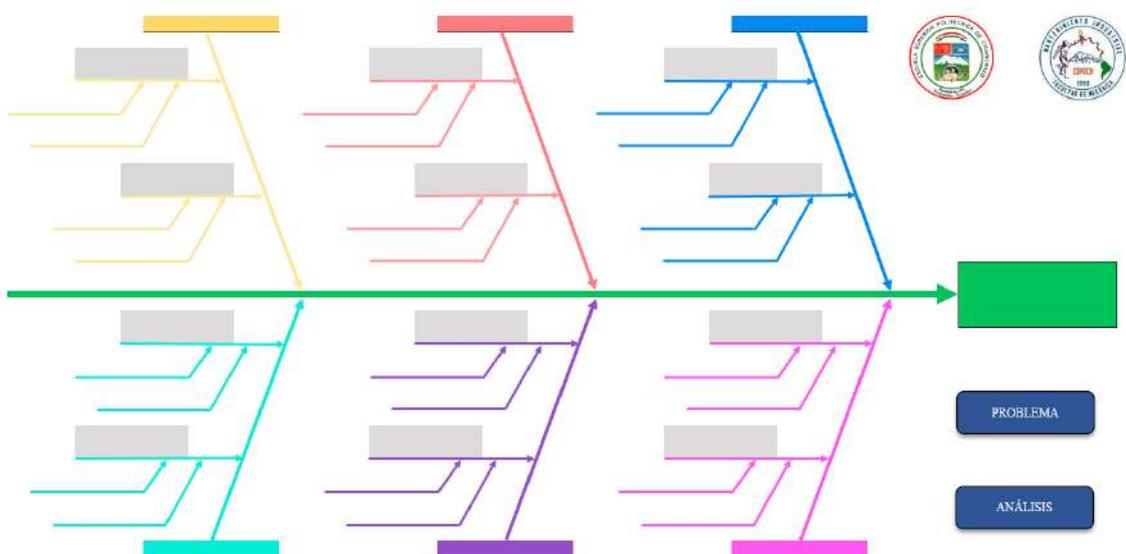


Figura 16-3: Diagrama de Ishikawa

Realizado por: Ante Luis, 2021

3.6 Análisis de Casos: Diagrama de Ishikawa

En este caso práctico se podrá visualizar como realizar el diagrama de Ishikawa en una empresa de aspersores de riego de cultivos, donde se notó un fallo en la producción de una inyectora de plástico donde se moldeaban los modelos de aspersores.

Lo primero que debe hacer el equipo a cargo de la elaboración del diagrama de Ishikawa es la definición del problema o efecto, en este caso práctico se toma como efecto: Fallo de inyectora de plástico.

Lo siguiente será diseñar el diagrama de Ishikawa donde se colocará el efecto en la línea principal y las categorías de dicho efecto. El equipo de mantenimiento realizará un análisis causa raíz para solucionar este problema, como primer paso el equipo determinó las siguientes categorías:

- Diseño
- Personas
- Control
- Medio Ambiente
- Tecnología
- Proceso

Una vez definidas las categorías, se procede a analizar cada una de estas definiendo las causas de estas con sus sub-causas posibles, al finalizar el diagrama de Ishikawa se procede a analizar las causas y establecer medidas para contrarrestar las mismas.

En el caso práctico establecido se determinaron las siguientes medidas correctivas:

- Estandarización de los procedimientos de mantenimiento de la inyectora de plástico.
- Capacitación inicial del personal antes de ingresar a un área específica para su desempeño laboral.
- Planificar condiciones con los proveedores de materiales después de cada compra realizada con los mismos.

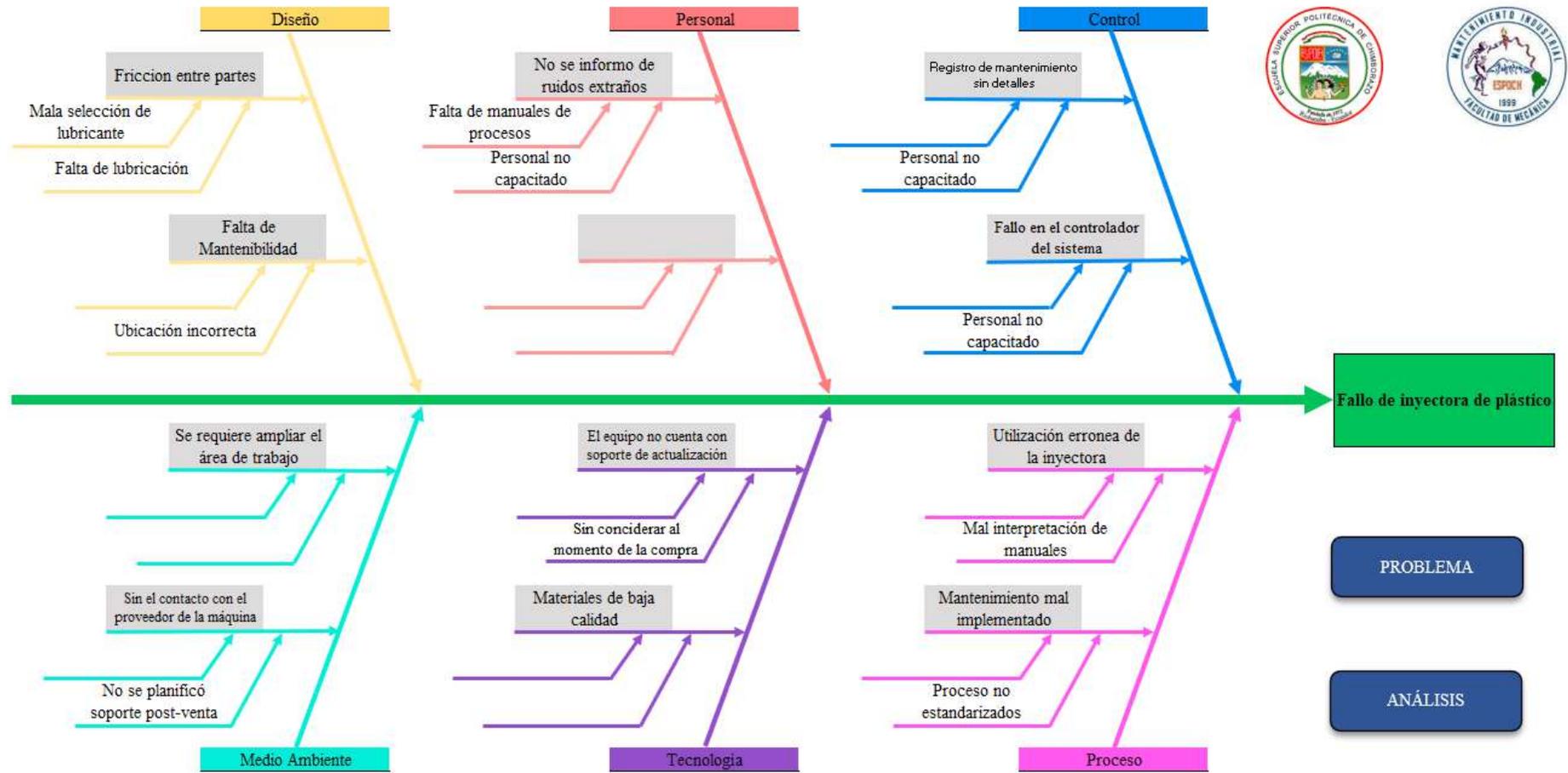


Figura 17-3: Diagrama de Ishikawa al finalizar el análisis

Realizado por: Ante Luis, 2021

3.7 Los 5 Por Qué

Al abrir la hoja de cálculo “Los 5 Por Qué”, se observará la portada de la herramienta, donde además del nombre de la herramienta, se visualizará una serie de instrucciones rápidas para el uso de esta. Para comenzar a utilizar la herramienta se debe dar clic en el botón COMENZAR.



Figura 18-3: Portada de herramienta 5 Por Qué

Realizado por: Ante Luis, 2021

Lo siguiente que se visualizará será una hoja de entrada donde en el recuadro superior se debe describir el problema que se va a analizar, para poder realizar la primera pregunta de ¿Por qué se generó este problema?, en caso de que la respuesta sean múltiples situaciones, estas se deben colocar en los cuadros de texto de nivel 1 de la tabla de registro y continuar con el proceso hasta completar 5 porqués o hasta considerar finalizado el análisis.

Una vez registrado todos los niveles que sean necesarios en el análisis se debe dar clic en el botón VER DIAGRAMA.

Para borrar toda la pantalla actual se debe dar únicamente clic en el botón LIMPIAR TODO, en caso de que se desee borrar individualmente cada nivel, se puede hacer de la forma convencional a gusto del usuario final.

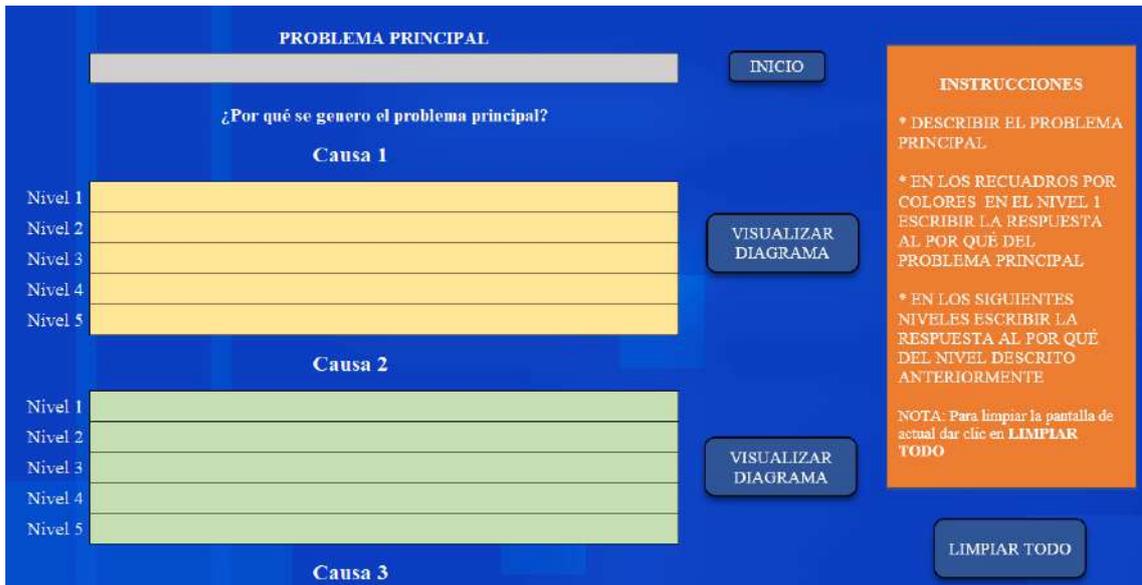


Figura 19-3: Registro de respuestas por nivel

Realizado por: Ante Luis, 2021

Lo que se mostrara será un esquema ordenado, el cual denotara las causas que se analizaron hasta llegar a la causa raíz que desencadeno en el problema planteado inicialmente, se debe tomar en cuenta que la disposición del diagrama debe ser estrictamente realizado como se presenta en la Figura 3-17, ya que la esencia principal de la metodología de los 5 por qué es el hecho de realizar preguntas consecutivas a cada causa planteada hasta llegar al punto de no poder realizar más preguntas.

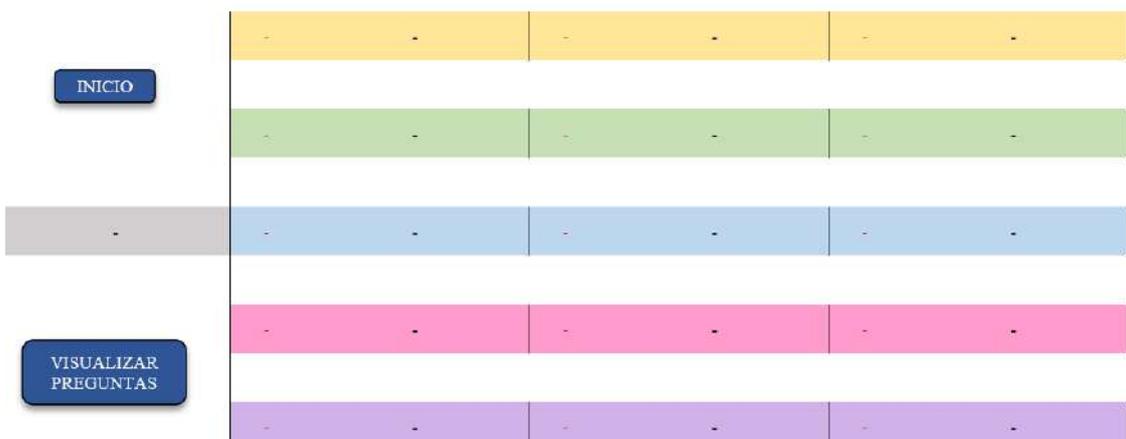


Figura 20-3: Visualización final de herramienta de 5 Por Qué

Realizado por: Ante Luis, 2021

3.8 Análisis de casos: 5 Por qué?

Esta metodología aunque se le denomine como 5 por qué, no significa que se debe llegar si o si a realizar las 5 preguntas como comúnmente se llega a entender, las preguntas deben de ser realizadas hasta llegar a la causa raíz del fenómeno analizado, en muchos análisis se suele decir que al analizar un caso 5 veces se llega a la fuente de este pero hay que tener en cuenta de que cada problema es único y así debe ser tratado. Para este caso práctico se procederá a analizar por qué fallo un cojinete de fricción de un motor

Partiendo del problema principal definido como “Fallo en los cojinetes de fricción de un motor”, se procede a realizar una serie de preguntas consecutivas hasta llegar a 5 porqué o hasta llegar a la causa raíz del problema planteado



Figura 21-3: Diagrama de análisis de 5 Por Qué

Realizado por: Ante Luis, 2021

Al no poder realizar más preguntas, significa que llegamos a la raíz del problema que se ha planteado. Con este ejemplo se puede saber que por la falta de capacitación del personal de mantenimiento se desencadenó el problema principal, una vez conociendo esto se procede a establecer las acciones de mejora de necesarias para mitigar o eliminar el problema estudiado las cuales serán:

- Capacitación del personal en planificación de mantenimiento.
- Elaboración e implementación de un plan de mantenimiento para los motores eléctricos.

A diferencia de lo planteado en la Figura 2-2, en este caso práctico se denota un solo una línea de causas en el problema, ya que hay casos en el que un solo problema puede tener múltiples causas y estas también pueden ser evaluadas para llegar a la causa raíz del problema.

3.9 Análisis de Modos de Falla y Efectos

Una vez abierta la hoja de cálculo AMFE se podrá observar la portada, aquí se encontrará el nombre de la metodología a utilizarse junto con una serie de instrucciones para saber cómo se debe utilizar de forma correcta la hoja de cálculo. Se procederá a dar clic en el botón de COMENZAR.



Figura 22-3: Portada del Análisis de Modos de Falla y Efectos

Realizado por: Ante Luis, 2021

A continuación se deberá escribir la información básica del elemento que se procede a estudiar. Una vez ingresados los datos requeridos se da clic en el botón INGRESAR y CONTINUAR para seguir a la siguiente sección.



Figura 23-3: Datos básicos del AMFE

Realizado por: Ante Luis, 2021

El en siguiente formulario se debe escribir el análisis que se realizara del equipo al que previamente se le registro su información básica. En esta pantalla se muestran los botones INGRESO, para ingresar la información registrada previamente, el botón VISUALIZAR TABLA, utilizado para mostrar la tabla del AMFE con la información registrada hasta el momento, el botón LIMPIAR DATOS, para borrar la información registrada en la pantalla actual y el botón MODIFICAR CRITERIOS en el cual se puede modificar los parámetros de evaluación del análisis AMFE.

Figura 24-3: Análisis AMFE

Realizado por: Ante Luis, 2021

A continuación se muestra el aspecto final de la tabla del AMFE que se genera en la hoja de cálculo actual. La flecha denominada BOTONES DE CONTROL sirve para poder desplazarse rápidamente a los botones de mando del libro actual.

ANÁLISIS DE LOS MODOS DE FALLO Y EFECTOS (AMFE)			
PRODUCTO		PROCESO	
ESPECIFICACION		OPERACIÓN	
FECHA DE EDICION		CODIGO DE EQUIPO	

NOMBRE DEL ELEMENTO	OPERACIÓN Y FUNCIÓN	MODO DE FALLO	CAUSA DE FALLO	CONTROLES ACTUALES	EFECTO DE FALLO
▼	▼	▼	▼	▼	▼

Figura 25-3: Tabla del AMFE parte 1

Realizado por: Ante Luis, 2021

HOJA DE	REVL.N.	FECHA	POR						
RESPONSABLE									
FECHA									
REVISADO									

SEVERIDAD (S)	OCURRENCIA (O)	DETECCIÓN (D)	NFR	ACCIONES DE PROPUESTA	RESPONSABLE	NUEVA SEVERIDAD (S)	NUEVA OCURRENCIA (O)	NUEVA DETECCIÓN (D)	NUEVO NFR
▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼

INICIO

ANÁLISIS AMFE

VER GRÁFICA

INSTRUCCIONES
 * PARA VER LA TABLA COMPARATIVA DEL NFR DAR CLIC EN VER GRÁFICA
 * PARA VOLVER A INGRESAR DATOS DAR CLIC EN ANÁLISIS AMFE

Figura 26-3: Tabla del AMFE parte 2

Realizado por: Ante Luis, 2021

El botón ANÁLISIS AMFE se utiliza para regresar al libro de ingreso de la información del equipo a analizarse, mientras que el botón VER GRÁFICA mostrara una tabla comparativa de los NPR calculados antes y después del análisis.

En la pantalla de la gráfica comparativa de NPR se visualizará cada elemento estudiado representado por barras paralelas, donde dependiendo de la altura de la barra se debe focalizar el estudio y las acciones correctivas pertinentes de forma prioritaria.

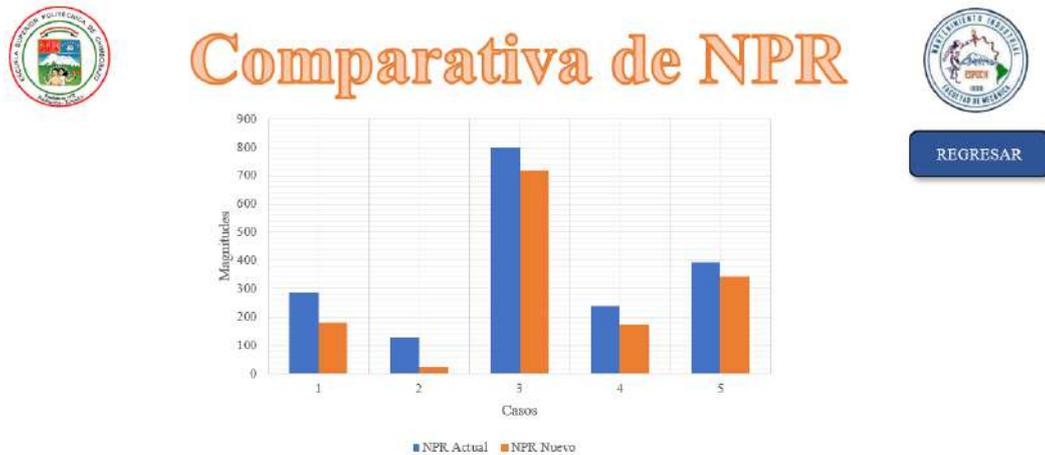


Figura 27-3: Diagrama comparativo de NPR

Realizado por: Ante Luis, 2021

3.10 Análisis de Casos: Análisis de los modos de fallo y sus efectos

Para este caso se visualizará una bomba M4V GEVISA de 3000 HP perteneciente a una planta de tratamiento de agua servida.

