UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITECNICA
“ANTONIO JOSÉ DE SUCRE”
VICE-RECTORADO PUERTO ORDAZ
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
TRABAJO DE GRADO

PROPUESTA DE UN MODELO DE CONFIABILIDAD DEL SISTEMA GOBERNADOR DE LAS UNIDADES GENERADORAS DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA FRANCISCO DE MIRANDA- PLANTA CARUACHI-CORPOELEC

Autor: Jessy Alberto Gutiérrez Assante

CIUDAD GUAYANA, AGOSTO DEL 2015

PROPUESTA DE UN MODELO DE CONFIABILIDAD DEL SISTEMA GOBERNADOR DE LAS UNIDADES GENERADORAS DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA FRANCISCO DE MIRANDA- PLANTA CARUACHI-CORPOELEC

UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITECNICA
“ANTONIO JOSÉ DE SUCRE”
VICE-RECTORADO PUERTO ORDAZ
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
TRABAJO DE GRADO

PROPUESTA DE UN MODELO DE CONFIABILIDAD DEL SISTEMA GOBERNADOR DE LAS UNIDADES GENERADORAS DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA FRANCISCO DE MIRANDA- PLANTA CARUACHI-CORPOELEC

Trabajo de Grado que se presenta como requisito para optar al título de Ingeniero Industrial de la República Bolivariana de Venezuela ante la Universidad Nacional Experimental Politécnica “Antonio José de Sucre” – UNEXPO.

Autor: Jessy Alberto Gutiérrez Assante

Tutor Académico: MSc. Ing. Iván Turmero

Tutor Industrial: Ing. Loyda Isasis

CIUDAD GUAYANA, AGOSTO DEL 2015

UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITECNICA
"ANTONIO JOSÉ DE SUCRE"
VICE-RECTORADO PUERTO ORDAZ
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
TRABAJO DE GRADO

ACTA DE APROBACIÓN

Quienes suscriben, miembros del Jurado Evaluador designados por el departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional Experimental Politécnica "Antonio José de Sucre", para evaluar el trabajo de grado presentado por la ciudadana: GUTIÉRREZ ASSANTE JESSY ALBERTO portador de la cédula de identidad N°20.504.634 titulado: **PROPUESTA DE UN MODELO DE CONFIABILIDAD DEL SISTEMA GOBERNADOR DE LAS UNIDADES GENERADORAS DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA FRANCISCO DE MIRANDA- PLANTA CARUACHI-CORPOELEC**

Para optar por el Título de Ingeniero Industrial, consideramos que dicho trabajo cumple con los requisitos exigidos para tal efecto y por lo tanto lo declaramos: **APROBADO.**

En fe de lo cual se levanta la presente acta en Puerto Ordaz a los __ días del mes de _____ del año 2015

Msc. Ing. Turmero Iván	Ing. Loyda Isasis
(Tutor Académico)	(Tutor Industrial)
Ysheel Cabello	Félix Martínez
Jurado	Jurado

Ciudad Guayana, Agosto del 2015

DEDICATORIA

En primer lugar y antes de todo, este logro se lo dedico a Dios por permitirme llegar con bien hasta esta etapa de mi vida, con altibajos pero con la frente en alto.

A mis padres Jessy Gutiérrez y Nielisbeth Assante, porque representan la razón y la pasión de mi vida, sé que este nuevo logro es tan importante para mí como para ustedes y espero que sirva para reparar en cierta forma algunos malos momentos que les he hecho pasar. A mis hermanos, Rafael y Jesús porque sé que me quieren tanto como yo a ellos.

En fin, a todos aquellos seres especiales que, en algún momento, han iluminado mi vida y han dejado huellas imborrables en ella.

Jessy Alberto Gutiérrez Assante

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradecer a Dios todopoderoso por darme la vida, la salud y sabiduría necesaria para alcanzar cada meta propuesta hasta ahora.

A mi padre por darme amor e inculcarme valores, educación y brindarme su apoyo incondicional en cada momento de mi vida.

A mi madre por ser esa persona que ha sabido inculcarme los valores de una persona ética y honrada, por ser ella quien me ha dado las fuerzas para seguir en las buenas y en las malas.

A toda mi familia que ha sido de gran apoyo para durante toda mi estadía en la universidad.

A la UNEXPO vice – rectorado Pto Ordaz, por ser la casa de estudios que me está formando profesionalmente, en especial al Departamento de Ingeniería Industrial y a esos profesores que día a día me llenan de conocimientos aplicables en el campo laboral y en la vida diaria. Al profesor e Magister Scientiarum Ingeniero Iván Turmero, tutor académico por su asesoramiento y apoyo en la elaboración de este informe.

A La Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda en especial al Departamento de Ingeniería de Planta por abrir sus puertas y darme la oportunidad de realizar mi práctica profesional. A la Ingeniero y tutor industrial Loyda Isasis quien tuvo la paciencia e interés para proporcionar toda la ayuda y el apoyo necesario para desarrollar satisfactoriamente la investigación, ofreciendo asistencia técnica en los más diversos aspectos y constituyendo un estímulo importante para mí.

¡A TODOS GRACIAS¡

UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITECNICA
"ANTONIO JOSÉ DE SUCRE"
VICE-RECTORADO PUERTO ORDAZ
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
TRABAJO DE GRADO

PROPUESTA DE UN MODELO DE CONFIABILIDAD DEL SISTEMA GOBERNADOR DE LAS UNIDADES GENERADORAS DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA FRANCISCO DE MIRANDA- PLANTA CARUACHI-CORPOELEC

Autor: Jessy Alberto Gutiérrez Assante

Tutor Académico: MSc. Ing. Iván Turmero

Tutor industrial: Ing. Loyda Isasis

Fecha: Agosto, 2015

RESUMEN

En el siguiente trabajo se realizó una Propuesta De Un Modelo De Confiabilidad Del Sistema de Gobernación, la particularidad de este Sistema es proveer en forma fiable la potencia demandada manteniendo la frecuencia y la tensión con los criterios de despacho. Para la regulación de frecuencia se cuenta con tres lazos de control o regulación interactuantes, dos de ellos se encargan del control de la frecuencia y el tercero asigna las potencias activas a cada unidad generadora en función de criterios de despacho y el flujo óptimo de potencias como sería el control de niveles de embalse. Como consecuencia contar con un Modelo de Confiabilidad del Sistema Gobernador de las Unidades Generadoras de la Central Hidroeléctrica "Francisco de Miranda" se tiene que el tiempo para planificar las labores de mantenimiento y parada se optimizaron debido a que se tiene con exactitud la confiabilidad de cada uno de los Sistemas usando Análisis estadístico y Especificaciones de equipos interrelacionados, generando un gasto menor a la empresa en tiempo y nómina.

Palabras claves: Gobernador, parada, confiabilidad, mantenimiento, regulación, Unidad Generadora, flujo, potencia, sistemas.

INDICE GENERAL

DEDICATORIA ..... **VI**

AGRADECIMIENTOS ..... **VII**

RESUMEN ..... **VIII**

INDICE GENERAL ..... **IX**

INDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS ..... **XIV**

INDICE DE TABLAS ..... **XVII**

INTRODUCCIÓN **1**

CAPÍTULO I – EL PROBLEMA **3**

1.1. Antecedentes del Problema 3

1.2. El Problema 5

1.3. Objetivos 6

1.3.1. Objetivo General 6

1.3.2. Objetivos Específicos 6

1.4. Alcance 6

1.5. Delimitaciones 7

1.6. Limitaciones 7

1.7. Justificación e Importancia del Trabajo 8

CAPÍTULO II – GENERALIDADES DE LA EMPRESA **9**

2.1. Reseña Histórica de la Empresa 9

2.2. Descripción de CORPOELEC 13

2.2.1. Misión 13

2.2.2. Visión 13

2.3. Nuestros Valores 13

2.3.1. Respeto 13

2.3.2. Honestidad 14

2.3.3. Responsabilidad 14

2.3.4. Humanismo 14

2.3.5 Compromiso 14

2.3.6. Solidaridad 14

2.3.7 Humildad 15

2.4. Funciones 15

2.5. Organigrama Estructural de la Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda 15

2.6. Organigrama Estructural de la Coordinación de Ingeniería de Planta 16

2.7. Funciones Generales de la Coordinación por la Sección de Ingeniería 17

CAPÍTULO III – MARCO TEÓRICO 19

3.1. Antecedentes de la Investigación 19

3.1. Bases Teóricas 20

3.2.1. Diagrama de Ishikawa 20

3.2.2. Diagrama de Flujo 21

3.2.2.1. Beneficios del Diagrama de Flujo 22

3.2.3. Definición Matriz FODA 24

3.2.3.1 Análisis Externo 25

3.2.3.2 Análisis Interno 26

3.2.4 Confiabilidad 27

3.2.4.1. Distribución de Weibull 27

3.2.4.2. Distribución de Weibull en dos parámetros 28

3.2.4.3. Tiempo Promedio Entre Fallas 29

3.2.4.4. Infiabilidad 29

3.2.4.5. Curva de la Bañera..... 29

3.2.4.6. Confiabilidad de Sistemas 31

3.2.4.6.1. Sistema en Serie 31

3.2.4.6.2. Sistema en Paralelo 32

3.2.5 Diagrama Circular... 33

3.2.6 Diagrama de Barras Apiladas 33

3.2.7 Gobernador de Velocidad 34

3.2.8 Gobernador de Velocidad Instalado en la Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda 37

3.2.8.1. Funciones Principales del Gobernador de Velocidad 38

3.2.8.2. Cualidades del Gobernador 38

3.2.9. Tipos de Gobernadores 39

3.2.9.1. Gobernador Mecánico 39

3.2.9.2. Gobernador Numérico 39

3.2.9.3. Gobernador Electrónico 40

3.3 Glosario de Términos 42

CAPÍTULO IV – MARCO METODOLÓGICO 45

4.1. Tipo de Estudio..... 45

4.2. Diseño de la Investigación 46

4.3. Eventos de Estudios (Variables)..... 47

4.3.1. Definición Conceptual 47

4.3.2. Definiciones Operacionales 47

4.4. Población y Muestra 48

4.5. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos 49

4.6. Procedimiento Metodológico 50

CAPÍTULO V – SITUACIÓN ACTUAL 52

5.1. Situación Actual De Los Estudios de Confiabilidad del Sistema Gobernador Realizados en La Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda – Planta Caruachi - CORPOELEC 52

5.2. Diagrama de Flujo Actual 54

CAPÍTULO VI – ANÁLISIS Y RESULTADOS 56

6.1 Evaluar las características técnicas y el funcionamiento del Sistema Gobernador 56

6.1.1. Componentes del Sistema Gobernador 56

6.1.2. Características Del Sistema Instalado 58

6.1.3. Funcionamiento del Sistema Gobernador 59

6.1.4. Funciones de los Componentes del Sistema Gobernador 61

6.1.4.1. Cubículo Electrónico del Gobernador (C.E.) 61

6.1.4.2. Unidad Hidráulica de Potencia (UHP - GOB) . 62

6.1.4.3. Centro de Control de Motores (CMM - GOB) ... 63

6.1.4.4. Interfaz Hombre - Máquina 65

6.2. Identificar las interacciones operativas en serie y en paralelo entre componentes del Sistema Gobernador 66

6.2.1. Diagrama del Sistema Gobernador 68

6.2.2. Diagrama del Funcionamiento Hidráulico del Gobernador 69

6.2.3. Diagrama del Controlador Manual del CE-GOB 70

6.2.4. Diagrama del Bloque de Válvulas Piloto 70

6.2.5. Diagrama de las Válvulas de Separación Doble 71

6.3. Definir las confiabilidades por componentes de Sistema Gobernador 72

6.4. Diseñar el Modelo de Confiabilidad del Sistema Gobernador 77

6.4.1. Modelo de Confiabilidad del Sistema Gobernador 78

6.4.1.1. Análisis del Modelo de Confiabilidad del Sistema Gobernador 81

6.4.2. Modelo de Confiabilidad de la Válvula de Separación Doble 83

6.4.2.1. Análisis del Modelo de Confiabilidad del Subsistema Válvulas de Separación Doble 85

6.5. Evaluar el Impacto del Diseño del Modelo de Confiabilidad del Sistema Gobernador en las actividades del Departamento de Ingeniería de Planta 87

6.5.1. Diagrama de Ishikawa 88

6.5.1.1 Análisis del Diagrama Ishikawa 90

6.5.2. Matriz FODA 92

6.5.2.1 Análisis de Estrategias de la Matriz FODA 93

6.5.3. Diagrama de Flujo Propuesto 95

CONCLUSIONES 97

RECOMENDACIONES 99

LISTA DE REFERENCIAS 101

APÉNDICES 102

Anexo - A. 103

Anexo - B..... 106

INDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

Figura N°2.1. Ubicación Geográfica de la Central Hidroeléctrica "Francisco de Miranda"..... **11**

Figura N° 2.2 Vista aérea de la Central Hidroeléctrica "Francisco de Miranda"..... **11**

Figura N°2.3. Estructura Organizativa de la Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda **16**

Figura N°2.4. Organigrama Estructural de la Coordinación **16**

Figura N°3.1. Diagrama Ishikawa **21**

Figura N°3.2. Diagrama de flujo **22**

Figura N°3.3. Matriz FODA **25**

Figura N°3.4. Curva de la Bañera. **30**

Figura N°3.5. Sistema en Serie de tres componentes. **31**

Figura N°3.6. Sistema en Paralelo de tres componentes..... **32**

Figura N°3.7. Diagrama Circular. **33**

Figura N°3.8. Diagrama de Barras Apiladas. **34**

Figura N°3.9. Diagrama Esquemático Indicando la Relación Generador - Gobernador - Turbina **34**

Figura N°3.10. Diagrama General del Gobernador..... **36**

Figura N°3.11 Modelo General del Gobernador. **42**

FIGURA N°5.1. Diagrama de Flujo (Actual)..... **55**

Figura N°6.1. Ubicación física del Sistema Gobernador. **57**

Figura N°6.2. Cubículo Electrónico del Gobernador (CE-GOB).. ..... **62**

Figura N°6.3. Unidad Hidráulica de Potencia (UHP - GOB)..... **63**

Figura N°6.4. Cubículo de Control de Motores del Gobernador (CCM - GOB)..... **64**

Figura N°6.5. Interfaz Hombre - Máquina. **65**

Figura N°6.6. Diagrama del Sistema Gobernador. **68**

Figura N°6.7. Diagrama del Funcionamiento Hidráulico del Gobernador..... **69**

Figura N°6.8. Diagrama del Funcionamiento Hidráulico del Gobernador..... **70**

Figura N°6.9. Diagrama del Bloque de Válvulas Piloto. **71**

Figura N°6.10. Diagrama de las Válvulas de Separación Doble. **72**

Figura N°6.11. Recuadro de Confiabilidad de Válvula 2/2 de Cartuchos (126). **73**

Figura N°6.12. Captura de Pantalla de la Confiabilidad de Válvula 2/2 de Cartuchos (126) (MICROSOFT EXEL). **76**

Figura N°6.13. Conexión del Sistema Gobernador (MICROSOFT EXEL). .. **78**

Figura N°6.14. Captura de pantalla del Sistema Gobernador (MICROSOFT EXEL)..... **79**

Figura N°6.15. Infiabilidad del Sistema Gobernador (MICROSOFT EXEL). **80**

Gráfico N°6.1. Diagrama Circular de la confiabilidad del Sistema Gobernador..... **81**

Gráfico N°6.2. Diagrama de Barras apiladas del Sistema Gobernador. **82**

Figura N°6.16. Modelo de Confiabilidad de la Válvula de Separación Doble (MICROSOFT EXEL). **83**

Figura N°6.17. Confiabilidad del SubSistema Válvulas de Separación Doble (MICROSOFT EXEL). **85**

Gráfico N°6.3. Diagrama Circular de la confiabilidad del Subsistema Válvulas de Separación Doble. **86**

Gráfico N°6.4. Diagrama de Barras Apiladas del Subsistema Válvulas de Separación Doble. **87**

Figura N°6.18. Diagrama Ishikawa. **89**

Figura N°6.19. Matriz FODA. **92**

Figura N°6.20. Diagrama de Flujo Propuesto..... **96**

INDICE DE TABLAS

Tabla N°4.1. Muestra las definiciones de los eventos de variables **48**

Tabla N°6.1. Características del sistema Instalado. **58**

Tabla N°6.2. Funciones del Cubículo Electrónico del Gobernador – (CE). **61**

Tabla N°6.3. Sistemas y Subsistemas del Gobernador. **67**

Tabla N°6.4. Representación de Parámetros. **73**

Tabla N°6.5. Variables de Formula de Confiabilidad de la Distribución de Weibull. **74**

Tabla N°6.6. Variables de Formula de Confiabilidad de la Distribución de Weibull (MICROSOFT EXEL). **75**

Tabla N°6.7. Variables de Formula de Confiabilidad del Sistema Gobernador **79**

Tabla N°6.8. Confiabilidad de los Subsistemas del Sistema Gobernador **81**

Tabla N°5.9. Variables de Formula de Confiabilidad de la Válvulas de Separación Doble **84**

INTRODUCCIÓN

CORPOELEC, es la empresa de generación hidroeléctrica que posee Venezuela. Opera principalmente las Centrales Hidroeléctricas Simón Bolívar en Guri con una capacidad instalada de 10.000 Megavatios, considerando la tercera en importancia en el mundo, la Central Hidroeléctrica Antonio José de Sucre en Macagua con una capacidad instalada de 3.140 Megavatios y la Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda en Caruachi, con una capacidad instalada de 2.280 Megavatios; actualmente se encuentra en construcción la Central hidroeléctrica Manuel Piar en Tocoma, la Casa de Máquinas albergará 10 Unidades Generadoras tipo Kaplan de 216 Megavatios cada una, con una capacidad instalada de 2.160 Megavatios.

La empresa CORPOELEC en su constante búsqueda por crear una base competitiva ha asumido el mejoramiento continuo como medio para lograr un desempeño óptimo y sostenido, a fin de mantenerse como una empresa altamente eficiente en la generación de electricidad.

La Casa de Máquinas de la Central Hidroeléctrica “Francisco de Miranda” (Planta Caruachi) alberga 12 unidades generadoras tipo Kaplan de 180 Megavatios cada una, con una capacidad instalada total de 2.160 Megavatios. A fin de garantizar el buen funcionamiento de las mismas, es necesario que las actividades realizadas de mantenimiento preventivo y correctivo se lleven a cabo de manera eficiente, en este sentido se requiere de un sistema de información que permita a los usuarios conocer la cantidad de elementos físicos y arquitectónicos con los que cuenta.

La investigación está dirigida a fortalecer la base de datos de tipo estadístico de la Central Hidroeléctrica, a partir del Diseño de un Modelo de Confiabilidad del Sistema Gobernador de las Unidades Generadoras,

actualmente en servicio y disponible. Dicha investigación fue desarrollada en la Sección de Ingeniería de la Coordinación de Ingeniería de Mantenimiento de Planta Caruachi.

Este informe contiene cinco capítulos estructurados de la manera siguiente:

Capítulo I. Planteamiento del Problema, muestra una breve descripción de los motivos que llevan a la realización de este trabajo así como sus objetivos.

Capítulo II. Generalidades de la Empresa, reseña historia, ubicación geográfica y organigramas de la Empresa.

Capítulo III. Marco Teórico, define toda la teoría implementada para desarrollar un buen Modelo de Confiabilidad.

Capítulo IV. Marco Metodológico, define el tipo de investigación, muestra, población, y los pasos ejecutados para realizar el trabajo.

Capítulo V. Situación Actual, define la situación actual de la Confiabilidad del Sistema Gobernador

Capítulo VI. Análisis y Resultados, Define las posibles soluciones del toma de investigación.

Finalmente se encuentran las conclusiones, recomendaciones, anexos y apéndices así como la bibliografía consultada.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

En este capítulo se plantea y delimita la problemática encontrada en el Coordinación de Ingeniería de Mantenimiento de la Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda "Planta Caruachi", además de los antecedentes que causaron el mismo, también desarrollamos los objetivos generales, objetivos específicos, la justificación y delimitación de este trabajo.

1.1. Antecedentes del problema

La Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda se encuentra ubicada en Estado Bolívar, y cuenta con una Casa de Máquinas que dispone de doce (12) Unidades Generadoras con turbinas tipo Kaplan y Generadores Síncronos tipo paraguas con una capacidad de 180 MW cada una, para una capacidad total instalada de 2160MW.

Su ubicación es a más de 60 kilómetros aguas abajo del Embalse de Guri, y 25 kilómetros aguas arriba de la Represa Macagua, en las caudalosas aguas del río Caroní, al sur del país, que permite producir electricidad en armonía con el ambiente, a un costo razonable y con un significativo ahorro de petróleo.

CORPOELEC, posee una extensa red de líneas de transmisión. Cuyo sistema a 800 mil voltios es el quinto sistema instalado en el mundo con líneas de Ultra Alta Tensión en operación, El Centro de Generación Sur de CORPOELEC ha aportado más del 70% de la producción nacional de

electricidad a través de sus grandes Centrales Hidroeléctricas, desempeñando un papel fundamental en el desarrollo económico y social de Venezuela.

La responsable de operar y mantener la Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda es la Gerencia de Planta Caruachi, la cual posee adscrita siete Coordinaciones entre ellas la Coordinación de Ingeniería de Planta Caruachi cuyo objetivo general es integrar, consolidar y mejorar las prácticas de mantenimiento de los equipos, sistemas e instalaciones para la generación de energía eléctrica asociados a la Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda, así como coordinar los procesos de gestión necesarios con las respectivas unidades involucradas de la Coordinación, mediante la incorporación de herramientas, metodologías y estándares que optimicen el ciclo de vida de los activos, para garantizar su máxima disponibilidad, asegurando o restableciendo su funcionamiento de acuerdo con los parámetros de calidad de servicio establecidos por CORPOELEC.

Como es típico y normal en cualquier proceso productivo se presentan eventualmente tanto Fallas como Salidas de Emergencia las cuales son llamadas Salidas Forzadas así como las Paradas programadas por Mantenimiento de la Unidades Generadoras; las cuales proporcionan una parada temporal del sistema. Estas diferentes paradas son contabilizadas, estudiadas sus causas y el tiempo por el cual dejaron de estar en funcionamiento, estos datos son considerados para alimentar la base de datos y se apoya para obtener información de los registros de la desconexión (salidas) de las Unidades Generadoras que maneja la Coordinación de Operaciones y de la información del Sistema de Administración de Operaciones (SAO), que es una herramienta ofimática de vital utilidad desarrollada en la antigua operadora EDELCA y que es empleada para registrar todos los eventos tanto de mantenimiento como de operaciones

asociados a todos los equipos, sistemas e instalaciones de la Central. Con esta información se hacen estudios de la Confiabilidad y de análisis de modos y efectos de fallas.

1.2. El Problema

Los estudios de Confiabilidad que lleva la Coordinación de Ingeniería de Planta Caruachi actualmente consideran la Unidad Generadora como un macro-sistema y aunque cuentan con detalles de los subsistemas que generan los distintos eventos de salidas, no cuenta con la Confiabilidad del Sistema Gobernador impidiendo que los estudios se particularicen y se tenga información más detallada de la Confiabilidad de cada equipo que comprende el Sistema. No se especifica un Modelo de Confiabilidad de cada uno de los Sub-Sistemas del Gobernador lo cual es vital importancia ya que pueden ser tomados en cuenta para que se puedan atender específicamente y con tiempo cada uno de los mantenimientos a los que presenten mayor incidencia de Salidas de Emergencia en las Unidades Generadoras y obtener más disponibilidad en cada una de las Unidades Instaladas.

Por lo tanto, se realizó un Diseño de un Modelo de Confiabilidad del Sistema Gobernador de las Unidades Generadoras el cual abarco el estudio de características, descripción del funcionamiento de cada uno de los Sub-Sistemas propios del Gobernador e interrelacionados con el Sistema. En el presente trabajo la Confiabilidad se definió mediante Diagramas de Confiabilidad las interrelaciones operacionales, en serie, en paralelo o mixtos quedando asentados como evidencia para los registros en la Base de datos de la Central Hidroeléctrica y de la Empresa.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General

Proponer un Modelo de Confiabilidad del Sistema Gobernador instalados en las Unidades Generadoras de la Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda "Planta Caruachi", CORPOELEC.

1.3.2. Objetivos Específicos

1. Evaluar las características técnicas y el funcionamiento del Sistema Gobernador.
2. Identificar las interrelaciones operativas en serie y en paralelo entre componentes del Sistema Gobernador.
3. Definir las confiabilidades por componentes del Sistema Gobernador.
4. Diseñar el Modelo de Confiabilidad del Sistema Gobernador.
5. Evaluar el Impacto del Diseño del Modelo de Confiabilidad del Sistema Gobernador en las actividades realizadas por la Coordinación de Ingeniería de Planta.

1.4. Alcance

Este trabajo de investigación se realizó en la Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda, con la Coordinación de Ingeniería de Planta especialmente en la Sección de Ingeniería y consiste en el Diseño de un Modelo de Confiabilidad del Sistema Gobernador y de sus Sub-Sistemas en las Unidades Generadoras durante un periodo exacto de 24 semanas, aproximadamente 6 meses.

Se estudiaron las diferentes funciones del Sistema Gobernador y de sus Sub-Sistemas con la finalidad de alimentar la información para la base de datos en cuanto a la Confiabilidad Teórica del Sistema para complementar las herramientas para la toma de decisiones en pro de reducir las Salidas Forzadas. Cabe destacar que durante la estadía en la empresa se logró observar y participar en mantenimientos y diferentes pruebas que realiza la Coordinación de Ingeniería de Mantenimiento sobre el Sistema Gobernador y sus equipos que lo comprenden.

1.5. Delimitaciones

La presente investigación estuvo enfocada a realizar un Diseño de un Modelo de Confiabilidad del Sistema Gobernador. Este estudio se realizó en un tiempo programado de 24 semanas comprendidas desde el 23 de Febrero de 2015 hasta el 07 de Agosto de 2015.

