



**UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITECNICA  
"ANTONIO JOSÉ DE SUCRE"  
VICE-RECTORADO PUERTO ORDAZ  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
PRACTICA PROFESIONAL**

**Caracterización Funcional del Sistema Gobernador de las  
Unidades Generadoras de la Central Hidroeléctrica  
Francisco de Miranda, CORPOELEC**

**CIUDAD GUAYANA, NOVIEMBRE DEL 2014**



**UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITECNICA  
"ANTONIO JOSÉ DE SUCRE"  
VICE-RECTORADO PUERTO ORDAZ  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
PRACTICA PROFESIONAL**

**Caracterización Funcional del Sistema Gobernador de las  
Unidades Generadoras de la Central Hidroeléctrica  
Francisco de Miranda, CORPOELEC**

**Tutor Académico:**

**Ing. Scandra Mora**

**Autor:**

**Br. Jessy Alberto Gutiérrez Assante**

**Tutor Industrial**

**Ing. Loyda Isis**

**CIUDAD GUAYANA, NOVIEMBRE DEL 2014**

## ACTA DE APROBACIÓN

Nosotros tutores designados por CORPOELEC y el Departamento de Ingeniería Industrial de la UNEXPO Puerto Ordaz, para la evaluación del informe de pasantía:

### **Caracterización Funcional del Sistema Gobernador de las Unidades Generadoras de la Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda, CORPOELEC**

Presentado por Jessy Alberto Gutiérrez Assante portador de la CI 20.504.634; estimamos que el mismo fue desarrollado de manera comprometida y que reúne todos los requisitos para ser aprobado.

En fe de lo cual firmamos:

Nombre	C.I	Firma
SCANDRA MORA		
LOYDA ISASIS		

## AGRADECIMIENTO

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. A la profesora e Ingeniero Scandra Mora, tutor académico por su asesoramiento y apoyo en la elaboración de este informe.

A La Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda en especial a la Coordinación De Ingeniería De Mantenimiento por abrir sus puertas y darme la oportunidad de realizar mi práctica profesional. A la Ingeniero y tutor industrial Loyda Isis 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!

## ÍNDICE GENERAL

<b>Resumen</b>	<b>8</b>
<b>Introducción</b>	<b>9</b>
<b>CAPITULO I</b>	
<b>El Problema</b>	<b>11</b>
1.1 Antecedentes del problema	11
1.2 El Problema	12
1.3 Limitaciones	13
1.4 Objetivo General	13
1.5 Objetivos Específicos	13
1.6 Justificación o Importancia	14
1.7 Alcance	14
<b>CAPITULO II</b>	
<b>Marco Teórico</b>	<b>15</b>
2.1 Descripción de la empresa	15
2.1.1 Misión	17
2.1.2 Visión	17
2.1.3 Valores	18
2.1.4 Estructura Organizativa de Planta Caruachi	19
2.2 Descripción del área de pasantía y del trabajo asignado por la empresa	20
2.3 Descripción de Procesos	20
2.4 Bases Teóricas	20

### **CAPITULO III**

<b>Diseño Metodológico</b>	<b>28</b>
<b>3.1 Actividades ejecutadas</b>	<b>29</b>
<b>3.2 Técnicas e instrumentos de recolección de datos</b>	<b>29</b>
<b>3.3 Procesamiento de la información</b>	<b>30</b>
<b>3.4 Tipo de análisis a realizar</b>	<b>30</b>

### **CAPÍTULO IV**

<b>RESULTADOS</b>	<b>32</b>
<b>4.1 Identificar los Sistemas componentes que conforman las Unidades Generadoras de Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda. CORPOELEC</b>	<b>32</b>
<b>4.1.1 Excitatriz</b>	<b>32</b>
<b>4.1.2 Turbina</b>	<b>32</b>
<b>4.1.2.1 La Turbina Kaplan</b>	<b>33</b>
<b>4.1.2.2 Turbina - descripcion general</b>	<b>34</b>
<b>4.1.2.3 Componentes de la turbina</b>	<b>34</b>
<b>4.1.3 Generador</b>	<b>37</b>
<b>4.1.3.1 Características Técnicas de los Generadores</b>	<b>38</b>
<b>4.1.4 Gobernador</b>	<b>39</b>
<b>4.2 Describir e Identificar el funcionamiento del Gobernador dentro del Macro Sistema Unidad Generadora de Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda, CORPOELEC</b>	<b>40</b>
<b>4.2.1 Componente del Sistema Gobernador</b>	<b>42</b>

<b>4.3 Ilustrar e Interpretar cada uno de los sub.-Sistemas del Gobernador de la Unidad Generadora de Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda, CORPOELEC</b>	<b>42</b>
<b>4.3.1 CUBÍCULO ELECTRÓNICO DEL GOBERNADOR</b>	<b>42</b>
<b>4.3.2 CUBÍCULO DE CONTROL DE MOTORES DEL GOBERNADOR (CCM- GOB)</b>	<b>49</b>
<b>4.3.3 CUBÍCULO DE CONTROL DE UNIDAD HIDRÁULICA DE POTENCIA (CC-UHP-GOB)</b>	<b>50</b>
<b>4.3.4 Unidad Hidráulica De Potencia (UHP-GOB)</b>	<b>54</b>
<b>4.4 Definir la Caracterización Funcional del Sistema Gobernador y de sus Sub-Sistemas en las Unidades Generadoras de Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda, CORPOELEC.</b>	<b>72</b>
<b>4.4.1 Diagrama de Ishikawa</b>	<b>72</b>
<b>4.4.2 Matriz FODA</b>	<b>73</b>
<b>4.4.3 Diagrama de Flujo (Actual)</b>	<b>74</b>
<b>4.4.4 Caracterización Funcional</b>	<b>75</b>
<b>4.4.5 Diagrama de Flujo (Propuesto)</b>	<b>80</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>82</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>83</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>84</b>



**UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL  
POLITECNICA  
“ANTONIO JOSÉ DE SUCRE”  
VICE-RECTORADO PUERTO ORDAZ  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
PRACTICA PROFESIONAL**

**Autor:** Br. Jessy Alberto Gutiérrez Assante

**Tutor Académico:** Ing. Scandra Mora

**Tutor industrial:** Ing. Loyda Isis

## **RESUMEN**

La Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda cuenta con un Sistema de Gobernación de las Unidades Generadoras y este a su vez esta cuenta con 4 Sub-Sistemas denominados CUBÍCULO ELECTRÓNICO DEL GOBERNADOR (CE-GOB), CUBÍCULO DE CONTROL DE MOTORES (CCM-GOB), CUBÍCULO DE CONTROL DE LA UNIDAD HIDRÁULICA DE POTENCIA (CC-UHP-GOB), UNIDAD HIDRÁULICA DE POTENCIA (UHP-GOB). Cada Unidad Generadora ubicada en la Casa de Maquinas cuenta con un Sistema de Gobernación para su correcto funcionamiento, la particularidad de este Sistema es proveer en forma fiable la potencia demandada manteniendo la frecuencia y la tensión con los criterios de despacho económico adecuados. 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 económico y el flujo óptimo de potencias como sería el control de niveles de embalse. Como consecuencia de no contar con el funcionamiento característico y sistemático de todos los Sub-Sistemas de Gobernador se tiene que el tiempo para realizar las maniobras de parada es mayor generando un gasto mayor a la empresa en tiempo y nómina.

**Palabras claves:** Gobernador, parada, fallas, mantenimiento, regulación, Unidad.



## INTRODUCCIÓN

CORPOELEC, es la empresa encargada del sector eléctrico venezolano a fin de garantizar la prestación de un servicio eléctrico confiable e incluyente. Su función principal es la realización de actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de potencia y energía eléctrica en Venezuela con el fin de fortalecer al sector eléctrico para brindar un servicio eficiente y de calidad. Cuenta con fuentes de generación Hidroeléctrica y termoeléctrica a lo largo del territorio nacional, siendo el mayor aporte de la generación hidro. Asimismo 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 a nivel nacional como internacional.

La Central hidroeléctrica “Francisco de Miranda” alberga 12 unidades generadoras tipo Kaplan de 180 MW cada una, con una capacidad instalada total de 2.160 MW. 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 es necesario contar con el buen funcionamiento de los equipos primordiales.

El objetivo principal de este trabajo consiste en definir la Caracterización Funcional del Sistema Gobernador y de sus sub.-Sistemas y así sirva para alimentar la desagregación de la base de datos que apoya el control estadístico de las salidas forzadas (fallas y salidas de emergencias) y apoyar la toma de decisiones en cuanto a la información de la gestión de operación y mantenimiento que maneja Ingeniería de Mantenimiento Caruachi.

A continuación se presenta una serie de capítulos, que indican la secuencia que se llevó a cabo para la realización de este informe. Dentro del

capítulo I esta contenido el planteamiento del problema, los objetivos de la investigación, la justificación y la delimitación. El capítulo II muestra la descripción de la empresa, descripción del área de pasantía y del trabajo asignado, así como el glosario de términos. El capítulo III detalla los aspectos procedimentales, describiendo todas las actividades ejecutadas, técnicas e instrumentos de recolección de datos y tipo de análisis considerado. Finalmente, el capítulo IV muestra los resultados del informe, con el respectivo análisis y posterior evaluación. En última instancia se desarrollan las conclusiones y recomendaciones.

## 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 “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 Caruachi - Estado Bolívar – Municipio Caroní, 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 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.

CORPOELEC, posee una extensa red de líneas de transmisión que superan los 5.700 Km. Cuyo sistema a 800 mil voltios es el quinto sistema instalado en el mundo con líneas de Ultra Alta Tensión en operación, los últimos años, 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 Ingeniería de Mantenimiento 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.

La Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda, dispone de un Macro Sistema de doce (12) Unidades Generadoras ubicado en la Casa de Maquinas éstas 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 y de análisis de modos y efectos de fallas.

## **1.2 El Problema**

En la empresa CORPOELEC Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda, los estudios de confiabilidad que lleva la Coordinación de Ingeniería de Mantenimiento actualmente consideran la Unidad Generadora como un

todo, un macro-sistema y aunque cuentan con detalles de los subsistemas que generan los distintos eventos de salidas, la información no cuenta con una Desagregación Completa de todos los sistemas que comprenden las Unidades Generadoras imposibilitando que los estudios se particularicen en cada subsistema.

Otra deficiencia que se observa, es que no se especifica la Desagregación Funcional de cada uno de los sub.-Sistemas para el estudio de la Confiabilidad la cual es tomada 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.

Por lo tanto, se realizara un trabajo de Caracterización Funcional del Sistema Gobernador de las Unidades Generadoras y sus Sub-Sistemas para que sirvan de base a los estudios de Confiabilidad y su respectiva representación en Distribución de Weibull que quedaran como evidencia.

### **1.3 Limitaciones**

Dentro de las limitaciones más relevantes en la realización de la investigación, se tiene: la inexistencia de investigaciones relacionados con el tema, por lo que existen muy pocos antecedentes de investigaciones que puedan relacionarse con lo que se pretende estudiar.

### **1.4 Objetivo General**

Caracterizar el Sistema Gobernador de las Unidades Generadoras para el estudio de la confiabilidad de Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda, Coordinación de Ingeniería de Mantenimiento, CORPOELEC.

### **1.5 Objetivos Específicos**

- Identificar los Sistemas componentes que conforman las Unidades Generadoras de Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda, Coordinación de Ingeniería de Mantenimiento, CORPOELEC
- Describir e Identificar el funcionamiento del Gobernador dentro del Macro Sistema Unidad Generadora de Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda, Coordinación de

### Ingeniería de Mantenimiento, CORPOELEC

- Ilustrar e Interpretar cada uno de los sub.-Sistemas del Gobernador de la Unidad Generadora de Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda, Coordinación de Ingeniería de Mantenimiento, CORPOELEC
- Definir la Caracterización Funcional del Sistema Gobernador y de sus Sub-Sistemas en las Unidades Generadoras de Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda, Coordinación de Ingeniería de Mantenimiento, CORPOELEC.

## 1.6 Justificación o Importancia

La importancia de poseer una Caracterización Funcional ya que alimenta 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 de los activos de la Coordinación de Ingeniería de Mantenimiento

## 1.7 Alcance

Este proyecto se realizara la Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda, con la Coordinación de Ingeniería de Mantenimiento con especialmente con la sección Control de Gestión, en la Caracterización Funcional del Sistema Gobernador y de sus sub.-Sistemas en las Unidades Generadoras durante un periodo exacto de 16 semanas aproximadamente 4 meses

Se estudiaran las diferentes funciones del Sistema Gobernador y sus Sub-Sistemas con la finalidad de alimentar la información para la base de datos en cuanto a la Confiabilidad Teórica y para los estudios de AMEF que no son partes de este estudio pero que también nutrirá otros procesos de gestión y ofrecer mejoras en su correcto mantenimiento. Para reducir posibles Salidas Forzadas. Cabe destacar que durante la estadía en la empresa se tendrá oportunidad de 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.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se describe de una manera clara y concisa todas las características generales de los procesos que se realizan en la Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda “Caruachi” además de las actividades que se llevarán a cabo para la correcta realización de este proyecto

#### 2.1 Descripción 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, CADAPE, GENEVAPCA, ELEBOL, ELEVAL, SENECA, ENAGEN, CALEY, CALIFE Y TURBOVEN, trabajan en sinergia para atender el servicio y avanzar en el proceso de integración para garantizar y facilitar la transición armoniosa del sector.

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.

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.

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.



El Aliviadero tiene una capacidad de descarga igual a la del Aliviadero de Guri, (30.000 m<sup>3</sup>/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 y prevención de accidentes.

### **2.1.1 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.

### **2.1.2 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

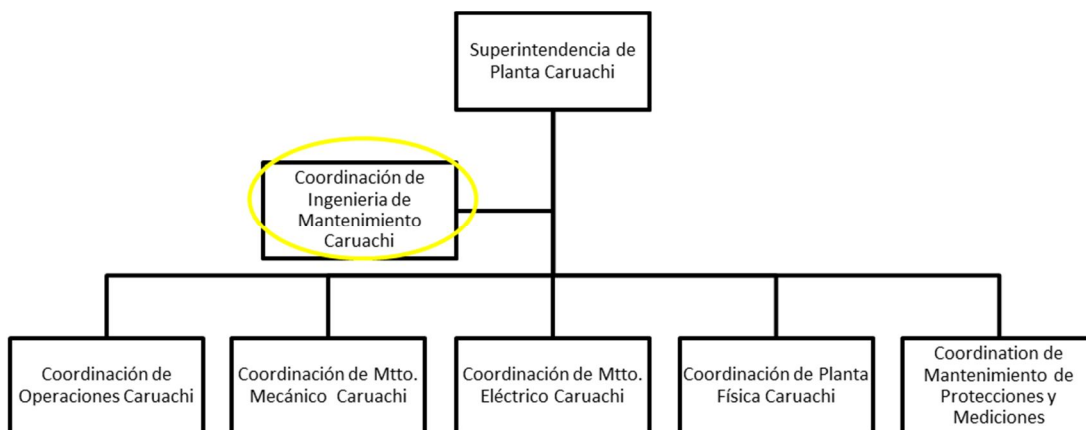
políticas del Estado para apalancar el desarrollo y el progreso del país, asegurando con ello calidad de vida para todo el pueblo venezolano.

