

1-1-2001

## **Diseño y especificación del control automático de las secuencias de operación monitoreo y sistema de comunicación de la central hidroeléctrica Canoas**

Sandra Patricia Camacho  
*Universidad de La Salle, Bogotá*

Follow this and additional works at: [https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_electrica](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_electrica)

---

### **Citación recomendada**

Camacho, S. P. (2001). Diseño y especificación del control automático de las secuencias de operación monitoreo y sistema de comunicación de la central hidroeléctrica Canoas. Retrieved from [https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_electrica/329](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_electrica/329)

This Trabajo de grado - Pregrado is brought to you for free and open access by the Facultad de Ingeniería at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Ingeniería Eléctrica by an authorized administrator of Ciencia Unisalle. For more information, please contact [ciencia@lasalle.edu.co](mailto:ciencia@lasalle.edu.co).



**UNIVERSIDAD DE LA SALLE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**INVITA A SUSTENTACIÓN DE PROYECTO DE GRADO:**

**DISEÑO Y ESPECIFICACIÓN DEL CONTROL AUTOMÁTICO  
DE LAS SECUENCIAS DE OPERACIÓN - SUPERVISIÓN Y COMUNICACIÓN  
EN LA CENTRAL HIDROELECTRICA CANOAS**

**Agosto 17 de 2001**

**Hora: 7:30 pm**

**Lugar: Audiovisuales Aula 4**

**Presentado por: SANDRA PATRICIA CAMACHO**

**Director: ING. CAMILO VALDERRAMA MOLANO**

**Jurados: ING. LAURENCIO SILVA**

**ING. JOSE DÍAZ**

**Cra 2° No. 10 - 70 Bogotá, D.C - Teléfono 3 375050**

**e-mail: ielectrica@jupiter.lasalle.edu.co**

**DISEÑO Y ESPECIFICACIÓN DEL CONTROL AUTOMÁTICO DE LAS  
SECUENCIAS DE OPERACIÓN - MONITOREO Y SISTEMA DE  
COMUNICACIÓN DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA CANOAS**

**SANDRA PATRICIA CAMACHO**

**UNIVERSIDAD DE LA SALLE  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA  
BOGOTÁ  
2001**

DISEÑO Y ESPECIFICACIÓN DEL CONTROL AUTOMÁTICO DE LAS  
SECUENCIAS DE OPERACIÓN - MONITOREO Y SISTEMA DE  
COMUNICACIÓN DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA CANOAS

SANDRA PATRICIA CAMACHO  
MONOGRAFÍA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO ELÉCTRICO

DIRECTOR  
ING. CAMILO ARTURO VALDERRAMA MOLANO  
INGENIERO ELECTRICISTA

UNIVERSIDAD DE LA SALLE  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA  
BOGOTÁ  
2001

Nota de aceptación

---

Director de proyecto  
Ing. Electricista Camilo Valderrama

---

Ing. Laurencio Silva  
Jurado

---

Ing. José de Jesús Díaz  
Jurado

Bogotá, Agosto del 2001

A Dios, A mí familia por estar siempre conmigo en todo momento

A todas aquellas personas que me ayudaron  
y apoyaron en el transcurso de mi carrera

A EMGESA S.A, ingenieros y amigos de la  
entidad que confiaron en mí hasta último momento

Ni la Universidad, ni el asesor,  
ni el jurado calificador, son responsables  
por las ideas expuestas por el graduando.

## **AGRADECIMIENTOS**

El autor expresa sus agradecimientos a:

A EMGESA S.A ingenieros y amigos de la entidad, quienes siempre tendieron una mano fuerte y segura en el momento de la realización del trabajo, apoyando y brindando toda su colaboración laboral y personal, aportando ideas, métodos de acción, documentación pertinente y todo lo concerniente al buen avance del proyecto.

Al Ing. CAMILO VALDERRAMA quién siempre brindó un nuevo conocimiento, un consejo, una visión diferente ofreciendo alternativas de acción en todas las dificultades que se tuvieron durante la realización del proyecto. Además de su paciencia, entendimiento y confianza depositada en el autor para la realización del mismo.

A Profesores y amigos de la UNIVERSIDAD DE LA SALLE, quienes estuvieron siempre presentes en el momento de aclarar dudas, brindar las palabras adecuadas y el apoyo que prevalecerá, aún después de terminado el proyecto.

A Empresas como ALFATECNICA, FADALTEC, INSTRUMATIC, etc., las cuales siempre estuvieron dispuestas a suministrar información desinteresada a tiempo, para el buen entendimiento y desarrollo del proyecto.



## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	
INTRODUCCIÓN	
1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	1
1.1 ESTÁNDAR-EMGESA S.A.	1
1.2 PROPUESTA PLANTEADA	12
2. MARCO TEÓRICO	14
2.1 SECUENCIAS DE OPERACIÓN ACTUALES EN LA CENTRAL CANOAS	14
2.1.1 Secuencia de Arranque	14
2.1.2 Secuencia de Parada normal	16
2.1.3 Secuencia de Parada de emergencia-Cierre rápido	17
2.2 INSTRUMENTACIÓN	20
2.2.1 Definiciones según norma ISA (S5.1 - S5.1.1 - S5.3 - S5.5)	20
2.2.2 Características teóricas de los instrumentos según variables	23
2.3 NORMA IEC 1131/2 – SISTEMA AUTOMÁTICO	29
2.4 SISTEMA DE SUPERVISIÓN	35
2.4.1 Funciones	36
2.5 SISTEMA DE COMUNICACIÓN	40
2.5.1 Red de telemetría	43
2.5.2 Equipo de adquisición de datos	47
2.5.3 Estación maestra y esclava	48
3. INSTRUMENTACIÓN ACTUAL Y SU LOCALIZACIÓN	49
3.1 FILOSOFÍA	49
3.1.1 Instrumentos de Presión	49
3.1.2 Instrumentos de Nivel	54
3.1.3 Instrumentos de Flujo	57
3.1.4 Interruptores de Posición	58

3.1.5 Instrumentos de Temperatura	59
3.2 CONSIGNAS E INSTRUMENTACIÓN EXISTENTE	60
4. CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE FUNCIONAMIENTO EN LA INSTRUMENTACIÓN ACTUAL	69
5. SEGUIMIENTO DE SEÑAL DE LOS INSTRUMENTOS ACTUALES	79
6. ESPECIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS A SER IMPLEMENTADOS	87
6.1 CRITERIO DE SELECCIÓN DE INSTRUMENTOS ACTUALES	87
6.1.1 Características de funcionamiento según normas ISA e IEC	87
6.1.2 Análisis de las características de funcionamiento en los instrumentos actuales	94
6.2 NUEVAS TECNOLOGÍAS DE INSTRUMENTACIÓN	97
6.2.1 Instrumentos de Presión	99
6.2.2 Instrumentos de Nivel	100
6.2.3 Instrumentos de Flujo	106
6.2.4 Monitores de Velocidad	109
6.3 SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA A SER IMPLEMENTADA	110
6.4 ESPECIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS A IMPLEMENTAR	122
6.4.1 Especificación de un transmisor inteligente	124
6.4.2 Manejo de las señales análogas (4-20 mA, 0-10 V, etc.)	125
6.4.3 Especificación de los transmisores inteligentes de acuerdo a su tecnología	126
6.4.4 Especificación de módulos I/O para el PLC	135
7. SOPORTE LÓGICO	139
7.1 DISEÑO	140
7.2 LÓGICA DE CONTROL PROGRAMA PRINCIPAL	147
7.2.1 SECUENCIA DE PROTECCIÓN Y ALARMA	153
7.2.2 SECUENCIAS DE ARRANQUE	162
7.2.3 SECUENCIAS DE PARADA	189

8. SISTEMA DE SUPERVISIÓN	202
8.1 ESPECIFICACIÓN	203
9. SISTEMA DE COMUNICACIÓN	209
9.1 ESPECIFICACIÓN	209
10. CONCLUSIONES	219
RECOMENDACIONES	223
BIBLIOGRAFÍA	224
ANEXOS	

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Características instrumentos de Presión	24
Tabla 2. Características de instrumentos de Flujo - Volumétricos	23
Tabla 3. Características instrumentos de Flujo - Másicos	26
Tabla 4. Características de Instrumentos de Temperatura	28
Tabla 5. Entradas análogas	31
Tabla 6. Salidas análogas	33
Tabla 7. Guía para la selección de un Sistema de comunicaciones	41
Tabla 8. Ajuste del interruptor de Presión 13.8 kV	52
Tabla 9. Instrumentos de Temperatura actuales	60
Tabla 10. Instrumentación Tubería de admisión	61
Tabla 11. Instrumentación Tanque oleoneumático de Válvulas	62
Tabla 12. Instrumentación Válvula mariposa de admisión	63
Tabla 13. Instrumentación Turbina	64
Tabla 14. Instrumentación Regulador de Velocidad	66
Tabla 15. Instrumentación Regulador de tensión y Sistema de excitación	67
Tabla 16. Instrumentación Generador	67
Tabla 17. Instrumentación Tubería y Válvulas de derivación	68
Tabla 18. Características técnicas consideradas en la selección de instrumentos	89
Tabla 19. Especificación de un Transmisor inteligente	124
Tabla 20. Características comunes en Transmisores inteligentes	127
Tabla 21. Señales de entrada	136
Tabla 22. Señales de salida	136
Tabla 23. Módulo Entradas análogas	137
Tabla 24. Módulo Salidas con contacto relé	137
Tabla 25. Especificación de un sistema	203

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Estado de grupo (local)	10
Figura 2. Secuencia de Arranque actual	15
Figura 3. Secuencia de Parada Normal actual	17
Figura 4. Secuencia de Parada de Cierre rápido actual	18
Figura 5. Secuencia de Parada de Emergencia actual	19
Figura 6. Pautas para la selección de una Red de Telemetría	43
Figura 7. Sistema de adquisición de datos	48
Figura 8. Interruptor de Presión instalado en Interruptor de 13.8 kV	51
Figura 9. Conexión interna del interruptor de Nivel	55
Figura 10. Método de ajuste de interruptores de Nivel	55
Figura 11. Aspecto externo del Interruptor de Nivel	56
Figura 12. Medida de nivel con electrodos	101
Figura 13. Medida de nivel - Reflex Radar T.D.R	102
Figura 14. Medida de nivel - Radar	103
Figura 15. Sensor de flotador con transmisión magnética	104
Figura 16. Indicador con By-pass	105
Figura 17. Medida de flujo - Ultrasonido	106
Figura 18. Medida de flujo - Instrumentos Magnéticos	107
Figura 19. Medida de flujo – Fuerza de Coriolis	108
Figura 20. Monitor de velocidad	109
Figura 21. Conexión DIN, alambrado de un transmisor	126
Figura 22. Pre-cableado de Módulos I/O	138
Figura 23. Diseño del Sistema de comunicación	210

## **LISTA DE ANEXOS**

Anexo A. Instrumentación industrial instalada en la Central Hidroeléctrica Canoas

Anexo B. Características técnicas de las estructuras de la Central Hidroeléctrica  
Canoas

## RESUMEN

En el presente estudio se consideran los diferentes aspectos tenidos en cuenta para la implementación del estándar unificado de las secuencias de operación planteado por EMGESA S.A. para la Central Hidroeléctrica Canoas y las Centrales eléctricas que le pertenecen.

El estudio contiene la verificación de la existencia de la instrumentación industrial mediante el levantamiento de un inventario que contiene características generales de funcionamiento y las condiciones necesarias para que éstos puedan ser vinculados a un controlador lógico programable Allen Brabdley SLC 500; la información recolectada fue analizada de acuerdo al cumplimiento de normas relacionadas (ISA e IEC) y las condiciones ambientales que rodean el proceso. La conclusión de dicho análisis dictaminó cuales instrumentos debían ser reemplazados debido a sus deficiencias tecnológicas y pocas protecciones ante ambientes corrosivos, debido al hecho se investigaron las novedades en principios de medición, almacenamiento de datos (memoria EEPROM), medios de comunicación (HART, Fieldbus, etc.) y sistemas de protección más elevados; con el fin de poder especificar la tecnología adecuada y el tipo de control adecuado dentro de la secuencia, junto con la información reunida en el inventario.

La especificación de la instrumentación industrial está sujeta al cumplimiento de las características básicas presentes en la norma ISA S5.1.1 y a las condiciones para ser adaptados al sistema automático expuestas en la norma IEC 1131. El manejo de las señales análogas involucra la necesidad de especificar los módulos análogos o digitales, que necesita el PLC para el control lógico de la señal en el soporte lógico.

La segunda parte del estudio tiene como propósito el diseño del soporte lógico de las secuencias de operación establecidas en el estándar como Vacío-Acoplado, Rodando-Acoplado, Acoplado-Parada normal y Acoplado-Parada de emergencia, el diseño fue elaborado respetando el funcionamiento de las secuencias actuales (arranque y parada), las consignas de operación de los sistemas involucrados y los estados finales de la unidad con el fin de no interferir de manera severa en la implementación del estándar en la unidad.

La especificación del sistema SCADA es la última parte del estudio, la cual busca un control y supervisión desde la Estación de bombeo Muña III como la estación maestra y la Oficina técnica en Bogotá como estación esclava. La especificación considera la posible utilización de recursos existentes en la Central, el diseño de los despliegues mostrados al operador, la red de telemetría, las características de arquitectura y el número de puntos a ser controlados.

Los recursos humanos fueron parte vital en la recolección de la información, concerniente al funcionamiento de las secuencias de operación, de la instrumentación instalada y la indicación de aspectos relevantes para el diseño y especificación de los diferentes tópicos del trabajo.

Los recursos teóricos fueron adquiridos de aquellos libros que desarrollan los temas aquí expuestos, como instrumentación, telecomunicaciones, normas, de conocimientos e indicaciones recibidas de profesores de la Universidad y de las personas vinculadas a empresas como FADELTEC, ALFA TÉCNICA S.A., EBC, INSTRUMATIC, AUTOMATIZACIÓN AVANZADA las cuales brindaron apoyo técnico al proyecto con el suministro de catálogos e información de las nuevas tecnologías de instrumentación, sistemas de supervisión y tecnologías de comunicación.



La implementación del estándar unificado de las secuencias de operación a la Central Canoas unido a la instalación de instrumentación inteligente y el sistema SCADA permiten a la empresa la posibilidad de observar y controlar las secuencias, prevenir condiciones anómalas y la disponibilidad de una Central confiable y segura en todo momento.

## INTRODUCCIÓN

La Central Hidroeléctrica Canoas está ubicada cerca al municipio El Charquito en las afueras de Bogotá; inició operación en agosto de 1.972 con una unidad de 50MW alimentada con las aguas del río Bogotá provenientes de la Estación de bombeo Muña III. La Central consta de una turbina Francis, sistemas de regulación neumáticos e instrumentación electromecánica y trabaja mediante secuencias para la generación de energía (13.8 kV - 62 MVA).

Las secuencias establecidas en la Central son Arranque, Parada normal y Parada de emergencia, las cuales son desarrolladas mediante sistemas de control basados en contactores, relés de protección e instrumentación electromecánica. Las secuencias operan en la actualidad a pesar que la energía primaria de la Central ha cambiado, debido a la contaminación del río Bogotá (ácido sulfhídrico - H<sub>2</sub>S).

Con el proceso de transformación e infraestructura de la empresa EMGESA S.A., se pretende desarrollar un estándar de secuencias de operación unificadas en todas las Centrales eléctricas que le pertenecen, como un adelanto de las nuevas tecnologías y experiencias obtenidas a través del tiempo del grupo ENDESA. El estándar consiste en la implementación de un control automático de las secuencias de operación (arranque y paro) de la unidad generadora y la adaptación de un sistema SCADA.

Para la implementación del estándar a las centrales de EMGESA, se eligió como modelo la Central Canoas debido a que ésta desarrolla el proceso de generación de manera sencilla y abarca todas las acciones que se deben tomar para cualquier Central. La implementación comprende el estudio de la instrumentación actual

para su adaptación o sustitución con el fin de manipular la señal de salida hasta un lugar centrado, el diseño del soporte lógico de las secuencias de arranque (parada-acoplado, parada-vacío, vacío-acoplado y rodando-acoplado) y parada (acoplado-parada normal, acoplado-parada de emergencia) de la unidad, mediante la recopilación de las señales de verificación y orden en una única base de datos que supervise el estado de la unidad y la especificación de un sistema SCADA de control y monitoreo, el cual ejecute órdenes a distancia y elabore reportes con información detallada y completa del funcionamiento de las secuencias de operación; la especificación considera características de ubicación de la Central, recursos existentes y la posibilidad de que la estación maestra sea la Subestación de bombeo Muña III y las estaciones remotas estén a una distancia considerable de la Central.

Para la realización del Proyecto se reunió la información existente de la Central, en cuanto a catálogos de la instrumentación industrial, diagramas elementales, planos estructurales, documentos relacionados y la información presente en normas de instrumentación (ISA), controladores programables (IEC 1131/2/3/4) y sistemas de comunicación (IEC 870-5-101).

El análisis particular de la instrumentación presente (interruptores de nivel, interruptores de presión, interruptores de flujo, finales de carrera y RTD's), consistió en la verificación de las características de operación según normas ISA e IEC 1131 y la comprobación de la existencia y estado del instrumento. El análisis proporciona una visión general del instrumento y su posibilidad de ser vinculado al PLC para un control automático; aquellos instrumentos que no cumplen con lo establecido en las normas señaladas fueron especificados para su reemplazo de acuerdo con la variable de medida.

El diseño del soporte lógico se inicia con la recopilación de las señales provenientes de la instrumentación industrial e interruptores de control, en una lista de verificaciones y de las señales que dirigen el estado de motores, bombas, interruptores, válvulas, etc., recopiladas en una lista de órdenes. Luego de establecer las señales de verificación y orden éstas se clasifican por etapas o pasos de evolución de manera tal que, primero, se verifiquen las condiciones y luego se efectúen las órdenes, para la culminación del paso y el inicio del siguiente. Al final de los pasos de evolución dispuestos la unidad se encuentra en alguno de los estados nombrados en el estándar como parado, vacío, rodando o acoplado.

A las secuencias de operación establecidas por el estándar se le adiciona la secuencia de Protección y alarma como medida de precaución al inicio de cada una de las secuencia.

Finalmente, la especificación del sistema supervisor y de comunicación involucra la información que debe contener las pantallas de interfase con el operador, las características y condiciones de las estaciones maestra y esclavas, la arquitectura y la red de telemetría adecuada en la Central Canoas.

Una de las limitantes encontradas durante la elaboración del proyecto radicó en la obtención del catálogo de los interruptores de presión instalados junto con la Central en 1970 y que supervisan las tuberías de aceite presurizado, hecho que representó una dificultad para el entendimiento del funcionamiento y el reconocimiento de las características técnicas. El difícil acceso al cableado representó de igual manera una limitante debido a que éste se encuentra embebido en las estructuras y su comprobación de continuidad es difícil a la hora de comprobar condiciones del cableado de la instrumentación existente desde el origen hasta su destino. También, se hizo difícil la manipulación del PLC Allen Brabdley SLC 500 existente en la Central, debido a que éste se encuentra

supervisando las temperaturas del Generador y Turbina diariamente y el controlador no permite manipulación aislada.

Los temas desarrollados en el proyecto se encuentran en auge actualmente debido a su utilidad práctica y contribución a un mejoramiento del proceso de generación de energía eléctrica, con una mejor calidad, eficiencia y rentabilidad de la producción, empleando herramientas como los sistemas de supervisión y la comunicación, los cuales facilitan un medio claro y confiable para el proceso de generación desde cualquier punto.

## 1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

### 1.1 ESTÁNDAR EMGESA S.A.

Con el proceso de transformación e infraestructura de la empresa EMGESA S.A. se pretende desarrollar en todas las Centrales Eléctricas que le pertenecen un régimen de operación unificado, de acuerdo al implementado en las Centrales que se encuentran en España como un adelanto en las nuevas tecnologías y experiencias que ellos poseen. A continuación se muestra el estándar establecido por la empresa.

#### **AUTOMATISMO SECUENCIAL DE CENTRALES - EMGESA S.A.**

La función del estándar es la realización de las operaciones necesarias para pasar un grupo de un estado a otro, quedando vigilante al alcanzar el estado final.

Las Centrales de generación pueden tener estados finales posibles en un grupo no reversible, tales como indeterminado, indisponible, parado, vacío, acoplado y rodando.

La Secuencia es la transición de un estado final a otro. El automatismo debe realizar las siguientes secuencias:

1. **Parada-Acoplado:** ésta secuencia pasa el grupo del estado parado al estado acoplado a la red.
2. **Parada-Vacío:** del estado de parado al de vacío.
3. **Vacío-Acoplado:** del estado de vacío al de acoplado.
4. **Rodando-Acoplado:** del estado de rodando al de acoplado.

5. **Acoplado-Parada normal:** del estado de acoplado al de parada (procedimiento normal).
6. **Acoplado-Parada emergencia:** del estado de acoplado al de parada (procedimiento de emergencia).

Para realizar el control de los grupos, el automatismo dispone de un conjunto de ordenes (salidas mediante relés), que actúan sobre los diferentes elementos de cada grupo, las ordenes deben estar temporizadas con un tiempo programable desde 1 segundo a 1 minuto, de segundo en segundo, como máximo habrá 80 ordenes sencillas. El automatismo opera en función de la información recibida por un conjunto de señales digitales de la instalación; estas señales pueden ser de inicio final (alarmas-disparos) o señales dobles (posiciones), como máximo habrá 100 señales. El automatismo solo aceptará ordenes de ejecución de nuevas secuencias en los estados de: Parado, Vacío, Rodando y Acoplado.

## **Funcionamiento**

Una secuencia estará formada por un conjunto ordenado de pasos, un paso es la transición entre dos estados transitorios intermedios. Todos los pasos deben tener una estructura idéntica con una base de datos diferente para cada paso y cada instalación. Los elementos que caracterizan un paso son las condiciones iniciales o de vigilancia, las órdenes a efectuar y las condiciones finales o de progresión.

- a. **Condiciones iniciales o de vigilancia:** Son las condiciones que debe cumplir la instalación, para que se ejecuten las ordenes definidas para el paso en ejecución (condición inicial). En el caso de que no se cumpla una condición, el automatismo suspenderá la ejecución del paso y saltará a otro paso, de otra secuencia.

En la Base de Datos se debe indicar para cada paso que señales se definen como condición inicial, cual es su estado correcto de inicio o de vigilancia y los pasos a los que debe saltar en caso de que su estado no sea el correcto. Estas señales se comprueban al iniciar el paso y también durante su ejecución (toda condición inicial es de vigilancia). En el caso de que al iniciar el paso todas estén correctas y luego cambie alguna a un estado incorrecto se ejecutará inmediatamente la acción que le corresponda según la base de datos. Las condiciones de vigilancia se han de ir comprobando lo más rápido posible y un periodo de 500 milisegundos se considera aceptable.

La conmutación a causa de un condición de vigilancia que no se cumpla, debe ser la misma que cuando ésta misma condición no se cumple inicialmente (condición inicial). En el caso de que falten varias condiciones iniciales y estas tengan definidas diferentes pasos a conmutar, se debe ejecutar el paso más prioritario. La prioridad debe estar asignada en la base de datos, dando un número correlativo a cada paso; si se tiene la precaución de ordenarlos según su prioridad se puede utilizar su número correlativo.

- b. **Ordenes a efectuar:** Una vez comprobadas las condiciones iniciales, y si no se cumplen las condiciones de progresión, se ejecutan a la vez todas las ordenes definidas en el paso en ejecución. Una orden consiste en cerrar un relé durante el tiempo estipulado en la base de datos, este tiempo se debe definir para cada orden y para cada paso; el número de ordenes en un paso puede ser variable e incluso puede no haberlas. Si las condiciones de progresión ya se cumplen al iniciar el paso, las ordenes del mismo no se ejecutarán y se pasará al paso siguiente.
- c. **Condiciones finales o de progresión:** Una vez ejecutadas las ordenes, el automatismo queda a la espera de que se cumplan ciertas condiciones, antes



de pasar al paso siguiente. Estas condiciones son las condiciones finales o de progresión. Cuando se cumplen todas, el automatismo inicia el siguiente paso de la secuencia en curso. Normalmente estas condiciones son la confirmación de que las ordenes han sido efectuadas correctamente.

Cada paso tendrá un tiempo máximo de ejecución excepto el último de cada secuencia. Si transcurrido éste tiempo máximo, no se han cumplido todas las condiciones de progresión, se conmutará la secuencia ejecutándose el paso más prioritario asignado a las condiciones de progresión que no se hayan cumplido. En la Base de Datos se debe indicar para cada paso que señales se definen como condición final, cual es su estado correcto de progresión y los pasos a los que debe saltar, en caso de que su estado no sea el correcto. La base de datos también debe contener el tiempo máximo para cada paso y si este tiempo es condición de progresión. Este tiempo puede ser de 5 seg. hasta 20 minutos. Para el estado final de una secuencia debe haber una indicación de que no existe limite de tiempo.

Hay determinados pasos (secuencia de parada de emergencia), que las condiciones de progresión tienen un efecto diferente al explicado. En éstos pasos si todas las condiciones de progresión están correctas, la secuencia continua con el paso siguiente, pero si no son correctas también continúa con el paso siguiente sin conmutar a otra secuencia. La diferencia entre si se cumplen las condiciones de progresión o no solo está en la duración del paso. Si se cumplen las condiciones, la duración del paso será hasta el momento que se hayan cumplido. Si no se cumplen las condiciones la duración será el tiempo de la Base de Datos para ese paso.

## Modos De Operación

Respecto a la operación del automatismo secuencial, hemos de distinguir dos casos diferentes que corresponden al automatismo necesario para una Central con embalse y para una Central fluyente con cámara de carga.

En el caso de una Central con embalse, el automatismo se debe operar a distancia mediante el Sistema de Telecontrol (Automático a distancia). En caso de que los automatismos locales estuvieran operativos, pero el sistema de Telecontrol fallase es necesario poder efectuar una operación local de emergencia (modo automático local). Para las tareas de mantenimiento de la instalación, tanto de grupos como de automatismos, se necesita de otros modos de operación local (Automático paso a paso y Ensayo).

Para el caso de una Central alimentada por tuberías que aprovechan altura, el automatismo de secuencias de cada grupo estará supeditado a otro automatismo de rango superior, que es el automatismo que regula el Nivel de la Cámara de Carga. En éste caso no será un operador a distancia quien de las ordenes de parar y arrancar los grupos, sino que éstas serán dadas en función del nivel de la cámara de carga.

En éstos diferentes modos de operación se puede apreciar tres tipos de operadores: el operador a distancia por el sistema de Telecontrol, el operador de emergencia y el operador de mantenimiento.

a. **Automático a distancia:** Este modo de operación recibe del sistema de Telecontrol, la secuencia a realizar codificada en un mensaje enviado desde el Centro de Telecontrol. Las secuencias que se pueden efectuar a distancia son:

- Parar (incluye todas las secuencias que acaben en parada).

- Acoplar (incluye todas las secuencias que acaben en acoplado).
- Parada-Vacío.

El operador de Despacho tiene el control del automatismo y recibe la información necesaria para operar a distancia. El detalle de la información queda en el registro histórico del Sistema interconectado (SICL) y es accesible a distancia por cualquier terminal de Teletexto. En éste modo de operación se debe tener en cuenta que la Central no tiene personal.

- b. **Automático-local:** Esta operación se efectuará desde un PC portátil independiente del SICL. En periodo de pruebas se debe poder utilizar un PC para cada grupo, que permita la operación simultánea (en todos los grupos a la vez). Al operador se le presentará en pantalla la información más relevante del estado del grupo, del automatismo y un menú principal de las secuencias que puede ejecutar (el operador podrá seleccionar una secuencia y ejecutarla).
- c. **Automático paso a paso:** Este modo es idéntico al anterior, pero las secuencias se ejecutan paso a paso. Se elimina el tiempo máximo del paso. Una vez ejecutadas las ordenes, el automatismo solo tiene en cuenta las condiciones de vigilancia. Cuando el operador desea ejecutar el siguiente paso, da la orden de continuación de secuencia y entonces se analizan las condiciones de progresión, si éstas son correctas, el automatismo ejecuta el siguiente paso, en caso contrario, el automatismo pasa a automático local, y conmuta a la secuencia prevista en la base de datos en función de la señal que no se cumpla.

Si una de las condiciones de vigilancia tiene un estado incorrecto y su acción asociada es la de conmutación de secuencia, se ejecutará el paso indicado en la conmutación sin que el operador local pueda detenerlo (el automatismo pasa a automático local).

Este modo de operación está orientado especialmente para las tareas de mantenimiento y puesta en marcha por lo que se supone que el personal que opere en éste modo, tiene buen conocimiento de la instalación y lo hará localmente. Esta operación se efectuará desde una pantalla o PC portátil como en el modo anterior. El modo debe suministrar la máxima información posible al operador local.

- d. **Ensayo:** El operador local necesita en determinadas circunstancias (instalación, pruebas antes de una modificación o largo periodo de inactividad) comprobar que las secuencias están correctamente programadas y el automatismo está operando. Se da por supuesto que el programa tendrá los sistemas normales de autoscan (watchdog - seguridad). En éste modo se ejecuta cualquier secuencia paso a paso (sin límite de tiempo), los relés se accionan pero no actúan sobre la instalación (negativo desconectado) y las entradas (condiciones inicial y de progresión) se simulan desde teclado. La circunstancia de tiempo excedido (tiempo máximo del paso cumplido) también se debe poder simular.

Otra opción del modo, en caso de que el terminal sea un PC portátil, es la posibilidad de alterar algunos parámetros del automatismo contenidos en la Base de Datos (por ejemplo el tiempo máximo de un paso, añadir una condición de vigilancia, etc).

- e. **Emergencia:** Este modo de operación tiene que ser lo más sencillo posible, y consiste en disponer de pulsadores para cada grupo, como Acoplar, Parada-Vacío, Parada normal y Parada emergencia. Además de éstos pulsadores habrá una llave de autorización de mando, la cual accionará la secuencia de operación para luego ser activada con el pulsador correspondiente.

Para controlar la potencia activa y reactiva se realizarán con pulsadores que accionen directamente los controles motorizados, en éste caso los reguladores (tensión y velocidad) de los automatismos estarán inhibidos.

## Estados y Alarmas

Un papel muy importante del automatismo es elaborar la información que permita los diferentes modos de operación, para el operador a distancia la información debe ser muy elaborada y resumida, para el operador de mantenimiento debe ser lo mas exhaustiva posible.

a. **Estado de grupo (Local):** El automatismo elabora un estado del grupo. Existirán los siguientes estados:

- *Parado:* indica que el grupo está parado (desacoplado y toda la señalización en reposo), indicando que el grupo está disponible para un arranque. El automatismo está en el paso correspondiente al estado final de parado y se cumplen todas las condiciones iniciales del primer paso de la secuencia de arranque.
- *Indisponible:* el automatismo está en el paso final de la secuencia de parada, pero no se cumplen las condiciones iniciales del primer paso de la secuencia de arranque. Este estado indica que la máquina está parada, pero si se desea iniciar un arranque la maniobra será imposible hasta que se cumplan todas las condiciones preliminares.
- *Acoplado:* se cumplen todas las condiciones vigiladas en éste estado final.
- *Rodando:* el grupo esta rodando sin excitación.

- *Vacío*: el grupo está rodando en vacío y el automatismo está vigilando todas las condiciones correspondientes al estado.
  - *Transitorio*: el automatismo está ejecutando una secuencia ordenada por el operador o por una condición vigilada que se ha dejado de cumplir.
  - *Indeterminado*: éste estado se produce cuando el automatismo es incapaz de identificar el estado de la máquina dentro de los descritos anteriormente. Una circunstancia que puede producir éste estado es en el caso que el operador local ponga fuera de servicio el automatismo (debe estar permitido en cualquier estado final del grupo) y después vuelva a ponerlo en servicio. En éste caso el automatismo debe identificar el estado final y pasar a su paso correspondiente, si no puede identificar el estado pondrá el estado en indeterminado y no operará. Será responsabilidad del operador local eliminar la anomalía.
- b. **Estado de Grupo (Telecontrol)**: El estado de grupo enviado al telecontrol es una elaboración de los estados anteriores, al estado de grupo local se añade un estado más que es el de mando local; este estado implica que el estado de control está en mando local o en fuera de servicio. Si está fuera de servicio se supone que el control es manual, pero por métodos convencionales ajenos al automatismo. Cuando el estado es el manual no se enviará ninguna señalización del grupo al operador de telecontrol. Existirá otro estado de "Sin Control", no elaborado por el automatismo que indicará al operador de telecontrol que no recibe información del SICL.

Los estados que participan en el tratamiento, se ejecuta a nivel de procesador de telecontrol y además la elaboración del estado es:



Figura 1. Estado de grupo (local)

c. **Alarma:** las siguientes alarmas serán mostradas:

- *Paso:* indica el número de paso que se está ejecutando de la secuencia en curso.
- *Secuencia:* indica el numero de la secuencia en curso.
- *Secuencia conmutada:* actúa como una alarma de actuación cada vez que se produce una conmutación de secuencia.
- *Secuencia detenida:* opera como una alarma de actuación cada vez que se detiene una secuencia.
- *Secuencia alarma:* opera como una alarma de actuación cada vez que se produce una conmutación al paso siguiente de la misma secuencia.
- *Tiempo sobrepasado:* opera como una alarma de actuación cada vez que se produce una conmutación de secuencia, debido a la culminación del tiempo del paso sin que se hayan cumplido las condiciones de progresión previstas en la base de datos.

- *Falta condición:* opera como una alarma de actuación, cada vez que se produce una conmutación de secuencia, debido al incumplimiento de alguna condición de vigilancia.
- *Indisponible:* indica cuando el grupo está indisponible.
- *Indeterminado:* indica cuando el grupo está indeterminado.
- *Rodando:* indica cuando el grupo está rodando.
- *Mando Local:* indica cuando el PC toma el mando del automatismo.
- *PC-mint Conexión:* indica cuando el PC se conecta al automatismo (quedando en supervisión).
- *Defecto de automatismo:* un hardware externo puede provocar esta señal a partir de un mensaje generado por el automatismo, esta señal externa puede ser cableada para provocar la parada del grupo al pasar el automatismo fuera de servicio se debe inhibir esta señal.

### **Registro cronológico**

El registro histórico del SICL contendrá toda la información de la Central (parques, grupos, servicios auxiliares, etc.).



## 1.2 PROPUESTA PLANTEADA

La propuesta sugerida para la implementación del estándar de EMGESA S.A. a la Central Canoas consta del estudio de los instrumentos actuales de presión, nivel, flujo, temperatura y posición, para su cambio o adaptación con el fin de permitir la transmisión de la señal de salida hasta un Controlador lógico programable (PLC) Allen Brabdley SLC 500, consta también del diseño del soporte lógico y la especificación del sistema SCADA.

Para la adaptación o reemplazo de la instrumentación se aconseja el uso de la instrumentación inteligente debido a que ésta ofrece grandes ventajas en la flexibilidad del manejo de la señal de salida, la verificación del estado interno o externo del instrumento (autodiagnóstico), el almacenamiento de los datos de la señal en memoria y la confiabilidad de la medida obtenida.

La utilización del controlador lógico programable SLC 500 Allen Bradley que actualmente controla y supervisa mediante el registrador de temperatura al grupo Generador-Turbina, el cual puede ser una alternativa confiable para el diseño del soporte lógico de las secuencia de operación de la unidad, con la adición de módulos I/O o digitales para la puesta en marcha del soporte.

La adaptación de un sistema SCADA y de comunicaciones que permita a las personas encargadas de la empresa una posibilidad de monitorear y controlar el proceso de generación de energía de la Central. La especificación propuesta aprovecha recursos existentes como la vía telefónica punto-punto (par aislado) empleada por la empresa para la transmisión de voz y el software de supervisión (RS VIEW) empleado por el PLC Allen Brabdley en el registrador de temperaturas,

como también necesidad en la compra de algunos elementos tales como tarjetas de adquisición de datos, módems, etc., para la instalación del sistema.

A continuación se indica el procedimiento a seguir en el proyecto para la implementación del estándar a la Central Canoas:

- A. Reconocimiento del funcionamiento de las secuencias actuales de operación de la unidad en los diagramas de control.
- B. Análisis y estudio de la instrumentación actual abarcando tecnología aplicada, características de funcionamiento y la selección o adaptación de los instrumentos al sistema automático.
- C. Investigación y estudio de las nuevas tecnologías de instrumentación en el mercado con el fin de especificar los instrumentos que deban ser reemplazados según la variable medida y el tipo de control.
- D. Diseño del soporte lógico para las secuencias de operación unificadas de acuerdo al estándar establecido por EMGESA S.A., mediante un lenguaje de instrucciones.
- E. Especificación del sistema SCADA y de comunicaciones mediante los recursos disponibles en la Central como línea dedicada y el software de supervisión RS View.

Los aspectos considerados en el estudio ofrecen una solución económica y viable para la modernización de la Central con la implementación del estándar.

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 SECUENCIAS DE OPERACIÓN ACTUALES EN LA CENTRAL CANOAS**

Las secuencias de operación de la Central comprenden los estados de Arranque, Parada normal y Parada de Emergencia. La figuras mostradas en cada una de las secuencias a continuación comprende la descripción del paso, la designación o mnemónico utilizado en la Central y el estado final del paso.

#### **2.1.1 Secuencia de Arranque**

Esta secuencia se inicia en primera instancia con el cumplimiento de las condiciones iniciales de operación en los sistemas de la unidad tales como válvula mariposa de admisión principal (cerrada) y secundaria (cerrada), tanque oleoneumático de válvulas y regulador de velocidad (presión disponible), distribuidor (cerrado), limitador de carga y ajuste de velocidad (posición mínima), regulador de tensión y sistema de excitación (disponible) y sistema de frenado (desactivado).

La apertura de la válvula de admisión principal y del distribuidor permite la entrada del agua al rodete de la turbina, el aumento de la velocidad es simultáneo (5%,25%,50%,70%,80%,98%) y activa la acción del regulador de tensión y el sistema de excitación con el fin de establecer los valores nominales de la unidad. Luego del establecimiento de los valores nominales de tensión (13.8 kV) y velocidad (327 rpm) se conecta el sincronoscopio automáticamente y en operación paralela es cerrado el interruptor de potencia de 115 kV para conectar la unidad a la red.

Los pasos seguidos actualmente son mostrados en la figura 2.

### SECUENCIA DE ARRANQUE

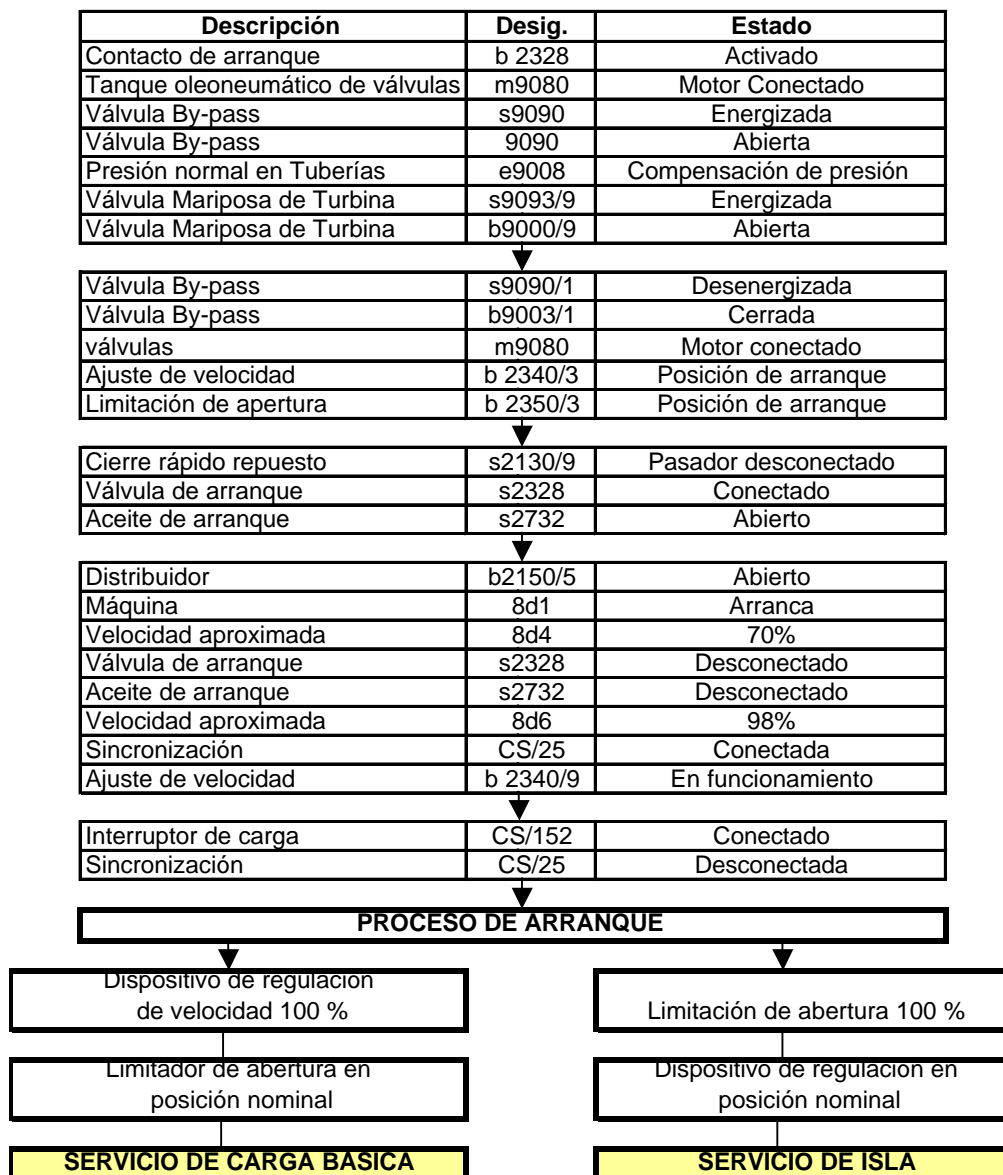


Figura 2. Secuencia de Arranque actual<sup>1</sup>

### **2.1.2 Secuencia de Parada Normal**

La secuencia se inicia por orden del operador a través de un interruptor de control (SC/ b3025), la maniobra del interruptor habilita la disminución de potencia activa por medio del limitador de carga que controla el movimiento de los alabes del distribuidor y habilita la disminución de la potencia reactiva por medio del ajuste de carga. Durante las maniobras mencionadas se inicia el proceso de apertura del interruptor de potencia, el cierre de la válvula mariposa de admisión principal, la apertura de la válvula mariposa de admisión secundaria y la activación del sistema de frenado intermitente mediante la energización de la válvula solenoide de cierre rápido.

Luego que el distribuidor de la turbina es cerrado y la velocidad es cercana a 0 rpm, el sistema de frenado es permanente hasta que la unidad se encuentra totalmente parada.

En la actualidad sigue los pasos mostrados en la figura 3.

---

<sup>1</sup> MANUAL DE OPERACIÓN CENTRAL CANOAS, VOL. 2, 1970

### SECUENCIA DE PARADA NORMAL



Figura 3. Secuencia de Parada normal actual<sup>1</sup>

#### 2.1.3 Secuencia de Parada de emergencia

La secuencia de parada de emergencia se divide en Cierre rápido y Parada de emergencia, la primera es originada por el incremento de temperatura en el

<sup>1</sup> MANUAL DE OPERACIÓN CENTRAL CANOAS, VOL 2.1970

cojinete guía de turbina o por el disparo de alguna protección eléctrica y la segunda por causas mecánicas como la sobrevelocidad (400 rpm) y presión o nivel mínimo en tanque oleoneumático del regulador de velocidad.

El proceso de parada por Cierre rápido se inicia con el disparo del relé maestro de cierre rápido (86S) por causa del disparo de alguna protección eléctrica; la parada se inicia con la apertura del interruptor de 115 kV, la energización del cierre de la electroválvula de la válvula mariposa de admisión principal y la activación del sistema de frenado intermitente. Luego de verificar el estado de cierre de todos los elementos vinculados los frenos se establecen como permanentes, si la falla es por la elevada temperatura del cojinete de turbina no son desconectados los interruptores de potencia.

En la actualidad sigue los pasos mostrados en la figura 4.