Tabla 6- 3: AMFE Parte 1

ANÁLISIS DE LOS MODOS DE FALLO Y EFECTOS (AMFE)				HOJA	REVI. N.	FECHA	POR
				DE	1	17/7/2009	Jefe de Mantenimiento
PRODUCTO	Bomba M4V GEVISA	PROCESO	Proceso de bombeo en estación de bombeo #4	RESPONSABLE		Área de Bombeo	
ESPECIFICACION	3000 HP	OPERACIÓN	Impulso de agua cruda hacia planta de tratamiento	FECHA		No Disponible	
FECHA DE EDICION	No Disponible	CODIGO DE EQUIPO	No Disponible	REVISADO		No disponible	

NOMBRE DEL ELEMENTO	OPERACIÓN Y FUNCIÓN	MODO DE FALLO	CAUSA DE FALLO	CONTROLES ACTUALES	EFECTO DE FALLO
Acople de eje de bomba	Une los diferentes ejes que conforman la parte mecánica	Exceso de vibraciones	Acoples flojos	Monitoreo de vibraciones	Rotura de los acoples del eje compuesto
Acople de eje de bomba	Une los diferentes ejes que conforman la parte mecánica	Sobrecalentamiento del motor	Fricción en exceso por vibraciones	Monitoreo de vibraciones	Corto circuito
Impulsor	Impulsar el agua hacia la tubería de descarga	Desgaste acelerado debido a mayores impurezas en el agua	Basura no filtrada por Cribas	Control automático en Cribas para lavado	Reducción del rendimiento en las bombas y mayor esfuerzo en el trabajo
Bobinas motor	Crea campo magnético que da impulso al motor	Desgaste del esmalte de los devanados de la bobina	Sobrecalentamiento excesivo	Monitoreo por sensor eléctrico de temperatura	Corto circuito y quema de motor
Rodamiento de bomba	Reduce la fricción al girar el eje	Vibración excesiva	Desgaste de los rulimanes del rodamiento y culminación de tiempo de vida útil	Monitoreo por sensor electrónico de vibración y temperatura	Rotura del eje y sobrecalentamiento del motor por aumento de vibraciones y fricción
Rodamiento de bomba	Reduce la fricción al girar el eje	Vibración excesiva	Desgaste de los rulimanes del rodamiento y culminación de tiempo de vida útil	Monitoreo por sensor electrónico de vibración y temperatura	Rotura del eje y sobrecalentamiento del motor por aumento de vibraciones y fricción
Rodamiento de motor	Reduce la fricción al girar el eje	Vibración excesiva	Desgaste de los rulimanes del rodamiento y culminación de tiempo de vida útil	Monitoreo por sensor electrónico de vibración y temperatura	Rotura del eje y sobrecalentamiento del motor por aumento de vibraciones y fricción
Rodamiento de motor	Reduce la fricción al girar el eje	Vibración excesiva	Desgaste de los rulimanes del rodamiento y culminación de tiempo de vida útil	Monitoreo por sensor electrónico de vibración y temperatura	Rotura del eje y sobrecalentamiento del motor por aumento de vibraciones y fricción

Fuente: (García Tapia, y otros, 2010)

Realizado por: Ante Luis, 2021

Tabla 7- 3: AMFE Parte 2

SEVERIDAD (S)	OCURRENCIA (O)	DETECCIÓN (D)	NPR	ACCIONES DE PROPUESTA	RESPONSABLE	NUEVA SEVERIDAD (S)	NUEVA OCURRENCIA (O)	NUEVA DETECCIÓN (D)	NUEVO NPR
10	8	1	80	Revisión diaria	Operador	-	-	-	-
10	7	1	70	Revisión diaria	Operador	-	-	-	-
8	2	1	16	Revisión semanal	Operador	-	-	-	-
8	5	1	40	Revisión diaria de las lecturas del sensor de temperatura	Operador	-	-	-	-
10	7	1	70	Mantener en stock repuestos de control automático	Operador	-	-	-	-
10	7	1	70	Revisar el control de monitoreo diario	Operador	-	-	-	-
9	7	1	63	Mantener en stock este repuesto crítico	Administrador de bodega de repuestos	-	-	-	-
9	7	1	63	Cambio de rodamientos cada 8000 horas	Responsable del mantenimiento eléctrico	-	-	-	-

Fuente: (García Tapia, y otros, 2010)

Realizado por: Ante Luis, 2021

CAPÍTULO IV

4. AUTOMATIZACION DE LAS METODOLOGIAS DE ACR Y AMFE

4.1 Resultados obtenidos

El principal resultado obtenido a partir de este trabajo de titulación curricular es la creación de cuatro hojas de cálculo en Microsoft Excel para análisis de las metodologías de mantenimiento nombradas en el mismo, siendo estas: Análisis de Pareto, Diagrama de Ishikawa, Los 5 Por Qué y el Análisis de modos de fallo y efectos.

Se debe destacar que estas herramientas informáticas son de uso académico para los estudiantes de la Carrera de mantenimiento Industrial o para toda persona que esté interesada en el estudio del mantenimiento.

Mediante la hoja de cálculo denominada Análisis de Pareto, se debe describir, ya sea una causa, un problema, un defecto, factores o situaciones que se van a analizar, esto junto a la frecuencia con la que ocurrieron dichos eventos que están por analizarse. Una vez ingresados los datos el programa procede a calcular las frecuencias acumuladas y porcentuales para poder describir todo en un dashboard donde se la incidencia de cada evento analizado.



Figura 1-4: Hoja de cálculo Análisis de Pareto

Realizado por: Ante Luis, 2021

En la hoja de cálculo Diagrama de Pareto se podrá ingresar el problema principal a analizar, las categorías con las que se va a trabajar, las causas de determinadas categorías junto a sus respectivas sub-causas, en caso de que el análisis llegue a este punto, todo esto ordenado al final

de una hoja de Excel donde se encuentra modelado el diagrama de Ishikawa también conocido como Diagrama de Espinas de Pescado.



Figura 2-4: Hoja de cálculo Diagrama de Ishikawa

Realizado por: Ante Luis, 2021

Por medio de la utilización de la hoja de Análisis de Árbol de Fallos el usuario puede definir cualquier tipo de problema, realizar el diagrama utilizando el panel de formas y reducir las ecuaciones mediante la aplicación de álgebra Booleana, a su vez puede definir la probabilidad de ocurrencia de los eventos base con relación al evento principal, siendo el máximo de eventos establecido en 12 eventos para una definición de probabilidad más automática para el usuario.

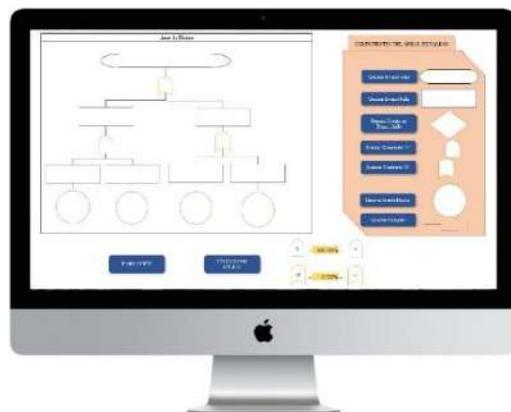


Figura 3-4: Hoja de cálculo Análisis de Árbol de Fallas

Realizado por: Ante Luis, 2021

Para la hoja de cálculo Los 5 Por Qué, la primera acción que se debe ejecutar es la definición del problema principal, una vez definido este problema se ingresara la respuesta a la pregunta del por qué ocurrió el problema principal, siendo esta una o varias causas, dependiendo del alcance del problema, una vez realizada la primera pregunta se procede a realizar preguntas consecutivas y anotando sus respuestas hasta encontrar la solución al problema, se debe mencionar que aunque

la metodología se llame 5 por qué, lo que nos da a entender que son cinco preguntas las que se deben realizar, no significa que se deban realizar las mismas de forma obligatoria, ya que la solución del problema se puede encontrar incluso después de realizar la primera pregunta, esto dependerá de cada problema y su forma de analizarlo.



Figura 4-4: Hoja de cálculo 5 Por Qué

Realizado por: Ante Luis, 2021

Entonces para la hoja de cálculo AMFE, lo primero que se debe ingresar será los datos principales tanto del equipo que será analizado como del personal que realizara el análisis, después se ingresaran los datos pertinentes al Análisis de modos de fallo y efectos con su respectiva ponderación en los criterios de severidad, ocurrencia y nivel de detección, también está la posibilidad de ingresar estos criterios analizados con una nueva ponderación posterior a un análisis correctivo, la hoja de cálculo realizara los cálculos necesarios y generara un gráfico donde se podrá observar la comparación del NPR (Número prioritario de riesgo) del equipo analizado.



Figura 5-4: Hoja de cálculo AMFE

Realizado por: Ante Luis, 2021

El cambio de la programación de las hojas de cálculo solo puede ser realizadas por el autor del trabajo de titulación curricular, el mismo que posee los permisos necesarios para la edición de las mencionadas hojas de cálculo.

Las herramientas se encuentran disponible en el blog: <https://metomtto.blogspot.com/>.

CONCLUSIONES

Al realizar la investigación del estado del arte de las herramientas de Análisis Causa Raíz (ACR) y Análisis de modos de fallo, efectos y su criticidad (AMFEC) se pudo comprender las características propias de cada una de estas metodologías junto a su debida forma de utilización de estos sea en el área académica, como en el área laboral.

Una de las más notables aplicaciones del AMFEC es al momento de realizar la hoja de información de un activo cuando se realiza el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) debido a que con este se pueden focalizar los modos de fallo y equipos más afectados para poder tomar las respectivas acciones correctivas y así el equipo pueda seguir cumpliendo con su función requerida.

Se definieron las metodologías que van se podrán aplicar en las hojas de cálculo de la herramienta Microsoft Excel, en conjunto con las variables que se deberán ingresar para el correcto funcionamiento de esta.

Se realizó una herramienta informática que puede automatizar el proceso de análisis causa raíz y análisis de modos de falla y efectos, ingresando datos específicos para cada hoja de cálculo, lo que mostrara un resultado en base a los criterios establecidos por el usuario.

Para la validación y pruebas de la herramienta informática se procedió a realizar una serie de casos de estudio, que tuvieron como objetivo demostrar el correcto manejo de esta, entregando un resultado favorable en la demostración de la herramienta.

RECOMENDACIONES

Promover el uso y desarrollo de herramientas informáticas por parte de sector estudiantil, para poder complementar los conocimientos adquiridos durante su formación académica.

Ingresar los datos requeridos en las celdas especificadas por cada hoja de cálculo.

Utilizar la versión del Microsoft Office 365 o superior, debido a que es el programa donde se realizaron las hojas de cálculo.

No modificar la estructura de la programación de las hojas de cálculo

Se puede utilizar estas hojas de cálculo para aprendizaje del sector académico.

BIBLIOGRAFÍA

BASSON, Marius. *RCM3™ - Risk-Based Reliability Centered Maintenance*. Industrial Press, 2018. pp. 87-90.

DUFFY, Grace; & FURTERER, Sandra. *ASQ Certified Quality Improvement Associate Handbook*. 4ª Ed. American Society For Quality (ASQ), 2020. pp. 120-188.

FUENMAYOR, Edgar. *Análisis Causa Raiz De Un Activo Físico* [Blog]. 2017. [Consulta: 12 Enero 2021]. Disponible En: <https://es.scribd.com/document/350195017/Analisis-Causa-Raiz-De-Un-Activo-Fisico>.

GARCÍA TAPIA, Danny Oswaldo, & SÁNCHEZ GRANJA, Arturo Enrique. *Diseño De Un Sistema De Gestion De Control Operacional Para Una Empresa Potabilizadora De Agua* [En Línea] (Trabajo De Titulación). (Ingeniería) Escuela Superior Politécnica De Litoral, Guayaquil, Ecuador. 2010. pp 185. [Consulta: 2021-08-01]. Disponible En: https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/14432/4/tesina_garcia_sanchez.pdf.

GOBLE, William. *Control Systems Safety Evaluation And Reliability*. 3ª ed. ISA, 2010. p. 88.

GUTIÉRREZ PULIDO, Humberto. *Calidad Total Y Productividad*. 3ª ed. Mexico. Mcgraw-Hill/Interamericana Editores, S.A De C.V, 2010. p. 179.

ISHIKAWA, Kaoru. 2007. *Introducción Al Control De Calidad*. Ediciones Díaz De Santo, 2007. p. 139.

KERKSTRA, Randy; & BRAMMER, Steve. *Injection Molding Advanced Troubleshooting Guide*. Hanser Publishers, 2018. p. 14.

MARTINS, Adair; et al. *Desarrollo De Herramientas Informáticas Y Sus Aplicaciones En El Ámbito Educativo*. San Juan-Argentina: Conferencia, 2019. p. 1.

OSTROM, Lee; & WILHELMSSEN, Cheryl. *Risk Assessment - Tools, Techniques, And Their Applications*. 2ª ed. John Wiley & Sons , 2019. p. 146.

OTEGUI, José. *Análisis De Fallas: Fundamentos Y Aplicaciones En Componentes Mecánicos.* Eduem, 2015. pp. 246-252.

RAINEY, David. *Product Innovation - Leading Change Through Integrated Product Development.* Cambridge University Press, 2005. p. 326.

REGAN, Nancy. *RCM Solution - A Practical Guide To Starting And Maintaining A Successful RCM Program.* Industrial Press, 2012. p. 67.

SHAMMAS, Nazih; & WANG, Lawrence. *Water Engineering - Hydraulics, Distribution And Treatment.* John Wiley & Sons, 2016. p. 693.

SINNOTT, Ray; & TOWLER, Gavin. *Chemical Engineering Design.* 6ª Ed. Elsevier, 2020. p. 476.

STAMATIS, D. H. *ASQ Pocket Guide To Failure Mode And Effect Analysis (FMEA).* American Society For Quality (ASQ), 2015. p. 19.

TONGDAN, Jin. *Reliability Engineering And Services.* John Wiley & Sons, 2019. p. 120.

UNEEN13306. *Terminología De Mantenimiento.*

UNEEN60812. *Técnicas De Análisis De La Fiabilidad De Sistemas.*

WALKER, Fred; et al. *Certified Quality Technician Handbook.* 3ª Ed. American Society For Quality (ASQ), 2019. p. 225.

WALTER STACHÚ, Sebashtian. *Identificación De La Problemática Mediante Pareto E Ishikawa.* 3ª ed. El Cid Editor, 2009. p. 5.

ZÚÑIGA POZO, Mitchell Cristian. *Análisis Causa Raíz Aplicado A Fallas En Equipos Críticos.* [En Línea] (Trabajo De Titulación). (Ingeniería) Universidad Técnica Federico Santa María, Valparaíso, Chile. 2016. pp. 9 [Consulta: 2021-03-09]. Disponible en: <https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/23663/3560900257375UTFSM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