### 2.1.3 Valores

- 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.
- 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;
- 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
- 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.
- 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.
- 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.
- 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

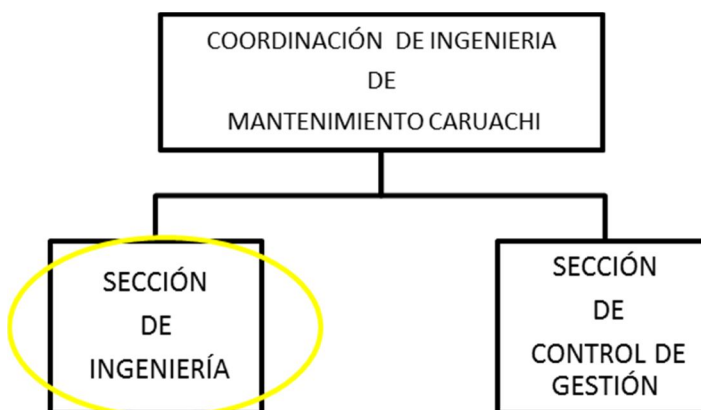
#### 2.1.4 Estructura Organizativa de Planta Caruachi.

La Gerencia de Planta Caruachi está conformada La estructura organizativa de la central Hidroeléctrica Francisco de Miranda es la Presentada a Continuación.



**Figura N# 1**  
**Estructura Organizativa de la Superintendencia Planta Caruachi**  
**Fuente: El Autor**

La Estructura Organizativa de la Coordinación de Ingeniería de Mantenimiento adscrita a la Superintendencia de Planta Caruachi es la mostrada en imagen.



**FIGURA N# 2**  
**Estructura organizativa de la Superintendencia de Planta Caruachi.**  
**Fuente: El Autor**

## **2.2 Descripción del área de pasantía y del trabajo asignado por la empresa.**

En la Coordinación de Ingeniería de Mantenimiento sección de Ingeniería donde se realiza el siguiente trabajo.

## **2.3 Descripción de Procesos.**

La Coordinación de Ingeniería de Mantenimiento; tiene como objetivo general 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 sección de Control de gestión tiene como objetivo Desarrollar la integración de la planificación, control y evaluación de la gestión de los procesos asociados a la generación de energía eléctrica en la Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda, mediante la incorporación de herramientas metodológicas que optimicen la gestión y el uso de los recursos, de acuerdo con los parámetros de calidad establecidos en CORPOELEC.

## **2.4 Bases Teóricas.**

### **Teoría de análisis de falla**

#### **Método de análisis de falla:**

Busca conocer la verdadera causa que origina la falla, encontrando la manera correcta de resolverlo y evitar que vuelva a ocurrir.

### **Diagrama de bloques**

Es la representación gráfica del funcionamiento interno de un sistema, que se hace mediante bloques y sus relaciones, y que, además, definen la organización de todo el proceso interno, sus entradas y sus salidas.

Un diagrama de bloques de procesos de producción es un diagrama utilizado para indicar la manera en la que se elabora cierto producto, especificando la materia prima, la cantidad de procesos y la forma en la que se presenta el producto terminado.

Un diagrama de bloques de modelo matemático es el utilizado para representar el control de sistemas físicos (o reales) mediante un modelo matemático, en el cual, intervienen gran cantidad de variables que se relacionan en todo el proceso de producción. El modelo matemático que representa un sistema físico de alguna complejidad conlleva a la abstracción entre la relación de cada una de sus partes, y que conducen a la pérdida del concepto global. En ingeniería de control, se han desarrollado una representación gráfica de las partes de un sistema y sus interacciones. Luego de la representación gráfica del modelo matemático, se puede encontrar la relación entre la entrada y la salida del proceso del sistema.

### **Tipos**

- Diagrama de bloques de modelo matemático
- Diagrama de bloques de procesos de producción industrial

### **Elaboración**

El primer bloque especifica la materia prima de la que proviene el producto. Los siguientes bloques son procesos escritos de manera infinitiva y llevan siempre o una indicación de proceso (izquierda) y gastos básicos (derecha).

- Las indicaciones de proceso son variantes del tipo físicas que se deben considerar para que el producto sea de elaboración adecuada. Cada país tiene sus propios estándares para elaborar productos. Las indicaciones de proceso son básicamente la temperatura, la presión y los tiempos de reposo.

Los gastos básicos son adicciones de ciertas sustancias ajenas a la materia prima auxiliares a un proceso.

### **Definición de 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 o outputs de un sistema (causa-efecto), con su respectiva retroalimentación (feedback) para el subsistema de control.

### **Definición 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 entre 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

## 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.

### **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.

### **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?*

## 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?*

## Teoría de Mantenimiento

### Definición de mantenimiento:

Conjunto de acciones oportunas, continuas y permanentes dirigidas a prever y asegurar el funcionamiento normal, la eficiencia y la buena apariencia de sistemas, edificios, equipos y accesorios.

#### Funciones del mantenimiento

El servicio de mantenimiento tiene cinco funciones básicas de saber; reparar, mantener, preservar, mejorar y prevenir los equipos con lo que la empresa desarrolla su actividad, las cuales se definen como:

- **Reparar:** consiste en solucionar los desperfectos producidos en el equipo, para devolverle al mismo, el estado de disponibilidad perdida a causa del problema presentado en el menor tiempo posible y al menor costo; para ello debe coordinar el uso de los recursos, mano de obra, materiales, establecer los procedimientos y prioridades con otros departamentos.
- **Mantener:** consiste en planear la forma más adecuada de intervenir en el equipo, para que el costo del mantenimiento sea mínimo a corto plazo, de forma tal de evitar desperfectos y el mal funcionamiento de equipos e instalaciones a futuro, reduciendo el costo y la cantidad de intervenciones.
- **Preservar:** consiste en realizar las intervenciones que exige el diseño del equipo, para su correcta conservación y así alargar la vida útil de máquinas e instalaciones, evitando su desgaste mediante la generación de rutinas de engrases, limpieza y protección contra los agentes erosivos y correctivos.

- **Mejorar:** consiste en modificar el diseño del equipo a la luz de la experiencia, para reducir el costo del mantenimiento en el futuro. Comprende las actividades de todo tipo o tendientes a eliminar las necesidades de mantenimiento, para corregir las fallas de manera integral a medio plazo, mediante la modificación de elementos de máquinas, el replanteo de nuevas alternativas de proceso o la revisión de elementos básicos de mantenimiento.
- **Prevenir:** consiste en participar en el diseño de los equipos para transferir al diseñador, la experiencia y conocimiento de las características de mantenimiento de los equipos actuales. Esto asegura que en el diseño de un nuevo equipo o en la modificación de los existentes se tenga en cuenta los factores que de una u otra forma inciden sobre la mantenibilidad, tanto en lo referente a la ocurrencia de fallas, como para facilitar las operaciones de mantenimientos.

## CAPÍTULO III

### DISEÑO METODOLÓGICO

En el siguiente capítulo se analizara la metodología empleada para la realización del estudio, detallando los métodos y tipos de análisis en la investigación, las actividades ejecutadas y las técnicas e instrumentos para la recolección de datos utilizada para la obtención de la información requerida para realizar el estudio de **Caracterización Funcional del Sistema Gobernador y de sus sub.-Sistemas que conforman las Unidades Generadoras de CORPOELEC Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda.**

Actividades realizadas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Actividad 1																
Actividad 2																
Actividad 3																
Actividad 4																
Actividad 5																
Actividad 6																
Actividad 7																
Actividad 8																
Actividad 9																
Actividad 10																

Tabla 1. Actividades realizadas a lo largo de las 16 semanas.

### **3.1 Actividades ejecutadas.**

Actividad 1: Programa de inducción para pasantes.

Actividad 2: Recopilar información técnica sobre Turbinas Hidráulicas y el Gobernador.

Actividad 3: Identificar los Sistemas componentes que conforman las Unidades Generadoras Proponer hipótesis con respecto a las posibles Problemas.

Actividad 4: Proponer hipótesis con respecto a las posibles Problemas. Ilustrar e Interpretar cada uno de los sub.-Sistemas del Gobernador.

Actividad 5: Ilustrar e Interpretar cada uno de los sub.-Sistemas del Gobernador.

Actividad 6: Presentación de los equipos que comprenden el Gobernador del Sistema Gobernador y de sus sub.-Sistemas que lo comprenden.

Actividad 7: Definir la Caracterización Funcional del Sistema Gobernador y de sus sub.-Sistemas que lo comprenden.

Actividad 8: Realización de informe de pasantía.

Actividad 9: Correcciones por parte del tutor empresarial sobre el informe.

Actividad 10: Entrega de informe.

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

Las técnicas utilizadas para la recolección de datos permiten obtener la información pertinente para el desarrollo de la investigación.

La entrevista no estructurada, fue una técnica usada para obtener información. Dentro de las personas entrevistadas tenemos a técnicos, inspectores, líderes e ingenieros que laboran en la coordinación de Ingeniería de Mantenimiento, 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).

Otra técnica utilizada en la recolección de datos fue la revisión documental, a través de la cual se obtuvo información teórica del funcionamiento del sistema y de los sub. sistemas que lo comprenden. Según Arias Fidias (2000), la revisión documental "es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de los datos obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas". (P.187).

Por otra parte, la inspección fue otra de las técnicas usada 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 esta investigación se mencionan a continuación:

- Papel y lápiz.
- Cámara fotográfica, para tener evidencia de los equipos.
- Computadora.
- Internet Explorer.

### **3.3 Procesamiento de la información.**

Los datos recolectados mediante las diferentes técnicas de recolección de datos se tabularan de manera mecánica (computadora), de esta manera se hace más fácil la modificación de manera digital.

### **3.4 Tipo de análisis a realizar.**

El tipo de análisis a realizar en este proyecto es de tipo descriptivo-explicativo, ya que nuestro trabajo consiste en analizar el funcionamiento del

Gobernador de las Unidades Generadoras de la Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda.

Es un análisis descriptivo debido a que en este trabajo se describen detalladamente bajo una secuencia lógica las actividades realizadas durante las labores de inspección y mantenimiento al equipo, lo cual facilita el diseño de la Caracterización funcional, cumpliendo de esta forma con el objetivo general de la presente investigación. Dentro del manual se encuentran: los equipos de protección personal, las advertencias a tomar en cuenta y las herramientas para realizar la tarea.

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, es un análisis analítico se busca de manera profunda encontrar todos los funcionamientos del Sistema Gobernador.

Ernesto A. Rodriguez 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)

## CAPÍTULO IV

### 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.

#### **4.1 Identificar los Sistemas componentes que conforman las Unidades Generadoras de Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda. CORPOELEC**

##### **4.1.1 Excitatriz**

La Excitatriz es una fuente de voltaje DC variable de alta potencia, empleada para generar la corriente de excitación, es decir la corriente de campo en el rotor del Generador, para poder inducir la tensión requerida en los arrollados del Estator, con el Rotor en movimiento. El voltaje variable se obtiene por medio del control de fase con un rectificador trifásico a base de tiristores.

En conclusión la Excitatriz es fundamental para controlar el voltaje de salida del Generador.

El Sistema de Excitación permite controlar las magnitudes eléctricas de la Máquina sincrónica: tensión, corriente, potencia reactiva. Este sistema se conoce como regulador de tensión.

##### **4.1.2 Turbina**

Es un motor rotativo que convierte en energía mecánica la energía de una corriente de agua, vapor de agua o gas. El elemento básico de la turbina es la rueda o rotor, que cuenta con palas, hélices, cuchillas o cubos



colocados alrededor de su circunferencia, de tal forma que el fluido en movimiento produce una fuerza tangencial que impulsa la rueda y la hace girar. Esta energía mecánica se transfiere a través de un eje para proporcionar el movimiento de una máquina, un compresor, un generador eléctrico o una hélice.

#### **4.1.2.1 LA TURBINA KAPLAN**

Son turbinas de agua de reacción de flujo axial, con un rodete que funciona de manera semejante a la hélice de un barco, y deben su nombre a su inventor, el austriaco Viktor Kaplan. Se emplean en saltos de pequeña altura. Las amplias palas o álabes de la turbina son impulsadas por agua a alta presión liberada por una compuerta.

Los álabes del rodete en las turbinas Kaplan son siempre regulables y tienen la forma de una hélice, mientras que los álabes de los distribuidores pueden ser fijos o regulables. Si ambos son regulables, se dice que la turbina es una turbina Kaplan verdadera; si solo son regulables los álabes del rodete, se dice que la turbina es una turbina Semi-Kaplan. Las turbinas Kaplan son de admisión radial, mientras que las semi-Kaplan pueden ser de admisión radial o axial.

Para su regulación, los álabes del rodete giran alrededor de su eje, accionados por unas manijas, que son solidarias a unas bielas articuladas a una cruceta, que se desplaza hacia arriba o hacia abajo por el interior del eje hueco de la turbina. Este desplazamiento es accionado por un servomotor hidráulico, con la turbina en movimiento.

Las turbinas de hélice se caracterizan porque tanto los álabes del rodete como los del distribuidor son fijos, por lo que solo se utilizan cuando el caudal y el salto son prácticamente constantes.

#### **Utilización para:**

- altura de caída 7-60 Metros
- caudal 0,7-1.000 m<sup>3</sup>/s
- potencia 50-180.000 Kw.

## FLUJO AXIAL

- El flujo de agua va paralelo al eje

### Admisión total

- El agua entra por todo el contorno del rodete

### De reacción

El agua entra a presión y en los conductos móviles del rodete cambia de dirección y aceleración en ella la presión estática disminuye entre la entrada y la salida del rodete.