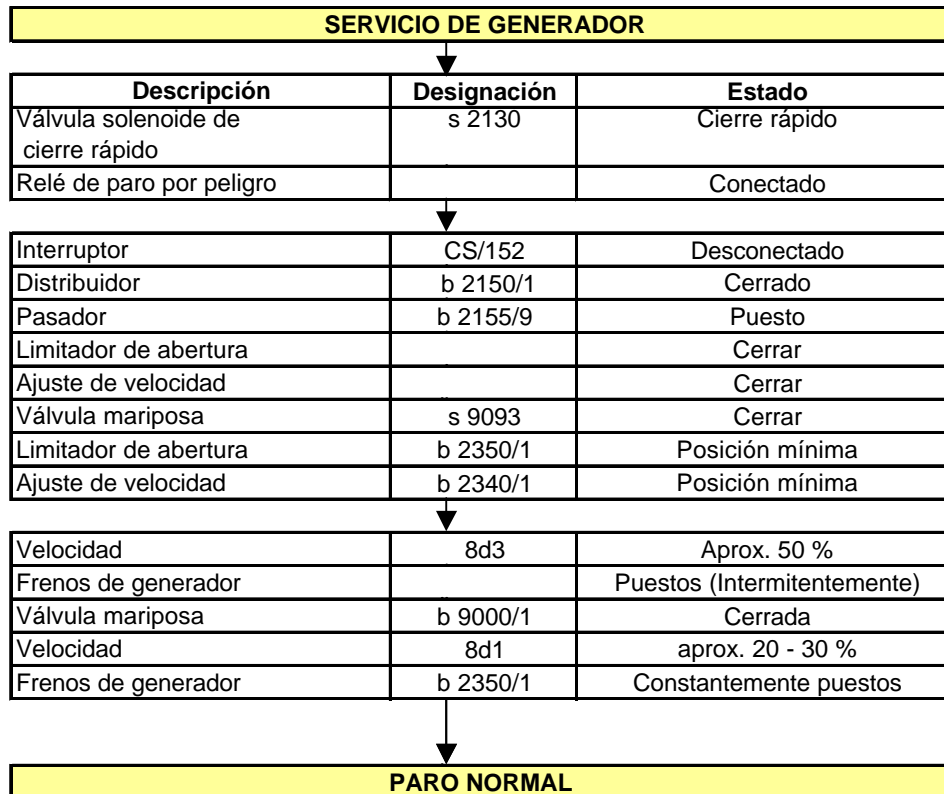


Figura 4. Secuencia de Parada de Cierre rápido actual<sup>1</sup>

La secuencia de Parada de emergencia se inicia con el disparo del relé maestro de cierre rápido (86P) y cierre de emergencia 86S, los cuales a su vez inician la apertura del interruptor principal y se sigue el mismo procedimiento de la parada de cierre rápido.

Los pasos se observan en la Figura 5

<sup>1</sup> MANUAL DE OPERACIÓN CENTRAL CANOAS. VOL 2. 1970



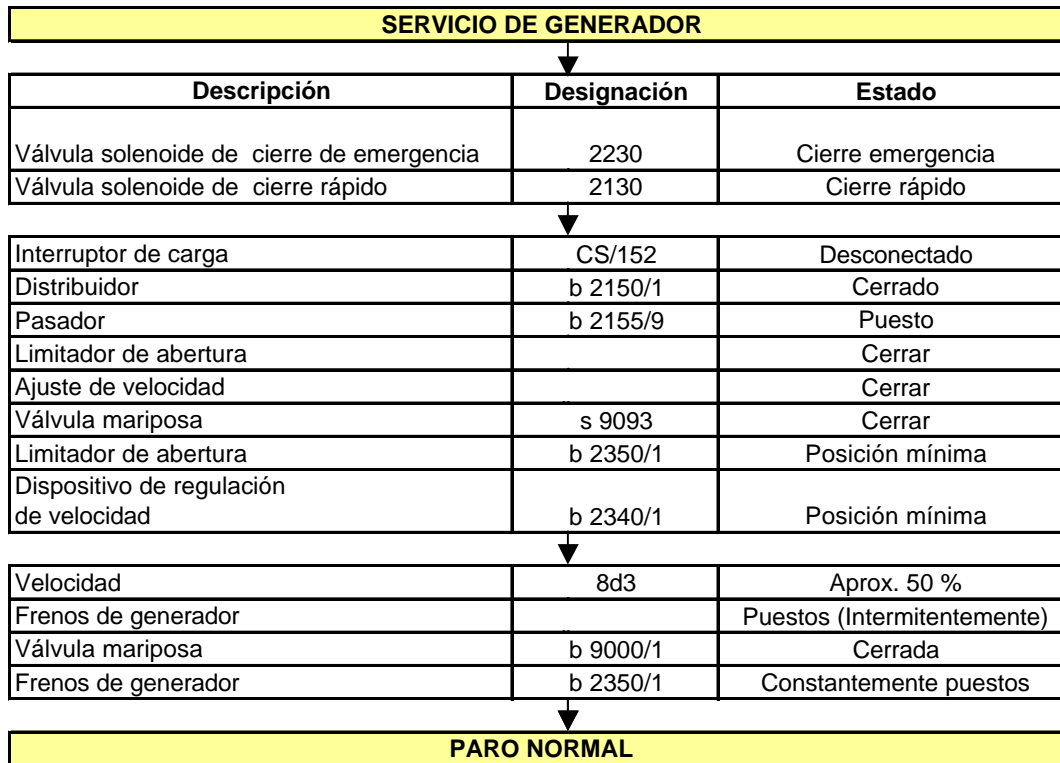


Figura 5. Secuencia de Parada de Emergencia<sup>1</sup>

## 2.2 INSTRUMENTACIÓN

A través del tiempo se han venido desarrollando evoluciones tecnológicas en el manejo de los procesos en la industria, conforme a este avance la instrumentación toma un papel importante cuyo propósito es observar, medir o

<sup>1</sup> MANUAL DE OPERACIÓN CENTRAL CANOAS. VOL 2. 1970

controlar un proceso determinado ofreciéndole al usuario un control y supervisión a distancia o local.

### **2.2.1 Definiciones según Norma ISA<sup>1</sup> (S5.1 - S5.1.1 - S5.3 - S5.5)**

Las normas ISA son la base para la implementación de instrumentación industrial a cualquier sistema de control o proceso, ya que establecen las definiciones de las características de operación de los instrumentos.

El estándar ISA S5.1 establece un significado y designación a los instrumentos y sistemas de instrumentación usados para control y medida, como por ejemplo alarmas, configuración, controlador, estación de control, válvula de control, tablero local, medida, digital, elemento final de control, variable del proceso, relé, campo de medida, interruptor, set Point, etc.

El estándar ISA S5.1.1 incluye términos especializados en los procesos industriales, que describen el uso, la influencia de operaciones, el hardware y los instrumentos usados en los sistemas de control y medida. Algunas de las definiciones del estándar son de gran importancia para el proyecto llevado a cabo por éste motivo algunas son mostradas a continuación:

- a. **Precisión:** Es la desviación máxima positiva o negativa observada y probada por un dispositivo bajo condiciones específicas y un procedimiento específico. Es expresada en porcentaje del campo ( $\pm 0.5\%$ ), términos de la variable medida ( $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$  o  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), porcentaje del valor superior del rango ( $\pm 0.5\%$  del valor

superior), porcentaje de la escala ( $\pm 0.5\%$  de la escala) y porcentaje de la salida actual ( $\pm 1\%$  de la lectura de la salida actual). La precisión incluye la combinación de efectos de los errores de características como la linealidad, histéresis, banda muerta y repetibilidad.

- b. Linealidad de una curva:** Es la aproximación de una curva a una línea recta. La máxima desviación entre una curva promedio determinada después del desplazamiento ascendente y descendente de toda la escala y una curva específica.
- c. Error:** Es la diferencia algebraica entre el valor indicado y el ideal de la señal medida. El error presentado en las mediciones tomadas se refieren a aspectos relacionados con el instrumento como error de inclinación, error de montaje, error de posición y error sistemático.

De igual manera el estándar describe las definiciones de banda muerta, retardo, histéresis, campo de medida, incertidumbre, repetibilidad, reproductibilidad, resolución, tiempo de respuesta, zona muerta, entre las más importantes.

El estándar ISA - S5.3 busca ampliar y añadir conceptos a la Norma ISA S5.1 en un sistemas de control computarizado, las definiciones que se encuentran en el estándar entre otras son:

- a. Sistema de control distribuido:** Es un sistema que ejecuta y transmite el control hacia y desde una locación específica mediante la conexión de un

---

<sup>1</sup> INSTRUMENT SOCIETY OF AMERICA (ISA)

enlace de comunicaciones. Se compone de la instrumentación vinculada, dispositivos I/O y dispositivos de control e interfaces.

- b. Control programado:** Es un dispositivo de control que contiene algoritmos pre-programados, los cuales se usan para establecer, configurar y conectar, de forma que permitan establecer estrategias de control.
- c. Pantalla programada:** Es el dispositivo de interfase de operador usado para mostrar señales y/o datos alfanuméricos en un tiempo determinado.
- d. Enlace de software:** Es la interconexión de los componentes del sistema o funciones por medio del software o instrucciones de teclado.

El propósito del estándar ISA S5.5 es establecer los símbolos gráficos empleados en un sistema para describir un proceso que es monitoreado y controlado por operadores o ingenieros. Términos como blinking, código de color, pantalla del proceso son dispuestos para identificar un proceso dentro del sistema.

### **2.2.2 Características teóricas de los instrumentos según variables**

Las variables que son empleadas para la ejecución y control de las secuencias de operación de la Central son Presión, Flujo, Nivel, Temperatura y Posición, dichas variables pueden ser obtenidas a través de diversos métodos por ésta razón es de necesario para el estudio de la instrumentación existente un conocimiento de las características de funcionamiento o ventajas y desventajas obtenidas con el

uso de un determinado método. A continuación se muestran los principios de operación que deben ser cumplidos por la instrumentación instalada y por aquella que reemplazará a la existente.

#### **a. Presión**

La presión es una fuerza por unidad de superficie y puede ser expresada en Pascal, bar, atmósferas,  $\text{kg/cm}^2$  y psi. Los instrumentos de presión se clasifican en tres grupos Mecánicos, Neumáticos, Electromecánicos y Electrónicos. Las características de los instrumentos son mostradas en la Tabla 1.

Los elementos mecánicos se dividen en elementos primarios de medida directa, los cuales miden la presión comparándola con la ejercida por un líquido de densidad y altura conocidas y en elementos primarios elásticos los cuales se deforman debido a la presión interna del fluido contenido. Los elementos electromecánicos se clasifican según el principio de funcionamiento en transmisores electrónicos de equilibrio de fuerzas, en donde el elemento mecánico ejerce una fuerza sobre el transmisor, por transmisores resistivos los cuales varían la resistencia en función de la presión, magnéticos en los que la inductancia aumenta en forma proporcional a la presión, capacitivos basados en la variación de la capacitancia de un condensador cuando se desplaza una de las placas por la presión existente en la aplicación y en piezoeléctricos los cuales al deformarse físicamente por la acción de una presión generan una señal eléctrica.

Los elementos electrónicos se clasifican en mecánicos (fuelle y diafragma) los cuales trabajan en forma diferencial entre la presión atmosférica y la del proceso,

térmicos basados en la proporción que existe entre la energía disipada y la presión atmosférica cuando el gas está a bajas presiones absolutas e ionización el cual consiste en la formación de iones linealmente con la presión.

Tabla 1. Características instrumentos de Presión

ELEMENTOS DE PRESIÓN		RANGO (bar, torr)	PRECISIÓN (%)
Mecánicos	Tubo Bourdon	0,5 - 6000 bar	0,5 - 1
	Espiral	0,5 - 2500 bar	0,5 - 1
	Diafragma	2 bar	0,5 - 1
	Fuelle	2 bar	0,5 - 1
Electromecánicos	Equilibrio de fuerzas	2 a 6000	0.5
	Resistivos	0 - 0,1 a 0 - 300	1
	Capacitivos	0,05 - 5 a 0,05 - 600	1
	Piezoeléctricos	0,1 - 600	1
Electrónicos	Mecánicos	760 - 5	1%
	Térmicos	1 - 10 exp(-3)	Alta
	Ionización	10 exp(-3) - 10 exp(-13)	

## b. Flujo

Las mediciones de flujo o caudal, dependen del tipo de caudal a medir volumétrico o másico.

Los medidores volumétricos miden el caudal volumétrico con elementos que dan lugar a una presión diferencial al paso del fluido, determinan el caudal directamente (desplazamiento) o indirectamente por deducción (presión diferencial, área variable, velocidad, fuerza y tensión inducida).

Tabla 2. Características de instrumentos de Flujo – Volumétrico

ELEMENTO DE FLUJO		PRECISIÓN (%)	VENTAJA	DESVENTAJA
Presión diferencial	Placa orificio	$\pm 1$ a $\pm 2$	Instalación cómoda (tomas de la placa utilizable para el instrumento)	No aceptan cantidad de sólidos en suspensión alta
	Tubo Venturi	$\pm 0,75$	Permite caudales 60% más que los de la Placa orificio en las mismas condiciones	Los sólidos abrasivos influyen en la exactitud del instrumento
			Permite el paso de sólidos relativamente grandes	
	Fuelle		Protección contra sobrecargas por medio de sellos	En la medida de caudal de vapor es preciso utilizar cámaras de condensación
	Diafragma	$\pm 0,15 - 0,5$	Materiales de construcción interna y externa resistentes	
Desplazamiento volumétrico despreciable				
Area variable		$\pm 1$	Material de los Flotadores de SS 316, Plástico y Metálicos	Pérdida de carga constante en todo el recorrido del flotador
Turbina		$\pm 0.3$	Escala lineal	Fluido limpios o filtrados
				Señal de salida en frecuencia
Ultrasonido		$\pm 2$	Escala lineal	Conocimientos establecidos de la área de la tubería y el perfil de velocidades de la tubería
			Transductores piezoeléctricos	
			Líquidos en suspensión	Sensibles a los cambios de densidad del líquido
Tensión inducida		$\pm 0,5$	Líquidos conductores (fangosos y corrosivos)	Recubrimientos en los electrodos
			Materiales resistentes a la corrosión	
			Caudal bidireccional	
			Inmune a variaciones de la conductividad	

Los medidores másicos determinan el caudal a partir de la medida volumétrica compensándola para las variaciones de densidad del fluido o a partir de la medición de las características de la masa del fluido, los métodos empleados son mostrados en la Tabla 3

Tabla 3. Características instrumentos de Flujo - Másicos

CARACTERÍSTICAS	TERMICOS DE CAUDAL	MOMENTO ANGULAR	MEDIDOR DE CORIOLIS
Precisión	± 1%	± 1%	± 0,5%
Repetibilidad	± 0,2%		
Constante de tiempo	0,5 a 3 s		
Temperatura máxima	65 °C	120 °C	200 °C
Materiales de construcción	Metal y plástico	Metal y plástico	Metal y plástico
Caudales medibles	15 l/min en gases 20 kg/h en líquidos	máx. 5 a min. 1	máx. 10 a min. 1
Ventajas			Independiente de presión, temperatura y densidad
Desventajas		Costo elevado Caudales bajos	Caudales medios
Aplicaciones	Caudales bajos de líquidos y gases	Líquidos	Líquido Gas

### c. Nivel

Los instrumentos de nivel se dividen en medidores para nivel de líquidos y de sólidos. Este marco teórico considera únicamente el estudio de los instrumentos para nivel de líquidos, debido a que en la Central las mediciones de nivel se refieren únicamente a niveles de agua y aceite.

Los medidores para nivel de líquidos trabajan por medio de la medición directa (sonda, cinta, plomada, nivel de cristal y flotador) los cuales toman como medida de referencia la altura del tanque o el recipiente que contiene el líquido; por medio de la presión hidrostática (manométrico, membrana, tipo burbujeo, presión diferencial de diafragma) en donde la presión se incrementa linealmente con la altura del recipiente debido a esto son empleados en la medida continua y detección de nivel; por medio del desplazamiento producido por un flotador en el propio líquido del tanque, en donde éste es parcialmente sumergido y se caracteriza por tener un ángulo de rotación proporcional a la fuerza aplicada



(momento ejercido por el flotador); y finalmente por las características eléctricas del líquido (resistivo, conductivo, capacitivo y ultrasónico), medidas en el líquido directamente.

#### **d. Temperatura**

La medida de temperatura constituye una de las mediciones más comunes e importantes que se efectúan en los procesos industriales, entre las limitaciones de la medida se encuentran la precisión, velocidad de captación y la distancia entre el elemento de medida y el receptor.

Los instrumentos de temperatura utilizan diversos fenómenos, entre los cuales están la variación en volumen o en estado de los cuerpos (sólidos, líquidos o gases), la variación de resistencia de un conductor (sondas de resistencias), la variación de resistencia de un semiconductor (termistores), la f.e.m creada en la unión de dos metales distintos (termopares), la intensidad de la radiación total emitida por el cuerpo (pirómetros de radiación) y otros fenómenos utilizados en el laboratorio (velocidad del sonido en un gas, frecuencia de resonancia de una cristal, etc.).

Se emplean instrumentos como termómetros de vidrio, de resistencia, ultrasónicos, de cristal de cuarzo, bimetálicos, elementos primarios de bulbo y capilar rellenos de líquido, gas o vapor, termopares y pirómetros de radiación.

Las características más sobresalientes de los instrumentos de Temperatura se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Características de Instrumentos de Temperatura

TERMÓMETROS	TEMPERATURA	PRECISIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Vidrio	28 °C - 500 °C	± 1 %	Económico	Sistema voluminoso
Bimetálico	200 °C - 500 °C	± 1 %		Medida local
<b>DE RESISTENCIA</b>				
Níquel	11°C - 300 °C	± 0,5 °C	Buena estabilidad	Bajo límite de temperatura
Platino	0,05°C - 950 °C	± 0,01 °C	Alcance estrecho	Frágil
Cobre	0°C - 120 °C	± 0,1 °C		
Termistores	(-) 1°C - 400°C	± 0,005 °C	Señal de salida mayor que la del termopar y la sonda de resistencia Pequeño tamaño Buena sensibilidad Respuesta rápida	No es lineal
<b>TERMOPARES</b>				
Tipo T	370 °C máx.	0,4 - 2% (0,4 - 0,8°C)	Alta resistencia a la corrosión de humedad, bueno en bajas temperaturas	Baja resistencia Linealidad menor que la sonda
Tipo J	550 °C máx.	0,3 - 0,5% (1,1 - 2,2°C)	Bueno en atmósferas reductoras Más económico	Linealidad menor que la sonda
Tipo K	110 °C máx.	0,8% ( ± 3°C)	Bueno en atmósferas oxidantes, si está protegido Termopar más lineal	Más caro que T o J
Pt - Pt/Rd	1600 °C máx.	1 - 3 °C	Protegido es buena en atmósferas oxidantes	Más caro que K

## 2.3 NORMA IEC 1131/2 - SISTEMA AUTOMÁTICO

La norma IEC 1131 es la guía que utilizan los fabricantes de equipos y accesorios empleados en los procesos que emplean controladores lógicos programables (PLC's) para la operación de sus procesos, la norma muestra las condiciones mecánicas, eléctricas de servicio, lenguajes de programación, entre otros que deben considerar los fabricantes para el desarrollo de sistemas automáticos.

El objeto de la Norma IEC 1131/2<sup>1</sup>, se resume en:

- Establecer las definiciones e identificar las características principales en la selección y aplicación de PLC's y periféricos.
- Especificar los requisitos de características funcionales y de construcción, las condiciones de servicio y seguridad y las pruebas aplicables a los PLC's y periféricos.
- Definir los lenguajes de programación usados en los PLC's, campo de aplicación, reglas y elementos adicionales.
- Definir la comunicación entre el PLC y otros sistemas electrónicos.

---

<sup>1</sup> INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS, ICONTEC. Norma IEC 1131/2, Programmable Controllers, 1995

Los requisitos eléctricos, mecánicos, funcionales para los PLC´s y sus periféricos, las condiciones de servicio y la información que debe suministrar el fabricante, son algunos de los parámetros que considera la norma.

#### **a. Condiciones normales de servicio**

El fabricante debe suministrar información operativa del equipo como los límites de temperatura (máximo y mínimo), humedad relativa (entre 50% hasta 95%), grado de polución, protección en contra de la corrosión, nivel de descarga electrostática, resistencia a vibraciones, condiciones de transporte y almacenamiento, encerramiento (disipación de potencia, partes móviles), placa de características técnica, confiabilidad, seguridad y factores probables.

La documentación escrita que debe suministrar el fabricante consta de catálogos, manual del usuario, documentación técnica, instrucciones de instalación, mantenimiento y servicios requeridos.

#### **b. Condiciones eléctricas de servicio**

Las condiciones eléctricas abarcan las unidades de procesamiento (MPU), las cuales están sujetas a condiciones de servicio en capacidad y tipo de la memoria del programa y descripción del lenguaje de programación, tiempo de respuesta, entre otras.

Las entradas digitales deben tener curva de Volta-amperes, tiempo de retardo de la entrada, tipo de entrada, punto de monitoreo y estado binario o indicador visual,

efectos cuando se insertan módulos con baja potencia, cable recomendado, longitud, tipo y compatibilidad electromagnética.

Las salidas digitales deben poseer un tipo de protección adecuada, presentar ejemplos típicos de conexiones externas, número y tipo de salidas, en los relés electromecánicos se deben especificar la corriente nominal, el voltaje de los contactos, clase de durabilidad de acuerdo a la norma IEC 947-5-1 y vida mecánica, entre otras que buscan que las señales sean confiables y seguras.

Las entradas y salidas análogas deben ser obtenidas mediante mecanismos con los cuales puedan ser procesadas (uso de registradores periódicos, que realizan instrucciones o interrumpen, etc.) y se puedan calcular los efectos de tiempos de respuesta. Tabla 5 y 6

Tabla 5. Entradas análogas<sup>1</sup>

<b>1. CARACTERÍSTICAS ESTÁTICAS</b>	<b>UNIDADES</b>
Impedancia de entrada en el rango de la señal	$\Omega$
Error de la entrada análoga	$\pm\%$ de la escala
Máximo error para temperatura máxima	$\pm\%$ de la escala
Resolución digital	Número de bits
Formato del dato en la aplicación del programa	Binario, BCD, etc.
Valor de bits menos significativo (LSB)	MV ó mA
Sobrecarga máxima permanente permitida	V, mA
Lectura de salida digital bajo condiciones de sobrecarga	Bandera
Tipo de entrada	
Para otras entradas (Termocuplas - RTD's, etc)	
Tipo de sensor	J, K, T, PT100, etc.
Rango de medida	mín°C – máx. °C
Método de linealización	

<sup>1</sup> NORMA IEC 1131/2, Programmables Controllers. Pág. 150

Tabla 5. Entradas análogas (Continuación)

<b>2. CARACTERÍSTICAS DINÁMICAS</b>	<b>UNIDADES</b>
Tiempo de transferencia en las entradas totales	Milisegundos
Tiempo de duración muestra (incluye ajuste)	Milisegundos
Tiempo de muestra repetición	
Características de filtrado de entrada	
Orden	Primero, segundo
Frecuencia de transmisión	hz.
Desviación temporal máximo durante cada prueba de ruido eléctrico específico	± % de la escala

<b>3. CARACTERÍSTICAS GENERALES</b>	<b>UNIDADES</b>
Método de conversión	USA, etc.
Modo de operación	Disparo, auto, etc.
Tipo de protección	RC, Opto acoplado, aislador, etc.
Aislamiento bajo condiciones normales entre el canal y bus y otros canales ó las interfases de fuentes	V
Puntos comunes entre canales, si hay	Dato técnico
Tipo y longitud del cable, reglas de instalación	2hilos, 50 mt máximo
Terminales	
Calibración ó verificación de la precisión	Mantenimiento
Ejemplo típico de las conexiones externas	
Efectos de una correcta conexión	

<b>4. CARACTERÍSTICAS ESPECIALES</b>	<b>UNIDADES</b>
Ruido entre canales	Decibeles
No-linealidad	± % de la escala
Repetibilidad a temperatura fija después del tiempo de estabilización	
Vida útil del relé electromagnético, si aplica	

Tabla 6. Salidas análogas<sup>1</sup>

<b>1. CARACTERÍSTICAS ESTÁTICAS</b>	<b>UNIDADES</b>
Impedancia de entrada en el rango de la señal	$\Omega$
Error de la entrada análoga	$\pm\%$ de la escala
Máximo error para temperatura máxima	$\pm\%$ de la escala
Resolución digital	Número de bits
Formato del dato en la aplicación del programa	Binario, BCD, etc.
Valor de bits menos significativo (LSB)	MV ó mA
Sobrecarga máxima permanente permitida	V, mA
Lectura de salida digital bajo condiciones de sobrecarga	Bandera
Tipo de entrada	
Para otras entradas (Termocuplas - RTD's, etc)	
Tipo de sensor	J, K, T, PT100, etc.
Rango de medida	mín°C – máx. °C
Método de linealización	

<b>2. CARACTERÍSTICAS DINÁMICAS</b>	<b>UNIDADES</b>
Tiempo de transferencia en las entradas totales	Milisegundos (TAID+TAIT)
Tiempo de duración muestra (incluye ajuste)	Milisegundos
Tiempo de muestra repetición	
Características de filtrado de entrada	
Orden	Primero, segundo
Frecuencia de transmisión	hz.
Desviación temporal máximo durante cada prueba de ruido eléctrico específico	$\pm \%$ de la escala

<b>3. CARACTERÍSTICAS GENERALES</b>	<b>UNIDADES</b>
Tipo de carga permitida	Flotante, aterrizado
Máxima carga capacitiva	Para salida de voltaje
Máxima carga inductiva	Para salidas de corriente
Respuesta de salida al ascenso ó descenso de potencia	
Efectos por conexión incorrecta	

<sup>1</sup> NORMA IEC 1131/2, Controllers Programmables. Pág. 154

Tabla 6. Salidas análogas(Continuación)

4. CARACTERÍSTICAS ESPECIALES	UNIDADES
Ruido entre canales	Decibeles
No-linealidad	± % de la escala
Repetibilidad a temperatura fija después del tiempo de estabilización	
Salida distorsionado	± % de la escala

La interfase de comunicación debe ser especificada según su configuración y debe ir equipada con módulos de comunicaciones y enlaces. El fabricante debe suministrar la información necesaria para la correcta operación como el tipo de enlace, protocolos, características de codificación, etc.

Las estaciones remotas de entrada/salidas deberán ser capaces de fijar los estados de las salidas a los valores establecidos, sin especificar retardos y sin pasar por estados no especificados y deberá ser capaz de indicar una condición de falla. El fabricante deberá especificar los cables de conexión y la instalación de todo el sistema y ofrecer los principios, procedimientos y velocidad de transmisión del enlace de comunicación y su capacidad de transferencia de datos desde la estación, retardos de transmisión en el mejor y peor de los casos.

Para una alta confiabilidad del equipo el fabricante deberá suministrar los valores del MTBF (tiempo medio entre fallas) de cualquier módulo y de la configuración del tipo de prueba bajo condiciones normales de servicio.



## 2.4 SISTEMA DE SUPERVISIÓN

El sistema SCADA permite monitorear y controlar varias funciones del proceso mediante el control de supervisión y adquisición de datos y enlace de comunicación serial entre la estación maestra y las estaciones remotas.

El sistema SCADA o supervisor es implementado a través de la configuración y se caracteriza por tener un diseño de una interfase humana en un ambiente amigable y con una arquitectura cliente / servidor que incorpora tecnologías de sistemas abiertos, como Windows 95, NT, SQL y TCP/IP, la adquisición de datos en tiempo real, manejo de alarmas, gran capacidad de almacenamiento de datos del proceso en registros históricos y su comportamiento en tendencias, la generación de reportes y la instalación de redes de trabajo LAN.

La implementación de un sistema SCADA debe propiciar el contacto con operadores y expertos que manejan el proceso, la determinación y recolección de variables en tiempo real a través de una red de trabajo, dividir el proceso en partes constitutivas y determinar qué tipo de comunicación es la más adecuada.

Las características con las que debe contar un sistema supervisor su instalación son: El manejo de una red superior abierta que mantenga una comunicación segura con otros sistemas por medio de redes LAN a través de líneas dedicadas, radio, microondas, fibras ópticas o satélite. Seguridad confiable que incluya la segregación de puntos, alarmas y niveles de seguridad (password) por punto y

por operador, control y nivel de experiencia. Integración de los equipos involucrados en el sistema como estaciones de control (remotas y control), PLC's, etc. Interfases gráficas de operador que permitan una operación fácil del proceso por medio de botones de mando (pushbottons), botones de seguridad (pull-down), menús en la pantalla principal y barras de herramientas (toolbars), que le permitan interactuar con el sistema.

#### **2.4.1 Funciones**

Las funciones que debe desarrollar todo sistema supervisor para un buen desempeño son:

##### **a. Red de trabajo y recolección de datos**

Una arquitectura de red que sea de configuración sencilla y que integre los sistemas y configuraciones de forma redundante. Las bases de datos son mantenidas por un servidor de alta velocidad que distribuye la información recolectada a las estaciones de operación para monitoreo, control, históricos, reportes, etc.

##### **b. Arquitectura del software**

El software debe emplear estándares industriales como Ethernet, SQL, TCP/IP y Windows para la creación de sistemas abiertos.

### **c. Manejo de alarmas**

El manejo de las alarmas posibles dentro del proceso asegura la notificación a tiempo de las condiciones anómalas del proceso al operador mediante anunciadores visuales o sonoros en la pantalla del operador. Las alarmas configuradas en el sistema son manejadas según la priorización asignada (alto, bajo, alto-alto, bajo-bajo, alta desviación, baja desviación, cambio proporcional, alto transmisor y bajo transmisor) y deben estar disponibles en forma periódica en bajo, alto y urgente.

El despliegue de resumen de alarmas puede mostrar de la alarma más reciente (o más antigua) hasta la alarma de mayor prioridad en el proceso; las pantallas asociadas permitirán enlazar cada punto de alarma con el acceso instantáneo a la información detallada y las acciones recomendadas a seguir.

### **d. Históricos**

La base de datos en tiempo real mantiene un registro histórico extenso del proceso y los datos derivados. El histórico es recolectado en varios intervalos de tiempo de 1 s a 24 h de forma instantánea o promediando los datos del proceso. La información alarma/evento y los cambio de operador son automáticamente registrados en el momento del cambio para luego ser recuperados en la pantalla de resumen de eventos o en reportes de alarma/evento.

Una vez recolectado el dato histórico es dispuesto en esquemas de tendencias, reportes, programas de aplicación y aplicaciones específicas de la base de datos.

### **e. Tendencias**

Las tendencias ofrecen la capacidad de analizar el proceso históricamente a partir de un dato histórico llevado en números de formatos diferentes como simple, dual, triple, multipunto, multirango y ejes X-Y.

Los objetos de las tendencias pueden ser incluidos en la interfase gráfica del usuario permitiendo un acceso flexible y rápido al dato histórico. Los datos archivados son disponibles tanto en la tendencia actual como en el histórico para una fácil comparación de los datos actuales y los anteriores, lo cual facilita la comparación del valor consigna con el actual.

### **f. Reportes**

Los reportes generados por el sistema son sobre la demanda del operador, mediante un botón en la pantalla principal o mediante el teclado, cada reporte puede ser configurado para activar una aplicación sobre el cumplimiento y permitiendo un avanzado procesamiento o transferencia en el sistema.

Los tipos de reportes que se incluyen en un sistema supervisor son:

- Alarma/evento (lista de alarmas y eventos).
- Acciones del operador (lista de acciones para un operador en particular).
- Seguimiento de punto (lista de eventos para uno o más puntos).
- Duración de alarmas (cálculo de la duración de una alarma seleccionada).
- Archivos (archivos históricos que pueden ser almacenados sin conexión).

- Atributo del punto (reporte sobre el estado de la base de datos, alarmas inhibidas, off scan).
- Puntos de referencia (asistentes de las funciones de manejo de la base de datos).

### **g. Algoritmos**

Los algoritmos son utilizados para el diseño de la base de datos que reúne las variables del proceso en tiempo real. Estos algoritmos incluyen cálculos aritméticos, boléanos, integración, linealización, reportes, task o despliegues, control de puntos, área o grupo de alarmas inhibidas y composición jerárquica del punto de alarma y datos de máximos y mínimos de las variables.

### **h. Interfase del operador**

La interfase es construida con el fin de reproducir en una gráfica el proceso bajo un ambiente amigable, para esto se aprovechan recursos como las librerías existentes en el software de programación que poseen gráficas estandarizadas de equipos como bombas, tanques, válvulas, etc. Para la elaboración del despliegue que interactúa directamente con el proceso. Entre los despliegues estandarizados para un sistema supervisor se encuentran:

- Resumen de alarmas y eventos
- Grupos de operación
- Tendencias
- Diagnóstico

- Resumen
- Reportes estándar
- Puntos predefinidos
- Despliegues de puntos detallados
- Algoritmos de puntos de procesamiento
- Preconfiguración de botones pulsadores / barras de herramientas, para todas las funciones claves.
- Pantalla de menú principal
- Campo de alarmas urgentes / recientes sobre todos los despliegues
- Estado sobre todos los despliegues

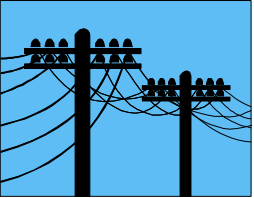
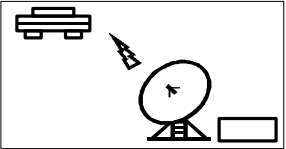
El uso de menús y barras de herramientas (toolbars) permiten una navegación fácil y rápida al acceso de la información.

## **2.5 SISTEMA DE COMUNICACIÓN**

La implementación de un sistema supervisor obliga a la disposición de un sistema de comunicaciones.

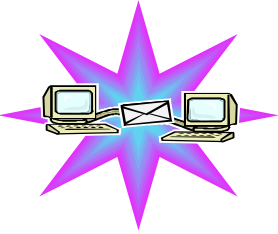
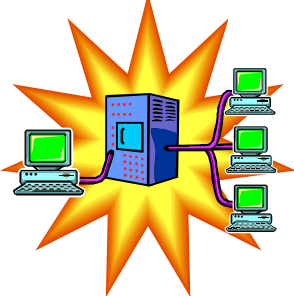
El sistema de comunicación lo constituye una red de telemetría, las estaciones maestras y las estaciones remotas, éstos componentes son clasificados y descritos en la tabla 7 a continuación como una guía para el entendimiento y selección de los componentes.

Tabla 7. Guía para la selección de un Sistema de Comunicaciones<sup>1</sup>

<p>R</p>  <p>A</p>	<p>Consideraciones de elección:</p> <p>a. Topología:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Punto a punto</li> <li>- Punto a multipunto</li> <li>- Multipunto a multipunto</li> </ul> <p>b. Modo de transmisión:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Una sola vía (Half-duplex)</li> <li>- Dos vías (Full-duplex)</li> </ul> <p>c. Medio de enlace</p> <p>d. Protocolo</p>
<p>E</p>  <p>C</p> <p><b>DATOS (DCEs)</b></p>	<p>Consideraciones de elección:</p> <p>a. Medio de enlace</p> <p>b. Requisitos de transmisión</p> <p>c. Requisitos de diagnóstico</p> <p>d. Estaciones maestras y remotas</p> <p>e. Aplicación</p>

<sup>1</sup> CATALOGO, SCADA SYSTEM SELECTION GUIDE, OMNICON. 1997

Tabla 7. Guía para la selección de un Sistema de Comunicaciones (Continuación)

<p><b>E</b></p> 	<p>Consideraciones de elección:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Requisitos funcionales (I/O, cantidad de datos, interfase operador)</li> <li>Módulos I/O, chasis</li> <li>Cantidad de estaciones</li> <li>Componentes del LAN</li> <li>Protocolo usado</li> </ol>
<p><b>I</b></p> 	<p>Consideraciones de elección:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Requisitos de funcionalidad</li> <li>Cantidad de puntos de I/O para ser controladas</li> <li>Espacio</li> <li>Disponibilidad de potencia</li> <li>Localización de la estación remota</li> </ol> <p>Los componentes presentes en la estación de control debe tener en cuenta aspectos como:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Módulos de I/O</li> <li>Interfase de operador</li> <li>Protecciones de encerramiento</li> <li>Protocolo a utilizar</li> </ol>

De acuerdo a la tabla anterior se establecen las descripciones de cada componente.



### 2.5.1 Red de telemetría

La red de telemetría combina el control de supervisión y los medios que proporcionan la observación y supervisión remota de una instalación.

La telemetría se define como la medición y transmisión, por medios eléctricos, de una cantidad hasta una estación distante donde la cantidad medida se indica o se registra. La telemetría puede ser desarrollada por dos métodos el continuo y el de impulso, el primero describe una señal (tensión o corriente) que se modifica para ser compatible con el eslabón de comunicación y el segundo responde instantáneamente a los cambios en las mediciones.

Los componentes de la Red de Telemetría son mostrados en la figura 6.

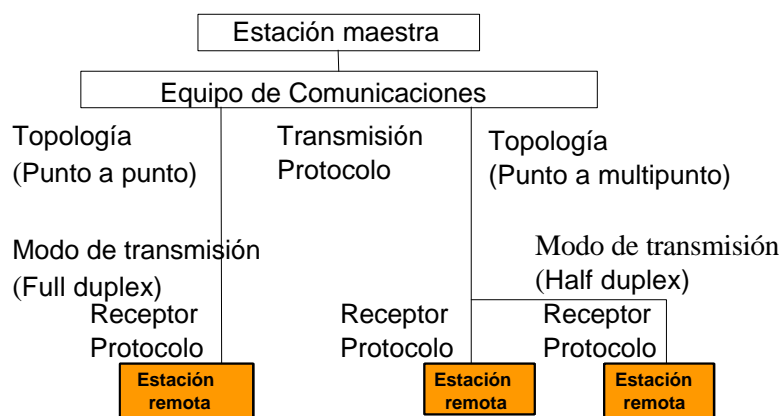


Figura 6. Pautas para la Selección de una Red de telemetría<sup>1</sup>

<sup>1</sup> CATALOGO, SCADA SYSTEM SELECTION GUIDE, OMNICON. 1997. Pág. 11

## a. Topología

El arreglo geométrico de nudos y enlaces entre estaciones que hacen una red es lo que se denomina topología, éstas se dividen según la forma de comunicación entre las estaciones.

- Punto-Punto: Una estación puede iniciar la comunicación con la otra o una estación puede examinar el control de la otra.

Generalmente la conexión se realiza entre dos hilos lo que significa que el enlace se hace mediante el uso de dos cables para la señal, uno para la transmisión y otro para la recepción.

El uso de ésta topología necesita que la comunicación sea Punto-Punto en la estación maestra y la estación remota.

- Punto-Multipunto: Enlaza tres o más estaciones con una estación maestra que controla las otras estaciones. La conexión de la topología se realiza por medio de cuatro hilos (dos cables para transmisión y dos para recepción).
- Multipunto-Multipunto: Enlaza tres o más estaciones donde no hay estación maestra, cualquier estación puede iniciar la comunicación con otra estación cualquiera.

### **a. Medio de transmisión**

El modo de transmisión es la manera en que la información es enviada y recibida entre y/o dispositivos sobre la red. Las topologías y el modo de transmisión son mutuamente definidas:

- Punto-Multipunto: El modo de transmisión es Half duplex lo que significa que la información es enviada por una dirección de la estación A (transmisión) a la estación B (recepción) y por otra dirección de la estación B (transmisión) a la estación A (recepción), en un mismo tiempo sobre el enlace de comunicación.
- Punto-Punto: Su modo de transmisión es Full duplex con lo cual el envío y recepción de la información es de forma simultánea sobre el mismo enlace. Las estaciones A y B son transmisor y receptor simultáneamente.
- Multipunto-Multipunto: Su modo de transmisión entre las estaciones es Full duplex y entre módems es Half duplex.

### **b. Medio de enlace**

Cuando se elige el medio de enlace se consideran aspectos tales como la necesidad de transmisión de datos a lugares remotos, la localización del centro de control y el presupuesto del proyecto, según esto pueden ser elegidos los siguientes medios de enlace.

- Medio de transmisión pública: La red telefónica es proporcionada por una compañía telefónica, esta línea usada diariamente lleva voz y datos en la transmisión.
- Red telefónica pública ininterrumpida.
- Línea dedicada privada (PLL): Es la línea telefónica permanente entre dos o más localidades que es usada para la transmisión análoga de datos. La línea es disponible las 24 horas del día y es usada para comunicación de voz.
- Servicio digital de datos: Es un ancho de banda de línea dedicada que usa técnicas digitales para transferir datos a altas velocidades con un mínimo de error en comparación con la línea dedicada. La línea es disponible las 24 horas.
- Microondas de Radio: Emplea una frecuencia alta (GHz), transmisión radial terrestre y un medio de recepción que usa antenas parabólicas generalmente montadas sobre una torre o en lo alto de un edificio.
- Radio UHF/VHF: Utiliza alta frecuencia electromagnética, onda de transmisión o radio transmisor, que generan la señal para que una antena especial la reciba.
- Satelital: El satélite utiliza una frecuencia alta (GHz) de transmisión de radio con la cual recibe las señales y las envía a antenas parabólicas. El satélite es usado para enrutar la transmisión entre los sitios.

- Línea de potencia: Con un equipo especial de comunicación de datos se puede transmitir y recibir datos sobre las barras de 120 Vac o 460 Vac.

#### **d. Protocolo**

Un protocolo es la guía del formato de transmisión de datos entre dos estaciones. La selección del protocolo considera aspectos como la conexión topológica y el medio de transmisión.

Una aplicación con un medio de transmisión bidireccional y con una dirección síncrona debe elegir un protocolo Half-duplex, de lo contrario si la aplicación requiere de bidirección simultánea el protocolo debe ser full-duplex.

#### **2.5.2 Equipo de adquisición de datos**

El equipo de adquisición de datos es el enlace entre el medio de transmisión y las estaciones maestras y esclavas. La información obtenida de la instrumentación es manipulada para el control de acuerdo a la Figura 7.

La adquisición de datos se realiza mediante puerto serie o paralelo, tarjeta de adquisición de datos o mediante el protocolo IEEE 488. Dichos métodos están dispuestos a la entrada del computador que gobierna el sistema SCADA los cuales convierten la información análoga proveniente de un instrumento en una señal digital dirigida al PLC o software supervisor que controla y monitorea al proceso.

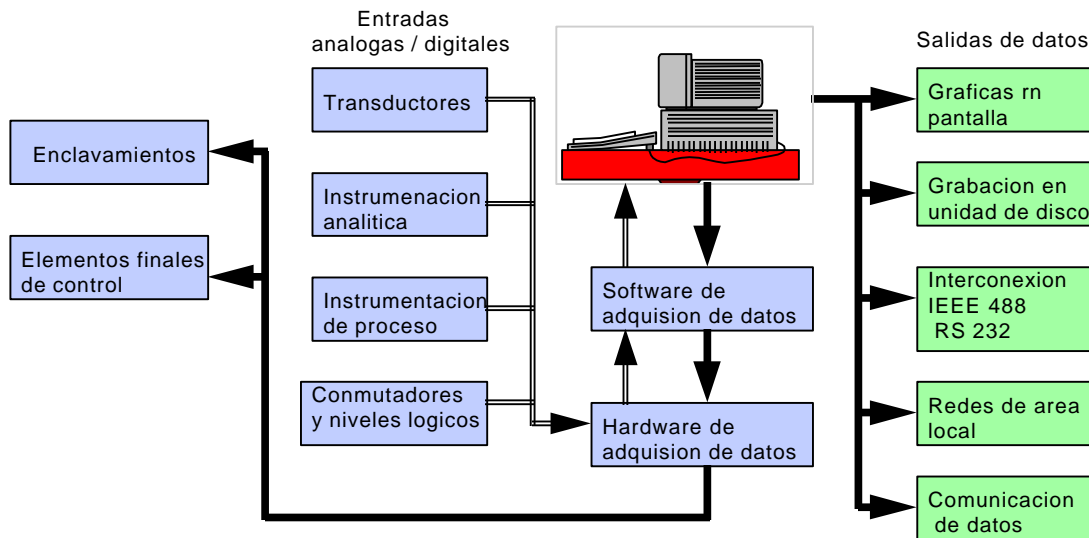


Figura 7. Sistema de adquisición de datos<sup>1</sup>

### 2.5.3 Estación maestra y esclavas

Una estación maestra es aquella que controla las entradas y salidas de las señales del proceso, los elementos finales de control, las condiciones de monitoreo y alarma y coordina las estaciones esclavas de acuerdo a su algoritmo de programación. Una estación esclava es aquella que recibe ordenes y las ejecuta según su algoritmo.

Una estación está compuesta por equipos como una interfase serial, equipo de acuerdo al protocolo utilizado, fuente de energía, un procesador, puntos de I/O y una red de comunicación (LAN).

<sup>1</sup> CREUS, Antonio. Instrumentación Industrial. Pág. 241

### **3. INSTRUMENTACIÓN ACTUAL Y SU LOCALIZACIÓN**

La instrumentación industrial existente en la Central Canoas consta principalmente de interruptores de posición, presión, nivel y flujo para el desarrollo de las secuencias de operación. A continuación se explican en detalle el principio de funcionamiento de cada instrumento en particular con su respectiva localización en las estructuras de la Central.

#### **3.1. FILOSOFÍA**

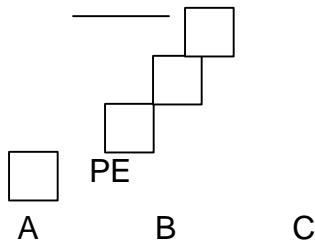
##### **3.1.1 Instrumentos de presión**

Los instrumentos de presión se localizan en el interruptor de 13.8 kV, tuberías de carga y tanques oleoneumáticos del regulador de velocidad y válvulas, en la tubería que une al tanque conservador con el transformador de potencia, además se encuentran manómetros en todas las estructuras que manipulan la variable de manera local. Los principios de operación o filosofía del instrumento son explicados a continuación de acuerdo a la estructura que controla.

##### **a. Interruptor de 13.8 kV**

Estos interruptores de Presión<sup>1</sup> utilizan como principio de funcionamiento el fuelle, el cual es ajustado a un valor determinado para accionar dos contactos que se encuentran dispuestos para alarma y disparo. Ver Anexo A (Foto 1).

Estos interruptores poseen la siguiente simbología en la placa de característica:



En donde:

A: Significa cómo opera el contacto:

L: Abre a baja presión y cierra a alta presión.

H: Abre a presión alta y cierra en presión baja.

K: Un contacto opera como L y otro como H.

B: Número de los contactos 1 o 2.