1.6. Limitaciones

Las limitaciones del desarrollo de la presente investigación se deben en gran parte a que este tipo estudio de Confiabilidad no se ha implementado específicamente en todos los Sistemas en la planta, por lo cual fue necesario lograr definir de forma eficiente las variables objeto de estudio para poder desarrollar los Estudios del Modelo de Confiabilidad, objetivo principal de la presente investigación. Otra de las limitaciones fueron los Lineamientos de Información para Pasantes Corpoelec ya que se reserva el dominio y control del producto derivado del proyecto elaborado en conjunto entre CORPOELEC y el pasante, siendo esta la única autorizada para su divulgación, llámese este reporte, informe, resultado de actividades, diagnostico, trabajo de grado, tesis u otro nombre similar.

1.7. Justificación e Importancia del Trabajo

La presente investigación surgió como una necesidad para la Coordinación de Ingeniería de Planta, de optimizar y mejorar los Estudios de Confiabilidad de la Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda. Además este trabajo de investigación, aporta una importante base para los estudios de AMEF que nutrirá otros procesos de gestión mediante la incorporación de esta herramienta y estándares que el ciclo de vida de los activos de la Coordinación de Ingeniería de Mantenimiento.

CAPÍTULO II

GENERALIDADES DE LA EMPRESA

En el presente capitulo se describe de una manera clara y concisa todas las características generales de la empresa y de los procesos que se realizan en la Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda de CORPOELEC.

2.1. Reseña Histórica de la Empresa.

CORPOELEC, empresa eléctrica socialista, adscrita al Ministerio del Poder Popular de Energía Eléctrica, es una institución que nació con la visión de reorganizar y unificar el sector eléctrico venezolano a fin de garantizar la prestación de un servicio eléctrico confiable, incluyente y con sentido social.

CORPOELEC se crea, mediante decreto presidencial N˚5.330, en julio de 2007, cuando el Presidente de la República, Hugo Rafael Chávez Frías, establece la reorganización del sector eléctrico nacional con el fin de mejorar el servicio en todo el país. En el Artículo 2˚ del documento se define a CORPOELEC como una empresa operadora estatal encargada de la realización de las actividades de Generación, Transmisión, Distribución y Comercialización de potencia y energía eléctrica.

Desde que se publicó el decreto de creación de CORPOELEC, todas las empresas del sector: EDELCA, La EDC, ELEVEN, ELENCO, ENELBAR, CADAFE, GENEVAPCA, ELEBOL, ELEVAL, SENECA, ENAGEN, CALEY, CALIFE Y TURBOVEN, trabajan en sinergia para atender el servicio.

Ante la creciente demanda y las exigencias del Sistema Eléctrico Nacional (SEN), el ejecutivo Nacional crea al Ministerio de Poder Popular para la Energía Eléctrica MPPEE, anuncio hecho desde el Palacio de Miraflores por el Presidente de la República Hugo Rafael Chávez Frías, el 21 de octubre de 2009. La información fue publicada en Gaceta Oficial número 39.294, decreto 6.991, del miércoles 28 de octubre. En ella se informa que el titular de esta cartera tendrá entre sus funciones se la máxima autoridad de CORPOELEC. “Vamos a fortalecer y reimpulsar el sistema eléctrico nacional”, enfatizó el máximo líder de la Revolución Bolivariana de Venezuela.

En el decreto 5.330 el ente rector de la política eléctrica era el Ministerio del Poder Popular para la Energía y el Petróleo, MENPET. Ahora CORPOELEC está bajo la tutela del Ministerio del Poder Popular para la Energía Eléctrica, MPPEE. El 12 de julio del 2010, en la Gaceta Oficial 39.463, se aprueban las modificaciones a este decreto que enfatiza la necesidad de dar un mayor impulso a la fusión de las filiales de CORPOELEC en una persona jurídica única. Allí se establece el 30 de diciembre de 2011 como la fecha tope para la integración definitiva.

La Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda está situada sobre el Río Caroní, a 59 Km. aguas abajo del Embalse de Gurí. En el área del proyecto, el río discurre sobre un lecho rocoso interrumpido por numerosas islas y su anchura es de aproximadamente 1.700 m a la cota 55,00 m.s.n.m. (Ver Figura 2.1)

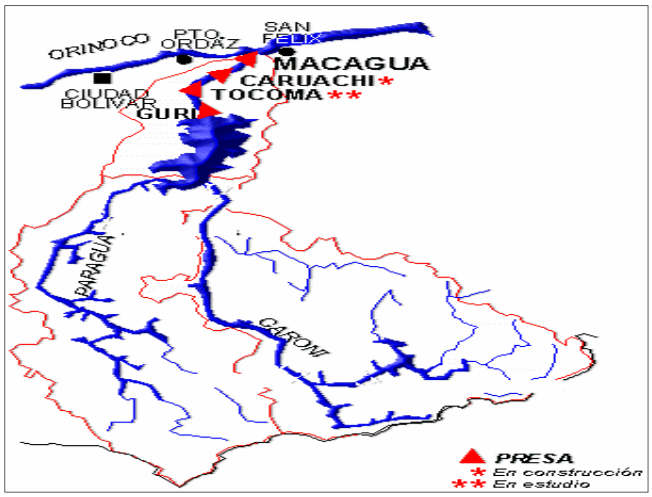


Figura N°2.1. Ubicación Geográfica de la Central Hidroeléctrica "Francisco de Miranda"
Fuente: Intranet - CORPOELEC

La Casa de Máquinas está construida por 12 monolitos que albergan 12 unidades generadoras con Turbinas Kaplan, sus correspondientes Naves de Servicios y una Nave de Montaje de 60 m de longitud. La Nave de Generadores tiene un ancho de 25,65 m y la Plataforma de Transformadores se ubicara a la Elevación 64,50 m.s.n.m con un ancho de 32,15 m.

Figura N° 2.2 Vista aérea de la Central Hidroeléctrica "Francisco de Miranda"
Fuente: Intranet – CORPOELEC.

La Presa de Transición Derecha está ubicada entre la Presa de Enrocamiento con Pantalla de Concreto y la Casa de Máquinas y consta de 4 Monolitos con un ancho de 30 m. cada uno, medido a lo largo de la línea base. El Monolito Intermedio está ubicado entre el Aliviadero y la Casa de Máquinas con un ancho de 51,15m y una altura de 53m. La Presa Principal contiene las Estructuras de Toma y está formada por 12 Monolitos de 30 m. de ancho, los cuales se encuentran integrados con los correspondientes a la Casa de Máquinas. La Presa tiene una longitud de 360m. Las estructuras de Toma cuentan con compuertas de mantenimiento y rejas anti basura, además de tres juegos de compuertas de emergencias. La Presa de Transición Izquierda está ubicada entre el Aliviadero y la Presa de Enrocamiento Izquierda. (Ver Figura 2.2)

El Aliviadero tiene una capacidad de descarga igual a la del Aliviadero de Guri, (30.000 m^3/seg.) con una longitud de 178,16m., borde de descarga a la Elevación de 70,55 y nueve (9) compuertas radiales con dimensiones de 15,24 m. de ancho por 21,66 m. de altura. La Presa de Erocamiento con pantalla de Concreto Derecha tiene una longitud de 900m, una altura de 50 m. y conectará las estructuras de concreto con el estribo derecho; y la Presa de Enrocamiento Izquierda tiene una longitud de 4.200m., una altura de 45 m. y conecta el estribo izquierdo con las estructuras de concreto.

El Edificio de Operación y Control (EOC) es uno de los elementos más importantes en la obra, destacando su concepción arquitectónica que integra 3 edificios en uno: el cuerpo bajo, donde se encuentra el Centro de Control, las oficinas del Departamento de Operaciones y los talleres; el cuerpo alto, donde se encuentran las oficinas de la Gerencia y la Coordinaciones de Mantenimiento; ambos cuerpos unidos por pasarelas al núcleo de circulación vertical, donde se encuentra el área de servicios, los ascensores y las escaleras para toda la estructura. Se trata de un Edificio Inteligente, ya que

cuenta con un sistema electrónico el cual regula los niveles de temperatura, la iluminación y los sistemas de seguridad.

2.2. Descripción de CORPOELEC

2.2.1. Misión.

Desarrollar, proporcionar y garantizar un servicio eléctrico de calidad, eficiente, confiable, con sentido social y sostenibilidad, en todo el territorio nacional, a través de la utilización de tecnología de vanguardia en la ejecución de los procesos de generación, transmisión, distribución y comercialización del Sistema Eléctrico Nacional, integrado a la comunidad organizada, proveedores y trabajadores calificados, motivados y comprometidos con valores éticos socialistas para contribuir con el desarrollo político, social y económico del país.

2.2.2. Visión

Ser una Corporación con ética y carácter socialista, modelo en la prestación de servicio público, garante del suministro de energía eléctrica con eficiencia, confiabilidad y sostenibilidad financiera. Con un talento humano capacitado, que promueva la capacitación de las comunidades organizadas en la gestión de la Corporación, en concordancia con las políticas del Estado para apalancar el desarrollo y el progreso del país, asegurando con ello calidad de vida para todo el pueblo venezolano.

2.3. Nuestros Valores

2.3.1. Respeto

Trato justo, digno y tolerante, valorando las ideas y acciones de las personas, en armonía con la comunidad, el ambiente y el cumplimiento de las normas, lineamientos y políticas de la Organización.

2.3.2. Honestidad

Gestionar de manera transparente y sincera los recursos de la empresa, con sentido de equidad y justicia, conforme al ordenamiento jurídico, normas, lineamientos y políticas para generar confianza dentro y fuera de la organización;

2.3.3. Responsabilidad

Cumplir en forma oportuna, eficiente y con calidad los deberes y obligaciones, basados en las leyes, normas y procedimientos establecidos, con lealtad, mística, ética y profesionalismo para el logro de los objetivos y metas planteadas

2.3.4. Humanismo

Valoración de la condición humana, en la convivencia solidaria, sensibilidad ante las dificultades, necesidades y carencias de los demás, manifestada en acciones orientadas al desarrollo integral y al bienestar individual y colectivo.

2.3.5. Compromiso

Disposición de los trabajadores y la organización para cumplir los acuerdos, metas, objetivos y lineamientos establecidos con constancia y convicción, apoyando el desarrollo integral de la Nación.

2.3.6. Solidaridad

Actitud permanente y espontánea de apoyo y colaboración para contribuir a la solución de situaciones que afectan a los trabajadores y comunidades, para mejorar su calidad de vida.

2.3.7. Humildad

Capacidad de reconocer y aceptar las fortalezas y debilidades, expresadas en la sencillez de los trabajadores, que permita la apertura al crecimiento humano y Organizacional

2.4. Funciones.

Las Funciones Generales de la empresa CORPOELEC es la de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica a nivel de todo el territorio nacional e internacionalmente en base a estrategias lógicas y enmarcadas por un proceso de producción a través de las centrales hidroeléctricas que forman el conjunto de la misma. Principalmente las centrales más importantes son Simón Bolívar en Guri, Antonio José de Sucre en Macagua y Francisco de Miranda en Caruachi así también como las diferentes Micro centrales y centrales termoeléctricas en la red.

2.5. Organigrama Estructural de la Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda.

Muestra como está estructurada la Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda – CORPOELEC (Ver Figura 2.3)

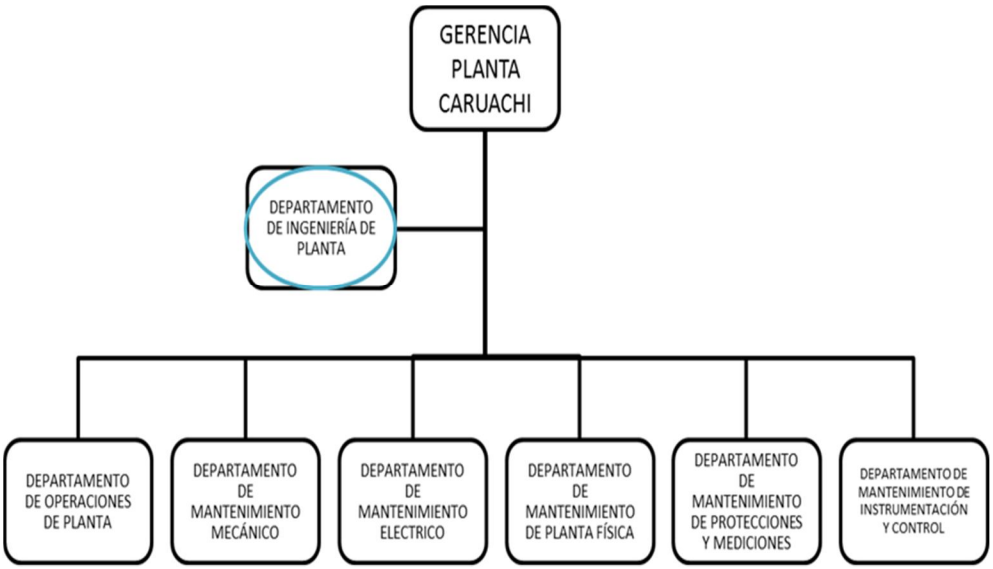


Figura N°2.3. Estructura Organizativa de la Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda
Fuente: Intranet - CORPOELEC

2.6. Organigrama Estructural de la Coordinación de Ingeniería de Planta.

Muestra la estructura organizativa de la Coordinación de Ingeniería de Planta adscrita a la Superintendencia de Planta Caruachi. (Ver Figura 2.4)

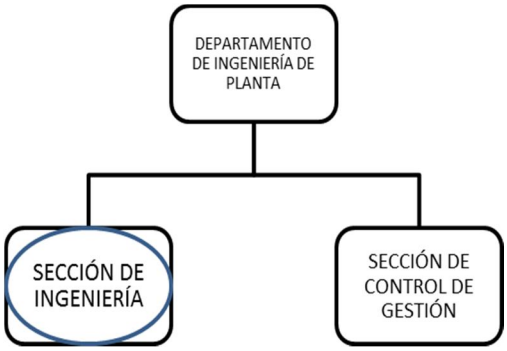


Figura N°2.4. Organigrama Estructural de la Coordinacion
Fuente: Intranet – Corpoelec

2.7. Funciones Generales de la Coordinación por la Sección de Ingeniería.

Desarrollar la planificación, control y evaluación del mantenimiento de los equipos, sistemas e instalaciones para la generación de energía eléctrica asociados a la Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda, así como mejorar las prácticas de mantenimiento, mediante la incorporación de herramientas, metodologías y estándares que optimicen el ciclo de vida de los activos, para garantizar su máxima disponibilidad, asegurando o restableciendo su funcionamiento de acuerdo con los parámetros de calidad de servicio establecidos por CORPOELEC.

- Programar, coordinar y controlar la ejecución del mantenimiento de los equipos, sistemas e instalaciones para la generación de energía eléctrica asociados a la Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda.
- Integrar los programas de mantenimiento de los equipos, sistemas e instalaciones asociados a la Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda, bajo responsabilidad de los diferentes Departamentos involucrados.
- Realizar seguimiento y documentar el estado y comportamiento de los equipos, sistemas e instalaciones para la generación de energía eléctrica asociados a la Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda.
- Aplicar la ingeniería de la confiabilidad para mejorar la gestión del mantenimiento de los equipos, sistemas e instalaciones para la generación de energía eléctrica asociados a la Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda.
- Analizar los modos de falla y sus causas para diagnosticar necesidades de mejoras de los equipos, sistemas e instalaciones para la generación de energía eléctrica asociados a la Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda.

- Coordinar proyectos de mejora y recepción de equipos, sistemas e instalaciones para la generación de energía eléctrica asociados a la Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda, así como la documentación asociada.
- Coordinar la investigación de fallas y ejecución de pruebas especiales a equipos, sistemas e instalaciones para la generación de energía eléctrica asociados a la Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda.
- Coordinar y participar en los estudios e investigaciones requeridas en los equipos, sistemas e instalaciones para la generación de energía eléctrica asociados a la Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda.
- Analizar y proponer las innovaciones tecnológicas necesarias para lograr el mejoramiento continuo del mantenimiento de los equipos, sistemas e instalaciones para la generación de energía eléctrica asociados a la Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda.
- Actualizar los soportes metodológicos requeridos para realizar el mantenimiento de los equipos, sistemas e instalaciones para la generación de energía eléctrica asociados a la Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda.
- Suministrar asistencia técnica en materia de mantenimiento de los equipos, sistemas e instalaciones para la generación de energía eléctrica asociados a la Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda, a las unidades adscritas a la División de Planta Caruachi.

CAPÍTULO III
MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se expone las bases teóricas necesarias para el desarrollo de este estudio, conceptos y definiciones fundamentales para el diseño de la Propuesta de un Modelo de Confiabilidad del Sistema Gobernador de las Unidades Generadoras de la Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda, CORPOELEC.

3.1. Antecedentes de la Investigación.

Juan Vera Pietri (2009) egresado de la Universidad Nacional Experimental Politécnica "Antonio José de Sucre" en su trabajo que llevó por título "**Programa De Mantenimiento Predictivo Del Sistema De Motores, De Los Gobernadores De La Central Hidroeléctrica, Francisco De Miranda**". En esta investigación el estudio principal fue enfocado en optimizar y mejorar el mantenimiento en planta y así obtener las características técnicas, descripción general, maniobras de operación, filosofía de operación, para ser usado como soporte técnico en labores de mantenimiento y operación ante posibles contingencias. Además este trabajo de investigación, sirvió para el mejoramiento del proceso con el fin de aplicar luego Análisis de Modos y efectos de Fallas (AMEF) y aportar a futuras investigaciones relacionadas con el Sistema Gobernador.

Leonel Isasis (2014) egresado de la Universidad Nacional Experimental Politécnica "Antonio José de Sucre" en su trabajo llevo por título **"Diseño de un Modelo de Simulación Para analizar la confiabilidad**

de Sistema Turbina de la Unidad Generadora de la Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda, Planta Caruachi, Corpoelec". En esta investigación el estudio principal fue enfocado en la desagregación del Sistema Turbina para identificar todos los Subsistemas y componentes que lo conforman identificando la función de cada uno de estos, y las conexiones operativamente en serie, en paralelo y así Diseñar un modelo de simulación para el análisis de la Confiabilidad del Sistema Turbina en la Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda, Planta Caruachi, fue de suma importancia conocer su confiabilidad de manera detallado para conocer su comportamiento, y poder realizar planes de Mantenimiento y/o mejoras en dicho Sistema y tener un óptimo rendimiento de generación.

3.2. Bases Teóricas.

3.2.1. Diagrama de Ishikawa:

El Diagrama de Ishikawa, también llamado diagrama de causa-efecto o diagrama causal, se trata de un diagrama que por su estructura ha venido a llamarse también: diagrama de espina de pez, que consiste en una representación gráfica sencilla en la que puede verse de manera relacional una especie de espina central, que es una línea en el plano horizontal, representando el problema a analizar, que se escribe a su derecha. Es una de las diversas herramientas surgidas a lo largo del siglo XX en ámbitos de la industria y posteriormente en el de los servicios, para facilitar el análisis de problemas y sus soluciones en esferas como lo son; calidad de los procesos, los productos y servicios. Fue concebido por el licenciado en química japonés Dr. Kaoru Ishikawa en el año 1943.

Este diagrama causal es la representación gráfica de las relaciones múltiples de causa - efecto entre las diversas variables que intervienen en un proceso. En teoría general de sistemas, un diagrama causal es un tipo de diagrama que muestra gráficamente las entradas o inputs, el proceso, y las

salidas u outputs de un sistema (causa-efecto), con su respectiva retroalimentación (feedback) para el subsistema de control. (Ver Figura 3.1)

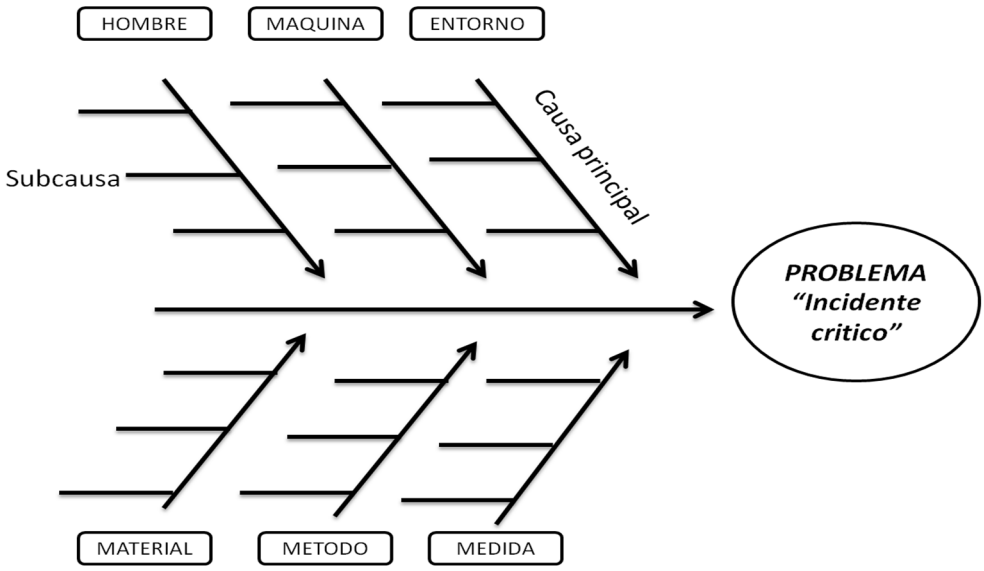


Figura N°3.1. Diagrama Ishikawa
Fuente: www.wikipedia.org

3.2.2. Diagrama de Flujo

Un diagrama de flujo es una representación gráfica de un proceso. Cada paso del proceso es representado por un símbolo diferente que contiene una breve descripción de la etapa de proceso. Los símbolos gráficos del flujo del proceso están unidos entre sí con flechas que indican la dirección de flujo del proceso.

El diagrama de flujo ofrece una descripción visual de las actividades implicadas en un proceso mostrando la relación secuencial ente ellas, facilitando la rápida comprensión de cada actividad y su relación con las demás, el flujo de la información y los materiales, las ramas en el proceso, la existencia de bucles repetitivos, el número de pasos del proceso, las

operaciones de interdepartamentales. Facilita también la selección de indicadores de proceso. (Ver Figura 3.2)

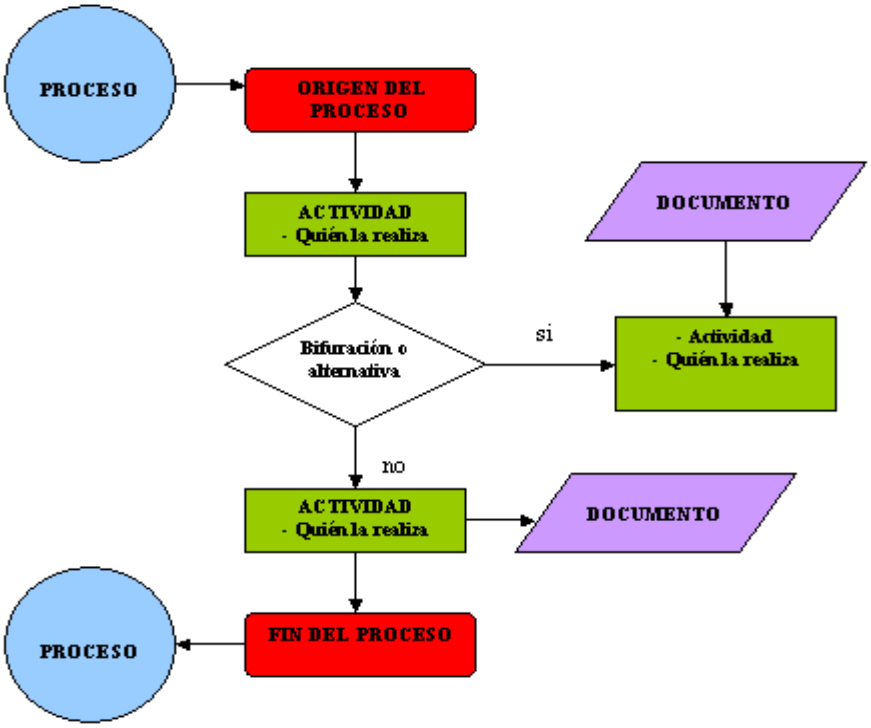


Figura N°3.2. Diagrama de flujo
Fuente: www.wikipedia.org

3.2.2.1. Beneficios del Diagrama de Flujo

- En primer lugar, facilita la obtención de una visión transparente del proceso, mejorando su comprensión. El conjunto de actividades, relaciones e incidencias de un proceso no es fácilmente discernible a priori. La diagramación hace posible aprehender ese conjunto e ir más allá, centrándose en aspectos específicos del mismo, apreciando las interrelaciones que forman parte del proceso así como las que se dan con otros procesos y subprocesos.
- Permiten definir los límites de un proceso. A veces estos límites no son tan evidentes, no estando definidos los distintos proveedores y clientes (internos y externos) involucrados.

- El diagrama de flujo facilita la identificación de los clientes, es más sencillo determinar sus necesidades y ajustar el proceso hacia la satisfacción de sus necesidades y expectativas.
- Estimula el pensamiento analítico en el momento de estudiar un proceso, haciendo más factible generar alternativas útiles.
- Proporciona un método de comunicación más eficaz, al introducir un lenguaje común, si bien es cierto que para ello se hace preciso la capacitación de aquellas personas que entrarán en contacto con la diagramación.
- Un diagrama de flujo ayuda a establecer el valor agregado de cada una de las actividades que componen el proceso.
- Igualmente, constituye una excelente referencia para establecer mecanismos de control y medición de los procesos, así como de los objetivos concretos para las distintas operaciones llevadas a cabo.
- Facilita el estudio y aplicación de acciones que redunden en la mejora de las variables tiempo y costes de actividad e incidir, por consiguiente, en la mejora de la eficacia y la eficiencia.
- Constituyen el punto de comienzo indispensable para acciones de mejora o reingeniería.

Todas estas razones apuntan hacia el diagrama de flujo como un instrumento primordial para la correcta gestión de los procesos.

La realización de un diagrama de flujo es una actividad íntimamente ligada al hecho de modelar un proceso, que es por sí mismo un componente esencial en la gestión de procesos.

Frecuentemente los sistemas (conjuntos de procesos y subprocesos integrados en una organización) son difíciles de comprender, amplios, complejos y confusos; con múltiples puntos de contacto entre sí y con un buen número de áreas funcionales, departamentos y personas implicadas.

Un modelo una representación de una realidad compleja) puede dar la oportunidad de organizar y documentar la información sobre un sistema. El diagrama de flujo de proceso constituye la primera actividad para modelar un proceso.