#### 4.1.2.2 Turbina- descripción general

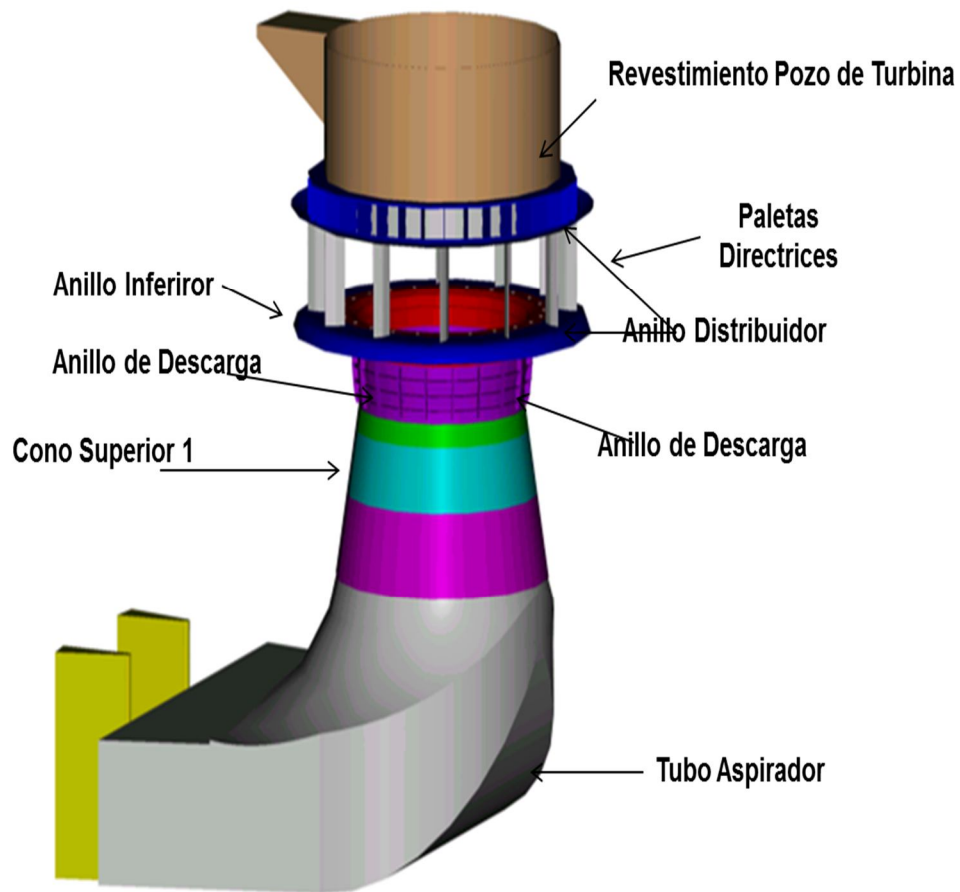
- **Numero de turbinas:** doce (12), con sus respectivos accesorios
- **Tipo:** Kaplan, de rodete simple y de eje vertical. Las turbinas están conformadas por partes empotradas y rodantes diseñadas para soportar todas las cargas dinámicas resultantes de la operación continua, sin presentar vibraciones excesivas.
- **Potencia de salida nominal garantizada:** 180 mw
- **Máxima potencia:** 188 mw (cuando opere a plena apertura de las paletas directrices).
- **Velocidad nominal de :** 94,74 r.p.m
- **Velocidad máxima de embalamiento:** 230 r.p.m.
- **Tiempo apertura de paletas:** 7 s a 15 s.
- **Tiempo cierre de paletas:** 7 s. Inicial y 9 s. Secundario
- **N° alabes:** cinco (5)
- **Caída neta:** 35,60 m.
- **Máxima caída para potencia máxima:** 38,60 m.
- **Acoplamiento directo al generador de corriente alterna:** 60 hz con una capacidad de 220 mva

#### 4.1.2.3. Componentes de la turbina

- **Toma/ cámara semi espiral:**
  - ✓ **Toma:** está dividida en tres vanos y construida en concreto

- ✓ **Cámara semi espiral:** construida en concreto; geometría variable; provista de una caja de drenaje y de una puerta de acceso.
- **Anillo distribuidor:** constituido por dos anillos dobles de acero, superior e inferior, unidos por medio de doce (12) paletas fijas soldadas a los anillos. Altura de paletas: 3230 mm; peso total: 128.000 kg.
- **Anillo distribuidor:** constituido por dos anillos dobles de acero, superior e inferior, unidos por medio de doce (12) paletas fijas soldadas a los anillos. Altura de paletas: 3230 mm; peso total: 128.000 kg.
- **Anillo de inferior:** es un anillo de acero, contiene los 24 porta cojinetes inferiores de las paletas directrices incluyendo los cojinetes axial auto lubricado; equipado con sello circular de bronce para evitar fugas a través de la paletas; peso total: 38.500 kg. Diámetro: 7.800 mm
- **Anillo de descarga:** fabricado en acero inoxidable, forma cilíndrica en su parte superior y semiesférica por debajo de la línea central de los álabe; concéntrico al anillo distribuidor; contiene dos agujeros de inspección y cinco para la instalación de sensores de gap, empotrado en concreto hasta la el. 38, 43. Peso total: 28.700 kg. Diámetro variable
- **Paletas directrices:** n° de paletas: 24; fabricadas en acero; ubicadas entre la cubierta superior exterior y anillo inferior; acopladas al anillo de operación a través de palancas y eslabones; cada una posee un pasador rompible y reemplazable; están soportadas por un cojinete axial y tres radiales auto lubricados; peso: 5.400 kg, altura: 5.262 mm; ancho: 1.360 mm
- **Tubo aspirador:** tipo acodado con dos tajamares, con revestimiento metálico desde la salida del anillo de descarga hasta su encuentro con los tajamares los que a su vez tiene un revestimiento metálico, la salida hacia el canal de descarga es de concreto; contiene una puerta de acceso.
- **Cubierta superior:** fabricada en acero y esta dividida en tres partes: exterior, intermedia e interior; la exterior contiene los muñones que guían las paletas directrices, peso: 90,85 ton; en la intermedia se apoyan los mecanismos de operación de las paletas, peso: 60 ton; en la interior se soporta el cojinete guía y el sello del eje, peso: 7,20 ton.

- **Eje:** fabricado en acero, contiene en su interior las tuberías para suministro de aceite a los servomotores de los álabes; posee una camisa de acero inoxidable en la zona de contacto con el sello del eje; peso: 60,8 ton; longitud: 8.540 mm
- **Rodete:** tipo kaplan, contiene 5 álabes de acero inoxidable accionados por un servomotor situado en el cubo; el cubo está fabricado en acero; ubicado perfectamente concéntrico al anillo distribuidor a la altura del anillo de descarga; peso total: 182,3 ton (sin aceite); 192,5 ton. (con aceite); altura del cubo: 5.575 mm, diámetro del cubo: 3.700 mm; diámetro máximo rodete: 7.800 mm; volumen de aceite: 14.100 lts. Peso del álabe. 11 ton.
- **Cojinete guía:** tipo segmentado; lubricado por aceite y con auto circulación; enfriamiento del aceite externo; alojado en la cubierta superior interior; n° zapatas: 16; 13 tipo a; 2 tipo b (rtd's); 1 tipo c (termómetro de resorte); peso de cada zapata: 84 kg; material babbit: metal blanco iso 43,83; espesor: 4,5 mm; zapatas: altura: 350 mm; ancho: 376, 6 mm; espesor: 90 mm
- **Sello del eje:**
  - ✓ Constituido de 4 anillos de grafito de 18 segmentos cada uno; 4 resortes de sujeción y 36 resortes separadores Contempla un sistema de lubricación y enfriamiento. Segmentos, Altura. 15 mm, ancho: 40 mm; peso total: 2.000 kg.
  - ✓ Sello Inflable de Mantenimiento: operado por aire comprimido



**FIGURA # 3 Turbina.**  
*Fuente: Presentación de Turbinas  
Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda*

#### 4.1.3. Generador

Los Generadores son máquinas que sirven para transformar la energía mecánica en eléctrica. El funcionamiento del Generador se basa en el principio de inducción electromagnética, descubierto por Faraday en 1831 y se anuncia como sigue: “El movimiento de un conductor integrante de un circuito cerrado en paralelo en un campo magnético produce corriente en dicho circuito”.

#### Equipamiento:

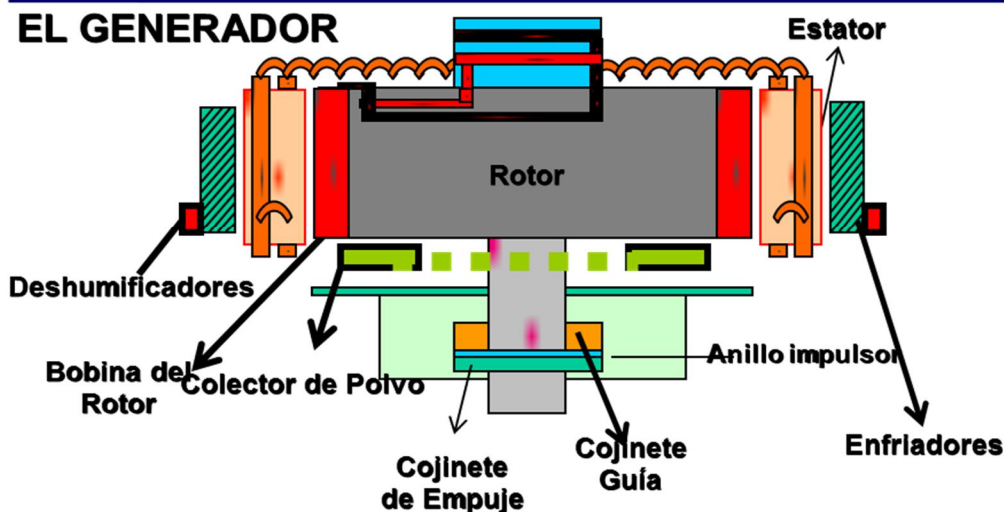
- Cojinete de empuje y de guía combinados.

- Sistema de enfriamiento del aceite de los cojinetes externos equipado con intercambiadores de calor de aceite – agua, bombas y medidores de nivel de aceite.
- Sistema de alta presión para lubricación del cojinete de empuje.
- Sistema de enfriamiento del generador con enfriadores de agua – aire ubicados en la periferia del marco del estator.
- Sistema combinado de frenos neumáticos y gatos hidráulicos.
- Sistema de recolección de polvo y humos producidos por el sistema de freno.
- Cubierta superior.
- Eje hueco para proporcionar espacio para las tuberías de aceite de los servomotores.

#### **4.1.3.1 Características Técnicas de los Generadores:**

- Tipo: paraguas.
- Capacidad: 220 mva
- Factor de potencia: 0.85
- Frecuencia: 60 hz
- Voltaje de armadura entre fase: 13.8 kv
- Velocidad giro: 94.74 rpm
- Eficiencia: 98.77% ( 100 % carga)
- Corriente de campo: 1646 a
- Corriente nominal: 9204 a
- Numero de fases: 3
- Dirección de rotación: sentido agujas del reloj (horario).
- Velocidad max. De embalamiento: 230 rpm
- Enfriamiento generador: ciclo cerrado de aire

- Diámetro del pozo generador: 18.50 m.
- Efecto volante (  $gd^2$ ): 65.000 ton.m<sup>2</sup>
- Pesos: rotor sin eje: 630.925 kg    eje: 50.233 kg. / estator ensamblado: 264.000 kg.



**FIGURA # 4 Generador.**  
**Fuente: Presentación de Generadores**  
**Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda**

#### 4.1.4. Gobernador

El gobernador es de tipo electro-hidráulico, de estado sólido, con control por microprocesador digital clase "PID", cumple con las funciones de regulación de frecuencia, regulación de desviaciones de velocidad, limitación mecánica y eléctrica para la apertura de paletas directrices, control y limitación hidromecánica y eléctrica de sobre velocidad y detección del deslizamiento de la unidad.

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.

##### Descripción:

- Cubículo electrónico del gobernador (CE), ubicado en la elev.57.00,



- Unidad hidráulica de potencia (UHP), ubicada en elev. 50.00.
- Centro de Control de Motores (CCM), ubicado en elev. 50.00.

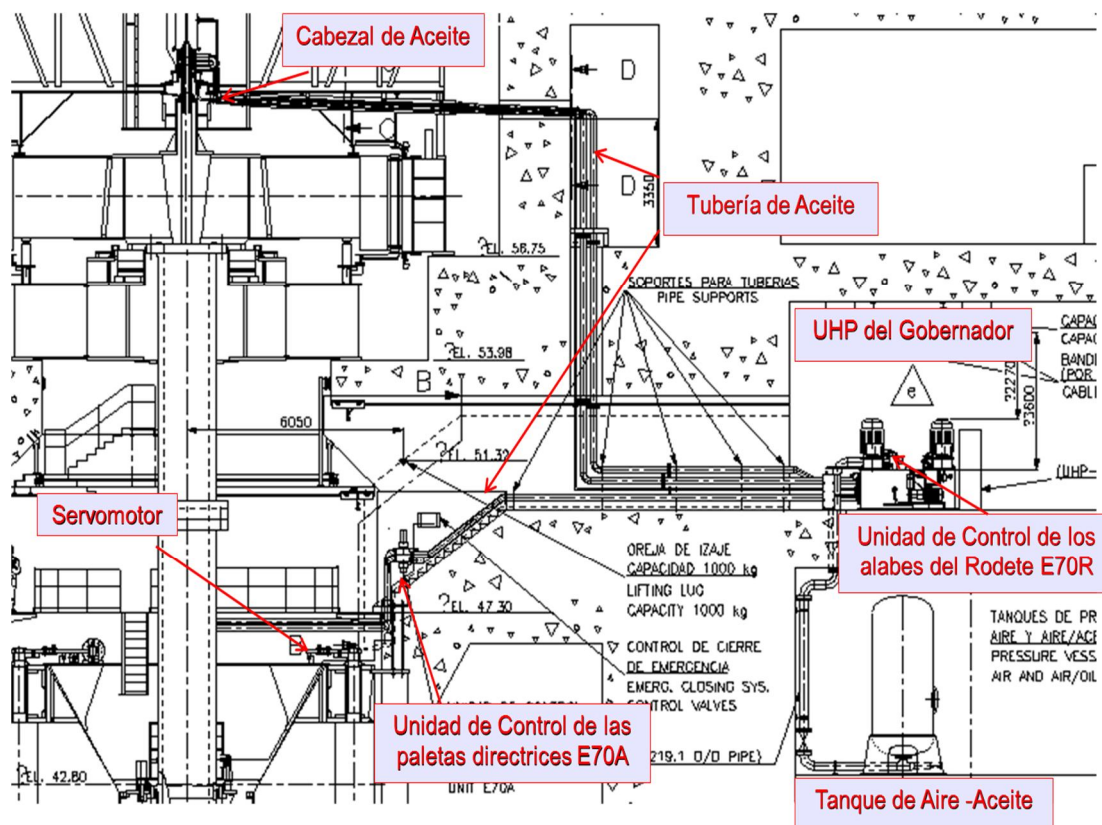


FIGURA # 5 Ubicación física del Sistema Gobernador.

Fuente: Presentación de Gobernador  
Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda

#### 4.2 Describir e Identificar el funcionamiento del Gobernador dentro del Macro Sistema Unidad Generadora de Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda, CORPOELEC

Como se mencionó en el objetivo anterior, 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.

#### 4.2.1 Componente del Sistema Gobernador

- *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.

#### 4.3 Ilustrar e Interpretar cada uno de los sub.-Sistemas del Gobernador de la Unidad Generadora de Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda, CORPOELEC

##### 4.3.1 CUBÍCULO ELECTRÓNICO DEL GOBERNADOR (CE - GOB)

**UBICACIÓN:** EL.57, en la galería de equipos Electrónicos

**CONTIENE:** El gobernador digital (micro-procesador programable), sistema de control manual independiente con todos sus accesorios.