C: El límite máximo del rango de precisión en  $\text{kg/cm}^2$

El interruptor es accionado cuando el valor de la presión de ajuste cambia, ésta variación actúa en la cámara de presión (12) comprimiendo el fuelle (3) que a su vez empuja la barra del fuelle (4) hacia arriba y comprime el resorte de ajuste de presión. La palanca (5) gira en sentido horario y el tope de la palanca (13) empuja la lámina del resorte (11) a la derecha de acuerdo al ajuste del resorte (10), moviendo los contactos (9) haciendo que estos se abran rápidamente. La disminución de la presión del aire causa la operación invertida y el contacto cierra. Figura 8

<sup>1</sup> CATALOGO. Pressure Switch, Saginomiya Seisakusho Co, LTDA. 1970.





Figura 8. Interruptor de Presión instalado en interruptor de 13.8 kV<sup>1</sup>

El ajuste de la presión cambia con la fuerza de compresión del resorte de ajuste (1), pero existe alguna diferencia de presión entre los interruptores de apertura y cierre. La tensión del resorte diferencial (2) es ajustada de acuerdo a ésta diferencia de presión, primero la presión es ajustada mediante el resorte (1) y el re-inicio o reseteo de presión es ajustado por medio del resorte diferencial (2).

El límite de presión significa que el límite máximo de operación está bajo condiciones normales, el valor mínimo de presión diferencial depende de la construcción y no puede ser ajustado a un valor menor que el mostrado en Tabla 8. El ajuste se realiza por medio de dos tornillos que se hacen girar en sentido horario para aumentar ajuste y en sentido inverso para disminuirla, el valor de ajuste se debe situar con un margen de operación del 5% del valor real si éste sobrepasa el límite se debe hacer un nuevo ajuste.

---

<sup>1</sup> CATALOGO, Pressure Switch, Saginomiya Seisakusho Co. LTDA. Pág. 3

Tabla 8. Ajuste del interruptor de Presión 13.8 kV

La cubierta frontal del instrumento tiene dos ventanas a través de las cuales se muestran las condiciones del resorte por medio de indicadores luminosos (puntos rojos), el punto rojo A muestra la presión de operación y el punto B muestra la magnitud de la presión diferencial.

El mantenimiento de los interruptores comprende el buen estado del cableado y la limpieza de los contactos de ajuste.

**b. Tanques oleoneumáticos (Válvulas - Regulador de Velocidad) y Tuberías de carga**

La tecnología de éstos instrumentos está basada en el uso del diafragma como método de captura del valor de la presión. El diafragma es un elemento sensible formado por una membrana colocada entre dos volúmenes que trabajan en forma diferencial entre la presión atmosférica y la del proceso, pueden estar compensados con relación a la presión atmosférica y calibrados en presiones

absolutas. La membrana se deforma ante la presencia de presión diferencial entre las dos cámaras que lo componen. Ver Anexo A (Foto 2).

### **c. Transformador de potencia**

El instrumento de presión presente en el transformador de potencia es el Relé Buchholz, el cual responde a todas aquellas fallas que se desarrollan en el interior del transformador las cuales tienen como consecuencia la producción de gases. El instrumento se ubica en la tubería que conecta el tanque conservador a la cuba del transformador, al producirse gases en el interior de la cuba del transformador recircula el aceite de la cuba al tanque conservador a través del relé que contiene un diafragma que al romperse permite la recirculación de aceite. Ver Anexo A (Foto 3).

El relé Buchholz trabaja con relés auxiliares de alarma y disparo, que actúan sobre interruptores.

### **d. Manómetros**

Los manómetros está directamente expuesto al medio de medida y emplean como principio de medida el Tubo Bourdon, el cual consiste en la aplanación de una varilla de forma semicircular que al ser expuesta a la presión del sistema trata de alinearse, causando un movimiento que es transmitido a una palanca que convierte éste movimiento lineal en movimiento rotacional causando que el puntero se desplace e indique la medida.

El método de ajuste de los manómetros consiste en la conexión de un peso muerto o tornillo hidráulico.

Los manómetros de la Central reciben mantenimiento frecuente en ajustes de calibración, determinación de su curva de operación, error máximo, histéresis, operación de los contactos eléctricos y grado de protección al medio corrosivo circundante.

### **3.1.2 Instrumentos de Nivel**

La medida de nivel en la Central se realiza por medio de interruptores e indicadores, éstos instrumentos se encuentran ubicados en aquellos lugares de almacenamiento de aceite o agua, tales como tanques oleoneumáticos, cojinetes, torres de refrigeración y tanque conservador del transformador principal. La filosofía de éstos instrumento se explican a continuación de acuerdo a la estructura que controlan.

#### **a. Tanque oleoneumático del Regulador de Velocidad (recipiente y sumidero 1080), Cojinetes (Guía Inferior y Superior)**

Los instrumentos que vigilan y controlan el nivel de aceite de las estructuras mencionadas son interruptores tipo flotador<sup>1</sup> en donde un flotador permanece en posición balanceada sobre la superficie del líquido de medida y se desplaza según el aumento o disminución del líquido. Los interruptores tipo flotador contienen en el flotador dos o tres interruptores de mercurio, los cuales cierran o los abren sus contactos de acuerdo al nivel del tanque, esto interruptores desplazan el mercurio contenido dentro de ampollitas de vidrio y a la salida de éstas se conectan dos hilos a través de los cuales se hace circular o no una

---

corriente que ajusta el nivel del recipiente en mínimo, medio y máximo, como se observa en la figura 9 que indica nivel BAJO con el cierre de los contactos 1-2, mientras que los contactos 3-4 y 5-6 se encuentran abiertos.

Figura 9. Conexión interna del Interruptor de Nivel<sup>1</sup>

La función de cada contacto debe ser especificada de acuerdo a la figura 10.

Figura 10. Método de ajuste de interruptores de Nivel<sup>2</sup>

Estos ajustes están referidos al nivel mínimo y máximo del líquido, la cantidad en milímetros asigna la altura de montaje del instrumento en el lugar de medida.

---

<sup>1</sup> y <sup>2</sup> CATALOGO. Float Switch type FM-3, Mitsubishi. Pág. 4

La instalación del instrumento debe considerar una altura máxima del nivel de 0.1 m mayor, una distancia de 850 mm entre el nivel mínimo del líquido y el fondo del tanque y por último una alimentación de 250 V dc en el contacto del interruptor. El aspecto externo es mostrado en la figura 11 y el anexo A (Foto 4).

Figura 11. Aspecto externo del interruptor de nivel

Otro instrumentos utilizado para la medida de nivel en las estructuras mencionadas es la Mirilla de nivel, la cual ofrece una indicación local mediante la conexión de una tubería by-pass en el tanque, ésta se ajusta mediante tornillos ubicados en el costado anterior. Ver Anexo A (Foto 5).

#### **b. Transformador de potencia**

El instrumento que detecta el nivel de aceite dentro del tanque conservador del transformador es de tipo magnético, el cual maneja dos imanes para el control de nivel, el primero se encuentra adentro de un flotador que se desplaza hacia arriba o hacia abajo de acuerdo al cambio de nivel y el otro separado del imán interno

por una lámina de metal no magnética afuera del tanque, el movimiento provocado por los imanes es transmitido y convertido en movimiento rotacional a una aguja del medidor. Ver Anexo A (Foto 6).

### **c. Torre de refrigeración**

El instrumento que detecta el nivel en las torres de refrigeración (taques de almacenamiento de agua) utilizan interruptores tipo flotador contenidos en una cubierta plástica expuesta directamente sobre el líquido. Ver Anexo A (Foto 7).

El cable de transmisión de la señal generada es enviado a través de la tubería embebida en las cimentaciones de las torres a la bornera.

### **d. Tanque oleoneumático de Válvulas**

En ésta estructura se encuentra como instrumento de nivel un indicador o mirilla de nivel la cual de forma local permite observar el nivel de aceite. En la actualidad la mirilla no se encuentra pero se cuenta con una conexión tipo rosca del instrumento. Ver Anexo A (Foto 8).

### **3.1.3 Instrumentos de Flujo**

Los instrumentos de flujo instalados en la Central son interruptores, los cuales censan el paso del agua destinada a refrigerar cojinetes y al radiador del generador.

El principio de instrumento interruptores de Flujo<sup>1</sup> consiste en el accionamiento de un interruptor al impulso del agua. El impulso provoca que una varilla con sistema de resorte e imán se deflecte e indique la cantidad de flujo existente mediante la apertura o cierre de los contactos internos del interruptor.

Entre las características más importantes del instrumento se destacan la lectura directa de flujo con base a una escala gradual, el que no presentan obstrucción o depósitos sobre los contactos y que no requiere de una ubicación vertical u horizontal en especial sobre la tubería. Ver Anexo A (Foto 9).

### **3.1.4 Interruptores de Posición**

Los interruptores de posición son dispositivos destinados a informar y controlar la posición de una máquina o una parte de ella mediante el uso de dos contactos (Normalmente Cerrados + Normalmente Abiertos) de apertura o cierre.

Esta instrumentación fue instalada recientemente por lo tanto posee características tecnológicas como por ejemplo una construcción con materiales de alta resistencia en los contactos internos y en las partes expuestas directamente al ambiente externo, lo cual le ofrece al instrumento un alto grado de protección de acuerdo a norma IP 67 e IEC 529, un tiempo de acción rápida, una vida mecánica útil, entre otras.

Los interruptores de Posición instalados en la Central están dispuestos para la supervisión del movimiento de estructuras como válvulas mariposa los cuales indican la apertura, cierre total y cierre entre 3-5° del disco, trabas para la

---

<sup>1</sup> CATALOGO, Flow Switch, Yachiyo modelo Sasaki. Tipo PU. 1970



verificación de la puesta de ésta, en el regulador de velocidad más específicamente en las bombas de aceite y el distribuidor, en las válvulas de conmutación o solenoides de cierre rápido y arranque para indicar la energización y desenergización de la válvula.

### **3.1.5 Instrumentos de Temperatura**

Los instrumentos de temperaturas que se manejan en la Central son RTD's de cobre ( $10 \Omega$  a  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ) y PT 100. Estos sensores cambian la resistencia de los cables de cobre linealmente con la temperatura y su comportamiento permanece estable con el tiempo.

Su estado actual es de óptimas condiciones debido a la reciente conexión del Registrador de temperaturas manejado por el PLC Allen Brabldley SLC 500, el cual controla y supervisa las señales que se muestran en la Tabla 9.

Tabla 9. Instrumentos de Temperatura actuales<sup>1</sup>

### 3.2 CONSIGNAS E INSTRUMENTACIÓN EXISTENTE

Las consignas de operación de las estructuras en la Central Canoas determinan el correcto funcionamiento de éstas y los valores a los que se deben ajustar los instrumentos que se utilizan para las control de las secuencias de operación de la Central. A continuación se hace una breve reseña del funcionamiento de cada una de las estructuras y la instrumentación instalada en cada una de ellas. Las características técnicas de la Central son mostradas en el anexo B y la ubicación de la instrumentación en el plano estructural de la Central (anexo C).

Las estructuras dispuestas en la Central son expuestas desde la captación de la energía primaria hasta su conexión a la red interconecta.

#### a. Bocatoma

---

<sup>1</sup> EBC, REGISTRADOR DE TEMPERATURAS. Base de datos de señales. 1999

La bocatoma está conformada por compuertas que permiten el paso del agua a la tubería de admisión de la Central, la instrumentación que posee el lugar es un control de nivel de agua en el sitio denominado Aforo San Francisco, el cual es de vital importancia para la alimentación de energía primaria (agua) a las demás Centrales de la cadena CASALCO.

#### **b. Tubería de admisión**

La tubería de admisión es aquella que conduce el agua desde la bocatoma a las secciones antes (tubería de presión) y después (tubería de caja espiral o caracol) de la Válvula mariposa de turbina.

En el inicio de la apertura de la Válvula Mariposa de Turbina la tubería de admisión y espiral deben estar a la misma presión ( $15 \text{ kg/cm}^2$ ), para esto se dispone de una válvula by-pass que permite el paso del agua de un lugar a otro e igualar presiones.

La instrumentación existente en la tubería de admisión consta de interruptores de presión y manómetros localizados aguas arriba y aguas debajo.

Tabla 10. Instrumentación Tubería de admisión

### **c. Tanque oleoneumático de Válvulas**

La función de la estructura es proporcionar aceite presurizado a los servomotores y válvulas de conmutación para el control de apertura y cierre de la válvula mariposa de turbina (s9093), válvula de by-pass (s9090) y la válvula mariposa de derivación (s9095).

La instrumentación de la estructura consta de un manómetro que mide la presión del aceite de gobierno, de interruptores de presión que son accionados cuando la presión del aceite de gobierno baja, de interruptores de posición activados por la inyección de aceite presurizado a las válvulas solenoides y por una la conexión de una mirilla de vidrio, que en la actualidad no existe, que supervisa el nivel de aceite en el tanque.

Tabla 11. Instrumentación Tanque oleoneumático de válvulas

### **d. Válvula mariposa de turbina**

Este elemento es un órgano de apertura y cierre con disco lenticular, el diseño facilita el cierre del disco aún después de que el distribuidor de la turbina no

cierre sus alabes con el propósito de cortar el caudal de agua en el momento de presentarse una emergencia.

La instrumentación en la válvula consta de interruptores de posición para supervisar el peso asociado con el disco y de un interruptor de presión que determina la presión de agua en la tubería de admisión.

Tabla 12. Instrumentación Válvula mariposa de admisión

#### **e. Turbina**

El sistema denominado como turbina consta del distribuidor, la tubería de succión, los cojinetes, las válvulas solenoides y el sistema de refrigeración. Estos subsistemas hacen posible que la turbina pierda su estado de inercia y empiece a aumentar su velocidad.

Los instrumentos instalados son interruptores tipo flotador que miden el nivel de aceite en cojinetes y agua del tanque de almacenamiento, finales de carrera, interruptores de temperatura (RTD's y PT 100). La instrumentación del sistema de refrigeración consta de interruptores de flujo fijados en las tuberías del suministro del agua.

Tabla 13. Instrumentación Turbina

**f. Regulador de velocidad**

El regulador de velocidad está el organismo que controla las revoluciones del eje de la turbina (327 rpm) para alcanzar el voltaje nominal (13.8 kV) en la unidad.

El regulador de la Central está constituido por tanques oleoneumáticos de control y almacenamiento, un actuador que a su vez está compuesto por un ajuste de velocidad (potencia reactiva) y un límite de carga (potencia activa), éstos órganos definen las condiciones nominales de la unidad y la posición de la válvula

reguladora de presión. El actuador dirige el movimiento de alabes (genera la marcha o paro del rodete) y la apertura de la válvula reguladora de presión (alivio) en el momento de presentarse una sobrepresión en la fase inicial de parada de la unidad.

El regulador tiene un control neumático gobernado por elementos como el recipiente de aceite a presión (1030), el tanque sumidero (1080), las bombas de aceite (b1002 y b1012), las tuberías necesarias para el manejo del aceite presurizado procedente de las bombas de aceite y las válvulas de conmutación (s 2132, s2328, s2230) que activan o desactivan las funciones del regulador.

La instrumentación del regulador la constituyen los interruptores de nivel tipo flotador que vigilan y controlan el nivel del tanque sumidero y el recipiente de aceite a presión, los interruptores de presión que controlan la presión de aceite proveniente de las bombas, un manómetro local que mide la presión de aire contenida en el recipiente de aceite a presión e interruptores de posición accionados por la energización de las válvulas solenoides de las bombas de aceite (s1005), de lubricación (arranque s2328), de descarga (s2132), de cierre rápido (s2130) y de cierre de emergencia (s2230), éstos también verifican el estado del ajustador de velocidad, del limitador de carga en sus posiciones de mínimo, arranque y máximo, al igual que la apertura o cierre del cono de la válvula reguladora de presión.

Tabla 14. Instrumentación Regulador de velocidad

**g. Regulador de tensión y Sistema de excitación**

El regulador de tensión debe velar por que la tensión del generador sea permanentemente estable en todo momento y después de presentarse una perturbación o una fluctuación de carga. El sistema de excitación debe velar por que el generador se establezca en el voltaje nominal cuando la unidad está generando, el sistema está constituido por una fuente de corriente continua



independiente acoplada al eje de la máquina sincrónica (excitación propia), cuya función es alimentar de corriente directa al devanado rotórico del generador dando lugar a una Fem. que refuerza al campo magnético presente en los polos del generador.

Tabla 15. Instrumentación Regulador de tensión y Sistema de excitación

#### **h. Generador**

El Generador como sistema fundamental en el proceso de generación posee sistemas asociados a el como el regulador de velocidad, el regulador de tensión, el sistema de excitación y el sistema de frenado, para producir la tensión generada diseñada para el generador.

La instrumentación del generador consta de interruptores de presión instalados en el sistema de frenado y de posición ajustados para energizar la válvula solenoide de frenado (s3025/9).

Tabla 16. Instrumentación Generador

### **i. Tubería y Válvulas de derivación**

La tubería de derivación y las válvulas de derivación (válvula mariposa y válvula cónica) tienen como propósito ofrecer un camino alternativo al agua cuando la unidad no se encuentra generando.

La instrumentación está constituida por manómetros para medir la presión en la tubería de derivación aguas arriba de la válvula mariposa y por interruptores de posición que verifican el estado del peso de la válvula mariposa de turbina y la traba de la válvula cónica de derivación.

Tabla 17. Instrumentación Tuberías y Válvulas de derivación

### **j. Transformador de potencia**

El transformador de potencia tiene como fin elevar la tensión generada (13.8 kV) hasta 115 kV para la vinculación de la Central a la red interconectada.

El nivel del tanque conservador se supervisa localmente mediante un flotador que sensa la cantidad de aceite presente en el tanque, y por un indicador de nivel de aceite tipo visor con marcaciones a 20°C diseñado de forma tal que permita la variación del volumen contenido de aceite para temperaturas de 20 y 95°C.

#### **4. CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE FUNCIONAMIENTO EN LA INSTRUMENTACIÓN ACTUAL**

Luego de establecer el tipo de instrumentos instalados en la Central se considera necesario el realizar un inventario físico de éstos con el fin de confirmar su existencia, estado y funcionamiento actual. Además de ofrecer una idea detallada del instrumento a cualquier persona interesada en ellos y formar una idea de las pautas necesarias para la adaptación de éstos a la lógica de control a ser diseñada.

El proceso de investigación y captura de la información se realizó directamente sobre los instrumentos inspeccionando cada una de las características externas, internas y de operación. Las características fueron establecidas según la información suministrada en normas ISA en cuanto a los requisitos necesarios en el principio de funcionamiento, localización, método de calibración, estados de mantenimiento, etc.

La información recolectada se compiló en un formato que organiza a la variable de medida según las características externas, eléctricas, de operación, al igual que muestran las observaciones realizadas sobre el instrumento individual. A continuación se muestran dichos formatos según la variable medida (presión, flujo, nivel, posición y temperatura).

**CENTRAL HIDROELÉCTRICA CANOAS**  
**SEGUIMIENTO DE SEÑAL DE INSTRUMENTOS DE PRESIÓN**

Nmo.	Tecnología	Variable	Ubicación	Contactos	ORIGEN					DESTINO		OBSERVACIONES		
					Bornera	Tablero	Hoja	Medio de transmisión	Longitud	Bobina que energiza	Contacto de la bobina		Actúa sobre	Hoja
e 1044	Interruptor	Aceite	Tanque Oleoneumático del Regulador PRESIÓN NORMAL	3 - 4	L5 / 106 L5 / 109	Local para Regulador de Turbina	26	Cable RHW 1x 10 AWG		1D5	13 - 14 53 - 54	1 D17 Anuncio ( H )	26 40	Abre en P <= 30 kg/cm2 Anunciación de Condiciones de Arranque (13)
e 1044	Interruptor	Aceite	Tanque Oleoneumático del Regulador PRESIÓN BAJA	1 - 2	L5 / 107 L5 / 108	Local para Regulador de Turbina	40	Cable THW 2 x 12 AWG				30 W33	40	Cierra en P <= 30 kg/cm2
e 1043	Interruptor	Aceite	Tanque Oleoneumático del Regulador PRESIÓN MÍNIMA	1 - 2	L5 / 103 L5 / 104	Local para Regulador de Turbina	33 40	Cable THW 2 x 12 AWG		6D14	13 - 14 23 - 24	6 D17 30 W21	33 41	Cierre a P <= 27 Kg / cm2 Condición para reposición de cierre de emergencia Anuncio y alarma baja presión segunda etapa
e 9008	Interruptor	Agua	Tubería de carga y Caracol PRESIONES IGUALES	3 - 4	L22/30 L22/31	Local para Válvula mariposa de Turbina	27a	Cable THW 2 x 12 AWG		1D36	13 - 14	1 D35	27a	Cierra por igualación de presiones Condición de apertura de V.M.T
e 9088	Interruptor	Aceite	Tanque Oleoneumático de Válvulas PRESIÓN BAJA		L21/33 L21/34	Local para Válvula mariposa de Turbina	92	Cable THW 2 x 12 AWG		42 QV		m 9080	92	Cierra por baja presión. Arranque automático de m 9080
e 9088/1	Interruptor	Aceite	Tanque Oleoneumático de Válvulas PRESIÓN BAJA	2 - 1	L21/53 L21/54	Local para Válvula mariposa de Turbina	40	Cable THW 2 x 12 AWG		30 W38	2 - 6	Anuncio ( H )	40	Anuncio y alarma de baja presión en Tanque
b 1002	Interruptor	Aceite	Tanque Oleoneumático del Regulador PRESIÓN BOMBA I	1 - 2	L5 /61 L5 /62	Local para Regulador de Turbina	29	Cable THW 2 x 12 AWG		2D1	13 - 14 33 - 34 23 - 24 71 - 72	Manual 2D6 Anuncio Anuncio	88 29 29	Cierra P <= 33 o 32 kg/cm2 Abre P >= 38 o 37 kg/cm2 Conectar arrancador Bomba I Bomba I desconectada ( H 1000/1 ) Bomba I conectada ( H 1000/9 )
b 1012	Interruptor	Aceite	Tanque Oleoneumático del Regulador PRESIÓN BOMBA II	1 - 2	L5 /65 L5 /66	Local para Regulador de Turbina	29	Cable THW 2 x 12 AWG		2D9	13 - 14 33 - 34 23 - 24 71 - 72	Manual 2D14 Anuncio Anuncio	88 29 29	Cierra P <= 33 o 32 kg/cm2 Abre P >= 38 o 37 kg/cm2 Conectar arrancador Bomba II Bomba II desconectada ( H 1010/1 ) Bomba II conectada ( H 1010/9 )
63 AB	Interruptor	Aire	Frenos del generador SIN PRESIÓN	63AB1 - 63AB2	L 153 L 154	Tablero de control de la Turbina	39	Cable THW 2x12 AWG	40	13D5	13 - 14 23 - 24 71 - 72	1D17 Anuncio	26 39	Condición para arranque de la turbina Frenos sin presión de aire
63 APB	Interruptor	Aire	Frenos del generador PRESIÓN BAJA		12 - X38 10 - X38	Tablero de control de la Central	97	Cable THW 2x12 AWG	50	30 H38	2 - 6	Anuncio	97	Abre por baja presión
63 AHH	Interruptor	Aire	Interruptor de 13,8 kV PRESIÓN ALTA		AL1 AL2	Tablero de control de la Central	97	Cable THW 4x12 AWG	30	30H37	2 - 6	Anuncio	97	Cierra P = 34,5 kg/cm2 Abre P = 30 kg/cm2 Anuncio y alarma de presión de compresores
63 AHH	Interruptor	Aire	Interruptor de 13,8 kV PRESIÓN ALTA		53 54	TP'S y supresor de onda en Tablero 13,8	79	Cable THW 4x12 AWG		42 AC - A 42 AC - B		88 ACM - A 88 ACM - B	79	Cierra P <= 30 kg/cm2 Abre P >= 34,5 kg/cm2 Arrancador de compresores
63 AHL1	Interruptor	Aire	Interruptor de 13,8 kV PRESIÓN ALTA		51 53	TP'S y supresor de onda en Tablero 13,8	79	Cable THW 4x12 AWG		42 AC - A 42 AC - B		88 ACM - A 88 ACM - B	79	Cierra P <= 28,5 kg/cm2 Abre P >= 33 kg/cm2 Condición para energizar Arrancadores de compresor
63 AHL2	Interruptor	Aire	Interruptor de 13,8 kV PRESIÓN ALTA		AL3 AL4	TP'S y supresor de onda en Tablero 13,8	97	Cable THW 4x12 AWG		30H37	2 - 6	Anuncio	97	Cierra P <= 24 kg/cm2 Abre P >= 28,5 kg/cm2 Anuncio y alarma de presión en compresor de 13,8
63 LH1	Interruptor	Aire	Interruptor de 13,8 kV PRESIÓN BAJA		AL5 AL6	TP'S y supresor de onda en Tablero 13,8	97	Cable THW 4x12 AWG		30H37	2 - 6	Anuncio	97	Cierra P >= 11 kg/cm2 Abre P <= 10 kg/cm2 Anuncio y alarma de presión en compresor de 13,8
63 LH2	Interruptor	Aire	Interruptor de 13,8 kV PRESIÓN BAJA			Interruptor y cuchilla en tablero de 13,8	80	Cable THW 4x12 AWG						Cierra P >= 8,5 kg/cm2 Abre P <= 7,8 kg/cm2 Condición de operación en interruptor de 13,8
63 LL1	Interruptor	Aire	Interruptor de 13,8 kV PRESIÓN BAJA		AL7 AL8	Tablero 13,8	97	Cable THW 2 x 12 AWG	10	30H37	2 - 6	Anuncio	97	Cierra P <= 8 kg/cm2 Abre P >= 8 kg/cm2 Anuncio y alarma de presión baja en interruptor de 13,8
64 LL2	Interruptor	Aire	Interruptor de 13,8 kV PRESIÓN BAJA		AL11 AL21	Interruptor y cuchilla en tablero de 13,8	97	Cable THW 2 x 12 AWG		30H37	2 - 6	Anuncio	97	Cierra P <= 8 kg/cm2 Abre P >= 9 kg/cm2 Anuncio y alarma de presión baja en interruptor de 13,8
63 D	Interruptor	Aceite	Válvula de alivio de presión - Transformador PRESIÓN ALTA		63D1 63D2	Transformador principal - Fases	102	Cable THW 2 x 12 AWG		30T35	2 - 6	Anuncio	102	Diafragma de alivio
63 1	Interruptor	Aceite	Transformador PRESIÓN ALTA		63 - 1 63 - 01	Transformador principal - Fases	102			30T34	2 - 6	Anuncio	102	Buchholz - Alarma
63 2	Interruptor	Aceite	Transformador PRESIÓN ALTA		63 - 2 63 - 02	Transformador principal - Fases	107			30T12	2 - 6	Anuncio	107	Buchholz - Disparo
9089	Manómetro	Aceite	Tanque Oleoneumático de Válvulas PRESIÓN LOCAL											Bomba hidráulica manual
9025 / 6	Manómetro	Agua	Válvula Mariposa de Derivación PRESIÓN LOCAL											By-Pass, verifica compensación de presiones
9005 / 6	Manómetro	Agua	Válvula Mariposa de Turbina PRESIÓN LOCAL											By-Pass, verifica compensación de presiones
3021/1 - 2	Manómetro	Aire	Frenos del generador PRESIÓN LOCAL											
1043	Manómetro	Aceite	Tanque Oleoneumático de Regulador PRESIÓN LOCAL											Recipiente de aceite a presión ( Interfase )
87/6	Manómetro		Interruptor 13,8 kV											
2263	Manovacuometro		Tubo de Succión PRESIÓN VACÍO											Presión de descarga

**CENTRAL HIDROELÉCTRICA CANOAS**  
**SEGUIMIENTO DE SEÑAL DE INSTRUMENTOS DE NIVEL**

Nmo.	Tecnología	Variable	Ubicación	ORIGEN							DESTINO				OBSERVACIONES
				Contactos	Bornera	Tablero	Hoja	Medio de transmisión	Longitud	Bobina que energiza	Contacto de la bobina	Actúa sobre	Medio de transmisión	Hoja	
63 GTGO	Interruptor	Aceite	Cojinetes Superiores NIVEL BAJO	3 - 4	FBU3 - X2 FBU4 - X2	Bomero del Generador	60	Cable THW/ 2 x 12 AWG		60G41	2 - 6	Anuncio ( H )	Cable THW 2 x 12 AWG	60	Anunciación y alarma de Nivel bajo
63 GTGO	Interruptor	Aceite	Cojinetes Superiores NIVEL NORMAL	1 - 2	FBU1 - X2 FBU2 - X2	Bomero del Generador	39	Cable THW 2 x 12 AWG		13D3	13 - 14 23 - 24	1 D17 Anuncio ( H )	Cable THW 2 x 12 AWG	26 39	Listo para entrar en operación. Anunciación de condición de arranque ( 5 )
63 GLO	Interruptor	Aceite	Cojinete Guía Inferior NIVEL BAJO	3 - 4	FBL3 - X2 FBL4 - X2	Bomero del Generador	60	Cable THW 2 x 12 AWG		30G40	2 - 6	Anuncio ( H )	Cable THW 2 x 12 AWG	60	Anunciación y alarma de Nivel bajo
63 GLO	Interruptor	Aceite	Cojinete Guía Inferior NIVEL NORMAL	1 - 2	FBL1 - X2 FBL2 - X2	Bomero del Generador	39	Cable THW 2 x 12 AWG		13D4	13 - 14 23 - 24	1 D17 Anuncio ( H )	Cable THW 2 x 12 AWG	26 39	Listo para entrar en operación. Anunciación de condición de arranque ( 6 )
63 TO	Interruptor	Aceite	Transformador - Tanque conservador NIVEL BAJO	1 - 2	63TO1 63TO2	Transformador principal - Fases	102	Cable THW 2 x 12 AWG		30T33	2 - 6	Anuncio ( H )	Cable THW 2 x 12 AWG	102	Anunciación y alarma de Nivel bajo
63 WLT	Flotador	Agua	Sistema de Refrigeración - Tanque NIVEL NORMAL		24-B1 HPB-B1A-C	CCM I	86	Cable THW 2 x 12 AWG	60	63CWX	4 - 5	42 CW-A	Cable THW 2 x 12 AWG	86	Arrancador de Bombas de refrigeración

CENTRAL HIDROELÉCTRICA CANOAS  
SEGUIMIENTO DE SEÑAL DE INSTRUMENTOS DE FLUJO

Nmo.	Tecnología	Variable	Ubicación	ORIGEN								DESTINO			OBSERVACIONES
				Contactos	Bornera	Tablero	Hoja	Medio de transmisión	Longitud	Bobina que energiza	Contacto de la bobina	Actúa sobre	Conduit	Hoja	
63 GACW	Interruptor	Agua	Sistema de Refrigeración FLUJO BAJO	6 - 5	5L 6L	Tablero de control de Turbina Regleta Int. Flujo	27a	Cable THW 2 x 12 AWG	25	1D29	(+) - H	s9090/9 1D35	2" - 10	27a 27a	Abrir - Cerrar Válvula by-pass Abrir - Cerrar Válvula M. Turbina
63 GACW	Interruptor	Agua	Sistema de Refrigeración FLUJO BAJO	7 - 8	6 - X1B 5 - X1B	Tablero de control de la Central Regleta Int. Flujo	60			60G39	2 - 6	Anuncio ( H )		60	Bajo flujo
		Agua	Tubería de Entrada REGISTRO			Terminales de V.M.D		Cable THW 2 x 12 AWG	40				3/4" - 20		
		Agua	Tubería de Derivación REGISTRO			Terminales de V.M.D		Cable THW 2 x 12 AWG	50				3/4" - 30		
63 GLW	Interruptor	Agua	Cojinete Guía Inferior BAJO FLUJO	10 - 9	5L 6L	Tablero de control de Turbina Regleta Int. Flujo	27a	Cable THW 2 x 12 AWG	25	1D29	(+) - H	s9090/9 1D35	2" - 10	27a 27a	Abrir - Cerrar Válvula by-pass Abrir - Cerrar Válvula M. Turbina
63 GLW	Interruptor	Agua	Cojinete Guía Inferior BAJO FLUJO	11 - 12	1 - X1B 2 - X1B	Tablero de control de la Central Regleta Int. Flujo	60			30G37	2 - 6	Anuncio ( H )		60	Bajo flujo
63 W	Interruptor	Agua	Agua de refrigeración BAJO	C - CN	8 - X1B 7 - X1B	Tablero de control de la Central Regleta Int. Flujo	97	Cable THW 2 x 12 AWG	50	30H32	2 - 6	Anuncio ( H )	3/4" - 2	97	Bajo flujo
63 GTGW	Interruptor	Agua	Cojinetes Superiores FLUJO BAJO	2 - 1	5L 6L	Tablero de control de la Central Regleta Int. Flujo	27a	Cable THW 2 x 12 AWG	25	1D29	(+) - H	s9090/9 1D35	2" - 10	27a 27a	Abrir - Cerrar Válvula by-pass Abrir - Cerrar Válvula M. Turbina
63 GTGW	Interruptor	Agua	Cojinetes Superiores FLUJO BAJO	3 - 4	4 - X1B 3 - X1B	Tablero de control de la Central Regleta Int. Flujo	60			30G38	2 - 6	Anuncio ( H )		60	Bajo flujo

**CENTRAL HIDROELÉCTRICA CANOAS**  
**SEGUIMIENTO DE SEÑAL DE INTERRUPTORES DE POSICIÓN**

Nmo.	Variable	Ubicación	ORIGEN							DESTINO		OBSERVACIONES	
			Contactos	Bornera	Tablero	Hoja	Medio de transmisión	Longitud	Bobina que energiza	Contacto de la bobina	Actúa sobre		Hoja
b 1005/1	Posición	Tanque Oleoneumático Regulador - Bomba I ACTIVADA	1 - 3	70 - L5 71 - L5	Regulador de Turbina	29				Anuncio ( H )		29	Bomba II como principal ( h 1005/2 )
b 1005/2	Posición	Tanque Oleoneumático Regulador - Bomba II ACTIVADA	1 - 3	73 - L5 74 - L5	Regulador de Turbina	29				Anuncio ( H )		29	Bomba I como principal ( h 1005/1 )
b 1040/1	Nivel ( 63L1 )	Tanque Oleoneumático Regulador NIVEL ALTO	5 - 6	82 - L5 83 - L5	Regulador de Turbina	26				1D6	53 - 54 71 - 72 81 - 82 Anuncio	30 W34 1 D17 39	Anuncio Cond. Alarma Falla Turbina Listo para entrar en operación Anuncio Nivel normal
b 1040/2	Nivel ( 63L2 )	Tanque Oleoneumático Regulador NIVEL BAJO	1 - 2	84 - L5 85 - L5	Regulador de Turbina	26				1D7	53 - 54 71 - 72 81 - 82 Anuncio	30 W32 1 D17 39	Anuncio Cond. Alarma Falla Turbina Listo para entrar en operación Anuncio Nivel normal
b 1040/9	Nivel ( 63L3 )	Tanque Oleoneumático Regulador NIVEL MÍNIMO	3 - 4	86 - L5 87 - L5	Regulador de Turbina	33				6D14a	13 - 14 23 - 24	6 D17 30W14	Impide reposición de Cierre de emergencia Anuncio Nivel mínimo
b 1081/1	Nivel ( 63TL1 )	Tanque Oleoneumático Regulador - Sumidero NIVEL ALTO	3 - 4	88 - L5 89 - L5	Regulador de Turbina	26				1D8	53 - 54 71 - 72 81 - 82 Anuncio	30 W36 1 D17 39	Anuncio y alarma Falla Turbina Listo para entrar en operación Anuncio Nivel sumidero normal
b 1081/9	Nivel ( 63TL2 )	Tanque Oleoneumático Regulador - Sumidero NIVEL BAJO	1 - 2	90 - L5 91 - L5	Regulador de Turbina	26				1D9	53 - 54 71 - 72 81 - 82 Anuncio	30 W35 1 D17 40	Anuncio y alarma Falla Turbina Listo para entrar en operación Anuncio Nivel sumidero normal
b 9050/1	Posición	Válvula Reguladora de presión ABIERTA		L3 / 11 L3 / 12	CCI	26	Cable THW , 19 x 14 AWG	20		1D1	13 - 14 53 - 54 23 - 24 Anuncio	1 d17 1 d55 39	Listo para entrar en Operación Sincronización Anuncio 9. Condiciones de arranque
b 2130/9	Posición	Válvula de Cierre rápido DISPARADO	1 - 3	76 - L5 77 - L5	Regulador de Turbina	33				6D10	43 - 44 71 - 72 33 - 34 23 - 24	1D35 1D44 5D5 6D24	Condición para energizar V.M.T Condición para reponer Cierre rápido Condición para aplicar Frenos Condición para arrancar Turbina
b 2130/9	Posición	Válvula de Cierre rápido DISPARADO	1 - 3	76 - L5 77 - L5	Regulador de Turbina	33				6D15	71 - 72 13 - 14	1D27 5D16	Control de válvula by - pass Condición de finalización de Frenos
b 2230/9	Posición	Válvula de Cierre de emergencia DISPARADO	1 - 3	79 - L5 80 - L5	Regulador de Turbina	26				1D14	72 - 71 13 - 14 81 - 82	1D17 6D19 Anuncio ( H )	Listo para entrar en operación Cierre de emergencia disparado Anuncio Cierre de emergencia repuesto
b 2732/9	Posición	Válvula de lubricación Cojinete ABIERTA	3 - 4	5 - L11 6 - L11	Regulador de Turbina	28				Anuncio ( H )			Válvula de aceite de lubricación para arranque ( h 2732 )
b 9003/1	Posición	Válvula by - pass CERRADA	1 - 2	42 - L21 43 - L21	Terminales de V.M.T	26				1D3	13 - 14 23 - 24 81 - 82	1 D17 1 D32 Anuncio	Listo para entrar en Operación Cerrar Válvula de llenado Anuncio Válvula de llenado cerrada
b 9003/1	Posición	Válvula by - pass CERRADA	1 - 2	42 - L21 43 - L21	Terminales de V.M.T	26				1D16			No figuran contactos
b 9000/1	Posición	Válvula Mariposa de Turbina CERRADA	3 - 4	36 - L22 37 - L22	Terminales de V.M.T	26	Cable THW 37 x 14 AWG 4 x 12 AWG	40		1D4	13 - 14 23 - 24 33 - 34	1 D17 Anuncio Anuncio	Listo para entrar en Operación Anuncio VMT cerrada Anuncio VMT cerrada ( h 9000/1 )
b 9000/5	Posición	Válvula Mariposa de Turbina CIERRE ENTRE 3 Y 5 GRADOS	1 - 2	38 - L22 39 - L22	Terminales de V.M.T	92				42QV			Cierra y energiza arrancador de Bomba de aceite para válvulas 9080
b 9000/9	Posición	Válvula Mariposa de Turbina ABIERTA	3 - 4	40 - L22 41 - L22	Terminales de V.M.T	27a				1D37	13 - 14 23 - 24 33 - 34	1 D32 h 900/9 1D44	Cerrar Válvula de llenado (solenoides) Anuncio VMT abierta ( h 9000/9 ) Condición de Reponer cierre rápido
b 9000/9	Posición	Válvula Mariposa de Turbina ABIERTA	3 - 4	40 - L22 41 - L22	Terminales de V.M.T	27a				1D38	43 - 44 23 - 24 71 - 72	DC - AV DC - LC 30 W 37	Energización de circuitos DC de Ajuste de velocidad Energización de circuitos DC de Limite de carga Anuncio cierre anormal de VMT
b 9000/9	Posición	Válvula Mariposa de Turbina ABIERTA	3 - 4	40 - L22 41 - L22	Terminales de V.M.T	27a				1D39	71 - 72	42 QV	Cierra y energiza arrancador de Bomba de aceite para válvulas 9080
b 9010/9	Posición	Traba de Válvula Mariposa de Turbina PUESTA	3 - 4	45 - L22 44 - L22	Terminales de V.M.T	27a				1D34a	71 - 72	1 D35	Evita apertura de V.M.T, por colocación de traba.
b 9020/1	Posición	Válvula Mariposa de Derivación CERRADA	2 - 1	9 - L4 10 - L4	Terminales V.M.D	27b	Cable THW 7 X 10 AWG	50		Anuncio ( H )			Anuncio - V.M.D cerrada
b 9020/1	Posición	Válvula mariposa de derivación CERRADA	8 - 7	9 - L4 4 - L4	Terminales V.M.D	27b				s 9095/1			Desenergización del solenoide V.M.D Cerrar V.M.T
b 9020/1	Posición	Válvula mariposa de derivación CERRADA	5 - 8	46 - L4 47 - L4	Terminales V.M.D	89				C1	m 9041		Arrancador de V.C.D. m 9041 Abrir por manual
b 9020/5	Posición	Válvula mariposa de derivación CIERRE ENTRE 3 Y 5 GRADOS	1 - 2	11 - L4 12 - L4	Terminales V.M.D	92				42 QV			Arrancador 3G, Bomba de aceite de válvulas m 9080.