ANEXOS

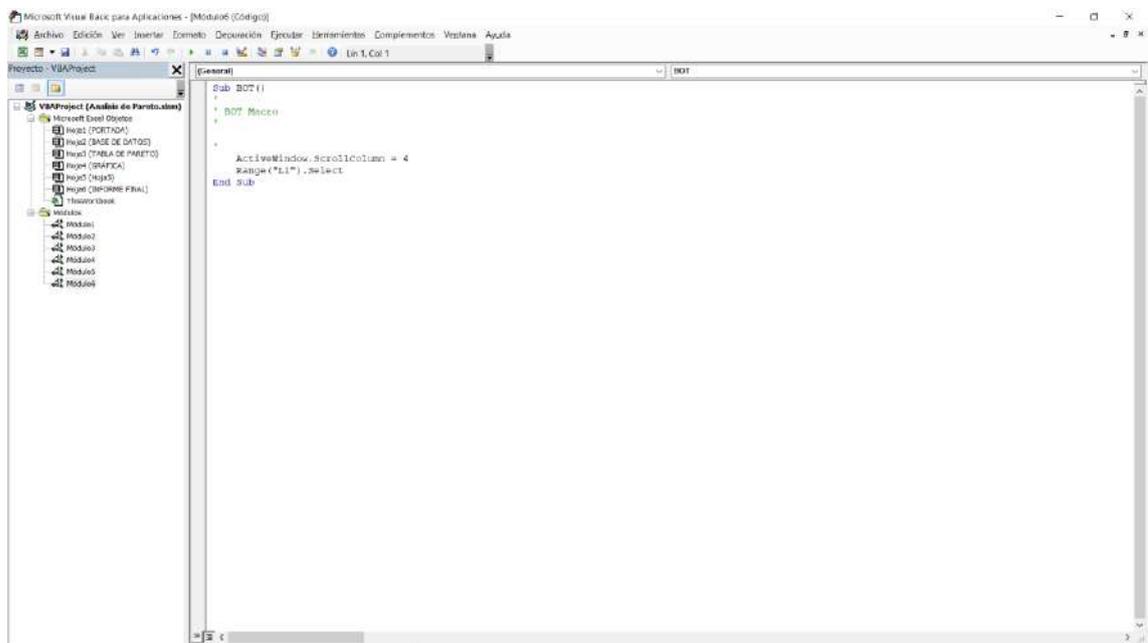
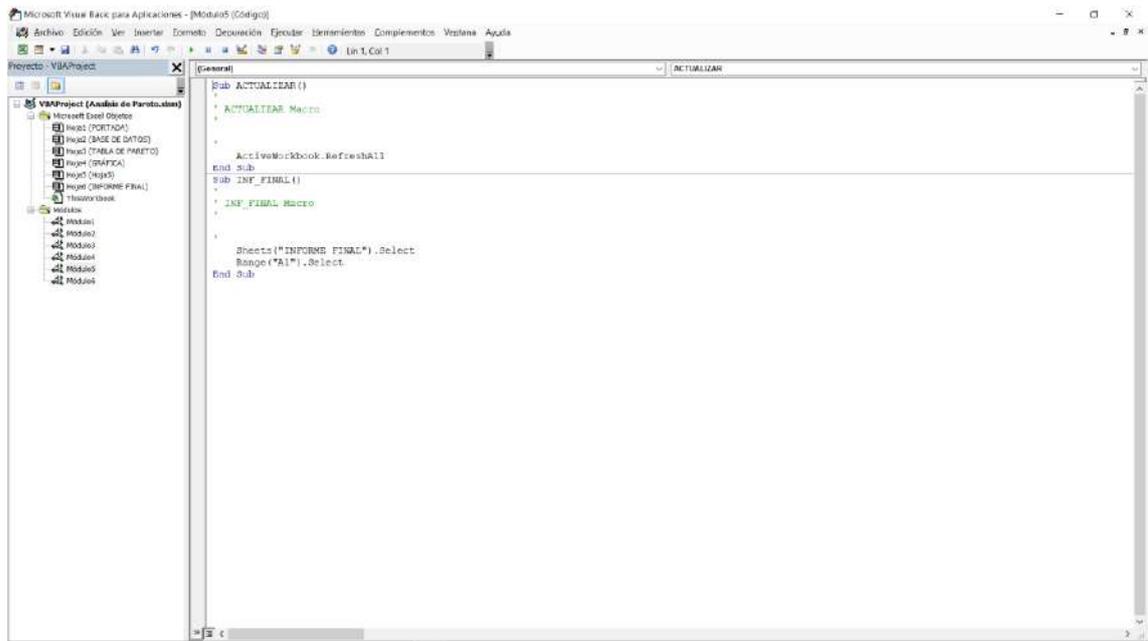
ANEXO A: PROGRAMACIÓN DE ANÁLISIS DE PARETO

```
Microsoft Visual Basic para Aplicaciones - [Módulo1 (Código)]
Archivo Edición Ver Insertar Formato Depuración Ejecutar Herramientas Complementos Ventana Ayuda
PROYECTO: VBAProject
VBAProject (Análisis de Pareto.xlsx)
Microsoft Excel Objeto
Hoja1 (PORTADA)
Hoja2 (BASE DE DATOS)
Hoja3 (TABLA DE PARETO)
Hoja4 (GRÁFICA)
Hoja5 (->qst)
Hoja6 (DESCRIPCIÓN PBA)
Trasferrir
Módulo
Módulo1
Módulo2
Módulo3
Módulo4
Módulo5
Módulo6

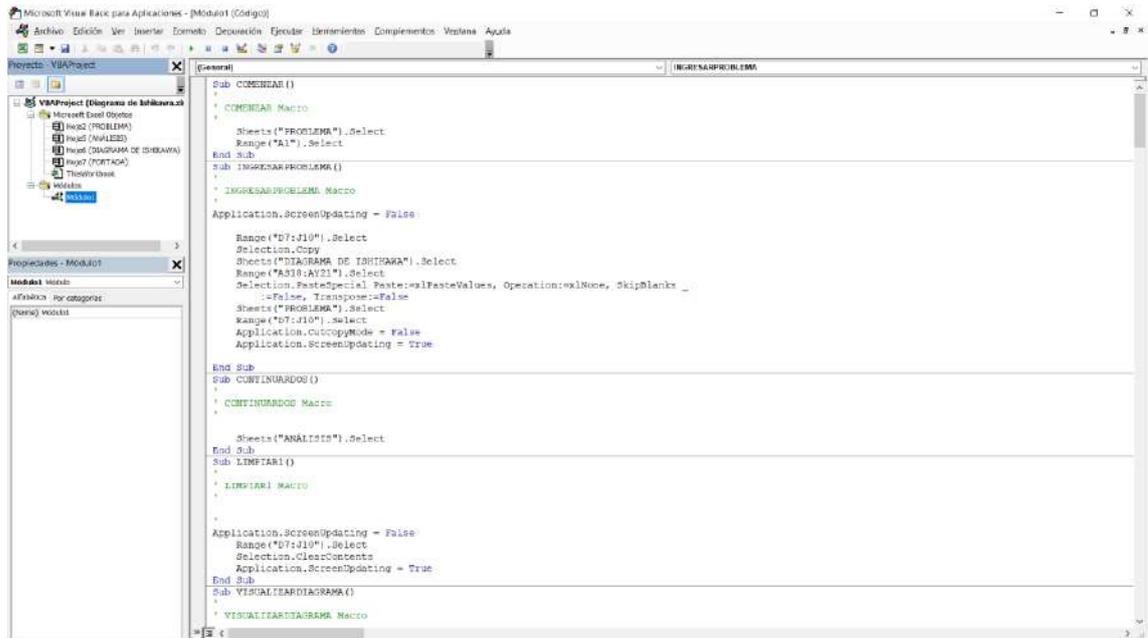
Sub Ir_BO()
    Ir_BO Macro
    Sheets("BASE DE DATOS").Select
End Sub
Sub Ir_TE()
    Ir_TE Macro
    Sheets("TABLA DE PARETO").Select
End Sub
Sub Ir_GR()
    Ir_GR Macro
    Sheets("GRÁFICA").Select
End Sub
Sub Ir_Memó()
    Ir_Memó Macro
    Sheets("PORTADA").Select
End Sub
```

```
Microsoft Visual Basic para Aplicaciones - [Módulo1 (Código)]
Archivo Edición Ver Insertar Formato Depuración Ejecutar Herramientas Complementos Ventana Ayuda
PROYECTO: VBAProject
VBAProject (Análisis de Pareto.xlsx)
Microsoft Excel Objeto
Hoja1 (PORTADA)
Hoja2 (BASE DE DATOS)
Hoja3 (TABLA DE PARETO)
Hoja4 (GRÁFICA)
Hoja5 (->qst)
Hoja6 (DESCRIPCIÓN PBA)
Trasferrir
Módulo
Módulo1
Módulo2
Módulo3
Módulo4
Módulo5
Módulo6

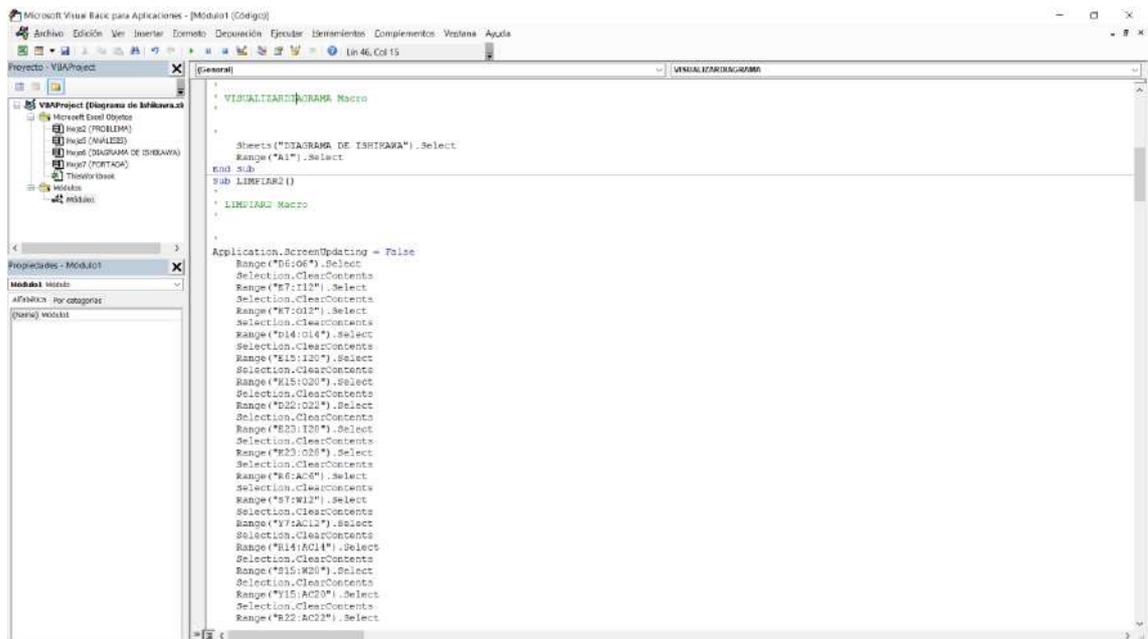
Sub Ir_BO()
    Ir_BO Macro
    Sheets("BASE DE DATOS").Select
End Sub
Sub Ir_TE()
    Ir_TE Macro
    Sheets("TABLA DE PARETO").Select
End Sub
Sub Ir_GR()
    Ir_GR Macro
    Sheets("GRÁFICA").Select
End Sub
Sub Ir_Memó()
    Ir_Memó Macro
    Sheets("PORTADA").Select
End Sub
```



ANEXO B: PROGRAMACIÓN DIAGRAMA DE ISHIKAWA



```
Microsoft Visual Basic para Aplicaciones - [Modulo1 (Código)]
Archivo Edición Ver Insertar Formato Depuración Ejecutar Herramientas Complementos Ventana Ayuda
Proyecto: VBAProject
VBAProject (Diagrama de Soluciones)
  Microsoft Excel Objects
    Hoja2 (PROBLEMA)
    Hoja3 (NALEBES)
    Hoja4 (DIAGRAMA DE ISHIKAWA)
    Hoja7 (PORTAGA)
    ThisWorkbook
  Macros
    COMENZAR
Propiedades - Modulo1
Modulo1 Macros
afixaca por categorias
(serie) visualiz
Sub COMENZAR ()
    ' COMENZAR Macro
    Sheets("PROBLEMA").Select
    Range("A1").Select
End Sub
Sub INGRESARPROBLEMA ()
    ' INGRESARPROBLEMA Macro
    Application.ScreenUpdating = False
    Range("D7:J10").Select
    Selection.Copy
    Sheets("DIAGRAMA DE ISHIKAWA").Select
    Range("A310:AV21").Select
    Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
    Sheets("PROBLEMA").Select
    Range("D7:J10").Select
    Application.CutCopyMode = False
    Application.ScreenUpdating = True
End Sub
Sub CONTINUARDOS ()
    ' CONTINUARDOS Macro
    Sheets("ANALISIS").Select
End Sub
Sub LIMPIAR1 ()
    ' LIMPIAR1 Macro
    Application.ScreenUpdating = False
    Range("D7:J10").Select
    Selection.ClearContents
    Application.ScreenUpdating = True
End Sub
Sub VISUALIZARDIAGRAMA ()
    ' VISUALIZARDIAGRAMA Macro
```



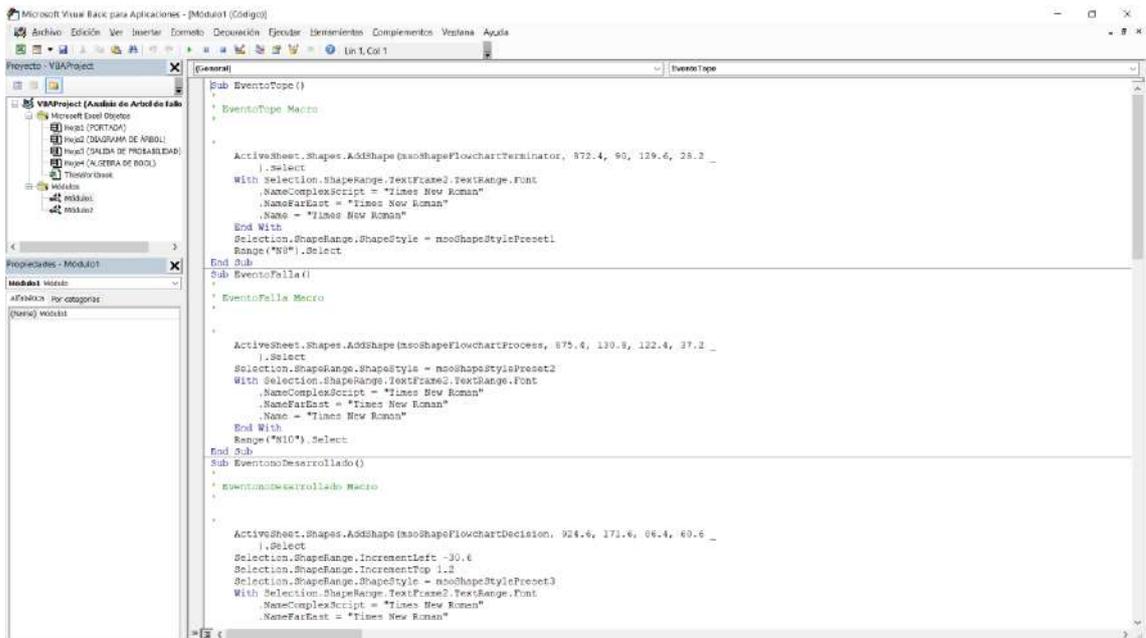
```
Microsoft Visual Basic para Aplicaciones - [Modulo1 (Código)]
Archivo Edición Ver Insertar Formato Depuración Ejecutar Herramientas Complementos Ventana Ayuda
Proyecto: VBAProject
VBAProject (Diagrama de Soluciones)
  Microsoft Excel Objects
    Hoja2 (PROBLEMA)
    Hoja3 (NALEBES)
    Hoja4 (DIAGRAMA DE ISHIKAWA)
    Hoja7 (PORTAGA)
    ThisWorkbook
  Macros
    LIMPIAR2
Propiedades - Modulo1
Modulo1 Macros
afixaca por categorias
(serie) visualiz
Sub VISUALIZARDIAGRAMA Macro
    Sheets("DIAGRAMA DE ISHIKAWA").Select
    Range("A1").Select
End Sub
Sub LIMPIAR2 ()
    ' LIMPIAR2 Macro
    Application.ScreenUpdating = False
    Range("D6:O6").Select
    Selection.ClearContents
    Range("M7:O10").Select
    Selection.ClearContents
    Range("M7:O12").Select
    Selection.ClearContents
    Range("M14:O14").Select
    Selection.ClearContents
    Range("M15:O20").Select
    Selection.ClearContents
    Range("M20:O22").Select
    Selection.ClearContents
    Range("M23:O25").Select
    Selection.ClearContents
    Range("M6:AC6").Select
    Selection.ClearContents
    Range("M7:W12").Select
    Selection.ClearContents
    Range("M7:AC12").Select
    Selection.ClearContents
    Range("M14:O14").Select
    Selection.ClearContents
    Range("M15:W20").Select
    Selection.ClearContents
    Range("M15:AC20").Select
    Selection.ClearContents
    Range("M22:AC22").Select
```



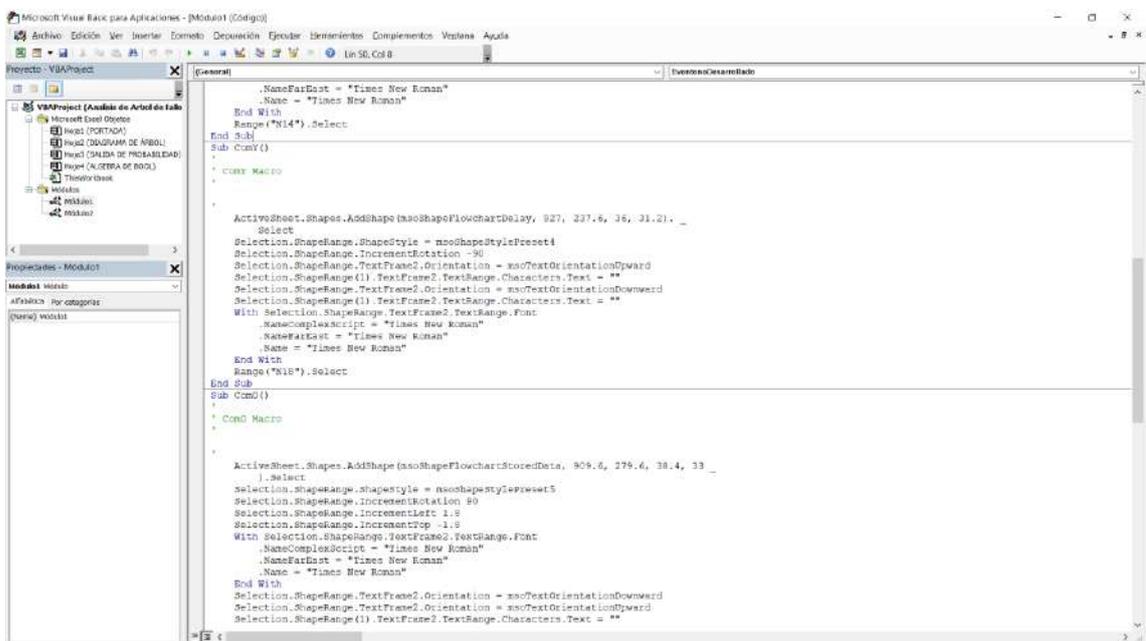
```
Microsoft Visual Basic para Aplicaciones - [Módulo] (Código)
Archivo Edición Ver Insertar Formato Depuración Ejecutar Herramientas Complementos Ventana Ayuda
Proyecto: VBAProject [General] [REGISTRAR/DESREGISTRAR]
VBAProject (Diagrama de Ishikawa)
Microsoft Excel Objects
Hoja2 (PROBLEMA)
Hoja3 (ANÁLISIS)
Hoja4 (DIAGRAMA DE ISHIKAWA)
Hoja7 (PORTADA)
ThisWorkbook
Módulo
Módulo1
Propiedades - Proyecto
Módulo1: Hoja3
afiliación Por categorías
Hoja3
Módulo1
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("DIAGRAMA DE ISHIKAWA").Select
Range("A15:A17").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Sheets("ANÁLISIS").Select
Range("B23:B24").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("DIAGRAMA DE ISHIKAWA").Select
Range("A15:A17").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Sheets("ANÁLISIS").Select
Range("B7:B8").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("DIAGRAMA DE ISHIKAWA").Select
Range("B28:B29").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, operation:=xlNone, skipblanks _
:=False, Transpose:=False
Sheets("ANÁLISIS").Select
Range("A7:A8").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("DIAGRAMA DE ISHIKAWA").Select
Range("B21:B22").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Sheets("ANÁLISIS").Select
Range("B15:B16").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("DIAGRAMA DE ISHIKAWA").Select
Range("B28:B29").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Sheets("ANÁLISIS").Select
Range("A15:A16").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("DIAGRAMA DE ISHIKAWA").Select
Range("B21:B22").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
```

```
Microsoft Visual Basic para Aplicaciones - [Módulo] (Código)
Archivo Edición Ver Insertar Formato Depuración Ejecutar Herramientas Complementos Ventana Ayuda
Proyecto: VBAProject [General] [REGISTRAR/DESREGISTRAR]
VBAProject (Diagrama de Ishikawa)
Microsoft Excel Objects
Hoja2 (PROBLEMA)
Hoja3 (ANÁLISIS)
Hoja4 (DIAGRAMA DE ISHIKAWA)
Hoja7 (PORTADA)
ThisWorkbook
Módulo
Módulo1
Propiedades - Proyecto
Módulo1: Hoja3
afiliación Por categorías
Hoja3
Módulo1
:=False, Transpose:=False
Sheets("ANÁLISIS").Select
Range("A23:A24").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("DIAGRAMA DE ISHIKAWA").Select
Range("A28:A29").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, operation:=xlNone, skipblanks _
:=False, Transpose:=False
Sheets("ANÁLISIS").Select
Range("B23:A24").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("DIAGRAMA DE ISHIKAWA").Select
Range("A21:A22").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Sheets("ANÁLISIS").Select
Range("B8:B10").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("DIAGRAMA DE ISHIKAWA").Select
Range("B8:B10").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Sheets("ANÁLISIS").Select
Range("B11:B12").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("DIAGRAMA DE ISHIKAWA").Select
Range("A7:A8").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Sheets("ANÁLISIS").Select
Range("B9:B10").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("DIAGRAMA DE ISHIKAWA").Select
Range("B16:B17").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Sheets("ANÁLISIS").Select
Range("B11:B12").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("DIAGRAMA DE ISHIKAWA").Select
```