##### **FUNCIONES CONTROLADAS POR EL (CE - GOB):**

###### **Modo Remoto:**

- Permitir el arranque
- Permitir el control de la velocidad para la sincronización

- Permitir el control de la potencia de salida y la parada de la unida}
- Generar reporte del estado del gobernador al momento de alarmas y disparos

#### **ALIMENTACIÓN:**

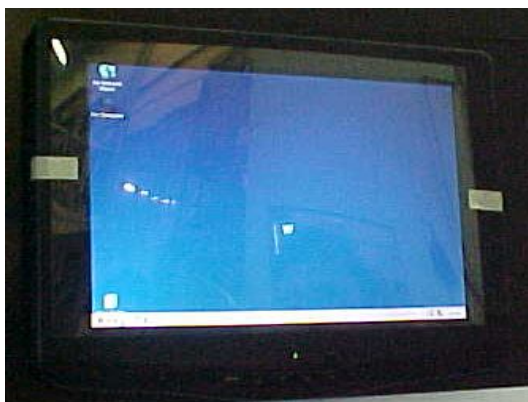
- 120Vca desde el TDAU y
- 125Vcc desde el TCU



**FIGURA # 6** Cubículo Electrónico del Gobernador (CE-GOB).  
*Fuente: Presentación de Gobernador  
Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda*

#### **Panel PC**

- **Fabricante:** Beijers
- **LCD display:** 12.1"
- **Tamaño de la pantalla:** 285.7x214.3 mm
- **Máxima resolución:** 800x600
- **Potencia:** Universal 90-240V
- **Dimensiones:** 312x309x162 mm
- **Peso:** 5 Kg.
- **Certificación:** FCC-B, CE, UL



**FIGURA # 7 Panel PC.**  
*Fuente: Presentación de Gobernador  
Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda*

### **Interface Hombre Maquina (MMI)**

La localización del control de esta secuencia de arranque y parada automática de las unidades dependerá de la posición del Conmutador de Selección ubicado en las estaciones de control de las unidades (local-fuera-remoto). La posición local del selector permite controlar la secuencia únicamente desde la IHM de las estaciones de control de las unidades.



**FIGURA # 8 Interface Hombre Maquina (MMI).**  
*Fuente: Presentación de Gobernador  
Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda*

### **Win-IPC**

- Fabricante: Advantech

- Win-PC Función: Maneja el programa del interface hombre máquina.
- Sistema Operativo Windows 2000

#### **Control-IPC**

- Control-IPC Función: Maneja el automatismo del sistema y realiza el monitoreo de la velocidad del gobernador.
- Sistema Operativo ARTOS



**FIGURA # 9 Win-IPC y Control-IPC.**  
*Fuente: Presentación de Gobernador  
Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda*

En el modo de operación automático la secuencia de arranque y parada se realizara mediante el programa para la secuencia de arranque y parada automática de la unidad respectiva.

El programa de secuencia de arranque y parada automática permite el control de la unidad mediante una serie de pasos, de un estado estable a otro.

**LOS ESTADOS ESTABLES EN LA SECUENCIA DE ARRANQUE SON:**

- Auxiliares detenidos

- Auxiliares arrancados
- Unidad girando a más del 90 % de la velocidad nominal sin excitación.
- Unidad excitada a voltaje nominal sin carga.
- Unidad sincronizada a la línea.

Los estados estables en la **secuencia de parada** son:

- Unidad sincronizada a la línea Unidad excitada a voltaje nominal sin carga
- Unidad girando a más del 90% de la velocidad nominal sin excitación
- Auxiliares Arrancados
- Auxiliares detenidos.

La secuencia de arranque y parada hace un chequeo inicial a fin de garantizar el cumplimiento de las condiciones necesarias para alcanzar el estado estable solicitado por el operador. El incumplimiento de una condición requerida por un estado estable posterior al solicitado no impide el arranque o la parada de la unidad. En caso de no cumplir las verificaciones correspondientes se debe presentar un mensaje en la IHM indicando esta situación.

La secuencia debe hacer un chequeo de las condiciones requeridas para la ejecución de cada paso, y en caso de incumplimiento de una o más condiciones se deberá interrumpir la secuencia y generar un mensaje a la IHM indicando esta situación.

El programa permite interrupciones en cualquier estado de la secuencia de arranque y parada, incluyendo las transiciones entre un estado estable y otro, en cuyo caso está diseñado para regresar al último estado estable alcanzado para el momento de la interrupción. A partir de esta condición el operador debe poder seleccionar cualquier paso de la secuencia de arranque o de parada.

En caso de la interrupción de la secuencia de arranque y parada debido a una falla en la ejecución del programa se deberá presentar un mensaje en la IHM notificando las causas por las cuales la secuencia fue interrumpida y las discrepancias entre el estado solicitado y el estado actual de la unidad.

El programa de la secuencia arranque parada deberá verificar la ejecución de los comandos generados, supervisando el tiempo transcurrido



entre la activación del comando y la respuesta esperada. En caso de superarse el tiempo predeterminado se deberá interrumpir la ejecución de la secuencia y generar un mensaje a la IHM notificando la situación y las condiciones de la unidad.

La secuencia de arranque y parada deberá permitir una vez iniciada pasar del modo de operación automático al modo de operación manual y viceversa, partiendo del último estado estable alcanzado en el modo de operación.

REQUERIMIENTOS DE LA IHM. la secuencia de arranque y parada automática de la unidad se deberá controlar mediante despliegues de alta resolución gráfica.

Los despliegues de la IHM deberán mostrar en forma dinámica los estados estables y las condiciones asociadas para la secuencia de arranque y parada.

Por medio de los despliegues de la IHM deberá ser posible escoger cualquiera de los estados estables permitidos en el modo de operación automático. Una vez comenzada la secuencia el operador deberá poder observar el progreso de la misma.

El operador deberá poder interrumpir la secuencia de arranque y parada en cualquier momento durante la ejecución de los pasos.

Para el modo de operación manual los despliegues deberán permitir al operador la verificación dinámica de las condiciones presentes en la unidad y el envío de los comandos requeridos para efectuar el arranque y la parada de las unidades.

El operador deberá ser informado de todas las fallas ocurridas durante la ejecución de la secuencia de arranque y parada de las unidades. Se deberá requerir el reconocimiento de las mismas por parte del operador.

Programación de la **secuencia de arranque de emergencia**.

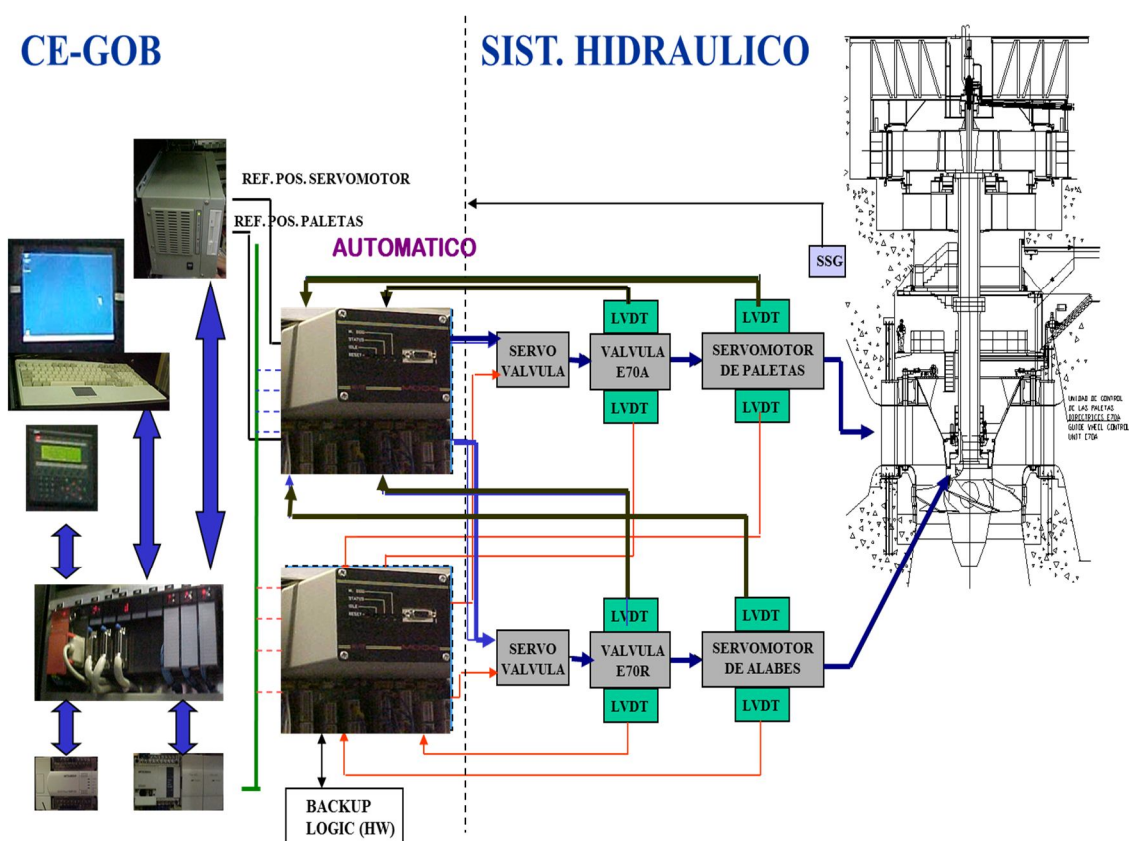
Este Modo será usado para la energización de los equipos auxiliares de la casa de máquinas ante una caída de planta.

Deberá ser iniciada a través de un comando ejecutado por el operador en la IHM. El programa deberá permitir que el operador a través de la IHM realice la interrupción en cualquier etapa de la secuencia de arranque de

emergencia, en tal caso se debe presentar un mensaje en la IHM indicando el estado actual de la unidad. Partir de este estado el operador deberá poder, a través de la secuencia de parada, llevar la unidad hasta la secuencia de reposo.

Este programa deberá verificar la ejecución de los comandos generados, en forma similar al programa de arranque automático.

En caso de interrupción de la secuencia de arranque de emergencia debido a una falla en la ejecución del programa se deberá presentar un mensaje en la IHM notificando las causas por las cuales la secuencia fue interrumpida y el estado actual de la unidad.

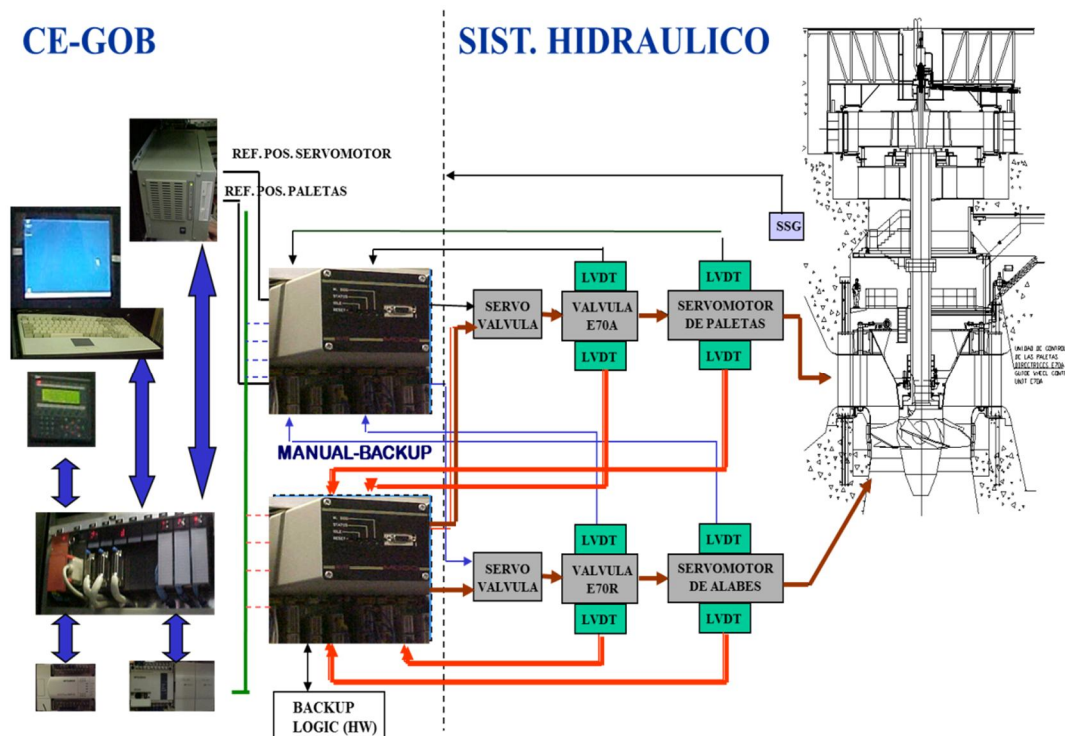


**FIGURA # 10 C-E GOB (Automatico).**  
**Fuente: Presentación de Gobernador**  
**Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda**

El programa de arranque y parada de la unidad en el modo de operación manual verificara el envío de comandos desde la IHM y el cumplimiento de las condiciones preestablecidas. 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.



**FIGURA # 11 C-E GOB (Manual).**  
**Fuente: Presentación de Gobernador**  
**Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda**

#### 4.3.2 CUBÍCULO DE CONTROL DE MOTORES DEL GOBERNADOR (CCM-GOB)

En este cubículo se encuentran ubicados todos los equipos y dispositivos de protección y control de los motores para las:

- Bombas Principales BG1-BG2
- Bomba Reforzadora BRG
- Bomba de enfriamiento de Aceite BEAG

**CONTROL:** Las acciones de control son determinadas mediante lógica PLC

### Características:

Se cuenta con un gabinete de acero de superficie lisa, unido mediante placas. Dividido en Cinco (5) secciones.

En la parte Inferior del CCM-GOB están ubicados amortiguadores para disminuir los efectos de vibración que puedan ocurrir en la galería



**FIGURA # 12 CUBÍCULO DE CONTROL DE MOTORES DEL GOBERNADOR (CCM-GOB)**  
Fuente: Presentación de Gobernador  
Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda

### 4.3.3 CUBÍCULO DE CONTROL DE UNIDAD HIDRÁULICA DE POTENCIA (CC-UHP-GOB):

En este cubículo se ubican todos los dispositivos y equipos de Protección y Control de la Unidad Hidráulica de Potencia.

- La CC – UHP se encuentra ubicada en la elev. 50.00.
- En este cubículo se ubican todos los dispositivos y equipos de Protección y Control de la Unidad Hidráulica de Potencia.
- El Control es ejercido mediante un PLC



**FIGURA # 13 CUBÍCULO DE CONTROL DE UNIDAD HIDRÁULICA DE POTENCIA (CC-UHP-GOB):**

*Fuente: Presentación de Gobernador  
Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda*

## Disposición del Panel Frontal

Sistema Hidráulico de Potencia



**FIGURA # 14 Panel Frontal de CC-UHP-GOB**

*Fuente: Presentación de Gobernador  
Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda*

### Características:

Conmutadores de Control de 3 Posiciones, con Retornos a la posición central neutra a través de resortes. Usados para “Incrementar – Mantener - Disminuir:

- Control Manual del Estatismo
- Control Manual de la Posición de Alabes
- Control Manual de apertura de Paletas Directrices
- Control Manual Del Límite de Apertura de Paletas Directrices
- Control Manual de Velocidad
- Control Manual de Potencia

Conmutadores de Control de 2 Posiciones

- Con contactos magnéticos: Control de la Unidad Local - Remoto
- Un Conmutador de Selección de 3 posiciones con contactos magnéticos y con llave:
- Gobernador – Manual - Prueba

Siete (7) Luces Indicadoras de color **Rojo**:

- Perdidas Excesivas Cabezal de Distribución
- Nivel de Aceite Bajo – Tanque Sumidero
- Unidad Deslizando
- Presión Insuficiente Cubo del Rodete
- Frenos Aplicados
- Falla del Gobernador
- Paro de Emergencia

Cinco (5) Luces Indicadoras de color **Blanco**:

- Prueba
- Operación Manual
- Operación del Gobernador
- Paro Parcial a Velocidad Sin Carga
- Lubricación Hidrostática del Cojinete de Empuje Funcionando

Cuatro (4) Luces Indicadoras Blancas

- Modo de Prueba
- Control de Velocidad: Operación en Paralelo, Operación Unidad Aislada

- Control de Potencia con Influencia de Frecuencia
- Botoneras Para Prueba

### Interfaz Humano – Maquina:

- Muestra las operaciones necesarias de manera estructurada
- Genera detalladamente mensajes (error) durante y después de la situación de alarma.
- Facilita la calibración y configuración del sistema durante pruebas y puesta en marcha.