**CENTRAL HIDROELÉCTRICA CANOAS**  
**SEGUIMIENTO DE SEÑAL DE INTERRUPTORES DE POSICIÓN**

Nmo.	Variable	Ubicación	ORIGEN								DESTINO		OBSERVACIONES
			Contactos	Bornera	Tablero	Hoja	Medio de transmisión	Longitud	Bobina que energiza	Contacto de la bobina	Actúa sobre	Hoja	
b 9020/9	Posición	Válvula Mariposa de Derivación ABIERTA	8 - 7	13 - L4 3 - L4	Terminales V.M.D	27b			s 9095/9 9 D2	13 - 14	42 QV	27b 92	Abre cuando VMD esta abierta, desenergización el solenoide Arrancador 3G, Bombas de válvulas 9080
b 9020/9	Posición	Válvula mariposa de derivación ABIERTA	5 - 6	51 - L4 52 - L4	Terminales V.M.D	89			10D1	23 - 24	C1	89	Arrancador m 9041.
b 9095/1	Posición	Válvula mariposa de Derivación CERRADA	1 - 3	50 - L21 51 - L21	Regulador de velocidad	27b			9D3	13 - 14 23 - 24	42 QV 42 QV	92 92	Cierra por posición de apertura de válvula de conmutación para VMD. Energiza arrancador de bomba lubricación 9080
b 9030/9	Posición	Traba de Válvula Mariposa de Derivación RETIRADA	4 - 3	16 - L4 15 - L4	Terminales V.M.D	27b			9 D1	71 - 72	s 9095/9	27b	Energiza electro válvula abrir V.M.D
b 9040/1	Posición	Válvula Cónica de Derivación abierta CIERRA	11 - 12	34 - L3 35 - L3	Terminales válvulas cónicas	31			4D9	71 - 72 13 - 14 23 - 24 33 - 34 43 - 44 53 - 54	4D7 m 2351	31	Condición para disminución de limite de carga Energizar motor m 2351, en sentido de cierre
b 9040/1	Posición	Válvula Cónica de Derivación abierta CIERRA		20 - BBC 22 - BBC		89			C2	m 9041		89	Abre por cierre total de V.C.D. Motor m 9041 Cerrar
b 9040/9	Posición	Válvula Cónica de Derivación cerrada ABRE		13 -BBC 22 - BBC		89			C1	m 9041		89	Abre por apertura total de V.C.D. Motor m 9041 Abrir
b 9040/11	Posición	Válvula Cónica de Derivación cerrada Apertura >= 30 cm	1 - 2	38 - L3 39 - L3	Terminales válvulas cónicas	89			10D2	C1		89	Motor m 9041 - Abrir
b 2150/1	Posición	Distribuidor CERRADO	1 - 2	31 - L1 34 - L1	Regulador de Turbina	26			1D2	13 - 14 23 - 24 33 - 34 43 - 44 53 - 54	86S 1D17 5 D5 Anuncio C-1	11 26 32 39 89	Condición Parada total Listo para entrar en Operación Condición Parada normal Anuncio Distribuidor Cerrado Arrancador Condición apertura VCD
b 2150/9	Posición	Distribuidor ABIERTO >= 49.5 %	3 - 4	47 - L1 46 - L1	Regulador de Turbina	87			42 AB			87	Arrancador 1R, Compresor de aire para servicios generales
b 2150/11	Posición	Distribuidor ABIERTO >= POSICIÓN DE ARRANQUE	3 - 4	39 - L1 40 - L1	Regulador de Turbina	89			C1			89	Arrancador de apertura de VCD
b 2155/9	Posición	Traba de Distribuidor PUESTA	3 - 4	1 - L11 2 - L11	Regulador de Turbina	26			1D10	13 - 14 23 - 24 81 - 82	86S 1D17 1d44	11 26 28	Condición de Parada total Listo para entrar en operación Condición para Reparar Cierre rápido
b 2155/9	Posición	Traba de Distribuidor PUESTA	3 - 4	1 - L11 2 - L11	Regulador de Turbina	26			1D15	13 - 14 23 - 24	5D5 Anuncio ( H )	32 39	Condición de aplicar Frenos Anuncio Traba distribuidor conectada
	Posición	Alabes del Distribuidor INDICACIÓN			Terminales del Regulador			Cable THW 10 X 12 AWG	25				
b 2340/1	Posición	Ajuste de Velocidad POSICIÓN MÍNIMA	3 - 4	32 - L5 35 - L5	Regulador de Turbina	26			1D11	13 - 14 23 - 24 71 - 72 33 - 34 53 - 54	1D17 3 D4 3 D7 5D4 Anuncio ( H )	26 30 30 32 39	Listo para entrar en Operación Rele de bloqueo ( R-S ),para aumentar velocidad Desenergización de m 2341 ( Disminuir velocidad ) Disparo de 86S, por iniciar parada manual Anuncio Ajuste de Velocidad Posición mínima
b 2340/3	Posición	Ajuste de Velocidad POSICIÓN ARRANQUE	3 - 4	39 - L5 36 - L5	Regulador de Turbina	30			3D1	13 - 14 71 - 72	3D4 3D7	30 30	Rele de bloqueo, Posición mínima Desenergización de m2341 ( Disminuir velocidad )
b 2340/9	Posición	Ajuste de Velocidad POSICIÓN MÁXIMA	3 - 4	43 - L5 40 - L5	Regulador de Turbina	30			3D2	71 - 72	3D9	30	Evita seguir aumentando velocidad
b 2350/1	Posición	Limite de Carga POSICIÓN MÍNIMA	3 - 4	44 - L5 47 - L5	Regulador de Turbina	26			1D12	13 - 14 23 - 24 33 - 34 53 - 54 71 - 72	1D17 4D4 5D4 4D7 Anuncio ( H )	26 31 32 31 39	Listo para entrar en Operación Rele de bloqueo ( R-S ), para aumentar velocidad Disparo de 86S, por iniciar parada manual Disminuir Limite de C. ( se desenergiza ) Anuncio Limite de carga Posición mínima
b 2350/3	Posición	Limite de Carga POSICIÓN ARRANQUE	3 - 4	51 - L5 48 - L5	Regulador de Turbina	31			4D1	13 - 14 71 - 72	4D4 4D7	31 31	Rele de bloqueo para aumentar carga Lleva al mínimo de carga por disparo parcial 86S
b 2350/9	Posición	Limite de Carga POSICIÓN MÁXIMA	3 - 4	55 - L5 52 - L5	Regulador de Turbina	31			4D2	71 - 72	4D9	31	Evita seguir aumentando carga
b 2340	Posición	Cierre de Emergencia SOBREVOLUCIDAD	3 - 4	37 - L1 38 - L1	Regulador de Turbina	33			6D13	13 - 14	6D17	33	Impide reposición de cierre de emergencia Inicia cierre de emergencia
75	Posición	Frenos del Generador SUPERVISOR DE ZAPATAS	1 - 2	BR1 - X2 BR7 -X2	Borneros del Generador	39			13D2	13 - 14 23 - 24	1D17 13D2	26 39	Frenos no aplicados, listo para entrar en operación. Anuncio Frenos no aplicados
70 E/ n	Posición	Regulación de Campo ppl y Estabilizador POSICIÓN DE VOLTAJE SIN CARGA	71 - 72	261B5 - X 261B4 - Z	Reg. de campo en Tablero de excitación	45			41D1X ( C )	5 - 6	41D1	45	Energización de Baterías como fuente de tensión para Sistema de excitación
70 E/ lb.	Posición	Regulación de Campo ppl y Estabilizador POSICIÓN DE MÍNIMO VOLTAJE	52 - 51	253D2 - Z 253D1 - Z	Reg. de campo en Tablero de excitación	47					Seguidor autom. de voltaje	47	Desenergiza el Seguidor automático de Voltaje AFF en Bornera 7 - 70E1



**CENTRAL HIDROELÉCTRICA CANOAS**  
**SEGUIMIENTO DE SEÑAL DE INTERRUPTORES DE POSICIÓN**

Nmo.	Variable	Ubicación	Contactos	ORIGEN						DESTINO		OBSERVACIONES		
				Bornera	Tablero	Hoja	Medio de transmisión	Longitud	Bobina que energiza	Contacto de la bobina	Actúa sobre		Hoja	
70 E / ha	Posición	Regulación de Campo ppl y Estabilizador POSICIÓN DE MÁXIMO VOLTAJE	62 - 61	253D1 - Z 253D3 - Z	Reg. de campo en Tablero de excitación	47						Seguidor autom. de voltaje	47	Desenergiza el Seguidor automático de Voltaje AFF en Bornera 7 - 70E2
70 E / hb	Posición	Regulación de Campo ppl y Estabilizador POSICIÓN DE MÁXIMO VOLTAJE		X3 X4	Reg. de campo en Tablero de excitación	52			70 E XR			70 EM	52	Desenergiza m 70EM
70 E / lb.	Posición	Regulación de Campo ppl y Estabilizador POSICIÓN DE MÍNIMO VOLTAJE		X7 X8	Reg. de campo en Tablero de excitación	52			70 E XL			70 EM	52	Desenergiza m 70EM
70E/ mLb	Posición	Regulador campo ppl y Estabilizador POSICIÓN DE VOLTAJE SIN CARGA DESDE POSICIÓN MÍNIMA DE VOLTAJE	31 - 32	266E2 - X 266E3 - Z	Reg. de campo en Tablero de excitación	52			70 E XR			70EM	52	Operación automático del motor de campo principal y estabilizador Si : CS/70E auto y V máximo desenergizado
70E / mha	Posición	Regulador campo ppl y Estabilizador POSICIÓN DE VOLTAJE SIN CARGA DESDE POSICIÓN MÁXIMO DE VOLTAJE	41 - 42	266E3 - X 266E4 - Z	Reg. de campo en Tablero de excitación	52			70 E XL			70EM	52	Operación automática del motor de campo principal y estabilizador Si : CS/70E auto y V mínimo energizado
90 R / n	Posición	Fijación de Voltaje POSICIÓN DE VOLTAJE NOMINAL	9 - 10	264D3 - Z 264D2 - Z	Reg. de campo en Tablero de excitación	50			41R X			41R ( C )	50	Conexión de AVR a campos de control
90 R /La	Posición	Fijación de Voltaje POSICIÓN MÍNIMO VOLTAJE	3 - 4	265H5 265H6		51						90RM	51	Parada de motor 90 RM
90 R/hb	Posición	Fijación de Voltaje POSICIÓN MÁXIMO VOLTAJE	2 - 1	265H3 265H4		51						90RM	51	Parada de motor 90 RM
90 R/mLb	Posición	Fijación de Voltaje POSICIÓN VOLTAJE NOMINAL	7 - 8	265G3 265F2		51			90XR	1 - 2		90RM	51	Operación automática del motor 90RM, desde posición mínimo voltaje
90 R/mha	Posición	Fijación de Voltaje POSICIÓN VOLTAJE NOMINAL	5 - 6	265G3 265G2		51			90XL	1 - 2		90RM	51	Operación automática del motor 90RM, desde posición máximo voltaje
89H	Posición	Cuchilla de 13,8 kV CIERRE	A3 - A30	89RL HBP	Interru. y cuchilla en tablero de 13,8	80						Anuncio ( H )	80	Cuchillas de 13,8 cerradas
89H	Posición	Cuchilla de 13,8 kV ABIERTA	B3 - B30	89GL HBP	Interru. y cuchilla en tablero de 13,9	80						Anuncio ( H )	80	Cuchillas de 13,8 abiertas
189/hb	Posición	Cuchilla de 115 kV CERRADAS		X - 2 X - 3		106			189CX			189M	106	Parada de motor de cuchillas 189M
189/La	Posición	Cuchilla de 115 kV ABIERTAS		X - 1 X - 3		106			189TX			189M	106	Parada de motor de cuchillas 189M
189/ha	Posición	Cuchilla de 115 kV CERRADAS	P2 - 189 RL - 189	P1 - 189 8 - X2C	Transf.ppl en Tablero de control de la Central	106						Anuncio ( H )	106	Cuchillas de 13,8 cerradas
189/lb.	Posición	Cuchilla de 115 kV ABIERTAS	P2 - 189 GL - 189	P1 - 189 9 - X2C	Transf.ppl en Tablero de control de la Central	106						Anuncio ( H )	106	Cuchillas de 13,8 abiertas

**CENTRAL HIDROELÉCTRICA CANOAS**  
**SEGUIMIENTO DE SEÑAL DE INSTRUMENTOS DE TEMPERATURA**

Nmo.	ORIGEN				DESTINO		OBSERVACIONES
	Sensor	Variable	Ubicación	Bornera	Dirección-PLC	Medio de transmisión	
TB -ESTA	RDT Cu 10 $\Omega$ a 25°C	Temperatura	Generador	X1 C10, C11, C12	I : 1.0	Cable	Generador - FASE A
TB -ESTB	RDT Cu 10 $\Omega$ a 25°C	Temperatura	Generador	X1 C7, C8, C9	I : 1.1	Cable	Generador - FASE B
TB -ESTC	RDT Cu 10 $\Omega$ a 25°C	Temperatura	Generador	X1 C3, C5, C6	I : 1.2	Cable	Generador - FASE C
TM - COJE	RDT Cu 10 $\Omega$ a 25°C	Temperatura	Cojinete de Empuje	X1 B10, B11, C1	I : 2.0	Cable	Temperatura del metal
TM - CLGS	RDT Cu 10 $\Omega$ a 25°C	Temperatura	Cojinete Guía Superior	X1 B7, B8, B9	I : 2.1	Cable	Temperatura del metal
TM - CJGI	RDT Cu 10 $\Omega$ a 25°C	Temperatura	Cojinete Guía Inferior	X1 B4, B5, B6	I : 2.2	Cable	Temperatura del metal
TA - COJI	RDT Cu 10 $\Omega$ a 25°C	Temperatura	Cojinete Guía Inferior	X1 A10, A11, A12	I : 2.3	Cable	Temperatura del aceite
TAIR - VENT	RDT Cu 10 $\Omega$ a 25°C	Temperatura	Ventiladores	X2 A5, A6, A8	I : 3.0	Cable	Temperatura del aire
TAIR - EXC	RDT Cu 10 $\Omega$ a 25°C	Temperatura	Excitatriz	X2 A9, A10, A11	I : 3.1	Cable	Temperatura del aire
TB - TRFA	RDT Cu 10 $\Omega$ a 25°C	Temperatura	Transformador Principal	X3 A7, A8, A9	I : 3.2	Cable	Temperatura fase A
TB - TRFB	RDT Cu 10 $\Omega$ a 25°C	Temperatura	Transformador Principal	X3 A10, A11, A12	I : 3.3	Cable	Temperatura fase B
TB - TRFC	RDT Cu 10 $\Omega$ a 25°C	Temperatura	Transformador Principal	X3 A4, A5, A6	I : 4.0	Cable	Temperatura fase C
TM - GTURB	PT - 100	Temperatura	Cojinete Guía de Turbina	X1 A7, A8, A9	I : 4.1	Cable	Temperatura del metal
VCAMPO		Temperatura	Temperatura del Rotor	X4 A3 (+), A2 (-)	I : 5.0	Cable	Voltaje de campo
ICAMPO		Temperatura	Temperatura del Rotor	X4 A7 (+), A6 (-)	I : 5.1	Cable	Corriente de campo

## **5. SEGUIMIENTO DE SEÑAL DE LOS INSTRUMENTOS ACTUALES**

El capítulo describe a las señales que intervienen con la lógica de control de las secuencias de operación instaladas en la actualidad, el seguimiento de las señales se realiza desde su origen hasta su destino, con el propósito de ofrecer una visión global del manejo de las señales, su procedencia y su fin específico dentro de la lógica de control.

Las consideraciones tenidas en cuenta para el seguimiento de señal desde el origen son la localización del instrumento, los contactos accionados gracias a la señal, la bornera y tablero de conexión, las características del medio de transmisión (longitud, tipo y protección) y por último se entrega el análisis del contactor que es energizado de acuerdo a la acción del instrumento.

Luego de ser energizado el contactor se analizan las consecuencias obtenidas en el destino de la señal, de igual manera se considera el tablero de conexión, la longitud y el diámetro del conductor.

Las descripciones anteriores se basan en el análisis realizado en los Diagramas Unifilares de la Central Canoas por lo tanto se hace referencia a la hoja en la cual se encuentra.

El seguimiento de las señales que son manejadas en la secuencias de control de la unidad son mostradas a continuación según la variable que vigilan (presión, flujo, nivel, posición y temperatura).

CENTRAL HIDROELÉCTRICA CANOAS  
 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE INSTRUMENTOS ACTUALES  
 INTERRUPTORES DE PRESIÓN ( PRESÓSTATOS )

CARACTERÍSTICA TÉCNICA	OBSERVACIÓN	INTERRUPTOR DE PRESIÓN			
		e 9088	e 9088/1	e 9008	e 1044/3
LOCALIZACIÓN	Estructura	Tanque Oleoneumático de Válvulas	Tanque Oleoneumático de Válvulas	Tubería de Carga	Regulador de Velocidad
MARCA	Modelo	SIEMENS	SIEMENS	SIEMENS	SIEMENS
CARACTERÍSTICAS EMPAQUE	Material resistente a la corrosión (Teflón u otro)	Cubierta de plástico	Cubierta de plástico	Cubierta de plástico	Cubierta de plástico
	Grado de protección a la corrosión (Nema 4X / IP 67)	No	No	No	No
	Nivel de encerramiento (Hermético, etc.)	Hermético	Hermético	Hermético	Hermético
PARTES INTERNAS	Material resistente a la corrosión (Acero u otro)	Acero inoxidable	Acero inoxidable	Acero inoxidable	Acero inoxidable
	Filosofía de funcionamiento	Diafragma	Diafragma	Diafragma	Diafragma
	Tamaño en pulgadas (NPT)				
CARACTERÍSTICAS EXTERNAS	Tipo de conexión (Rosca - Brida)	Rosca	Rosca	Rosca	Brida
	Tipo de montaje (Vertical - Horizontal)	Vertical	Vertical	Horizontal	Horizontal
	Temperatura de servicio	Ambiente (17,5 °C)	Ambiente (17,5 °C)	Ambiente ( 17,5 °C )	Interna
	Vibración presente	No	No	No	No
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS	Precisión (± 0.5% ± 0.50%)	0,25%	0,25%	0,25%	0,25%
	Histéresis (De acuerdo a su aplicación)				
	Sensibilidad (± 0.05 %)				
	Ajuste del Set - Point (Tornillos - Contactos auxiliares)	Tornillo hidráulico Peso muerto	Tornillo hidráulico Peso muerto	Tornillo hidráulico Peso muerto	Tornillo hidráulico Peso muerto
	Niveles de ajuste (Alarma - Disparo - Control)	Switch low : 33kg/cm2	Switch high : 70 kg/cm2 Switch low : 35 kg/cm2	Switch high : 15 kg/cm2	Switch low : 30 kg/cm2
	Contactos de ajustes (Inductivos - Magnéticos)	Inductivos	Inductivos	Inductivos	Inductivos
	Alimentación disponible (dc ó ac)	125 Vdc	125 Vdc	125 Vdc	125 Vdc
CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN	Rango	28 - 48 kg/cm2	28 - 48 kg/cm2		32 - 37 kg/cm2
	Resolución	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
	Linealidad (Conforme a la curva ideal)				
	Repetibilidad (± 0.1 %)				
	Tipo de señal generada (Corriente - Pulso - Estado - Binario)	Corriente	Corriente	Corriente	Corriente
	Indicación (Display análogo o digital)	Instrumento ciego	Instrumento ciego	Instrumento ciego	Instrumento ciego
	Tiempo de respuesta (segundos - minutos)				
	Señal de transmisión (Cable, Fibra - Longitud)	Cable	Cable	Cable	Cable
Ruido que pueda afectar la señal de transmisión	Apantallado y encauchetado	Apantallado y encauchetado	Apantallado y encauchetado	Apantallado y encauchetado	
OBSERVACIONES	Estado físico actual	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
	Estado mecánico actual	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
	Estado eléctrico actual	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
	Mantenimiento libre	No	No	No	No

CENTRAL HIDROELECTRICA CANOAS  
 CARACTERISTICAS TECNICAS DE INSTRUMENTOS ACTUALES  
 INTERRUPTORES DE PRESION ( PRESOSTATOS )

CARACTERÍSTICA TÉCNICA	OBSERVACIÓN	INTERRUPTOR DE PRESIÓN			
		b 1012	b 1002	e 3021	63 AB
LOCALIZACIÓN	Estructura	Regulador de Velocidad	Regulador de Velocidad	Frenos del Generador	Frenos del Generador
MARCA	Modelo	Ubicado en el interior del Regulador	Ubicado en el interior del Regulador	Ubicado en el interior del Generador	
CARACTERÍSTICAS EMPAQUE	Material resistente a la corrosión (Teflón u otro)				Cubierta de metal
	Grado de protección a la corrosión (Nema 4X / IP 67)	No	No		No
	Nivel de encerramiento (Hermético, etc.)				Hermético
PARTES INTERNAS	Material resistente a la corrosión (Acero u otro)				Acero inoxidable
	Filosofía de funcionamiento	Diafragma	Diafragma		Diferencial
CARACTERÍSTICAS EXTERNAS	Tamaño en pulgadas (NPT)				
	Tipo de conexión (Rosca - Brida)	Brida	Brida		Rosca
	Tipo de montaje (Vertical - Horizontal)	Horizontal	Horizontal		Vertical
	Temperatura de servicio	Interna del Regulador	Interna del Regulador		Ambiente (17,5 °C)
	Vibración presente	No	No		No
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS	Precisión ( $\pm 0.5\%$ $\pm 0.50\%$ )	0,25%	0,25%		0,25%
	Histéresis (De acuerdo a su aplicación)				
	Sensibilidad ( $\pm 0.05\%$ )				
	Ajuste del Set - Point (Tornillos - Contactos auxiliares)	Tornillos	Tornillos		Tornillo hidráulico Peso muerto
	Niveles de ajuste (Alarma - Disparo - Control)	Switch high : 38-37 kg/cm2 Switch low : 33-32 kg/cm2	Switch high : 38-37 kg/cm2 Switch low : 33-32 kg/cm2		Switch high : 10 kg/cm2 Switch low : 4 kg/cm2
	Contactos de ajustes (Inductivos - Magnéticos)	Inductivos	Inductivos		Inductivos
Alimentación disponible (dc ó ac)	125 Vdc	125 Vdc	125 Vdc	125 Vdc	
CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN	Rango	32 - 38 kg/cm2	32 - 38 kg/cm2		0 - 1000 kg/cm2 200 kg/cm2
	Resolución				
	Linealidad (Conforme a la curva ideal)				
	Repetibilidad ( $\pm 0.1\%$ )				
	Tipo de señal generada (Corriente - Pulso - Estado - Binario)	Corriente	Corriente		Corriente
	Indicación (Display análogo o digital)				Escala
	Tiempo de respuesta (segundos - minutos)				
	Señal de transmisión (Cable, Fibra - Longitud)	Cable	Cable		Cable - 50 m
Ruido que pueda afectar la señal de transmisión	Apantallado y encauchetado	Apantallado y encauchetado	Cable apantallado	Apantallado y encauchetado	
OBSERVACIONES	Estado físico actual				Bueno
	Estado mecánico actual	Bueno	Bueno		Bueno
	Estado eléctrico actual	Bueno	Bueno		Bueno
	Mantenimiento libre	No	No		No

CENTRAL HIDROELÉCTRICA CANOAS  
 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE INSTRUMENTOS ACTUALES  
 INTERRUPTORES DE PRESIÓN ( PRESÓSTATOS )

CARACTERÍSTICA TÉCNICA	OBSERVACIÓN	INTERRUPTOR DE PRESIÓN			
		63 APB	63 AHH	63 AHL1	63 AHL2
LOCALIZACIÓN	Estructura	Frenos del Generador	Interruptor de 13,8 kV	Interruptor de 13,8 kV	Interruptor de 13,8 kV
MARCA	Modelo	El instrumento no existe actualmente	SAGINOMIYA - SEISAKUSHO Tipo HPE ( 1970 )	SAGINOMIYA - SEISAKUSHO Tipo KPE ( 1970 )	SAGINOMIYA - SEISAKUSHO Tipo HPE ( 1969 )
CARACTERÍSTICAS EMPAQUE	Material resistente a la corrosión (Teflón u otro)		Cubierta de metal	Cubierta de metal	Cubierta de metal
	Grado de protección a la corrosión (Nema 4X / IP 67)		No	No	No
	Nivel de encerramiento (Hermético, etc.)		Hermético	Hermético	Hermético
PARTES INTERNAS	Material resistente a la corrosión (Acero u otro)		Acero inoxidable	Acero inoxidable	Acero inoxidable
	Filosofía de funcionamiento		Fuelle	Fuelle	Fuelle
	Tamaño en pulgadas (NPT)				
CARACTERÍSTICAS EXTERNAS	Tipo de conexión (Rosca - Brida)		Rosca	Rosca	Rosca
	Tipo de montaje (Vertical - Horizontal)		Vertical	Vertical	Vertical
	Temperatura de servicio		Ambiente (17,5 °C)	Ambiente (17,5 °C)	Ambiente (17,5 °C)
	Vibración presente		No	No	No
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS	Precisión (± 0.5% ± 0.50%)		Tolerancia del 5%	Tolerancia del 5%	Tolerancia del 5%
	Histéresis (De acuerdo a su aplicación)				
	Sensibilidad (± 0.05 %)				
	Ajuste del Set - Point (Tornillos - Contactos auxiliares)		Tornillos (Resorte ajuste diferencial)	Tornillos (Resorte ajuste diferencial)	Tornillos (Resorte ajuste diferencial)
	Niveles de ajuste (Alarma - Disparo - Control)		Switch on : 28,5 kg/cm2 Switch off : 33 kg/cm2	Switch on : 30 kg/cm2 Switch off : 34,5 kg/cm2	Switch on : 24 kg/cm2 Switch off : 28,5 kg/cm2
	Contactos de ajustes (Inductivos - Magnéticos)		Inductivos	Inductivos	Inductivos
CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN	Alimentación disponible (dc ó ac)	125 Vdc	125 Vdc	125 Vdc	125 Vdc
	Rango		27 - 30 kg/cm2 Límite 40 kg/cm2	27 - 35 kg/cm2 Límite 40 kg/cm2	27 - 35 kg/cm2 Límite 40 kg/cm2
	Resolución				
	Linealidad (Conforme a la curva ideal)				
	Repetibilidad (± 0.1 %)				
	Tipo de señal generada (Corriente - Pulso - Estado - Binario)		Corriente	Corriente	Corriente
	Indicación (Display análogo o digital)		Escala	Escala	Escala
	Tiempo de respuesta (segundos - minutos)				
Señal de transmisión (Cable, Fibra - Longitud)	Cable - 40 m	Cable - 30 m	Cable	Cable	
Ruido que pueda afectar la señal de transmisión	Apantallado y encauchetado	Apantallado y encauchetado	Apantallado y encauchetado	Apantallado y encauchetado	
OBSERVACIONES	Estado físico actual	No existe	Bueno	Bueno	Bueno
	Estado mecánico actual		Bueno	Bueno	Bueno
	Estado eléctrico actual		Bueno	Bueno	Bueno
	Mantenimiento libre		No	No	No

CENTRAL HIDROELÉCTRICA CANOAS  
 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE INSTRUMENTOS ACTUALES  
 INTERRUPTORES DE PRESIÓN ( PRESÓSTATOS )

CARACTERÍSTICA TÉCNICA	OBSERVACIÓN	INTERRUPTOR DE PRESIÓN				
		63 LL1	63 LL2	63 D	63 1	63 2
LOCALIZACIÓN	Estructura	Interruptor de 13,8 kV	Interruptor de 13,8 kV	Válvula Reguladora de Presión	Transformador de Potencia (Relé 'Buchholz-Alarma)	Transformador de Potencia (Relé 'Buchholz-Disparo)
MARCA	Modelo	SAGINOMIYA - SEISAKUSHO Tipo LPE ( 1970 )	SAGINOMIYA - SEISAKUSHO Tipo HPE ( 1969 )		MITSUBISHI	MITSUBISHI
CARACTERÍSTICAS EMPAQUE	Material resistente a la corrosión (Teflón u otro)	Cubierta de metal	Cubierta de metal		Cubierta de metal	Cubierta de metal
	Grado de protección a la corrosión (Nema 4X / IP 67)	No	No		No	No
	Nivel de encerramiento (Hermético, etc.)	Hermético	Hermético		Hermético	Hermético
PARTES INTERNAS	Material resistente a la corrosión (Acero u otro)	Acero inoxidable	Acero inoxidable		Acero inoxidable	Acero inoxidable
	Filosofía de funcionamiento	Fuelle	Fuelle		Flotador	Flotador
	Tamaño en pulgadas (NPT)					
CARACTERÍSTICAS EXTERNAS	Tipo de conexión (Rosca - Brida)	Rosca	Rosca		Brida	Brida
	Tipo de montaje (Vertical - Horizontal)	Vertical	Vertical		Horizontal	Horizontal
	Temperatura de servicio	Ambiente (17,5 °C)	Ambiente (17,5 °C)		Ambiente (17,5 °C)	Ambiente (17,5 °C)
	Vibración presente	No	No		No	No
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS	Precisión (± 0.5% ± 0.50%)	Tolerancia del 5%	Tolerancia del 5%	0,25%	0,25%	0,25%
	Histéresis (De acuerdo a su aplicación)					
	Sensibilidad (± 0.05 %)					
	Ajuste del Set - Point (Tornillos - Contactos auxiliares)	Tornillos (Resorte ajuste diferencial)	Tornillos (Resorte ajuste diferencial)		Tornillos	Tornillos
	Niveles de ajuste (Alarma - Disparo - Control)	Switch on : 8 kg/cm2 Switch off : 9 kg/cm2	Switch on : 8 kg/cm2 Switch off : 9 kg/cm2		Alarma : 450 cc Velocidad aceite: 50 cm/seg	Velocidad aceite: 50 cm/seg
	Contactos de ajustes (Inductivos - Magnéticos)	Inductivos	Inductivos	Inductivos	Inductivos	Inductivos
	Alimentación disponible (dc ó ac)	125 Vdc	125 Vdc	125 Vdc	125 Vdc	125 Vdc
CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN	Rango	7 - 10 kg/cm2 Límite 15 kg/cm2	7 - 10 kg/cm2 Límite 15 kg/cm2		0 - 10 kg/cm2	0 - 10 kg/cm2
	Resolución				No aplica	No aplica
	Linealidad (Conforme a la curva ideal)					
	Repetibilidad (± 0.1 %)					
	Tipo de señal generada (Corriente - Pulso - Estado - Binario)	Corriente	Corriente	Corriente	Corriente	Corriente
	Indicación (Display análogo o digital)	Escala	Escala		Ciego	Ciego
	Tiempo de respuesta (segundos - minutos)					
	Señal de transmisión (Cable, Fibra - Longitud)	Cable - 10 m	Cable - 10 m	Cable	Cable	Cable
Ruido que pueda afectar la señal de transmisión	Apantallado y encauchetado	Apantallado y encauchetado	Apantallado y encauchetado	Apantallado y encauchetado	Apantallado y encauchetado	
OBSERVACIONES	Estado físico actual	Bueno	Bueno		Bueno	Bueno
	Estado mecánico actual	Bueno	Bueno		Bueno	Bueno
	Estado eléctrico actual	Bueno	Bueno		Bueno	Bueno
	Mantenimiento libre	No	No		No	No

CENTRAL HIDROELÉCTRICA CANOAS  
 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE INSTRUMENTOS ACTUALES  
 MANÓMETROS

		<b>MANÓMETRO</b>			
<b>CARACTERÍSTICA TÉCNICA</b>	<b>OBSERVACIÓN</b>	<b>9089</b>		<b>9025/6</b>	<b>9005 / 6</b>
LOCALIZACIÓN	Estructura	Tanque Oleoneumático de Válvulas - Tanque sumidero	Tanque Oleoneumático de Válvulas - Bomba manual	Válvula Mariposa de Derivación	Válvula Mariposa de Turbina
MARCA	Modelo	DIN		DIN	DIN
CARACTERÍSTICAS	Material resistente a la corrosión (Teflón u otro)	Acero inoxidable	Acero inoxidable	Acero inoxidable	Acero inoxidable
EMPAQUE	Grado de protección a la corrosión (Nema 4X / IP 67)	No	No	No	No
	Nivel de encerramiento (Hermético, etc.)	Incrustado en el tanque	Hermético	Hermético	Hermético
PARTES INTERNAS	Material del Tubo Bourdon	Acero	Acero		
	Clase de líquido amortiguador (Glicerina - Aceite, etc.)	No	No	No	No
	Tamaño en pulgadas (NPT)	No aplica			
	Tipo de conexión (Rosca - Brida)	No aplica	Rosca	Rosca	Rosca
	Tipo de montaje (Vertical - Horizontal)	Vertical	Vertical	Vertical	Vertical
	Pantalla acrílica blanca	Transparente	Transparente	Transparente	Transparente
	Puntero negro	No	Si	No	Si
	Temperatura de servicio	Ambiente ( 17,5 °C )	Ambiente ( 17,5 °C )	Ambiente ( 17,5 °C )	Ambiente ( 17,5 °C )
	Vibración presente	No	No	No	Si
	Precisión (± 0.5% ± 0.50%)	0,25%	0,25%	0,25%	0,25%
	Histéresis (De acuerdo a su aplicación)				
	Sensibilidad (± 0.05 %)				
	Nivel de ajuste (Líneas sobre el instrumento)				
TIPO DE TECNOLOGÍA	Digital	Análoga	Análoga	Análoga	Análoga
	Análoga				
	Rango	0 - 100 kg/cm2	0 - 600 kg/cm2	0 - 25 kg/cm2	0 - 25 kg/cm2
	Resolución		20	0.5	0.5
	Linealidad (Conforme a la curva ideal)				
	Indicación (Display análogo o digital)	Análogo	Análogo	Análogo	Análogo
	Tiempo de respuesta (segundos - minutos)				
	Señal generada	Indicación local	Indicación local	Indicación local	Indicación local
	Efectos térmicos	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno
	Efectos de vibración	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno
	Estado físico actual	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
	Estado mecánico actual	No marca	No marca	Bueno	No marca
	Mantenimiento libre	No	No	No	No



CENTRAL HIDROELÉCTRICA CANOAS  
 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE INSTRUMENTOS ACTUALES  
 MANÓMETROS

CARACTERÍSTICA TÉCNICA	OBSERVACIÓN	MANÓMETRO				
		3021/2	1043	87	Manovacuumétero	2263
LOCALIZACIÓN	Estructura	Frenos del Generador	Regulador de Velocidad - Tanque 1030 -	Interruptor de 13,8 kV	Tubo de succión	Bajo de Tapa de Turbina
MARCA	Modelo	DIN	DIN	DIN		
CARACTERÍSTICAS	Material resistente a la corrosión (Teflón u otro)	Acero inoxidable	Acero inoxidable	Acero inoxidable		
EMPAQUE	Grado de protección a la corrosión (Nema 4X / IP 67)	No	No	No		
	Nivel de encerramiento (Hermético, etc.)	Hermético	Hermético	Hermético		
PARTES INTERNAS	Material del Tubo Bourdon					
	Clase de líquido amortiguador (Glicerina - Aceite, etc.)	No	No	No		
CARACTERÍSTICAS EXTERNAS	Tamaño en pulgadas (NPT)					
	Tipo de conexión (Rosca - Brida)	Rosca	Rosca	Rosca		
	Tipo de montaje (Vertical - Horizontal)	Vertical	Vertical	Vertical		
	Pantalla acrílica blanca	Transparente	Transparente	Transparente		
	Puntero negro	Si	Si	Si		
	Temperatura de servicio	Ambiente ( 17,5 °C )	Ambiente ( 17,5 °C )	Ambiente ( 17,5 °C )		
	Vibración presente	No	No	No		
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS	Precisión (± 0.5% ± 0.50%)	0,25%	0,25%	0,25%	0,25%	0,25%
	Histéresis (De acuerdo a su aplicación)					
	Sensibilidad (± 0.05 %)					
	Nivel de ajuste (Líneas sobre el instrumento)			Azul : 10 kg/cm2 Roja : 13 Kg/cm2		
TIPO DE TECNOLOGÍA	Digital	Análoga	Análoga	Análoga		
	Análoga					
CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN	Rango	0 - 16 kg/cm2 0 - 160 kg/cm2	0 - 63 kg/cm2	0 - 20 kg/cm2	( - ) 1 - 1,6 kg/cm2	( - ) 1 - 1,6 kg/cm2
	Resolución	0.5 - 0,2	1	0.5		
	Linealidad (Conforme a la curva ideal)					
	Indicación (Display análogo o digital)	Análogo	Análogo	Análogo		
	Tiempo de respuesta (segundos - minutos)					
	Señal generada	Indicación local	Indicación local	Indicación local		
	Efectos térmicos	Ninguno	Ninguno	Ninguno		
	Efectos de vibración	Ninguno	Ninguno	Ninguno		
OBSERVACIONES	Estado físico actual	Bueno	Bueno	Bueno		
	Estado mecánico actual	Bueno	Bueno	Bueno		
	Mantenimiento libre	No	No	No		

CENTRAL HIDROELÉCTRICA CANOAS  
 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE INSTRUMENTOS ACTUALES  
 MANÓMETROS

CARACTERÍSTICA TÉCNICA	OBSERVACIÓN	
LOCALIZACIÓN	Estructura	Tubería espiral
MARCA	Modelo	
CARACTERÍSTICAS	Material resistente a la corrosión (Teflón u otro)	
EMPAQUE	Grado de protección a la corrosión (Nema 4X / IP 67)	
	Nivel de encerramiento (Hermético, etc.)	
PARTES INTERNAS	Material del Tubo Bourdon	
	Clase de líquido amortiguador (Glicerina - Aceite, etc.)	
CARACTERÍSTICAS EXTERNAS	Tamaño en pulgadas (NPT)	
	Tipo de conexión (Rosca - Brida)	
	Tipo de montaje (Vertical - Horizontal)	
	Pantalla acrílica blanca	
	Puntero negro	
	Temperatura de servicio	
	Vibración presente	
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS	Precisión ( $\pm 0.5\%$ $\pm 0.50\%$ )	0,25%
	Histéresis (De acuerdo a su aplicación)	
	Sensibilidad ( $\pm 0.05\%$ )	
	Nivel de ajuste (Líneas sobre el instrumento)	
TIPO DE TECNOLOGÍA	Digital	
	Análoga	
CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN	Rango	0 - 25 kg/cm2
	Resolución	
	Linealidad (Conforme a la curva ideal)	
	Indicación (Display análogo o digital)	
	Tiempo de respuesta (segundos - minutos)	
	Señal generada	
	Efectos térmicos	
	Efectos de vibración	
OBSERVACIONES	Estado físico actual	
	Estado mecánico actual	
	Mantenimiento libre	

CENTRAL HIDROELÉCTRICA CANOAS  
 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE INSTRUMENTOS ACTUALES  
 INTERRUPTORES DE FLUJO (FLUJOSTATOS)

CARACTERÍSTICA TÉCNICA	OBSERVACIÓN	INTERRUPTOR DE FLUJO		
		63 GACW	63 GLW	63 GTGW
LOCALIZACIÓN	Estructura	Sistema de Refrigeración	Cojinete Guía Inferior	Cojinete Guía Superior
MARCA	Modelo	YACHIYO - SASAKI Tipo PU	YACHIYO - SASAKI Tipo PU	YACHIYO - SASAKI Tipo PU
CARACTERÍSTICAS EMPAQUE	Material resistente a la corrosión (Teflón u otro)	Acero	Acero	Acero
	Grado de protección a la corrosión (Nema 4X/IP 67)	No	No	No
	Nivel de encerramiento (Hermético, etc.)	Cubierta de plástico	Cubierta de plástico	Cubierta de plástico
PARTES INTERNAS	Material resistente a la corrosión	Acero inoxidable	Acero inoxidable	Acero inoxidable
	Filosofía	Interruptor de flujo	Interruptor de flujo	Interruptor de flujo
	Medida en contacto con el fluido	Si	Si	Si
CARACTERÍSTICAS EXTERNAS	Tamaño en pulgadas (NPT)			
	Tipo de conexión (Rosca - Brida)	Brida	Brida	Brida
	Tipo de montaje (Vertical - Horizontal)	Vertical	Vertical	Vertical
	Diámetro de la tubería	12"		
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS	Precisión ( $\pm 0.5\%$ , $\pm 1\%$ )			
	Histéresis (De acuerdo a su aplicación)			
	Sensibilidad ( $\pm 0.05\%$ )			
	Ajuste del Set - Point (Tornillos - Contactos auxiliares)	Tornillos	Tornillos	Tornillos
	Niveles de ajuste (Alarma - Disparo - Control)	Alarma - Disparo	Alarma - Disparo	Alarma - Disparo
	Contactos de ajustes (Inductivos - Magnéticos)	Inductivos	Inductivos	Inductivos
	Alimentación disponible (dc ó ac)	125 Vdc	125 Vdc	125 Vdc
CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN	Rango	0 - 4000 l/min	0 - 800 l/min	0 - 120 l/min
	Resolución	100	100	20
	Linealidad (Conforme a la curva ideal)			
	Repetibilidad ( $\pm 0.1\%$ )			
	Tipo de señal generada (Corriente - Pulso - Estado - Binario)	Corriente	Corriente	Corriente
	Medida dependiente del fluido (Unidireccional - Bidireccional)	Unidireccional	Unidireccional	Unidireccional
	Resistencia a variaciones físicas (Presión - Viscosidad, etc)	Si	Si	Si
	Indicación (Display análogo o digital)	Análogo	Análogo	Análogo
	Tiempo de respuesta (segundos - minutos)			
	Señal de transmisión (Cable, Fibra - Longitud)	Cable	Cable	Cable
	Ruido que pueda afectar la señal de transmisión	Apantallado y encauchetado	Apantallado y encauchetado	Apantallado y encauchetado
OBSERVACIONES	Estado físico actual	Mal	Mal	Mal
	Estado mecánico actual	Mal	Mal	Mal
	Estado eléctrico actual	Bueno	Bueno	Bueno
	Mantenimiento libre	No	No	No

CENTRAL HIDROELÉCTRICA CANOAS  
 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE INSTRUMENTOS ACTUALES  
 INTERRUPTORES DE NIVEL

CARACTERÍSTICA TÉCNICA	OBSERVACIÓN	INTERRUPTOR DE NIVEL				
		1040	1080	63 TO	63 GLO 63 GTGO	63 WLT
LOCALIZACIÓN	Estructura	Regulador de Velocidad - Recipiente de aceite -	Regulador de Velocidad - Tanque sumidero -	Transformador de Potencia	Cojinete Guía Inferior Interior del Generador	Tanque de almacenamiento, agua de Refrigeración
MARCA				mitsubishi		
CARACTERÍSTICAS EMPAQUE	Material resistente a la corrosión			Acero	Acero	Plástico
	Grado de protección a la corrosión			No	No	No
	Nivel de encerramiento			Hermético		Hermético
PARTES INTERNAS	Material resistente a la corrosión	Plástico	Plástico	Acero inoxidable	Acero inoxidable	
	Filosofía	Flotador	Flotador	Flotador	Flotador	Flotador
CARACTERÍSTICAS EXTERNAS	Tamaño en pulgadas (NPT)					
	Tipo de conexión (Rosca - Brida)			Brida	Brida	Manual
	Tipo de montaje (Vertical - Horizontal)	Vertical	Vertical	Vertical	Vertical	Vertical
	Condición del tanque (Abierto - Cerrado)	Cerrado	Cerrado	Cerrado	Cerrado	Cerrado con tapa
	Tipo de fluido (agua - aceite)	Aceite - aire	Aceite	Aceite	Aceite	Agua limpia
	Altura del tanque (m)					3.50 m
	Material del tanque	Acero	Acero	Acero	Acero	Concreto
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS	Forma del tanque	Cilíndrico	Cuadrado	Cilíndrico	Cuadrado	Cuadrado
	Precisión ( $\pm 0.5\%$ $\pm 0.50\%$ )					
	Histéresis (De acuerdo a su aplicación)					
	Sensibilidad ( $\pm 0.05\%$ )					
	Ajuste del Set - Point ( Tornillos - Contactos auxiliares )	Tornillos	Tornillos		Tornillos	No aplica
	Niveles de ajuste (Alarma - Disparo - Control)	Alarma	Alarma	Alarma y anuncio	Alarma y anuncio	Alarma
	Contactos de ajustes (Inductivos - Magnéticos)	Final de carrera	Final de carrera	Final de carrera	Final de carrera	Final de carrera
CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN	Alimentación disponible (dc ó ac)	125 Vdc	125 Vdc	125 Vdc	125 Vdc	125 Vdc
	Rango					
	Resolución					50
	Linealidad (Conforme a la curva ideal)					
	Repetibilidad ( $\pm 0.1\%$ )					
	Tipo de señal generada (Corriente - Pulso - Estado)	Corriente	Corriente	Corriente	Corriente	Corriente
	Resistencia a variaciones físicas (Agitación - Espuma - Presión - Temperatura)	No se presentan	No se presenta	Sobrepresión		
	Indicación (Display análogo o digital)	Interno	Interno	Análogo	Análoga	No tiene
	Tiempo de respuesta (segundos - minutos)					
	Señal de transmisión (Cable, Fibra - Longitud)	Cable	Cable	Cable	Cable	Cable
Ruido que pueda afectar la señal de transmisión	Apantallado y encauchetado	Apantallado y encauchetado	Apantallado y encauchetado	Apantallado y encauchetado	Apantallado y encauchetado	
OBSERVACIONES	Estado físico actual	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
	Estado mecánico actual	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
	Estado eléctrico actual	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
	Mantenimiento libre	No	No	No	No	No

CENTRAL HIDROELÉCTRICA CANOAS  
 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE INSTRUMENTOS ACTUALES  
 INTERRUPTORES DE NIVEL

CARACTERÍSTICA TÉCNICA	OBSERVACIÓN	INDICADOR			
		1038	9086	1083	2728
LOCALIZACIÓN	Estructura	Regulador de Velocidad - Mirilla de nivel -	Tanque Oleoneumático de Válvulas - Mirilla de nivel -	Regulador de Velocidad - Tanque sumidero -	Cojinete Guía Turbina
MARCA		CARDO	El instrumento no existe		
CARACTERÍSTICAS EMPAQUE	Material resistente a la corrosión	Acero		Acero	Acero
	Grado de protección a la corrosión	No		No	No
	Nivel de encerramiento	Hermético		Encerramiento tapa	Hermético
PARTES INTERNAS	Material resistente a la corrosión	Acero inoxidable		Acero inoxidable	Acero inoxidable
	Filosofía	Mirilla de vidrio		Proveniente de 1080	Mirilla de vidrio
CARACTERÍSTICAS EXTERNAS	Tamaño en pulgadas (NPT)			Incrustado tanque	
	Tipo de conexión (Rosca - Brida)	Brida	Rosca	Brida	Incrustado en Conjinete
	Tipo de montaje (Vertical - Horizontal)	Vertical	Vertical	Vertical	Vertical
	Condición del tanque (Abierto - Cerrado)	Cerrado	Cerrado	Cerrado	Cerrado
	Tipo de fluido (agua - aceite)	Aceite	Aceite	Aceite	Aceite
	Altura del tanque (m)		1.20 m		
	Material del tanque	Acero	Acero	Acero	Acero
	Forma del tanque	Rectangular (Vertical)	Rectangular (horizontal)	Rectangular (horizontal)	Cuadrado
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS	Precisión ( $\pm 0.5\%$ $\pm 0.50\%$ )	No aplica			
	Histéresis (De acuerdo a su aplicación)	No aplica			
	Sensibilidad ( $\pm 0.05\%$ )				
	Ajuste del Set - Point ( Tornillos - Contactos auxiliares )	Tornillos		Tornillo (360°)	
	Niveles de ajuste (Alarma - Disparo - Control)	Ninguno (local)		Ninguno (local)	Ninguno (local)
	Contactos de ajustes (Inductivos - Magnéticos)				
	Alimentación disponible (dc ó ac)	No	No	No	No
CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN	Rango	Marca visual		Marca visual	Marca visual
	Resolución				
	Linealidad (Conforme a la curva ideal)				
	Repetibilidad ( $\pm 0.1\%$ )				
	Tipo de señal generada (Corriente - Pulso - Estado)	Local		Local	Local
	Resistencia a variaciones físicas (Agitación - Espuma - Presión - Temperatura)	No aplica		No se presenta	
	Indicación (Display análogo o digital)	Mirilla de vidrio		Instrumento ciego	Mirilla de vidrio
	Tiempo de respuesta (segundos - minutos)				
	Señal de transmisión (Cable, Fibra - Longitud)	No		No	No
Ruido que pueda afectar la señal de transmisión	Ninguno		Ninguno	Ninguno	
OBSERVACIONES	Estado físico actual	Bueno		Bueno	Mal
	Estado mecánico actual	Bueno		Bueno	Mal
	Estado eléctrico actual	Bueno		Bueno	Mal
	Mantenimiento libre				

## **6. ESPECIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS A SER IMPLEMENTADOS**

Los instrumentos que necesita la unidad para el desarrollo de las secuencias de operación deben ser estudiados y analizados para su vinculación al sistema automático propuesto por EMGESA para la realización sus secuencias. Por tal motivo luego de ser estudiados todos y cada un de los instrumentos existentes se comparan características de funcionamiento, niveles de protección, vida útil, entre otras para su uso, de éste resultado se concluyen que instrumentos deben ser reemplazados y cuales no.

Para los instrumentos que deben ser reemplazados se propone el uso de tecnología inteligente para la media de la variable, como un avance a lo desarrollo de la instrumentación actual. Estos instrumentos son especificados ciñéndose a la información recolectada en los formatos expuestos en los capítulos 4 y 5.

### **6.1. CRITERIO DE SELECCIÓN DE INSTRUMENTOS ACTUALES**

El criterio de selección de la instrumentación se realiza según el cumplimiento de las características de funcionamiento expuestas en la norma ISA al inicio del proyecto y según el análisis de la función del instrumento dentro de la lógica de las secuencia de operación.