Pero ¿qué es un modelo? Un modelo es una representación de una realidad compleja. Modelar es desarrollar una descripción lo más exacta posible de un sistema y de las actividades llevadas a cabo en él.

Cuando un proceso es modelado, con ayuda de una representación gráfica (diagrama de flujo de proceso), pueden apreciarse con facilidad las interrelaciones existentes entre distintas actividades, analizar cada actividad, definir los puntos de contacto con otros procesos, así como identificar los subprocesos comprendidos. Al mismo tiempo, los problemas pueden ponerse de manifiesto claramente dando la oportunidad al inicio de acciones de mejora.

3.2.3. Definición Matriz FODA

La matriz de análisis dafo o foda, es una conocida herramienta estratégica de análisis de la situación de la empresa. El principal objetivo de aplicar la matriz dafo en una organización, es ofrecer un claro diagnóstico para poder tomar las decisiones estratégicas oportunas y mejorar en el futuro. Su nombre deriva del acrónimo formado por las iniciales de los términos: debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades. La matriz de análisis dafo permite identificar tanto las oportunidades como las amenazas que presentan nuestro mercado, y las fortalezas y debilidades que muestra nuestra empresa. (Ver Figura 3.3)

Factores Externos / Factores Internos	Fortalezas	Debilidades
Oportunidades	FO Estrategia para Maximizar F y O	DO Estrategia para Minimizar D y Maximizar O
Amenazas	FA Estategia para Maximizar F y Minimizar A	DA Estrategia para Minimizar D y A

Figura N°3.3. Matriz FODA
Fuente: www.wikipedia.org

3.2.3.1. Análisis externo

En el análisis externo de la empresa se identifican los factores externos claves para nuestra empresa, como por ejemplo los relacionados con: nuevas conductas de clientes, competencia, cambios del mercado, tecnología, economía, etcétera. Se debe tener un especial cuidado dado que son incontrolables por la empresa e influyen directamente en su desarrollo.

La matriz dafo divide por tanto el análisis externo en oportunidades y en amenazas.

• **Oportunidades:** representan una ocasión de mejora de la empresa. Las oportunidades son factores positivos y con posibilidad de ser explotados por parte de la empresa. Para identificar las oportunidades podemos responder a preguntas como: ¿existen nuevas tendencias de mercado relacionadas con nuestra empresa?, ¿qué cambios tecnológicos, sociales, legales o políticos se presentan en nuestro mercado?

• **Amenazas:** pueden poner en peligro la supervivencia de la empresa o en menor medida afectar a nuestra cuota de mercado. Si identificamos una amenaza con suficiente antelación podremos evitarla o convertirla en oportunidad. Para identificar las amenazas de nuestra organización, podemos responder a preguntas como: ¿qué obstáculos podemos encontrarnos?, ¿existen problemas de financiación?, ¿cuáles son las nuevas tendencias que siguen nuestros competidores?

3.2.3.2. Análisis Interno

En el análisis interno de la empresa se identifican los factores internos claves para nuestra empresa, como por ejemplo los relacionados con: financiación, marketing, producción, organización, etc. En definitiva se trata de realizar una autoevaluación, dónde la matriz de análisis dafo trata de identificar los puntos fuertes y los puntos débiles de la empresa.

• Fortalezas: Son todas aquellas capacidades y recursos con los que cuenta la empresa para explotar oportunidades y conseguir construir ventajas competitivas. Para identificarlas podemos responder a preguntas como: ¿qué ventajas tenemos respecto de la competencia?, ¿qué recursos de bajo coste tenemos disponibles?, ¿cuáles son nuestros puntos fuertes en producto, servicio, distribución o marca?

• Debilidades: Son aquellos puntos de los que la empresa carece, de los que se es inferior a la competencia o simplemente de aquellos en los que se puede mejorar. Para identificar las debilidades de la empresa podemos responder a preguntas como: ¿qué perciben nuestros clientes como debilidades?, ¿en qué podemos mejorar?, ¿qué evita que nos compren?

3.2.4. Confiabilidad

Según Creus Sole, A. (2005). Fiabilidad y Seguridad.

"Desde el punto de la Ingeniería, la confiabilidad es la probabilidad de que un aparato o dispositivo o una persona desarrollen una determinada función bajo condiciones fijadas durante un periodo de tiempo determinado, es decir, entre 0 y t."

Para poder conocer la confiabilidad de una pieza o instalación es necesario definir perfectamente la falla que estamos evaluando y controlar las condiciones de trabajo en que se desarrolla el ensayo. Debemos establecer también la duración del intervalo de tiempo que puede ser expresado en número de ciclo u operaciones que efectúa el sistema y finalmente es conveniente contar con un modelo matemático para poder analizarla.

Para poder interpretar la confiabilidad primero veremos los conceptos de Distribución de Weibull presentado a continuación.

3.2.4.1. Distribución de Weibull.

Permite evaluar la confiabilidad de un equipo o sistema en cualquier periodo de su vida útil o normal y envejecimiento. El modelo de Weibull es flexible; es uno de los más utilizados para representar la vida de los productos, ya que permite modelar productos con tasas de riesgo creciente, constante y decrecientes.

3.2.4.2. Distribución de Weibull en dos parámetros

Es una distribución flexible donde su tasa de fallo puede ser decreciente, constante o creciente dependiendo de sus parámetros. Normalmente se define con dos parámetros: el de forma **β** que tiene efecto sobre la forma de la distribución y el de escala **η** que afectan la escala del tiempo de vida.

La teoría de valores externos demuestra que la distribución de Weibull se puede utilizar para modelar el mínimo de una gran cantidad de variables aleatorias positivas independientes de cierta distribución: tales como falla de un sistema con una gran cantidad de componentes en serie y con los mecanismos de falla aproximadamente independientes en cada componente.

La confiabilidad de la distribución de Weibull viene dada por:

$$\boldsymbol{R(t)} = \frac{\mathbf{1}}{\boldsymbol{e}^{(\frac{t}{\eta})\beta}}$$

Dónde:

R(t) = Confiabilidad

η = Parámetro de escala (Edad característica de fallas). Este parámetro extiende o contrae la distribución de fallas a lo largo del eje de la edad.

β = Parámetro de forma. Muestra la clase de falla como son mortalidad infantil, aleatoria, o desgaste, también es llamado el parámetro forma porque determina la familia o el tipo de distribución.

T = tiempo de Calculo.

Criterios: Según Antonio Creus Sole (2005)

- **β<1**; falla decreciente → Arranque.
- **β=1;** falla constante → Vida Útil.
- **β**>1; falla creciente → Desgaste.

3.2.4.3. Tiempo Promedio Entre Fallas

El tiempo promedio entre falla o vulgarmente mal llamado la media de los tiempos entre falla, indica el intervalo de tiempo más probable entre un arranque y la Aparicio de una falla. Mientras mayor sea su valor, mayor es la confiabilidad del componente o equipo.

$$TPEF = \frac{\sum TEF}{n}$$

Dónde:

∑ **TEF =** Sumatoria de los tiempos entre fallas.

N = Cantidad de tiempos del estudio.

3.2.4.4. Infiabilidad.

Llamada la función distribución de fallos, o probabilidad de fallos o infiabilidad que es la probabilidad de que ocurra un fallo antes del tiempo t.

$$Q(t) = 1 - R(t)$$

Dónde:

R(t) = Confiabilidad.

Q(t) = Infiabilidad.

La distribución de Weibull es un modelo apropiado para organizar tiempos de falla de productos compuestos por muchas partes con distribuciones de vida comprables donde el producto falla cuando una de las partes falla, es decir el tiempo de falla del producto es igual al tiempo de falla mínimo de las partes que lo conforman (falla de eslabón más débil).

3.2.4.5. Curva de la Bañera.

Debido a que la tasa de fallos varía con respecto al tiempo, su representación gráfica tiene forma de bañera, con tres etapas diferenciadas. Fallos iniciales, operación normal y fallos de desgaste o envejecimiento. (Ver Figura 3.4)

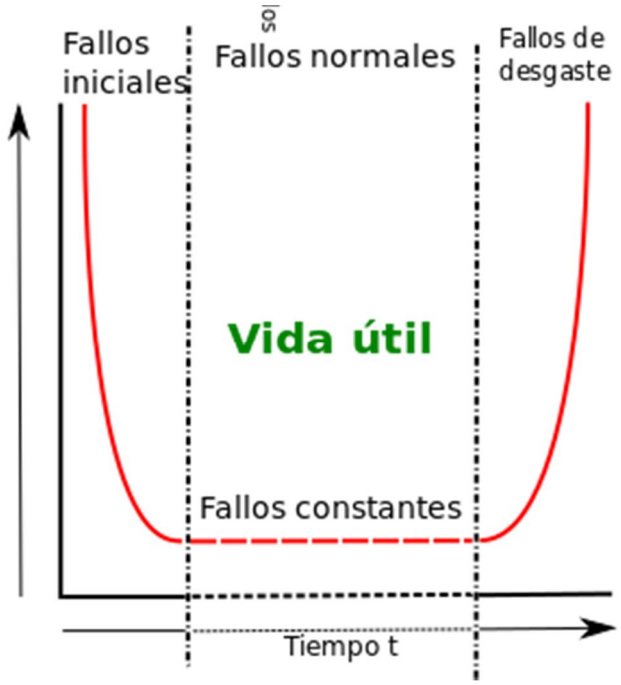


Figura N°3.4. Curva de la Bañera.
Fuente: www.wikipedia.org

La primera etapa de fallos iniciales o infantiles representa por lo general a la existencia de equipos defectuosos con una tasa de fallos superior a lo normal. Las causas posibles por un diseño incorrecto, un deficiente control de calidad, por toma de muestras no representativas del lote de equipos que se están fabricando, por una instalación incorrecta, siendo los elementos más comunes. La línea de fallos iniciales generalmente es una distribución de tipo logarítmica

La segunda etapa de operación normal o de fallos constantes, durante esta etapa, la tasa de fallos se estabiliza a un valor casi constante y los fallos que se presentan se denominan aleatorios o catastróficos, ya que ocurren de forma totalmente aleatoria o inesperada. La línea de fallos aleatorios es una distribución exponencial.

La tercera etapa denominada fallos de desgaste o envejecimiento es debida a la superación de vida prevista de equipo cuando empiezan a aparecer fallos de degradación como consecuencia del desgaste. Se caracteriza por un aumento de la tasa de fallos.

3.2.4.6. Confiabilidad de Sistemas.

3.2.4.6.1. Sistema en Serie.

Un sistema en serie es aquel en el que todos los componentes deben funcionar adecuadamente para que funcione el sistema. (Ver Figura 3.5)

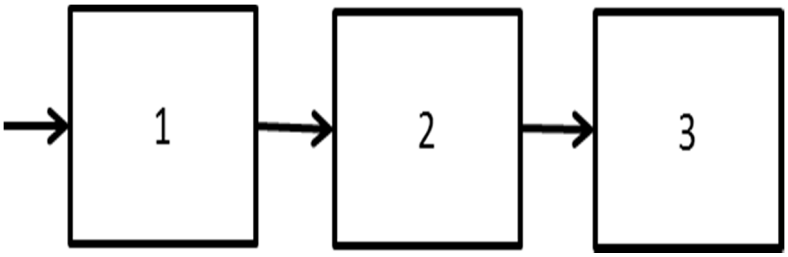


Figura N°3.5. Sistema en Serie de tres componentes.
Fuente: Elaboración Propia

De la condición de independencia, es decir la probabilidad de que se presente un evento, que depende de que ocurran todos los eventos, es el producto de las probabilidades de dichos componentes, se deriva que su confiabilidad es el producto de confiabilidades de sus componentes, con lo cual, la confiabilidad del sistema será menor que la de cada uno de sus componentes, de manera tal:

$$R = R1.R2.R3 \dots Rn$$

En caso de tener una distribución de Weibull:

$$R = \frac{\mathbf{1}}{e^{(\frac{t1}{\eta 1})\beta 1}} \cdot \frac{\mathbf{1}}{e^{(\frac{t2}{\eta 2})\beta 2}} \cdot \frac{\mathbf{1}}{e^{(\frac{t3}{\eta 3})\beta 3}}$$

3.2.4.6.2. Sistemas en Paralelo.

Los sistemas en paralelo se caracterizan porque el sistema falla si todos los componentes fallan en su operación. (Ver Figura 3.6)

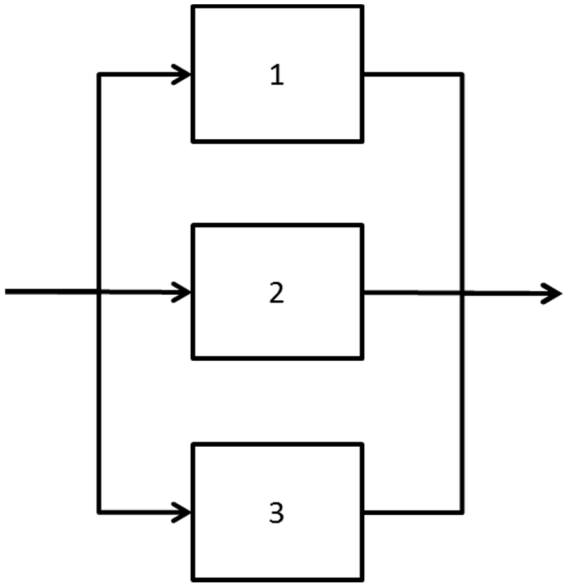


Figura N°3.6. Sistema en Paralelo de tres componentes.
Fuente: Elaboración Propia.

De la condición de independencia, es decir, la probabilidad de que se presente un evento, es el producto de probabilidades de los eventos componentes, se deriva que su no confiabilidad es el producto de sus no confiabilidades de sus componentes, de manera que:

$$Q = Q1.Q2.Q3 \dots Qn$$

Y dando como resultado:

$$R = 1 - Q$$

Si los componentes son redundantes, y la redundancia es extrema, se puede conseguir una alta confiabilidad con componentes de confiabilidad moderada. En caso de tener una distribución de Weibull.

$$R = 1 - \left(1 - \frac{\mathbf{1}}{\boldsymbol{e}^{\left(\frac{t1}{\eta 1}\right)\beta 1}}\right) \cdot \left(1 - \frac{\mathbf{1}}{\boldsymbol{e}^{\left(\frac{t2}{\eta 2}\right)\beta 2}}\right) \cdot \left(1 - \frac{\mathbf{1}}{\boldsymbol{e}^{\left(\frac{t3}{\eta 3}\right)\beta 3}}\right)$$

3.2.5 Diagrama Circular.

Llamado también cuadro de pastel. Es una gráfica circular que utiliza radios para dividir el círculo en partes, de manera que las áreas de las partes son proporcionales a las cantidades representadas. (Ver Figura 3.7)

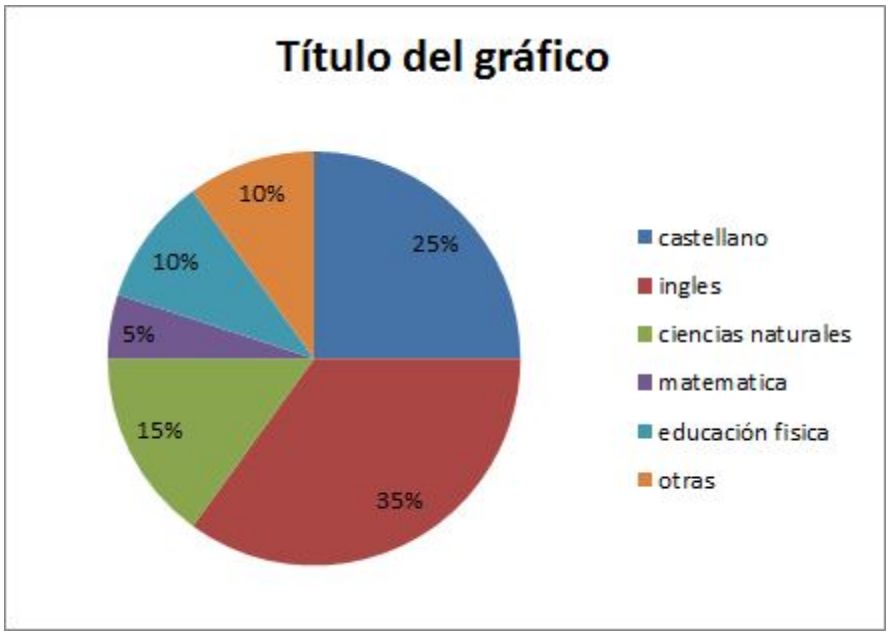


Figura N°3.7. Diagrama Circular.
Fuente: Elaboración Propia.

3.2.6. Diagrama de Barras Apiladas

La grafica de barras apiladas son una serie de rectángulos (uno sobre otro), en donde el área de cada rectángulo es proporcional a la cantidad que representa. Este tipo de gráfico puede utilizarse para comparar las partes de un todo. (Ver Figura 3.8)

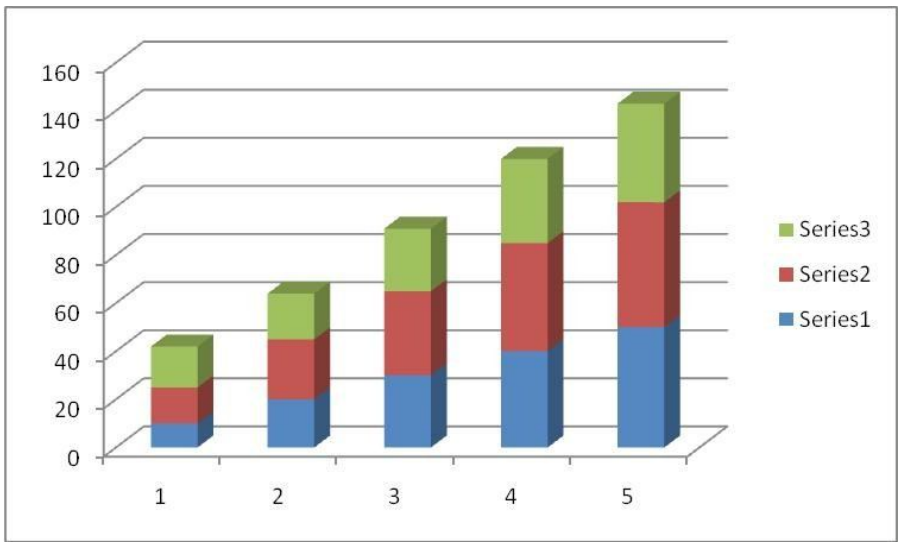


Figura N°3.8. Diagrama de Barras Apiladas.
Fuente: Elaboración Propia.

3.2.7. Gobernador de Velocidad.

El gobernador es un sistema de control asociado a la unidad generadora que permite mantener constante la velocidad de la máquina. En la figura 3.9 se muestra el diagrama esquemático mostrado a continuación:

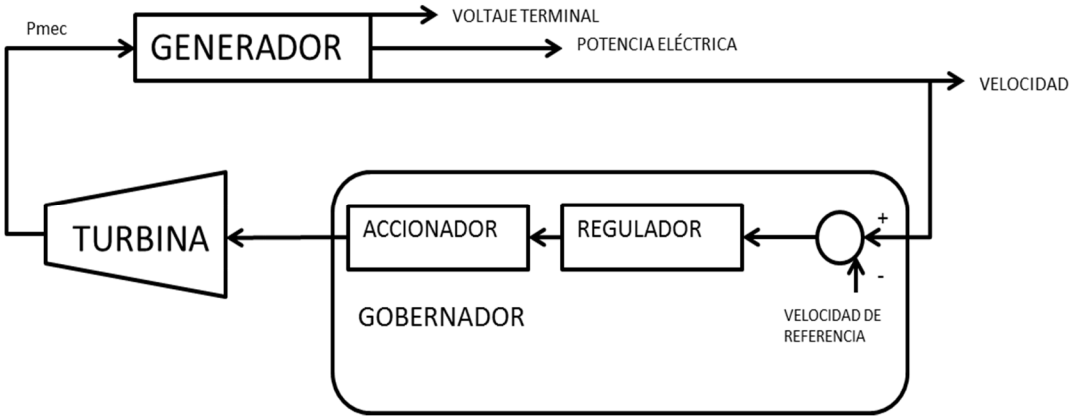


Figura N°3.9. Diagrama Esquemático Indicando la Relación Generador - Gobernador - Turbina
Fuente: Manual de Operación del Gobernador de Potencia

Se observa que el gobernador recibe como entrada la señal de velocidad de la máquina y la compara con la velocidad de referencia, si estas son iguales la señal de error será cero indicativo que el gobernador no debe originar cambios en las condiciones de operación, dado que la maquina está en la velocidad deseada. De ser diferentes estas señales se generara un error, la misma será captada por el regulador que ejercerá la función de control ordenado al accionador a través del servomotor abrir o cerrar la paleta o válvula ya sea una turbina hidráulica o térmica respectivamente. Esta acción permitirá en la turbina incrementar o decrementar la potencia mecánica de la unidad para corregir la desviación de velocidad.

El gobernador indirectamente permite mantener la frecuencia constante y satisfacer la carga. La expresión que relaciona la velocidad sincrónica con la frecuencia viene dada por:

$$Velocidad = \frac{120 * Frecuencia}{Número\ de\ polos}$$

Al analizar esta expresión se concluye que al ser el número de polos una vez que la maquina está construida un parámetro fijo, una velocidad constante indicará una frecuencia constante, es decir, al controlar la velocidad se garantiza el control de la frecuencia. De igual forma sucede con el control de la carga. De ocurrir en un Sistema Eléctrico un incremento de la potencia eléctrica de carga, se tendrá momentáneamente una potencia eléctrica mayor a la potencia mecánica (Pe > Pmec), provocando una potencia desacelerante que reducirá la velocidad en la máquina. Esta variación en la velocidad será censada en el gobernador, quien ordenara un incremento en la apertura de paleta o válvula para incrementar la potencia mecánica y de esta forma retornar la velocidad al valor de referencia, este

equilibrio se alcanza cuando la potencia mecánica y eléctrica son iguales ($Pmec = Pe$), con lo cual se satisface la carga.

El gobernador al igual que los diferentes sistemas de control como la excitatriz ha tenido cambios tecnológicos que han mejorado su comportamiento. Los primeros gobernadores eran enteramente electromecánicos, evolucionando a lo largo de los años a gobernadores de tipo electrónicos, hasta alcanzar los existentes hoy en día de tipo numérico. En principio la estructura de estos gobernadores es similar a la indicada en la figura N°3.10. esta consta de una unidad reguladora que tiene como función detectar las variaciones de velocidad de la unidad accionadora para corregir la desviación. El accionador está constituido por equipos mecánicos que tienen como función convertir las señales eléctricas del regulador en señales mecánicas para accionar los servomotores y mover las paletas en la turbina. Las diferencias entre los diversos tipos de gobernador se encuentran a nivel del regulador como se explica a continuación. (Ver Figura 3.10)

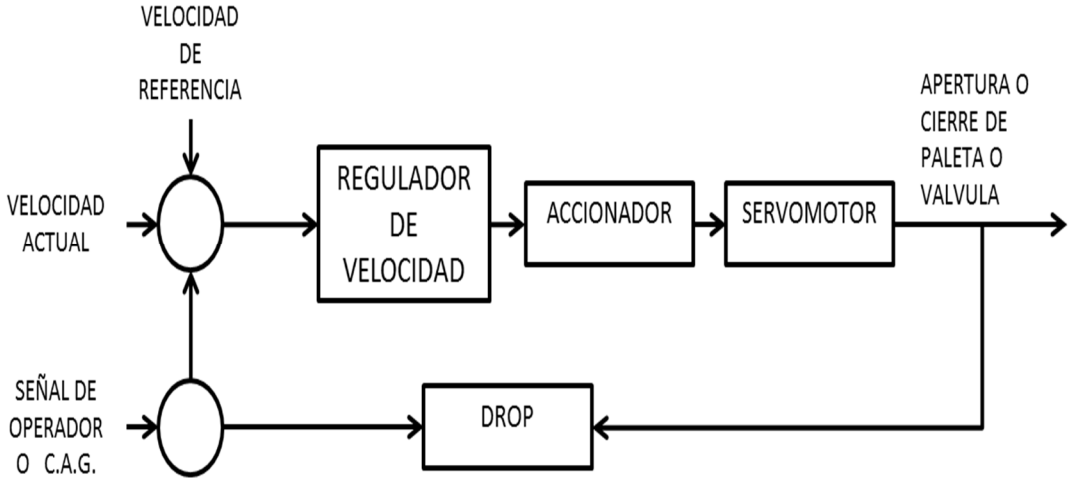


Figura N°3.10. Diagrama General del Gobernador
Fuente: Manual de Operación del Gobernador de Potencia.

3.2.8. Gobernador de Velocidad Instalado en la Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda.

Es un sistema de control asociado a la unidad generadora que permite mantener la velocidad constante, garantizando así el equilibrio entre la potencia mecánica y la potencia electica de frecuencia constante. El control de la frecuencia está íntimamente ligada al control de la potencia activa, siendo la frecuencia una variable que se debe mantener constante para garantizar su calidad. Como es el caso de los gobernadores de las unidades generadoras de la casa de máquinas de la Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda ubicada en Caruachi – Estado Bolívar.

El sistema de gobernación tiene la bondad de operar de forma simultanea los servomotores de las paletas y el servomotor de los alabes en todo rango de apertura y cierre en los tiempos Mínimos especificados (5 – 15 seg. Ajustable mecánicamente), con la presión mínimo de aceite (entre 40 y 63 kg/cm^2), con la máxima Fricción. Los tiempos de operación de los servomotores en apertura y cierre son ajustables independiente sin desmontar ninguna parte del gobernador.

El sistema de gobernación es capaz de controlar establemente la velocidad de la unidad cuando éste opera a la velocidad nominal sin carga o cuando opera a la velocidad nominal con carga aislada, para todas las potencias de salida hasta la máxima inclusive. Además controla establemente la potencia de salida para todas las potencias entre 0 y el valor máximo, cuando el generador opere en paralelo con otros generadores en la casa de máquinas o en el sistema de transmisión. En las turbinas Kaplan, este controla la eficiencia de la maquina a través del cambio de posiciones de los alabes del rodete.