ANEXO C: PROGRAMACIÓN ANÁLISIS DE ÁRBOL DE FALLOS



```
Microsoft Visual Basic para Aplicaciones - [Modulo1 (Código)]
Archivo Edición Ver Insertar Formato Depuración Ejecutar Herramientas Complementos Ventana Ayuda
Proyecto: VBAProject
VBAProject (Análisis de Árbol de Fallos)
  Hoja1 (PORTADA)
  Hoja2 (DIAGRAMA DE ÁRBOL)
  Hoja3 (SOLIDA DE PROBABILIDAD)
  Hoja4 (ALICERAS DE RIESGO)
  TheVBAProject
  Modulo1
  Modulo2
Propiedades - Modulo1
Modulo1 Vistas
  Afiliación Por categorías
  (None) Vistas
[General]
EventoTipo
Sub EventoTipo ()
    ' EventoTipo Macro
    '
    ActiveSheet.Shapes.AddShape(msoShapeFlowchartTerminator, 872.4, 90, 129.6, 28.2)
    .Select
    With Selection.ShapeRange.TextFrame2.TextRange.Font
        .NameComplexScript = "Times New Roman"
        .NameFarEast = "Times New Roman"
        .Name = "Times New Roman"
    End With
    Selection.ShapeRange.ShapeStyle = msoShapeStylePreset1
    Range("N9").Select
End Sub
Sub EventoFalla()
    ' EventoFalla Macro
    '
    ActiveSheet.Shapes.AddShape(msoShapeFlowchartProcess, 875.4, 130.8, 122.4, 37.2)
    .Select
    Selection.ShapeRange.ShapeStyle = msoShapeStylePreset2
    With Selection.ShapeRange.TextFrame2.TextRange.Font
        .NameComplexScript = "Times New Roman"
        .NameFarEast = "Times New Roman"
        .Name = "Times New Roman"
    End With
    Range("N10").Select
End Sub
Sub EventoDesarrollado()
    ' EventoDesarrollado Macro
    '
    ActiveSheet.Shapes.AddShape(msoShapeFlowchartDecision, 924.6, 171.6, 66.4, 60.6)
    .Select
    Selection.ShapeRange.IncrementLeft = -30.6
    Selection.ShapeRange.IncrementTop = 1.2
    Selection.ShapeRange.ShapeStyle = msoShapeStylePreset3
    With Selection.ShapeRange.TextFrame2.TextRange.Font
        .NameComplexScript = "Times New Roman"
        .NameFarEast = "Times New Roman"
    End With
End Sub
```



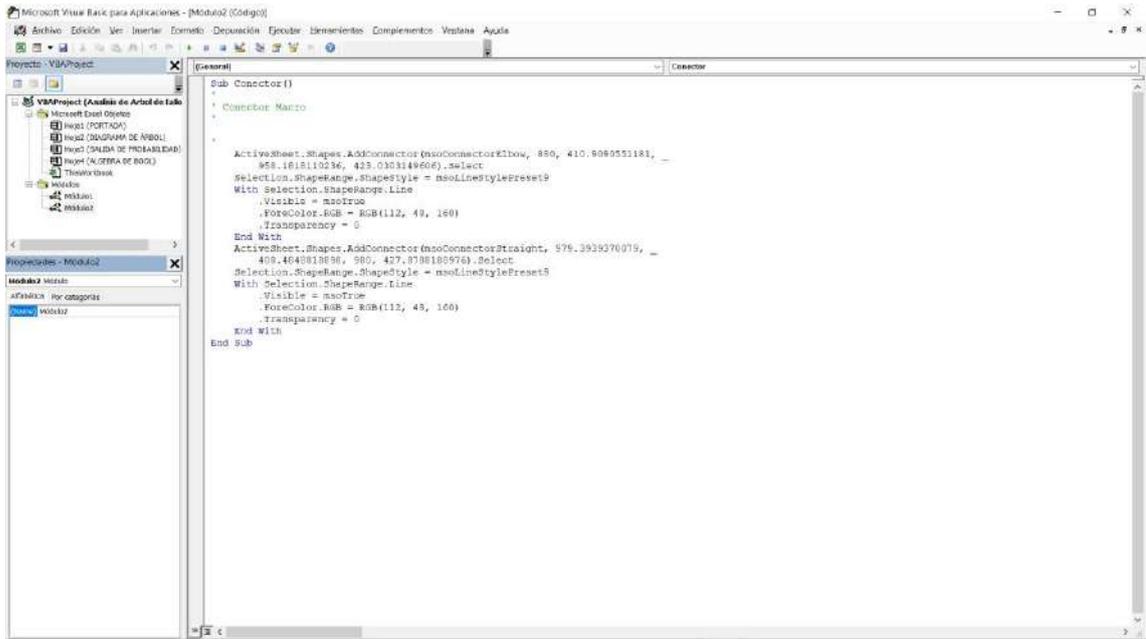
```
Microsoft Visual Basic para Aplicaciones - [Modulo1 (Código)]
Archivo Edición Ver Insertar Formato Depuración Ejecutar Herramientas Complementos Ventana Ayuda
Proyecto: VBAProject
VBAProject (Análisis de Árbol de Fallos)
  Hoja1 (PORTADA)
  Hoja2 (DIAGRAMA DE ÁRBOL)
  Hoja3 (SOLIDA DE PROBABILIDAD)
  Hoja4 (ALICERAS DE RIESGO)
  TheVBAProject
  Modulo1
  Modulo2
Propiedades - Modulo1
Modulo1 Vistas
  Afiliación Por categorías
  (None) Vistas
[General]
EventoDesarrollado
Sub EventoDesarrollado ()
    .NameFarEast = "Times New Roman"
    .Name = "Times New Roman"
    End With
    Range("N14").Select
End Sub
Sub Com1()
    ' Com1 Macro
    '
    ActiveSheet.Shapes.AddShape(msoShapeFlowchartDelay, 927, 237.6, 36, 31.2)
    .Select
    Selection.ShapeRange.ShapeStyle = msoShapeStylePreset4
    Selection.ShapeRange.IncrementRotation = -90
    Selection.ShapeRange.TextFrame2.Orientation = msoTextOrientationUpward
    Selection.ShapeRange(1).TextFrame2.TextRange.Characters.Text = ""
    Selection.ShapeRange.TextFrame2.Orientation = msoTextOrientationDownward
    Selection.ShapeRange(1).TextFrame2.TextRange.Characters.Text = ""
    With Selection.ShapeRange.TextFrame2.TextRange.Font
        .NameComplexScript = "Times New Roman"
        .NameFarEast = "Times New Roman"
        .Name = "Times New Roman"
    End With
    Range("N18").Select
End Sub
Sub Com2()
    ' Com2 Macro
    '
    ActiveSheet.Shapes.AddShape(msoShapeFlowchartStoredData, 909.6, 279.6, 38.4, 33)
    .Select
    Selection.ShapeRange.ShapeStyle = msoShapeStylePreset5
    Selection.ShapeRange.IncrementRotation = 90
    Selection.ShapeRange.IncrementLeft = 1.8
    Selection.ShapeRange.IncrementTop = 1.8
    With Selection.ShapeRange.TextFrame2.TextRange.Font
        .NameComplexScript = "Times New Roman"
        .NameFarEast = "Times New Roman"
        .Name = "Times New Roman"
    End With
    Selection.ShapeRange.TextFrame2.Orientation = msoTextOrientationDownward
    Selection.ShapeRange.TextFrame2.Orientation = msoTextOrientationUpward
    Selection.ShapeRange(1).TextFrame2.TextRange.Characters.Text = ""
End Sub
```

```
Microsoft Visual Basic para Aplicaciones - [Módulo1 (Código)]
Archivo Edición Ver Insertar Formato Depuración Ejecutar Herramientas Complementos Ventana Ayuda
Proyecto: VBAProject [General] | Lineas: 14, Columnas: 8
VBAProject (Análisis de Arbol de Fallos)
Microsoft Excel Objetos
Hoja1 (PORTADA)
Hoja2 (DIAGRAMA DE ÁRBOL)
Hoja3 (SALIDA DE PROBABILIDAD)
Hoja4 (ALGEBRA DE BOOL)
TheodorBook
Vistas
Módulo1
Módulo2
Propiedades - Módulo1
Módulo1: Hoja1
Módulo1: Hoja2
Módulo1: Hoja3
Módulo1: Hoja4
Módulo1: Vistas
Módulo1: Vistas

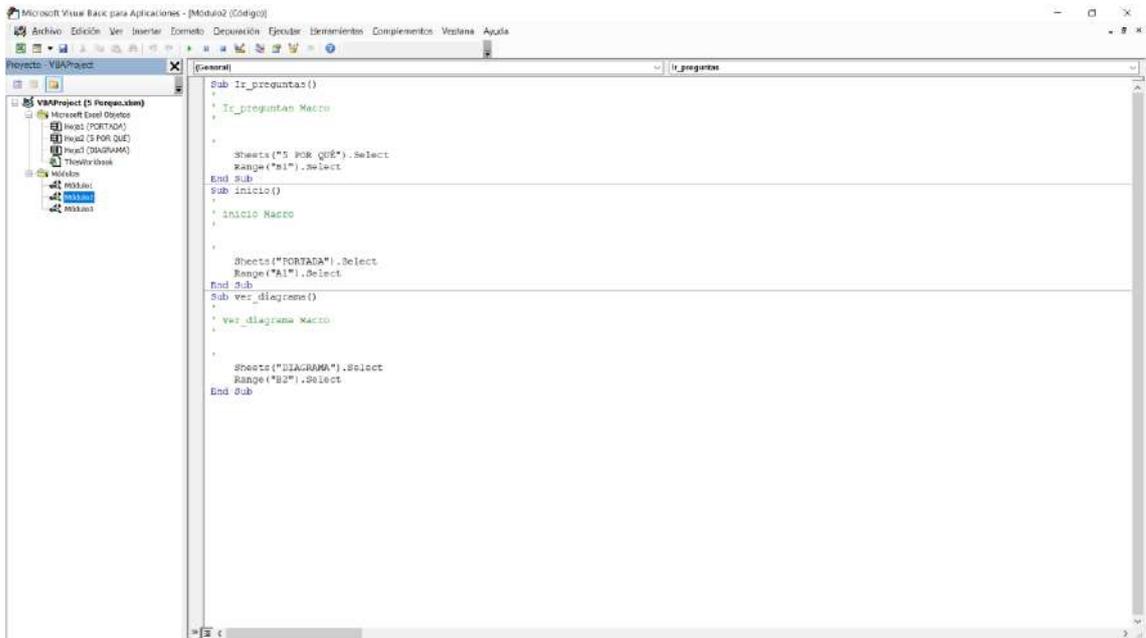
.NameFarEast = "Times New Roman"
.Name = "Times New Roman"
End With
Range("N14").Select
End Sub
Sub Com1()
' Com1 Macro
'
ActiveSheet.Shapes.AddShape(msoShapeFlowchartDelay, 927, 237.6, 36, 31.21)
Select
Selection.ShapeRange.ShapeStyle = msoShapeStylePreset4
Selection.ShapeRange.IncrementRotation = 90
Selection.ShapeRange.TextFrame2.Orientation = msoTextOrientationUpward
Selection.ShapeRange(1).TextFrame2.TextRange.Characters.Text = ""
Selection.ShapeRange.TextFrame2.Orientation = msoTextOrientationDownward
Selection.ShapeRange(1).TextFrame2.TextRange.Characters.Text = ""
With Selection.ShapeRange.TextFrame2.TextRange.Font
.NameComplexScript = "Times New Roman"
.NameFarEast = "Times New Roman"
.Name = "Times New Roman"
End With
Range("N18").Select
End Sub
Sub Com2()
' Com2 Macro
'
ActiveSheet.Shapes.AddShape(msoShapeFlowchartStoredData, 909.6, 279.6, 38.4, 33)
Select
Selection.ShapeRange.ShapeStyle = msoShapeStylePreset5
Selection.ShapeRange.IncrementRotation = 90
Selection.ShapeRange.IncrementLeft = 1.8
Selection.ShapeRange.IncrementTop = 1.8
With Selection.ShapeRange.TextFrame2.TextRange.Font
.NameComplexScript = "Times New Roman"
.NameFarEast = "Times New Roman"
.Name = "Times New Roman"
End With
Selection.ShapeRange.TextFrame2.Orientation = msoTextOrientationDownward
Selection.ShapeRange.TextFrame2.Orientation = msoTextOrientationUpward
Selection.ShapeRange(1).TextFrame2.TextRange.Characters.Text = ""
```

```
Microsoft Visual Basic para Aplicaciones - [Módulo1 (Código)]
Archivo Edición Ver Insertar Formato Depuración Ejecutar Herramientas Complementos Ventana Ayuda
Proyecto: VBAProject [General] | Lineas: 57, Columnas: 7
VBAProject (Análisis de Arbol de Fallos)
Microsoft Excel Objetos
Hoja1 (PORTADA)
Hoja2 (DIAGRAMA DE ÁRBOL)
Hoja3 (SALIDA DE PROBABILIDAD)
Hoja4 (ALGEBRA DE BOOL)
TheodorBook
Vistas
Módulo1
Módulo2
Propiedades - Módulo1
Módulo1: Hoja1
Módulo1: Hoja2
Módulo1: Hoja3
Módulo1: Hoja4
Módulo1: Vistas
Módulo1: Vistas

Selection.ShapeRange.IncrementLeft = 5.4
Selection.ShapeRange.ScaleHeight = 1.055555556, msoFalse, msoScaleFromTopLeft
Selection.ShapeRange.ShapeStyle = msoShapeStylePreset7
With Selection.ShapeRange.TextFrame2.TextRange.Font
.NameComplexScript = "Times New Roman"
.NameFarEast = "Times New Roman"
.Name = "Times New Roman"
End With
Range("R24").Select
End Sub
Sub Comenzar()
' Comenzar Macro
'
Sheets("DIAGRAMA DE ÁRBOL").Select
Range("A1").Select
End Sub
Sub CALCULOPROBABILIDADES()
' CALCULOPROBABILIDADES Macro
'
Sheets("SALIDA DE PROBABILIDAD").Select
Range("A1").Select
End Sub
Sub RegresoArbol()
' RegresoArbol Macro
'
Sheets("DIAGRAMA DE ÁRBOL").Select
End Sub
Sub AlgebraDeBool()
' AlgebraDeBool Macro
'
Sheets("ALGEBRA DE BOOL").Select
Range("A1").Select
End Sub
```

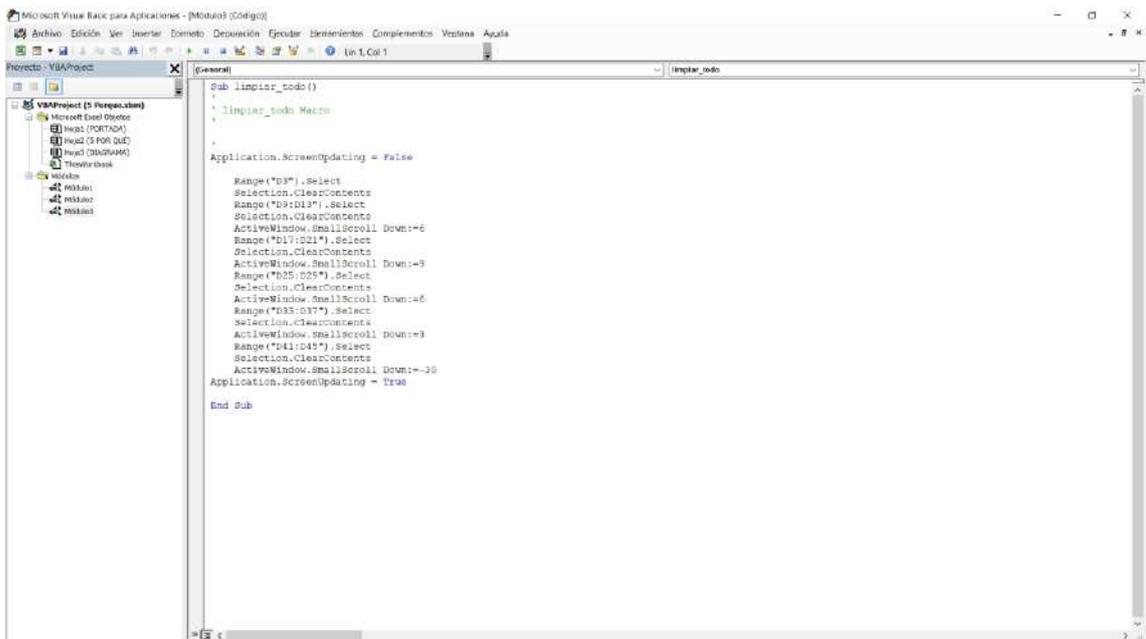


ANEXO D: PROGRAMACIÓN 5 POR QUÉ



The screenshot shows the Microsoft Visual Basic for Applications editor. The project is 'VBAProject (5 Preguntas)'. The 'Ir_preguntas' macro is selected in the 'General' view. The code defines three subroutines: 'Ir_preguntas', 'inicio', and 'ver_diagrama'. The 'Ir_preguntas' macro calls 'inicio' and 'ver_diagrama'. The 'inicio' subroutine selects the 'PORTADA' sheet and range 'A1'. The 'ver_diagrama' subroutine selects the 'DIAGRAMA' sheet and range 'B2'.