**FIGURA # 15 Interfaz Humano-Maquina de CC-UHP-GOB**  
*Fuente: Presentación de Gobernador  
Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda*

### Panel Interno CC – UHP – GOB

**Disposición del Panel Interno:** 1PLCs con 2 Racks(-A0 y -A1): Marca Mitsubishi, equipada con:

- 2 Fuente de Voltaje de 24Vdc, A1S63P
- 1 CPU, A1SH – CPU
- 2 Unidad de Entradas Digitales de 32 Canales, A1SX81



- 2 Unidad de Salidas Digitales de 32 Canales, A1SY81
- 1 Unidad de Conmutación, A1SJ71AT21B
- 3 Unidad de Entradas Análogas de 4 Canales, A1S64AD
- 2 Unidad de Salidas Análogas de 8 Canales, A1S68DAI
- EEPROM – 30K, PROGRAMSTEP, A2SNMCA – 30KE
- Modulo DUMMY, A1SG60



**FIGURA # 16 Racks(-A0 y –A1): Marca Mitsubishi**  
**Fuente: Presentación de Gobernador**  
**Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda**

#### 4.3.4 Unidad Hidráulica De Potencia (UHP-GOB)

La unidad hidráulica de potencia UHP está ubicada en la elevación 50.00, cerca o por encima del tanque sumidero de aceite del sistema de gobernación. 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.

### **Función:**

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.

### **Tanque sumidero**

El tanque sumidero forma la base para las bombas y las válvulas de las bombas. Este contiene un volumen de aceite igual a 5 veces la capacidad de las bombas de presión por un minuto. Puede mantener todo el aceite que puede retornar al tanque por presión o gravedad con un extra de 15% de reserva para espumeo.

El tanque de retorno se divide por una pared interna en dos partes iguales el lado de las bombas y el lado de retorno del aceite, al fin de facilitar una completa filtración de todo el aceite de retorno.

Cada unidad del tanque tiene su propia cubierta atornillada. Los niveles de aceite pueden ser vistos a través de los visores de vidrio.

### **Filtración:**

El tanque está equipado por conexiones por separado para filtración llenado de aceite y drenaje del aceite

El tanque está equipado con un filtro respirador de aire tipo reemplazable.

### **Características**

- Volumen total = 12,8 m<sup>3</sup>.
- Volumen de operación máx.= 8 m<sup>3</sup>.
- Volumen de operación normal = 6 m<sup>3</sup>.
- Volumen de operación mín.= 5,5 m<sup>3</sup>.



**FIGURA # 17 Tanque Sumidero**  
*Fuente: Presentación de Gobernador  
Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda*

### Bombas de la UHP-GOB

Hay tres bombas de circulación de aceite, dos bombas principales idénticas del tipo tornillo, con capacidad de 2.5 el volumen activo de los servo de las paletas y alabes, una bomba auxiliar o reforzada con una capacidad no menor de 1.5 veces las fugas máximas anticipadas al sistema de gobernación. Las bombas s pueden seleccionar para ejecutarse en cualquiera de los modos siguientes:

- **Bomba Principal N 1 BG1:** operara la presión en el sistema de gobernación baje de preestablecido. Es decir se mantendrá en Stand-BY para la Bomba reforzadora y será controlada por un interruptor de presión de la turbina y su finalidad es mantener la presión del sistema en Stand-Still.  
Marca: IMO  
Tipo: Tornillo ( Serie ALG).  
 $Q = 694 \text{ L/ min.}$   
 $P = 63 \text{ Bar.}$   
 $\text{rpm} = 1783$
- **Bomba Principal N 2 BG2:** Reserva para la bomba principal N 1 en caso de que no pueda arrancar en un tiempo determinado



Marca: IMO

Tipo: Tornillo ( Serie ALG).

$Q = 694 \text{ L/ min.}$

$P = 63 \text{ Bar.}$

$\text{rpm} = 1783$

- **Bombas Reforzadora BAG:** Operara continuamente con la turbina en servicio, cuando exista baja demanda de suministro de aceite para evitar ciclos frecuentes de las bombas principales

Marca: REXROTH.

Tipo: De volumen auto ajustable (BRG).

$Q = 126 \text{ L/ min.}$

$P = 63 \text{ Bar.}$

$\text{rpm} = 1760$

La bomba auxiliar o reforzadora se diseña para hacer frente al consumo de aceite del sistema durante su funcionamiento normal y operación constante, es de volumen Auto Ajustable es decir ajusta automáticamente el flujo para mantener la presión nominal del retorno y las válvulas de aislamiento. La bomba se monta en la cara del tanque sumidero, en los pies de goma, y es conectada por mangueras a la tubería para reducir la pulsación.



**FIGURA # 17 Bombas UHP- GOB**  
*Fuente: Presentación de Gobernador  
Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda*

**Válvula de descarga para arranque de la bomba N°1 y 2.**

- Marca: REXROTH.
- Tipo: Direccional de asiento 3/2 con accionamiento por solenoide.

**Válvula de retención para bombas N°1 y 2.**

- Marca: REXROTH.
- Tipo: Insertables de 2 vías, Función direccional.

**Válvula de alivio para bombas N°1 y 2.**

- Marca: REXROTH
- Tipo: Limitadora de presión, Mando directo

**Circuito de Enfriamiento y Filtración**

Conformado con dos filtros cada uno con un indicador de suciedad eléctrico, dos enfriadores de aceite a base de agua, una bomba de enfriamiento de tipo tornillo con una capacidad de más de dos veces del consumo de aceite normal previsto durante el servicio. Dichos componentes se encuentran ubicados encima del tanque de sumidero.

La bomba de enfriamiento trabajara continuamente, incluso con la turbina en parada, para el propósito de mantener totalmente limpia la tubería del Sistema Hidráulico. El grado del filtro es de 6 Micrones y los cartuchos están de tipo reemplazable. La selección entre los dos filtros / enfriadores es hecha manualmente cambiando la posición de válvula 3/3. La válvula de solenoide es energizada por un termostato, ya que es necesario mantener la temperatura en 50 grados centígrados o menor.

Las Válvulas de aislamiento se proporcionan para facilitar el trabajo del mantenimiento, durante el servicio o en la parada.

El aceite se bombea de la cara de vuelta a través de un enfriador y el filtro montado en el tanque encima de la cara de la bomba. El aceite excedente que no se bombea en el tanque de presión desbordara la pared, de nuevo a la cara de vuelta del aceite.

**Bomba de circulación para enfriamiento y filtración**

- Marca: IMO
- Tipo: Tornillo (BEG)

- $Q = 420 \text{ L/min.}$
- $P = 10 \text{ Bar.}$



**FIGURA # 18 Bomba de Filtrado de Aceite**  
*Fuente: Presentación de Gobernador*  
*Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda*

#### **Filtro de aceite**

- Marca: PALL
- Tipo: Simple de baja presión.

#### **Válvula para agua de Enfriamiento**

- Marca: ASCO
- Tipo: Direccional 2/2, con solenoide.



**FIGURA # 19 Válvula para agua de Enfriamiento**  
**Fuente: Presentación de Gobernador**  
**Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda**

#### Válvula para enfriamiento

- Marca: PISTER KUGELHAHNE
- Tipo: Direccional 3/3, manual



**FIGURA # 20 Válvula para Enfriamiento**  
**Fuente: Presentación de Gobernador**  
**Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda**

### Enfriador de aceite.

- Marca: ALFA LAVAL
- Tipo: De placas corrugadas.
- Presión máx. de trabajo = 10 Bar.
- Máx. superficie transferencia= 165 m<sup>2</sup>.



**FIGURA # 21 Enfriador de aceite**  
**Fuente: Presentación de Gobernador**  
**Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda**

### Válvulas Automáticas 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.

### Válvula Solenoide

- Marca: REXROTH



- Tipo: Direccional 4/2, activada automática y manualmente, con enclavamiento mecánico.

#### Válvula desviadora.

- Marca: HYDROLUX ( MOOG)
- Tipo: Insertables de 2 vías.
- Flujo: 450 Lts/min.(  $\Delta P = 6$  Bar).

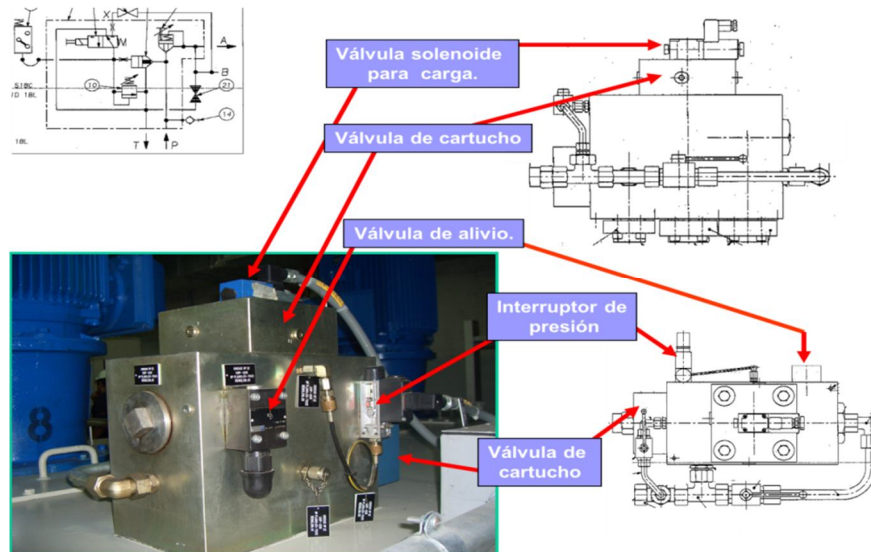
#### Válvula principal de cierre de aceite de los servomotores de las paletas.

##### Marca: HYDROLUX (MOOG)

- Tipo: Insertables de 2 vías.
- Flujo: 3000 Lts/min.(  $\Delta P = 6$  Bar).

#### Válvula principal de cierre de aceite de los servomotores de los alabes.

- Marca: HYDROLUX (MOOG)
- Tipo: Insertables de 2 vías
- Flujo: 4500 Lts/min.(  $\Delta P = 6$  Bar).



**FIGURA # 22 Válvulas Automáticas de separación doble**

*Fuente: Presentación de Gobernador  
Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda*

### **Unidad de Control de Alabes del Rodete (E70R) (Válvulas Piloto Automáticas / Respaldo)**

Esta unidad de control convierte y amplifica la señal eléctrica desde el gobernador a un flujo correspondiente de aceite al servomotor de los alabes.

La válvula principal E70 R:

Consiste en una válvula corredera de 4/3 la válvula está equipada con tornillos limitadores de carrera mecánica para ajuste de tiempo de apertura y para cierre rápido La válvula principal está equipada con dos transductores de posición FEED BACK para mejorar la respuesta. Uno de los transductores es usado para la operación automática y el otro para el respaldo Ellas son parte del anillo interno de FEED BACK del sistema del gobernador.

La E70 R está montada en posición horizontal en el tope del tanque sumidero.

#### **Bloque de la válvula piloto**

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

La válvula automática / respaldo junto con las válvulas son usadas por selección entre los dos transductores electro – hidráulicos disponibles uno para automático y uno para la operación de respaldo es indicado por preso suiches

#### **Válvula Automática / Respaldo.**

- Marca: REXROTH
- Tipo: Direccional 4/2, con accionamiento por solenoide y manual

#### **Válvula de retención.**

- Marca: SUN
- Tipo: Actuada por piloto, tres vías.
- Flujo: 120 L/Min.

### Servoválvula de cambio para los alabes del rodete.

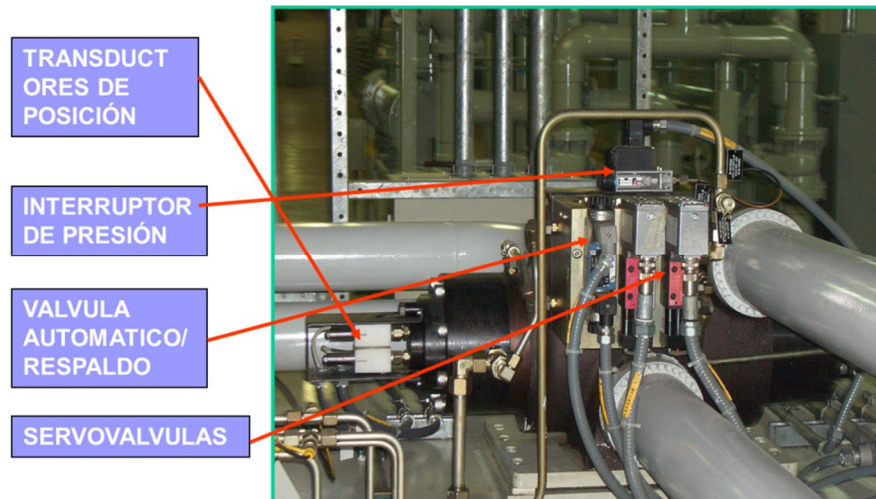
- Marca: MOOG
- Tipo: Válvula servo-proporcional de manejo directo, con circuito electrónico de retroalimentación de posición.

### Válvula de actuación

- Marca: SUN
- Tipo: Insertable 2/2,

### Válvula proporcional

- Marca: KVAERNER
- Tipo: Direccional 4/3, con accionamiento hidráulico y manual.



**FIGURA # 23 Válvulas E70R, Valvula De Control De Alaves**

**Fuente: Presentación de Gobernador**

**Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda**

**Válvulas de Arranque, Parada y Disparo de Emergencia**

Esta incluye 3 válvulas solenoides para servicio, parada y parada de emergencia las válvulas son operadas por señales deslizantes.

La válvula de arranque y parada es operada internamente a la posición de servicio por la válvula de arranque y en la posición de parada por



una o ambas de las válvulas de parada El modo servicio parada es indicado por el preso suiche.

La válvula arranque parada abre el suministro de presión piloto de aceite a la unidad de control E70 en la posición servicio. En posición parada esta aísla (bloquea) las válvulas piloto y activa la corredera de la válvula principal a la posición cerrada

#### **Válvula de arranque y parada.**

- Marca: REXROTH
- Tipo: Direccional 4/2, con accionamiento hidráulico y anclaje.

#### **Válvula Solenoide para arranque.**

- Marca: REXROTH
- Tipo: Direccional de asiento 3/2 con accionamiento por solenoide.