3.2.8.1. Funciones Principales del Gobernador de Velocidad:

- Regulación de Frecuencia.
- Regulación de Desviaciones de Velocidad.
- Limitación Mecánica y Eléctrica de apertura de paletas directrices.
- Optimización de Angulo de inclinación de los alabes, con relación a la caída y apertura de paletas directrices.
- Control y Limitación Hidromecánica y eléctrica de Sobre-Velocidad.
- Detección del Deslizamiento de la Unidad.

3.2.8.2 Cualidades del Gobernador.

- Capacidad para Autodiagnóstico y Auto-estabilización, exceptuando limitación Mecánica de apertura de paletas, detección de deslizamiento, control de bombas de aceita, control de Sobre-Velocidad.
- Control Total, mediante un Microprocesador el cual produce y transmite señales, para controlar el desplazamiento de las válvulas de Distribución.
- El Gobernador cuenta con un Sistema Completo de Control Manual Independiente, para permitir la operación manual de la unidad, cuando el Microprocesador este fuera de operación o en modo de Prueba.
- Control remoto para:
    - Arranque y Parada.
    - Velocidad de Sincronización.
    - Potencia de Salida.
    - Despliegue o visualización del estado del Gobernador cuando ocurran alarmas y disparos.

- El Gobernador, cuenta con un sistema de conexión con los sistemas de Operación y Control de Planta a través del sistema de control centralizado Caruachi (CAG)

3.2.9. Tipos de Gobernadores.

3.2.9.1. Gobernador Mecánico

Este tipo de gobernador esta descontinuado del mercado y es posible encontrarlo en Plantas de más de treinta años de funcionamiento, como es el caso de los gobernadores de las unidades generadoras de la casa de máquinas N°1 de la Planta Macagua ubicada en el estado Bolívar, cuya puesta en servicio data de los años 60. En esta se distinguen los siguientes elementos:

- Regulador.
- Detector de velocidad.
- Droop.
- Accionador.
- Válvula piloto.
- Servomotor.

3.2.9.2. Gobernador Numérico.

Este representa la última tecnología y al igual que en los casos anteriores el cambio drástico está a nivel del regulador de velocidad. En el gobernador electrónico el regulador estaba compuesto por tarjetas electrónicas que manejaban señales analógicas, la nueva concepción hacia el gobernador numérico se basa en la digitalización de la señal analógica para convertirla en un numérico, cuyo valor es procesado por el regulador, que no es más que un microcomputador donde las funciones de

transferencia constituidas por componentes electrónicos se convierten por ahora en ecuaciones y modelos matemáticos que realizan el cálculo, para una vez obtenida la respuesta convertir este digito en una señal analógica para ser enviada hacia el accionador. Entre las ventajas que se originan con estos nuevos gobernadores están las siguientes:

- Las funciones de transferencia son ecuaciones establecidas en un programa de computación (software), por lo que cambiar su respuesta es solo cambiar el programa sin alterar el hardware.
- Por ser el control a través de un software puede ser cambiado y mantenido a distancia, mediante la utilización de una vía de comunicación como puede ser Internet.
- Es fácil acceder las señales internas para su monitoreo en caso de una investigación de falla
- Se puede auto-diagnosticar señalando preventivamente cualquier anomalía.

La parte de fuerza constituida por la válvula piloto, servomotores, etc es en esencia similar en los diferentes gobernadores, lógicamente las técnicas y elementos constructivos han sido mejorados con el fin de tener un mejor comportamiento de estos. Asimismo, los elementos auxiliares y de control a nivel de accionador, servomotor, etc. Están adaptados a los avances tecnológicos.

3.2.9.3. Gobernador Electrónico.

Esta clase de gobernador sustituyo al gobernador mecánico, puede encontrarse fundamentalmente en Plantas construidas en los años 1970 y 2001, tal es el caso de las unidades generadoras de la Planta Guri Ubicada

en el Estado Bolívar y las unidades generadoras de la Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda Ubicada en el Estado Bolívar.

El cambio radical en este gobernador se presenta a nivel del regulador de velocidad, donde los elementos mecánicos fueron sustituidos por componentes electrónicos que se le agregaron una mayor velocidad de respuesta y una mayor sensibilidad a variaciones de la velocidad. A pesar de estas mejoras el gobernador sigue siendo, al compararlo con la excitatriz, un sistema de control lento con tiempos de respuesta en el orden de los segundos. Desde el punto de vista del sistema de regulación los elementos electrónicos permiten tiempos de respuesta en milisegundos; sin embargo, los elementos restrictivos están a nivel del servomotor y en la turbina. Estos componentes son mecánicos y requieren grandes niveles de energía para variar su condición de operación, en este sentido a pesar que el regulador pueda responder en milisegundos, es necesario colocarle constantes de tiempo que permitan una respuesta en segundos, para que la señal de corrección pueda ser seguida por la velocidad de respuesta de los elementos mecánicos. Este tipo de gobernador puede ser representado a través del siguiente modelo. (Ver figura 3.11.)

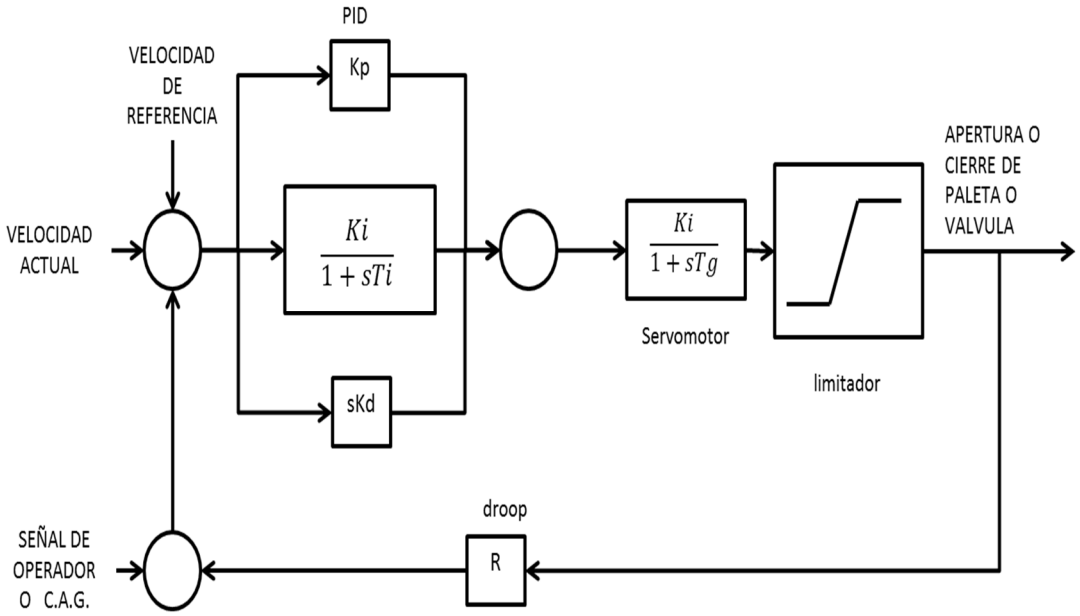


Figura N°3.11 Modelo General del Gobernador.
Fuente: Manual de Operación del Gobernador de Potencia.

3.3. Glosario de términos.

Análisis de Fallas: es el conjunto de actividades de investigación que, aplicadas sistemáticamente, trata de identificar las causas de las averías y establecer un plan que permita su eliminación.

Confiabilidad: se puede definir como la capacidad de un producto de realizar su función de la manera prevista. De otra forma, la confiabilidad se puede definir también como la probabilidad en que un producto realizara su función prevista sin incidentes por un periodo de tiempo especificado y bajo condiciones indicadas.

Fallas: ocurrencia de un ítem (equipo, sistema o instalación) que impide su funcionamiento, en el caso de las Unidades Generadoras las fallas son desconexiones automáticas en donde los operadores no tienen tiempo para actuación.

Mantenibilidad: capacidad de un dispositivo para que sus condiciones operativas adecuadas sean restituidas antes de que aparezca una avería o cuando esta ya ha ocurrido.

Mantenimiento Preventivo: este mantenimiento también es denominado “mantenimiento planificado”, tiene lugar antes de que ocurra una falla o avería, se efectúa bajo condiciones controladas sin la existencia de algún error en el sistema.

Mantenimiento Correctivo: este mantenimiento también es denominado “mantenimiento reactivo”, tiene lugar luego que ocurre una falla o avería, es decir, solo actuara cuando se presenta un error en el sistema.

Salida de Emergencia: son las desconexiones manuales realizadas por los operadores para prevenir un disparo o falla potencial de las Unidades Generadoras.

Salidas Forzadas: es un término empleado para agrupar tanto las desconexiones automáticas como manuales (fallas y salidas de emergencia) de las Unidades Generadoras.

SAO: Sistema Administrativo de Operaciones. Este sistema administra todas las operaciones que se realizan en CORPOELEC y la información que en esta se localiza es de los eventos, y actividades de mantenimiento de las Unidades Generadoras del sistema de potencia, reporte de anomalía de los equipos principales y auxiliares, solicitudes de permiso por parte de los Departamentos ejecutores de mantenimiento ante el Departamento de Operaciones para su tramitación, entre otros.

Servomotor: Son Gatos Hidráulicos.

Sistema: es el conjunto de elementos discretos, componentes, interconectados o en interacción, cuya misión es realizar una o varias funciones, en unas condiciones predeterminadas.

Sistema de Control de Unidades: es una base de datos que muestra todas las paradas (desconexiones) por fallas, mantenimientos programados y salidas de emergencia que presentan las Unidades Generadoras con una breve descripción del motivo y duraciones.

Subsistema: son elementos que conforman al sistema.

CAPÍTULO IV

MARCO METODOLÓGICO

En el presente capítulo se expone los aspectos referido al diseño metodológico que se utilizó para el desarrollo de este estudio, la caracterización de la muestra, los instrumentos que se utilizaron y por último se expone el procedimiento que se siguió para la Propuesta de un Modelo de Confiabilidad del Sistema Gobernador de las Unidades Generadoras de la Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda, CORPOELEC.

4.1 Tipo de Estudio.

El tipo de análisis realizado en este proyecto fue de tipo descriptivo-explicativo, el trabajo consistió en analizar la Confiabilidad Teórica del Gobernador Instalado en las Unidades Generadoras de la Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda.

Fue un análisis descriptivo debido a que en este trabajo se describieron detalladamente bajo una secuencia lógica de operación de cada uno de los Subsistemas, lo cual facilitó la Propuesta del Modelo de Confiabilidad, cumpliendo de esta forma con el objetivo general de la investigación.

> Víctor Díaz en el año 2009 argumenta Los estudios descriptivos buscan especificar propiedades importantes de personas, grupos comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis. Miden o evalúan diferentes aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno a

> investigar. Desde el punto de vista científico, describir es medir. Esto es, en un estudio descriptivo se selecciona una serie de cuestiones y se mide cada una de ellas independientemente, para así describir lo que se investiga. (P.158).

Por otro lado, fue un análisis analítico ya que se busca de manera profunda encontrar todos los funcionamientos del Sistema Gobernador.

> Ernesto A. Rodríguez Moguel en el año 2005 argumenta "En este método se distinguen los elementos de un fenómeno y se procede a revisar ordenadamente cada uno de ellos por separada. La física, la química, la biología utilizan este método; a partir de la experimentación y el análisis de un gran número de casos, se establecen leyes universales" (P.30)

Teniendo en cuenta lo antes dicho, esta investigación persiguió Diseñar un Modelo de Confiabilidad del Sistema Gobernador de las Unidades Generadoras, a fin de mejorar los Estudios de Confiabilidad de la Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda y así sirvan para desarrollar técnicas de mantenimiento del Sistema Gobernador. Se propuso un Modelo de Confiabilidad a uno de los Sistemas más importantes en la Unidad Generadora, con el fin de reducir las pérdidas de producción y daños de los diferentes Sub-Sistemas fundamentales en la Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda.

4.2. Diseño de la Investigación.

Se define como el procedimiento de donde y cuando se recopila la información, con la finalidad que se pueda dar respuestas concretas a las preguntas de investigación de la forma más clara posible. Podemos decir que

fue de tipo multivariable, porque estuvo enfocada a varios escenarios. Según Upel los análisis multivariables (2003) “es un método estadístico utilizado para determinar la contribución de varios factores en un simple evento o resultado”. (p.34). La información fue recogida dentro un ambiente natural (personal de la sección de Ingeniería). También se recolecto información de forma documental, Manual de Operación del Gobernador de Potencia, notas hechas por el personal, presentaciones hechas por el personal, reportes de trabajos de intervenciones al Sistema Gobernador instalado en la Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda.

4.3 Eventos de Estudios (Variables)

4.3.1. Definición Conceptual: es la que se propone desarrollar y explicar el contenido del concepto, son en el fondo las definiciones de “Libros”

4.3.2. Definiciones Operacionales: son la denominada definición de trabajo, con estas definiciones no se pretende expresar todo el contenido del concepto, sino identificar y traducir los elementos y datos empíricos que expresan o identifican el fenómeno en cuestión. Asigna significado a un concepto describiendo las actividades ejecutables, observables y factibles de comprobación.

A continuación se presenta las definiciones de los eventos de variables: (Ver Tabla 4.1)

Tabla N°4.1. Muestra las definiciones de los eventos de variables
Fuente: Elaboración Propia

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Observación
Variable Independiente: Sistema de Gobernación	Es un sistema de control asociado a la unidad generadora que permite mantener constante la velocidad a la máquina	Es un sistema de control asociado a la unidad generadora que permite mantener la velocidad constante, garantizando así el equilibrio entre la potencia mecánica y la potencia eléctrica a frecuencia constante	-Parada de los motores de Gobernador por Potencia. -Daños a los equipos de medición.
Variable Dependiente: Disminución de la productividad de energía	Es cuando existen anomalías y cae la producción de la empresa.	Es cuando ciertos equipos tienden a fallar y hacen que Corpoelec tenga pérdidas económicas en su producción.	-Factor costo/tiempo. -Ineficiencia al sistema nacional.

4.4. Población y Muestra.

La población de la presente investigación estuvo formada por el Sistema Gobernador instalado en las doce (12) Unidades Generadoras de la casa de máquinas de la Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda de la empresa Corpoelec. Según González (2000), “constituye la totalidad de un grupo de elementos u objetos que se quiere investigar, es el conjunto de todos los casos que concuerdan con lo que se pretende investigar” (p.98). La muestra está comprendida por el Gobernador de las doce (12) Unidades Generadoras cuyas características técnicas y de instalación son iguales.

4.5. Técnicas e Instrumentación de Recolección de Datos.

Las técnicas aplicadas en nuestra investigación se hicieron de una forma en que los datos obtenidos se obtuvieron de una manera clara y precisa y por eso que lo realizamos de la siguiente manera: la entrevista no estructurada, revisión documental y la inspección.

La entrevista no estructurada, fue una técnica usada para obtener información. Dentro de las personas entrevistadas tenemos a técnicos, líderes e ingenieros que laboran en la coordinación de Ingeniería de Planta, con lo que se obtuvo información acerca de pruebas, procedimientos realizados para el mantenimiento y funcionamiento de los equipos que comprenden el Sistema Gobernador y de sus sub.-Sistemas que lo comprenden. Definen la entrevista no estructurada como:

> "Una conversación organizada con objetivos flexibles usada como medio de orientación personal, escolar y profesional". (P.20).

La revisión documental Otra técnica que se utilizó en la recolección de datos, a través de la cual se obtuvo información teórica del funcionamiento del Sistema Gobernador y de los sub. Sistemas que lo comprenden. Según Arias Fidias (2000):

> "Es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, critica e interpretación de los datos obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas". (P.187).

La inspección, fue otra de las técnicas usadas para la recolección de datos, pues a través de las visitas programadas al área se hizo inspección

visual al Gobernador en donde se observó su disposición estructural, funcionamiento y equipos relacionados. La normativa ISO 8402/94 establece que la inspección es:

> "Las actividades tales como la medición, examen, ensayo o la constatación física… que se realiza principalmente a través de la vista." (P.327).

Los instrumentos utilizados para la recolección de los datos que llevaron a la satisfactoria elaboración de este trabajo de investigación se mencionan a continuación:

- Papel y lápiz.
- Cámara fotográfica, para tener evidencia de los equipos.
- Computadora.
- Libros
- Calculadora.
- Intranet.
- Programas de Office.

4.6. Procedimiento Metodológico.

Para la recolección de los datos se realizaron las siguientes acciones:

- Se hizo una revisión y evaluación de las características técnicas y el funcionamiento del Sistema Gobernador, según el manual de operación y mantenimiento del Gobernador de Potencia de la Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda.
- Por medio de visitas a la Casa de Máquinas e interpretación de planos del manual de operación y mantenimiento del Gobernador se

identificaron las interrelaciones operativas en serie y en paralelo entre los componentes del Sistema gobernador.

- Luego de identificar interrelaciones operativas por cada Sub-Sistemas se definió de manera estadística las confiabilidades por componentes del Sistema Gobernador.
- Una vez definida las confiabilidades por componentes se armó el Diseño del Modelo de Confiabilidad del Sistema Gobernador tomando en cuenta las interrelaciones entre los Sistemas.
- Una vez Diseñado el Modelo de Confiabilidad se realizó una evaluación del Impacto que tiene este estudio en la optimización de las actividades que realiza el departamento de Ingeniería de Planta.

CAPÍTULO V

SITUACIÓN ACTUAL.

En el presente capítulo se muestran los aspectos referentes a la situación actual de la Confiabilidad del Sistema Gobernador de las Unidades Generadoras.

5.1 Situación Actual De Los Estudios de Confiabilidad del Sistema Gobernador Realizados en La Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda – Planta Caruachi - CORPOELEC

La Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda se encuentra ubicada en Caruachi - Estado Bolívar – Municipio Caroní, cuenta con una Casa de Máquinas que dispone de doce (12) Unidades Generadoras con turbinas tipo Kaplan y Generadores Síncronos tipo paraguas con una capacidad de 180 MW cada una, para una capacidad total instalada de 2160 MW.

Su ubicación es a más de 60 kilómetros aguas abajo del Embalse de Guri, y 25 kilómetros aguas arriba de la Represa Macagua, en las caudalosas aguas del río Caroní, al sur del país, le permite producir electricidad en armonía con el ambiente, a un costo razonable y con un significativo ahorro de petróleo.

La responsable de operar y mantener la Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda es la Gerencia de Planta Caruachi, la cual posee adscrita siete Coordinaciones entre ellas la Coordinación de Ingeniería de Planta cuyo objetivo general es integrar, consolidar y mejorar las prácticas de mantenimiento de los equipos, sistemas e instalaciones para la generación

de energía eléctrica asociados a la Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda, así como coordinar los procesos de gestión necesarios con las respectivas unidades involucradas de la Coordinación, mediante la incorporación de herramientas, metodologías y estándares que optimicen el ciclo de vida de los activos, para garantizar su máxima disponibilidad, asegurando o restableciendo su funcionamiento de acuerdo con los parámetros de calidad de servicio establecidos por CORPOELEC.

La Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda, dispone de un Macro Sistema de doce (12) Unidades Generadoras ubicado en la Casa de Maquinas estás a su vez están comprendidas por los sistemas Excitatriz, Turbina, Generador y Gobernador. Como es típico y normal en cualquier proceso productivo se presentan eventualmente tanto Fallas como Salidas de Emergencia las cuales son llamadas Salidas Forzadas así como las Paradas programadas por Mantenimiento de la Unidades Generadoras; las cuales proporcionan una parada temporal del sistema. Estas diferentes paradas son contabilizadas, estudiadas sus causas y el tiempo por el cual dejaron de estar en funcionamiento, estos datos son considerados para alimentar la base de datos y se apoya para obtener información de los registros de la desconexión (salidas) de las Unidades Generadoras que maneja la Coordinación de Operaciones y de la información del Sistema de Administración de Operaciones (SAO), que es una herramienta ofimática de vital utilidad desarrollada en la antigua operadora EDELCA y que es empleada para registrar todos los eventos tanto de mantenimiento como de operaciones asociados a todos los equipos, sistemas e instalaciones de la Central. Con esta información se hacen estudios de la Confiabilidad tomando en cuenta el Macro-Sistema Gobernador como un solo equipo conectado de análisis de modos y efectos de fallas.

5.2. Diagrama de Flujo Actual

A continuación se muestra la el diagrama de Flujo de la condición actual de los estudios estadísticos bajo la responsabilidad de la coordinación de Ingeniería de Planta en Planta Caruachi:

Actualmente dispone de un Macro Sistema de doce (12) Unidades Generadoras ubicado en la Casa de Maquinas estás a su vez están comprendidas por los sistemas Excitatriz, Turbina, Generador y Gobernador. Como es típico y normal en cualquier proceso productivo se presentan eventualmente tanto Fallas como Salidas de Emergencia las cuales son llamadas Salidas Forzadas así como las Paradas programadas por Mantenimiento de la Unidades Generadoras; las cuales proporcionan una parada temporal del sistema. Estas diferentes paradas son contabilizadas, estudiadas sus causas y el tiempo por el cual dejaron de estar en funcionamiento, estos datos son considerados para alimentar la base de datos y se apoya para obtener información de los registros de la desconexión (salidas) de las Unidades Generadoras que maneja la Coordinación de Operaciones y de la información del Sistema de Administración de Operaciones (SAO), que es una herramienta ofimática de vital utilidad desarrollada en la antigua operadora EDELCA y que es empleada para registrar todos los eventos tanto de mantenimiento como de operaciones asociados a todos los equipos, sistemas e instalaciones de la Central. Con esta información se hacen estudios de la Confiabilidad cabe destacar que se toma en cuenta para efectos de la medición de confiabilidad la unidad Generadora como un solo equipo sin ninguna desagregación ni interrelación de los Subsistemas que interactúan entre si dentro de la Unidad Generadora. (Ver Figura 5.1)

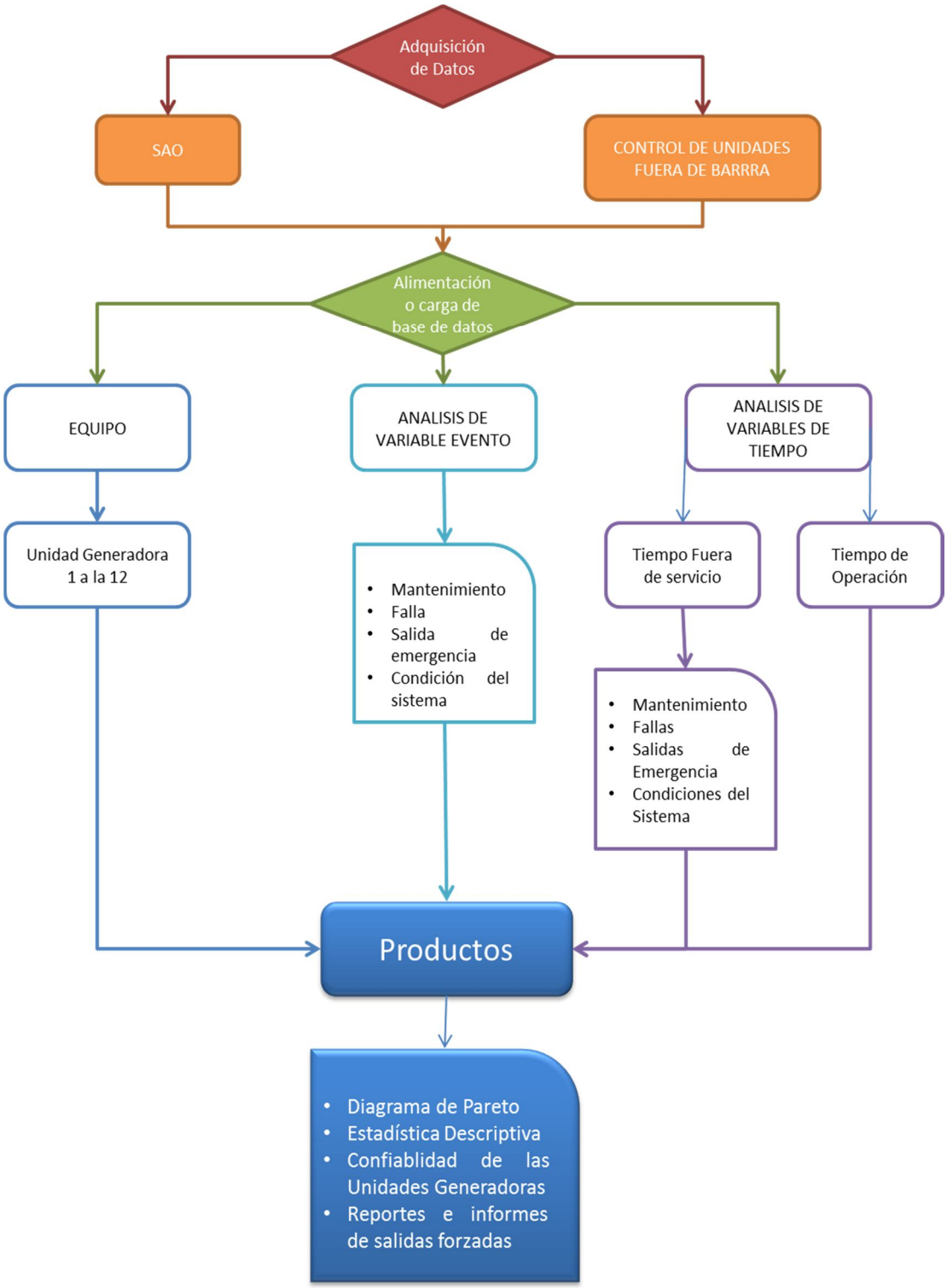


FIGURA N°5.1. Diagrama de Flujo (Actual).
Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO VI

ANÁLISIS Y RESULTADOS

Con la realización de este proyecto se han llevado a cabo todos los objetivos planteados en el capítulo I, obteniendo satisfactoriamente los resultados que se plantearan a continuación.

6.1. Evaluar las características técnicas y el funcionamiento del Sistema Gobernador.

Dentro de la Casa de Maquinas de Planta Caruachi El Gobernador está ubicado en la Elev. 50,05, en la Galería de Equipos Electromecánicos, específicamente en la entrada al pozo de la Turbina de las doce unidades de la Casa de Máquinas. A continuación se presentan los componentes del sistema Gobernador.