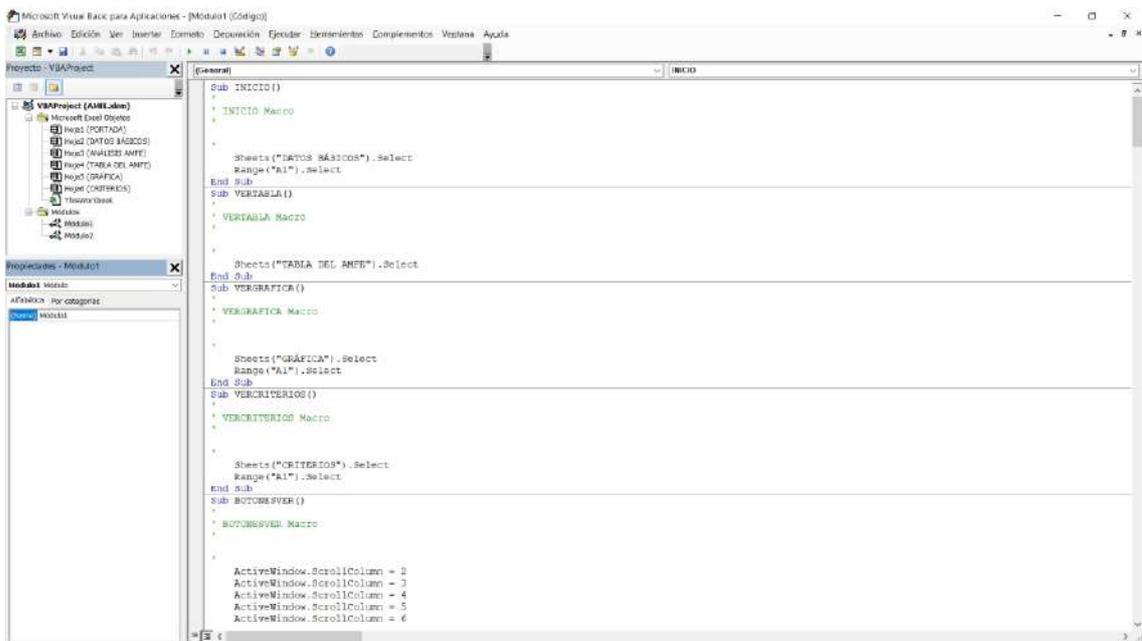
```
Sub Ir_preguntas()  
    Ir_preguntas Macro  
    *  
    Sheets("5 POR QUÉ").Select  
    Range("A1").Select  
End Sub  
Sub inicio()  
    ' inicio Macro  
    *  
    Sheets("PORTADA").Select  
    Range("A1").Select  
End Sub  
Sub ver_diagrama()  
    ' ver_diagrama Macro  
    *  
    Sheets("DIAGRAMA").Select  
    Range("B2").Select  
End Sub
```



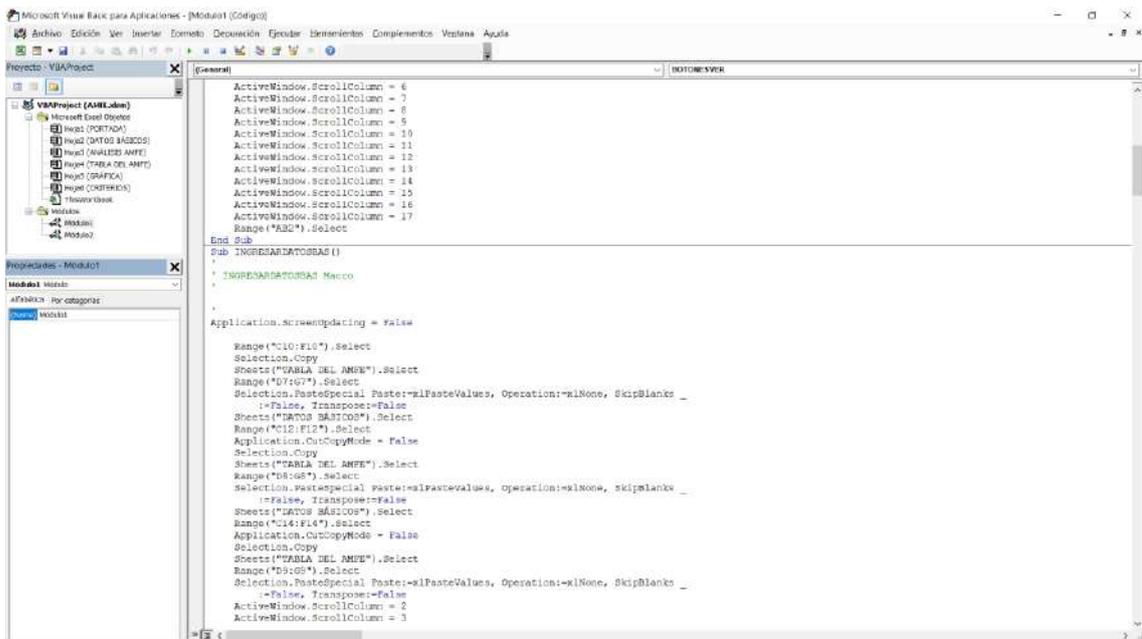
The screenshot shows the Microsoft Visual Basic for Applications editor. The project is 'VBAProject (5 Preguntas)'. The 'limpiar_todo' macro is selected in the 'General' view. The code defines a subroutine 'limpiar_todo' that sets 'Application.ScreenUpdating = False', selects several ranges (D9:D13, D17:D21, D25:D29, D33:D37, D41:D45), clears their contents, scrolls down, and then sets 'Application.ScreenUpdating = True'.

```
Sub limpiar_todo()  
    limpiar_todo Macro  
    *  
    Application.ScreenUpdating = False  
    Range("D9").Select  
    Selection.ClearContents  
    Range("D9:D13").Select  
    Selection.ClearContents  
    Selection.ClearContents  
    ActiveWindow.SmallScroll Down:=6  
    Range("D17:D21").Select  
    Selection.ClearContents  
    Selection.ClearContents  
    ActiveWindow.SmallScroll Down:=5  
    Range("D25:D29").Select  
    Selection.ClearContents  
    Selection.ClearContents  
    ActiveWindow.SmallScroll Down:=6  
    Range("D33:D37").Select  
    Selection.ClearContents  
    Selection.ClearContents  
    ActiveWindow.SmallScroll Down:=3  
    Range("D41:D45").Select  
    Selection.ClearContents  
    ActiveWindow.SmallScroll Down:=30  
    Application.ScreenUpdating = True  
End Sub
```

ANEXO E: PROGRAMACIÓN ANÁLISIS DE MODOS DE FALLO Y EFECTOS



```
Microsoft Visual Basic para Aplicaciones - [Módulo1 (Código)]
Archivo Edición Ver Insertar Formato Depuración Ejecutar Herramientas Complementos Ventana Ayuda
Proyecto: VBAProject [General]
VBAProject (AMBLab)
  Microsoft Excel Objects
    Hoja1 (PORTADA)
    Hoja2 (DATOS BÁSICOS)
    Hoja3 (ANÁLISIS AMFE)
    Hoja4 (TABLA DEL AMFE)
    Hoja5 (GRÁFICA)
    Hoja6 (CRITERIOS)
    ThisWorkbook
    Modulo1
    Modulo2
Propiedades - Módulo1
Módulo1 Macros
afabrica por categorías
Modulo1
Sub INICIO ()
+ INICIO Macro
+
+ Sheets("DATOS BÁSICOS").Select
+ Range("A1").Select
End Sub
Sub VERTABLA ()
+ VERTABLA Macro
+
+ Sheets("TABLA DEL AMFE").Select
End Sub
Sub VERGRAFICA ()
+ VERGRAFICA Macro
+
+ Sheets("GRÁFICA").Select
+ Range("A1").Select
End Sub
Sub VERCRITERIOS ()
+ VERCRITERIOS Macro
+
+ Sheets("CRITERIOS").Select
+ Range("A1").Select
End Sub
Sub BOTONESVER ()
+ BOTONESVER Macro
+
+ ActiveWindow.ScrollColumn = 2
+ ActiveWindow.ScrollColumn = 3
+ ActiveWindow.ScrollColumn = 4
+ ActiveWindow.ScrollColumn = 5
+ ActiveWindow.ScrollColumn = 6
End Sub
```



```
Microsoft Visual Basic para Aplicaciones - [Módulo1 (Código)]
Archivo Edición Ver Insertar Formato Depuración Ejecutar Herramientas Complementos Ventana Ayuda
Proyecto: VBAProject [BOTONESVER]
ActiveWindow.ScrollColumn = 6
ActiveWindow.ScrollColumn = 7
ActiveWindow.ScrollColumn = 8
ActiveWindow.ScrollColumn = 9
ActiveWindow.ScrollColumn = 10
ActiveWindow.ScrollColumn = 11
ActiveWindow.ScrollColumn = 12
ActiveWindow.ScrollColumn = 13
ActiveWindow.ScrollColumn = 14
ActiveWindow.ScrollColumn = 15
ActiveWindow.ScrollColumn = 16
ActiveWindow.ScrollColumn = 17
Range("A2").Select
End Sub
Sub INGENIERARATOSBAE ()
+ INGENIERARATOSBAE Macro
+
Application.ScreenUpdating = False
Range("C10:F10").Select
Selection.Copy
Sheets("TABLA DEL AMFE").Select
Range("D7:G7").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose=False
Sheets("DATOS BÁSICOS").Select
Range("C12:F12").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("TABLA DEL AMFE").Select
Range("D8:G8").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose=False
Range("C14:F14").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("TABLA DEL AMFE").Select
Range("D9:G9").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose=False
ActiveWindow.ScrollColumn = 2
ActiveWindow.ScrollColumn = 3
End Sub
```

```
Microsoft Visual Basic para Aplicaciones - [Módulo] (Código)
Archivo Edición Ver Insertar Formato Depuración Ejecutar Herramientas Complementos Ventana Ayuda
Proyecto: VBAProject [General] [REGISTRADOTRANSA]
VBAProject (AMBLab)
Microsoft Excel Objects
Hojas (PORTADA)
Hojas (DATOS BASICOS)
Hojas (ANALISIS AMPE)
Hojas (TABLA DEL AMPE)
Hojas (GRAFICA)
Theoretical
Modulos
Modulo1
Propiedades - Modulo1
Modulo1: Hojas
afixacion Por categorías
Hojas
Hojas1
ActiveWindow.ScrollColumn = 3
ActiveWindow.ScrollColumn = 4
ActiveWindow.ScrollColumn = 5
ActiveWindow.ScrollColumn = 6
ActiveWindow.ScrollColumn = 7
ActiveWindow.ScrollColumn = 8
ActiveWindow.ScrollColumn = 9
ActiveWindow.ScrollColumn = 10
ActiveWindow.ScrollColumn = 9
ActiveWindow.ScrollColumn = 8
ActiveWindow.ScrollColumn = 7
ActiveWindow.ScrollColumn = 6
ActiveWindow.ScrollColumn = 7
Sheets("DATOS BASICOS").Select
Range("C16:F16").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("TABLA DEL AMPE").Select
Range("F7:F8").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Sheets("DATOS BASICOS").Select
Range("C18:F18").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("TABLA DEL AMPE").Select
Range("F9:F10").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Sheets("DATOS BASICOS").Select
Range("C20:F20").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("TABLA DEL AMPE").Select
Range("F19:F20").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
ActiveWindow.ScrollColumn = 8
ActiveWindow.ScrollColumn = 9
ActiveWindow.ScrollColumn = 10
ActiveWindow.ScrollColumn = 11
Sheets("DATOS BASICOS").Select
Range("I13:I13").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("TABLA DEL AMPE").Select
```

```
Microsoft Visual Basic para Aplicaciones - [Módulo] (Código)
Archivo Edición Ver Insertar Formato Depuración Ejecutar Herramientas Complementos Ventana Ayuda
Proyecto: VBAProject [General] [REGISTRADOTRANSA]
VBAProject (AMBLab)
Microsoft Excel Objects
Hojas (PORTADA)
Hojas (DATOS BASICOS)
Hojas (ANALISIS AMPE)
Hojas (TABLA DEL AMPE)
Hojas (GRAFICA)
Theoretical
Modulos
Modulo1
Propiedades - Modulo1
Modulo1: Hojas
afixacion Por categorías
Hojas
Hojas1
Sheets("TABLA DEL AMPE").Select
Range("F17:F17").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Sheets("DATOS BASICOS").Select
Range("I15:I15").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("TABLA DEL AMPE").Select
Range("F18:F18").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Sheets("DATOS BASICOS").Select
Range("I17:I17").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("TABLA DEL AMPE").Select
Range("F19:F19").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
ActiveWindow.SmallScroll Down:=-3
Sheets("DATOS BASICOS").Select
Range("I4").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("TABLA DEL AMPE").Select
Range("G6").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Sheets("DATOS BASICOS").Select
Range("I6").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("TABLA DEL AMPE").Select
Range("H6").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Sheets("DATOS BASICOS").Select
Range("I8:I8").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("TABLA DEL AMPE").Select
Range("G6:G6").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Sheets("DATOS BASICOS").Select
```

```

Microsoft Visual Basic para Aplicaciones - [Modulo1 (Codigo)]
Archivo Edición Ver Insertar Formato Depuración Ejecutar Herramientas Complementos Ventana Ayuda
Proyecto: VBAProject [General] INGRESAR DATOS
VBAProject (AMBLJobs)
Microsoft Excel Objects
Hojas (PORTADA)
Hojas (DATOS INGRESOS)
Hojas (ANALISIS AMFE)
Hojas (TABLA DEL AMFE)
Hojas (GRAFICA)
Hojas (CONFERENCIAS)
The workbook
Modulos
Modulo1
Propiedades - Modulo1
Modulo1: Hojas
afixatica Por categorías
Hojas
Hojas
Sheets("DATOS BASICOS").Select
Application.OutCopyMode = False
Range("C10:F13").Select
Selection.ClearContents
Range("C12:F12").Select
Selection.ClearContents
Range("C14:F14").Select
Selection.ClearContents
Range("C16:F16").Select
Selection.ClearContents
Range("C18:F18").Select
Selection.ClearContents
Range("C20:F20").Select
Selection.ClearContents
Range("I13:I13").Select
Selection.ClearContents
Range("I15:I15").Select
Selection.ClearContents
Range("I17:I17").Select
Selection.ClearContents
Range("I4").Select
Selection.ClearContents
Range("L7").Select
Selection.ClearContents
Range("L8:M8").Select
Selection.ClearContents
Application.ScreenUpdating = True
End Sub
Sub LIMPIARTABLA()
' LIMPIARTABLA Macro
'
Application.ScreenUpdating = False
Range("C8").Select
Selection.ClearContents
Range("C9").Select
Selection.ClearContents
Range("C10").Select
Selection.ClearContents
Range("C11").Select
Selection.ClearContents
Range("C12").Select
Selection.ClearContents
Range("C13").Select
'
End Sub

```

```

Microsoft Visual Basic para Aplicaciones - [Modulo1 (Codigo)]
Archivo Edición Ver Insertar Formato Depuración Ejecutar Herramientas Complementos Ventana Ayuda
Proyecto: VBAProject [General] LIMPIARTABLA
VBAProject (AMBLJobs)
Microsoft Excel Objects
Hojas (PORTADA)
Hojas (DATOS INGRESOS)
Hojas (ANALISIS AMFE)
Hojas (TABLA DEL AMFE)
Hojas (GRAFICA)
Hojas (CONFERENCIAS)
The workbook
Modulos
Modulo1
Propiedades - Modulo1
Modulo1: Hojas
afixatica Por categorías
Hojas
Hojas
Range("C13").Select
Selection.ClearContents
Range("C14").Select
Selection.ClearContents
Range("C15").Select
Selection.ClearContents
Range("C16").Select
Selection.ClearContents
Range("C17").Select
Selection.ClearContents
Range("C18").Select
Selection.ClearContents
Range("C19").Select
Selection.ClearContents
Range("C20").Select
Selection.ClearContents
Range("C21").Select
Selection.ClearContents
Range("F10").Select
Selection.ClearContents
Range("F14").Select
Selection.ClearContents
Range("F18").Select
Selection.ClearContents
Range("I10").Select
Selection.ClearContents
Range("I14").Select
Selection.ClearContents
Range("I18").Select
Selection.ClearContents
Application.ScreenUpdating = True
End Sub
Sub INGRESARANALISIS()
' INGRESARANALISIS Macro
'
Application.ScreenUpdating = False
Sheets("TABLA DEL AMFE").Select
Rows("I2:I2").Select
Selection.TypeOf Shift:=xlDown, CopyOrigin:=xlFormatFromLeftOrAbove
Range("I3").Select
Sheets("ANALISIS AMFE").Select