#### **6.1.1 Características de funcionamiento según normas ISA e IEC**

Las características de funcionamiento de la instrumentación industrial reúnen las condiciones eléctricas, mecánicas y de operación mínimas que deben cumplir los instrumentos para ser adaptados al sistema automático. Tabla 18

Las características de operación implicadas en el momento de la medida son la precisión, linealidad, tipo de señal de salida, tiempo de respuesta, entre otras que se involucran directamente con la señal generada, éstas características son los dictámenes que exigen la norma ISA S5 1.1 e IEC 1131 para los instrumentos de medida.

Las características mecánicas como instalación, materiales de construcción, nivel de protección, presencia de vibración en el momento de hacer la medición son básicas en la confiabilidad de la medida y del instrumento como tal.

Las características eléctricas contienen aspectos del cableado (ruido y protección), fuentes de alimentación y tipos de protección de los componentes internos del instrumento ante sobrecargas y cortos presentes en la red de alimentación eléctrica del instrumento.

La verificación de las características anteriormente mencionadas ofrece una deserción en la selección de los instrumentos y además deja un inventario disponible de los instrumentos que se deseen utilizar como redundancia para la lógica de control.

Tabla 18. Características técnicas consideradas en la selección de instrumentos

	<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>INSTRUMENTO ( RANGO )</b>	
<b>MECÁNICAS</b>	Condiciones de servicio	Ambiente ( 17,5°C + 2 o 3 °C ) Presión del proceso	
	Materiales constitutivos	Resistente a la corrosión (Teflón, Hastelloy etc.)	
	Impedancia de entrada y salida	0-500 $\Omega$ de entrada Salida (de carga manejada - precisión)	
	Vibración	Amortiguador si ésta es permanente	
	Vida útil de servicio	Año de instalación	
	Calibración	Método Periodos de realización	
	Protección	NEMA 4X (medios corrosivos), IP 67 Temperaturas elevadas Sobre presiones	
<b>ELÉCTRICAS</b>	Precisión	$\pm 0.5\% \pm 0.15\%$	
	No - Linealidad	$\pm 0.05\%$	
	Histéresis	De acuerdo a su aplicación	
	Zona muerta	$\pm 0.2 \%$	
	Sensibilidad	$\pm 0.05 \%$	
	Estabilidad	De acuerdo a su aplicación	
	Rango	Entrada Salida ( 0 - 20 mA)	
	Compensación de Error a 25°C	$\pm 10$ LSB	
	Resolución	2,56348 $\mu$ A por LSB	
	Repetibilidad	$\pm 0.1 \%$	
	Cableado	Tiempo de duración en cada repetición	Calibre ( máx. 14 AWG)
		Conexión	Aislamiento a 500 Vdc
	Protección	Sobrecarga (entrada y salida)	
Tipo de protección	Resistencia, capacitivo, opto-acoplador , MOV)		
Fuente de energía	Tensión Capacidad Especificación		
<b>DE OPERACIÓN</b>	Modo de operación	Auto scan	
	Autodiagnóstico	Interno y externo	
	Tipo de señal generada	Rango de corriente ( 4 - 20 mA)	
	Valor de cifra significativa (LSB)	$\pm 1$ LSB	
	Tiempo de respuesta	60 ms	
	Memoria	Algún tipo de memoria PROM	
	Filtro y transición de frecuencia	Entradas - Salidas	

Luego de establecer las características de selección de la instrumentación se procede a verificarlas en los instrumentos de presión, flujo, nivel instalados en la Central, a continuación se muestran los formatos elaborados para la selección instrumento según la variable manejada.



CENTRAL HIDROELÉCTRICA CANOAS  
 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS CONSIDERADAS PARA LA SELECCIÓN  
 INSTRUMENTOS DE PRESIÓN

		INSTRUMENTO DE PRESIÓN														
		e 9088	e 9088/1	e 9008	e 1044	e 1043	b 1012	b 1002	63 D	63 AB	63 APB	63 AHH	63 AHL1	63 AHL2	63 LH1	63 LH2
CARACTERÍSTICAS	INSTRUMENTO ( RANGO )	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
MECÁNICAS	Condiciones de servicio	Ambiente ( 17,5°C + 2 o 3 °C ) Presión del proceso														
	Materiales constitutivos	Resistente a la corrosión (Teflón, Hastelloy etc.)														
	Impedancia de entrada y salida	0 - 500 Ω de entrada Salida (de carga manejada - precisión)														
	Vibración	Amortiguador si ésta es permanente														
	Vida útil de servicio	Año de instalación														
	Calibración	Períodos de realización														
	Protección	NEMA 4X (medios corrosivos), IP 67 Temperaturas elevadas Sobre presiones														
ELÉCTRICAS	Precisión	± 0.5% ± 0.15%														
	No - Linealidad	± 0.05%														
	Histéresis	De acuerdo a su aplicación														
	Zona muerta	± 0.2 %														
	Sensibilidad	± 0.05 %														
	Estabilidad	De acuerdo a su aplicación														
	Rango	Entrada Salida ( 0 - 20 mA)														
	Compensación de Error a 25°C	± 10 LSB														
	Resolución	2,56348 µA por LSB														
	Repetibilidad	± 0.1 % Tiempo de duración en cada repetición														
	Cableado	Calibre ( máx. 14 AWG) Conexión Aislamiento a 500 Vdc														
	Protección	Sobrecarga (entrada y salida)														
	Tipo de protección	Resistencia, capacitivo, opto-acoplador , MOV)														
	Fuente de energía	Tensión Capacidad Especificación														
DE OPERACIÓN	Modo de operación	Auto scan														
	Autodiagnóstico	Interno y externo														
	Tipo de señal generada	Rango de corriente ( 4 - 20 mA)														
	Valor de cifra significativa (LSB)	± 1 LSB														
	Tiempo de respuesta	60 ms														
	Memoria	Algún tipo de memoria PROM														
	Filtro y transición de frecuencia	Entradas - Salidas														
ACEPTADO		No	Si	No	No	No	No	No	Si	No	No	No	No	Si	Si	No

CENTRAL HIDROELÉCTRICA CANOAS  
 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS CONSIDERADAS PARA LA SELECCIÓN  
 INSTRUMENTOS DE PRESIÓN

		INSTRUMENTO DE PRESIÓN			
		63 LL1	63 LL2	63 1	63 2
CARACTERÍSTICAS	INSTRUMENTO ( RANGO )	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
MECÁNICAS	Condiciones de servicio	Ambiente ( 17,5°C + 2 o 3 °C )		Si	Si
		Presión del proceso		Si	Si
	Materiales constitutivos	Resistente a la corrosión (Teflón, Hastelloy etc.)		Si	Si
	Impedancia de entrada y salida	0 - 500 Ω de entrada			
		Salida (de carga manejada - precisión)			
	Vibración	Amortiguador si ésta es permanente			
	Vida útil de servicio	Año de instalación		1970	1960
	Calibración	Periodos de realización		Si	Si
Protección	NEMA 4X (medios corrosivos), IP 67 Temperaturas elevadas Sobre presiones		Si	Si	
ELÉCTRICAS	Precisión	± 0.5% ± 0.15%			
	No - Linealidad	± 0.05%			
	Histéresis	De acuerdo a su aplicación			
	Zona muerta	± 0.2 %			
	Sensibilidad	± 0.05 %			
	Estabilidad	De acuerdo a su aplicación			
	Rango	Entrada	No	No	No
		Salida ( 0 - 20 mA)	No	No	No
	Compensación de Error a 25°C	± 10 LSB		No	No
	Resolución	2,56348 µA por LSB			No
	Repetibilidad	± 0.1 %			
		Tiempo de duración en cada repetición			
	Cableado	Calibre ( máx. 14 AWG) Conexión Aislamiento a 500 Vdc	Si	Si	Si
	Protección	Sobrecarga (entrada y salida)		No	No
Tipo de protección	Resistencia, capacitivo, opto-acoplador , MOV)		No	No	
Fuente de energía	Tensión Capacidad Especificación	No	No	No	
DE OPERACIÓN	Modo de operación	Auto scan		No	No
	Autodiagnóstico	Interno y externo		No	No
	Tipo de señal generada	Rango de corriente ( 4 - 20 mA)		No	No
	Valor de cifra significativa (LSB)	± 1 LSB		No	No
	Tiempo de respuesta	60 ms			
	Memoria	Algún tipo de memoria PROM		No	No
	Filtro y transición de frecuencia	Entradas - Salidas		No	No
ACEPTADO		Si	Si	Si	Si

CENTRAL HIDROELÉCTRICA CANOAS  
 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS CONSIDERADAS PARA LA SELECCIÓN  
 INSTRUMENTOS DE FLUJO

CARACTERÍSTICA		INSTRUMENTO ( RANGO )	INSTRUMENTO DE FLUJO		
			63 GLW	63 GTGW	63 GACW
			Cumple	Cumple	Cumple
MECÁNICAS	Condiciones de servicio	Ambiente ( 17,5°C + 2 o 3 °C ) Presión del proceso	Si	Si	Si
	Materiales constitutivos	Resistente a la corrosión (Teflón, Hastelloy etc.)	No	No	No
	Impedancia de entrada y salida	0 - 500 Ω de entrada Salida (de carga manejada - precisión)			
	Vibración	Amortiguador si ésta es permanente	No	No	No
	Vida útil de servicio	Año de instalación	1970	1970	1970
	Calibración	Periodos de realización	Si	Si	Si
	Protección	NEMA 4X (medios corrosivos), IP 67 Temperaturas elevadas Sobre presiones	No	No	No
ELÉCTRICAS	Precisión	± 0.5% ± 0.15%			
	No - Linealidad	± 0.05%			
	Histéresis	De acuerdo a su aplicación			
	Zona muerta	± 0.2 %			
	Sensibilidad	± 0.05 %			
	Estabilidad	De acuerdo a su aplicación			
	Rango	Entrada Salida ( 0 - 20 mA)	No	No	No
	Compensación de Error a 25°C	± 10 LSB	No	No	No
	Resolución	2,56348 µA por LSB	No	No	No
	Repetibilidad	± 0.1 % Tiempo de duración en cada repetición			
	Cableado	Calibre ( máx. 14 AWG) Conexión Aislamiento a 500 Vdc	Si	Si	Si
	Protección	Sobrecarga (entrada y salida)	No	No	No
	Tipo de protección	Resistencia, capacitivo, opto-acoplador , MOV)	No	No	No
Fuente de energía	Tensión Capacidad Especificación	No	No	No	
DE OPERACIÓN	Modo de operación	Auto scan	No	No	No
	Autodiagnóstico	Interno y externo	No	No	No
	Tipo de señal generada	Rango de corriente ( 4 - 20 mA)	No	No	No
	Valor de cifra significativa (LSB)	± 1 LSB	No	No	No
	Tiempo de respuesta	60 ms			
	Detección de la variación de parámetros establecidos	Señal de alarma	No	No	No
	Memoria	Algún tipo de memoria PROM	No	No	No
	Filtro y transición de frecuencia	Entradas - Salidas	No	No	No
ACEPTADO			No	No	No



Los interruptores de posición (finales de carrera) realizan una acción discreta dentro de la lógica de la secuencia por lo tanto no necesitan del estudio de las características exigidas para los demás instrumentos. Además de su recientemente renovación (noviembre de 1998) que consideró la protección adecuada ante ambientes corrosivos (NEMA 4X e IP67) y la acción desarrollada por estos.

Los instrumentos de temperatura RTD's de cobre  $10\Omega$  a  $25^{\circ}\text{C}$  y PT 100, han sido mantenidos en buen estado debido a su importancia y a su conexión reciente al PLC (Allen Bradley SLC 500) para el registrador de temperaturas.

### **6.1.2 Análisis de las características de funcionamiento en los instrumentos**

El análisis y selección de los instrumentos se basan en el cumplimiento de las características de funcionamiento, además del sometimiento del instrumento al estudio de las ventajas o desventajas obtenidas con su adaptación al sistema automático.

Los puntos considerados para la aceptación o rechazo de un instrumento radican en que tengan un tipo de salida generada que pueda ser leída por el PLC, la importancia de la señal dentro de la secuencia, un tiempo de respuesta en milisegundos que no interfiera con el tiempo del programa de soporte lógico y que tenga un nivel de protección alto debido al ambiente en el cual se desarrolla el proceso.

A continuación se muestra un resumen de los instrumentos que fueron aceptados o rechazados de acuerdo al cumplimiento de las características de funcionamiento y las observaciones o consideraciones tenidas en cuenta para tal dictamen.

CENTRAL HIDROELÉCTRICA CANOAS  
 TECNOLOGÍAS ADMISIBLES A SER IMPLEMENTADAS  
 INSTRUMENTOS DE PRESIÓN

INSTRUMENTO	LOCALIZACIÓN	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	CONSIDERACIONES TÉCNICAS	POSIBLES FALLAS	ALTERNATIVAS DE TECNOLOGÍA	CRITERIO DE ALTERNATIVAS	ELECCIÓN
e 9088 Interruptor de Presión (Diafragma)	Tanque Oleoneumático de Válvulas	Tubería de aceite de gobierno	Aceite de gobierno (circulación)	Sobrepresión Subpresión	1. Transmisor de Presión diferencial (sensor de cerámica capacitaba con sello de diafragma)	Medida del cambio proporcional de la capacitancia en electrodos del sensor.	Alta sensibilidad y tiempo de respuesta rápidos. El sello de diafragma protege al sensor de variaciones del medio. En utilizado para presiones pequeñas
		Locación con temperatura y presión normales	Fluido con temperatura variable Viscosidad entre 5 y 6 °C, sin depósitos de partículas	Pulsos de presión	2. Transmisor electromecánico (capacitivo, extensiométrico o piezoeléctrico, equilibrio de fuerzas LVDT)	Condensador de referencia y condensador formado por la variable.	Convierten la presión en una fuerza o un desplazamiento. Las temperaturas pueden afectar las constantes dieléctricas del fluido y son sensibles a las densidades del fluido
		Sin vibración				Hilo de resistencia sometido a una tensión mecánica causada por una presión	Presiones desde 6 a 600 bar
		Ambiente corrosivo				Adecuados para medidas dinámicas de presión	
		Instrumento con conexión externa, horizontal				Núcleo del LVDT unido a un diafragma y ambas señales a cada lado del diafragma	Reacción rápida, precisa y estable si la presión varía Tiempo de respuesta muy reducido (< 0,02 s)
				3. Transmisor electrónico de vacío		Se emplean para la medida de vacío por su alta sensibilidad	
9086 Mirilla de vidrio	Tanque Oleoneumático de Válvulas	Tanque cerrado, horizontal, de acero Locación con Temperatura y presión normales	Aceite de gobierno (circulación) Fluido con temperatura variable		1. Transmisor de presión diferencial (diafragma)	Las presiones existentes en el aceite y en el aire encima del éste son las utilizadas para la comparación del nivel del líquido	Los niveles establecidos de acción pueden ser ajustados en el instrumento de acuerdo a su configuración.
		Ambiente corrosivo Sin vibración	Viscosidad entre 5 y 6 °C, sin depósitos de partículas		2. Transmisor montado sobre el líquido (flotador magnético)	El flotador ofrece un control continuo y puntual	El instrumento hace posible cualquier tipo de control y ofrece una indicación local del nivel. La señal de salida solo puede ser ajustada con dos estados (alarma y normal).
		Instrumento con conexión externa, horizontal			3. Transmisor de basado en las características del líquido (capacitivo)	Estos instrumentos no tienen partes móviles y son utilizados en tanques metálicos.	El recubrimiento de los electrodos es evitado con una frecuencia elevada proveniente del circuito electrónico que alimenta al electrodo.
e 9008 Interruptor de Presión (Diafragma)	Tubería de Carga	Tubería hermética, horizontal, de acero	Agua contaminada (circulación)	Sobre presiones	1. Transmisor de Presión diferencial (sensor de diafragma metálico con sello de celdas de silicio piezoresistivas)	Capilares flexibles	Posibilidad de comparar las presiones ante una referencia establecida. El elemento sensor (diafragma) está aislado del medio, el cual es corrosivo, por medio de sellos de
		Locación con temperatura y presión normales	Líquido turbio, con contenido de sólidos en suspensión Temperatura estable	Posibles pulsos de presión	2. Transmisor electromecánico (capacitivo, extensiométrico o piezoeléctrico, equilibrio de fuerzas LVDT)	Condensador de referencia y condensador formado por la variable.	Para su uso se necesitarían dos instrumentos iguales y además un comparador, que luego enviara la señal al control
		Contacto con líquido corrosivo				Hilo de resistencia sometido a una tensión mecánica causada por una presión	
		Vibración presente	Conductividad de 447 $\mu\Omega/cm$ a 25 °C			Adecuados para medidas dinámicas de presión	Adecuados para medidas dinámicas de presión. La aplicación actúa al igualar presiones, al llegar a este punto se no variaría la señal si la presión es distinta Ofrece un tiempo de respuesta reducido (< 0,02s)
		Instrumento con conexión externa, horizontal			Núcleo del LVDT unido a un diafragma y ambas señales a cada lado del diafragma	Al igualarse las presiones el instrumento enviaría una señal de valor cero, debido a que el diafragma no se desplazará.	
e 1044/3 Interruptor de Presión (Diafragma)	Regulador de Velocidad	Tanque con tapa, horizontal, de acero	Aceite de gobierno (almacenamiento)	Temperaturas altas	1. Transmisor de Presión diferencial (sensor de cerámica capacitaba con sello de diafragma)	Medida del cambio proporcional de la capacitancia en electrodos del sensor.	Alta sensibilidad y tiempo de respuesta rápida
		Locación con temperatura y presión normales	Fluido con temperatura variable	Sobre o sub presiones	2. Transmisor electromecánico (capacitivo, extensiométrico o piezoeléctrico, equilibrio de fuerzas LVDT)	Condensador de referencia y condensador formado por la variable	Las temperaturas pueden afectar las constantes dieléctricas del fluido y son sensibles a las densidades del fluido
		Ambiente corrosivo	Viscosidad entre 5 y 6 °C, sin depósitos de partículas			Hilo de resistencia sometido a una tensión mecánica causada por una presión	
		Sin vibración				Adecuados para medidas dinámicas de presión	Los instrumento está listo a accionarse ante un cambio de presión repentino
		Instrumento con conexión externa, horizontal			Núcleo del LVDT unido a un diafragma y ambas señales a cada lado del diafragma	Tiempo de respuesta reducido (< 0,02 s), precisa y estable si la presión varía	

TECNOLOGÍAS ADMISIBLES A SER IMPLEMENTADAS  
INSTRUMENTOS DE PRESIÓN

INSTRUMENTO	LOCALIZACIÓN	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	CONSIDERACIONES TÉCNICAS	POSIBLES FALLAS	ALTERNATIVAS DE TECNOLOGÍA	CRITERIO DE ALTERNATIVAS	ELECCIÓN
b 1012 b 1002  Interruptor de Presión (Diafragma)	Regulador de Velocidad	Tanque hermético, horizontal, de acero Locación con temperatura y presión normales Ambiente corrosivo Sin vibración Instrumento con conexión interna, vertical	Aceite de gobierno (Bombas) Fluido con temperatura variable  Viscosidad entre 5 y 6 °C, sin depósitos de partículas Embolo permisivo de aceite	Atascamiento del émbolo permisivo del paso del aceite  Temperaturas altas Sobrepresión Subpresión	1. Transductor de posición lineal con salida de 4 20 mA	Accesorio que monitorea la posición del diafragma	El transductor realiza un seguimiento lineal del desplazamiento del pistón al ser accionado v
1040 b 1040/1-2-9 1038 (Mirilla)  Flotador (Nivel) (finales de carrera)	Regulador de Velocidad  (Recipiente de aceite a presión)	Tanque hermético, vertical, de acero Locación con temperatura y presión normales Ambiente corrosivo  Sin vibración Instrumento con conexión externa, horizontal	Aceite de gobierno (almacenamiento)  Fluido con temperatura variable.  Viscosidad entre 5 y 6 °C, sin depósitos de partículas	Nivel alto-alto Sobre presión	1. Transmisor de presión diferencial (diafragma)  2. Transmisor montado sobre el líquido (flotador magnético)  3. Transmisor de basado en las características del líquido (capacitivo)	Las presiones existentes en el aceite y en el aire encima del éste son las utilizadas para la comparación del nivel del líquido  El flotador ofrece un control continuo y puntual  Estos instrumentos no tienen partes móviles y son utilizados en tanques metálicos.	No son influenciados por las variaciones de presión Posibles condensaciones de los vapores del tanque en la tubería de conexión al instrumento.  Medida de nivel con elementos sencillos. La señal de salida solo puede ser ajustada con dos estados (alarma y normal).  El recubrimiento de los electrodos es evitado con una frecuencia elevada proveniente del circuito electrónico que alimenta al electrodo. El material del tanque debe ser conductivo. Es sensible a la presencia de espuma, etc.
1080 b 1081/1-9  Flotador (Nivel) (finales de carrera)  1180 y 1083 (indicadores locales)	Regulador de Velocidad  (Tanque sumidero)	Tanque hermético, vertical, de acero Locación con temperatura y presión normales Ambiente corrosivo Sin vibración Instrumento con conexión externa, horizontal	Aceite de gobierno (almacenamiento)  Fluido con temperatura variable  Viscosidad entre 5 y 6 °C, sin depósitos de partículas	Nivel alto-alto Sobre presión	1. Transmisor montado sobre el líquido (flotador magnético)  2. Transmisor de basado en las características del líquido (capacitivo)	El flotador ofrece un control continuo y puntual  Estos instrumentos no tienen partes móviles y son utilizados en tanques metálicos.	El instrumento hace posible cualquier tipo de control y ofrece una indicación local del nivel. La señal de salida solo puede ser ajustada con dos estados (alarma y normal).  El recubrimiento de los electrodos es evitado con una frecuencia elevada proveniente del circuito electrónico que alimenta al electrodo. El material del tanque debe ser conductivo. Es sensible a la presencia de espuma, etc.
63 -1/2  Relé Buchholz (alarma y disparo)	Transformador de potencia	Locación con temperatura y presión elevadas Ambiente corrosivo Sin vibración Instrumento con conexión externa a la interperie, horizontal	Aceite (recirculación)  Fluido con viscosidad entre 5 y 6 °C, con depósitos de partículas	Temperaturas altas  Sobre o sub presiones	1. Transmisor de flujo bidireccional  2. Interruptor de presión actual  3. Transductor de posición lineal (monitoreo del relé Buchholz)	Verifica la circulación de la cuba al tanque cuando se presenta una falla interna  El instrumento actual se encuentra en buenas condiciones y además ofrece una protección mecánica al transformador  Accesorio que monitorea la posición del relé	El instrumento no posee la robustez necesaria ante una falla del transformador  Manejo de la variable en el controlador como un control discreto (alarma y disparo), mediante un temporizador en la lógica de control. La posición del diafragma es enviada directamente al PLC
63 GACW  Interruptor de Flujo (Detector)	Sistema de Refrigeración  (Suministro)	Tubería hermética, vertical  Ambiente corrosivo Con vibración  Instrumento con conexión interna	Agua limpia, con temperatura variable  Fluido sin depósitos de partículas	Temperaturas elevadas  Sobrepresión Pulsos de presión  Dirección contraria a la establecida	1. Transmisor de flujo volumétrico inteligente basado en área variable, magnético, turbina, desplazamiento, fuerza)	Los rotámetros son utilizados para medir la circulación de agua para inyección o enfriamiento.  Dan lugar a una presión diferencial al paso del fluido  La velocidad es proporcional al caudal medido.	La medida depende solo del peso específico del líquido, viscosidad y del número de Reynolds. Son instrumento influenciados por la temperatura del fluido (cambia la densidad) y la viscosidad (en líquidos, número de Reynolds)  No son afectados por remolinos y son sensibles a la temperatura, la viscosidad y las características de circulación del fluido La ubicación de los instrumentos no debe estar en cercanías de elementos que inducen campos magnéticos (motores, líneas, etc.) Depende de la conductividad del líquido Pueden medir caudales con un rango de temperatura entre 50° y 150°C La señal de salida es en frecuencia Limitado por la viscosidad
							Pueden medir caudales hasta 600 l/min Caudales de agua fría, agua caliente, aceite, etc Se aplica sobre líquidos corrosivos o viscosos La fuerza originada es proporcional a la energía cinética del fluido La medida proporcional a la cantidad de caudal existente

TECNOLOGÍAS ADMISIBLES A SER IMPLEMENTADAS  
INSTRUMENTOS DE PRESIÓN

INSTRUMENTO	LOCALIZACION	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	CONSIDERACIONES TÉCNICAS	POSIBLES FALLAS	ALTERNATIVAS DE TECNOLOGÍA	CRITERIO DE ALTERNATIVAS	ELECCIÓN
					2. Transmisor Ultrasónico	La medida se realiza sin contacto con el fluido	Estos instrumentos son sensibles a los cambios de densidad del líquido, debido a que varían la velocidad del sonido
					3. Transmisor de flujo máscico inteligente basado en la fuerza de Coriolis	La masa es una variable que no es influenciada por otros parámetros físicos como presión, temperatura, densidad, viscosidad, conductividad, etc.	La medida no implica reducciones de paso en la tubería. El instrumento puede soportar hasta 200°C. El instrumento tiene restricción de temperatura, la cual es censada por medio de un sensor que está verificando las condiciones de ésta.
63 GLW	Cojinete Guía Inferior y Superior	Tubería hermética, vertical, de acero Locación con temperaturas y presiones elevadas	Agua limpia Fluido con temperatura variable	Sobrepresión Temperaturas elevadas	1. Transmisor de flujo volumétrico inteligente basado en área variable, magnético, turbina, desplazamiento, fuerza)	Los rotámetros son utilizados para medir la circulación de agua para inyección o enfriamiento.  La velocidad es proporcional al caudal medido.	La medida proporcional a la cantidad de caudal existente Son instrumento influenciados por la temperatura del fluido (cambia la densidad) y la viscosidad (en líquidos, número de Reynolds) No son afectados por remolinos y son sensibles a la temperatura, la viscosidad y las características de circulación del fluido La ubicación de los instrumentos no debe estar en cercanías de elementos que inducen campos magnéticos (motores, líneas, etc.)
63 GTGW	(Suministro)	Ambiente corrosivo Con vibración Instrumento con conexión interna	Sin depósitos de partículas	Pulsos de presión Dirección contraria a la establecida	1. Transmisor de flujo volumétrico inteligente basado en área variable, magnético, turbina, desplazamiento, fuerza)	La fuerza originada es proporcional a la energía cinética del fluido	Pueden medir caudales con un rango de temperatura entre 50° y 150°C La señal de salida es en frecuencia Pueden medir caudales hasta 600 l/min Caudales de agua fría, agua caliente, aceite, etc
Interruptor de Flujo  (Detector)					2. Transmisor Ultrasónico	La medida se realiza sin contacto con el fluido	Son instrumentos son sensibles a los cambios de densidad del líquido, debido a que varían la velocidad del sonido Estos instrumentos son sensibles a los cambios de densidad del líquido, debido a que varían la velocidad del sonido
					3. Transmisor de flujo máscico inteligente basado en la fuerza de Coriolis	La masa es una variable que no es influenciada por otros parámetros físicos como presión, temperatura, densidad, viscosidad, conductividad, etc.	La medida no implica reducciones de paso en la tubería. El instrumento puede soportar hasta 200°C. El instrumento tiene restricción de temperatura, la cual es censada por medio de un sensor que está verificando las condiciones de ésta.
63 APB	Sistema de Frenos del Generador	Locación con temperatura y presión normales Ambiente corrosivo Sin vibración Instrumento con conexión externa, horizontal	Aire presurizado Aire con temperatura variable	Temperaturas altas Sobrepresión Subpresión	1. Convertidor digital / análogo con salida de 4 - 20 mA	El instrumento no genera ningún tipo de control en la lógica de las Secuencias.	El control discreto de la variable, facilita su utilización
63 AHH 63 AHL1 63 LH2	Interruptor de 13,8 kV	Encerrados en el armario de Interruptor Locación con temperatura y presión normales Ambiente corrosivo Sin vibración Instrumento con conexión interna, vertical	Aire presurizado (compresor)  Aire con temperatura variable	Temperaturas altas  Sobre o sub presiones	1. Transmisor de equilibrio de fuerzas con un transductor LVDT  2. Transductor de posición lineal con salida de 4 20 mA	Núcleo del LVDT unido a un diafragma y ambas señales a cada lado del diafragma  Accesorio que monitorea la posición de los resortes	Ofrece un tiempo de respuesta reducido (< 0,02s)  El transductor realiza un seguimiento lineal del desplazamiento de los resortes
63 WLT	Sistema de refrigeración (Tanque de almacenamiento)	Tanque cerrado, vertical, de cemento Ambiente corrosivo, Sin vibración  Locación con temperatura y presión normales Sin vibración	Agua limpia Fluido con temperatura y presión variable  Sin depósitos de partículas	Desborde de nivel Sobrepresión  Temperatura variables	1. Transmisor de presión diferencial (orificio, venturi, diafragma, fuelle)  2. Transmisor montado sobre el líquido (flotador magnético)	Las presiones existentes en el agua y en el aire encima del éste son las utilizadas para la comparación del nivel del líquido  El flotador ofrece un control continuo y puntual	Los niveles establecidos de acción pueden ser ajustados en el instrumento de acuerdo a su configuración. La presión de aire debe ser constante durante la medida, o sea, que el tanque debe permanecer cerrado.  El instrumento hace posible cualquier tipo de control y ofrece una indicación local del nivel. La señal de salida solo puede ser ajustada con dos estados (alarma y normal).
Flotador tipo Boya							



TECNOLOGÍAS ADMISIBLES A SER IMPLEMENTADAS  
INSTRUMENTOS DE PRESIÓN

INSTRUMENTO	LOCALIZACION	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	CONSIDERACIONES TÉCNICAS	POSIBLES FALLAS	ALTERNATIVAS DE TECNOLOGÍA	CRITERIO DE ALTERNATIVAS	ELECCIÓN
		Instrumento con conexión externa a la intemperie, horizontal			3. Transmisor de basado en las características del líquido (capacitivo, ultrasónico, RF Admitancia, Radar)	Estos instrumentos no tienen partes móviles y son utilizados en tanques metálicos.	El recubrimiento de los electrodos es evitado con una frecuencia elevada proveniente del circuito electrónico que alimenta al electrodo. El material del tanque por no ser metálico se debe adicionar una placa metálica para conformar así el condensador.
				La medida no es afectada por las variaciones en el líquido, presiones o propiedades eléctricas		El instrumento no tiene contacto con el fluido y no es afectado por las variaciones de presión. El tanque debe permanecer cerrado, debido a que el polvo, el vapor, etc., afectan la señal de retorno	
				El proceso puede presentar o no agitación y estar expuesto a la corrosión.		Amplio rango de temperatura y presión. El material del tanque no es metálico, por lo tanto se debe adicionar una placa metálica para conformar el condensador.	
				La medida no tiene contacto con el fluido y no es afectado por las variaciones de presión.		Puede tener control de punto y continuo, la medida no es afectada por la temperatura del aire, el polvo o partículas La instalación del instrumento es en la parte superior del tanque, por lo tanto debe permanecer cerrado.	

TECNOLOGÍA A IMPLEMENTAR  
CENTRAL HIDROELÉCTRICA CANOAS  
INSTRUMENTOS DE NIVEL

INSTRUMENTO	LOCALIZACIÓN	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	CONSIDERACIONES TÉCNICAS	POSIBLES FALLAS	INSTRUMENTO ACTUAL	TECNOLOGÍA A IMPLEMENTAR ALTERNATIVAS	CRITERIO DE ALTERNATIVA	ELECCIÓN
1040 b 1040/1-2-9 1038 (Mirilla)	Regulador de Velocidad  (Recipiente de aceite a presión)	Tanque hermético, vertical, de acero	Aceite de gobierno (almacenamiento)		Interruptores tipo flotador  Mirilla de nivel	1. Transmisor de presión diferencial	Las presiones existentes en el aceite y en el aire encima del éste son las utilizadas para la comparación del nivel del líquido	Si. Las conexiones existentes de la mirilla 1038, serían el lugar de conexión de éste instrumento que puede estar dotado de una indicación local del nivel, en reemplazo de la mirilla. Los niveles establecidos de acción pueden ser ajustados en el instrumento de acuerdo a su configuración
		Locación con temperatura y presión normales	Fluido con temperatura variable	Nivel alto-alto		2. Desplazamiento de un flotador magnético	El interruptor de flotador ofrece un control continuo y puntual y hace posible la medida de nivel con elementos sencillos	No. Porque la señal estandarizada de salida del instrumento, solo puede ser ajustada con dos estados (alarma y normal).
		Ambiente corrosivo	Viscosidad entre 5 y 6 °C, sin depósitos de partículas	Sobre presión		3. Transmisor capacitivo	La utilización de la conexión de la mirilla haría posible éste tipo de tecnología. Estos instrumentos no tienen partes móviles y son utilizados en tanques metálicos.	Si. Ofrece control continuo de la variable y el recubrimiento de los electrodos es evitado con una frecuencia elevada proveniente del circuito electrónico que alimenta al electrodo. Los niveles de ajustes son configurados
		Sin vibración				4. Indicador con By-pass	Tubo conectado a un lado del tanque, mediante dos conexiones al proceso. El flotador cilíndrico dentro del transmisor de nivel se desliza a la misma a medida del nivel	Si. La tecnología habilita el uso de las conexiones actuales del recipiente, además es simple, robusto y de diseño irrompible, los modelos son disponibles con señal local y remota mediante transmisores que envían señal estándar.
		Instrumento con conexión externa, horizontal				5. Transmisor de control de nivel puntual	Por su economía y versatilidad de uso en una aplicación	No. Porque la señal de salida del transmisor solo tiene dos estado de salida al PLC, estado alarma y estado normal.
1080 b 1081/1-9 1180 (indicador) 1083(indicador)	Regulador de Velocidad  (Tanque sumidero)	Tanque hermético, vertical, de acero	Aceite de gobierno (almacenamiento)		Interruptores tipo flotador  Mirilla de nivel	1. Desplazamiento de un flotador magnético	El interruptor de flotador ofrece un control continuo y puntual y hace posible la medida de nivel con elementos sencillos	Si. Porque el instrumento hace posible cualquier tipo de control y ofrece una indicación local del nivel. La señal de salida puede ser estandarizada y ajustada con dos estados (alarma y normal).
		Locación con temperatura y presión normales	Fluido con temperatura variable	Nivel alto-alto		2. Transmisor capacitivo	Estos instrumentos no tienen partes móviles y son utilizados en tanques metálicos. La localización del indicador 1083, puede ser utilizado como una indicación visual remota del nivel	Si. Ofrece control continuo de la variable y el recubrimiento de los electrodos es evitado con una frecuencia elevada proveniente del circuito electrónico que alimenta al electrodo. Los niveles de ajustes son configurados
		Ambiente corrosivo Sin vibración	Viscosidad entre 5 y 6 °C, sin depósitos de partículas	Sobre presión		3. Indicador con By-pass	Tubo conectado a un lado del tanque, mediante dos conexiones al proceso. El flotador cilíndrico dentro del transmisor de nivel se desliza a la misma a medida del nivel	Si. La tecnología habilita el uso de las conexiones actuales del recipiente, además es simple, robusto y de diseño irrompible, los modelos son disponibles con señal local y remota mediante transmisores que envían señal estándar.
		Instrumento con conexión externa, horizontal				4. Transmisor de control de nivel puntual	La tecnología permite el ajuste de dos estado posibles, con los valores de 4-10 mA (alarma) y 14-20 mA (normal)	Si. El tanque está contenido en otro, por lo tanto dificulta la visualización de la medida, mediante un indicador local, por tal motivo se debe instalar éste en la conexión disponible.
9086 (Mirilla)	Tanque Oleoneumático de Válvulas	Tanque cerrado, horizontal, de acero	Aceite de gobierno (circulación)		No existe	1. Transmisor de presión diferencial	Las presiones existentes en el aceite y en el aire encima del éste son las utilizadas para la comparación del nivel del líquido	Si. Las conexiones existentes permiten el lugar de conexión de éste instrumento que puede estar dotado de una indicación local del nivel. Los niveles establecidos de acción pueden ser ajustados en el instrumento de acuerdo a su configuración
		Locación con Temperatura y presión normales	Fluido con temperatura variable			2. Desplazamiento de un flotador magnético	El interruptor de flotador ofrece un control continuo y puntual y hace posible la medida de nivel con elementos sencillos	Si. Porque el instrumento hace posible cualquier tipo de control y ofrece una indicación local del nivel. La señal de salida puede ser estandarizada y ajustada con dos estados (alarma y normal).

TECNOLOGÍA A IMPLEMENTAR  
CENTRAL HIDROELÉCTRICA CANOAS  
INSTRUMENTOS DE NIVEL

INSTRUMENTO	LOCALIZACIÓN	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	CONSIDERACIONES TÉCNICAS	POSIBLES FALLAS	INSTRUMENTO ACTUAL	TECNOLOGÍA A IMPLEMENTAR ALTERNATIVAS	CRITERIO DE ALTERNATIVA	ELECCIÓN
		Ambiente corrosivo Sin vibración	Viscosidad entre 5 y 6 °C, sin depósitos de partículas			3. Transmisor capacitivo	La utilización de la conexión de la minilla haría posible éste tipo de tecnología. Estos instrumentos no tienen partes móviles y son utilizados en tanques metálicos	Si. Ofrece control continuo de la variable y el recubrimiento de los electrodos es evitado con una frecuencia elevada proveniente del circuito electrónico que alimenta al electrodo. Los niveles de ajustes son configurados
		4. Indicador con By-pass				Tubo conectado a un lado del tanque, mediante dos conexiones al proceso. El flotador cilíndrico dentro del transmisor de nivel se desliza a la misma a medida del nivel	Si. La tecnología habilita el uso de las conexiones actuales del recipiente, además es simple, robusto y de diseño irrompible, los modelos son disponibles con señal local y remota mediante transmisores que envían señal estándar.	
		5. Transmisor de control de nivel puntual				La tecnología permite el ajuste de dos estados posibles, con los valores de 4-10 mA (alarma) y 14-20 mA (normal)	Si. Las conexiones actuales permiten su instalación y ajuste, además de una indicación local	
63 WLT	Torres de refrigeración  (Tanque de almacenamiento)	Tanque cerrado, vertical, de fibra de vidrio	Agua limpia	Desborde de nivel	Flotador tipo Boya	1. Transmisor hidrostático, diferencial por diafragma	El control de las presiones presentes en el líquido y en el aire encima de éste hacen que ésta tecnología, protege al tanque de sobrepresiones.	Si. La aplicación debe tener la presión constante de aire durante la medida, o sea, que el tanque debe permanecer cerrado.
		Locación con temperatura y presión normales	Fluido con temperatura variable	Sobrepresión		2. Desplazamiento de un flotador magnético	El interruptor de flotador ofrece un control continuo y puntual y hace posible la medida de nivel con elementos sencillos	Si. Porque el instrumento hace posible cualquier tipo de control y ofrece una indicación local del nivel. La señal de salida puede ser estandarizada
		Ambiente corrosivo, interperie  Sin vibración	Sin depósitos de partículas	Temperatura elevada		3. Transmisor capacitivo	Estos instrumentos no tienen partes móviles y pueden ser utilizados en lugares donde puede presentarse turbulencia.	Si. Aunque el material del tanque no es metálico se tendría que adicionar una placa metálica para conformar así el condensador. El recubrimiento de los electrodos es evitado con una frecuencia elevada proveniente del circuito electrónico que alimenta al electrodo, lo cual disminuye la reactancia capacitiva del conjunto.
						4. Transmisor Ultrasónico	El instrumento no requiere calibración, no es afectado por las variaciones en el líquido, presiones o propiedades eléctricas	Si. El instrumento no tiene contacto con el fluido y no es afectado por las variaciones de presión. Pero el tanque debe permanecer cerrado debido a que el polvo, el vapor, etc., afectan la señal de
						5. Transmisor R.F Admittancia	Amplio rango de temperatura y presión. El proceso puede presentar o no agitación y estar expuesto a la corrosión.	Si. Aunque el material del tanque no es metálico se tendría que adicionar una placa metálica para conformar así el condensador
						6. Transmisor Radar	Puede tener control de punto y continuo, la medida no es afectada por la temperatura del aire, el polvo o partículas	Si. El instrumento no tiene contacto con el fluido y no es afectado por las variaciones de presión. La instalación del instrumento es en la parte superior del tanque, por lo tanto debe permanecer cerrado.
						7. Transmisor de control de nivel puntual	La tecnología permite el ajuste de dos estados posibles, con los valores de 4-10 mA (alarma) y 14-20 mA (normal)	Si. Porque el instrumento hace posible cualquier tipo de control y ofrece una indicación local del nivel. La señal de salida puede ser estandarizada y ajustada con dos estados (alarma y normal).

TECNOLOGÍA A IMPLEMENTAR  
CENTRAL HIDROELÉCTRICA CANOAS  
INSTRUMENTOS DE FLUJO

INSTRUMENTO	LOCALIZACIÓN	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	CONSIDERACIONES TÉCNICAS	POSIBLES FALLAS	INSTRUMENTO ACTUAL	TECNOLOGÍA A IMPLEMENTAR ALTERNATIVAS	CRITERIO DE ALTERNATIVAS	ELECCIÓN
63 GACW	Sistema de Refrigeración	Tanque cerrado, horizontal, de cemento	Agua limpia	Sobrepresión	Interruptor de Flujo (Detector)	1. Transmisor de Area variable	Los rotámetros son utilizados para medir la circulación de agua para inyección o enfriamiento.	No. Estos instrumento son influenciados por la temperaturas del fluido (cambia la densidad) y la viscosidad (en líquidos, número de Reynolds)
		Locación a la intemperie	Fluido con temperatura variable	Temperaturas elevadas		2. Transmisor Magnético	No son afectados por remolinos y son sensibles a la temperatura , la viscosidad y las características de circulación del fluido	Si. La ubicación de los instrumentos esta en cercanías de dos motores eléctricos, la influencia de éstos es contrarrestada por la fijación de una tensión de referencia, lo cual establece la señal de medida.
		Ambiente corrosivo	Sin depósitos de partículas	Pulsos de presión		3. Transmisor de Turbina	La velocidad es proporcional al caudal medido. Pueden medir caudales con un rango de temperatura entre 50° y 150°C	Si. Pero el instrumento debe poseer un convertidor de frecuencia a corriente.
		Vibración eventual		Dirección contraria a la establecida		4. Transmisor Ultrasónico	La medida se realiza sin contacto con el fluido	No, debido a que éstos instrumentos son sensibles a los cambios de densidad del líquido, debido a que varían la velocidad del sonido
		Instrumento con conexión interna				5. Transmisor de desplazamiento positivo (Pistón oscilante)	Pueden medir caudales hasta 600 l/min Caudales de agua fría, agua caliente, aceite, etc	Si. El instrumento debe ser adaptado a un convertidor de frecuencia - corriente
						6. Transmisor de fuerza	La fuerza originada por el fluido sobre una placa en el interior, es proporcional a la energía cinética del fluido y depende de la fuerza anular entre las paredes de la tubería y la placa	Si. El instrumento ofrece una medida proporcional a la cantidad de caudal existente, ofrece un tipo de control continuo.
						7. Transmisor de caudal másico (Fuerza de Coriolis)	La masa es la única variable que no es influenciada por otros parámetros físicos como presión, temperatura, densidad, viscosidad, conductividad, etc, lo cual mejora la precisión de la medida	Si. La medida no implica reducciones de paso en la tubería. El instrumento tiene restricción de temperatura, la cual es censada por medio de un sensor que está verificando las condiciones de ésta, sin embargo el instrumento puede soportar hasta 200°C.
						8. Transmisor Vortex	Basado en el principio de Vortex-Karman, mide caudal volumétrico	Si. La medida no es afectada por variaciones de temperatura, densidad, presión. El instrumento no tiene restricción de temperatura y soporta vibraciones altas.
						9. Controladores de nivel	Controlador electromagnéticos de caudal.	Si. El instrumento permite un uso simple, comprende indicadores locales y/o interruptores limitadores dependiendo de la versión utilizada
63 GLW 63 GTGW	Cojinete Guía Inferior Cojinete Guía Superior	Tanque cerrado, vertical , de acero	Agua limpia	Sobrepresión	Interruptor de Flujo (Detector)	1. Transmisor de Area variable	Los rotámetros son utilizados para medir la circulación de agua para inyección o enfriamiento.	No. Estos instrumento son influenciados por la temperaturas del fluido (cambia la densidad) y la viscosidad (en líquidos, número de Reynolds)
		Locación con temperaturas y presiones elevadas	Fluido con temperatura variable	Temperaturas elevadas		2. Transmisor Magnético	No son afectados por remolinos y son sensibles a la temperatura , la viscosidad y las características de circulación del fluido	Si. La ubicación de los instrumentos está en cercanías de dos motores eléctricos, la influencia de éstos es contrarrestada por la fijación de una tensión de referencia, lo cual establece la señal de medida.