6.1.1. Componentes del Sistema Gobernador (Ver Figura 6.1)

- **Cubículo electrónico del Gobernador (CE):** Ubicado en elev. 57.05 msnm, conformado por el Gobernador Digital y el Sistema de Control Manual Independiente.
- **Unidad Hidráulica de Potencia (UHP):** Ubicado en la elev. 50.05 msnm, conformado por los equipos requeridos para el control y suministro de aceite a presión y para la distribución de aceite a los servomotores de las paletas y de los alabes.
- **Centro de Control de Motores (CMM):** Ubicado en elev. 50.05 próximo a la UHP, conformado por todos los equipos requeridos para el control y protección de motores.

- **Tanques de Presión de Aire-Aceite:** Provistos con todos los instrumentos y dispositivos requeridos para el control e indicación de presión y nivel de aceite, junto con válvulas con sus respectivos accesorios.
- **Compresores de Aire- Sistema de Aire Comprimido.**
- **Amortiguadores de Vibración:** Ubicados bajo los cubículos del gobernador, son usados básicamente para disminuir los efectos de vibración que puedan ocurrir en la galería.

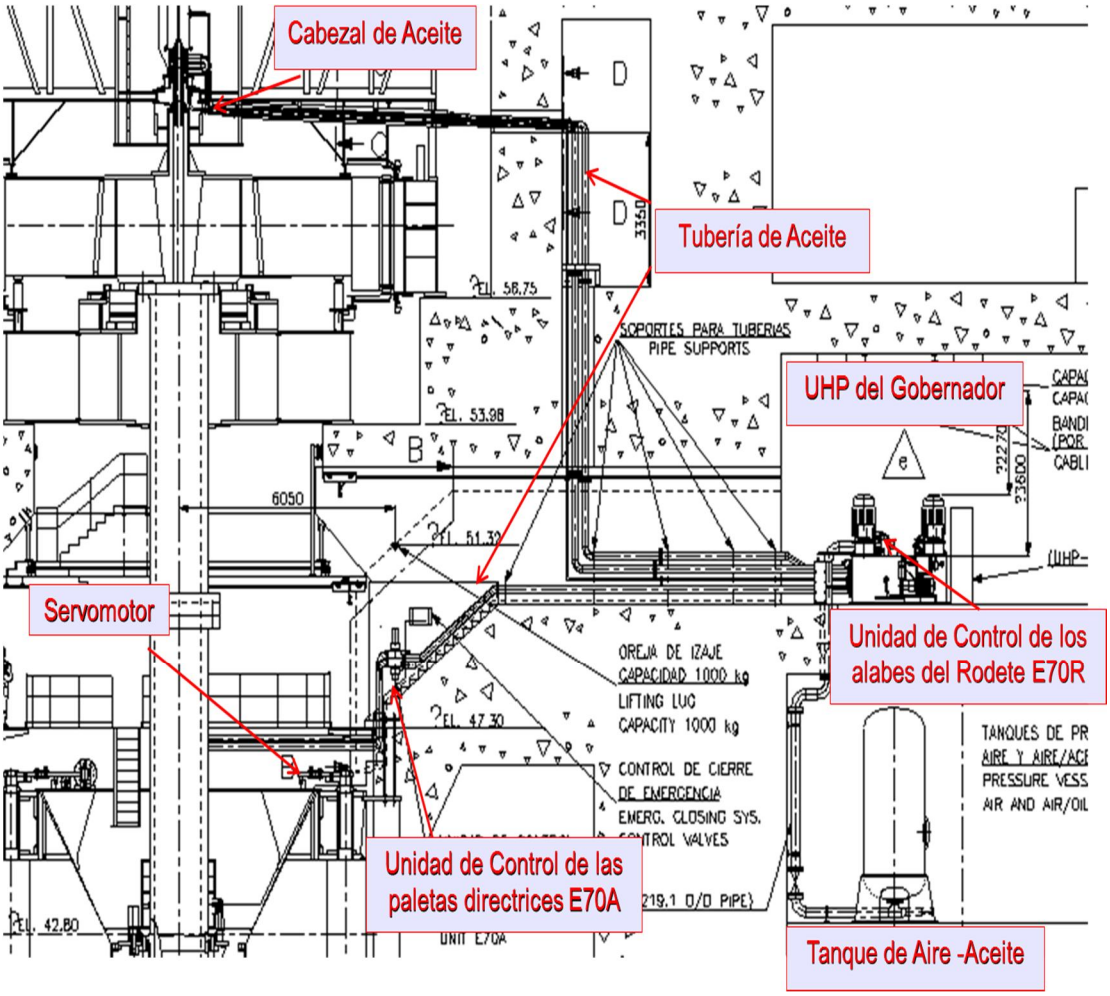


Figura N°6.1. Ubicación física del Sistema Gobernador.
Fuente: Presentación del Gobernador Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda.

6.1.2. Características Del Sistema Instalado.

Se presentan todas las características del Sistema Gobernador instalado en las doce (12) Unidades Generadoras de la Casa de Maquinas en de la Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda "Planta Caruachi" (Ver Tabla 6.1)

Tabla N°6.1. Características del sistema Instalado.
Fuente: Elaboración Propia

Características	Referencias
Estabilidad	o Las Oscilaciones de Velocidad, no debe ser mayor a 0,3 % de la V. nominal o Las Oscilaciones de Potencia, no deben ser mayores al 0,4% de la P. nominal.
Ajuste de Estabilidad.	o Se Logra mediante Sub-rutinas de Acción P-I-D. o Los valores de ganancia de cada sub-rutina son ajustables independientemente de acuerdo con los requerimientos básicos.
Características Dinámicas	o Después de un rechazo de carga Máx. el pico de velocidad mayor del 3% de V. Nominal, no deberá aparecer más de 2 veces.
Tiempo Muerto.	o No es mayor de 0,02 % Seg.
Banda Muerta del Control de Alabes	o No es ≤ 1% del Rango total de la señal de control para mover los alabes.
Señal de Velocidad	o Es Proporcional a la Velocidad del Eje. o No es afectada por ruidos electromagnéticos, se deberá transmitir la señal establemente a distancias de 500 mts. (Mín.)

Regulación de Velocidad	o Puede ajustarse con la unidad operando en un rango entre **0 y 10%.**
Banda Muerta de Velocidad	o Debe ser ≤ **0,02 % $V_{nominal}$** para cualquier apertura de las paletas.
Rango de Ajuste del Cambiador de Velocidad	o Debe permitir la Sincronización a un Rango desde 90% hasta 100% de la Velocidad Nominal, con Potencia Máxima de Salida y Regulación de Velocidad nominal por ajuste Manual o Automático. o El Cambiador debe poder ser ajustado por Control Remoto de manera tal que el tiempo mínimo requerido para para cambiar la Potencia de salida (0..$P_{máx.}$), pueda ajustarse entre 20 y 40 seg.

5.1.3. Funcionamiento del Sistema Gobernador.

El Gobernador cumple con las funciones de regulación de frecuencia, regulación de desviaciones de velocidad, limitación mecánica y eléctrica para la apertura de paletas directrices.

La función de regulación de la velocidad de la unidad la realiza tanto para el arranque, como cuando la unidad está girando a velocidad nominal pero sin carga. Además, la regulación por velocidad se da también cuando por cualquier causa se origina una falla que implica desconectar la unidad del sistema de potencia o cuando haya un aumento en la señal de frecuencia que requiera que se regule por velocidad y que la unidad continúe generando potencia activa. Controla y regula establemente la potencia de salida de la unidad para todas las potencias entre cero y el valor máximo inclusive, cuando la unidad opere normalmente conectada al sistema de potencia (con carga).Cuando la unidad se encuentra operando en vacío, el sistema de gobernación se coloca en modo de Velocidad.

Esta función se encarga de regular establemente la velocidad de la unidad para llevarla a su velocidad nominal.

Cuando la unidad arranca, el sistema de gobernación se encuentra en modo de regulación por velocidad hasta que se alcanza la velocidad nominal y se sincronice al sistema de potencia, cambiando al modo de regulación de potencia.

En este modo el gobernador mide la cantidad de potencia activa necesitada por el sistema y cambiando la posición de las paletas directrices de manera de que el generador suministre la potencia requerida aumentando la potencia mecánica que se genera cuando la fuerza del agua entra por las paletas directrices y hacer girar la unidad.

En este modo de regulación por potencia se debe tener en cuenta que la unidad debe seguir girando a la frecuencia del sistema debido al principio de funcionamiento de las maquinas sincrónicas, para sistemas de potencia fuertes.

En resumen el Gobernador se encargan dentro del proceso de Generación de Energía eléctrica de la:

- Regulación de Frecuencia.
- Regulación de Desviaciones de Velocidad.
- Limitación Mecánica y Eléctrica de apertura de paletas directrices.
- Optimización de ángulo de inclinación de los alabes, con relación a la caída y apertura de paletas directrices.
- Control y Limitación Hidro- Mecánica y eléctrica de Sobre-Velocidad.
- Detención de deslizamiento de la unidad.

Las funciones del gobernador son controladas por un microprocesador Digital con circuitos de estado sólido, los cuales deben mantener su precisión en todo el rango de operación.

6.1.4. Funciones de los Componentes del Sistema Gobernador.

6.1.4.1. Cubículo Electrónico del Gobernador – (CE)

Ubicado en elev. 57.05, conformado por un microprocesador y el Sistema de control Manual Independiente. (Ver Tabla 6.2) (Ver Figura 6.2)

Tabla N°6.2. Funciones del Cubículo Electrónico del Gobernador – (CE).
Fuente: Elaboración Propia

Funciones	Características
Funciones no controladas por (CE GOB):	o Limitación mecánica de la apertura de las paletas. o Detección de deslizamiento de la unidad. o Control hidromecánico y eléctrico de sobre-velocidad. o Control de las bombas de aceite.
Funciones controladas por el (CE - GOB)	**Modo Remoto:** o Permitir el arranque. o Permitir el control de la velocidad para la sincronización. o Permitir el control de la potencia de salida y la parada de la unidad. o Generar reporte del estado del gobernador al momento de alarmas y disparos.

Figura N°6.2. Cubículo Electrónico del Gobernador (CE-GOB).
Fuente: Elaboración Propia.

6.1.4.2. Unidad Hidráulica de Potencia – (UHP - GOB)

La Unidad Hidráulica de Potencia UHP está ubicada en la elevación 50.05. Está conformado por los equipos requeridos para el control y suministro de aceite a presión, para la distribución de aceite a presión y la distribución de aceite a los servomotores de las paletas y los alabes.

La función es suministrar y controlar el aceite a presión al sistema de Gobernación, distribuir el aceite por los servomotores de las paletas directrices y de los alabes del rodete.

- **Componentes de la UHP.**

Una unidad de control E70 (unidad de control electro hidráulica para el control de las paletas guías), que convierte y que magnifica la señal eléctrica

del gobernador a un flujo correspondiente del aceite a los servomotores de la paleta guía. (Ver Figura 6.3)

La unidad consiste en tres porciones principales:

- La E70 una válvula principal.
- El Bloque Múltiple de la Válvula piloto.
- La Válvula de arranque/ parada / de emergencia.

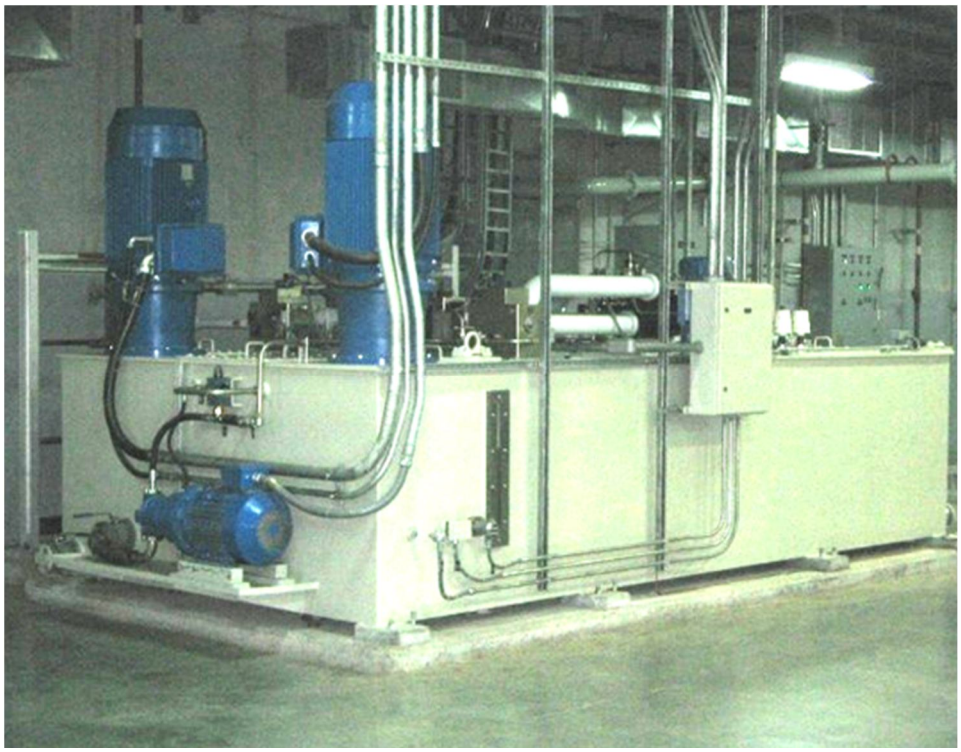


Figura N°6.3. Unidad Hidráulica de Potencia (UHP - GOB).
Fuente: Elaboración Propia.

6.1.4.3. Centro de Control de Motores – (CMM - GOB)

Ubicado en elev. 50.05 próximo a la UHP, conformado por todos los componentes eléctricos requeridos para el control y protección de los motores de las bombas del gobernador.

La función de este cubículo se encuentran ubicados todos los equipos y dispositivos de protección y control de los motores para: Bombas Principales BG1 – BG2, Bomba Reforzadora BRG, Bomba de enfriamiento de aceite BEG (Ver Figura 6.4). El control de las acciones de control es determinadas mediante lógica PLC. Las bombas se pueden seleccionar para ejecutarse en cualquiera de los modos siguientes:

- Bomba 1 (BRG): Continuamente con la turbina en servicio.
- Bomba 2 (BG–1): Stand – BY para la bomba 1 en control del interruptor de presión con la turbina en servicio y el mantendrá la presión de sistema en Stand – Still.
- Bomba 3 (BG-2): Reserva para la bomba 2 en caso que no puede arrancar dentro de un tiempo determinado

Figura N°6.4. Cubículo de Control de Motores del Gobernador (CCM - GOB).
Fuente: Elaboración Propia.

6.1.4.4 Interfaz Hombre-Máquina.

Permite observar el estado de las entradas y salidas configuradas en el programa asociado a las Bombas del sistema de Gobernación. Asignar valores de consigna mediante un menú sencillo y fácil de usar para el personal de mantenimiento y operaciones. (Ver Figura 6.5)

- **Señales de Relevante Importancia:**
  - Alimentación – Bombas y Motores.
  - Protecciones de los Motores.
  - Selección de Avece – BG1 – BG2.
  - Nivel Muy Bajo Tanque Sumidero – GOB 71TM1.
  - Temperatura Alta Aceite Tanque Sumidero – GOB TPTAI.
  - Presión de Paro – GOB 63T07.
  - Arranque Bomba Avance – GOB 63T04.
  - Arranque Bomba Reserva – GOB 63T03.

Figura N° 6.5. Interfaz Hombre - Máquina.
Fuente: Elaboración Propia.

6.2 Identificar las interrelaciones operativas en serie y en paralelo entre componentes del Sistema Gobernador.

Mediante una representación gráfica del Sistema Gobernador se ilustraron los equipos componentes del sistema. Este nos permite evaluar las contribuciones individuales de los componentes del sistema y de cada uno de sus Sub Sistemas que lo comprenden, llevando el sistema desde su forma macro donde se generaliza la relación de funciones que tiene un Sub Sistema con otro, hasta la mayor desagregación especifica de los equipos y elementos que posee pieza por pieza para que se cumpla el correcto funcionamiento.

La representación gráfica que se realizo fue mediante Diagramas de Bloques de Confiabilidad ya que muestra el efecto del funcionamiento de un componente tienen sobre el funcionamiento del sistema los cuales se identificaron en paralelo, serie y/o mixtos mediante la ayuda de un especialista, observación directa, revisión de planos, manuales de equipos, presentaciones de la Corporación y cualquier otra documentación que sirvió para llevar a cabo la identificación de las interrelaciones operativas.

Se logró obtener un Diagrama General del Sistema Gobernador y este a su vez fue compuesto principalmente en dos (2) grupos de diagramas como son:

1. Cubículo Electrónico del Gobernador (CE-GOB).
2. Unidad Hidráulica de Potencia del Gobernador

Fueron plasmados diecisiete (17) diagramas en un documento de Microsoft PowerPoint muy detallado y preciso (Ver Tabla 6.3). Se nombra cada uno de los Sistemas y/o Sub-Sistemas y su relación a groso modo con el Subsistema conformado.

Tabla N°6.3. Sistemas y Subsistemas del Gobernador.
Fuente: Elaboración Propia

Sistemas			
Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4
SISTEMA GOBERNADOR	FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO DEL GOBERNADOR	Sistema Hidráulico del Gobernador	Válvula Principal E70 A
			Bloque Distribuidor de Válvula Piloto
			Válvula Arranque/ Parada/ Paro de
		Unidad de Control Electro-Hidráulica Para Control de Los Alabes E70R	La E70R Válvula Principal
			Bloque de Válvulas Piloto
		Unidad Hidráulica de Potencia (UHP)	Sistema de Enfriamiento de Aceite de la UHP
			Sistema de Filtrado de Aceite Válvula Piloto.
			Bomba de Jockey para carga a los acumuladores de Presión.
			Bombas BG1 y BG2.
			Tanques de Presión de Aire
			Válvulas de Separación doble
	Cubículo Electrónico del Gobernador (CE-GOB)	Panel de Operación del CE-GOB	N/P
		Controlador Manual del CE-GOB	
		Controlador Automático del CE-GOB	N/P

A continuación se presentaran algunos diagramas elaborados por el autor donde se da muestra de lo detallado que fue la desagregación de los Sub-Sistemas que comprenden el Gobernador de las Unidades Generadoras Ubicadas en la Casa de Maquinas de la Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda de CORPOELEC. De acuerdo a los **Lineamientos de Seguridad de Información para Pasantes en CORPOELEC,** y la previa autorización del Tutor Industrial se mostraran cinco (5) Diagramas seleccionados de forma aleatoria así evidenciar el trabajo realizado ya que CORPOELEC se reserva el derecho de divulgar información clasificada como "Estrictamente Confidencial" y "Confidencial"

6.2.1 Diagrama del Sistema Gobernador.

Como se mencionó anteriormente, El gobernador es de tipo electro-hidráulico actúa conjuntamente la parte electrónica llamada Cubículo Electrónico del Gobernador (CE-GOB) y el de la parte Hidráulica del Gobernador (UHP-GOB), a continuación se muestra a grandes rasgos la interrelación entre los dos bloques definidos: (Ver Figura 6.6)

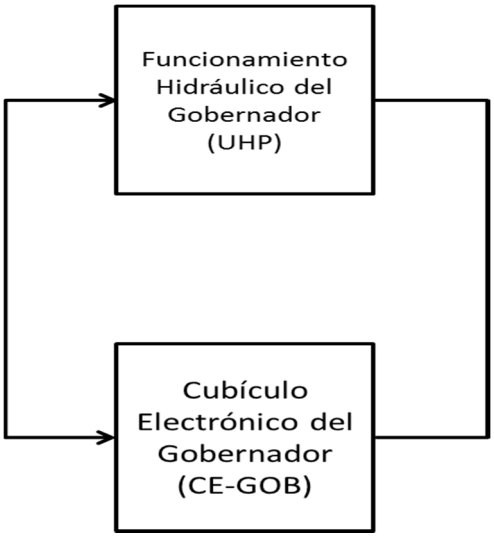


Figura N° 6.6. Diagrama del Sistema Gobernador.
Fuente: Elaboración Propia.

6.2.2. Diagrama del Funcionamiento Hidráulico del Gobernador.

Está conformado por los equipos requeridos para el control y suministro de aceite a presión, para la distribución de aceite a presión y la distribución de aceite a los servomotores de las paletas y los alabes. Su principal función es suministrar y controlar el aceite a presión al sistema de Gobernación, distribuir el aceite por los servomotores de las paletas directrices y de los álabes del rodete. (Ver Figura 6.7)

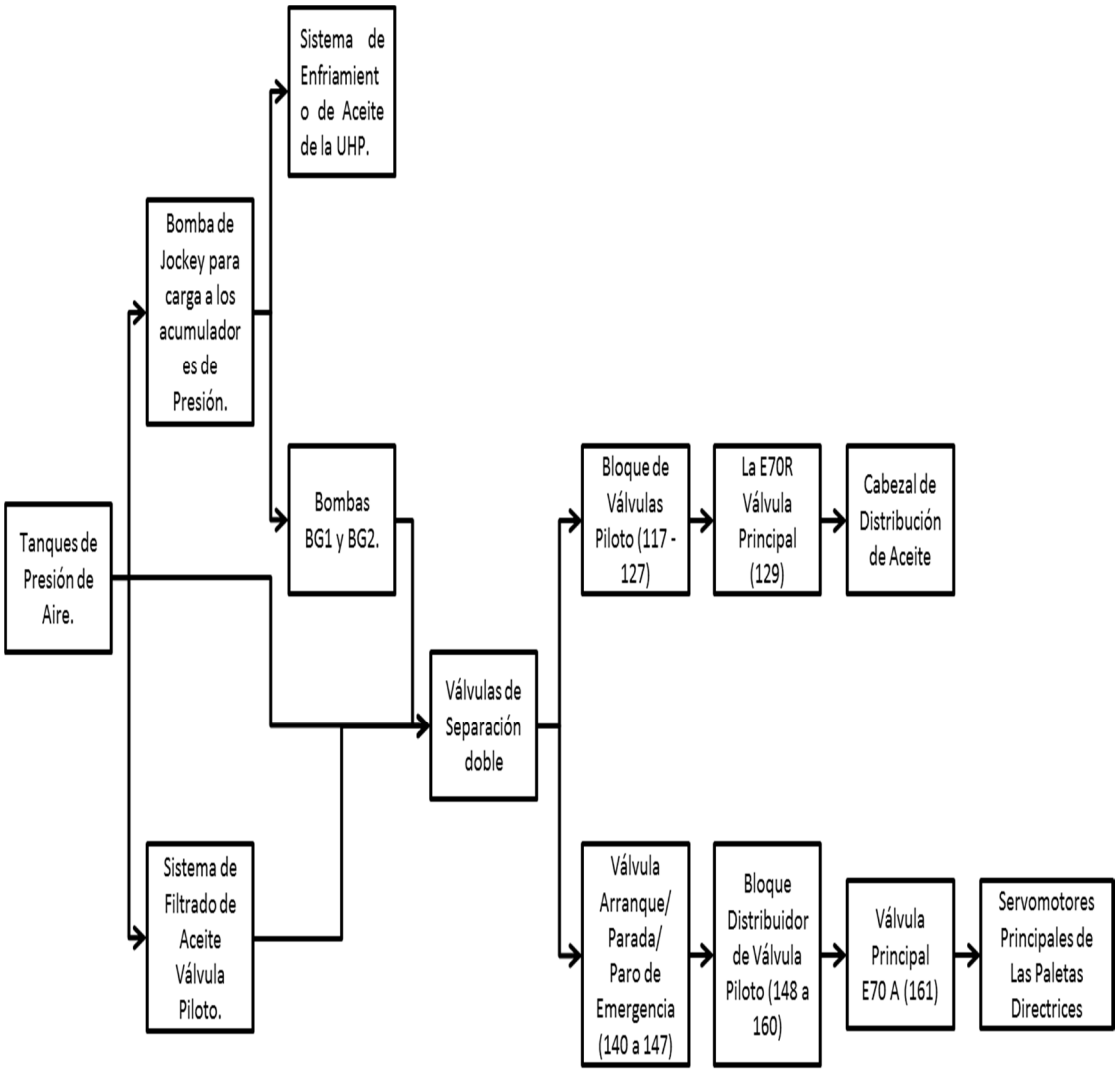


Figura N°6.7. Diagrama del Funcionamiento Hidráulico del Gobernador.
Fuente: Elaboración Propia.

6.2.3 Diagrama del Controlador Manual del CE-GOB.

El programa de arranque y parada de la unidad en el modo de operación manual verificara él envió de comandos desde la IHM y el cumplimiento de las condiciones prestablecidas. La violación de una o más condiciones no deberá impedir la ejecución de la secuencia. El arranque manual de la unidad deberá permitir su sincronización al sistema de potencia utilizando indistintamente el sincronizador automático o el sin cronoscopio. (Ver Figura 6.8)

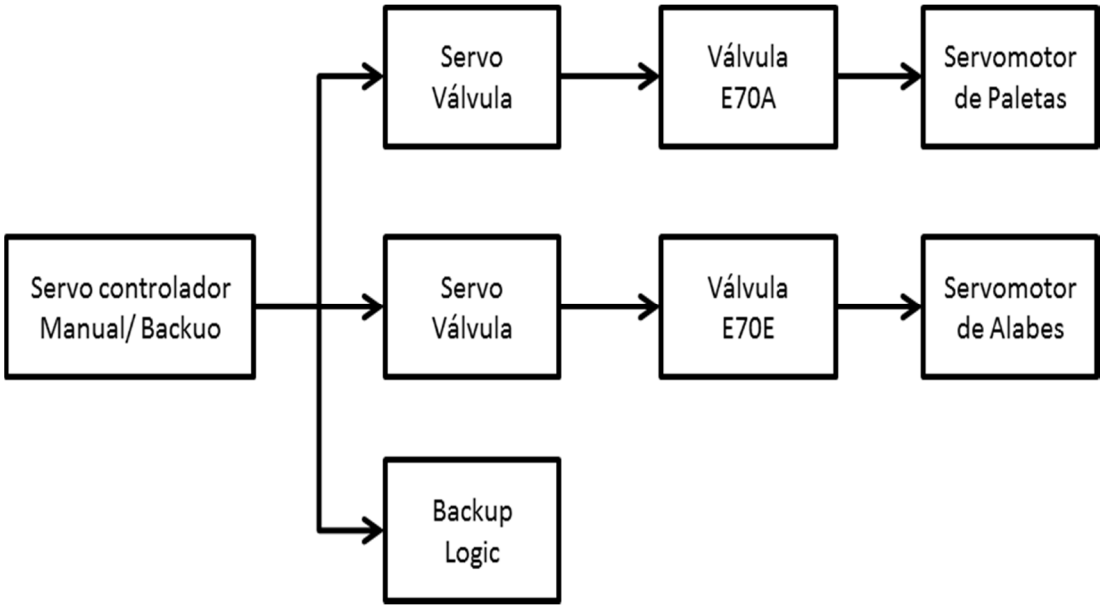


Figura N°6.8. Diagrama del Funcionamiento Hidráulico del Gobernador.
Fuente: Elaboración Propia.