```

```
Microsoft Visual Basic para Aplicaciones - [Modulo1] (Código)
Archivo Edición Ver Insertar Formato Depuración Ejecutar Herramientas Complementos Ventana Ayuda
Proyecto: VBAProject [General] [INSTRUMENTALIS]
VBAProject (AMBLabos)
Microsoft Excel Objects
Hoja1 (PORTADA)
Hoja2 (DATOS INGRESOS)
Hoja3 (ANALISIS AMFE)
Hojas (TABLA DEL AMFE)
Hojas (GRAFICA)
Hojas (CONTENIDOS)
Theoretical
Modulo1
Propiedades - Modulo1
Modulo1: Hoja3
afixación Por categorías
Hoja3: Modulo1
Sheets("ANALISIS AMFE").Select
Range("C8").Select
Selection.Copy
Sheets("TABLA DEL AMFE").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Sheets("ANALISIS AMFE").Select
Range("C9").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("TABLA DEL AMFE").Select
Range("C10").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Sheets("ANALISIS AMFE").Select
Range("C10").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("TABLA DEL AMFE").Select
Range("D13").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, operation:=xlNone, skipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Sheets("ANALISIS AMFE").Select
Range("C11").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("TABLA DEL AMFE").Select
Range("E13").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Sheets("ANALISIS AMFE").Select
Range("C12").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("TABLA DEL AMFE").Select
Range("F13").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Sheets("ANALISIS AMFE").Select
Range("C13").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("TABLA DEL AMFE").Select
Range("G13").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
```

```
Microsoft Visual Basic para Aplicaciones - [Modulo1] (Código)
Archivo Edición Ver Insertar Formato Depuración Ejecutar Herramientas Complementos Ventana Ayuda
Proyecto: VBAProject [General] [INSTRUMENTALIS]
VBAProject (AMBLabos)
Microsoft Excel Objects
Hoja1 (PORTADA)
Hojas (TABLA DEL AMFE)
Hojas (GRAFICA)
Hojas (CONTENIDOS)
Theoretical
Modulo1
Propiedades - Modulo1
Modulo1: Hoja3
afixación Por categorías
Hoja3: Modulo1
:=False, Transpose:=False
Sheets("ANALISIS AMFE").Select
Range("C14").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("TABLA DEL AMFE").Select
Range("H13").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, operation:=xlNone, skipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Sheets("ANALISIS AMFE").Select
Range("C15").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("TABLA DEL AMFE").Select
Range("I13").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, operation:=xlNone, skipBlanks _
:=False, Transpose:=False
ActiveWindow.ScrollColumn = 2
ActiveWindow.ScrollColumn = 3
ActiveWindow.ScrollColumn = 4
ActiveWindow.ScrollColumn = 5
ActiveWindow.ScrollColumn = 6
ActiveWindow.ScrollColumn = 7
Sheets("ANALISIS AMFE").Select
Range("C16").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("TABLA DEL AMFE").Select
Range("J13").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Sheets("ANALISIS AMFE").Select
Range("C17").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("TABLA DEL AMFE").Select
Range("K13").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Sheets("ANALISIS AMFE").Select
Range("C18").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("TABLA DEL AMFE").Select
Range("L13").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
```

```
Microsoft Visual Basic para Aplicaciones - [Modulo1 (Código)]
Archivo Edición Ver Insertar Formato Depuración Ejecutar Herramientas Complementos Ventana Ayuda
Proyecto: VBAProject [General] [INSTRUMENTACIÓN]
VBAProject (AMBL.dba)
Microsoft Excel Objects
Hojas (PORTADA)
Hojas (DATOS INGRESOS)
Hojas (ANÁLISIS AMFE)
Hojas (TABLA DEL AMFE)
Hojas (GRÁFICA)
Hojas (CONFERENCIA)
TheaterDesk
Instalar
Actualizar
Desinstalar
Propiedades - Modulo1
Modulo1: Hojas
afirmación Por categorías
Hoja1: Hoja1
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Sheets("ANÁLISIS AMFE").Select
Range("C19").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("TABLA DEL AMFE").Select
Range("A19").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
ActiveWindow.ScrollColumn = 9
ActiveWindow.ScrollColumn = 10
ActiveWindow.ScrollColumn = 11
ActiveWindow.ScrollColumn = 12
ActiveWindow.ScrollColumn = 11
Sheets("ANÁLISIS AMFE").Select
Range("E10").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("TABLA DEL AMFE").Select
Range("B13").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
ActiveWindow.ScrollColumn = 10
ActiveWindow.ScrollColumn = 11
ActiveWindow.ScrollColumn = 12
ActiveWindow.ScrollColumn = 11
Sheets("ANÁLISIS AMFE").Select
Range("E14").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("TABLA DEL AMFE").Select
Range("C19").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
ActiveWindow.ScrollColumn = 10
ActiveWindow.ScrollColumn = 11
ActiveWindow.ScrollColumn = 12
ActiveWindow.ScrollColumn = 12
Sheets("ANÁLISIS AMFE").Select
Range("C20").Select
```

```
Microsoft Visual Basic para Aplicaciones - [Modulo1 (Código)]
Archivo Edición Ver Insertar Formato Depuración Ejecutar Herramientas Complementos Ventana Ayuda
Proyecto: VBAProject [General] [INSTRUMENTACIÓN]
VBAProject (AMBL.dba)
Microsoft Excel Objects
Hojas (PORTADA)
Hojas (DATOS INGRESOS)
Hojas (ANÁLISIS AMFE)
Hojas (TABLA DEL AMFE)
Hojas (GRÁFICA)
Hojas (CONFERENCIA)
TheaterDesk
Instalar
Actualizar
Desinstalar
Propiedades - Modulo1
Modulo1: Hojas
afirmación Por categorías
Hoja1: Hoja1
Range("C20").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("TABLA DEL AMFE").Select
Range("B19").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Sheets("ANÁLISIS AMFE").Select
Range("C21").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("TABLA DEL AMFE").Select
Range("B19").Select
Application.CutCopyMode = False
ActiveCell.FormulaR1C1 = ""
Range("B19").Select
Sheets("ANÁLISIS AMFE").Select
Range("C21").Select
Selection.Copy
Sheets("TABLA DEL AMFE").Select
Range("A19").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Sheets("ANÁLISIS AMFE").Select
Range("I10").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("TABLA DEL AMFE").Select
Range("I13").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Sheets("ANÁLISIS AMFE").Select
Range("I14").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("TABLA DEL AMFE").Select
Range("I13").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
ActiveWindow.ScrollColumn = 11
ActiveWindow.ScrollColumn = 12
ActiveWindow.ScrollColumn = 13
ActiveWindow.ScrollColumn = 14
Sheets("ANÁLISIS AMFE").Select
Range("I16").Select
Application.CutCopyMode = False
```

```
Microsoft Visual Basic para Aplicaciones - [Módulo2 (Código)]
Archivo Edición Ver Insertar Formato Depuración Ejecutar Herramientas Complementos Ventana Ayuda
Proyecto: VBAProject [General] INGRESOADMINISTRACION

Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("TABLA DEL AMFE").Select
Range("V13").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Sheets("ANALISIS AMFE").Select
Range("I14").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("TABLA DEL AMFE").Select
Range("V13").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
ActiveWindow.ScrollColumn = 11
ActiveWindow.ScrollColumn = 12
ActiveWindow.ScrollColumn = 13
ActiveWindow.ScrollColumn = 14
Sheets("ANALISIS AMFE").Select
Range("I18").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("TABLA DEL AMFE").Select
Range("V13").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
ActiveWindow.ScrollColumn = 13
ActiveWindow.ScrollColumn = 12
ActiveWindow.ScrollColumn = 11
ActiveWindow.ScrollColumn = 10
ActiveWindow.ScrollColumn = 9
ActiveWindow.ScrollColumn = 8
ActiveWindow.ScrollColumn = 7
ActiveWindow.ScrollColumn = 4
ActiveWindow.ScrollColumn = 5
ActiveWindow.ScrollColumn = 4
ActiveWindow.ScrollColumn = 3
ActiveWindow.ScrollColumn = 2
ActiveWindow.ScrollColumn = 1
Range("B12").Select
Sheets("ANALISIS AMFE").Select
Application.CutCopyMode = False
Application.ScreenUpdating = True

End Sub
```

```
Microsoft Visual Basic para Aplicaciones - [Módulo2 (Código)]
Archivo Edición Ver Insertar Formato Depuración Ejecutar Herramientas Complementos Ventana Ayuda
Proyecto: VBAProject [General] ANALISISAMFE

Sub ANALISISAMFE()
    ' ANALISISAMFE Macro
    '
    Sheets("ANALISIS AMFE").Select
End Sub
```

ANEXO F: DISTRIBUCIÓN DE RESULTADOS DE NPR

Digito 1	Digito 2	Digito 3	Resultado	Resultados posibles
1	1	1	1	1
1	1	2	2	2
1	1	3	3	3
1	1	4	4	4
1	1	5	5	5
1	1	6	6	6
1	1	7	7	7
1	1	8	8	8
1	1	9	9	9
1	1	10	10	10
1	2	2	4	12
1	2	3	6	14
1	2	4	8	15
1	2	5	10	16
1	2	6	12	18
1	2	7	14	20
1	2	8	16	21
1	2	9	18	24
1	2	10	20	25
1	3	3	9	27
1	3	4	12	28
1	3	5	15	30
1	3	6	18	32
1	3	7	21	35
1	3	8	24	36
1	3	9	27	40
1	3	10	30	42
1	4	4	16	45
1	4	5	20	48
1	4	6	24	49
1	4	7	28	50
1	4	8	32	54
1	4	9	36	56
1	4	10	40	60
1	5	5	25	63
1	5	6	30	64
1	5	7	35	70
1	5	8	40	72
1	5	9	45	75
1	5	10	50	80
1	6	6	36	81
1	6	7	42	84
1	6	8	48	90

1	6	9	54	96
1	6	10	60	98
1	7	7	49	100
1	7	8	56	105
1	7	9	63	108
1	7	10	70	112
1	8	8	64	120
1	8	9	72	125
1	8	10	80	126
1	9	9	81	128
1	9	10	90	135
1	10	10	100	140
2	2	2	8	144
2	2	3	12	147
2	2	4	16	150
2	2	5	20	160
2	2	6	24	162
2	2	7	28	168
2	2	8	32	175
2	2	9	36	180
2	2	10	40	189
2	3	3	18	192
2	3	4	24	196
2	3	5	30	200
2	3	6	36	210
2	3	7	42	216
2	3	8	48	224
2	3	9	54	225
2	3	10	60	240
2	4	4	32	243
2	4	5	40	245
2	4	6	48	250
2	4	7	56	252
2	4	8	64	256
2	4	9	72	270
2	4	10	80	280
2	5	5	50	288
2	5	6	60	294
2	5	7	70	300
2	5	8	80	315
2	5	9	90	320
2	5	10	100	324
2	6	6	72	336
2	6	7	84	343
2	6	8	96	350
2	6	9	108	360

2	6	10	120	378
2	7	7	98	384
2	7	8	112	392
2	7	9	126	400
2	7	10	140	405
2	8	8	128	420
2	8	9	144	432
2	8	10	160	441
2	9	9	162	448
2	9	10	180	450
2	10	10	200	480
3	3	3	27	486
3	3	4	36	490
3	3	5	45	500
3	3	6	54	504
3	3	7	63	512
3	3	8	72	540
3	3	9	81	560
3	3	10	90	567
3	4	4	48	576
3	4	5	60	600
3	4	6	72	630
3	4	7	84	640
3	4	8	96	648
3	4	9	108	700
3	4	10	120	720
3	5	5	75	729
3	5	6	90	800
3	5	7	105	810
3	5	8	120	900
3	5	9	135	1000
3	5	10	150	
3	6	6	108	
3	6	7	126	
3	6	8	144	
3	6	9	162	
3	6	10	180	
3	7	7	147	
3	7	8	168	
3	7	9	189	
3	7	10	210	
3	8	8	192	
3	8	9	216	
3	8	10	240	
3	9	9	243	
3	9	10	270	

3	10	10	300
4	4	4	64
4	4	5	80
4	4	6	96
4	4	7	112
4	4	8	128
4	4	9	144
4	4	10	160
4	5	5	100
4	5	6	120
4	5	7	140
4	5	8	160
4	5	9	180
4	5	10	200
4	6	6	144
4	6	7	168
4	6	8	192
4	6	9	216
4	6	10	240
4	7	7	196
4	7	8	224
4	7	9	252
4	7	10	280
4	8	8	256
4	8	9	288
4	8	10	320
4	9	9	324
4	9	10	360
4	10	10	400
5	5	5	125
5	5	6	150
5	5	7	175
5	5	8	200
5	5	9	225
5	5	10	250
5	6	6	180
5	6	7	210
5	6	8	240
5	6	9	270
5	6	10	300
5	7	7	245
5	7	8	280
5	7	9	315
5	7	10	350
5	8	8	320
5	8	9	360

5	8	10	400
5	9	9	405
5	9	10	450
5	10	10	500
6	6	6	216
6	6	7	252
6	6	8	288
6	6	9	324
6	6	10	360
6	7	7	294
6	7	8	336
6	7	9	378
6	7	10	420
6	8	8	384
6	8	9	432
6	8	10	480
6	9	9	486
6	9	10	540
6	10	10	600
7	7	7	343
7	7	8	392
7	7	9	441
7	7	10	490
7	8	8	448
7	8	9	504
7	8	10	560
7	9	9	567
7	9	10	630
7	10	10	700
8	8	8	512
8	8	9	576
8	8	10	640
8	9	9	648
8	9	10	720
8	10	10	800
9	9	9	729
9	9	10	810
9	10	10	900
10	10	10	1000

ANEXO G: MANUAL DE USUARIO

MANUAL DE USUARIO FINAL

Luis Elias Ante Satizabal

ESPOCH-Panamericana Sur km 1 1/2, Riobamba-Ecuador

TABLA DE CONTENIDO

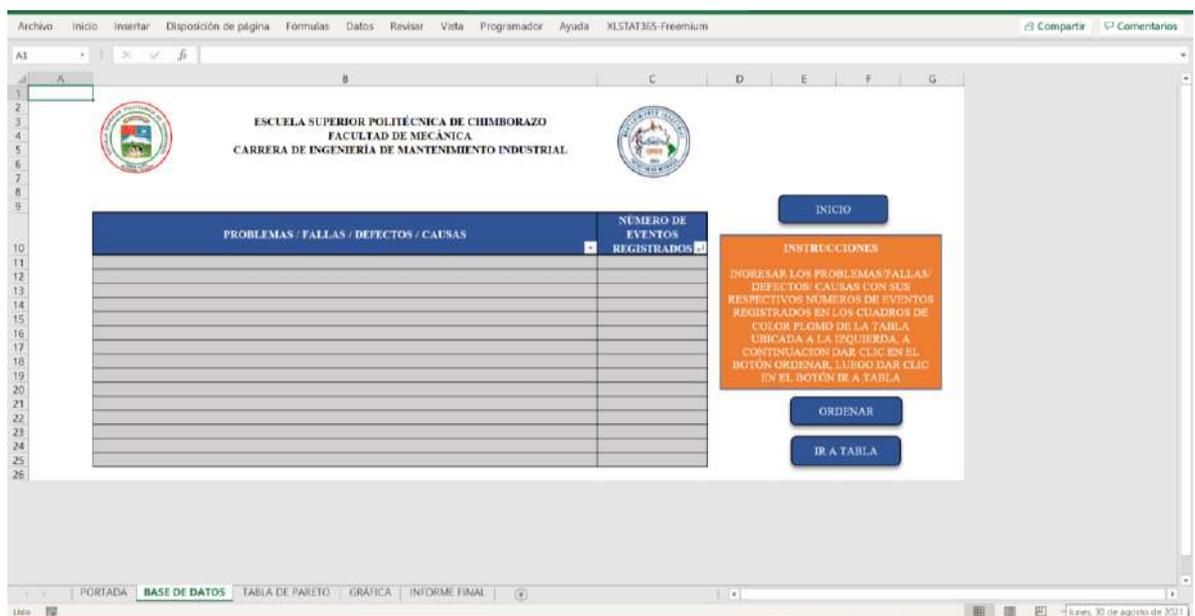
- 1. DIAGRAMA DE PARETO**
- 2. ANÁLISIS DE ÁRBOL DE FALLOS**
- 3. DIAGRAMA DE ISHIKAWA**
- 4. LOS 5 POR QUÉ**
- 5. ANÁLISIS DE MODOS DE FALLO Y EFECTOS**

1. DIAGRAMA DE PARETO

Al Ingresar a la hoja de cálculo Análisis de Pareto, se encontrará la portada, aquí se procede a dar clic en el botón COMENZAR para iniciar el programa.



A continuación se encontrará con la tabla de ingreso donde después de ingresar los datos solicitados se da clic en los botones ORDENAR e IR A TABLA para continuar.



En la tabla a continuación se mostrará el cálculo realizado para el análisis de Pareto, en la parte superior de la hoja de cálculo, dar clic en la flecha BOTONES DE CONTROL, para desplazar la hoja de cálculo hasta el siguiente cuadro de botones.

ID	PROBLEMAS / FALLAS / DEFECTOS / CAUSAS	EVENTOS REGISTRADOS	EVENTOS REGISTRADOS ACUMULADOS	PORCENTAJE INDIVIDUAL	PORCENTAJE ACUMULADO2	CRITERIOS
P01						BAJO
P02						BAJO
P03						BAJO
P04						BAJO
P05						BAJO
P06						BAJO
P07						BAJO
P08						BAJO
P09						BAJO
P10						BAJO
P11						BAJO
P12						BAJO
P13						BAJO
P14						BAJO
P15						BAJO

Dar clic en el botón VER GRÁFICA para continuar.

EVENTOS REGISTRADOS	EVENTOS REGISTRADOS ACUMULADOS	PORCENTAJE INDIVIDUAL	PORCENTAJE ACUMULADO2	CRITERIOS
				BAJO

En la pantalla del Diagrama de Pareto se podrá:

Dar clic en el botón TABLA DE PARETO para regresar a la pantalla anterior.

Dar clic en el botón VER INFORME FINAL para continuar.



En la pantalla final se podrá observar un Dashboard con los datos finales del análisis, dar clic en el  botón para actualizar la pantalla. Seleccionar los criterios a visualizarse con los botones BAJO y ALTO.

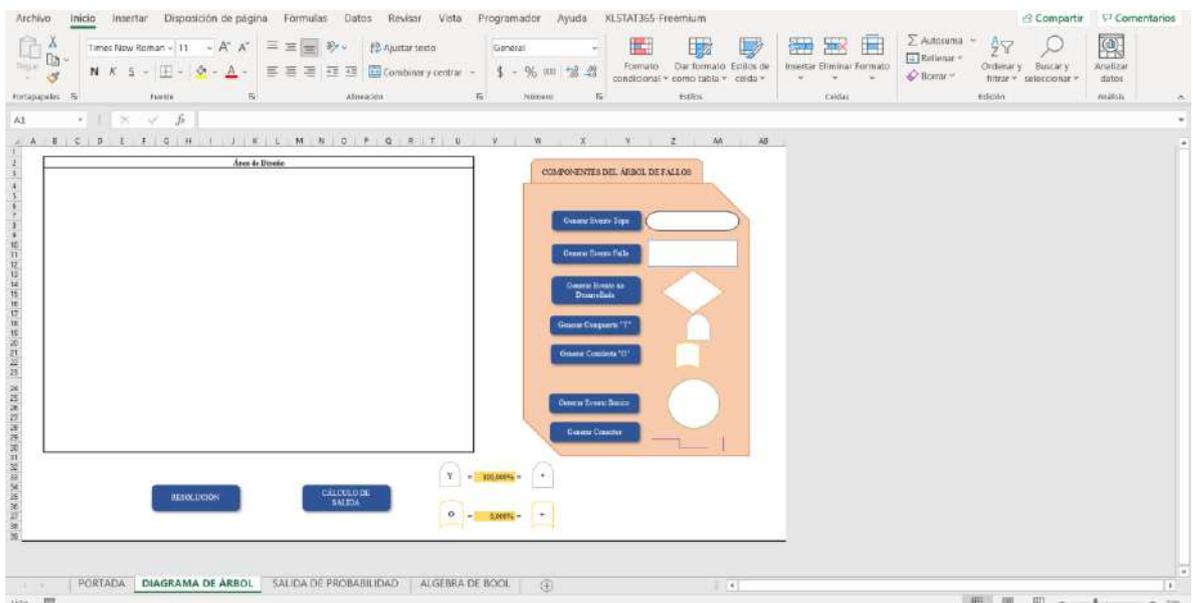


2. ANÁLISIS DE ÁRBOL DE FALLOS

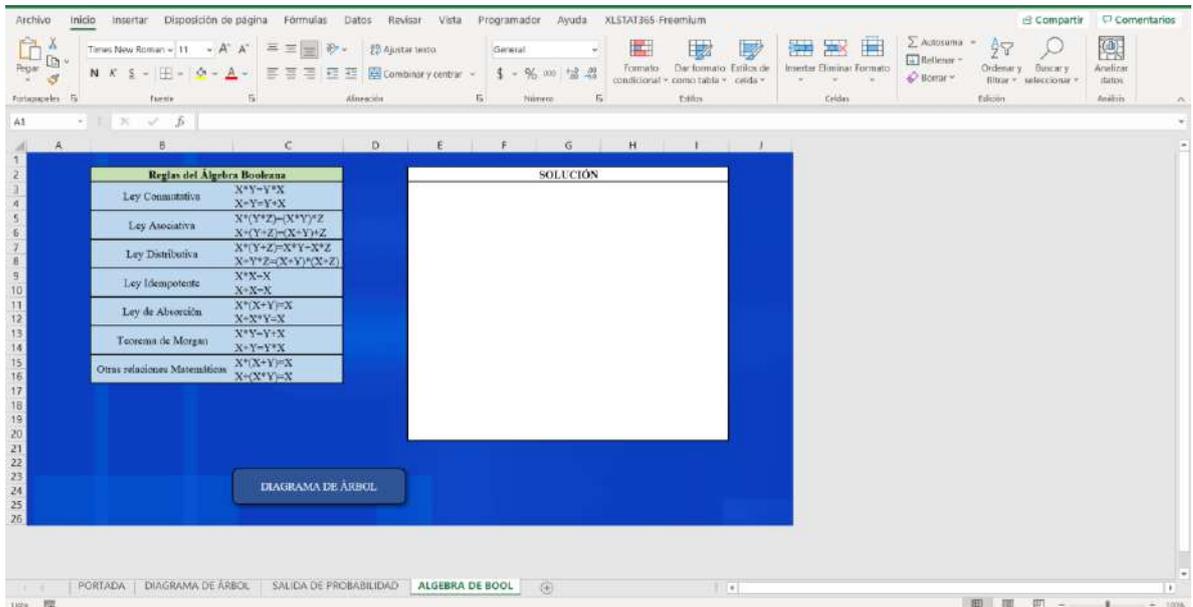
Al Ingresar a la hoja de cálculo Análisis de Árbol de Fallas, se encontrará la portada, aquí se procede a dar clic en el botón COMENZAR para iniciar el programa.