TECNOLOGÍA A IMPLEMENTAR  
CENTRAL HIDROELÉCTRICA CANOAS  
INSTRUMENTOS DE FLUJO

INSTRUMENTO	LOCALIZACIÓN	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	CONSIDERACIONES TÉCNICAS	POSIBLES FALLAS	INSTRUMENTO ACTUAL	TECNOLOGÍA A IMPLEMENTAR ALTERNATIVAS	CRITERIO DE ALTERNATIVAS	ELECCIÓN
		Ambiente corrosivo	Sin depósitos de partículas	Pulsos de presión		3. Transmisor de Turbina	La velocidad es proporcional al caudal medido. Pueden medir caudales con un rango de temperatura entre 50° y 150°C	Si. Pero el instrumento debe poseer un convertidor de frecuencia a corriente.
		Vibración		Dirección contraria a la establecida		4. Transmisor Ultrasónico	La medida se realiza sin contacto con el fluido	No, debido a que éstos instrumentos son sensibles a los cambios de densidad del líquido, debido a que varían la velocidad del sonido
		Instrumento con conexión interna				5. Transmisor de desplazamiento positivo (Pistón oscilante)	Pueden medir caudales hasta 600 l/min Caudales de agua fría, agua caliente,	Si. El instrumento debe ser adaptado a un convertidor de frecuencia - corriente
						6. Transmisor de fuerza	La fuerza originada por el fluido sobre una placa en el interior, es proporcional a la energía cinética del fluido y depende de la fuerza anular entre las paredes de la tubería y la placa	Si. El instrumento ofrece una medida proporcional a la cantidad de caudal existente, ofrece un tipo de control continuo.
						7. Transmisor de caudal másico (Fuerza de Coriolis)	La masa es la única variable que no es influenciada por otros parámetros físicos como presión, temperatura, densidad, viscosidad, conductividad, etc, lo cual mejora la precisión de la medida	Si. La medida no implica reducciones de paso en la tubería. El instrumento tiene restricción de temperatura, la cual es censada por medio de un sensor que está verificando las condiciones de ésta, sin embargo el instrumento puede soportar hasta 200°C.
						8. Transmisor Vortex	Basado en el principio de Vortex-Karman, mide caudal volumétrico	Si. La medida no es afectada por variaciones de temperatura, densidad, presión. El instrumento no tiene restricción de temperatura y soporta vibraciones altas.
						9. Controladores de nivel	Controlador electromagnéticos de caudal.	Si. El instrumento permite un uso simple, comprende indicadores locales y/o interruptores limitadores dependiendo de la versión utilizada

Los interruptores de presión aceptados fueron aquellos que cumplen en la actualidad con una función de anunciación visual de falla, la cual es aprovechada para el diseño del control de las secuencias como respaldo en el funcionamiento del proceso.

Los interruptores de flujo no se encuentran en óptimas condiciones por tal motivo deben ser reemplazados.

Los instrumentos de nivel se encuentran en buen estado según la información recolectada, pero su adaptación al PLC se limita a un control discreto debido a que son interruptores, el cambio de interruptores por sensores de nivel se deja a consideración de la empresa sin embargo para el proyecto en mención se desarrollará el control continuo de la variable debido a su importancia en el arranque y paro de la unidad.

## **6.2 NUEVAS TECNOLOGÍAS DE INSTRUMENTACIÓN**

Luego de seleccionar los instrumentos que pueden servir para el desarrollo del soporte lógico a ser diseñado se realiza una investigación tecnológica de las nuevas formas de medición de las variables de nivel, presión y flujo debido a que los instrumentos que las median no son aptos para el diseño de las secuencias de operación. Los entes comerciales que distribuyen instrumentación con tecnología de punta en Bogotá son ALFA TÉCNICA, INSTRUMATIC, EBC, empresas publicadas en Internet, entre otras las cuales otorgaron asesoría e información para la tecnología adecuada para el reemplazo de la instrumentación.

La instrumentación actual ofrece características de funcionamiento superiores, señales de salida flexibles, capacidad de almacenamiento de datos,

autodiagnóstico y nuevas tecnologías de medición, entre las que se destacan las siguientes:

- Medidas con precisión  $\leq 0.1 \%$
- Protección de vibración, trabajo pesado y humedad mediante un Gel de Silicona.
- Cada unidad tiene compensación de temperatura para asegurar precisión y estabilidad ante ambientes pesados.
- Tiempo de respuesta de la señal de salida  $\leq 1$  ms.
- Materiales constitutivos de partes externas e internas de alta resistencia y que pueden soportar ambientes difíciles, temperaturas elevadas y sobrepresiones (SS 316, aluminio, silicio, oro, etc.).
- Tipos de protección interna contra sobrecargas y otros hechos que pueden afectarla (seguridad intrínseca, barreras de diafragma).
- Mantenimiento libre (componentes estáticos).
- Indicación visual en pantalla LCD con 7dígitos.
- Almacenamiento de datos de la variable censada en memoria EEPROM.
- Protección ligada a normas como IP 65, IP67, NEMA 4X, NEMA 7, entre otras, que protegen al instrumento de condiciones como lluvia, ambientes corrosivos, gases, etc.
- Diseños compactos y remotos del elementos primario y la unidad electrónica.
- Equipados con conexión de interfases RS 485, RS 232, MODBUS, Fieldbus o HART para la comunicación de datos y adecuación de parámetros remotamente.
- Autodiagnóstico de partes internas del instrumento.
- Si el instrumento falla, no se necesita detener el proceso para aislarlo, debido a que la parte electrónica es fácilmente removida.

- Protecciones con Explosion Prush (zonas con riesgo de explosión) y con Seguridad intrínseca (voltajes y corriente menores para que se produzca una chispa).

### **6.2.1 Instrumentos de Presión**

Los instrumentos de presión no han variado los principios de operación convencionales, se observa en el mercado instrumentos con características de medición mejoradas como instrumentos con mayor resistencia mecánica (soportar mayores temperaturas, ambientes contaminados, choques, etc.) e integración de circuitos electrónicos. En el mercado se encuentra para la medida de transmisores de presión multivariable los cuales compactan en un solo la medida de la presión en todos sus aspectos.

#### **a. Sensores de Cerámica-capacitiva<sup>1</sup>**

El instrumento consta de un sensor de diafragma protegido del fluido mediante un sello. La medida de la presión se realiza mediante el desplazamiento del diafragma cerámico (máximo 0.025 mm), provocado por la superficie del sello y el fluido de llenado del sello.

El sello del diafragma debe ser compatible con el medio, en aquellos medios donde los líquidos no son tóxicos o es vacío el aceite de silicona debe ser usado como medio amortiguador entre el instrumento y la estructura de montaje.

---

<sup>1</sup>CATALOGO PRESSURE TRANSMITTER, Cerabar. 1999



## 6.2.2 Instrumentos de Nivel

Las nuevas tecnologías han desarrollado instrumentos que miden el nivel de líquidos y sólidos con principios no convencionales, además del avance de características de medida con la integración de circuitos electrónicos a aquellos principios que siempre han sido empleados para el cálculo de la variable. Los avances tecnológicos presumen un tipo de control continuo y discreto, sin embargo solo se exponen aquellos que mantienen un valor continuo de la variable.

### a. R. F. Admitancia<sup>1</sup>

R.F. Admitancia (Radio frecuencia) se le denomina a la medida de la constante dieléctrica y capacitancia del líquido empleado para la medida de nivel. La medida se realiza mediante la formación de un efecto condensador en el tanque contenedor, de manera tal que una de las placas sea la pared (si es metálico o una placa adicionada) y la otra placa sea el sensor, la distancia entre las placas es el nivel del líquido (dieléctrico) y el área se especifica de acuerdo a las dimensiones del tanque.

El valor de la capacitancia es determinado mediante una expresión que involucra la constante dieléctrica del líquido a medir, a mayor altura mayor será la capacitancia del condensador.

La tecnología ofrece inmunidad ante la adherencia del líquido en el elemento sensor, condiciones de temperatura entre 185 °C a 850 °C y presión entre 0 y 10000 psi y agitación, corrosión o espuma del líquido.

---

<sup>1</sup> CONFERENCIA ALFA TÉCNICA, Control y medición de Nivel y Flujo. 19 de agosto 1999

### b. Electrodo<sup>1</sup>

El método emplea tres sondas a distinta altura del fondo del tanque, de forma que a cada sonda se le ajuste un nivel determinado (referencia-mínimo-máximo). La unidad electrónica constituida por una fuente de voltaje y tres amperímetros en paralelo con interruptores al recibir señal de alguna de las sondas dispuestas permite la circulación de un valor de corriente ajustada según el voltaje que será homologado con el nivel de líquido medido. La disposición del instrumento en la aplicación es mostrada en la figura 12.

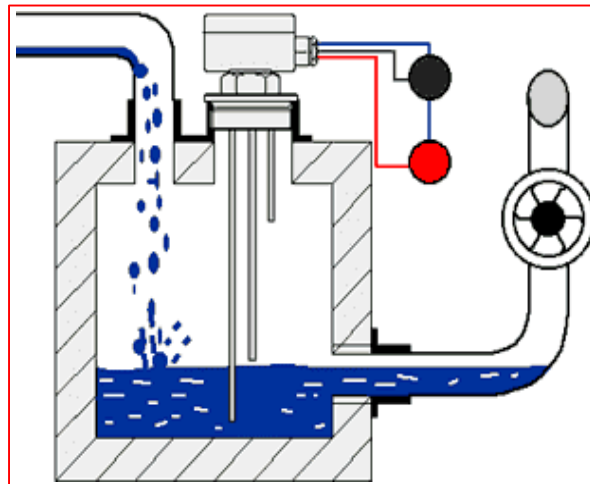


Figura 12. Medida de nivel con Electrodo<sup>1</sup>

### c. Reflex Radar TDR<sup>2</sup>

El principio se denomina T.D.R (Time Domain Reflectometry), Tecnología de reflexión en el tiempo, el cual consiste en la emisión de ondas eléctricas de baja potencia en un pulso a lo largo de dos conductores (cables o barras), en el punto donde las ondas encuentren la superficie habrá reflexión de onda y la intensidad

<sup>1</sup> [www. KSR-Kubler.com](http://www.KSR-Kubler.com). Electrodo<sup>1</sup>

de la onda reflejada dependerá de la constante dieléctrica del líquido. El instrumento mide el tiempo entre la emisión y la recepción de la señal el cual es proporcional a la distancia. La disposición y principio del instrumento es mostrado en la figura 13.

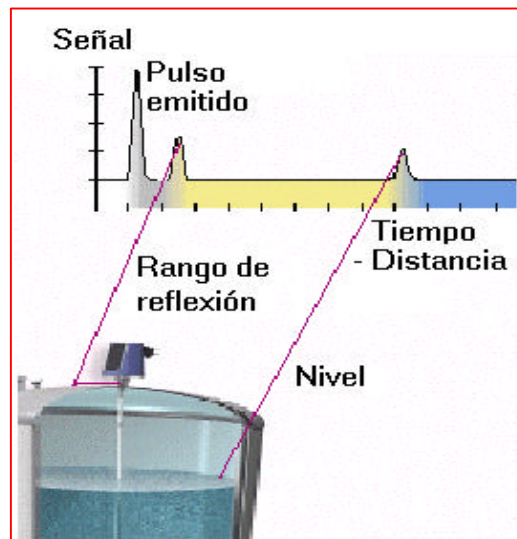


Figura 13. Medida de nivel - Reflex Radar TDR

La tecnología mide líquidos con constante dieléctrica  $\geq 2$  mediante "Modo directo" lo cual significa que la reflexión de la señal desde la superficie de líquido es usada directamente para la medida del nivel, éste es usado para la medición de interfases. Al igual que líquidos con constante dieléctrica  $< 2$  mediante el principio T.B.F "Tank Bottom Following", el cual consiste en cortocircuitar al instrumento en la parte final de los conductores con el fin de que la onda recorra primero el aire a la velocidad de la luz y luego al líquido con otra velocidad dependiente de la constante dieléctrica del líquido, el instrumento al igual mide el tiempo entre la emisión y recepción de la onda.

<sup>2</sup> CONFERENCIA ALFA TÉCNICA, Control y medición de Nivel y Flujo. 19 de agosto 1999

#### d. Radar<sup>1</sup>

La tecnología emplea un radar FMCW (Frecuencia Module Continue Wave) y un análisis de señal FFT, el radar emiten una señal hacia la superficie del líquido y la unidad electrónica mide el tiempo de tránsito de la señal reflejada de microondas para cada metro desde que la señal fue emitida. La tecnología puede medir el nivel de líquidos en las condiciones más difíciles debido a que no necesita contacto físico con éste para su medida, la disposición es mostrada en la figura 14.

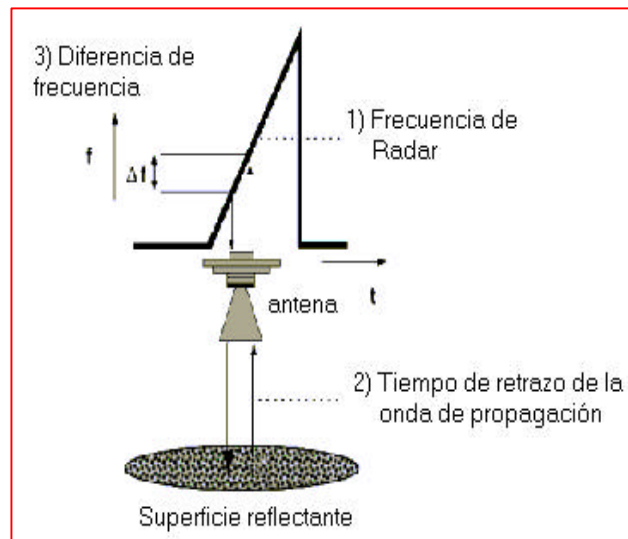


Figura 14. Medida de nivel - Radar

#### e. Vibrador<sup>2</sup>

El principio de funcionamiento se basa en la vibración de un elemento probador unido a un piezoeléctrico energizado.

<sup>1</sup> CONFERENCIA ALFATECNICA, Control y medición de Nivel y Flujo. 19 agosto 1999

<sup>2</sup> CATALOGED INSTRUMATIC LTDA. Product Review, 1999

La vibración se realiza libremente en el espacio de aire entre la superficie del líquido y la tapa del tanque, cuando el nivel del líquido llega hasta el elemento vibrador la frecuencia de vibración cambia señalando el nivel del líquido.

La tecnología es utilizada en la medida de líquidos que continuamente cambian de composición debido a que pueden operar a temperaturas de hasta 150 °C y presiones de hasta 650 psi.

#### f. Sensor de flotador con transmisión magnética<sup>1</sup>

Los sensores de flotador trabajan sobre un principio flotante con transmisión magnética (imán permanente, interruptor y una resistencia) en un circuito de un potenciómetro de tres hilos. Un magneto toroidal instalado en el flotador actúa sobre la resistencia existente (líquido) como un divisor de voltaje proporcional al nivel del líquido. Sin embargo la tecnología difiere en su utilización en líquidos que provoquen espuma, variaciones de conductividad o presión y temperaturas mayores a 120 °C.

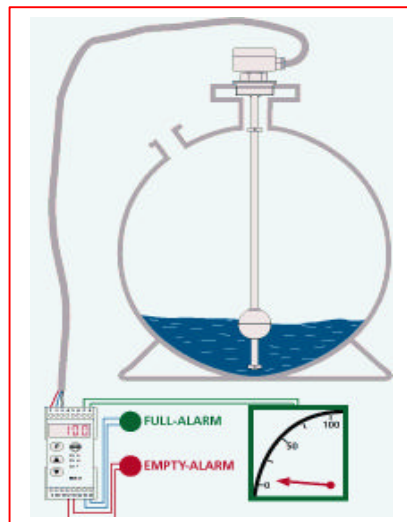


Figura 15. Sensor de flotador con transmisión magnética

<sup>1</sup> [www.ksr-kubler](http://www.ksr-kubler)

### g. Indicador con by-pass<sup>1</sup>

El indicador de nivel by-pass consiste en un tubo conectado a un lado del tanque mediante dos conexiones al proceso, el flotador cilíndrico dentro del transmisor de nivel se desliza a la misma medida del nivel lo que a su vez provoca que las cintas de doble color se deslicen e indiquen el nivel, como se observa en la figura 16.

La tecnología hace que éste instrumento sea simple y robusto para su uso en ambientes contaminados, además pueden estar expuestos a vacíos de hasta 400 bar, temperaturas de  $-160\text{ }^{\circ}\text{C}$  hasta  $+400\text{ }^{\circ}\text{C}$  y presiones de hasta  $350\text{ kg/cm}^2$ .

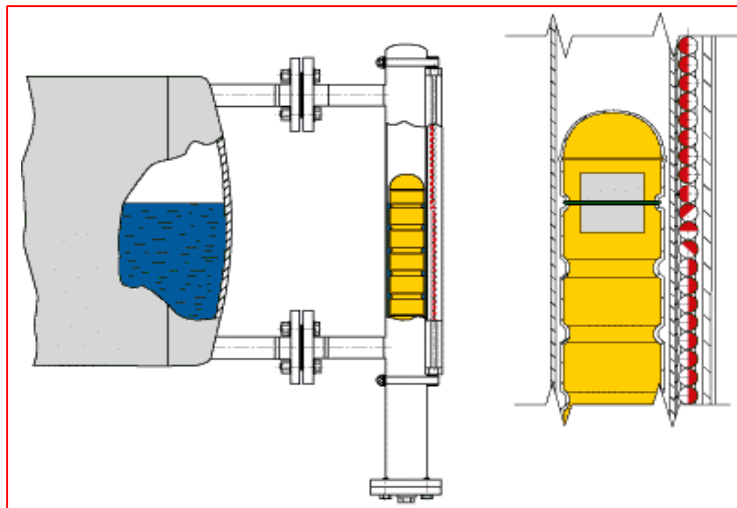


Figura 16. Indicador con By-pass

### 6.2.3 Instrumentos de Flujo

Las nuevas tecnologías se centran en la perfección de principios ya establecidos, ofrecen un cálculo de la variable mediante la integración de circuitos electrónicos. La instrumentación reciente presume un tipo de control continuo y discreto, además de la presentación de contadores y registradores de caudal. Los métodos expuestos a continuación muestran el principio básico y el método de cálculo de la variable.

#### a. Ultrasonicos<sup>1</sup>

El principio empleado consiste en el viaje de una onda de sonido de un punto A hacia un punto B en dirección del fluido y otra en dirección contraria, el cálculo del flujo es observado en la figura 17.

Las velocidades de las ondas se expresan:

$$V_{AB} = C_o + V_m \times \cos \phi$$

$C_o$ : Velocidad del sonido del líquido.

$$V_{BA} = C_o - V_m \times \cos \phi$$

$V_m$ : Velocidad del líquido.

$\phi$ : Angulo entre la longitud y el eje de  $V_m$ .

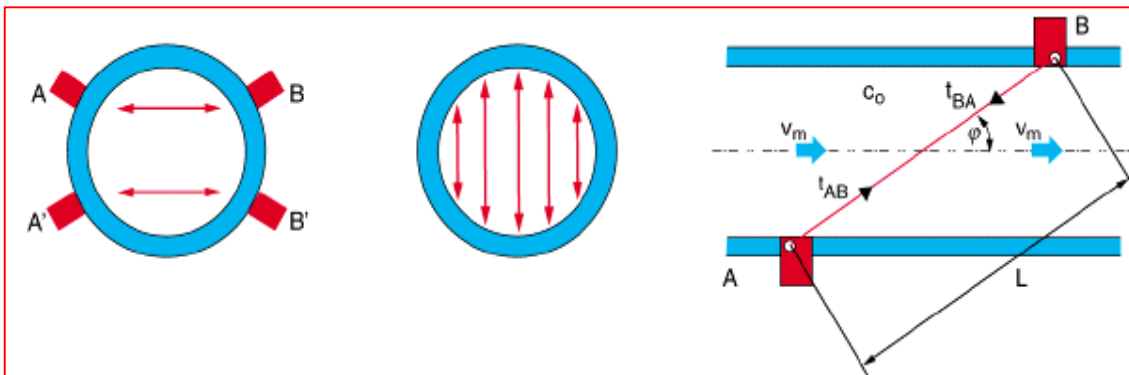


Figura 17. Medida de Flujo - Ultrasonido

<sup>1</sup> www.ksr-kubler

El tiempo de tránsito de AB y de BA es medido continuamente, la diferencia de tiempo ( $t_{AB} - t_{BA}$ ) es proporcional a la velocidad de flujo ( $V_m$ ), el flujo volumétrico por unidad de tiempo es la velocidad del fluido multiplicado por la sección de la tubería.

### b. Electromagnéticos (Magnético)<sup>1</sup>

Estos instrumentos miden el volumen del flujo de líquidos eléctricamente conductivos. El principio consiste en el movimiento de un conductor eléctrico (flujo del líquido) dentro de un campo magnético, el voltaje inducido ( $U$ ) es directamente proporcional a la velocidad del fluido ( $V$ ).

La inducción magnética ( $B$ ) y la distancia entre los electrodos ( $D$ ) son constantes por lo tanto la tensión generada es  $U = K \times B \times v \times D$ , en donde  $K$  es la Constante del instrumento,  $B$  la Fuerza del campo magnético,  $V$  la Velocidad del fluido y  $D$  el espacio entre electrodos, de donde se calcula el caudal volumétrico, figura 18.

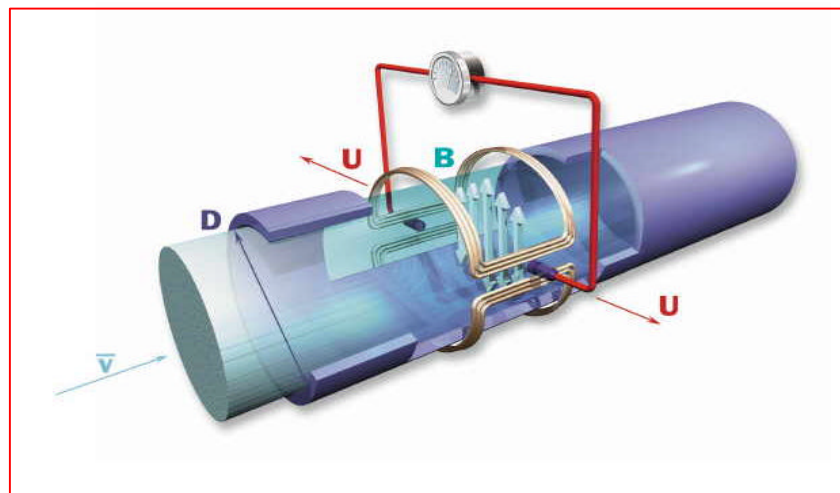


Figura 18. Medida de flujo - instrumentos Magnéticos

<sup>1</sup> ULTRASONIC FLOW METERS, KROHNE. Product guide 3.2, 1999



La medida de caudal es independiente del perfil del líquido u otra propiedad del medio como presión, temperatura, viscosidad, densidad, conductividad eléctrica o contaminación. La aplicación más común del medidor es en fluidos contaminados debido a que no requiere de conexiones hidráulicas.

### c. Fuerza de Coriolis<sup>1</sup>

La Fuerza de Coriolis ( $F_c$ ) es generada cuando una masa (líquido) se desplaza de o hacia un eje de oscilación. Un sistema de medida coriolis es un diseño simétrico que consiste en uno o dos tubos de medida, uno recto y otro curvo, los cuales miden el flujo del líquido. Según la figura 19 el tubo de medida (AB) debe ser ajustado a un modo de oscilación uniforme cuando el líquido no está fluyendo, con lo cual la velocidad y la fuerza de Coriolis son cero. La fuerza de Coriolis es generada por la inercia de las partículas aceleradas del producto entre los puntos AC y son desaceleradas entre los puntos CB, ésta fuerza causa una ligera distorsión del tubo de medida que se encuentra superpuesto sobre la componente fundamental, cuyo movimiento es directamente proporcional a la masa del flujo.

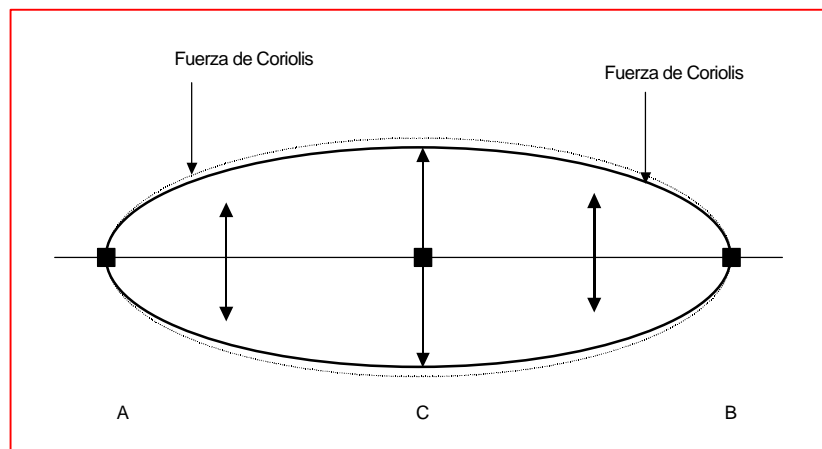


Figura 19. Medida de flujo – Fuerza de Coriolis

<sup>1</sup> ELECTROMAGNETIC FLOW METERS, KROHNE. Product guide 3.1. 1999

#### d. Flujómetro inteligente Vortex

Este Flujómetro provee una medida volumétrica directa basada en el principio de Vortex-Karman para medir el caudal volumétrico de gases y vapores.

La medida puede ser realizada en tuberías con vibración (amplitudes de frecuencias de 1 hasta 500 hz) en todas las direcciones y con condiciones variantes del fluido. Las aplicaciones más comunes son en aire comprimido, agua desmineralizada, productos de petróleo y oxígeno.

#### 6.2.4 Monitores de Velocidad<sup>1</sup>

Los monitores de velocidad son instrumentos usados para el monitoreo y muestreo de señales periódicas, utilizan interruptores de un solenoide externo con contactos en vez de pulsos de señal para su monitoreo.

Los monitores supervisan la velocidad del proceso y la indican en pantallas dispuestas en rpm, los monitores están dispuestos en la aplicación como se muestra en la figura 20.

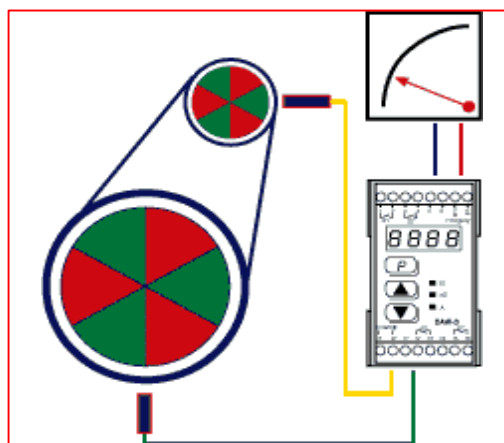


Figura 20. Monitor de Velocidad

<sup>1</sup> CORIMASS MASS FLOW METER SYSTEMS, KROHNE. Product guide 3.3. 1999

### 6.3 SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA A SER IMPLEMENTADA

La selección de la instrumentación adecuada debe tener en cuenta tipo de control que manejará dentro de la lógica de control (continuo-discreto), las condiciones de la instalación en cuanto a recursos existentes, su adaptación a los sistemas de supervisión y control y la información recolectada de la instrumentación actual.

La selección será maneja en tres dos partes la guía que clasifica las tecnologías según variable de medida, el estudio de las tecnologías admisibles según la aplicación y finalmente la elección de ésta para la aplicación en curso.

#### a. Guía para la selección de tecnología

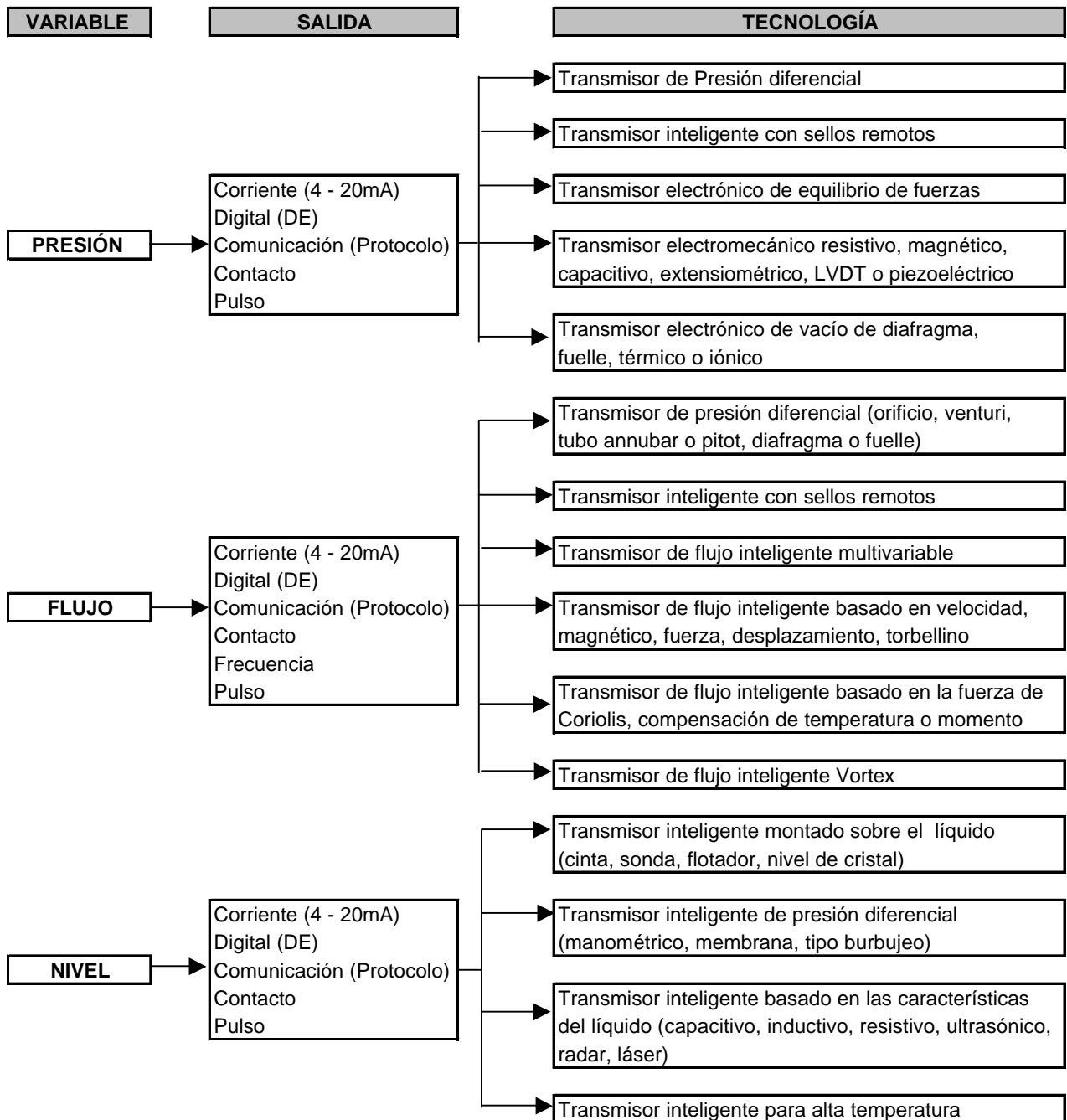
La guía elaborada para la selección de la tecnología está dividida según la variable de medida (presión, flujo y nivel), el tipo de señal de salida deseada y las tecnologías que pueden ser aplicadas.

Las tecnologías que pueden ser aplicadas son presentadas en forma de alternativa, cada una de éstas es analizada según las características específicas de aplicación (grado de viscosidad, grado de contaminación del líquido), las consideraciones físicas circundantes al instrumento (temperatura, presión, medio, condiciones del tanque, material) y las posibles fallas que pueden presentarse sobre el instrumento como sobrepresiones, temperaturas altas y escapes del líquido contenido que pueden deteriorar al instrumento.

---

<sup>1</sup> [www.ksr-kubler.com](http://www.ksr-kubler.com).

## GUÍA PARA LA SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA<sup>1</sup>



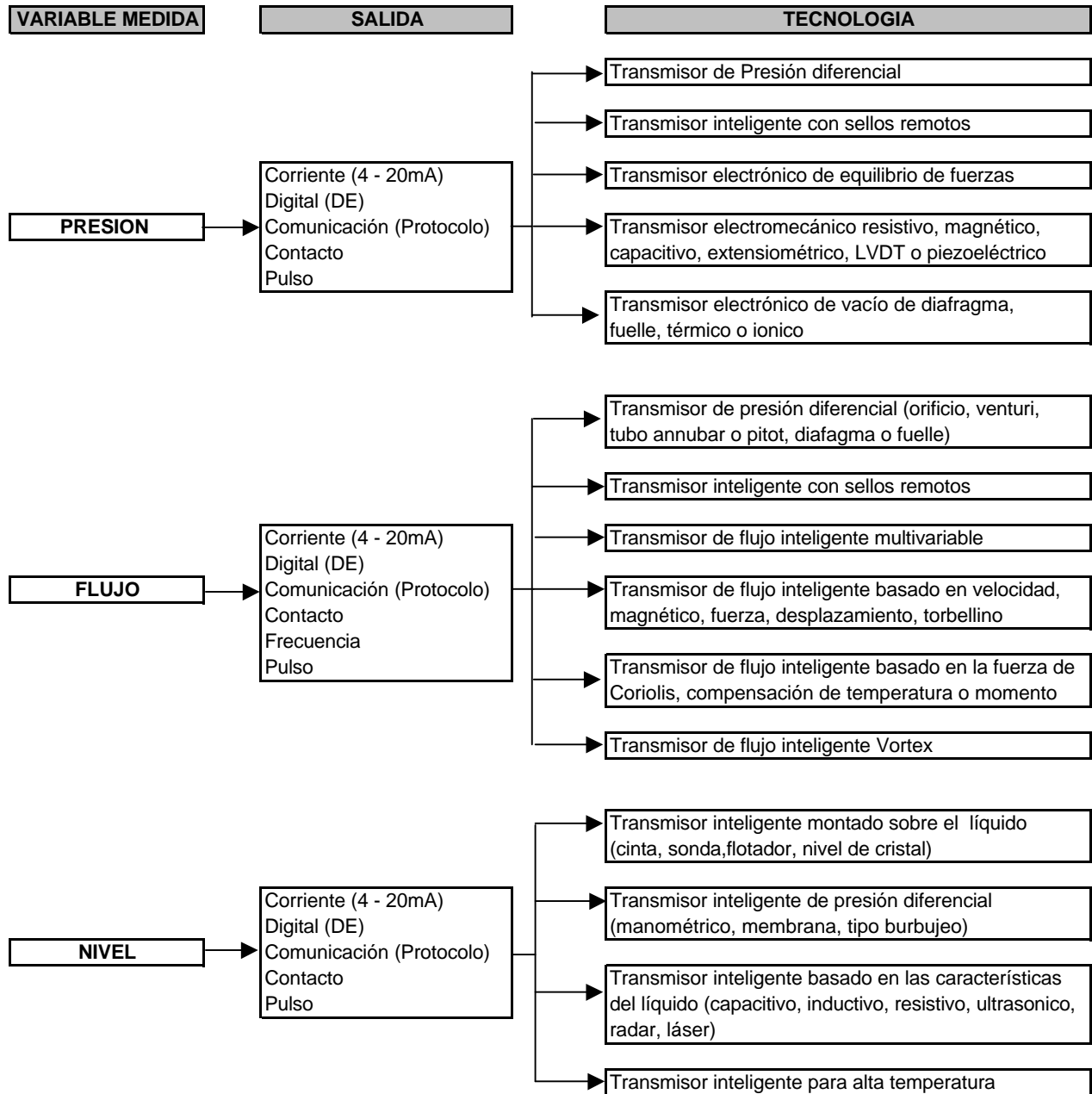
<sup>1</sup> HONEYWELL, Measurement and control 1999, Pág. B-4

**b. Tecnologías admisibles según acción**

Según la lista de resultados del análisis realizado en las características de funcionamiento en los instrumentos actuales de presión, nivel y flujo concluye que éstos instrumentos deben ser reemplazados para la implementación del estándar a la Central.

El resumen mostrado a continuación muestra la localización y características físicas de la estructura, las consideraciones técnicas o condiciones con las que opera la estructura y sus posibles fallas con el fin de ofrecer tecnologías alternativas a la existente para la medida de la variable. Las tecnologías que pueden ser empleadas son analizadas según el tipo de estructura, ventajas y desventajas resultantes de su uso dentro de la secuencia.

Como resultado del estudio de las tecnologías admisibles se concluye que tecnología es la más indicada para el reemplazo de la instrumentación existente, además de ser el punto de partida para la especificación de la instrumentación inteligente propuesta.



CENTRAL HIDROELECTRICA CANOAS  
 RESULTADOS DEL ANALISIS DE LA INSTRUMENTACIÓN

Nmo. NORMA	Nmo. CENTRAL	INSTRUMENTO	LOCALIZACION	APTO (SI/NO)	OBSERVACIONES
63	e 9088	Interruptor de Presión	Tanque Oleoneumático de Válvulas	No	Su adaptación al sistema ofrece un control discreto de la variable (aceite de gobierno). La adecuación de un control continuo ofrece a las secuencias de operación, el aseguramiento de la apertura o cierre de válvulas de admisión.
63	e 9088/1	Interruptor de Presión	Tanque Oleoneumático de Válvulas	Si	Cumple una función de anunciación, por lo tanto no afecta al control del PLC, por el contrario aporta una visualización para el operador.
63	e 9008	Interruptor de Presión	Tubería de Carga	No	Su vinculación al PLC, es posible debido a que la acción de ésta es únicamente la apertura de la válvula mariposa de turbina, pero se encuentra limitado por su tiempo de reacción (lento debido a que es por contactos), el nivel de protección no es el adecuado para el manejo de líquidos corrosivos y la utilización de contactos puede ser afectado por la vibración presente en el momento de realizar la medida.
63	e 1044 e 1043	Interruptor de Presión	Regulador de Velocidad	No	Los instrumentos ofrecen un control discreto de la variable (aceite de gobierno). El control continuo se hace necesario debido a que éstos controlan la presión del recipiente de aceite a presión que controla al regulador, la acción de éstos interruptores son causa de parada de emergencia, por lo tanto deben ser remplados debido a su importancia.
63	b 1012 b 1002	Interruptor de Presión	Regulador de Velocidad	No	Su cambio total no resulta muy factible debido a que éstos realizan control discreto eléctrico y mecánico (válvula cheque que impide que el aceite se devuelva). Sin embargo la medida de éstos es vital debido a que cumplen una función de energización o no de las bombas de aceite, que generan el aceite de gobierno del regulador.
63	63 AB	Interruptor de Presión	Frenos del Generador	Si	Su vinculación al PLC, es posible debido a que la acción de éste es el anuncio y condición de arranque de la unidad, su acción en la secuencia de parada es relevante debido a que solo ofrece anuncio visual más no de control.
63	e 3021	Interruptor de Presión	Frenos del Generador	Si	El instrumento ofrece una señal de alarma cuando el sistema está activado, está acción puede ser suplida por 63 AB, el cual censa la presión de aire en la tubería de frenado.
63	63 APB	Interruptor de Presión	Frenos del Generador	No	El instrumento no se encuentra en la actualidad, su instalación se hace necesaria debido a que su señal (presión baja) es importante en el momento de ser activada la secuencia de parada.
63	63 AHH 63 AHL1 63 LH2	Interruptor de Presión	Interruptor de 13,8 kV	No	Los instrumentos se encuentran en buen estado y ofrecen una señal confiable, su vinculación al PLC, es posible si se realiza un monitoreo del resorte de ajuste de presión y diferencial, con la adaptación de un transductor, que envíe una señal de corriente o voltaje al PLC.
63	63 AHL2 63 LH1 63 LL1/2	Interruptor de Presión	Interruptor de 13,8 kV	Si	Estos instrumentos están en buen estado, su acción es el anuncio y alarma de los distintos componentes del interruptor, por lo tanto no serán enviadas las señales provenientes de éstos instrumentos al PLC.
63	63 D	Interruptor de Presión	Transformador de potencia	Si	El instrumento está en buen estado, su función es verificar el estado del diafragma de alivio, su cambio se realizaría por algún otro que tuviera la misma robustez de éste, por lo tanto no justifica el cambio, a demás que su acción es la anuncio y alarma.
63	63 1-2	Interruptor de Presión	Transformador de potencia	No	Debido a que los instrumentos deben ser robustos, su vinculación al PLC, es posible si se realiza un monitoreo de éstos con la adaptación de un transductor, que envíe una señal de corriente o voltaje al PLC.
63	63 GACW	Interruptor de Flujo	Sistema de Refrigeración	No	Se encuentran el mal estado, no ofrecen ningún tipo de señal
63	63 GLW	Interruptor de Flujo	Cojinete Guia Inferior	No	Se encuentran el mal estado, no ofrecen ningún tipo de señal
63	63 GTGW	Interruptor de Flujo	Cojinetes Superiores	No	Se encuentran el mal estado, no ofrecen ningún tipo de señal
63	63 GTGO	Interruptor de Nivel	Cojinetes Superiores	Si	El instrumentos efectúa una acción de anuncio-alarma y es condición de arranque de la unidad. Por lo tanto el control discreto suministrado por el instrumento es suficiente para el control de las secuencias, sin embargo se deben tener en cuenta consideraciones de tensión o corriente de éstos para enviar la señal al PLC.

CENTRAL HIDROELECTRICA CANOAS  
 RESULTADOS DEL ANALISIS DE LA INSTRUMENTACIÓN

Nmo. NORMA	Nmo. CENTRAL	INSTRUMENTO	LOCALIZACION	APTO (SI/NO)	OBSERVACIONES
63	63 GLO	Interruptor de Nivel	Cojinete Guía Inferior	Si	El instrumentos efectúa una acción de anuncio-alarma y es condición de arranque de la unidad. Por lo tanto el control discreto suministrado por el instrumento es suficiente para el control de las secuencias, sin embargo se deben tener en cuenta consideraciones de tensión o corriente de éstos para enviar la señal al PLC.
63	1040 (b 1040/1-2-9)	Medida de Nivel (Flotador)	Regulador de Velocidad (Recipiente de aceite a presión)	No	En la actualidad el control se realiza discretamente (finales de carrera). El control continuo de la variable (aceite), se hace necesario debido a la importancia de la estructura en las secuencias. La acción de alguno de los finales de carrera es causante de falla de turbina y por consiguiente acciona parada de cierre rápido.
63	1080 (b 1080/1-9)	Medida de Nivel (Flotador)	Regulador de Velocidad (Tanque sumidero)	Si	En la actualidad el control se realiza mediante finales de carrera, la acción de alguno de éstos es la de anunciar, alarmar y ser una condición de listo para entrar en operación de la secuencia de arranque. Su cambio no es justificado debido a que el recipiente cumple sólo una función de almacenamiento de aceite, y su manejo el nivel es suficiente con un control discreto de la variable. Si embargo se debe realizar un estudio de los niveles de tensión y corriente manejados, para ser adaptados el PLC.
63	63 TO	Interruptor de Nivel	Transformador de potencia	Si	Su vinculación al PLC, se realizaría por medio de un control discreto, ya que éste instrumento solo ofrece anuncio y alarma del nivel en el tanque y su control continuo no sería de gran utilidad debido a que el transformador es un recipiente hermético y la fuga de aceite sería solo provocada en caso de un daño mayor, sin embargo se deben tener en cuenta consideraciones de tensión o corriente de éstos para enviar la señal al PLC.
63	63 WLT	Interruptor de Nivel	Torre de Refrigeracion	No	El instrumento es un flotador que se encuentra a la intemperie. El cambio del instrumento es necesario tanto por la adecuación de un mayor nivel de protección, como por la importancia de la torre de refrigeración en las secuencias de operación, ya que si éste llegara a ofrecer una señal erronea la unidad se pararía y se elevarían las temperaturas en las cojinetes y el sistema de refrigeración.