6.2.4 Diagrama del Bloque de Válvulas Piloto.

El bloque de la válvula piloto opera la válvula principal estos consiste en válvulas montadas en bloque para operación automática y operación en respaldo.

La válvula automática/ respaldo (117) junto con las válvulas (118, 119, 121, 122, y 123, 124, 126, 127) son usadas por selección entre los dos

transductores electro- hidráulicos disponibles uno para automático (120) y uno para la operación de respaldo. (Ver Figura 6.9)

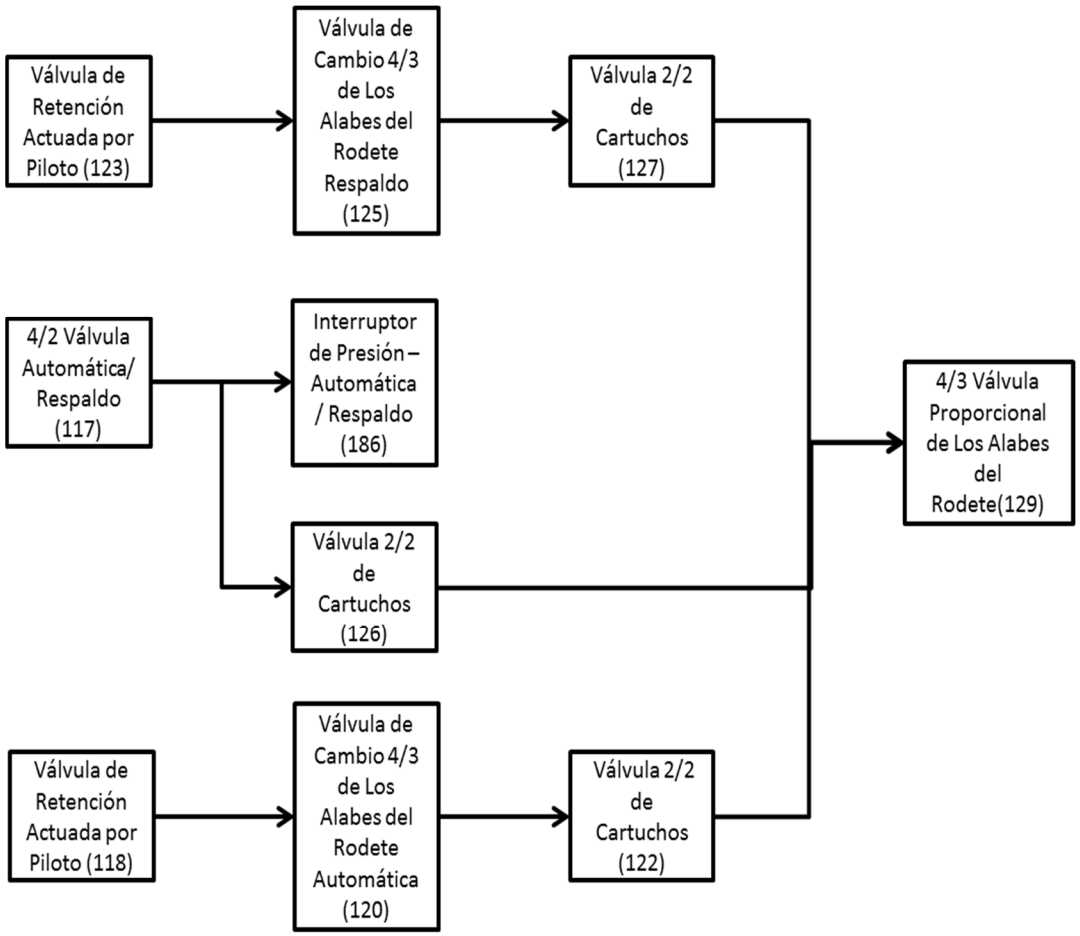


Figura N°6.9. Diagrama del Bloque de Válvulas Piloto.
Fuente: Elaboración Propia.

6.2.5 Diagrama de las Válvulas de Separación Doble.

Cierra la válvula que descarga cuando la presión sea baja, (estará energizado el interruptor de presión baja), el funcionamiento de la válvula de será basado en un transductor de presión junto con el PLC. Los niveles de la presión para la carga / descarga serán fijados en el software en 61 y 63 kg/cm, respectivamente. La válvula también se utiliza para abrir la válvula que descarga durante el comienzo para permitir que la bomba principal

prepare y alcance velocidad completa antes de que se cargue. La función de la válvula es vigilada por el interruptor de presión. (Ver Figura 5.10)

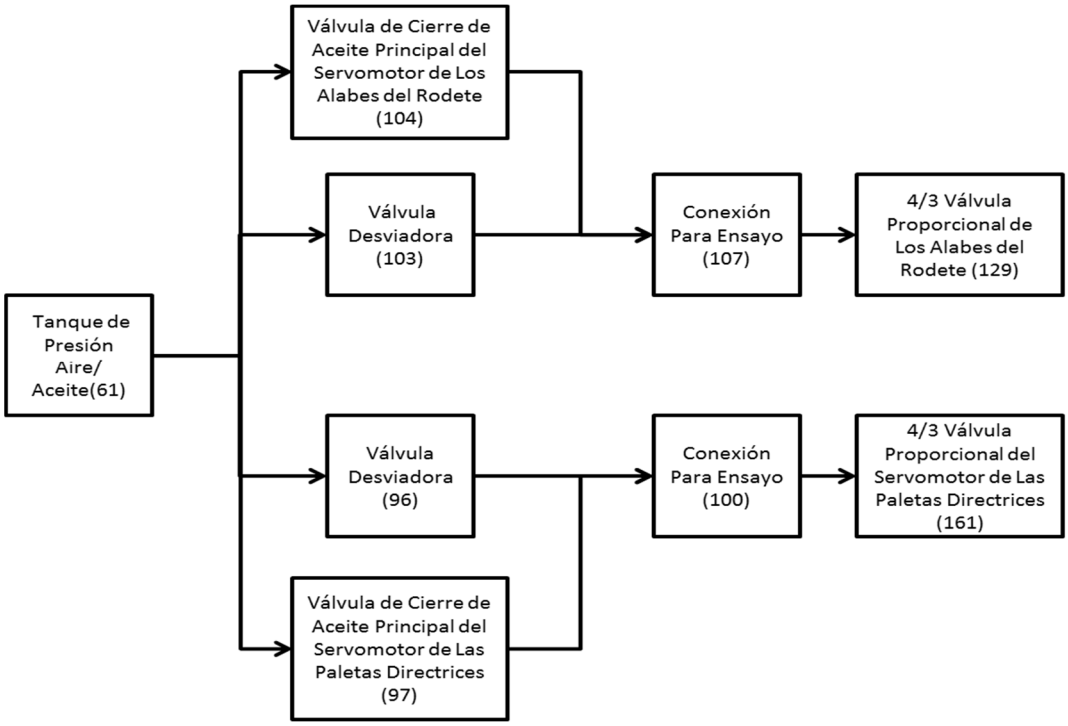


Figura N°6.10. Diagrama de las Válvulas de Separación Doble.
Fuente: Elaboración Propia.

6.3 Definir las confiabilidades por componentes del Sistema Gobernador.

Para especificar la confiabilidad por componentes del Sistema Gobernador se debe obtener mediante la introducción de valores de los parámetros de forma (β) y escala (η) de cada elemento componente de un Subsistema.

Para obtener los valores de confiabilidad deseados por cada componente R(t) se introdujeron los valores obtenidos de los parámetros de forma (β) y escala (η) que en e8ste caso son valores estándar adquiridos de tablas como se evidencian en los apéndices del presente Trabajo de Grado

adquiridos de Libros y de Internet algunos de los datos fueron sustituidos por valores de elementos de similar capacidad bajo previo concierto con el Tutor Industrial; para hacer uso de la distribución de Weibull ya que es la que más adaptable al estudio realizado (ver anexo A). En la siguiente figura se muestra valores estándar para un componente de un Sistema. (Ver Figura 6.11)

Válvula 2/2 de Cartuchos (126)	
β	η
1	100000
R(t)=	

Figura N°6.11. Recuadro de Confiabilidad de Válvula 2/2 de Cartuchos (126).
Fuente: Elaboración Propia.

Leyenda (Ver Tabla 6.4)

Tabla N° 6.4. Representación de Parámetros.
Fuente: Elaboración Propia

→	Forma (β)
→	Escala (η)

Luego de introducir los valores de los parámetros estándar se definió el tiempo de estudio (en horas), el tiempo tomado para esta Propuesta fue de 8 meses las cuales son 5844 horas, se tomó este tiempo en específico porque en cada Unidad Generadora el mantenimiento preventivo se realiza octomestralmente.

El cálculo fue realizado con la siguiente Formula de la confiabilidad de la distribución de Weibull:

$$\boldsymbol{R(t)} = \frac{\mathbf{1}}{\boldsymbol{e}^{(\frac{t}{\eta})\beta}}$$

Dónde: (Ver Tabla 6.5)

Tabla N° 6.5. Variables de Formula de Confiabilidad de la Distribución de Weibull.
Fuente: Elaboración Propia

Variable	Descripción
$\boldsymbol{R(t)}$	Confiabilidad en función del tiempo
$\boldsymbol{e}$	Función Exponencial
$\boldsymbol{t}$	Tiempo
$\boldsymbol{\eta}$	Escala (η)
$\boldsymbol{\beta}$	Forma (β)

Al introducir los datos correctos de cada Variable resulta de la siguiente manera

$$\boldsymbol{R(t)} = \frac{\mathbf{1}}{\boldsymbol{e}^{(\frac{5844}{100000})1}}$$

Obteniendo como resultado al R(t) de la Confiabilidad de Válvula 2/2 de Cartuchos (126):

$$\boldsymbol{R(t)} = \mathbf{0,94323483}$$

En términos porcentuales se aprecia que la Válvula 2/2 de Cartuchos (126) posee una confiabilidad del 94% en el Subsistema

La Propuesta del Modelo de Confiabilidad se estableció en formato digital de hojas de cálculo en Microsoft Exel que le servirá a la Coordinación

de Ingeniería de Planta. La formula al ser introducida en el recuadro de Exel queda de la siguiente manera:

=1/EXP((5844/G33)*F33)

Dónde: (Ver Tabla 6.6)

Tabla N°6.6. Variables de Formula de Confiabilidad de la Distribución de Weibull (MICROSOFT EXEL).
Fuente: Elaboración Propia

Variable	Descripción
EXP	Función Exponencial
G33	Es la ubicación del recuadro que en este caso es el parámetro de Escala (η)
F33	Es la ubicación del recuadro que en este caso es el parámetro de Forma (β)

Seguidamente se da muestra de cómo se presentó la confiabilidad de cada elemento con una captura de pantalla como muestra del trabajo realizado en las hojas de cálculo (ver figura 6.12). La flecha **verde** en la figura N°5.12 Señala el Parámetro de forma (β) y la Flecha **roja** en la misma figura señala el parámetro de Escala (η), se observa en la celda de función otros datos como número de horas flecha **azul** y la función exponencial con la flecha **naranja** todas estas variables son de vital importancia al momento de realizar el cálculo de Confiabilidad por elementos. Por los Lineamientos de Seguridad de Información para pasantes en CORPOELEC solo se consiguió revelar la Figura 5.12 bajo la previa autorización del Tutor Industrial por ser información clasificada como “Estrictamente Confidencial” y “Confidencial”.

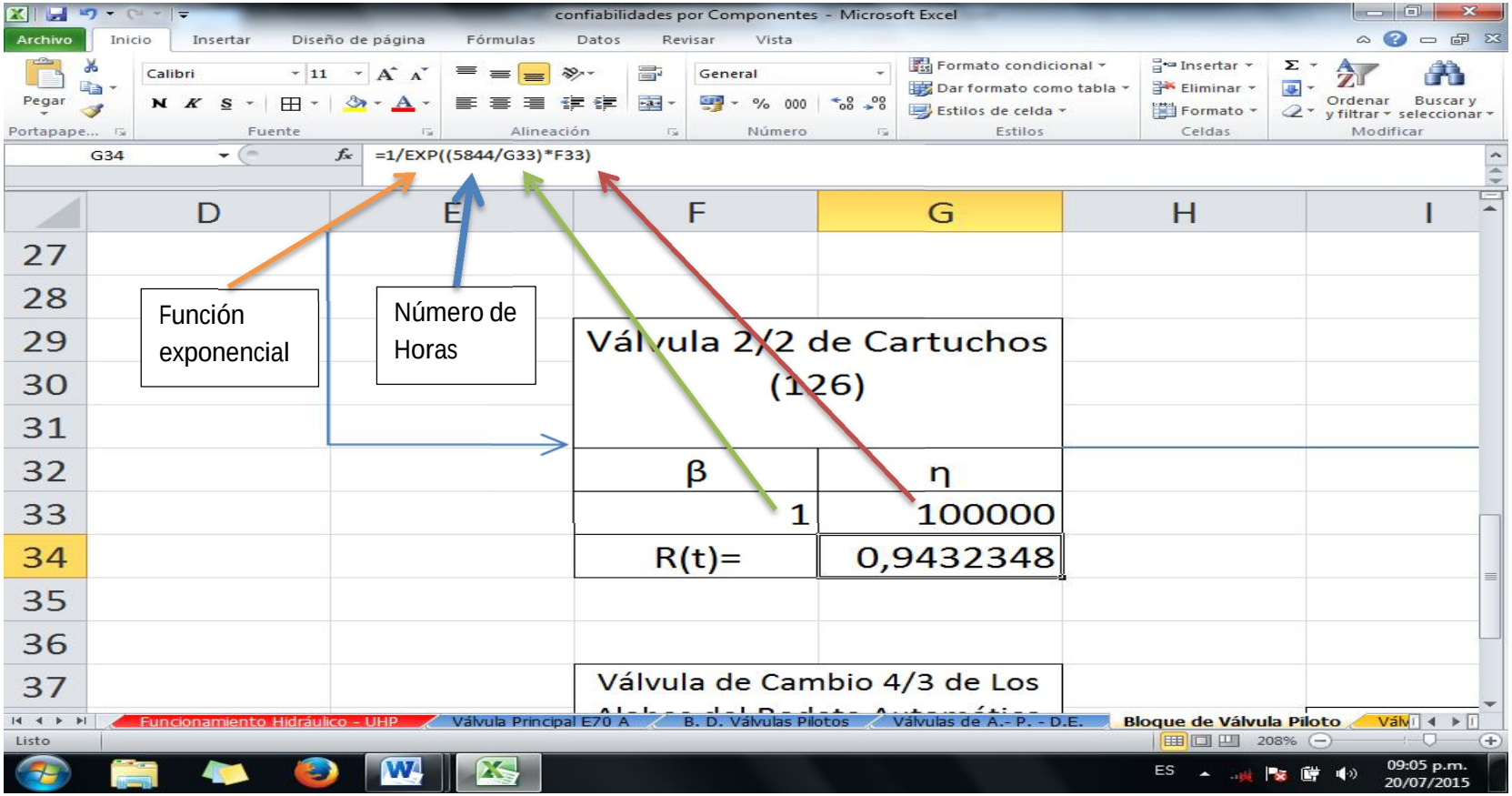


Figura N°6.12. Captura de Pantalla de la Confiabilidad de Válvula 2/2 de Cartuchos (126)(MICROSOFT EXEL). Fuente: Elaboración Propia.

6.4 Diseñar el Modelo de Confiabilidad del Sistema Gobernador.

El Modelo de Confiabilidad consiste en una red de componentes del Sistema Gobernador que se obtuvo mediante la introducción de valores de los parámetros de forma y escala de los sistemas indicados en serie y paralelo del Sistema Gobernador donde se obtuvo la Confiabilidad de cada Subsistema de modo especificado.

Una vez Identificado las interrelaciones operativas realizadas en el Objetivo número 2 del presente trabajo en el cual se adquirió el conocimiento de todos los Sub sistemas, componentes involucrados y las conexiones en serie y/o paralelo y posteriormente, obtenidos los valores de confiabilidad de cada componente de cada Subsistemas del Sistema Gobernador explicado en el objetivo número 3 del Presente trabajo, se llevó a cabo la construcción el Diseño del Modelo de Confiabilidad en el cual fueron hechos diecisiete (17) hojas de cálculo en un documento de Microsoft Exel muy detallado y preciso en la Tabla N 6.3 se nombra cada uno de los Sistemas y/o Sub-Sistemas realizados de la manera siguiente:

Nota: De acuerdo a los Lineamientos de Seguridad de la Información para Pasantes en CORPOELEC se reserva el resguardo, custodia y manejo de la información “Estrictamente Confidencial” y “Confidencial”; se autorizó en acuerdo con el tutor industrial mostrar dos Subsistemas seleccionados aleatoriamente para evidenciar la labor realizada en la Corporación.

6.4.1 Modelo de confiabilidad del Sistema Gobernador.

El Sistema Gobernador quedo establecido de la manera siguiente: (Ver Figura 6.13)

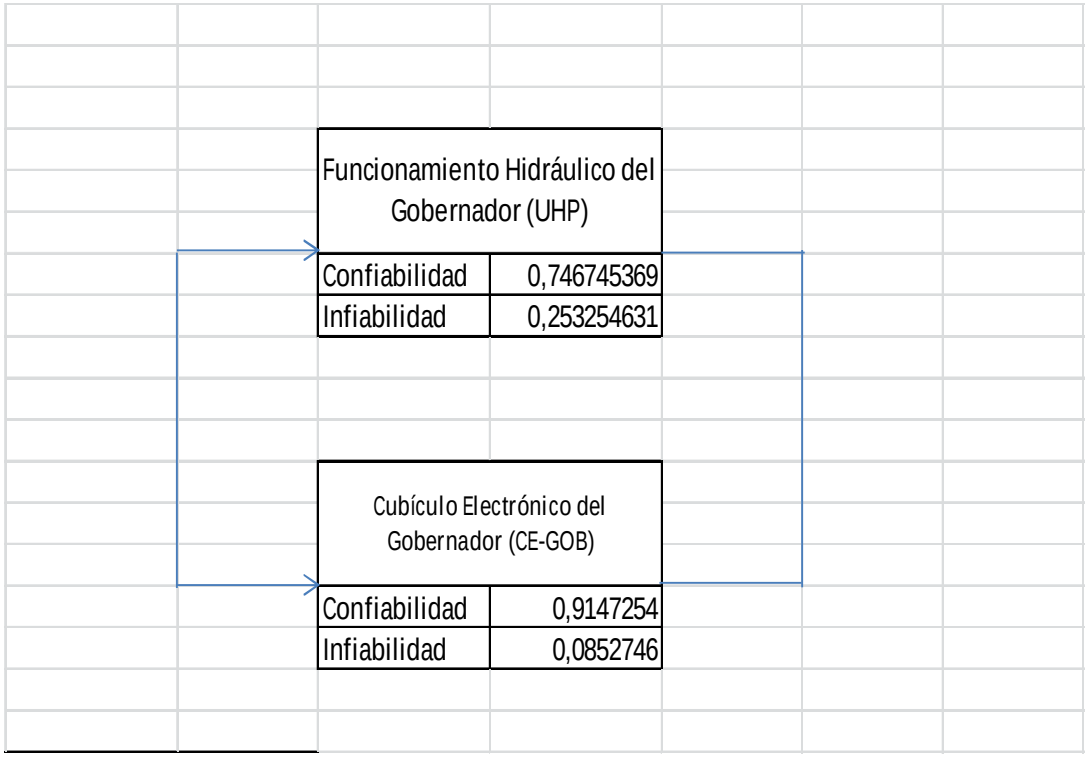


Figura N°6.13. Conexión del Sistema Gobernador (MICROSOFT EXEL).
Fuente: Elaboración Propia.

Cada celda de cada Subsistema está relacionada a la hoja de cálculo de su respectivo Subsistema arrojando el valor de la confiabilidad de dicho Subsistema la cual estará en la parte superior derecha de la hoja de cálculo del Sistema Gobernador para obtener un valor de confiabilidad Total del Sistema.

La ecuación para el cálculo de la confiabilidad del Sistema Gobernador fue la siguiente:

=1-(1-H14)*(1-H22)

Dónde: (Ver Tabla 6.7)

Tabla N°6.7. Variables de Formula de Confiabilidad del Sistema Gobernador
Fuente: Elaboración Propia

Variable	Descripción
H14	Confiabilidad del Funcionamiento Hidráulico del Gobernador (UHP)
H22	Confiabilidad del Cubículo Electrónico del Gobernador (CE-GOB)

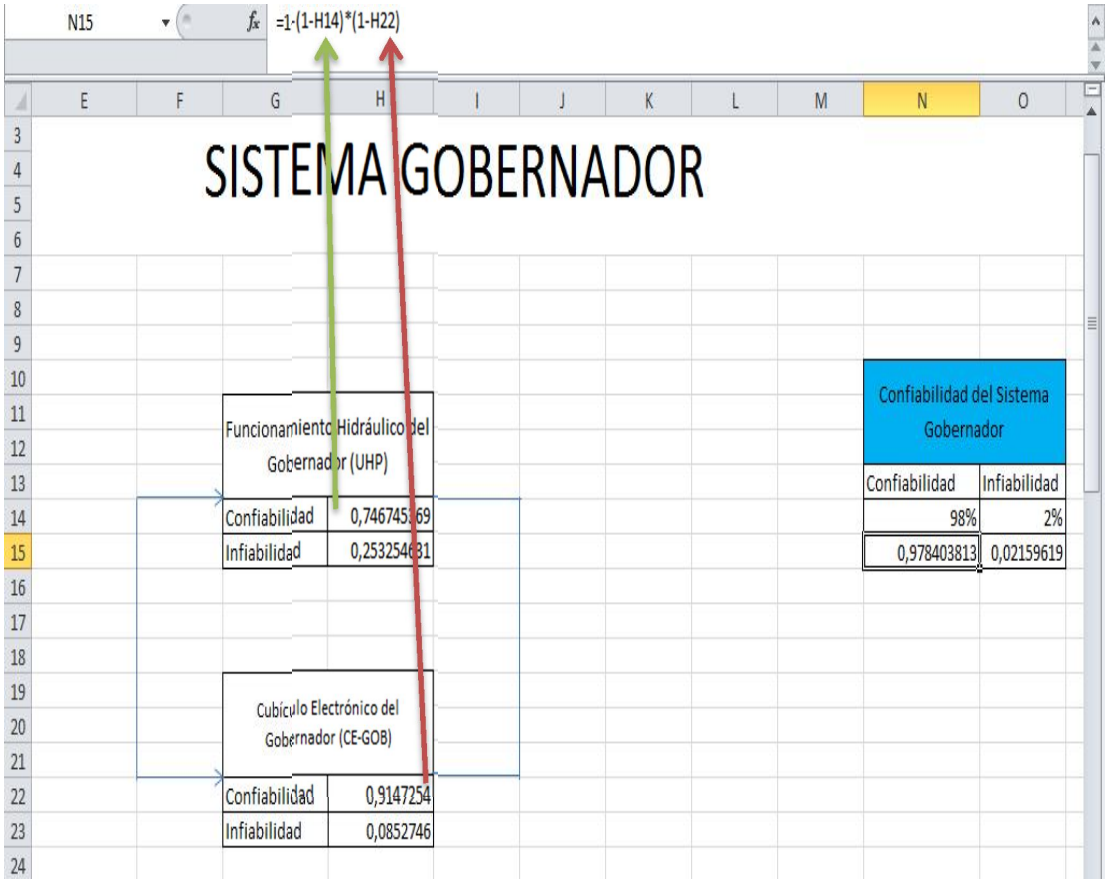


Figura N°6.14. Captura de pantalla del Sistema Gobernador (MICROSOFT EXEL).
Fuente: Elaboración Propia.

Se logra observar que el Sistema gobernador se encuentra interconectado en paralelo y los datos para obtener el valor de la confiabilidad Total se obtuvo la confiabilidad de los Subsistemas que interactúan estos en este caso Funcionamiento Hidráulico del Gobernador (UHP) **(Flecha verde)** y Cubículo Electrónico del Gobernador (CE-GOB) **(Flecha Roja)**. (Ver Figura 6.14)

La infiabilidad se obtiene de la resta algebraica de “1” que es el valor de confiabilidad al 100% y el valor de confiabilidad obtenido con la formula. El valor de infiabilidad representa la estimación de que el sistema resulte no confiable bajo las condiciones dadas. En la Figura 6.15 se observa en la celda de función que la celda N15 **(Flecha azul)** es restada del valor de 1 en la siguiente formula:

=1-N15

A continuación se demuestra como fue obtenido el valor de infiabilidad: (Ver Figura 6.15)

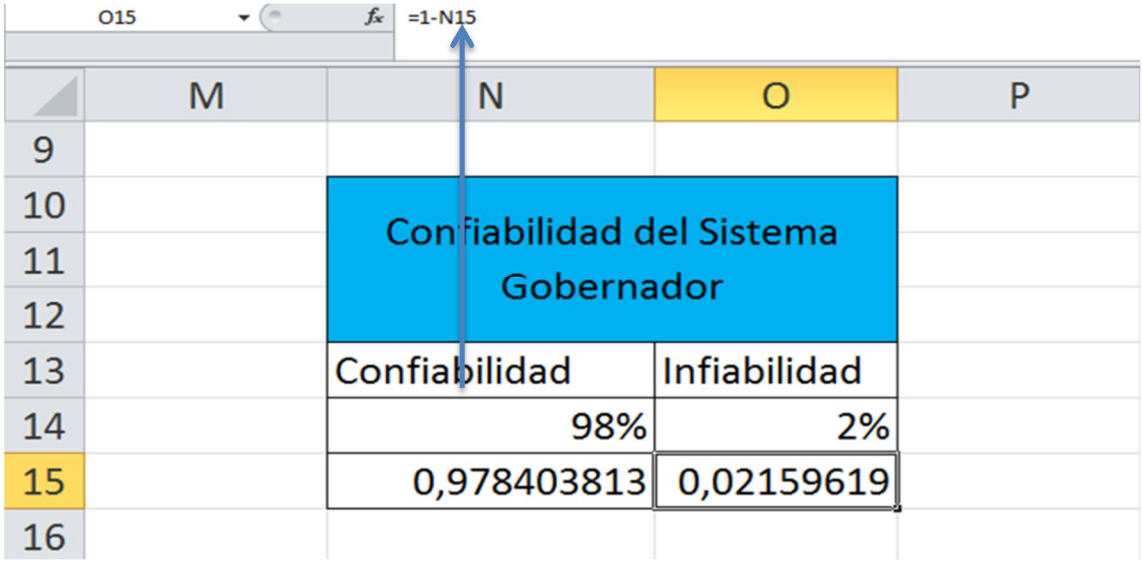


Figura N°6.15. Infiabilidad del Sistema Gobernador (MICROSOFT EXEL).
Fuente: Elaboración Propia.