#### **Válvula solenoide de parada.**

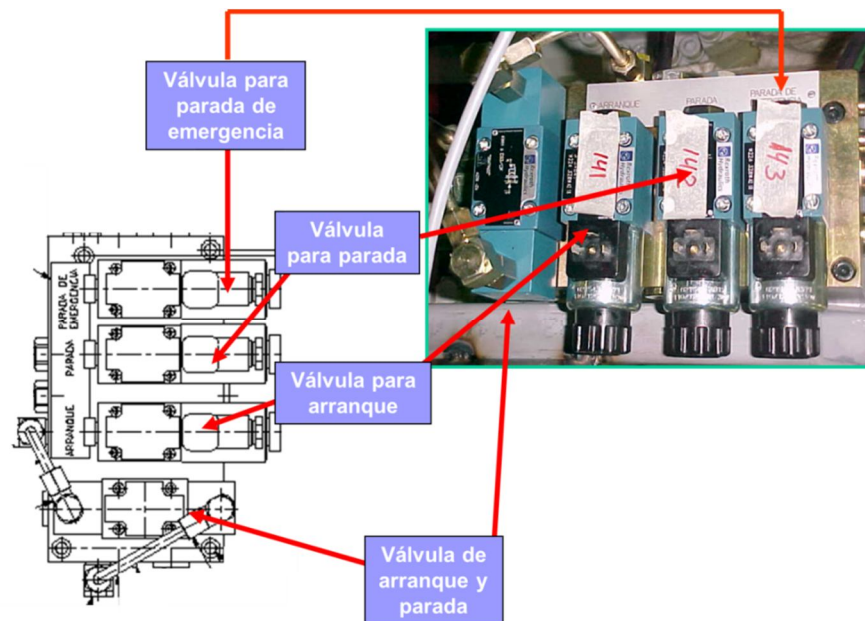
- Marca: REXROTH
- Tipo: Direccional de asiento 3/2 con accionamiento por solenoide.

#### **Válvula solenoide de parada de emergencia.**

- Marca: REXROTH
- Tipo: Direccional de asiento 3/2 con accionamiento por solenoide.

#### **Válvula de lanzadera.**

- Marca: SUN
- Tipo: Insertable 2/2



**FIGURA # 24 Válvulas de Arranque, Parada y Disparo de Emergencia**

*Fuente: Presentación de Gobernador  
Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda*

### **Unidad de Control de Paletas Directrices (E70A) (Válvulas Piloto, Válvulas Automáticas/ Respaldo de Paro de Emergencia)**

#### **Válvula Automática / Respaldo.**

- Marca: REXROTH
- Tipo: Direccional 4/2, con accionamiento por solenoide y manual

#### **Válvula de retención**

- Marca: SUN
- Tipo: Actuada por piloto

#### **Servoválvula para las paletas directrices (automático).**

- Marca: MOOG
- Tipo: Válvula servo-proporcional de manejo directo, centro cerrado, con circuito electrónico de retroalimentación de posición.

#### **Servoválvula para las paletas directrices (respaldo)**

- Marca: MOOG

- Tipo: Válvula servo-proporcional de manejo directo, centro cerrado, con circuito electrónico de retroalimentación de posición.

**Válvula de actuación**

- Marca: SUN
- Tipo: Insertable 2/2

**Válvula de lanzadera.**

- Marca: SUN
- Flujo: 10 L/min

**Válvula de cierre emergencia 2/2.**

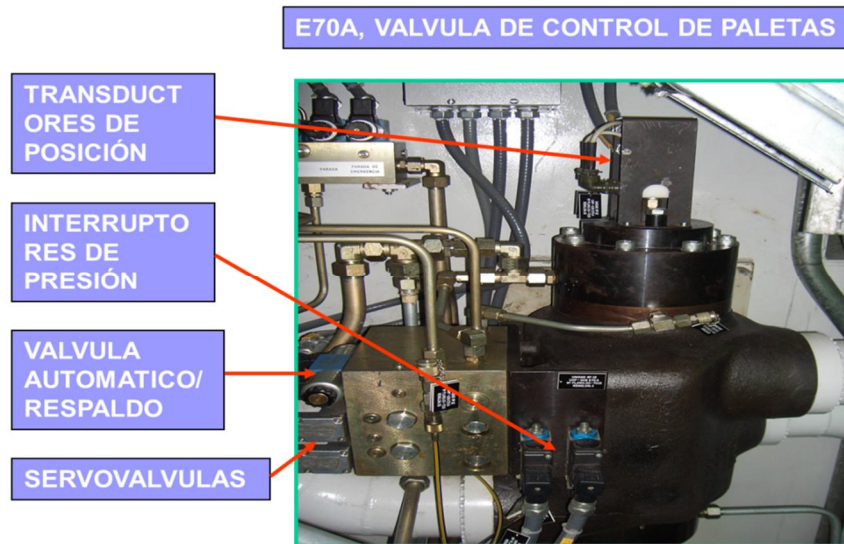
- Marca: SUN
- Tipo: Insertable, 2 vías

**Válvula de control del tiempo de cierre en dos etapas de las paletas directrices**

- Marca: SUN
- Tipo: Proporcional 4/2

**Válvula del servomotor de las paletas directrices.**

- Marca: KVAERNER
- Tipo: Direccional 4/3, con accionamiento hidráulico y manual.



**FIGURA # 25 Válvula E70A, Valvula De Control De Paletas**  
**Fuente: Presentación de Gobernador**  
**Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda**

### Tanque de Presión Aire – Aceite

El principal propósito del tanque de presión y es suministrar presión de aceite al sistema de gobernación para movimientos rápidos de los servomotores y energía almacenada para cierre de las paletas en caso de falla de las bombas. Uno de los tanques contiene solo aire y el otro aire y aceite.

Ellos están interconectados uno al otro a través de un tubo ubicado en la parte posterior. La capacidad de los tanques de presión es suficiente para permitir 3 carreras (cierre – apertura – cierre) de los servomotores sin las bombas en operación.

### Drenaje:

La válvula del sistema de drenaje de aceite del sistema a presión está colocada en el tanque sumidero la válvula de drenaje es usada para el drenaje del aire comprimido. Este tiene un silenciador La válvula es usada para el drenaje de agua de condensación desde el tanque de aire

La válvula y el acople rápido es usado para el drenaje de aceite.

### Válvula de seguridad:

Los tanques de presión son protegidos por una válvula de seguridad, la cual está conectada al tanque de aire comprimido y está ajustada para apertura en aproximadamente 7Mpa.

### Tanque de aire y de aire / aceite.

- Marca: CIMTAS
- Presión de diseño: 76 Bar
- Presión de trabajo : 63 Bar
- Presión de prueba : 114 Bar
- Volumen : 8 m<sup>3</sup>



**FIGURA # 26** Tanque de aire y de aire / aceite.  
*Fuente: Presentación de Gobernador  
Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda*

### Válvula de seguridad del tanque de presión de aire.

- Marca: sun
- Tipo: Válvula de alivio de presión.

### Filtro y separador de agua.

- Marca: GAVECO

### Válvula para suministro de aire comprimido.

- Marca: GAVECO.
- Tipo: Solenoide 2/2

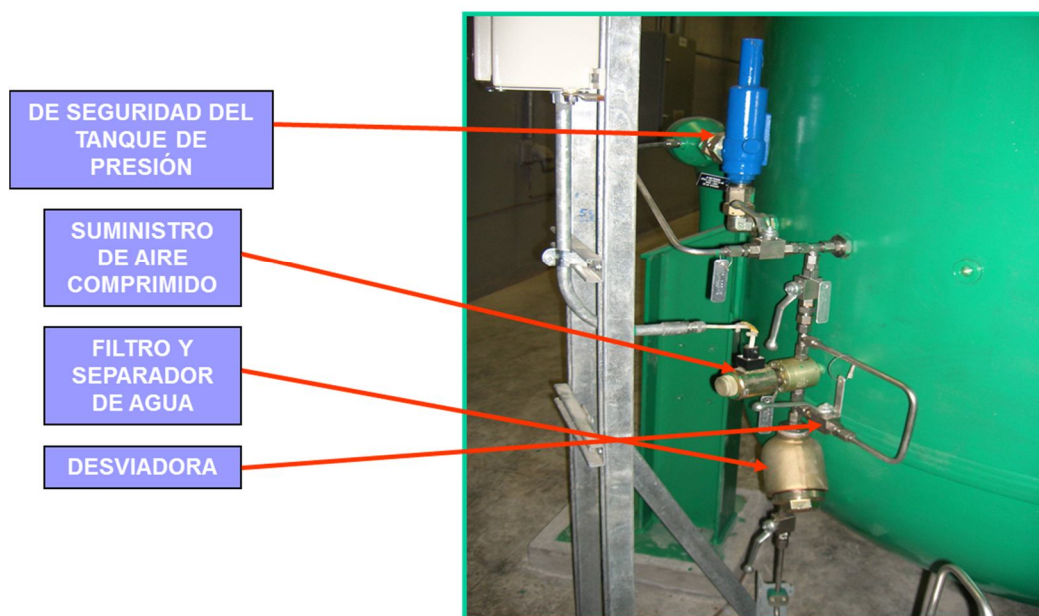
### Válvula de cierre principal del tanque de presión ( aire / aceite)

- Marca: GAVECO.
- Tipo: Válvula tipo Compuerta

### Válvula desviadora

- Marca: HYUPDONG
- Tipo: Válvula de Bola

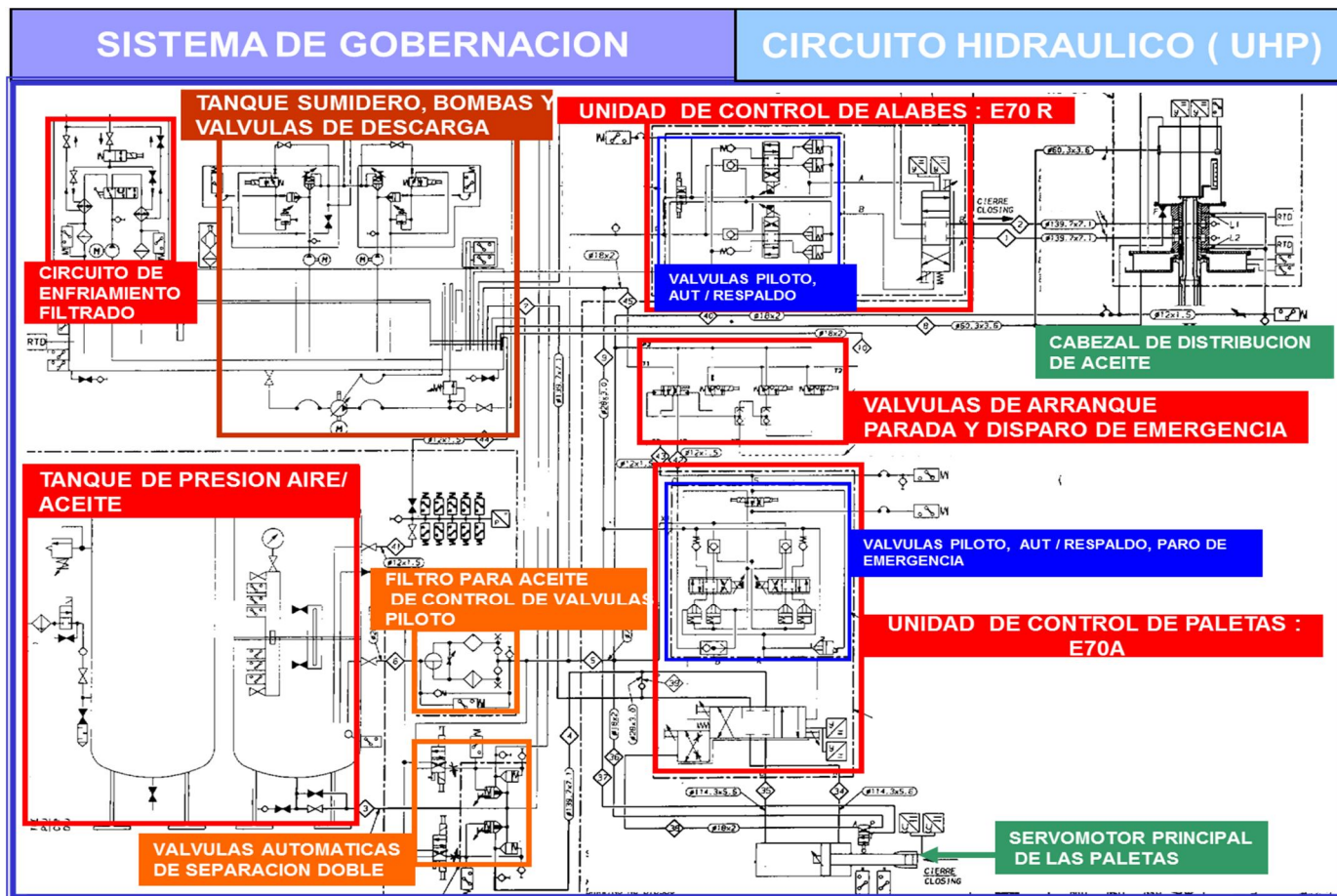
### VALVULAS DE CONTROL DEL TANQUE



**FIGURA # 27 Válvulas De Control Del Tanque.**

*Fuente: Presentación de Gobernador  
Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda*





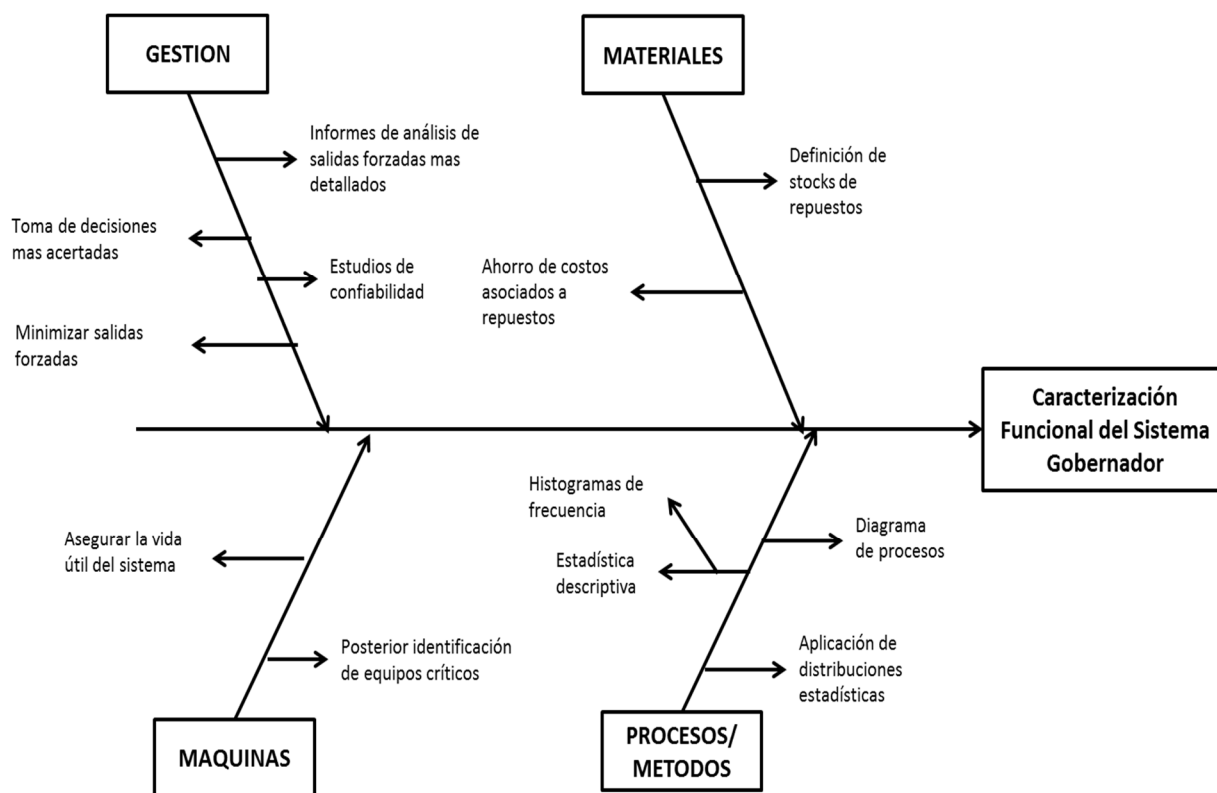
**FIGURA # 28 Circuito Hidráulico (UHP).**  
**Fuente: Presentación de Gobernador**

#### 4.4 Definir la Caracterización Funcional del Sistema Gobernador y de sus Sub-Sistemas en las Unidades Generadoras de Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda, CORPOELEC.