**TECNOLOGÍA A IMPLEMENTAR  
CENTRAL HIDROELÉCTRICA CAÑOAS  
INSTRUMENTOS DE PRESIÓN**

INSTRUMENTO	LOCALIZACIÓN	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	CONSIDERACIONES TÉCNICAS	POSIBLES FALLAS	INSTRUMENTO ACTUAL	ALTERNATIVAS DE TECNOLOGÍA	CRITERIO DE ALTERNATIVAS	
							VENTAJAS	
e 9088	Tanque Oleoneumático de válvulas	Tanque cerrado, horizontal, de acero Locación con temperatura y presión normales Ambiente corrosivo Sin vibración Instrumento con conexión externa, horizontal	Aceite de gobierno (circulación) Fluido con temperatura variable, viscosidad entre 5 y 6 °C, sin depósitos de partículas	Sobrepresiones Supresiones Posibles pulsos de presión	Interruptor de Presión (Diafragma)	<p>1. Sensor de cerámica capacitiva con sello de diafragma</p> <p>2. Transmisor electromecánico tipo Capacitivo</p> <p>3. Transmisor electromecánico tipo Extensiométrico</p> <p>4. Transmisor electromecánico tipo Piezoeléctricos</p> <p>5. Transmisor electromecánico tipo LVDT</p>	<p>Medida del cambio proporcional de la capacitancia en electrodos del sensor.</p> <p>Alta sensibilidad y protección por medio del sello de diafragma</p> <p>El capacitivo forma un condensador de referencia y otro que es formado por la variable por medida</p> <p>Opera cuando el hilo de la resistencia está sometido a una tensión mecánica causada por una presión</p> <p>Adecuados para medidas dinámicas de presión</p> <p>Ofrece un tiempo de respuesta muy reducido (&lt; 0.02 s)</p>	<p>La aplicación requiere de una sensibilidad y tiempo de respuesta rápidos, debido a que su acción dispara un cierre de emergencia.</p> <p>El sello de diafragma protege al sensor de variaciones del medio</p> <p>No. Las temperaturas pueden afectar las constantes dieléctricas del fluido y son sensibles a las densidades del fluido</p> <p>Si. Pero mirar si soporta ambientes corrosivos y sólidos en suspensión</p> <p>Si. Los instrumentos deben estar listos a accionar ante cualquier cambio de la presión repentino</p> <p>Si. Debe reaccionar de forma rápida, precisa y estable si la presión varía</p>
e 9008	Tubería de Carga	Tubería hermética, horizontal, de acero Locación con temperatura y presión normales Contacto con líquido corrosivo Vibración presente Instrumento con conexión externa, horizontal	Agua contaminada (circulación) Líquido turbio, con contenido de sólidos en suspensión, temperatura estable y conductividad de 447 µS/cm a 25 °C	Sobrepresiones Pulsos posibles de presión	Interruptor de Presión (Diafragma)	<p>1. Diafragma metálico con sello de oelidas de silicio piezoresistivas</p> <p>2. Transmisor electromecánico tipo Capacitivo</p> <p>3. Transmisor electromecánico tipo Extensiométrico</p> <p>4. Transmisor electromecánico tipo Piezoeléctricos</p> <p>5. Transmisor electromecánico tipo LVDT</p>	<p>El sello de metal (capilares flexibles) protegen al diafragma del líquido contaminado. Los capilares ofrecen la posibilidad de comparar las presiones y luego enviar la señal de control</p> <p>El capacitivo forma un condensador de referencia y otro que es formado por la variable por medida</p> <p>Opera cuando el hilo de la resistencia está sometido a una tensión mecánica causada por una presión</p> <p>Adecuados para medidas dinámicas de presión</p> <p>Ofrece un tiempo de respuesta muy reducido (&lt; 0.02 s)</p> <p>Módulo del LVDT unido a un diafragma y ambas señales a cada lado del diafragma</p>	<p>Si. Ofrece la posibilidad de comparar las presiones ante una referencia establecida. El elemento sensor (diafragma) está aislado del medio, el cual es corrosivo</p> <p>No. Para su uso se necesitarían dos instrumentos iguales y además un comparador, que luego enviara la señal al control</p> <p>Si. Pero mirar si soporta ambientes corrosivos y sólidos en suspensión</p> <p>No. En la aplicación actúa al igualar presiones, al llegar a este punto se no variaría la señal si la presión es distinta</p> <p>No. Las presiones antes y después de la VMT, estarían a cada lado del diafragma, enviando señales hasta que se igualen las presiones, al llegar a éste punto el instrumento enviaría una señal de valor cero, debido a que el diafragma no se desplazaría.</p>
e 1044 e 1043	Regulador de Velocidad	Tanque con tapa, horizontal, de acero Locación con temperatura y presión normales Ambiente corrosivo Sin vibración Instrumento con conexión externa,	Aceite de gobierno (almacenamiento) Fluido con temperatura variable, viscosidad entre 5 y 6 °C, sin depósitos de partículas	Temperaturas altas Sobrepresiones Supresiones	Interruptor de Presión (Diafragma)	<p>1. Sensor de cerámica capacitiva con sello de diafragma</p> <p>2. Transmisor electromecánico tipo Capacitivo</p> <p>3. Transmisor electromecánico tipo Extensiométrico</p> <p>4. Transmisor electromecánico tipo Piezoeléctricos</p> <p>5. Transmisor electromecánico tipo LVDT</p>	<p>Medida del cambio proporcional de la capacitancia en electrodos del sensor.</p> <p>Alta sensibilidad y protección por medio del sello de diafragma</p> <p>El capacitivo forma un condensador de referencia y otro que es formado por la variable por medida</p> <p>Opera cuando el hilo de la resistencia está sometido a una tensión mecánica causada por una presión</p> <p>Adecuados para medidas dinámicas de presión</p> <p>Ofrece un tiempo de respuesta muy reducido (&lt; 0.02 s)</p>	<p>Si. La aplicación requiere de una sensibilidad y tiempo de respuesta rápidos, debido a que su acción dispara un cierre de emergencia</p> <p>No. Las temperaturas pueden afectar las constantes dieléctricas del fluido y son sensibles a las densidades del fluido</p> <p>Si. Pero mirar si soporta ambientes corrosivos y sólidos en suspensión</p> <p>Si. Los instrumentos deben estar listos a accionar ante cualquier cambio de la presión repentino</p> <p>Si. Debe reaccionar de forma rápida, precisa y estable si la presión varía</p>
b 1012 b 1002	Regulador de Velocidad	Tanque hermético, horizontal, de acero Locación con temperatura y presión normales Ambiente corrosivo Sin vibración Instrumento con conexión interna, vertical	Aceite de gobierno (Bombas) Fluido con temperatura variable, viscosidad entre 5 y 6 °C, sin depósitos de partículas Embolo permivo de aceite	Atascamiento del embolo permivo del paso del aceite Temperaturas altas Sobrepresiones Supresiones	Interruptor de Presión (Diafragma)	<p>Transductor de posición lineal con salida de 4 - 20 mA</p>	<p>Accesorio que monitoree la posición del diafragma</p>	<p>El transductor realiza un seguimiento lineal del desplazamiento del pistón al ser accionado</p>
e 3021	Frenos del Generador	Locación con temperatura y presión normales Ambiente corrosivo Sin vibración Instrumento con conexión externa, transaccionaria	Aire presurizado Aire con temperatura y presión variables y elevadas	Sobrepresiones Supresiones	Interruptor de presión	<p>Transductor de posición lineal con salida de 4 - 20 mA</p>	<p>Accesorio que monitoree el instrumento</p>	<p>El transductor realiza un seguimiento lineal del desplazamiento del pistón al ser accionado</p>
63 APB	Frenos del Generador	Locación con temperatura y presión normales Ambiente corrosivo Sin vibración Instrumento con conexión externa, horizontal	Aire presurizado Aire con temperatura variable ?	Temperaturas altas Sobrepresiones Supresiones	Interruptor de presión	<p>Convertidor digital/análogo con salida de 4 - 20 mA</p>	<p>Debido a que el instrumento es mecánico este instrumento no genera ningún tipo de control en la lógica de las Secuencias, es utilizado para anotificación de presión baja de frenos</p>	<p>Este instrumento es utilizado para anotificación de presión baja de frenos</p>
63 AH1 63 AH11 63 LH2	Interruptor de 13,8 kV	Armarío de Interruptor, cerrado Locación con temperatura y presión normales Ambiente corrosivo Sin vibración Instrumento con conexión interna, vertical	Aire presurizado (compresor) Aire con temperatura variable	Temperaturas altas Sobrepresiones Supresiones	Interruptor de presión (Fuente)	<p>Transmisor de equilibrio de fuerzas con un transductor LVDT</p>	<p>Ofrece un tiempo de respuesta muy reducido (&lt; 0.02 s)</p> <p>Módulo del LVDT unido a un fuente</p>	<p>Si. Estos interruptores actuales trabajan mediante el accionamiento de un fuente, por tal motivo se vería aconsejable la adaptación de un transductor LVDT, para tener transmisión de señal analógica estándar</p>
63 -1/2	Transformador de Potencia	Tubería de conexión, interperite Locación con temperatura y presión elevadas Ambiente corrosivo Sin vibración Instrumento con conexión externa, horizontal	Aceite (recirculación) Fluido con viscosidad entre 5 y 6 °C, con depósitos de partículas	Temperaturas altas Sobrepresiones Supresiones	Relé Buchholz (alarma y disparo)	<p>1. Cambiar el Buchholz</p> <p>2. Interruptor de presión actual</p> <p>3. Adicionar al Buchholz un monitoreo</p>	<p>El cambio se haría por un transmisor de flujo bidireccional con señal de disparo cuando circule aceite en sentido contrario</p> <p>El instrumento actual se encuentra en buenas condiciones y además ofrece una protección mecánica al transformador</p> <p>Transductor de posición lineal</p>	<p>La alternativa radica en la señal de disparo del relé Buchholz, es corriente que envía al 86S y no tiene posibilidad de adaptarse al PLC</p> <p>La cual no implica el cambio del interruptor sino un manejo de la variable en el controlador como un estado de alarma y disparo de acuerdo al establecimiento de un temporizador.</p> <p>Este instrumento cumple función mecánica y la posición del diafragma podría ser enviada al PLC y al supervisor</p>

TECNOLOGÍA A IMPLEMENTAR  
CENTRAL HIDROELÉCTRICA CANOAS  
INSTRUMENTOS DE FLUJO

INSTRUMENTO	LOCALIZACIÓN	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	CONSIDERACIONES TÉCNICAS	POSIBLES FALLAS	INSTRUMENTO ACTUAL	TECNOLOGÍA A IMPLEMENTAR ALTERNATIVAS	CRITERIO DE ALTERNATIVAS	ELECCIÓN
63 GACW	Sistema de Refrigeración	Tubería hermética, vertical Locación interna Ambiente corrosivo Sin vibración	Agua limpia Fluido con temperatura variable Sin depósitos de partículas	Sobrepresión Temperaturas elevadas Pulsos de presión Dirección contraria a la establecida	Interruptor de Flujo (Detector)	1. Transmisor de Area variable	Los rotámetros son utilizados para medir la circulación de agua para inyección o enfriamiento.	No. Estos instrumento son influenciados por la temperaturas del fluido (cambia la densidad) y la viscosidad (en líquidos, número de Reynolds)
						2. Transmisor Magnético	No son afectados por remolinos y son sensibles a la temperatura, la viscosidad y las características de circulación del fluido	Si. La ubicación de los instrumentos esta en cercanías de dos motores eléctricos, la influencia de éstos es contrarrestada por la fijación de una tensión de referencia, lo cual establece la señal de medida.
						3. Transmisor de Turbina	La velocidad es proporcional al caudal medido. Pueden medir caudales con un rango de temperatura entre 50° y 150°C	Si. Pero el instrumento debe poseer un convertidor de frecuencia a corriente.
						4. Transmisor Ultrasónico	La medida se realiza sin contacto con el fluido	No, debido a que éstos instrumentos son sensibles a los cambios de densidad del líquido, debido a que varían la velocidad del sonido
						5. Transmisor de desplazamiento positivo (Pistón oscilante)	Pueden medir caudales hasta 600 l/min Caudales de agua fría, agua caliente, aceite, etc	Si. El instrumento debe ser adaptado a un convertidor de frecuencia - corriente
						6. Transmisor de fuerza	La fuerza originada por el fluido sobre una placa en el interior, es proporcional a la energía cinética del fluido y depende de la fuerza anular entre las paredes de la tubería y la placa	Si. El instrumento ofrece una medida proporcional a la cantidad de caudal existente, ofrece un tipo de control continuo.
						7. Transmisor de caudal másico (Fuerza de Coriolis)	influenciada por otros parámetros físicos como presión, temperatura, densidad, viscosidad, conductividad, etc, lo cual mejora la precisión de la medida	paso en la tubería. El instrumento tiene restricción de temperatura, la cual es censada por medio de un sensor que está verificando las condiciones de ésta, sin embargo el instrumento puede soportar
						8. Controladores de nivel	Controlador electromagnéticos de caudal	Si. El instrumento permite un uso simple, comprende indicadores locales y/o interruptores limitadores dependiendo de la versión utilizada
63 GLW 63 GTGW	Cojinete Guía Inferior Cojinete Guía Superior	Tubería hermética, vertical, de acero Locación con temperaturas y presiones elevadas Ambiente corrosivo Con vibración Instrumento con conexión interna	Agua limpia Fluido con temperatura variable Sin depósitos de partículas	Sobrepresión Temperaturas elevadas Pulsos de presión Dirección contraria a la establecida	Interruptor de Flujo (Detector)	1. Transmisor de Area variable	Los rotámetros son utilizados para medir la circulación de agua para inyección o enfriamiento.	No. Estos instrumento son influenciados por la temperaturas del fluido (cambia la densidad) y la viscosidad (en líquidos, número de Reynolds)
						2. Transmisor Magnético	No son afectados por remolinos y son sensibles a la temperatura, la viscosidad y las características de circulación del fluido	Si. La ubicación de los instrumentos está en cercanías de dos motores eléctricos, la influencia de éstos es contrarrestada por la fijación de una tensión de referencia, lo cual establece la señal de medida.
						3. Transmisor de Turbina	La velocidad es proporcional al caudal medido. Pueden medir caudales con un rango de temperatura entre 50° y 150°C	Si. Pero el instrumento debe poseer un convertidor de frecuencia a corriente.
						4. Transmisor Ultrasónico	La medida se realiza sin contacto con el fluido	No, debido a que éstos instrumentos son sensibles a los cambios de densidad del líquido, debido a que varían la velocidad del sonido
						5. Transmisor de desplazamiento positivo (Pistón oscilante)	Pueden medir caudales hasta 600 l/min Caudales de agua fría, agua caliente, aceite, etc	Si. El instrumento debe ser adaptado a un convertidor de frecuencia - corriente
						6. Transmisor de fuerza	La fuerza originada por el fluido sobre una placa en el interior, es proporcional a la energía cinética del fluido y depende de la fuerza anular entre las paredes de la tubería y la placa	Si. El instrumento ofrece una medida proporcional a la cantidad de caudal existente, ofrece un tipo de control continuo.
						7. Transmisor de caudal másico (Fuerza de Coriolis)	La masa es la única variable que no es influenciada por otros parámetros físicos como presión, temperatura, densidad, viscosidad, conductividad, etc, lo cual mejora la precisión de la medida	Si. La medida no implica reducciones de paso en la tubería. El instrumento tiene restricción de temperatura, la cual es censada por medio de un sensor que está verificando las condiciones de ésta, sin embargo el instrumento puede soportar hasta 200°C.
						8. Controladores de nivel	Controlador electromagnéticos de caudal	Si. El instrumento permite un uso simple, comprende indicadores locales y/o interruptores limitadores dependiendo de la versión utilizada

TECNOLOGÍA A IMPLEMENTAR  
CENTRAL HIDROELÉCTRICA CANOAS  
INSTRUMENTOS DE NIVEL

INSTRUMENTO	LOCALIZACIÓN	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	CONSIDERACIONES TÉCNICAS	POSIBLES FALLAS	INSTRUMENTO ACTUAL	TECNOLOGIA A IMPLEMENTAR ALTERNATIVAS	CRITERIO DE ALTERNATIVA	ELECCIÓN	PRECIO MERCADO
1040 b 1040/1-2-9 1038 (Mirilla)	Regulador de Velocidad (Recipiente de aceite a presión)	Tanque hermético, vertical, de acero Locación con temperatura y presión normales Ambiente corrosivo Sin vibración Instrumento con conexión externa, horizontal	Aceite de gobierno (almacenamiento) Fluido con temperatura variable, viscosidad entre 5 y 6 °C, sin depósitos de partículas	Nivel alto-alto Sobre presión	Interruptores tipo flotador Mirilla de nivel	1. Transmisor de presión diferencial	Las presiones existentes en el aceite y en el aire encima del éste son las utilizadas para la comparación del nivel del líquido	Si. Las conexiones existentes de la mirilla 1038, serían el lugar de conexión de éste instrumento que puede estar dotado de una indicación local del nivel, en reemplazo de la mirilla. Los niveles establecidos de acción pueden ser ajustados en el instrumento de acuerdo a su configuración	
						2. Desplazamiento de un flotador magnético	El interruptor de flotador ofrece un control continuo y puntual y hace posible la medida de nivel con elementos sencillos	No. Porque la señal estandarizada de salida del instrumento, solo puede ser ajustada con dos estados (alarma y normal).	
						3. Transmisor capacitivo	La utilización de la conexión de la mirilla haría posible éste tipo de tecnología. Estos instrumentos no tienen partes móviles y son utilizados en tanques metálicos.	Si. Ofrece control continuo de la variable y el recubrimiento de los electrodos es evitado con una frecuencia elevada proveniente del circuito electrónico que alimenta al electrodo. Los niveles de ajustes son configurados	
						4. Transmisor de control de nivel puntual	Por su economía y versatilidad de uso en una aplicación	No. Porque la señal de salida del transmisor solo tiene dos estado de salida al PLC, estado alarma y estado normal.	
1080 b 1081/1-9 1180 (indicador) 1083(indicador)	Regulador de Velocidad (Tanque sumidero)	Tanque hermético, vertical, de acero Locación con temperatura y presión normales Ambiente corrosivo Sin vibración Instrumento con conexión externa, horizontal	Aceite de gobierno (almacenamiento) Fluido con temperatura variable, viscosidad entre 5 y 6 °C, sin depósitos de partículas	Nivel alto-alto Sobre presión	Interruptores tipo flotador Mirilla de nivel	1. Desplazamiento de un flotador magnético	El interruptor de flotador ofrece un control continuo y puntual y hace posible la medida de nivel con elementos sencillos	Si. Porque el instrumento hace posible cualquier tipo de control y ofrece una indicación local del nivel. La señal de salida puede ser estandarizada y ajustada con dos estados (alarma y normal).	
						2. Transmisor capacitivo	Estos instrumentos no tienen partes móviles y son utilizados en tanques metálicos. La localización del indicador 1083, puede ser utilizado como una indicación visual remota del nivel	Si. Ofrece control continuo de la variable y el recubrimiento de los electrodos es evitado con una frecuencia elevada proveniente del circuito electrónico que alimenta al electrodo. Los niveles de ajustes son configurados	
						3. Transmisor de control de nivel puntual	La tecnología permite el ajuste de dos estado posibles, con los valores de 4-10 mA (alarma) y 14-20 mA (normal)	Si. El tanque está contenido en otro, por lo tanto dificulta la visualización de la medida, mediante un indicador local, por tal motivo se debe instalar éste en la conexión disponible.	
9086 (Mirilla)	Tanque Oleoneumático de Válvulas	Tanque cerrado, horizontal, de acero Locación con Temperatura y presión normales Ambiente corrosivo Sin vibración Instrumento con conexión externa, horizontal	Aceite de gobierno (circulación) Fluido con temperatura variable, viscosidad entre 5 y 6 °C, sin depósitos de partículas			1. Transmisor de presión diferencial	Las presiones existentes en el aceite y en el aire encima del éste son las utilizadas para la comparación del nivel del líquido	Si. Las conexiones existentes permiten el lugar de conexión de éste instrumento que puede estar dotado de una indicación local del nivel. Los niveles establecidos de acción pueden ser ajustados en el instrumento de acuerdo a su configuración	
						2. Desplazamiento de un flotador magnético	El interruptor de flotador ofrece un control continuo y puntual y hace posible la medida de nivel con elementos sencillos	Si. Porque el instrumento hace posible cualquier tipo de control y ofrece una indicación local del nivel. La señal de salida puede ser estandarizada y ajustada con dos estados (alarma y normal).	
						3. Transmisor capacitivo	La utilización de la conexión de la mirilla haría posible éste tipo de tecnología. Estos instrumentos no tienen partes móviles y son utilizados en tanques metálicos	Si. Ofrece control continuo de la variable y el recubrimiento de los electrodos es evitado con una frecuencia elevada proveniente del circuito electrónico que alimenta al electrodo. Los niveles de ajustes son configurados	
						4. Transmisor de control de nivel puntual	La tecnología permite el ajuste de dos estado posibles, con los valores de 4-10 mA (alarma) y 14-20 mA (normal)	Si. Las conexiones actuales permiten su instalación y ajuste, además de una indicación local	
63 WLT	Sistema de refrigeración Tanque de almacenamiento	Tanque cerrado, vertical, de fibra de vidrio Locación con temperatura y presión normales Ambiente corrosivo, intemperie Sin vibración Instrumento con conexión externa, horizontal	Agua limpia Fluido con temperatura variable Sin depósitos de partículas	Desborde de nivel Sobrepresión Temperatura elevada	Flotador tipo Boya	1. Transmisor hidrostático, diferencial por diafragma	El control de las presiones presentes en el líquido y en el aire encima de éste hacen que ésta tecnología, protege al tanque de sobrepresiones.	Si. La aplicación debe tener la presión constante de aire durante la medida, o sea, que el tanque debe permanecer cerrado.	

					2. Desplazamiento de un flotador magnético	El interruptor de flotador ofrece un control continuo y puntual y hace posible la medida de nivel con elementos sencillos	Si. Porque el instrumento hace posible cualquier tipo de control y ofrece una indicación local del nivel. La señal de salida puede ser estandarizada	
					3. Transmisor capacitivo	Estos instrumentos no tienen partes móviles y pueden ser utilizados en lugares donde puede presentarse turbulencia.	Si. Aunque el material del tanque no es metálico se tendría que adicionar una placa metálica para conformar así el condensador. El recubrimiento de los electrodos es evitado con una frecuencia elevada proveniente del circuito electrónico que alimenta al electrodo, lo cual disminuye la reactancia capacitiva del conjunto.	
					4. Transmisor Ultrasónico	El instrumento no requiere calibración, no es afectado por las variaciones en el líquido, presiones o propiedades eléctricas	Si. El instrumento no tiene contacto con el fluido y no es afectado por las variaciones de presión. Pero el tanque debe permanecer cerrado debido a que el polvo, el vapor, etc., afectan la señal de retorno	
					5. Transmisor R.F Admitancia	Amplio rango de temperatura y presión. El proceso puede presentar o no agitación y estar expuesto a la corrosión.	Si. Aunque el material del tanque no es metálico se tendría que adicionar una placa metálica para conformar así el condensador	
					6. Transmisor Radar	Puede tener control de punto y continuo, la medida no es afectada por la temperatura del aire, el polvo o partículas	Si. El instrumento no tiene contacto con el fluido y no es afectado por las variaciones de presión. La instalación del instrumento es en la parte superior del tanque, por lo tanto debe permanecer cerrado.	
					7. Transmisor de control de nivel puntual	La tecnología permite el ajuste de dos estados posibles, con los valores de 4-10 mA (alarma) y 14-20 mA (normal)	Si. Porque el instrumento hace posible cualquier tipo de control y ofrece una indicación local del nivel. La señal de salida puede ser estandarizada y ajustada con dos estados (alarma y normal).	

### **c. Selección de la tecnología**

Luego de la investigación realizada se eligen las tecnologías adecuadas para los instrumentos a ser reemplazados, a continuación se muestran los criterios que decidieron la elección de una tecnología en particular de acuerdo a la variable de medida.

#### **Instrumentos de Presión**

- Tubería de Carga: Se elige la alternativa 2 (Transmisor electromecánico-tipo LVDT) debido a que estos instrumentos convierten la presión existente en un desplazamiento sin importar la utilización de valores dinámicos, los cuales se presentan al variar la carga de la unidad. El avance de la tecnología ofrece una acción rápida y segura en ambientes corrosivos con la utilización de materiales que protegen al instrumento del medio, además de ser instrumentos de una fácil instalación y precio económico en el mercado.
- Tanques oleoneumáticos de Válvulas y Regulador de velocidad: Se elige la alternativa 1 (Transmisor de presión diferencial-Sensor de cerámica capacitiva con sello de diafragma), éstos instrumentos miden el cambio proporcional de la capacitancia en los electrodos del sensor, ofreciendo a la aplicación una alta sensibilidad, tiempo de respuesta rápido, protección al proceso y una modernización al instrumento actual ya que utiliza el mismo principio (diafragma) sin alteraciones a la instalación actual.
- Bombas de aceite en el Regulador de velocidad: Se elige la alternativa 1 (Transductor de posición lineal), el transductor realiza un seguimiento lineal del desplazamiento del pistón al ser accionado, por lo tanto no se interfiere con el control mecánico desarrollado en la actualidad. El instrumento es de fácil

instalación y ofrece una señal en voltaje o en corriente que puede ser manejada por el PLC.

- Sistema de Frenos del Generador: La alternativa única expuesta fue la de la instalación de un Transductor de posición lineal la cual tiene las mismas razones expuestas en las bombas de aceite del Regulador de velocidad.
- Interruptor de 13.8 kV: Se elige la alternativa 2 (Transductor de posición lineal). El funcionamiento del instrumento actual permite que sea monitoreado el resorte diferencial, el cual es accionado para medir la presión interna del interruptor; Por consiguiente el movimiento de éste resorte puede estar asociado al transductor lineal, sin cambiar el instrumento.
- Transformador de Potencia: La alternativa elegida es la 2 (Interruptor de presión actual). En la actualidad se trabaja con energización o no de un contactor asociado a la lógica de control, para el manejo de alarmas y disparos del transformador de potencia. Para la adaptación de la señal al controlador lógico programable se maneja como la señal discreta de corriente como un estado de alarma y disparo, mediante un temporizador.

### **Instrumentos de Nivel**

- Regulador de velocidad (recipiente de aceite a presión): Se elige la alternativa 4 (Indicador con by-pass), La tecnología habilita el uso de las conexiones actuales del recipiente y puede ser manipulado de la misma forma que el instrumento al cual reemplazó; ofrece ventajas en su visualización local y en el manejo de la señal al PLC por su poca alteración física en el recipiente y la lógica de control que es tratada de la misma forma. Además es simple y robusto para una aplicación exigente.

- Regulador de velocidad (tanque sumidero): La alternativa elegida es la 1 (Desplazamiento de un flotador magnético) debido a que el instrumento actual se encuentra en un recipiente que está contenido en otro y ofrece una visualización poco entendible a simple vista, la alternativa hace posible cualquier tipo de control y una indicación local del nivel. La señal de salida puede ser estandarizada y ajustada con dos estados (alarma y normal) que buscan facilitar la manipulación de la señal con la misma instalación del instrumento anterior.
- Tanque oleoneumático de válvulas: Se elige la alternativa 4 (Indicador con by-pass), las razones de selección de la tecnología ya han sido anteriormente. Las conexiones instaladas facilitan la medida de la variable y la indicación local de la medida.
- Torres de refrigeración: La alternativa 2 (Transmisor montado sobre el líquido-Flotador). En la actualidad el instrumento tiene la misma tecnología con un control on/off, debido a la importancia que ésta señal tiene en la lógica de control se reemplaza el instrumento por uno con una tecnología con un tipo de control continuo y un tipo de protección más elevada (IP67).

### **Instrumentos de Flujo**

- Sistema de refrigeración y Cojinetes: Se elige la alternativa 8 (Transmisor Vortex). Los controladores de caudal instalados junto con la Central no ofrecen un control continuo de la variable, la disposición de la alternativa propuesta ofrece una medida que no es influenciada por las variaciones de presión, temperatura, vibraciones y densidad que son presentadas en la tubería

constantemente, además facilita su instalación por la disposición de las conexiones en la tubería actual.

- Sistema de refrigeración Cojinetes: Se elige la alternativa 7 (Transmisor Vortex). Ésta alternativa ofrece una medida independiente de la temperatura, vibraciones y densidad las cuales están presentes en los cojinetes permanentemente.

#### **6.4 ESPECIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS A IMPLEMENTAR**

Los instrumentos electromecánicos existentes no cumplen a cabalidad las características de funcionamiento citadas a lo largo del proyecto, por éste motivo se propone como alternativa el reemplazo de la instrumentación electromecánica por transmisores inteligentes.

Los instrumentos electromecánicos trabajan con señales neumáticas las cuales tienen grandes inconvenientes en su transmisión como por el ejemplo el deterioro del conducto transmisor, la lentitud en el tiempo de respuesta ante una variación rápida, el cambio continuo de sus partes internas y la dificultad que se presenta ante la posibilidad de verificar su estado interno sin la verificación de equipos adicionales como el equipo muerto o tornillo de ajuste.

Los transmisores inteligentes son instrumentos que combinan sensores integrados con tecnología de microprocesadores. Las características típicas de un transmisor inteligente, además de las expuestas, son:

- Capacidad de comunicación bidireccional
- Diagnósticos del sensor y parte electrónica
- Amplio rango de operación



- Salida estable, a pesar de las variaciones en las condiciones de operación
- Alta precisión, consistencia y confiabilidad en las medidas.
- El microprocesador corrige medidas con error, incluyendo cambios de temperatura y presión estática.

La señal de salida generada por el instrumento corresponde al valor medido de la variable dentro de un rango estandarizado (4-20 mA, 0-10 mV, 0-5 mV, digitales, etc.) que ofrece la fácil detección de la desconexión de circuitos, eliminación de corrientes residuales, detección de ruido de transmisión debido a que el nivel mínimo de la señal es diferente de cero (0), otra de las ventajas radica en una alimentación a través de dos hilos del instrumento por medio de una unidad montada en el panel de control o sobre éste y finalmente el aumento de las distancias a las cuales el transmisor puede ofrecer su señal sin ningún tipo de distorsión (entre 200 y 1000 m).

La instrumentación inteligente posee ventajas en comparación con la instrumentación electromecánica entre las más sobresalientes están:

- Instalación a bajo costo, porque el cableado es menor que para un instrumento convencional ya que no necesita tuberías de seguridad (manifold), ni barrera de seguridad.
- Son de mantenimiento libre (propiedades de autodiagnóstico).
- Comunicación entre operador e instrumento (RS 232, RS 485 u otra con protocolo HART, Fieldbus o Modbus) para la realización de ajustes, diagnósticos y supervisión.
- Protección eléctrica mediante tipos de protección como resistencias, opto-acopladores o capacitivos.

### 6.4.1 Especificación de un transmisor inteligente

Los transmisores inteligentes que serán especificados para el proyecto tendrán salida análoga de 4-20 mA, 0-10 mV o salida digital debido a los valores que puede manejar el controlador lógico programable SLC 500 Allen Brabldley.

Las características específicas en un transmisor inteligente según norma ISA se muestran en la Tabla 19.

Tabla 19. Especificación de un Transmisor inteligente

CARACTERÍSTICA	OBSERVACIONES	INSTRUMENTO
MECANICAS	Materiales de construcción del instrumento	
	a. Primario	Carbón steel, SS 316, Hastelloy C, Monel
	b. Conexión	SS 316, Hastelloy C, Monel
	c. Diafragma de Barrera	SS 316, Hastelloy C, Monel, Tantalum, Teflón
	d. Tipo de conexión	1/4" NPT, 1/2" NPT, DIN
	Condiciones de servicio	
	a. Límites de Temperatura	Máximo - Mínimo
	b. Límites de Presión	Máximo - Mínimo
	c. Presencia de Vibración	Si - No
	d. Humedad relativa	95%
	e. Ambiente corrosivo	Si - No
	f. Grado de polución	Alto - Bajo
	g. Locación cercana a elementos que inducen campos	Si - No
	Nivel de protección externa	NEMA 4X, IP 67, NEMA 7 (Explosion proof) Seguridad intrínseca
	Consideraciones de utilidad	
	a. Vida útil	Periodo
	b. Periodos de mantenimiento	Anual, mensual, etc.
	c. Periodo de calibración	Anual, mensual, etc.
	Posición del montaje	Vertical - Horizontal
	Características de localización	
	a. Instalación	Tubería, tanque, etc
	b. Material de la instalación	
	c. Transmisor en contacto con el fluido	Si - No
Características de la variable	Corrosivo, conductivo, concentración de sólidos, turbio, uniforme, etc.	
Tamaño el sensor	Pulgadas - milímetros	
Medios existentes		
tuberías by-pass	Si - No	
conexiones del proceso corto	Brida - Rosca	
Elemento primario y unidad electrónica	Compacto - Remoto	

Tabla 19. Especificación de un Transmisor inteligente (continuación)

CARACTERÍSTICA	OBSERVACIONES	INSTRUMENTO
OPERACIÓN	Precisión	$\pm 0,5\%$ a $\pm 0,15\%$
	No linealidad	$\pm 0,05\%$
	Zona muerta	$\pm 0,2\%$
	Sensibilidad	$\pm 0,05\%$
	Repetibilidad	$\pm 0,1\%$
	Autodiagnóstico	Interno y externo
	Tipo de señal generada (rango)	Corriente, Voltaje, Digital, Protocolo, Frecuencia, Relé (NO/NC)
	Tiempo de respuesta	milisegundos
	Almacenamiento de datos	Tipo PROM
	Filtro y transición de frecuencias	
	a.Entrada b.Salida	
	Protocolo de comunicación remota	Fielbus, HART, Modbus, otra
	Interfaz de comunicación	RS 232 - RS 485
	Tipo de control	Continuo - Discreto
Indicación visual	Local - Remota	
Rango de la señal de entrada	Psi/bar, Lt, lt/min, m, Hz, m3/seg.	
ELÉCTRICAS	Tipo de protección	Resistencia, Opto-acoplado, Capacitivo, otro
	Cableado	
	a.Calibre (máx. 16AWG)	
	b.Aislamiento	
	c.Inmunidad al ruido	
	d.Compatibilidad electromagnética (EMC)	
	e.Protección RFI	
	Fuente de tensión	
	a.Suplida por el transmisor	Si - No
	b.Rango de tensión	Vdc
c.Localizado en el transmisor	Remoto - Local	
d.Vida útil	Periodo	
e.Rango de resistencia de carga	0 a 1440 W	

Los rangos estipulados en las características señaladas en la tabla anterior son establecidos de acuerdo al módulo de entradas y salidas análogas del controlador lógico SLC 500 Allen Bradley utilizado para el desarrollo de la lógica de control.

#### 6.4.2 Manejo de las señales análogas (4-20 mA, 0-10 mV, etc.)

La función de los transmisores y transductores es convertir una señal análoga en una señal eléctrica de salida entre los rangos de 4 a 20 mA, 0 a 10 mV, 0 a 5 mV - 5 a 5 mV. Por convención los transmisores están provistos de mA mientras que los transductores están provistos de salidas de voltaje en mV.

El esquema de alambrado del transmisor de 4-20 mA para 2 hilos comprende la conexión de la fuente, el transmisor y el instrumento de indicación-registro en un circuito en serie, como se muestra en la Figura 21.

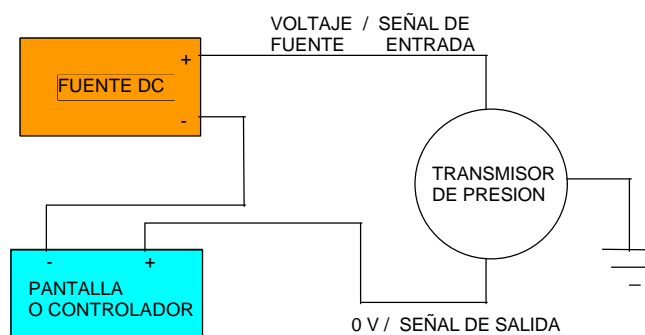


Figura 21. Conexión DIN, alambrado del transmisor<sup>1</sup>

#### 6.4.3 Especificación de los transmisores inteligentes de acuerdo a su tecnología

La especificación de los instrumentos inteligentes se inicia con el establecimiento de características comunes, posteriormente se muestra en detalle la descripción de las condiciones específicas de la aplicación (localización, tipo de control, etc.).

Las características que pueden ser comunes entre los instrumentos instalados en la Central de acuerdo a su variable de medida son los tipos de conexión existentes en la estructura, presencia o ausencia de contaminación, vibración y el tipo de protección requerida. Las características comunes han sido clasificadas en tres grupos características mecánicas, de operación y eléctricas, las cuales pretenden el reemplazo del instrumento sin la modificación de la estructura sobre la cual se encuentra. Tabla 20

**Tabla 20. Características comunes en Transmisores inteligentes**

CARACTERISTICA	OBSERVACIONES	INSTRUMENTO
<b>MECANICAS</b>	Materiales de construcción del instrumento	
	a. Primario	SS 316
	b. Conexión	Hastelloy C
	c. Diafragma de Barrera	Teflón
	d. Tipo de conexión	DIN
	Condiciones de servicio	
	a. Límites de Temperatura	
	b. Límites de Presión	
	c. Presencia de Vibración	
	d. Humedad relativa	95%
	e. Ambiente corrosivo	
	f. Grado de polución	Alto
	g. Locación cercana a elementos que inducen campos	
	Nivel de protección externa	NEMA 4X, IP 67
	Consideraciones de utilidad	
	a. Vida útil	Periodo
	b. Periodos de mantenimiento	Trimestral
	c. Periodo de calibración	Trimestral
	Posición del montaje	
	Características de localización	
	a. Instalación	
	b. Material de la instalación	
	c. Transmisor en contacto con el fluido	
Características de la variable		
Tamaño el sensor	Pulgadas	
Medios existentes		
a. Tuberías by-pass conexiones del proceso corto		
Elemento primario y unidad electrónica		

<sup>1</sup> CATALOGO WIKA. Product Catalog 300. Pág. 170

**Tabla 20. Características comunes en Transmisores inteligentes  
(continuación)**

CARACTERÍSTICA	OBSERVACIONES	INSTRUMENTO
OPERACIÓN	Precisión	$\pm 0,5\%$ a $\pm 0,15\%$
	No linealidad	$\pm 0,05\%$
	Zona muerta	$\pm 0,2\%$
	Sensibilidad	$\pm 0,05\%$
	Repetibilidad	$\pm 0,1\%$
	Autodiagnóstico	Interno y externo
	Tipo de señal generada (rango)	Corriente, Voltaje, Digital, Protocolo, Frecuencia, Relé (NO/NC)
	Tiempo de respuesta	60 milisegundos
	Almacenamiento de datos	EEPROM
	Filtro y transición de frecuencias	
	a.Entrada	X
	b.Salida	X
	Protocolo de comunicación remota	HART
	Interfaz de comunicación	RS 232
	Tipo de control	
Indicación visual		
Rango de la señal de entrada	Psi/bar, Lt, lt/min, m, Hz, m3/seg.	
ELÉCTRICAS	Tipo de protección	Resistencia, Opto-acoplado
	Cableado	
	a.Calibre (máx. 16AWG)	
	b.Aislamiento	
	c.Inmunidad al ruido	
	d.Compatibilidad electromagnética (EMC)	20 a 100 Mhz a 30 V/m
	e.Protección RFI	
	Fuente de tensión	
	a.Suplida por el transmisor	Si
	b.Rango de tensión	10,8 a 42,4 Vdc
c.Localizado en el transmisor	Local	
d.Vida útil		
e.Rango de resistencia de carga	0 a 1440 W	

Luego de establecer las características estándar o comunes se describen las características que particularizan al instrumento tales como su localización, variable medida, los rangos establecidos de operación y las características propias de la variable, el tipo de señal y el control deseado.

### a. Instrumentos de Presión

La instrumentación existente mide la presión de aceite, agua y aire, en lugares como tuberías (agua), tanques sumideros (aceite) y frenos del generador (aire). La especificación del transmisor muestra al instrumento con la nomenclatura que se maneja en la Central (explicada en el capítulo 3) y su localización.

#### ▪ Tubería de carga

#### Especificación del instrumento en Tubería de carga

CARACTERÍSTICA	OBSERVACIONES	e 9008
MECANICAS	Condiciones de servicio	
	a.Límites de Temperatura	Ambiente 20 °C
	b.Límites de Presión	
	c.Presencia de Vibración	Si
	d.Húmedad relativa	95%
	e.Ambiente corrosivo	Si
	f.Grado de polución	Alto
	g.Locación cercana a elementos que inducen campos	No
	Posición del montaje	Horizontal
	Características de localización	
	a.Instalación	Tubería
	b.Material de la instalación	Acero al bajo carbono
	c.Transmisor en contacto con el fluido	Si
	Características de la variable	Agua contaminada (corrosiva) Líquido turbio, sólidos en suspensión Conductividad de 447mΩ/cm a 25°C
Medios existentes		
a.Tuberías by-pass	Si	
b.Conexiones del proceso	Rosca	
c.Otro		
Elemento primario y unidad electrónica	Remoto	
OPERACIÓN	Tipo de señal generada (rango)	Digital
	Tipo de control	Discreto
	Indicación visual	Remota
	Rango de la señal de entrada	0 - 15 kg/cm <sup>2</sup>

▪ **Tanque oleoneumático de válvulas y Regulador de velocidad**

Especificación del instrumento  
en Tuberías de aceite a presión

CARACTERISTICA	OBSERVACIONES	e 1044/3	e 9088
<b>MECANICAS</b>	Condiciones de servicio		
	a.Límites de Temperatura	Mayor 20°C	Ambiente 20 °C
	b.Límites de Presión		
	c.Presencia de Vibración	No	No
	d.Húmedad relativa	95%	95%
	e.Ambiente corrosivo	Si	Si
	f.Grado de polución	Alto	Alto
	g.Locación cercana a elementos que inducen campos	Si	No
	Posición del montaje	Vertical	Horizontal
	Características de localización		
	a. Instalación	Tubería	Tubería
	b. Material de la instalación	Acero	Acero
	c. Transmisor en contacto con el fluido	Si	Si
	Características de la variable	Aceite presurizado Viscosidad de 5 a 6°C, sin depósitos	Aceite presurizado Viscosidad de 5 a 6°C, sin depósitos
Medios existentes			
a. Tuberías by-pass	No	No	
b. Conexiones del proceso	Brida	Rosca	
c. Otro			
Elemento primario y unidad electrónica	Remoto	Remoto	
<b>OPERACIÓN</b>	Tipo de señal generada (rango)	Corriente	Corriente
	Tipo de control	Continuo	Continuo
	Indicación visual	Remota	Remota
	Rango de la señal de entrada	30 a 40 kg/cm2	25 a 50 kg/cm2



- **Sistema de Frenado**

Especificación del instrumento  
en Tuberías de aire a presión

CARACTERÍSTICA	OBSERVACIONES	63 APB
<b>MECANICAS</b>	Condiciones de servicio	
	a.Límites de Temperatura	Mayor 20°C
	b.Límites de Presión	
	c.Presencia de Vibración	Si
	d.Húmedad relativa	95%
	e.Ambiente corrosivo	Si
	f.Grado de polución	Alto
	g.Locación cercana a elementos que inducen campos	Si
	Posición del montaje	Horizontal
	Características de localización	
	a.Instalación	Tubería
	b.Material de la instalación	Acero
	c.Transmisor en contacto con el fluido	Si
	Características de la variable	Aire presurizado
	Medios existentes	
a.Tuberías by-pass	Si	
b.Conexiones del proceso		
c.Otro		
Elemento primario y unidad electrónica	Local	
<b>OPERACIÓN</b>	Tipo de señal generada (rango)	Digital
	Tipo de control	Discreto
	Indicación visual	Remota
	Rango de la señal de entrada	4 a 20 kg/m <sup>2</sup>

▪ **Interruptor de 13.8 kV**

Especificación del instrumento  
en Tuberías de aire a presión

CARACTERÍSTICA	OBSERVACIONES	63 APB
<b>MECANICAS</b>	Condiciones de servicio	
	a.Límites de Temperatura	Mayor 20°C
	b.Límites de Presión	
	c.Presencia de Vibración	No
	d.Húmedad relativa	95%
	e.Ambiente corrosivo	Si
	f.Grado de polución	Alto
	g.Locación cercana a elementos que inducen campos	Si
	Posición del montaje	Horizontal
	Características de localización	
	a.Instalación	Interruptor de presión
	b.Material de la instalación	Acero
	c.Transmisor en contacto con el fluido	No
	Características de la variable	Movimiento de los resortes de ajuste y diferencial
Medios existentes		
a.Tuberías by-pass	Si	
b.Conexiones del proceso	Rosca	
c.Otro		
Elemento primario y unidad electrónica	Remotas	
<b>OPERACIÓN</b>	Tipo de señal generada (rango)	Digital
	Tipo de control	Discreto
	Indicación visual	Remota
	Rango de la señal de entrada	7 A 30 kg/cm2

**b. Instrumentos de Flujo**

La instrumentación existente mide el flujo de agua en las tuberías de suministro de agua para el sistema de refrigeración y cojinetes. La especificación del transmisor muestra al instrumento con la nomenclatura que se maneja en la Central (explicada en el capítulo 3) y su localización.

▪ **Sistema de Refrigeración**

Especificación del instrumento  
en Tuberías de suministro de agua

CARACTERÍSTICA	OBSERVACIONES	63 GACW, 63 GLW, 63 GTGW
<b>MECANICAS</b>	Condiciones de servicio	
	a.Límites de Temperatura	20°C a 65°C
	b.Límites de Presión	
	c.Presencia de Vibración	Si
	d.Húmedad relativa	95%
	e.Ambiente corrosivo	No
	f.Grado de polución	Alto
	g.Locación cercana a elementos que inducen campos	Si
	Posición del montaje	Vertical
	Características de localización	
	a.Instalación	Tubería
	b.Material de la instalación	Acero
	c.Transmisor en contacto con el fluido	Si
	Características de la variable	Agua limpia, sin sólidos en suspensión
	Medios existentes	
a.Tuberías by-pass	Si	
b.Conexiones del proceso	Brida	
c.Otro		
Elemento primario y unidad electrónica	Compacta	
<b>OPERACIÓN</b>	Tipo de señal generada (rango)	Corriente
	Tipo de control	Continuo
	Indicación visual	Remota
	Rango de la señal de entrada	0 a 4000 lt/min

**c. Instrumentos de Nivel**

La instrumentación existente mide el nivel de agua y aceite en tanques sumideros (aceite) y en el tanque de refrigeración (agua). La especificación del transmisor muestra al instrumento con la nomenclatura que se maneja en la Central (explicada en el capítulo 3) y su localización.

- **Tanque Oleoneumático de Válvulas, Regulador de velocidad y Transformador de potencia**

Especificación del instrumento  
en Tanques sumideros

CARACTERISTICA	OBSERVACIONES	9086, 1080, 1030
<b>MECANICAS</b>	Condiciones de servicio	
	a.Límites de Temperatura	Altas
	b.Límites de Presión	Altas
	c.Presencia de Vibración	No
	d.Húmedad relativa	95%
	e.Ambiente corrosivo	Si
	f.Grado de polución	Alto
	g.Locación cercana a elementos que inducen campos	Si
	Posición del montaje	Vertical
	Características de localización	
	a.Instalación	Tanque (cerrado)
	b.Material de la instalación	Acero
	c.Transmisor en contacto con el fluido	Si
	Características de la variable	Aceite de almacenamiento Viscosidad de 5 y °C
	Medios existentes	
a.Tuberías by-pass	Si	
b.Conexiones del proceso	Brida	
c.Otro		
Elemento primario y unidad electrónica	Compacta	
<b>OPERACIÓN</b>	Tipo de señal generada (rango)	Corriente
	Tipo de control	Continuo
	Indicación visual	Remota y local
	Rango de la señal de entrada	

▪ **Sistema de Refrigeración**

Especificación del instrumento  
en Tanque de almacenamiento

CARACTERÍSTICA	OBSERVACIONES	63 WLT
<b>MECANICAS</b>	Condiciones de servicio	
	a.Límites de Temperatura	12°C - 20 °C
	b.Límites de Presión	
	c.Presencia de Vibración	No
	d.Húmedad relativa	95%
	e.Ambiente corrosivo	Si
	f.Grado de polución	Bajo
	g.Locación cercana a elementos que inducen campos	Si
	Posición del montaje	Horizontal
	Características de localización	
	a.Instalación	Tanque (cerrado)
	b.Material de la instalación	Cemento
	c.Transmisor en contacto con el fluido	Si
	Características de la variable	Agua limpia, sin sólidos
	Medios existentes	
a.Tuberías by-pass	No	
b.Conexiones del proceso		
c.Otro		
Elemento primario y unidad electrónica	Remota	
<b>OPERACIÓN</b>	Tipo de señal generada (rango)	Corriente
	Tipo de control	Continuo
	Indicación visual	Remota
	Rango de la señal de entrada	

#### 6.4.4 Especificación de módulos I/O para el PLC

La especificación de los módulos para el controlador lógico programable Allen Bradley SLC 500 fue hecha de acuerdo a la información suministrada por los proveedores del PLC.