6.4.1.1. Análisis del Modelo de Confiabilidad del Sistema Gobernador.

Interpretando la Gráfico 6.1 (Ver Gráfico 6.1) se puede observar que el Sistema Gobernador en el tiempo de estudio establecido posee una confiabilidad de 98% y una infiabilidad de 2%. (Ver Tabla 6.8)

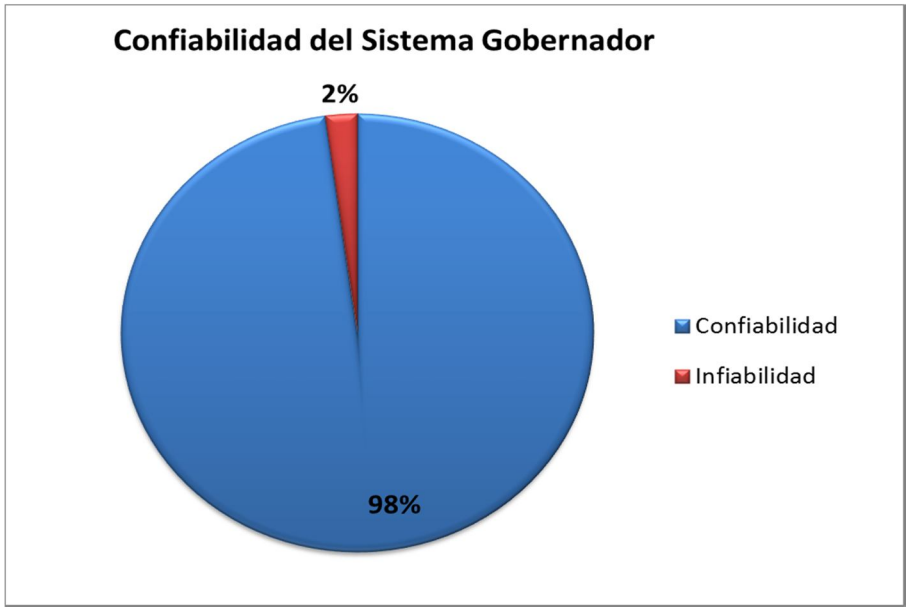


Gráfico N°6.1. Diagrama Circular de la confiabilidad del Sistema Gobernador.
Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°6.8. Confiabilidad de los Subsistemas del Sistema Gobernador
Fuente: Elaboración Propia

Confiabilidad de Cada Sub- Sistema		
Sub-Sistemas	Confiabilidad	Infiabilidad
Funcionamiento Hidráulico del Gobernador (UHP)	75%	25%
Cubículo Electrónico del Gobernador (CE-GOB)	91%	9%

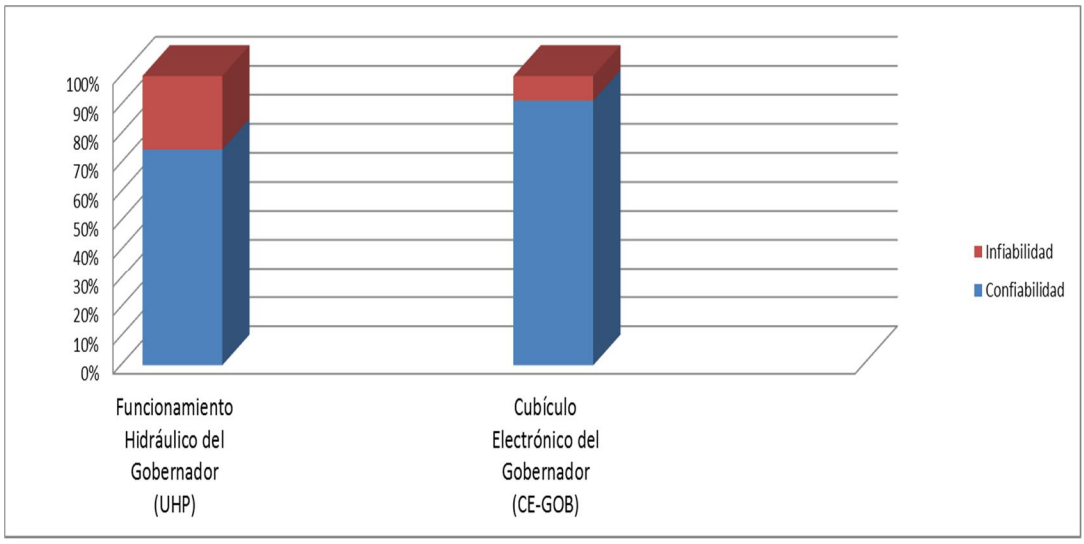


Gráfico N°6.2. Diagrama de Barras apiladas del Sistema Gobernador.
Fuente: Elaboración Propia.

Interpretando el Gráfico 6.2 (Ver Gráfico 6.2) se puede observar que el Subsistema que posee mayor confiabilidad es el Cubiculo Electronico del Gobernador (CE-GOB) con 91% un Subsistema muy confiable y el Funcionamiento Hidraulico del Gobernador (UHP) con 75% la cual también es un Subsistema con una buena confiabilidad posee Subsistemas de Baja confiabilidad que en las interrelaciones internas de la UHP hacen que este baje su valor de confiabilidad total.

Es por ello que mediante los valores arrojados se decidio realizar un análisis detallado de cada Subsistema para hallar los componentes que poseen baja confiabilidad que conllevan a que el sub SubSistema posea valores en alerta o critico según sea el caso.

6.4.2 Modelo de Confiabilidad de la Válvula de Separación Doble (Ver Figura 6.16)

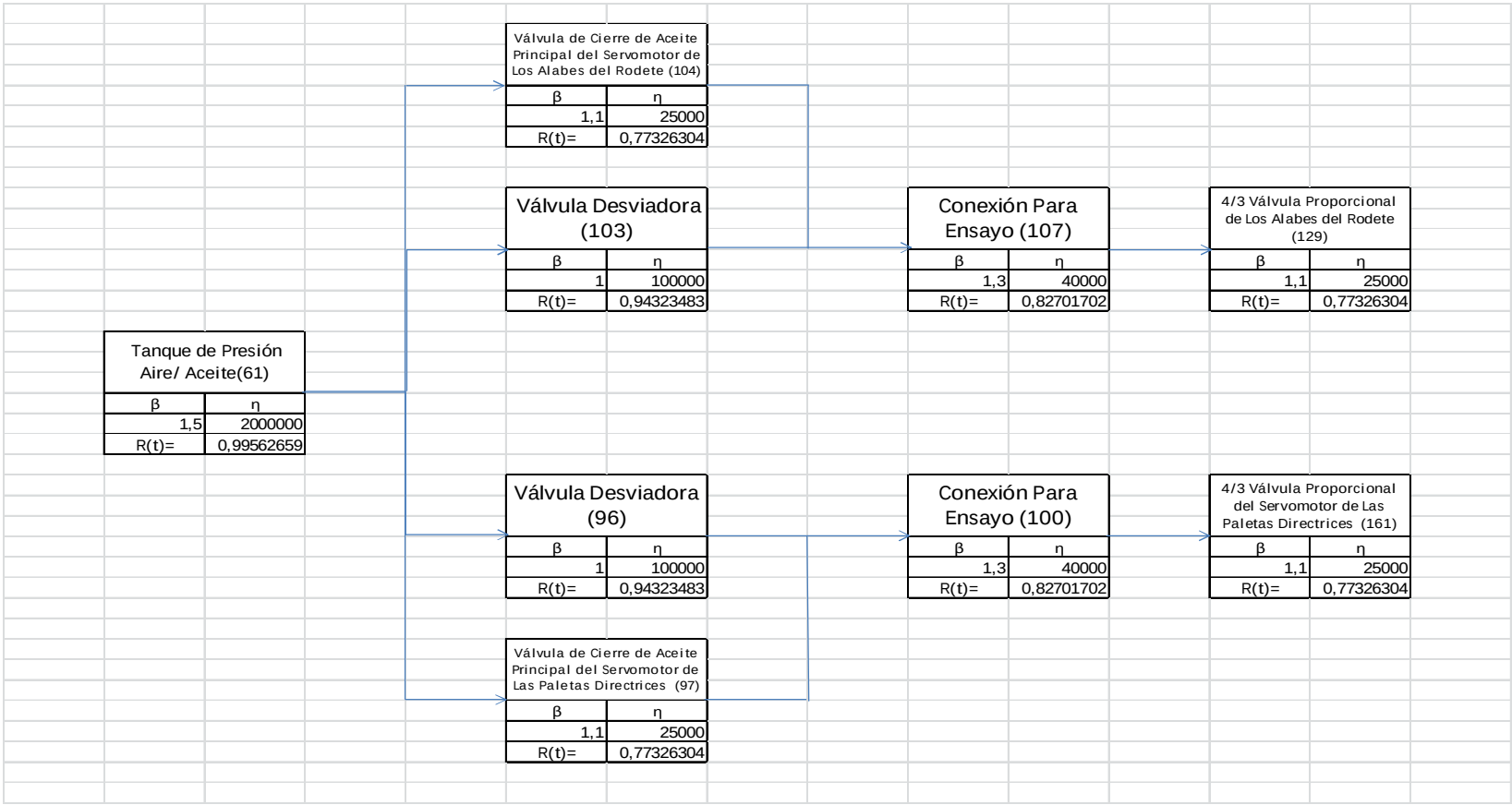


Figura N°6.16. Modelo de Confiabilidad de la Válvula de Separación Doble (MICROSOFT EXEL).
Fuente: Elaboración Propia.

Resolviendo el Sistema queda de la siguiente manera:

=C29*(1-(((1-G14)*(1-G22))*K22*N22)*(((1-G44)*(1-G36))*K36*N36))

Dónde: (Ver Tabla 6.9)

Tabla N°6.9. Variables de Formula de Confiabilidad de la Válvulas de Separación Doble
Fuente: Elaboración Propia

Variable	Descripción
C29	Confiabilidad del Tanque de Presión Aire/ Aceite (61)
G14	Confiabilidad de la Válvula de Cierre de Aceite Principal del Servomotor de Los Alabes del Rodete (104)
G22	Confiabilidad de la Válvula Desviadora (103)
K22	Confiabilidad de la Conexión Para Ensayo (107)
N22	Confiabilidad de 4/3 Válvula Proporcional de Los Alabes del Rodete (129)
G44	Confiabilidad de la Válvula de Cierre de Aceite Principal del Servomotor de Las Paletas Directrices (97)
G36	Confiabilidad de la Válvula Desviadora (96)
K36	Confiabilidad de la Conexión Para Ensayo (100)
N36	Confiabilidad de 4/3 Válvula Proporcional del Servomotor de Las Paletas Directrices (161)

Se logró observar que el Subsistema Válvulas de Separación Doble se encuentra interconectado en forma mixta y los datos para obtener el valor de la confiabilidad Total se obtuvieron de la confiabilidad de cada uno de los elementos que interactúan obteniendo una confiabilidad del Subssistema de 99,6%. Como se evidencia a continuación: (Ver Figura 6.17)

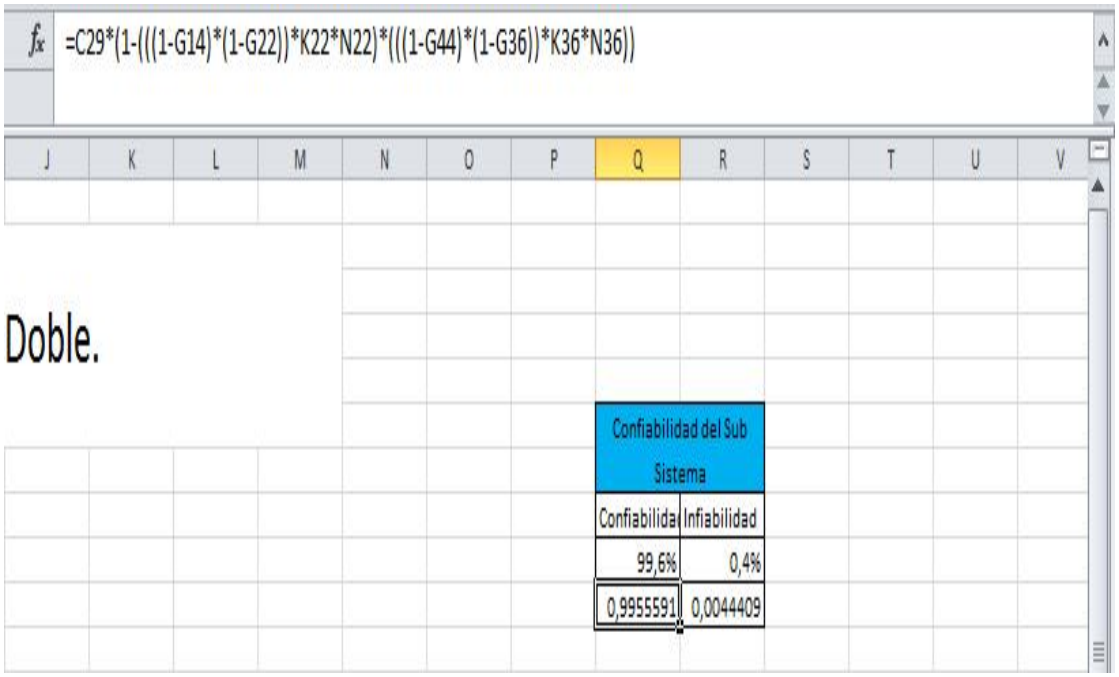


Figura N°6.17. Confiabilidad del SubSistema Válvulas de Separación Doble (MICROSOFT EXEL).

Fuente: Elaboración Propia.

6.4.2.1. Análisis del Modelo de Confiabilidad del Subsistema Válvulas de Separación Doble.

Interpretando los Gráficos 6.3 y 6.4 (Ver Gráfico 6.3) (Ver Gráfico 6.4) se puede observar que el Subsistema Válvulas de Separación Doble que actúa en el Subsistema Funcionamiento Hidráulico del Gobernador en el tiempo de estudio establecido posee una confiabilidad de 99,6% lo cual es un

excelente valor ya que deja en evidencia lo confiable que es el Subsistema y una infiabilidad de 0,4%.

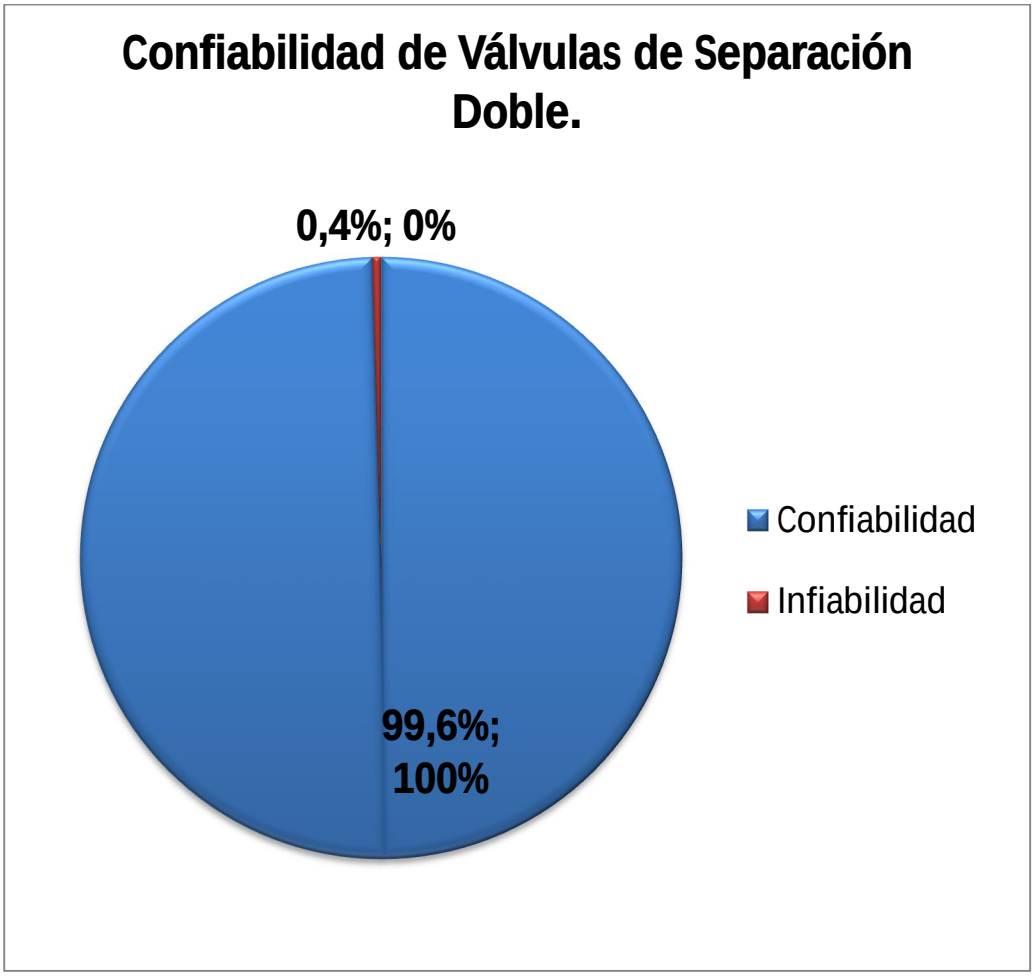


Gráfico N°6.3. Diagrama Circular de la confiabilidad del Subsistema Válvulas de Separación Doble.
Fuente: Elaboración Propia.

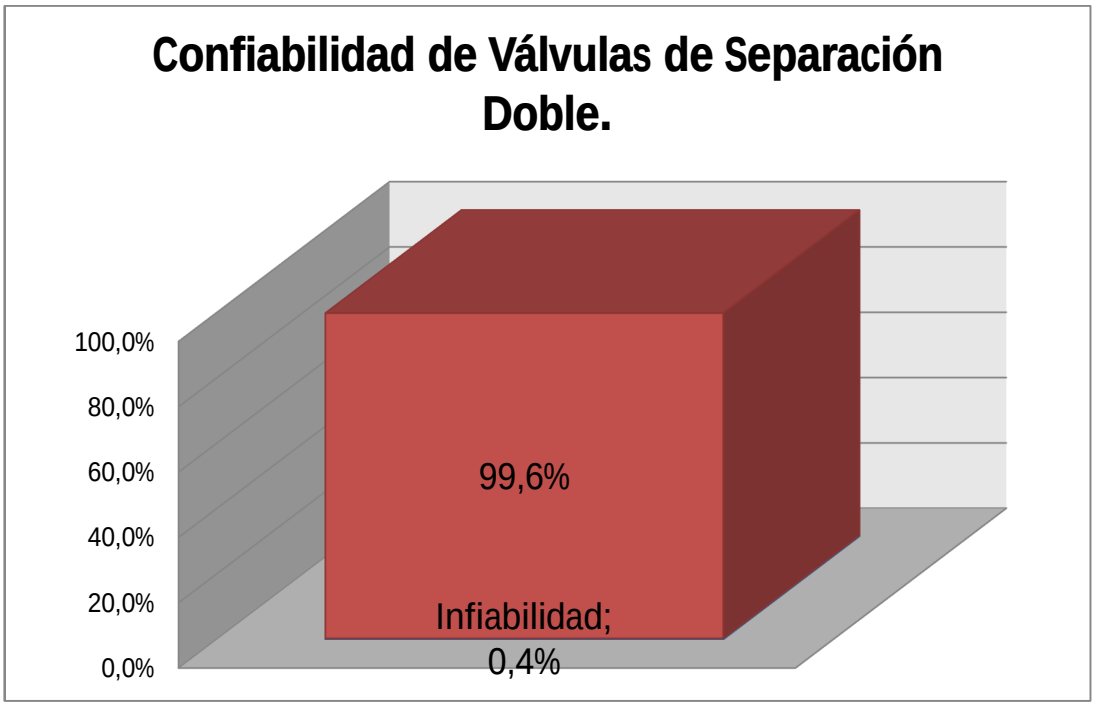


Gráfico N°6.4. Diagrama de Barras Apiladas del Subsistema Válvulas de Separación Doble.
Fuente: Elaboración Propia.

6.5. Evaluar el Impacto del Diseño del Modelo de Confiabilidad del Sistema Gobernador en las actividades de la Coordinación de Ingeniería de Planta.

Durante la construcción del Modelo de Confiabilidad del Sistema Gobernador se contó con la ayuda del personal capacitado el conocimiento del Sistema Gobernador de la Coordinación de Ingeniería de Planta de Planta Caruachi. Con el fin de identificar todas las conexiones y refrescar la capacitación y el entendimiento de la actuación de algunos equipos interconectado. Se realizaron distintas pruebas con respecto a los tiempos de estudios al momento de utilizar el Modelo de Confiabilidad con la distribución de Weibull con el fin de determinar la habilidad que tiene el modelo para representar la realidad del proceso del Sistema Gobernador.

Se evaluó el impacto del Diseño del Modelo de confiabilidad en las acciones de la coordinación de Ingeniería de Planta con algunos de los métodos y/o herramientas usados y aplicados a la Ingeniería Industrial con el fin de ofrecer una mejora a las actividades, estudios estadísticos; informes y productos que tiene a su cargo la coordinación; también servir como base de datos para la comparación con los valores reales obtenidos en la pruebas y buscar asemejar al valor teórico obtenido.

6.5.1 Diagrama de Ishikawa.

Para poder observar mejor las razones por las cuales se realizó una Propuesta de un Modelo de Confiabilidad del Sistema Gobernador, utilizaremos el método de análisis de fallas de diagrama de Ishikawa.

Como se puede observar en la Fig.6.18 (Ver Figura 6.18) se puede decir que las causas más factibles que esté produciendo que se lleve a cabo esta Propuesta como problema en la Coordinación de Ingeniería de Planta es, Asegurar la vida útil del Sistema a su vez Identificando los Equipos y Sistemas Críticos los cuales bajan la confiabilidad de las Unidades Generadoras si estos son monitoreados y controlados preventivamente Maximizaran a su vez la Disponibilidad de las Unidades Generadoras cumpliendo con las expectativas de producción propuestas manteniendo el sistema eléctrico acorde con la demanda Energética.

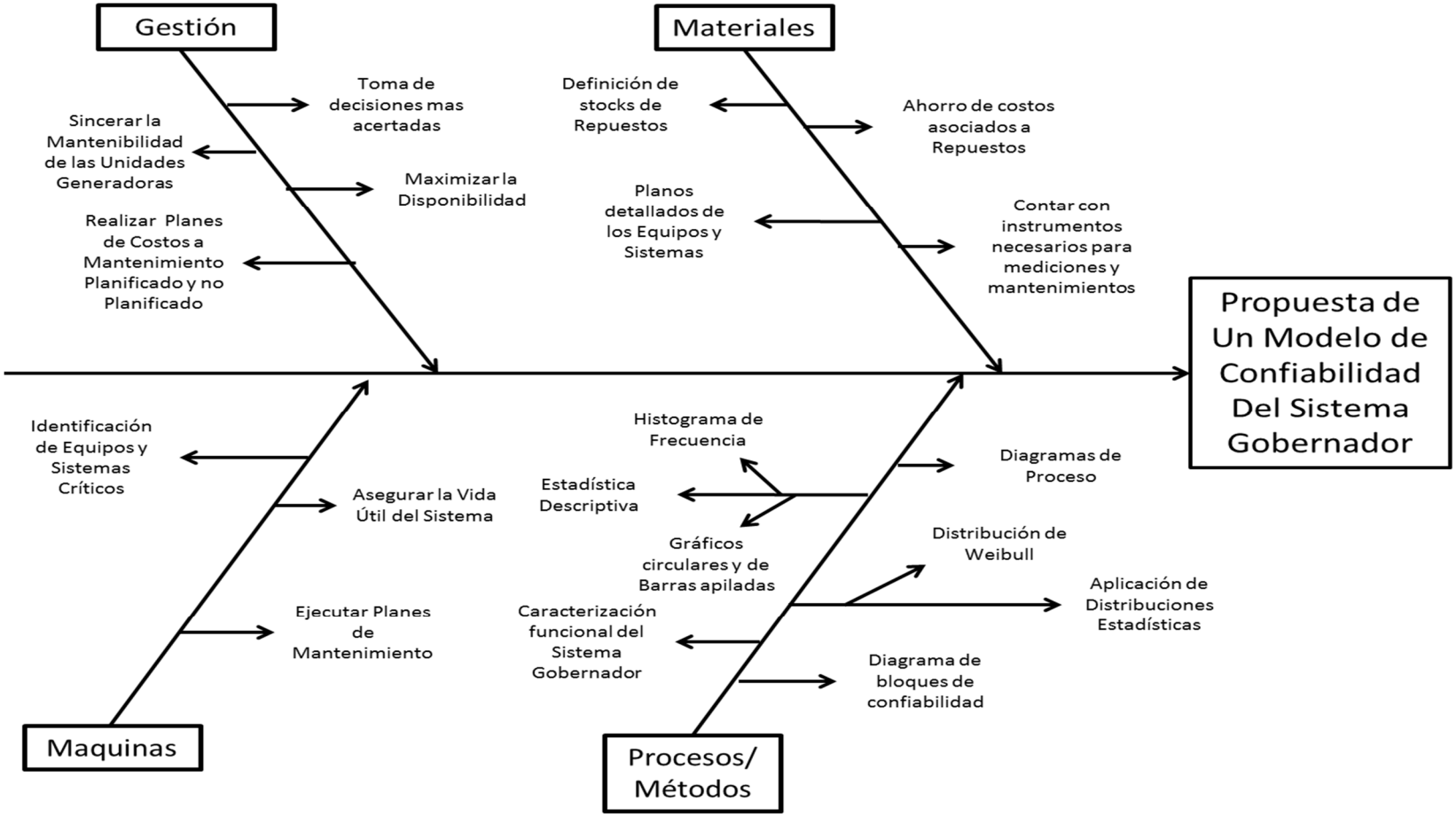


Figura N°6.18. Diagrama Ishikawa.
Fuente: Elaboración Propia.