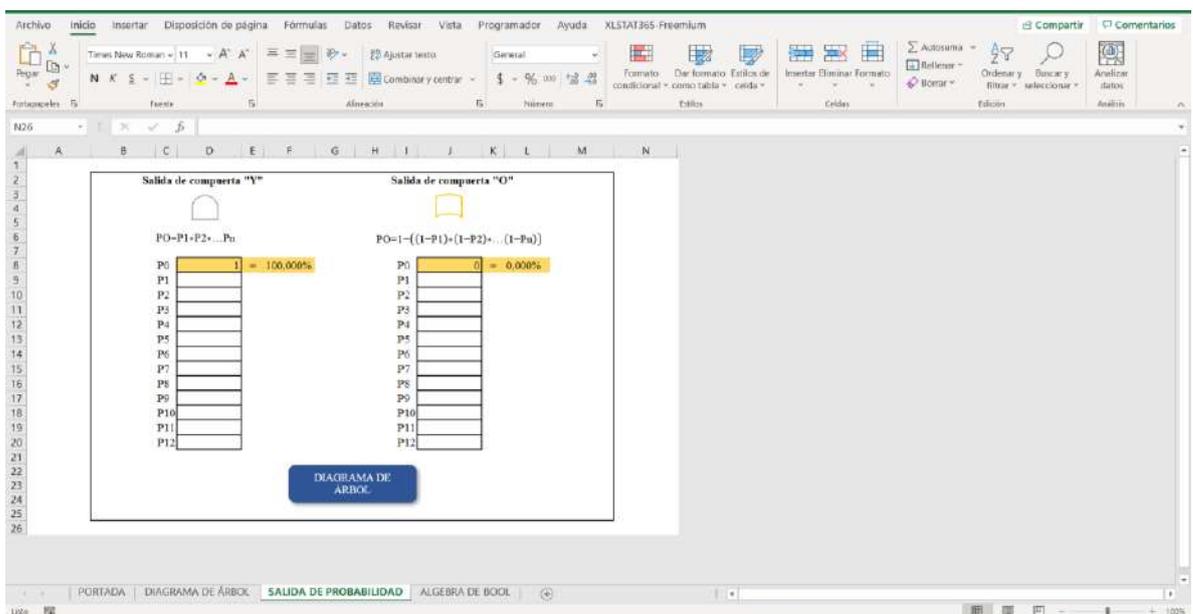
En el área de color naranja se encuentran botones donde se pueden generar los objetos y conectores esto se hace arrastrando la figura ya generada al Área de Diseño. Para continuar dar clic en el botón Resolución.



En el área de Solución de deben generar de forma manual las fórmulas con su reducción de haber el caso. Dar clic en **DIAGRAMA DE ÁRBOL** para regresar a la pantalla de diseño, donde se debe dar clic en el botón **CÁLCULO DE SALIDA**.

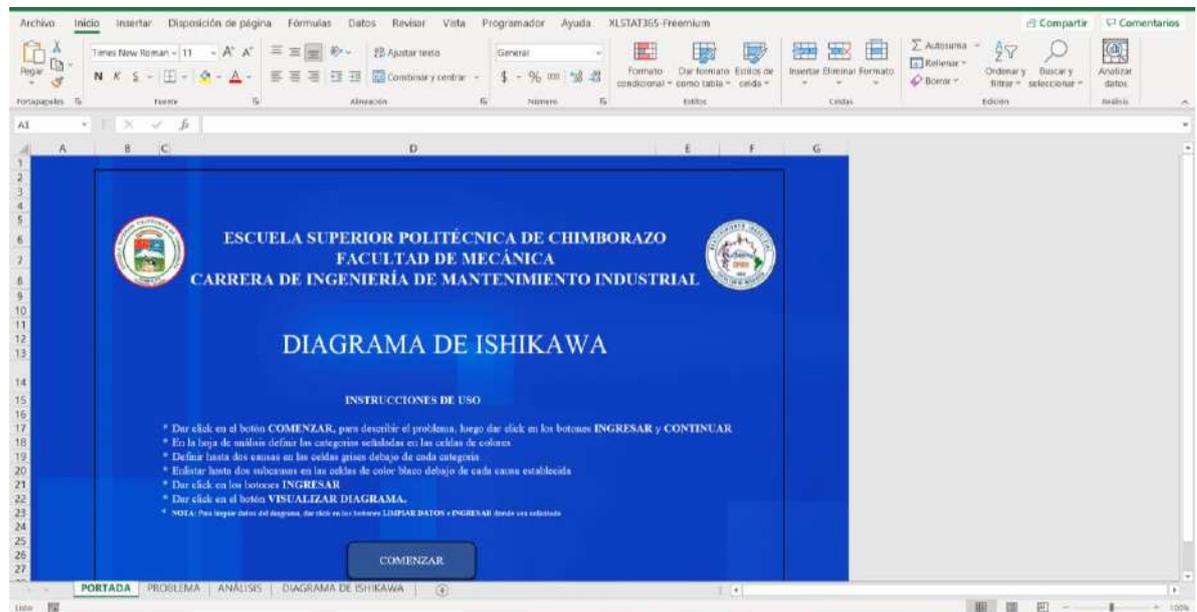


En el cálculo de salida de debe definir el número de probabilidad de acuerdo con el evento encontrado, dependiendo de la compuerta más cercana al evento tope. Dar clic en el botón **DIAGRAMA DE ÁRBOL** para mostrar los datos obtenidos.

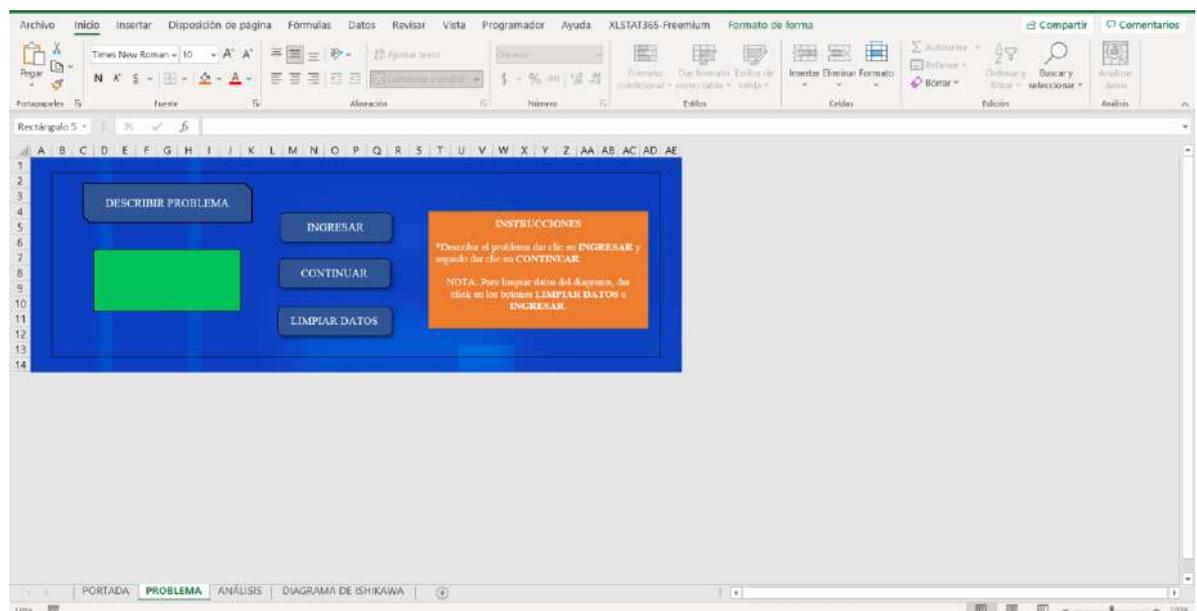


3. DIAGRAMA DE ISHIKAWA

Al Ingresar a la hoja de cálculo Diagrama de Ishikawa, se encontrará la portada, aquí se procede a dar clic en el botón COMENZAR para iniciar el programa.

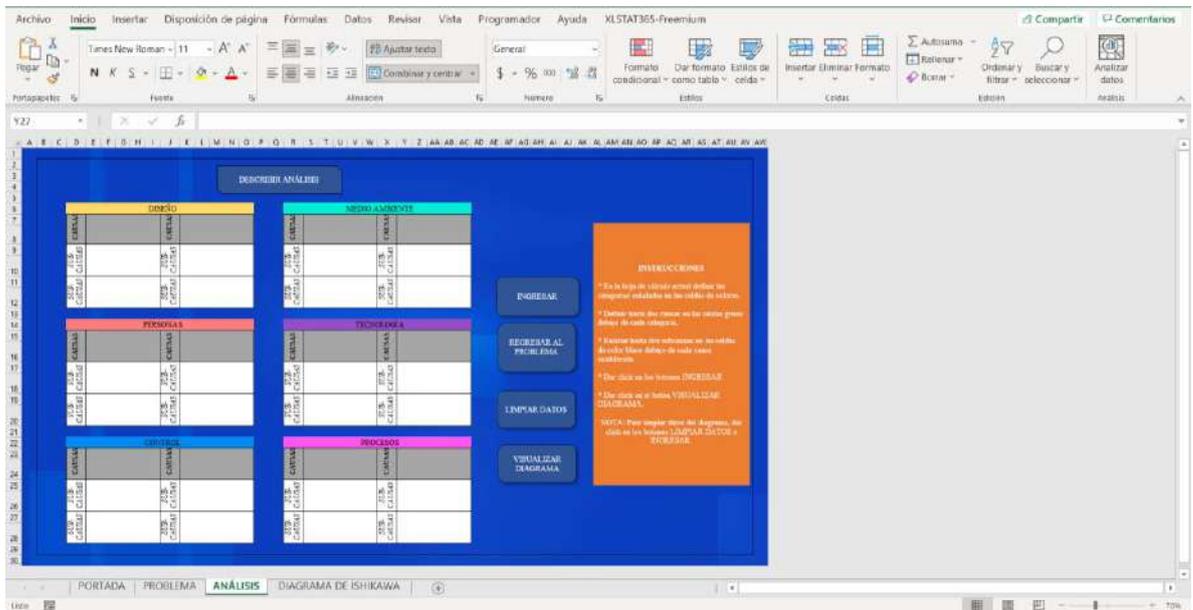


Luego de definir el problema dar clic en los botones INGRESAR y CONTINUAR sucesivamente.

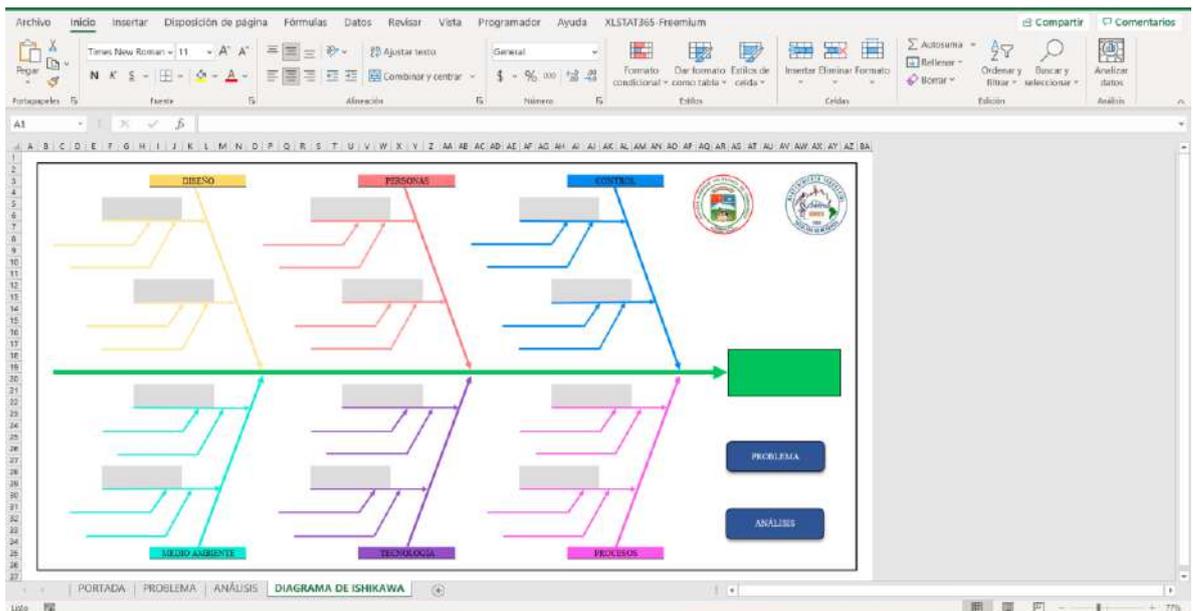


Modificar a criterio del usuario las categorías, ingresar causas y sub-causas, dar clic en los botones INGRESAR Y VISUALIZAR DIAGRAMA sucesivamente. Para borrar dar clic en los

botones LIMPIAR DATOS e Ingresar sucesivamente. Para volver al problema dar clic en el botón REGRESAR AL PROBLEMA.

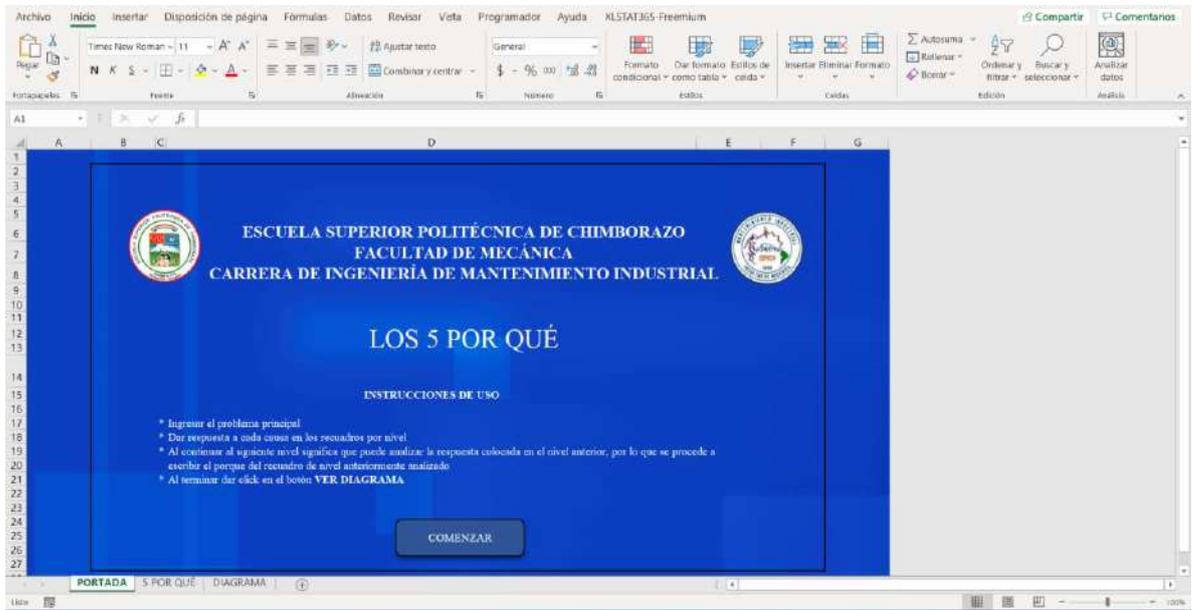


En la pantalla del diagrama de Ishikawa si se requiere modificar el problema o el análisis, dar clic en los botones PROBLEMA O ANÁLISIS de acuerdo con el caso.

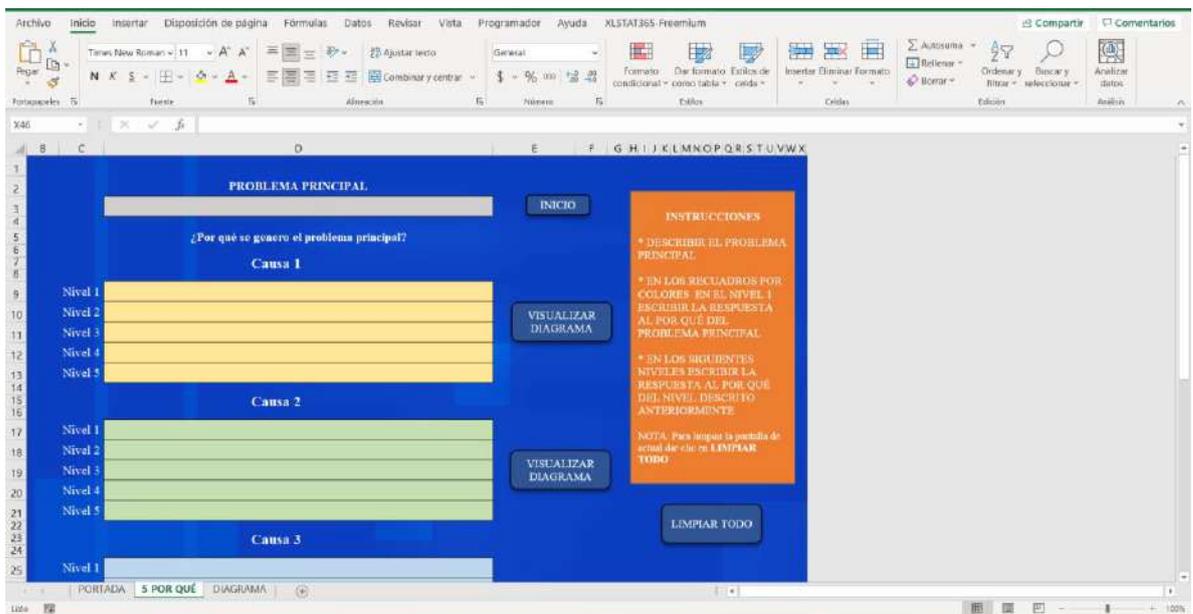


4. LOS 5 POR QUÉ

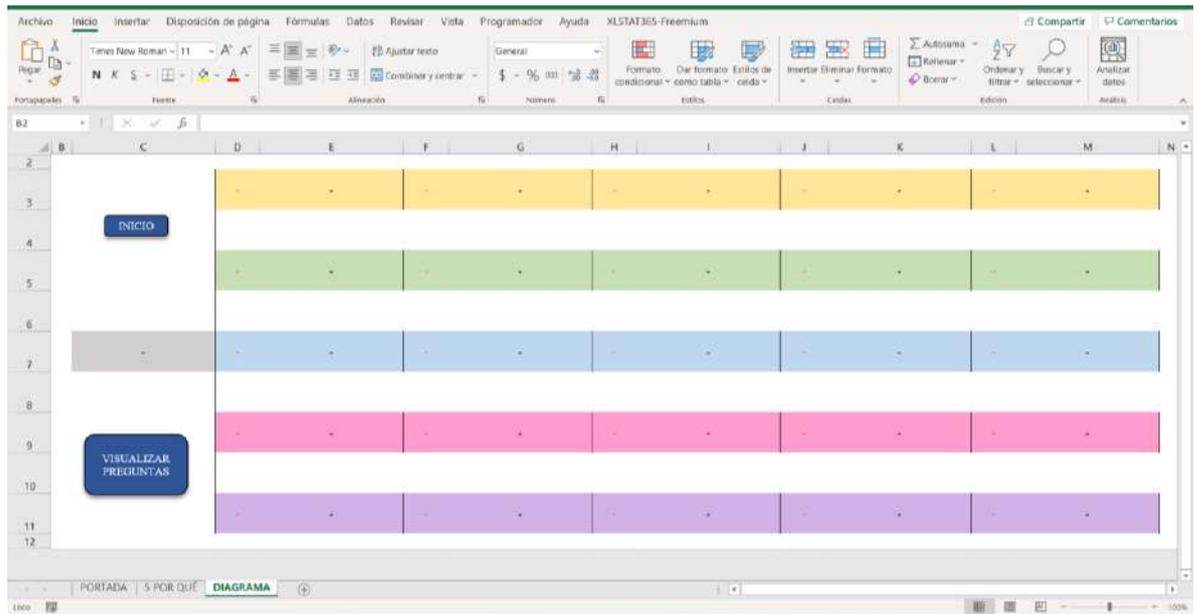
Al Ingresar a la hoja de cálculo Diagrama de Ishikawa, se encontrará la portada, aquí se procede a dar clic en el botón COMENZAR para iniciar el programa.