Mediante una representación gráfica del Sistema Gobernador que se ilustran las relaciones funcionales entre 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 (sistema) donde se generaliza la relación de funciones que tiene un Sub Sistema con otro; hasta la mayor desagregación específica de los equipos y elementos que posee pieza por pieza para que se cumpla el correcto funcionamiento.

##### 4.4.1 Diagrama de Ishikawa

Para poder observar mejor las razones por las cuales se realiza una Caracterización Funcional del Sistema Gobernador, utilizaremos el método de análisis de fallas de diagrama de Ishikawa.



**FIGURA # 29 Diagrama Ishikawa.**  
Fuente: El Autor



#### 4.4.2 Matiz FODA

Tomando en cuenta las Fortalezas, Debilidades, Oportunidades y Amenazas se presenta una Matriz FODA que permite conformar un cuadro de la situación actual del objeto de estudio:

Factores Internos	<u>FORTALEZAS</u>	<u>DEBILIDADES</u>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estructura instalada.</li> <li>Alta tecnología.</li> <li>Existencia de manuales.</li> <li>Personal calificado.</li> <li>Buen ambiente laboral</li> <li>Proactividad en la gestión</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Falta de mantenimiento oportuno</li> <li>Carencias en los repuestos</li> <li>Mantenimientos muy extensos</li> </ul>
Factores Externos	<u>OPORTUNIDADES</u>	<u>ESTRATEGIAS (FO)</u>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Necesidad del producto.</li> <li>Tendencias favorables en el mercado.</li> <li>Inexistencia de competencia</li> <li>Alianzas estratégicas que permitan el intercambio de conocimientos</li> <li>Futuras inversiones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se facilitara las alianzas estratégicas debido a la existencia de manuales en la empresa al momento de realizar inversiones futuras.</li> <li>Compenetración entre los trabajadores y las nuevas tecnologías.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Introducir modalidades de trabajo nuevas e innovadoras.</li> <li>Debido al prestigio que posee la empresa facilitar la obtención de repuestos</li> </ul>
	<u>AMENAZAS</u>	<u>ESTRATEGIAS (DA)</u>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Falta de divisas para la compra de repuestos.</li> <li>Altos costos de reparación y mantenimiento</li> <li>Cambios de hábitos de los consumidores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Motivar el uso eficiente de la energía por medio de los trabajadores.</li> <li>Precisión al hacer reparaciones o mantenimientos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reuniones para discutir lo necesario que se debe proporcionar al personal para hacer los debidos mantenimientos</li> </ul>

**FIGURA # 30 Matriz FODA.**

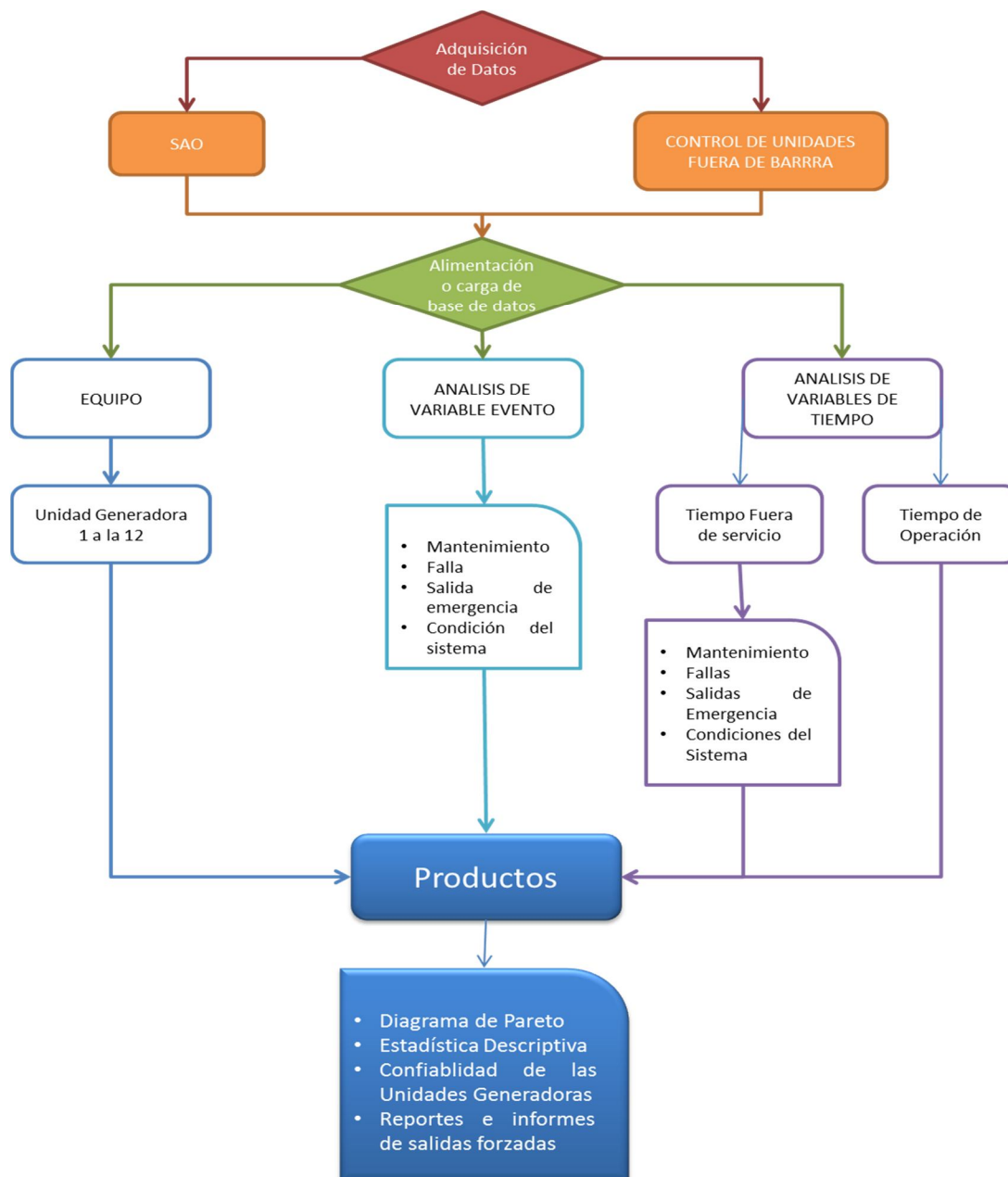
*Fuente: El Autor*

Esto permitirá 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 de los activos de la Coordinación de Ingeniería de Mantenimiento.

#### **4.4.3 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 Ingeniería de Mantenimiento Caruachi:

Actualmente dispone de un Macro Sistema de doce (12) Unidades Generadoras ubicado en la Casa de Maquinas éstas 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 y de análisis de modos y efectos de fallas.



**FIGURA # 31 Diagrama de Flujo (Actual).**

*Fuente: El Autor*

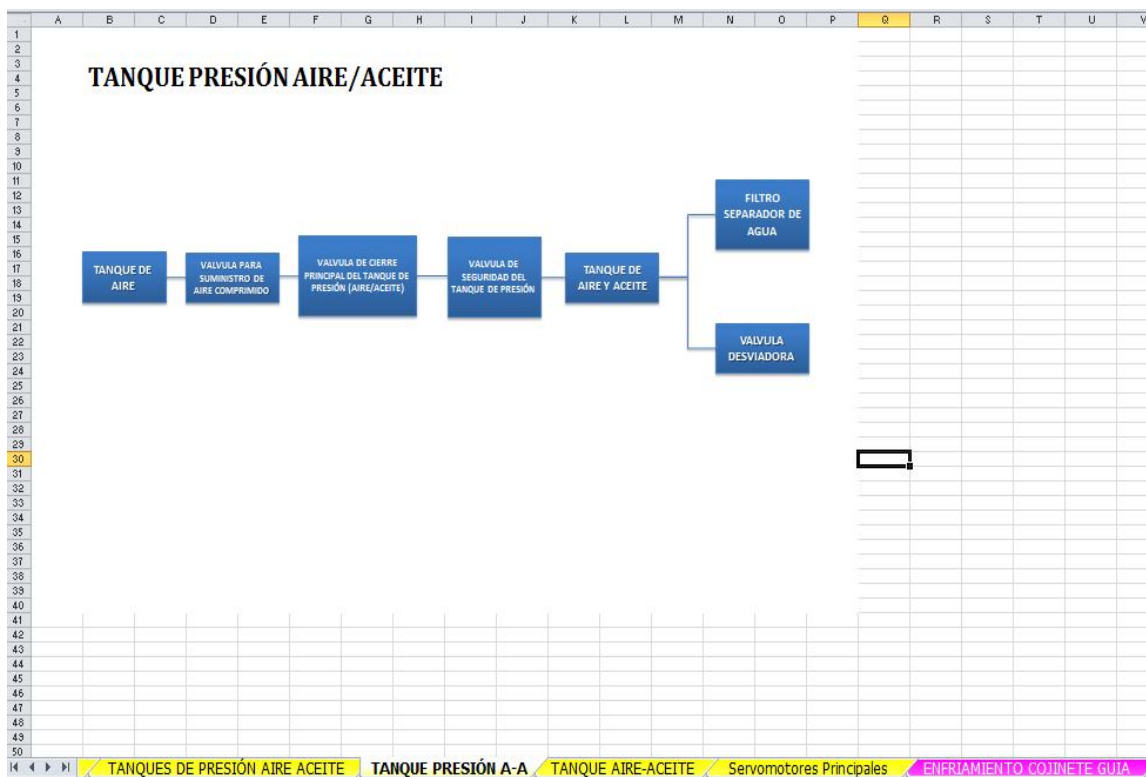
#### 4.4.4 Caracterización Funcional

Se logró alcanzar una clasificación principalmente en cuatro (4) grupos de diagramas como son:

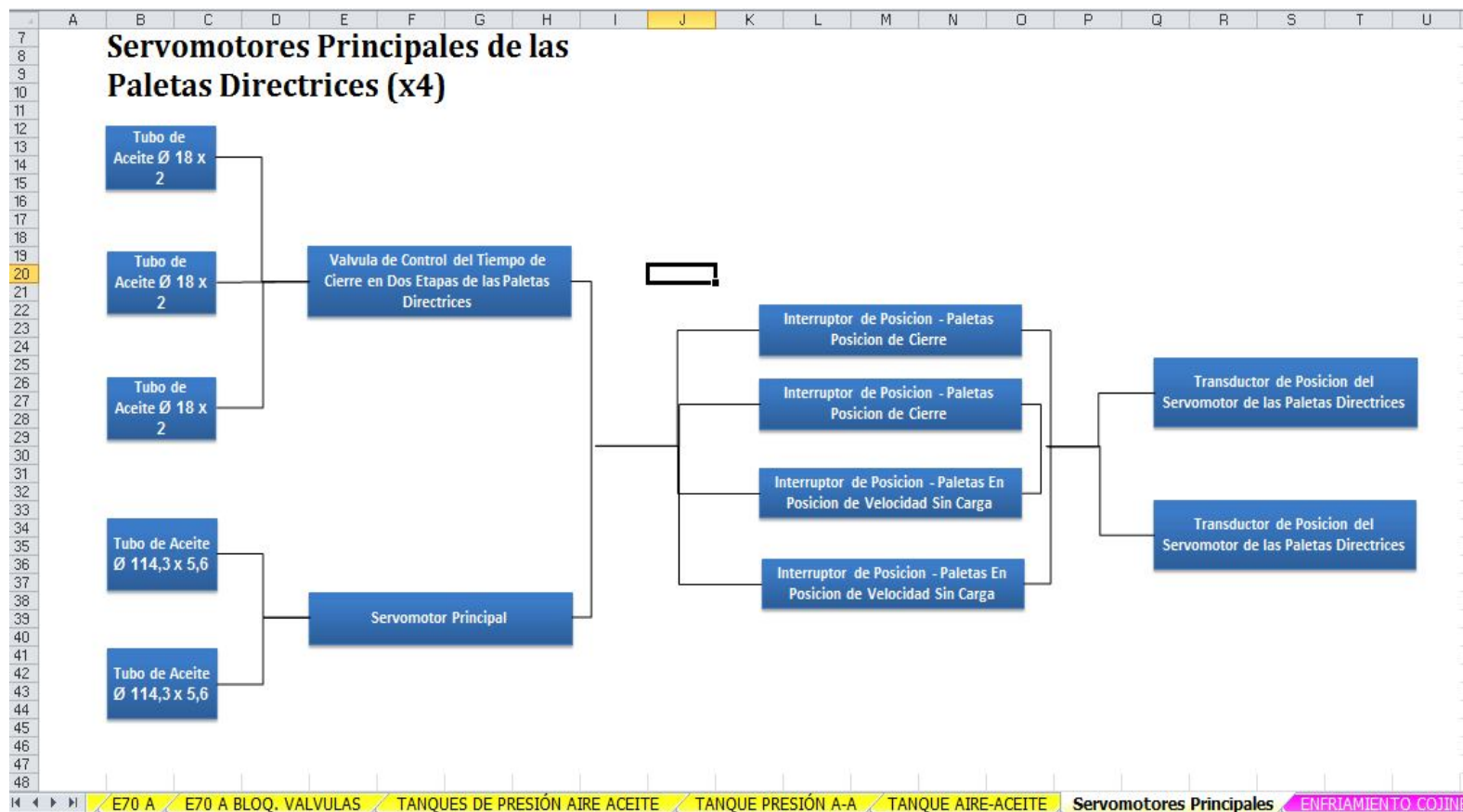
1. Cubículo Electrónico del Gobernador (CE-GOB).