6.5.1.1 Análisis del Diagrama Ishikawa

- **Gestión.**

El departamento de Ingeniería de Planta toma decisiones acertadas en cuanto a la realización de Planes de costos de Mantenimiento planificados (Paradas por Mantenimiento) y No Planificadas (Salidas Forzadas, Condiciones del Sistema) Sincerando la Mantenibilidad lo cual es de vital importancia ya que se registra los tiempos de operación de las Unidades Maximizando la Disponibilidad del Sistema Gobernador.

- **Materiales.**

La definición de Stock de repuestos se obtuvo mediante el estudio de planos del fabricante proporcionados a la empresa con la adquisición de cada equipo y Subsistemas interrelacionados al Gobernador; dichos repuestos se tienen en inventario a la hora de cualquier variable de evento (Mantenimiento, Falla, Salida Forzada, Condición del Sistema) que ocurra para los cuales también se cuenta con los instrumentos necesarios para realizar mediciones y mantenimientos necesarios en los que se cuenta con los Equipos de Protección Personal que se necesitan en la interacción con los equipos y Sistemas.

- **Maquinas.**

El Sistema Gobernador posee Sub Sistemas interrelacionados los cuales fueron identificados según su correcto funcionamiento para así detectar los equipos críticos que sean propensos a fallar y hacer que el Sistema no funcione regularmente lo cual significaría una Parada Forzada de la Unidad Generadora, se ejecutan Planes de Mantenimiento que son llevados a cabo de acuerdo al cronograma y con esto monitorear el Sistema asegurando su Vida Útil.

- **Procesos/ Métodos.**

La Estadística descriptiva Sirvió de Gran ayuda al momento de Diseñar el Modelo de Confiabilidad ya que se usaron herramientas en la aplicación de Distribuciones Estadísticas como la Distribución de Weibull para obtener datos de cada elemento que conforma el Sistema Gobernador representado en Diagramas Funcionales los cual llevara a Proponer un nuevo Diagrama de Procesos que optimice y ayude en los procesos y productos realizados por la Coordinación de Ingeniería de Planta.

El diagrama Ishikawa fue una Técnica para ordenar, de forma muy concreta todas las causas que contribuyeron a la realización de la Propuesta del Modelo de Confiabilidad del Gobernador. Nos permitió por tanto lograr un conocimiento común de un problema complejo. El diagrama Ishikawa presento y organizo teorías las cuales fueron contrastadas con datos que permitieron probar las causas de la investigación.

6.5.2. Matiz FODA

Tomando en cuenta las Fortalezas, Debilidades, Oportunidades y Amenazas se presenta una Matriz FODA que permitió conformar un cuadro de la situación del Tema estudiado: (Ver Figura 6.19)

Factores Internos / Factores Externos	FORTALEZAS	DEBILIDADES
	• Estructura instalada. • Alta tecnología. • Existencia de manuales. • Personal calificado. • Buen ambiente laboral • Proactividad en la gestión	• Falta de mantenimiento oportuno • Carencias en los repuestos
OPORTUNIDADES	**ESTRATEGIAS (FO)**	**ESTRATEGIAS (DO)**
• Necesidad del producto. • Tendencias favorables en el mercado. • Inexistencia de competencia • Alianzas estratégicas que permitan el intercambio de conocimientos • Futuras inversiones	• Se facilitara las alianzas estratégicas debido a la existencia de manuales en la empresa al momento de realizar inversiones futuras. • Compenetración entre los trabajadores y las nuevas tecnologías.	• Introducir modalidades de trabajo nuevas e innovadoras. • Debido al prestigio que posee la empresa facilitar la obtención de repuestos
AMENAZAS	**ESTRATEGIAS (FA)**	**ESTRATEGIAS (DA)**
• Falta de divisas para la compra de repuestos. • Altos costos de reparación y mantenimiento • Cambios de hábitos de los consumidores	• Motivar el uso eficiente de la energía por medio de los trabajadores. • Precisión al hacer reparaciones o mantenimientos.	• Reuniones para discutir lo necesario que se debe proporcionar al personal para hacer los debidos mantenimientos

Figura N°6.19. Matriz FODA.
Fuente: Elaboración Propia.

Esta Matriz permitió alimentar la información para la base de datos en cuanto a la Confiabilidad y para los estudios de AMEF que no son partes de este estudio pero que también nutrirá otros procesos de gestión así como mejorar las prácticas de mantenimiento, mediante la incorporación de esta herramienta y estándares que el ciclo de vida, registros e Información de los activos que están a cargo de la Coordinación de Ingeniería de Planta.

5.5.3.1. Análisis de Estrategias de la Matriz FODA.

- **Estrategias Fortalezas- Oportunidades (FO)**
  - Se facilitara las alianzas estratégicas con otras empresas o compañías que ayuden y sean especializados en los equipos y Sistemas instalados en la Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda debido a la existencia de manuales los cuales describen detalladamente el Funcionamiento y la ubicación de cada elemento al momento de realizar inversiones futuras para el mejoramiento de la Generación Eléctrica.
  - Compenetración entre los trabajadores se realiza con la capacitación del personal conjunto con Talento Humano por medio de talleres, videoconferencias, entre otros lo cual motivara al conocimiento de las nuevas tecnologías y lineamientos que ayuden al mejoramiento continuo de la Corporación y del personal.

- **Estrategia Debilidades- Oportunidades (DO)**
  - Debido a la falta de mantenimiento oportuno se ve como una estrategia desarrollar modalidades de trabajos nuevos e

innovadores que contribuyan al mejoramiento del producto debido a su necesidad.

- La Carencia de Repuestos de algunos elementos de algún elemento se puede negociar con más facilidad debido a que es la única empresa de Generación Eléctrica en el país.

- **Estrategia Fortalezas- Amenazas (FA)**
  - La concientización del uso eficiente de la electricidad y teniendo en cuenta al personal calificado para impulsar el cambio de hábito de los consumidores comenzando con los trabajadores como ejemplo ayudara a una disminución de la demanda de electricidad requerida en el Sistema y hará que los equipos operen en las condiciones óptimas de trabajo y se reduzcan las variable de evento.
  - Debido a los altos costos de mantenimiento y teniendo el personal Calificado dentro de la corporación para realizarlos se debe tener precisión al hacer mantenimientos y operaciones.

- **Estrategia Debilidades- Amenazas (DA)**
  - Se deben organizar reuniones de trabajo para clasificar en orden de importancia los mantenimientos y las actividades que deben realizarse debido la falta de Divisas para la compra de repuestos que no se tengan en inventarios necesarios para el correcto funcionamiento del Sistema.

La técnica FODA Permitió el Análisis de problemas planteados precisando las fortalezas y debilidades de la Corporación y los productos e informes que se obtienen en el departamento de Ingeniería de Planta Caruachi, relacionadas con sus oportunidades y amenazas en el mercado o factores externos que afectan a CORPOELEC y no se tiene control sobre

ellos. Se exploraron las Fortalezas, para superar las principales debilidades, aprovechar las oportunidades y defenderse contra las amenazas que conlleva el proceso en cuanto a su planeación y en las cuales la técnica puede utilizarse en el análisis situacional de dicho proceso además de los factores claves de éxito y la búsqueda de explicaciones sobre sus causas u orígenes.

6.5.3. Diagrama de Flujo Propuesto

La importancia de ejecutar la Propuesta del Modelo de Confiabilidad del Sistema Gobernador ya que alimenta la información para la base de datos en cuanto a los Diagramas de Pareto, Estadística Descriptiva, Confiabilidad de los Sistemas y Sub-Sistemas, Confiabilidad de las Unidades Generadoras, Reportes e Informes de salidas forzadas y, Definición de Parámetros de Forma y escala. Nutrirá otros procesos de gestión ya que se podrá obtener una lectura más exacta y detallada ya que se encontró la manera de interrelacionar operativamente los elementos que forman parte de los procesos dentro de los Subsistemas del Sistema Gobernador, la existencia de equipos críticos los cuales fueron identificados para el mejoramiento y especial atención a estos con el fin de mejorar las prácticas de mantenimiento, mediante la incorporación de esta herramienta y Mejoramiento de estándares que el ciclo de vida y la máxima disponibilidad del Sistema Gobernador y de los activos de la Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda, Planta Caruachi. A continuación se Presenta el Diagrama De Flujo Propuesto a la Coordinación de Ingeniería de Planta (ver Figura 6.20)

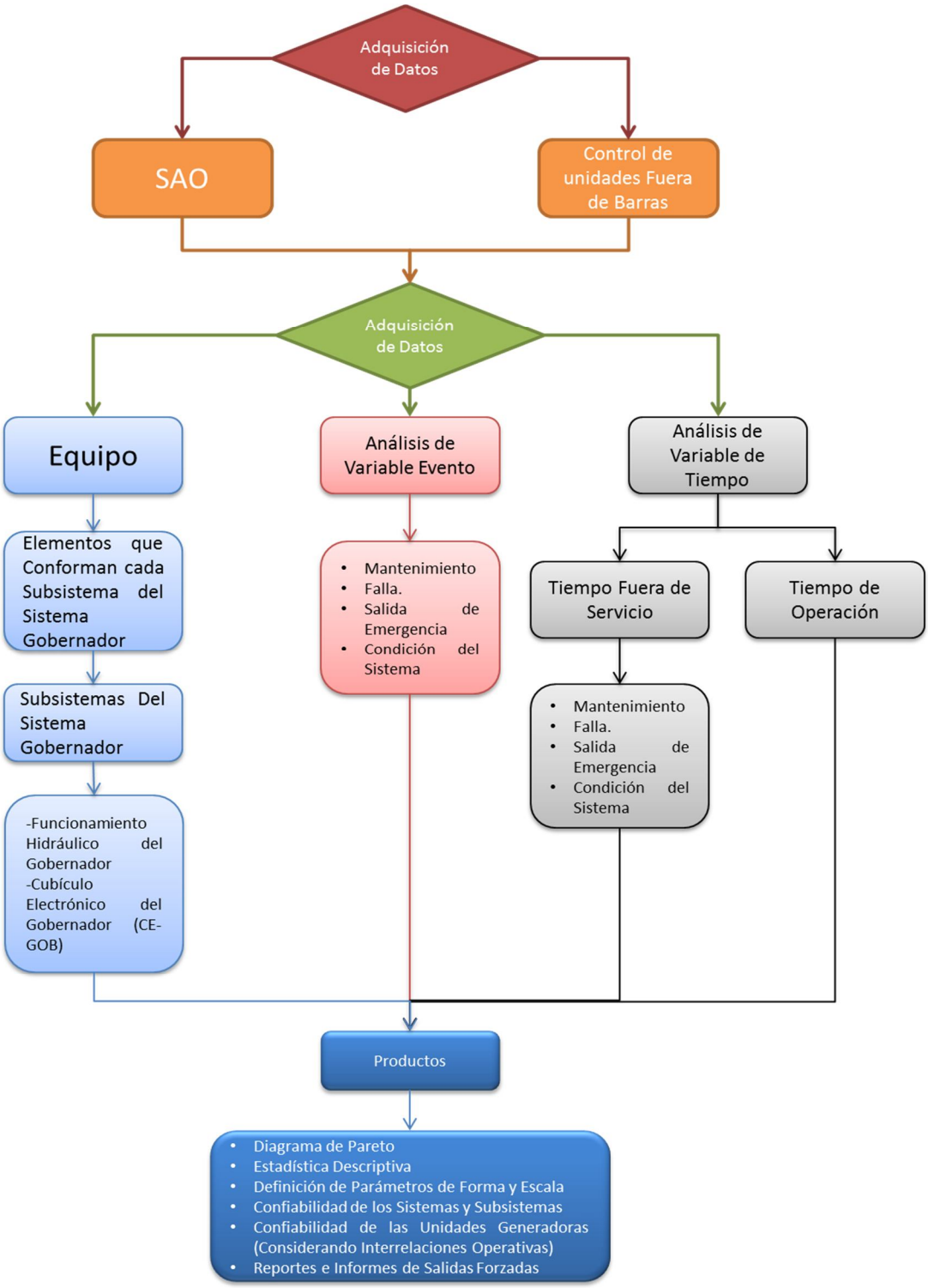


Figura N°6.20. Diagrama de Flujo Propuesto.
Fuente: Elaboración Propia.

CONCLUSIONES

Del análisis de los resultados a través de este estudio se obtuvieron las conclusiones siguientes:

1. Se recopiló información técnica necesaria para Describir e Identificar de forma exacta las Características y el funcionamiento del Sistema Gobernador y de los Subsistemas que los comprende; dentro del Macro Sistema Unidad Generadora de la Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda, Planta Caruachi.

2. Por medio de la observación directa y de estudio de planos, documentos del fabricante, manuales, informes encontrados en la Coordinación de Ingeniería de Planta se alcanzó lustrar e Interpretar cada uno de los Sub-Sistemas del Sistema Gobernador y llevar a cabo la correcta Caracterización funcional del Sistema.

3. Por medio de tablas estándar de parámetros de forma y escala se definió las confiabilidades por componentes del Sistema Gobernados y de los Subsistemas que lo comprenden fue utilizada la Distribución Weibull en cada elemento del Sistema.

4. Se diseñó el Modelo de Confiabilidad del Sistema Gobernador utilizando la herramienta Microsoft Exel para este proceso ya que es compatible con el software libre llamado LibreOffice utilizado en la empresa, tomando en cuenta las interrelaciones operativas mediante diagramas de bloques de Confiabilidad para obtener la confiabilidad total de cada Subsistema establecer gráficos circulares y gráficos de barras apiladas para evidenciar índices de Confiabilidad.

5. Se logró validar el Diseño del Modelo de Confiabilidad ya que fue realizado con el personal experto de la Coordinación de Ingeniería de Planta tomando en cuenta las conexiones operativas de los componentes y Subsistemas del Sistema Gobernador y de los valores de confiabilidad arrojado por cada uno de ellos en comparación con la realidad.

6. Por medio del diseño del Modelo de Confiabilidad se logró estimar la confiabilidad del Sistema Gobernador obteniendo un 98% en el tiempo de estudio establecido según la frecuencia de mantenimiento, así como también se alcanzó identificar los Subsistemas que poseen baja confiabilidad, Subsistemas en estado de alerta y Subsistemas más Confiables.

7. Mediante de diagrama Ishikawa, matriz FODA, diagramas de Procesos se consiguió evaluar el Impacto del Diseño del Modelo de Confiabilidad del Sistema Gobernador en las actividades realizadas por la Coordinación de Ingeniería de Planta.

RECOMENDACIONES

En función de los resultados y conclusiones que se obtuvieron mediante la Propuesta del Modelo de Confiabilidad se pueden considerar las siguientes recomendaciones:

1. Aplicar la Propuesta de Modelo de Confiabilidad elaborado para monitorear la confiabilidad del Sistema Gobernador ya que los evidencia de manera detallada y precisa.

2. Efectuarlo los cálculos de los parámetros de forma y escala de la distribución Weibull mediante los datos obtenidos en las Salidas Forzadas de Sistema Gobernador yo de los componentes de cada Subsistema que actúan en las Unidades Generadoras y con esto obtener valores reales de Confiabilidad los cuales deberán ser almacenados en la base de datos en un registro histórico de la Planta.

3. Proponer los modelos de confiabilidad para los Sistemas Excitatriz y Generador de las Unidades Generadoras.

4. Para futuras propuestas de modelos de confiabilidad de otros sistemas de la Unidad Generadora se debe solicitar apoyo a personal capacitado y expertos en el funcionamiento de los Sistemas y Subsistemas ya que es importante analizar el funcionamiento detalladamente para la construcción del Modelo de confiabilidad.

5. Optimizar los mantenimientos preventivos ya que la Confiabilidad del Sistema dependerá directamente del buen estado y la vida útil de cada Subsistema y de los elementos que lo comprenden.

6. Ejecutar los mantenimientos preventivos programados para cada Subsistema y especial atención a los que posean baja confiabilidad ya que están propensos a fallar durante el periodo de tiempo establecido para el estudio.

LISTA DE REFERENCIAS

- Altuve, Ferrer (1998). ¨Curso Protecciones Plantas Generadoras¨ Costa Rica: ICE.
- Antonio, Sole (2005). "Fiabilidad y Seguridad Su aplicación en procesos industriales" (3ª.ed.). Madrid: Editorial Marcombo.
- Juan, Vera (2009). Programa De Mantenimiento Predictivo Del Sistema De Motores, De Los Gobernadores De La Central Hidroeléctrica "Francisco De Miranda". Tesis de Ingeniería Industrial, UNEXPO, Puerto Ordaz.
- Joel A. Nachlas (1995). Fiabilidad. (2ª.ed.). Madrid: Editorial Publicaciones Ingeniería de Sistemas
- Luis, Núñez (2006, Junio). Presentación de Gobernador Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda. Ponencia Presentada en reunión, Caruachi.
- Marcos, Arias (2008, Agosto). Presentación Repuestos de Gobernador. Ponencia Presentada en reunión, Caruachi.
- Marcelo, Silvestre (1994). Centrales Hidroeléctricas – Turbinas Hidráulicas, (2a.ed.). Sevilla: Paraninfo
- Narváez, Rosa (1997). Orientación Prácticas para la Elaboración de Informes de Investigación. (2a.ed.) Puerto Ordaz. UNEXPO.
- Nava, J. (2009). Teoría de Mantenimiento y Fiabilidad. (1ª. ed.) Mérida. ULA.

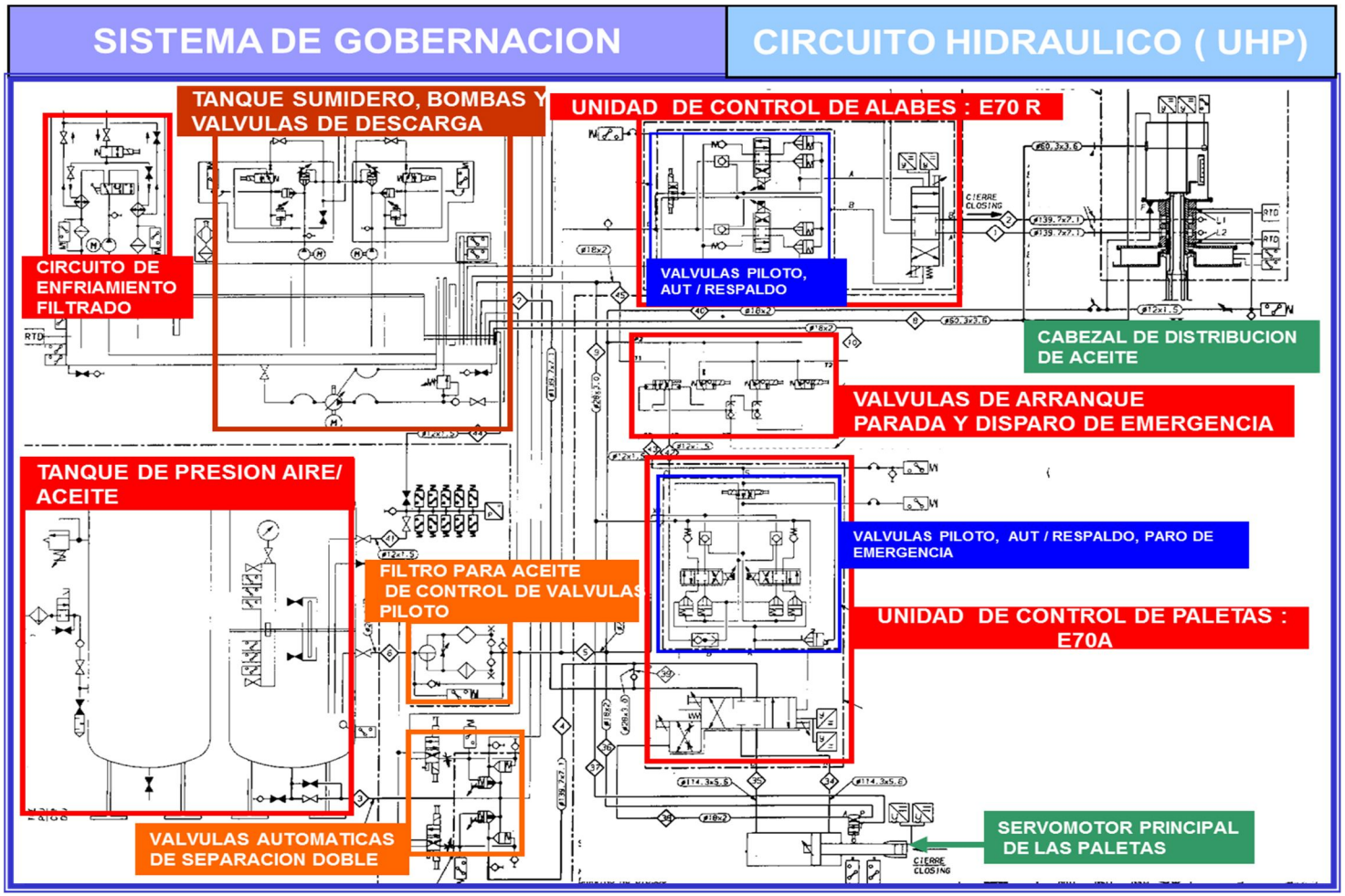
APÉNDICES

Item	Beta Values	Eta Values
Componets	(Weibull Shape Factor)	(Weibull Characteristic)
	Typical	Typical
Ball bearing	1.3	40,000
Roller bearings	1.3	50,000
Sleeve bearing	1	50,000
Belts, drive	1.2	30,000
Bellows, hydraulic	1.3	50,000
Bolts	3	300,000
Clutches, friction	1.4	100,000
Clutches, magnetic	1	150,000
Couplings	2	75,000
Couplings, gear	2.5	75,000
Cylinders, hydraulic	2	900,000
Diaphzragm, metal	3	65,000
Diaphragm, rubber	1.1	60,000
Gaskets, hydraulics	1.1	75,000
Filter, oil	1.1	25,000
Gears	2	75,000
Impellers, pums	2.5	150,000
Joints, mechanical	1.2	150,000
Knife edges, fulcrum	1	2,000,000
Liner, recip. Comp. cyl	1.8	50,000
Nuts	1.1	50,000
“O”-rings, elastomeric	1.1	20,000
Packings, recip. Comp. rod	1.1	20,000
Pins	1.4	50,000
Pivots	1.4	400,000
Pistons, engines	1.4	75,000

Pumps, lubricators	1.1	50,000
Seals, mechanical	1.4	25,000
Shafts, cent. pumps	1.2	50,000
Springs	1.1	25,000
Vibration mounts	1.1	50,000
Wear rings, cent. pumps	1.1	50,000
Valves, recip comp.	1.4	40,000
Machinery Equipment		
Circuit brakers	1.5	100,000
Compressors,Centrifugal	1.9	60,000
Compressor blades	2.5	800,000
Compressor vanes	3	1,000,000
Diaphgram couplings	2	300,000
Gas turb. Comp. Blades/vanes	2.5	250,000
Gas turb. Blade/vanes	1.6	125,000
Motors, AC	1.2	100,000
Motors, DC	1.2	50,000
Pumps, centrifugal	1.2	35,000
Steam turbines	1.7	65,000
Steam turbine blades	2.5	800,000
Steam turbine vanes	3	900,000
Transformers	1.1	200,000
Instrumentation		
Controllers, pneumatic	1.1	25,000
Controllers, soild state	0.7	100,000
Control valves	1	100,000
Motorized valves	1.1	25,000
Solenoid valves	1.1	75,000
Transducers	1	20,000
Transmitters	1	150,000

Temperature indicators	1	150,000
Pressure indicators	1,2	125,000
Flow instrumentation	1	125,000
Level instrumentation	1	25,000
Ellectro- machanical parts	1	25,000
Static Equipment		
Boilers, condensers	1.2	50,000
Pressure vessels	1.5	2,000,000
Filters, strainers	1	5,000,000
Check valves	1	100,000
Relief valves	1	100,000
Service Liquids		
Coolants	1.1	15,000
Lubricants, screw compr.	1.1	15,000
Lube oils, mineral	1.1	10,000
Lube oils, synthetic	1.1	10,000
Greases	1.1	10,000

Anexo - A. Parámetros Estándares de la Distribución de Weibull de los parámetros de forma y escala.



Anexo B. Diagrama Hidráulico del Sistema Gobernador.

Gutiérrez Assante, Jessy Alberto

PROPUESTA DE UN MODELO DE CONFIABILIDAD DEL SISTEMA GOBERNADOR DE LAS UNIDADES GENERADORAS DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA FRANCISCO DE MIRANDA- PLANTA CARUACHI-CORPOELEC

CORPOELEC, 2015
106 págs.

Informe de Trabajo de Grado

Universidad Nacional Experimental Politécnica “Antonio José de Sucre”
Vicerrectorado Puerto Ordaz
Departamento de Ingeniería Industrial

Tutor Académico: MSc. Ing. Iván Turmero

Tutor Industrial: Ing. Loyda Isasis

Referencias Bibliográficas: Pág 101.

Este trabajo contiene: Resumen, Índices, Introducción, VI Capítulos, Conclusiones, Recomendaciones, Referencias Bibliográficas y Apéndices.
Palabras Claves: Gobernador, Parada, Confiabilidad, Mantenimiento, Regulación, Unidad Generadora, Flujo, Potencia, Sistemas.