Una vez ingresados los datos requeridos dar clic en el botón VISUALIZAR DIAGRAMA. Para borrar los datos dar clic en LIMPIAR TODO.

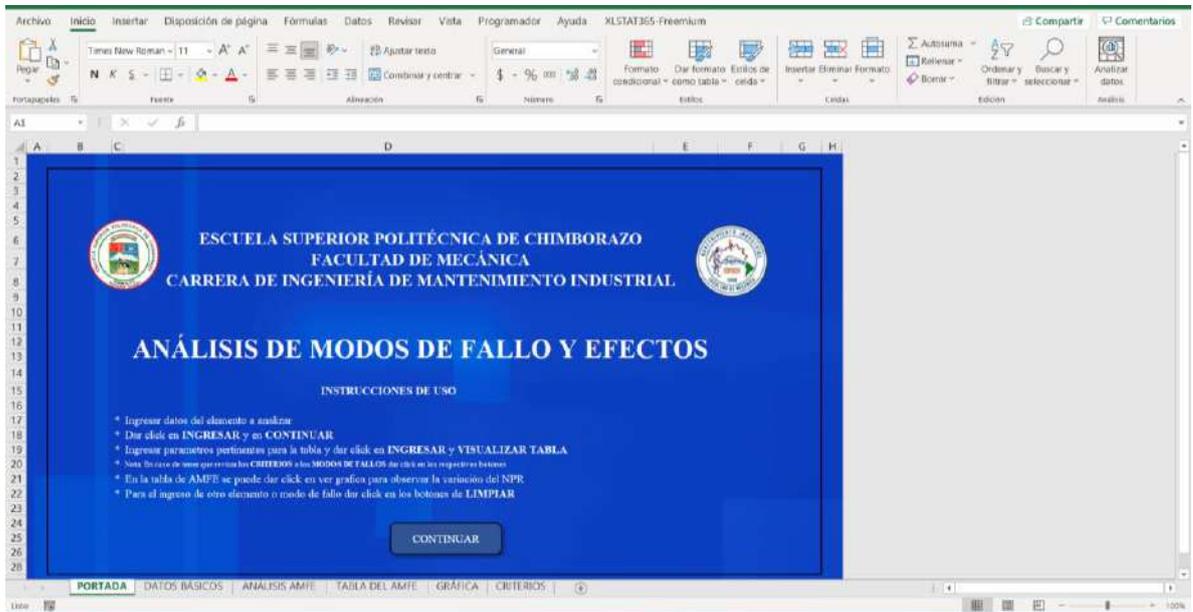


Para redefinir las preguntas dar clic en el botón VISUALIZAR PREGUNTAS.

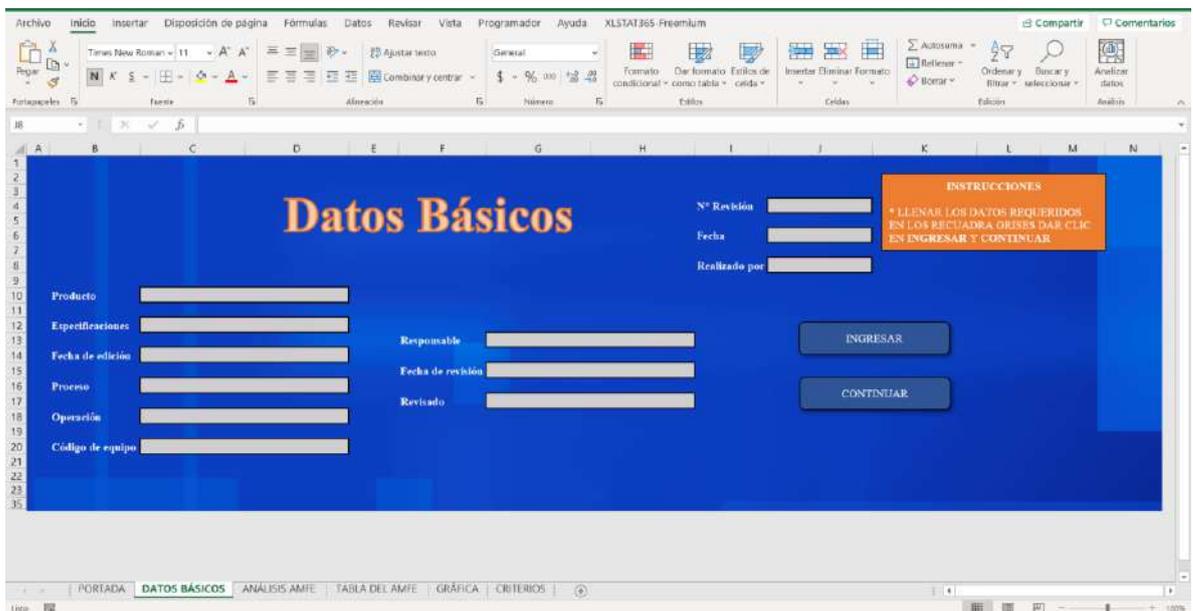


5. ANÁLISIS DE MODOS DE FALLO Y EFECTOS

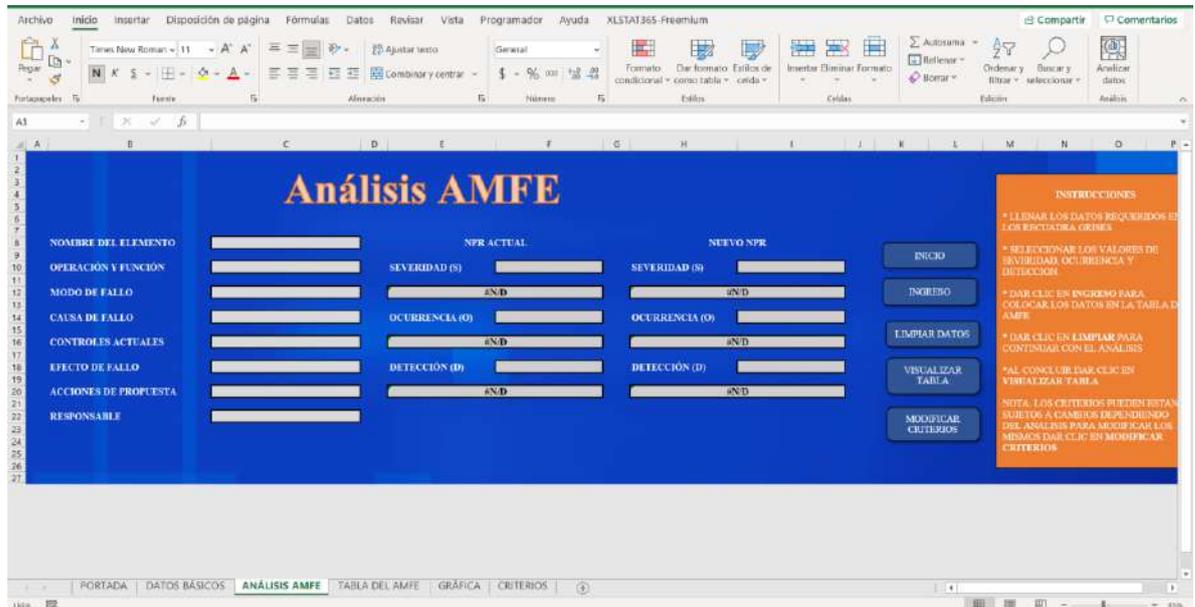
Al Ingresar a la hoja de cálculo AMFE, se encontrará la portada, aquí se procede a dar clic en el botón COMENZAR para iniciar el programa.



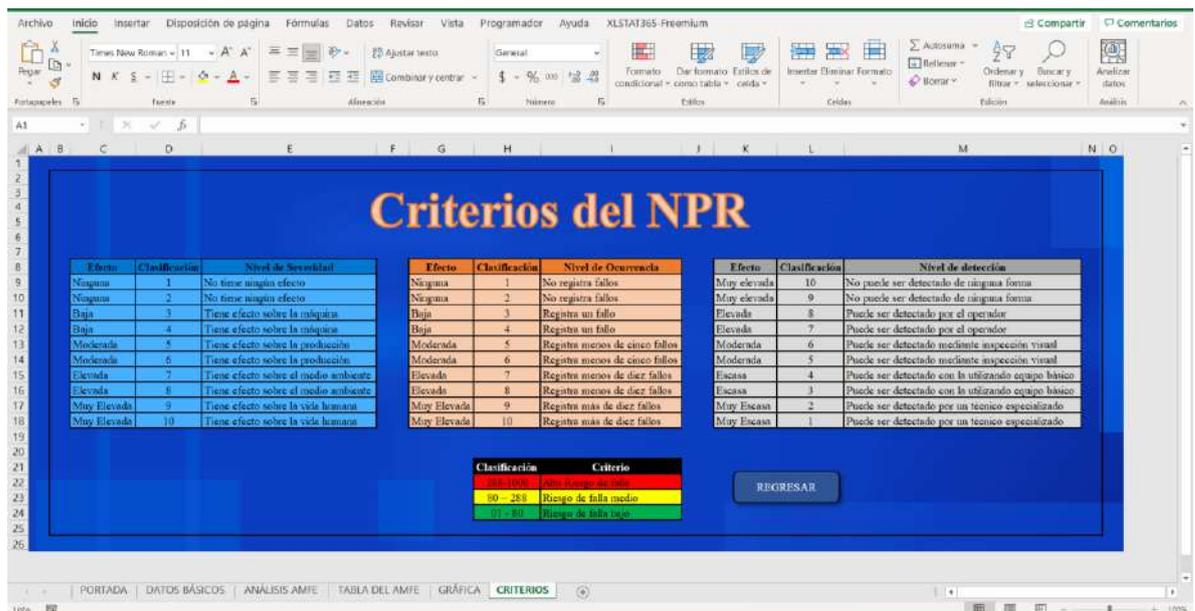
Luego de ingresar los datos necesarios dar clic en botón INGRESAR. Para ir a la siguiente pantalla dar clic en el botón CONTINUAR.



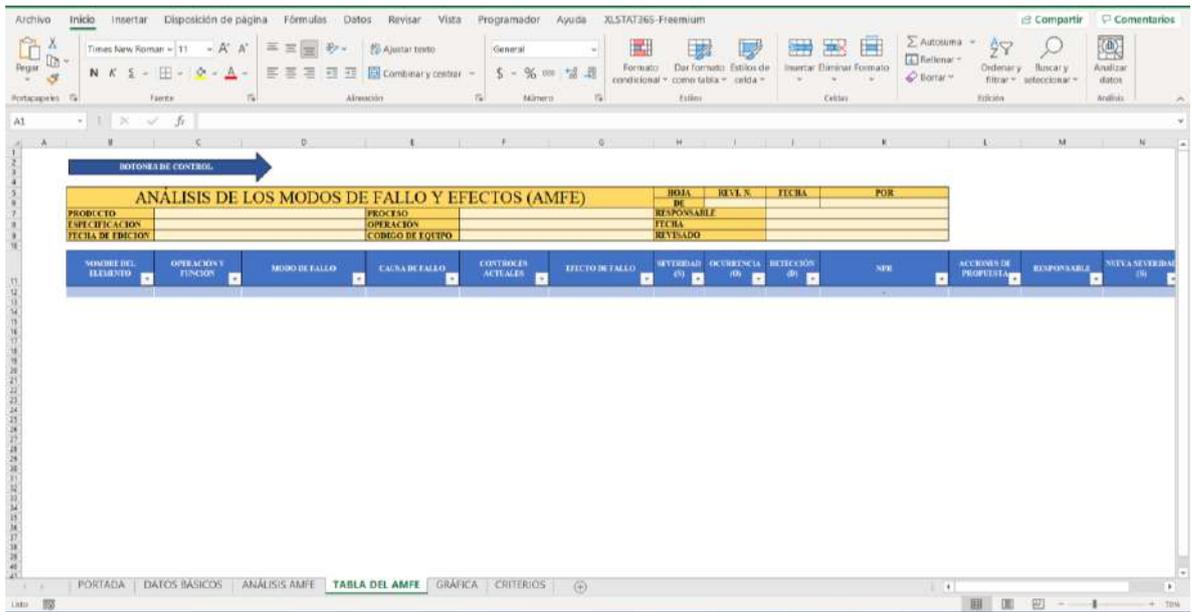
Después de ingresar los datos dar clic en el botón INGRESO, para continuar dar clic en el botón VISUALIZAR TABLA. Para borrar los campos llenos dar clic en el botón LIMPIAR DATOS. Para modificar los criterios del NPR dar clic en el botón MODIFICAR CRITERIOS.



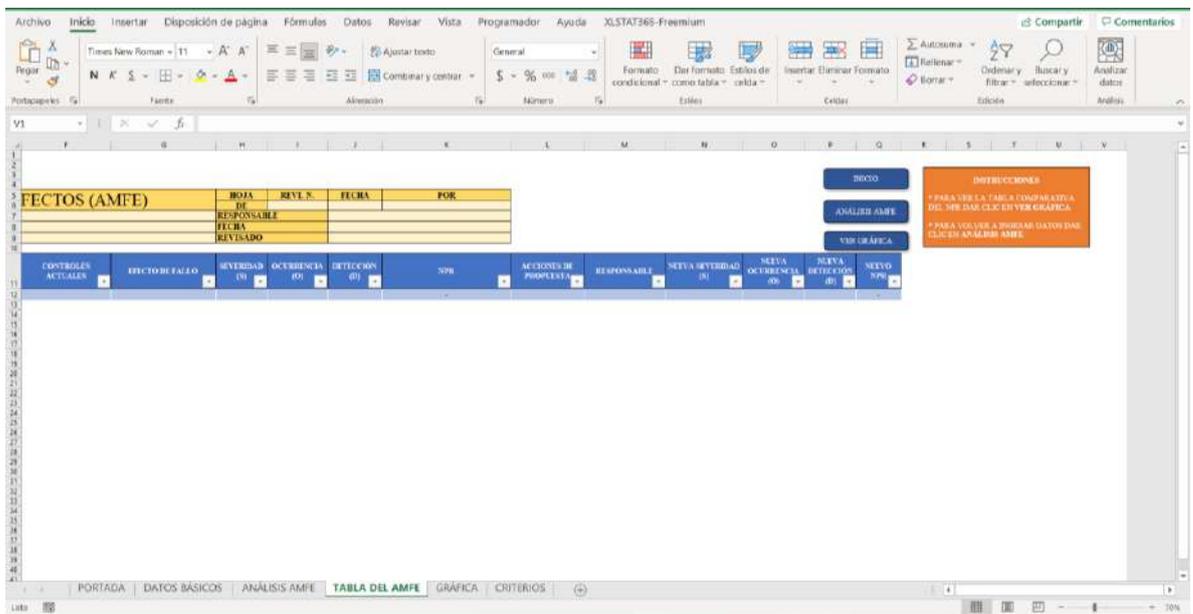
En caso de modificar los criterios del NPR para regresar a la pantalla de análisis AMFE dar clic en el botón REGRESAR.



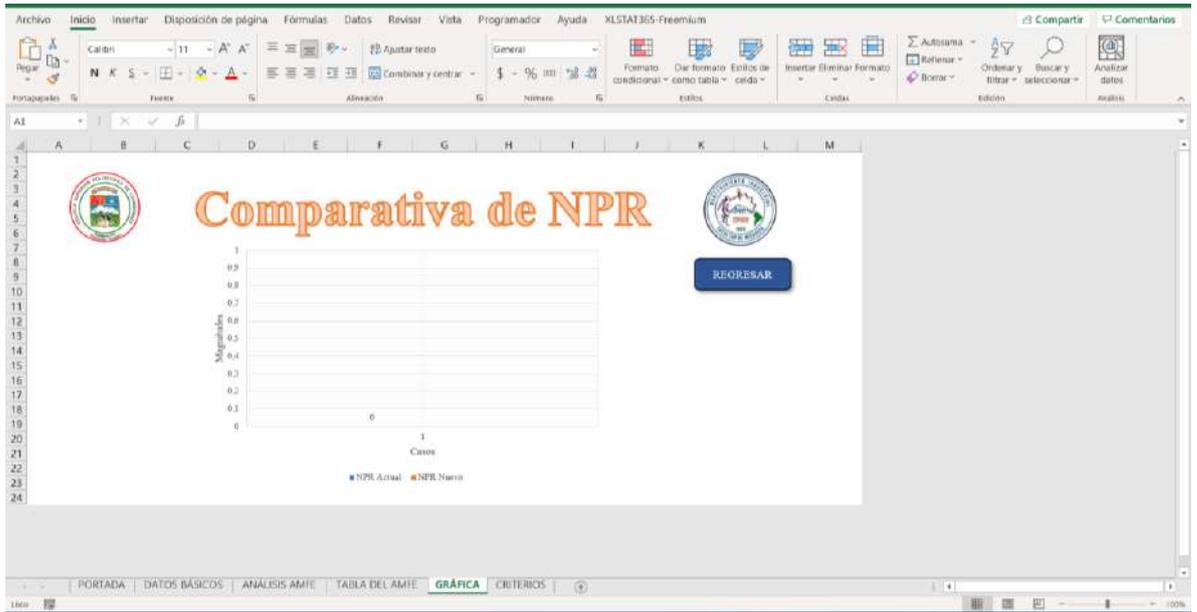
En visualizar tabla se observarán completos los datos ingresados con anterioridad, para ver los botones de BOTONES DE CONTROL.



Para ingresar más datos clic en el botón ANÁLISIS AMFE y para ver la tabla de casos ordenados por criticidad dar clic en VER GRÁFICA.



Para regresar a la tabla del AMFE dar clic en el botón REGRESAR de la pantalla actual.





**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

**DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL
APRENDIZAJE**



UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 09/ 11 / 2021

INFORMACIÓN DEL AUTOR
Nombres – Apellidos: LUIS ELÍAS ANTE SATIZÁBAL
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: MECÁNICA
Carrera: MANTENIMIENTO INDUSTRIAL
Título a optar: INGENIERO EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL
f. Analista de Biblioteca responsable:  Firmado electrónicamente por: ELIZABETH FERNANDA AREVALO MEDINA