2. Red de Tuberías del Gobernador
3. Unidad Hidráulica de Potencia del Gobernador
4. Equipos Auxiliares del Gobernador

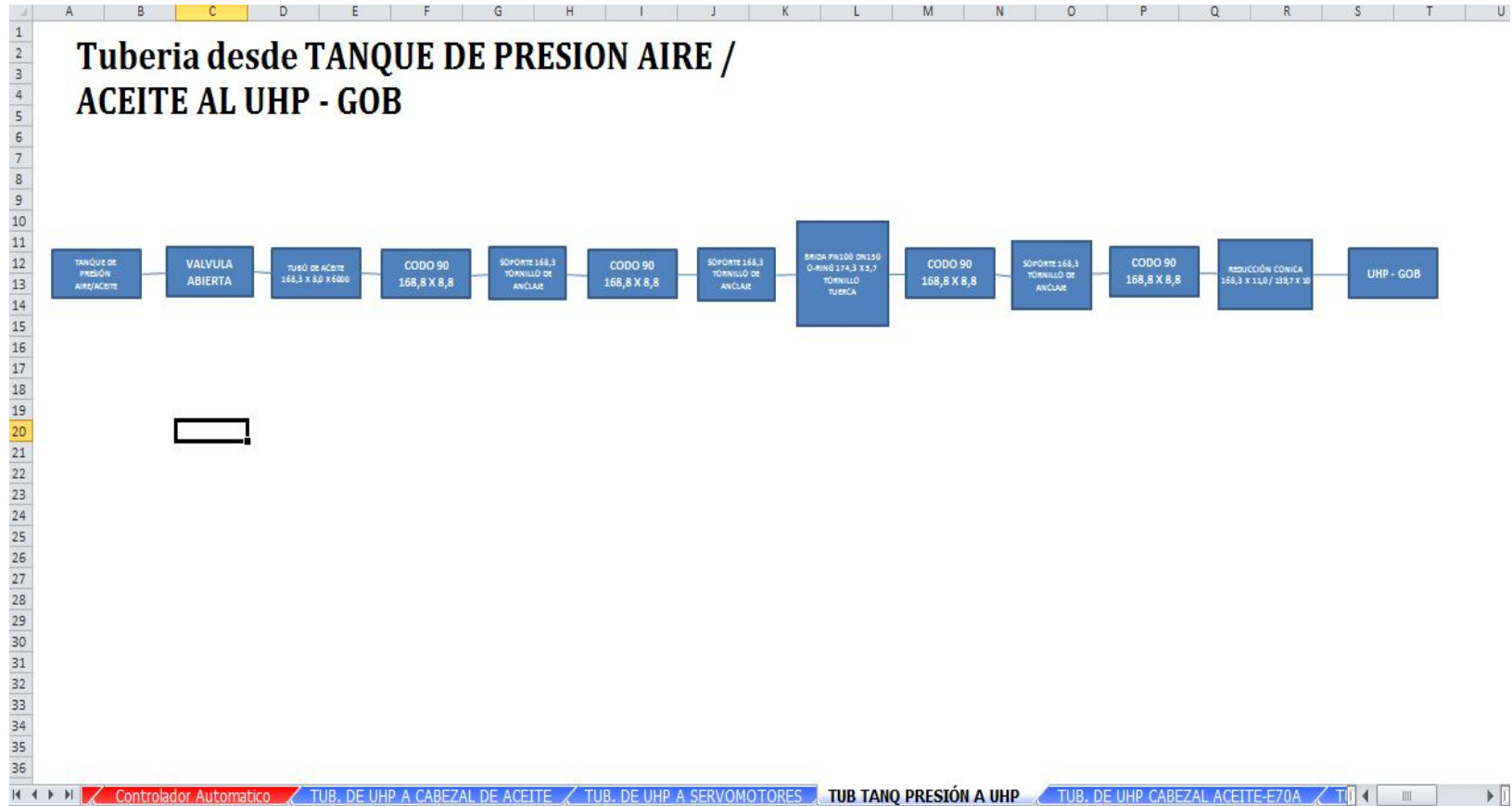
Comprendiendo en este trabajo de caracterización funcional un total de treinta y cuatro diagramas (34) hechos en un documento de Microsoft Excel muy detallados de los equipos e instrumentación con su relación dentro del Sistema o Sub-Sistema que se desee al momento de consultar la funcionalidad y relación. 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.



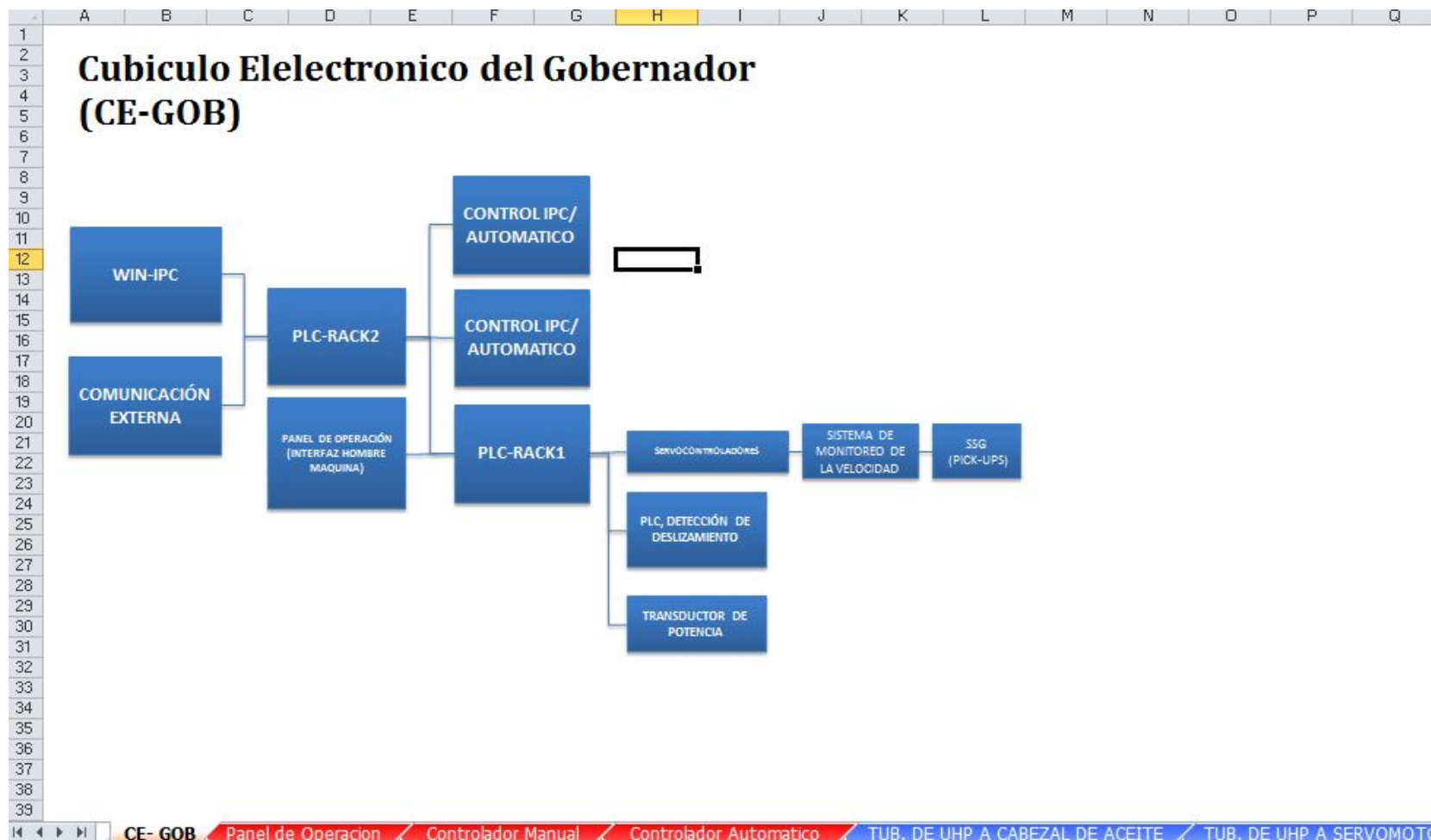
**FIGURA # 32 Diagrama Funcional**  
**Tanque Presión Aire/Aceite**  
*Fuente: Autor*



**FIGURA # 33 Diagrama Funcional  
Servomotores Principales**  
*Fuente: Autor*



**FIGURA # 34 Diagrama Funcional**  
**Tubería desde Tanque de Presión al UHP-GOB**  
*Fuente: Autor*



**FIGURA # 35 Diagrama Funcional**  
**Cubículo Electrónico del Gobernador (CE-GOB)**  
*Fuente: Autor*



La caracterización permitirá un estudio más preciso de los estudios estadísticos y adecuación de los productos de Ingeniería de Mantenimiento para la toma de decisiones contribuyendo al proceso como se muestra a continuación.

#### 4.4.5 Diagrama de Flujo (Propuesto)

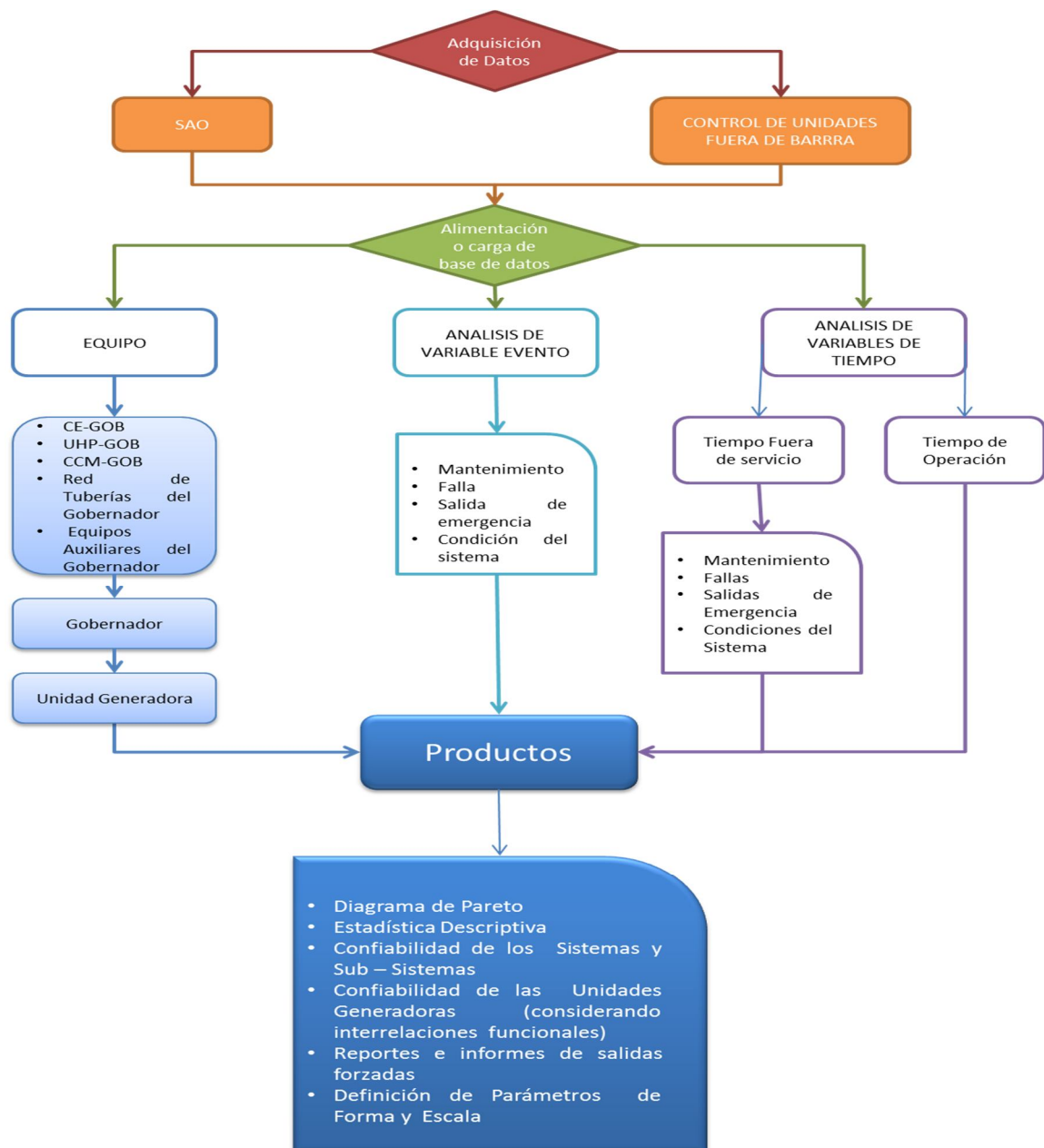


FIGURA # 36 Diagrama de flujo (Propuesto).

Fuente: El Autor

La importancia de poseer una Caracterización Funcional 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 mas exacta y detallada de los procesos, así como mejorar las prácticas de mantenimiento, mediante la incorporación de esta herramienta y estándares que el ciclo de vida de los activos de la Coordinación de Ingeniería de Mantenimiento

## CONCLUSIONES

Mediante la realización de la presente investigación, se pudo cumplir satisfactoriamente con todos y cada uno de los objetivos planteados en este proyecto, gracias al levantamiento realizado en la Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda.

- Se recopiló información técnica necesaria para Identificar los Sistemas componentes que conforman las Unidades Generadoras de CORPOELEC Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda
- Se Describió e Identifico de forma exacta el funcionamiento del Gobernador dentro del Macro Sistema Unidad Generadora de la Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda mostrando de manera exacta a las características encontradas durante el proceso.
- Por medio de la observación directa y de estudio de planos encontrados en la Coordinación de Ingeniería de Mantenimiento se alcanzó lustrar e Interpretar cada uno de los Sub-Sistemas del Gobernador de la Unidad Generadora de CORPOELEC Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda
- Por medio de diagrama Ishikawa, matriz FODA, diagramas de Procesos y diagramas de Bloques Funcionales se logró Definir la Caracterización Funcional del Sistema Gobernador y de sus Sub-Sistemas en las Unidades Generadoras de CORPOELEC Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda.

## RECOMENDACIONES

- Ampliar la caracterización del resto de los Sistemas de las Unidades Generadoras.
- En función de los Sistemas hacer estudios de Confiabilidad de los Sistemas y Sub-Sistemas, Estudios de Confiabilidad de las Unidades Generadoras (Considerando interrelaciones funcionales), y definición de parámetros forma y escala.

## BIBLIOGRAFIA

- IERDROLA, ENDESA, SEVILLANA DE ELECTRICIDAD, UNION FENOSA (1994). Centrales Hidroeléctricas – Turbinas Hidráulicas, Tomo II “Editorial Paraninfo”
- ROJAS, Rosa. (1997). Orientaciones prácticas para la elaboración de informes de investigación. “Ediciones UNEXPO”. 2da edición.
- Kundur, P. “Power System Stability and Control” McGraw-Hill, 1994.
- Lewis Blackburn, J. “Protective Relaying Principles and Applications”, 2da edicion, Marcel Dekker, USA, 1998.
- Elmore, W. “Protective Relaying Theory and Applications”, 1a edicion, Marcel Dekker, USA,1982.
- Altuve Ferrer, H. “Curso Protecciones Plantas Generadoras”, 1a edicion, ICE, Costa Rica, 1998.
- Ing. Luis Nuñez. Presentación de Gobernador Central Hidroeléctrica Francisco de Miranda
- Marcos Arias. Repuestos de Gobernador.