Las señales de entrada análogas y digitales que manejará el proyecto son mostradas a continuación en las Tabla 21 y 22.

Tabla 21. Señales de Entrada

NUMERO	TRANSMISOR	LOCALIZACION	TIPO	RANGO
1	Presión	Tanque oleoneumático de válvulas (gobierno)	A	4 - 20 mA
2	Presión	Tubería de presión	D	0 / 1
3	Presión	Tubería de aceite de gobierno (TOV y RV)	A	4 - 20 mA
4	Presión	Sistema de frenos	D	0 / 1
5	Presión	Interruptor de 13,8 kV	D	0 / 1
6	Presión	Transformador de potencia	A	4 - 20 mA
7	Flujo	Sistema de refrigeración	A	4 - 20 mA
8	Flujo	Sistema de refrigeración	A	4 - 20 mA
9	Nivel	Regulador de velocidad (1030)	A	4 - 20 mA
10	Nivel	Regulador de velocidad (1080)	A	4 - 20 mA
11	Nivel	Tanque oleoneumático de válvulas	A	4 - 20 mA
12	Nivel	Sistema de refrigeración	A	4 - 20 mA
13	Nivel	Torres de refrigeración	A	4 - 20 mA
14	Velocidad	Turbina	A	4 - 20 mA

Tabla 22. Señales de Salida

NUMERO	TRANSMISOR	LOCALIZACION	TIPO	RANGO
1	Presión	Tanque oleoneumático de válvulas	Relé	NC/NA
2	Presión	Tubería de carga	Relé	NC/NA
3	Presión	Regulador de velocidad	Relé	NC/NA
4	Presión	Sistema de frenos	Relé	NC/NA
5	Presión	Interruptor de 13,8 kV	Relé	NC/NA
6	Presión	Transformador de potencia	Relé	NC/NA
7	Flujo	Sistema de refrigeración	Relé	NC/NA
8	Flujo	Sistema de refrigeración (cojinetes)	Relé	NC/NA
9	Nivel	Regulador de velocidad	Relé	NC/NA
10	Nivel	Regulador de velocidad	Relé	NC/NA
11	Nivel	Tanque oleoneumático de válvulas	Relé	NC/NA
12	Nivel	Sistema de refrigeración	Relé	NC/NA

Las especificaciones de los módulos análogos que maneja el SLC 500 para éste tipo de señal (1746 - SLC 500) se basan en las características de la señal, las condiciones ambientales e inmunidad al ruido. Las entradas análogas que procesará el módulo del PLC son recopiladas en la Tabla 23.

Tabla 23. Módulo Entrada análogas

CARACTERÍSTICA	OBSERVACION
Tamaño máximo del calibre del cable	# 14 AWG
Inmunidad al ruido	NEMA, Estándar ICS 2-230
Repetibilidad	± 1 LSB
Condiciones ambientales	
Temperatura ambiente	0° a 60°C
Temperatura de almacenamiento	(-) 40°C a 85°C
Humedad relativa	5 a 95%
Aislamiento	500 Vdc
Número de entradas análogas	16
Retardo de la señal	On: 9 ms Off: 9 ms

El módulo de salidas con contacto tipo relé que maneja el SLC 500 son 1746 - SLC 500, los cuales son especificados de acuerdo a las características de la señal, las condiciones ambientales e inmunidad al ruido. Las salidas que procesará el módulo del PLC son recopiladas en la Tabla 24.

Tabla 24. Módulo Salidas con contacto relé

CARACTERÍSTICA	OBSERVACION
Tamaño máximo del calibre del cable	# 14 AWG
Inmunidad al ruido	NEMA, Estándar ICS 2-230
Repetibilidad	± 1 LSB
Condiciones ambientales	
Temperatura ambiente	0° a 60°C
Temperatura de almacenamiento	(-) 40°C a 85°C
Humedad relativa	5 a 95%
Aislamiento	500 Vdc
Número de salidas	16
Voltaje del relé	Relé dc
Voltaje de operación	125 Vdc
Retardo de la señal	On: 10 ms Off: 10 ms

Los módulos anteriormente mencionados deberán ser instalados con las siguientes consideraciones de los cables pre-cableados de fabrica.

Longitud de los cables	Aislamiento	Número de conductores (2)	Tamaño del conductor	Diámetro de la salida
0.5, 1.0, 2.5,	300V 80° C	5 twisted pair	22 AWG	7.4 mm (0.29 in)
0.5, 1.0, 2.5,	300V 80° C	5 twisted pair	22 AWG	7.4 mm (0.29 in)
0.5, 1.0, 2.5,	300V 80° C	9 twisted pair (3)	22 AWG	6.8 mm (0.27 in)
0.5, 1.0, 2.5,	300V 80° C	20 conductors (4)	22 AWG	8.4 mm (0.33 in)
0.5, 1.0, 2.5,	300V 80° C	5 twisted pair (5)	22 AWG	7.4 mm (0.29 in)
0.5, 1.0, 2.5,	300V 80° C	15 twisted pair (5)	22 AWG	10.2 mm (0.40 in)
0.5, 1.0, 2.5,	300V 80° C	20 conductors (4)	22 AWG	8.4 mm (0.33 in)

- (1) Los cables son disponibles en longitudes de 0.5m, 1.0m, 2.5m y 5.0m
- (2) Cada cable para I/O análogos tiene un mantenimiento libre
- (3) Un conductor no conectado al modulo I/O, no tendrá 2 pares adicionales
- (4) Un conductor no conectado al modulo I/O, un conductor adicional no será usado
- (5) Un par no es usado

El pre-cableado de los módulos estará dispuesto como se muestra en la figura 22.

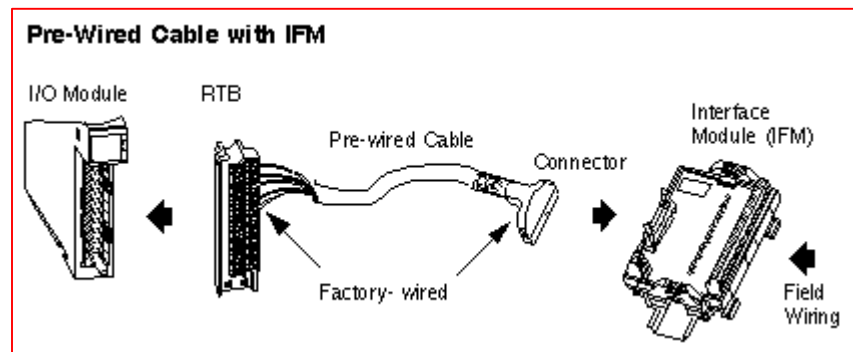


Figura 22. Pre-cableado de Módulos I/O<sup>1</sup>

<sup>1</sup>www.AllenBradley.com



## 7. SOPORTE LÓGICO

El soporte lógico se realizó con base al estándar de la empresa EMGESA S.A. expuesto al inicio del proyecto. El diseño es elaborado de acuerdo al seguimiento de una serie de pasos de evolución conforme a la secuencia en desarrollo, donde cada paso le ofrece a la unidad un estado seguro y confiable de operación.

Las Secuencias de operación a ser implementadas en la unidad son:

### a. Secuencias de Arranque

- Parada-Acoplado : Unidad detenida a Toma de carga
- Parada-Vacío : Unidad detenida hasta antes de cerrar interruptor de 115 kV
- Vacío-Acoplado : Desde el cierre del interruptor 115 kV hasta la Toma de carga
- Rodando-Acoplado : Unidad con velocidad del 5% Vn hasta Toma de carga

### b. Secuencia de Parada

- Acoplado-Parada Normal : Toma de carga hasta unidad detenida
- Acoplado-Parada de Emergencia : Toma de carga hasta unidad detenida

Adicional a éstas secuencias se adiciona al estándar la **Secuencia de Protección y alarma**, la cual debe ser comprobada al inicio de cada una de las secuencias mencionadas anteriormente.

## 7.1 DISEÑO

El diseño consiste en la elaboración de una base de datos que reúne todas las señales y ordenes necesarias para el desarrollo de la secuencia; la base se encuentra dividida en una lista de verificaciones y de ordenes con el propósito de realizar un seguimiento de la secuencia mediante estados y ordenes para la ejecución de la lógica, éstas señales se encuentran clasificadas en pasos de evolución que muestran el estado final de la unidad con la culminación del paso.

Debido a la cantidad de variables asociadas a las estructuras de la unidad, se hace necesario un filtrado de señales con el fin de poder lograr una manipulación más sencilla de los grupos o estructuras dentro de la base de datos.

Partiendo de la información recolectada durante la elaboración del proyecto se muestra a continuación los resultados del filtro de las señales que verifican y ordenan a las estructuras de la Central.

El filtro contiene las verificaciones y ordenes clasificadas por sistema, característica de la señal, ubicación, maneja nomenclatura según norma ANSI y la desarrollada en la Central, el instrumento que ofrece la señal y el tipo de señal.

Luego del filtro de señales y ordenes, se busca la realización de una base de datos de verificaciones y ordenes que compile las señales necesarias para el desarrollo de las secuencias a ser implementadas.

Las señales de Verificación involucran la información proveniente de las protecciones eléctricas, mecánicas, posición de las estructuras, transmisores de presión, flujo, nivel e instrumentos de temperatura, éstas señales serán manejadas en la lógica con los valores de consiga de las estructuras.

La base de Verificaciones contiene el código de la señal, la indicación de verificación o progresión y el grupo al cual está asociada.

Las señales de Orden buscan que se realicen las acciones necesarias para la evolución de la secuencia de un paso a otro, dichas señales se centran en la conexión o desconexión de motores y bombas, la apertura o el cierre de interruptores y la energización o no de las válvulas de conmutación.

La base de Ordenes muestra el código de la señal, el tiempo límite de ejecución, el estado, el grupo asociado y el texto de la señal, persiguiendo que la unidad siempre se encuentre en un punto seguro.

## **7.2 LÓGICA DE CONTROL PROGRAMA PRINCIPAL**

El programa diseñado para el soporte lógico de las secuencias de operación fue realizado en el autómata programable S7-200 Siemens, por medio del software de programación Step 7 Micro/Win, el cual contiene lenguaje de programación escalera (Ladder) y de instrucciones.

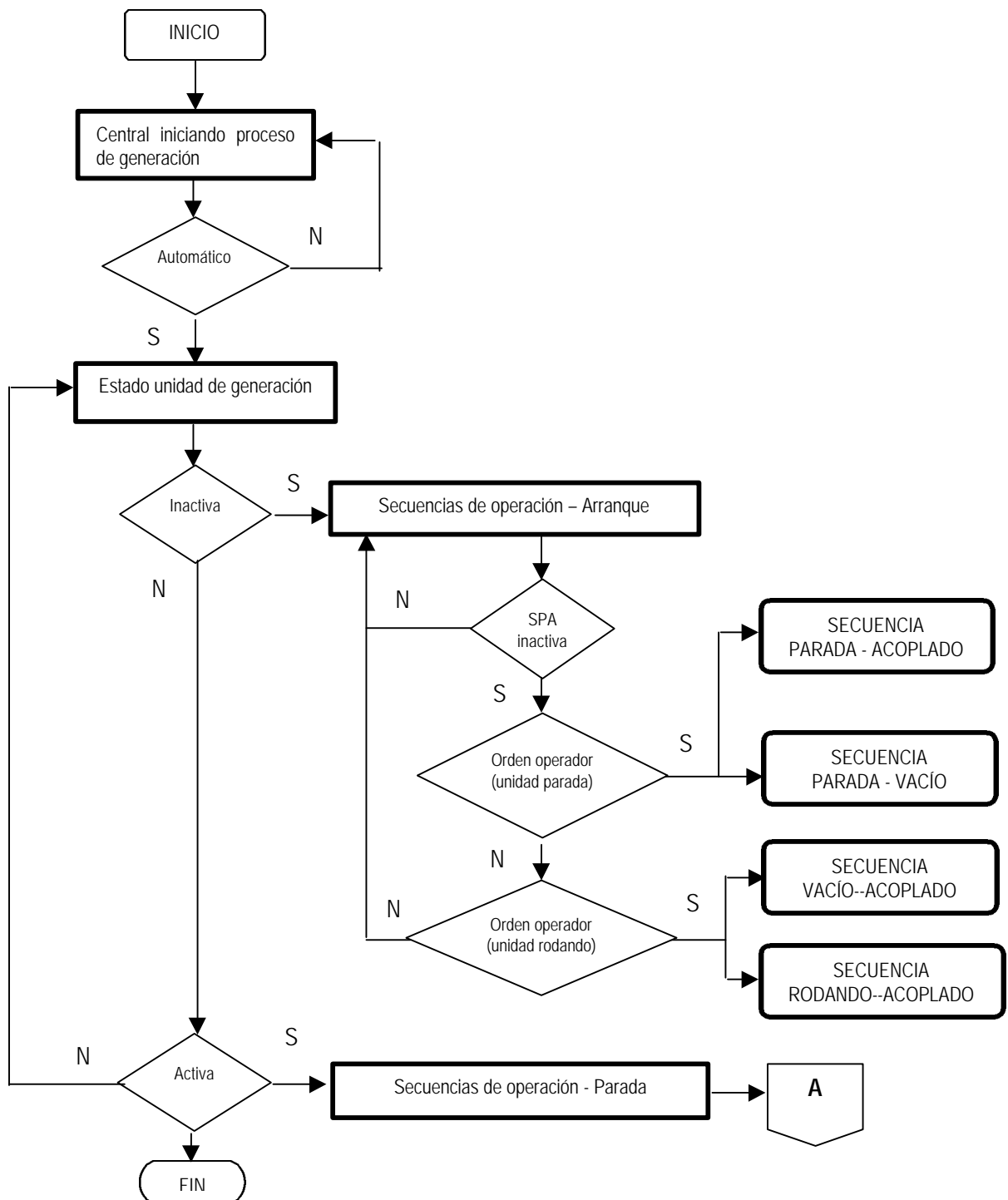
El autómata programable Allen Bradley SLC 500 perteneciente a la Central Canoas, gobierna actualmente el registrador de temperaturas de la unidad, debido a esto su manipulación no fue posible, sin embargo los autómatas programables Siemens y Allen Bradley son compatibles y manejan los mismos

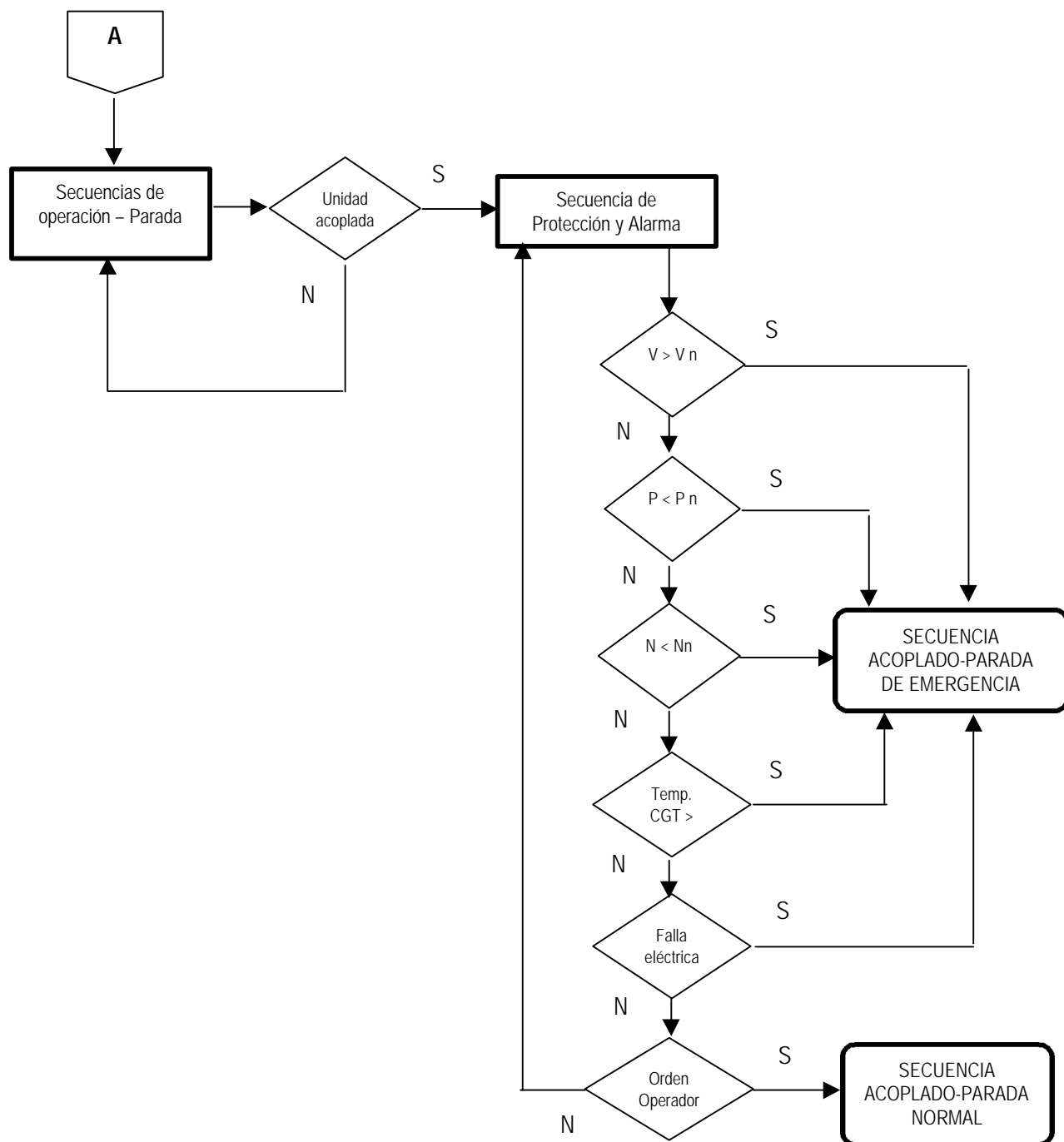
lenguajes de programación, por lo tanto la lógica de control de uno puede ser homologado hacia el otro.

El soporte lógico de las secuencias de operación de la unidad es manejado mediante subrutinas, el inicio de cada una de éstas es propiciado por orden directa del operador o por alguna condición anómala, lo cual implica una verificación de las condiciones de operación y el estado activo de alguna de las secuencias; para éste propósito está dispuesto un tiempo de 10 segundos para el inicio de la subrutina o secuencia. El Autómata programable S7-120 Siemens realiza la lectura de las instrucciones en forma horizontal de manera tal que al darse la orden para la secuencia requerida, solo ésta se active.

El desarrollo de cada una de las subrutinas se realiza por medio diagramas de flujo y la lógica de control asociada, teniendo como base el código de las señales expuestas en la base de datos. El programa principal abarca las Secuencias mencionadas al comienzo del proyecto y es desarrollado, como se ilustra a continuación.

**DIAGRAMA DE FLUJO  
PROGRAMA PRINCIPAL**





## SOPORTE LÓGICO

### PROGRAMA PRINCIPAL

---

```

NETWORK //SECUENCIAS DE ARRANQUE
LD "Auto" // Unidad en automático
A "Inactiva" //Estado inactivo (activada alguna de las secuencias de parada)
AN "Activa" //Estado activo /activada alguna de las secuencias de arranque)
AN "SPA" // Secuencia Protección y Alarma
LPS
A "Orden1" // Orden operador Secuencia Parada-Acoplado
A "24" // Velocidad menor al 5% de Vn
= "Subrutina0" // Inicio Secuencia Parada-Acoplado
LRD
A "Orden2" // Orden operador Secuencia Parada-Vacío
A "24" // Velocidad menor al 5% de Vn
= "Subrutina1" // Inicio Secuencia Parada-Vacío
LRD
LD "Subrutina0" // Inicio Secuencia Parada-Acoplado
O "Subrutina1" // Inicio Secuencia Parada-Vacío
ALD
TON T101, +100 // Temporizador de 10 segundos de acción
LPP
A T101
CALL 0 // Inicio subrutina 0
CALL 1 // Inicio subrutina 1

NETWORK
LD "Auto"
A "Inactiva"
AN "Activa"
AN "SPA"
LPS
A "Orden3"// Orden operador Secuencia Vacío-Acoplado
AN "Subrutina0"
AN "Subrutina1"
= "Subrutina2" // Inicio Secuencia Vacío-Acoplado
LRD
A "Orden4" // Orden operador Secuencia Rodando-Acoplado

```

```

AN "Subrutina0"
AN "Subrutina1"
= "Subrutina3" // Inicio Secuencia Rodando-Acoplado
LRD
LD "Subrutina2"
O "Subrutina3"
ALD
TON T102, +100 // Temporizador 10 segundos
LPP
A T102
CALL 2 // Inicio subrutina 2
CALL 3 // Inicio subrutina 3

```

```

NETWORK //SECUENCIAS DE PARADA
LD "Auto"
A "Activa" // Estado activo de la unidad (activada cualquiera de las secuencias de arranque)
AN "Inactiva" // Estado inactivo de la unidad (activada cualquiera de las secuencias de parada)
LPS
A "SPA"
LD "30W11" //Sobre velocidad de la máquina
O "30W21" // Presión mínima en Tanque oleoneumático del Reg. Velocidad
O "30W35" // Nivel mínimo en Tanque oleoneumático del Reg. Velocidad
O "30G48" //Temperatura alta en cojinete guía Turbina
O "Fallaeléctrica" //Disparo de alguna de las fallas eléctricas, 87GT, 51V, 49, 87G)
ALD
= "Subrutina4" //Inicio subrutina Acoplado-Parada de emergencia
LRD
LD "Subrutina4"
ON "Subrutina4"
ALD
TON T103, +100
LPP
A T103
CALL 4 // Inicio subrutina Acoplado-Parada de emergencia
CALL 5 // Inicio subrutina Acoplado-Parada normal

```

```

NETWORK //INICIO SUBRUTINA - SECUENCIA PARADA-ACOPLADO
SBR 0

```

```

NETWORK

```



RET

NETWORK //INICIO SUBRUTINA - SECUENCIA PARADA-VACÍO  
SBR 1

NETWORK  
RET

NETWORK //INICIO SUBRUTINA - SECUENCIA VACÍO-ACOPLADO  
SBR 2

NETWORK  
RET

NETWORK //INICIO SUBRUTINA - SECUENCIA RODANDO-ACOPLADO  
SBR 3

NETWORK  
RET

NETWORK //INICIO SUBRUTINA - SECUENCIA ACOPLADO-PARADA DE EMERGENCIA  
SBR 4

NETWORK  
RET

NETWORK //INICIO SUBRUTINA - SECUENCIA ACOPLADO-PARADA NORMAL  
SBR 5

NETWORK  
RET

NETWORK //FIN PROGRAMA PRINCIPAL  
MEND

### **7.2.1 SECUENCIA DE PROTECCIÓN Y ALARMA**

La secuencia describe el estado de todas las protecciones mecánicas y eléctricas existentes en la Central, como niveles, presiones, temperaturas, sobrecargas, flujo de agua, etc., para el funcionamiento de la unidad.

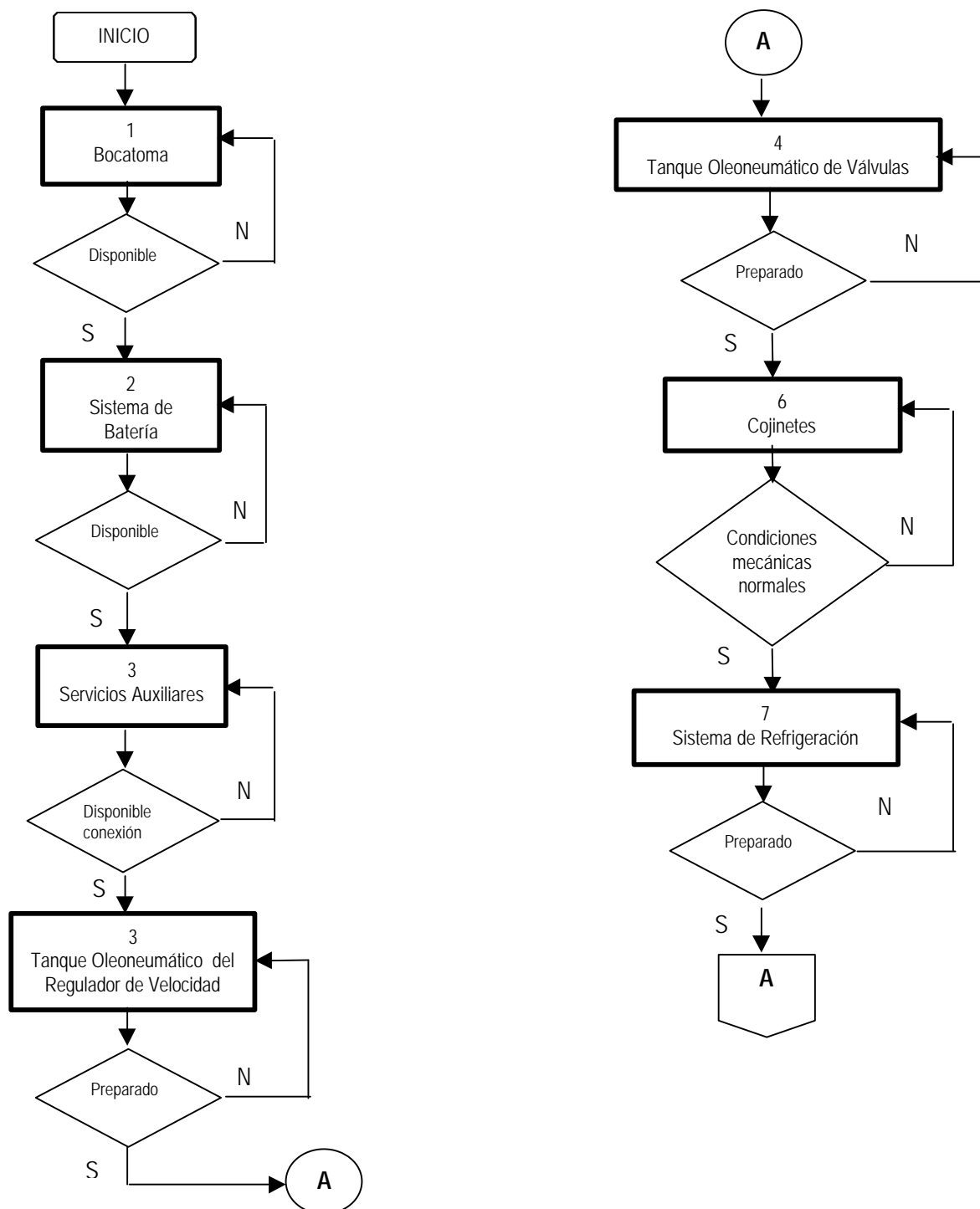
Esta secuencia debe verificarse al inicio de cada de las secuencias implementadas, en la actualidad el sistema de alarmas se encuentra directamente asociado a cada contactor involucrado con el instrumento que la indica, éste se energiza y habilita la señalización y acción de la condición anómala.

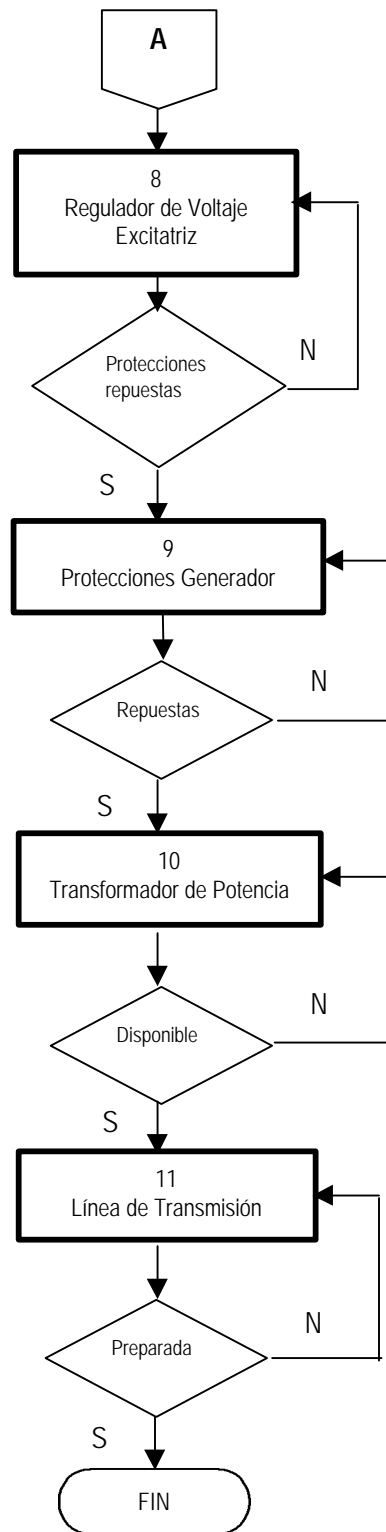
Las señales de alarma manejadas en la Central se muestran a continuación de acuerdo al paso seguido, la estructura que la contiene, la nomenclatura manejada en la Central y según Norma ANSI.

Luego de la clasificación de las señales de alarma es mostrado el diagrama de flujo, con el cual se realizó el soporte lógico de la secuencia, es necesario anotar que en cada decisión tomada dentro del diagrama de flujo se consideran todas las señales del sistema mostradas en la recopilación de señales.

## DIAGRAMA DE FLUJO

### SECUENCIA DE PROTECCIÓN Y ALARMA





## SOPORTE LÓGICO

### SECUENCIA DE PROTECCIÓN Y ALARMA

---

NETWORK //PASO 1 - BOCATOMA

LD "B.63" // Nivel mínimo de Aforo San Francisco

= "Bocatoma"

NETWORK //PASO 2 - SISTEMA DE BATERÍAS

LD "27DB " //Protección de voltaje

LD "29DB " //Protección de voltaje

A "Interruptores" //Interruptores desconectados (Cargador y Batería)

A "64D" //Tierra en barraje de corriente continua

A "Control" //Supervisión de circuitos de control

= "Baterías" //Sistema de batería disponible

NETWORK //PASO 3 - SERVICIOS AUXILIARES

LD "P.T200" //Protecciones Transformador 200 KVA

A "P.T300" //Protecciones Transformador 300 KVA

A "S.Externos" //Servicios auxiliares externos

A "I13.8" //Interruptor de 13.8 KV

= "S.Auxiliares" //Servicios auxiliares disponible

NETWORK //PASO 4 - TANQUE OLEONEUMÁTICO DE REGULADOR DE VELOCIDAD

LD "Nivel-1030" //Nivel de aceite en Tanque Reg. Velocidad (1030 y 1080)

A "Presión-1030" // Presión de aceite en Tanque Reg. Velocidad (1030 y 1080)

= "T.Regulador" //Tanque oleoneumático de Reg. Velocidad disponible

NETWORK //PASO 5 - TANQUE OLEONEUMÁTICO DE VÁLVULAS

LD "Presión-9085" // Presión en Tanque oleoneumático de Válvula de admisión (9085)

A "Nivel-9085" //Nivel en Tanque oleoneumático de Válvula de admisión (9085)

= "T.Válvulas" // Tanque oleoneumático de Válvula de admisión disponible

NETWORK //PASO 6 - COJINETES

LD "C.38" //Temperaturas cojinetes

A "C.63F" // Flujo de agua en Cojinetes

A "C.63N" // Nivel de aceite en Cojinetes

= "Cojinetes" //Cojinetes disponibles

## NETWORK //PASO 7 - SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

LD "SR.63F" // Flujo de agua en los sistemas  
= "S.Refrigeración" //Sistema de Refrigeración disponible

## NETWORK //PASO 8 - REGULADOR DE VOLTAJE Y EXCITATRIZ

LD "RV.49" // Sobre corriente  
A "Sobre velocidad"  
A "RV.38" // Temperatura anormal  
A "RV.60" // Supervisión de voltaje  
= "R.Voltaje" //Regulador de voltaje disponible

## NETWORK //PASO 9 - PROTECCIONES GENERADOR

LD "G.64" //Tierra en Estator  
A "G.87,87GT" // Diferencial de generador y grupo  
A "G.27,59" // Voltaje - bajo y alto  
A "G.40" // Pérdida de excitación  
A "G.46" // Secuencia negativa  
A "G.38" // Temperatura  
A "G.63A" // Presión de aire en Sistema de frenado  
= "P.Generador" //Protecciones de generador repuestas

## NETWORK //PASO 10 - TRANSFORMADOR DE POTENCIA

LD "T.51" // Sobre corriente  
A "T.38" // Temperatura bobinado y aceite  
A "T.63N" // Nivel de aceite  
A "T.Presión" // Buchholz  
A "Ventiladores" // Ventiladores de refrigeración  
= "P.Transformador" //Transformador principal disponible

## NETWORK //PASO 11 - LÍNEA DE TRANSMISIÓN

LD "L.115" // Interruptor de 115 kV  
A "L.51" // Sobre corriente  
A "L.27" // Bajo voltaje  
A "L.64" // Tierra  
= "Línea" //Línea de transmisión disponible

## NETWORK //VERIFICACIÓN DE SECUENCIA

LD "Bocatoma"  
A "S.Baterías"  
A "S.Auxiliares"

A "T.Regulador"  
A "T.Válvulas"  
A "Cojinetes"  
A "S.Refrigeración"  
A "R.Voltaje"  
A "P.Generador"  
A "P.Transformador"  
A "Línea"  
= "Secuencia de Protección y Alarma"

NETWORK //SECUENCIA FINALIZADA  
MEND

## 7.2.2 SECUENCIAS DE ARRANQUE

Las secuencias de arranque a ser implementadas son tomadas como todas aquellas que dejan a la unidad en condiciones de servicio activo, es decir que entregan voltaje generado a la red interconectada. Las secuencias de arranque establecidas son:

### a. Parada-Acoplado

El diagrama de flujo establecido para el desarrollo de la secuencia hace mención al estado o las condiciones más significativas del paso evolutivo, las señales que integran cada uno de los pasos son relacionadas con el título del paso, por ejemplo el Estado de frenos involucra las válvulas de conmutación, los interruptores de presión y de posición que indican el estado de éstos, de igual forma se realiza en las Condiciones de arranque pero con la adición de todas las estructuras de la Central, los pasos necesarios para la secuencia son:

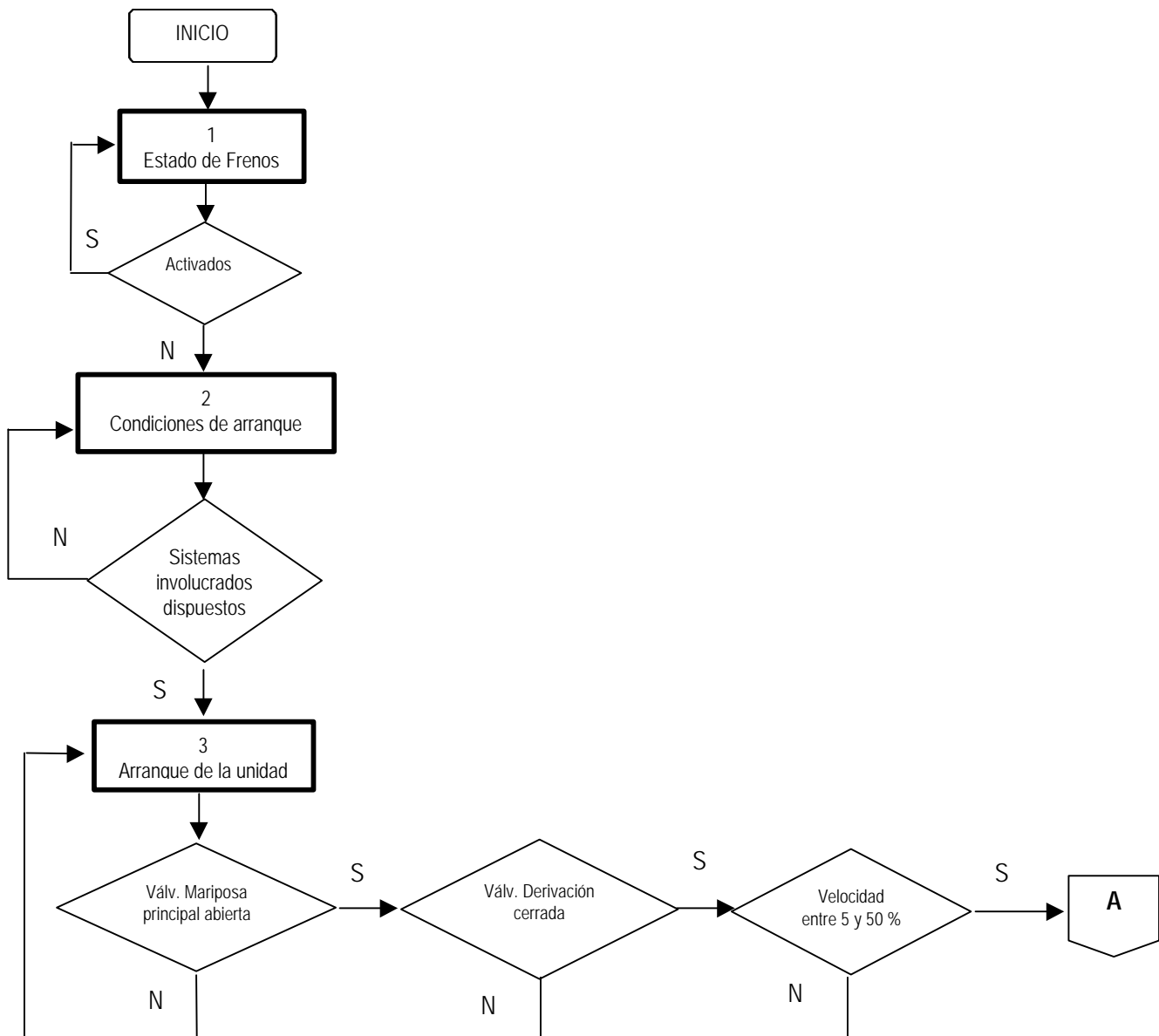
- Paso 1 : ESTADO DE FRENOS
- Paso 2 : CONDICIONES DE ARRANQUE
- Paso 3 : ARRANQUE DE LA UNIDAD
- Paso 4 : EXCITACIÓN Y REGULADOR DE TENSIÓN
- Paso 5 : SISTEMAS DISPONIBLES - LISTA A SINCRONIZAR
- Paso 6 : SINCRONIZACIÓN - ACOPLADO
- Paso 7 : TOMA DE CARGA

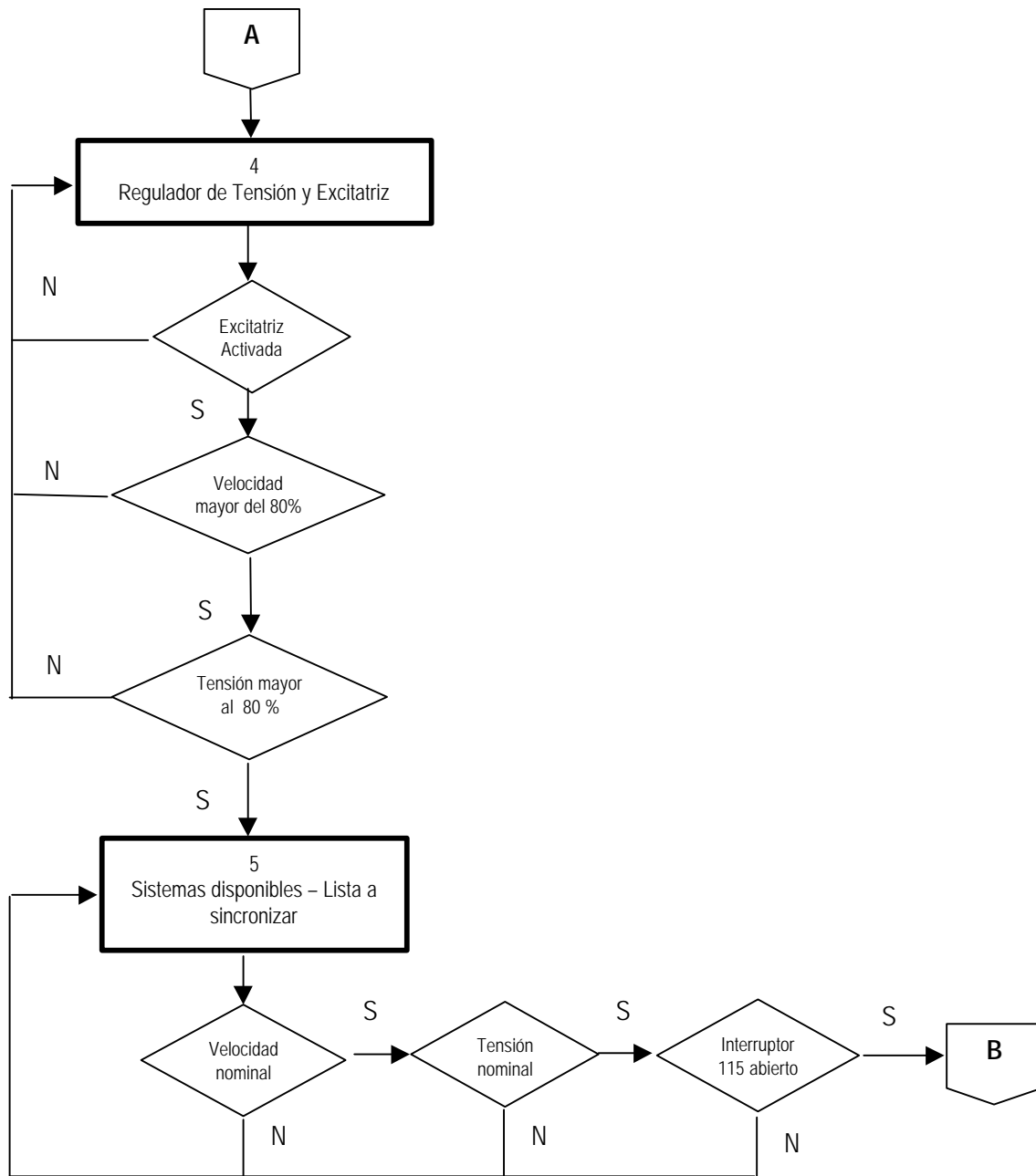
Las señales involucradas en cada uno de los pasos son aquellas que fueron referidas en la base de datos para el diseño del soporte lógico.

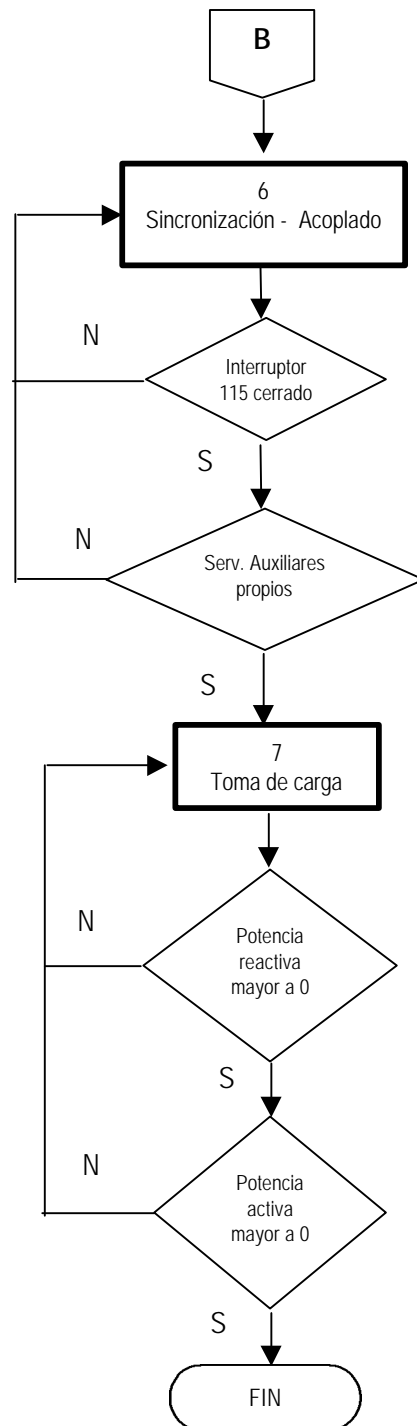


## DIAGRAMA DE FLUJO SECUENCIA PARADA-ACOPLADO

---







## SOPORTE LÓGICO

### SECUENCIA VACÍO-ACOPLADO

---

NETWORK //INICIO SUBROUTINA PARADA-ACOPLADO  
SBR 0

NETWORK //PASO 1 : ESTADO DE FRENOS  
LD "210" // Sistema de frenado energizar  
LPS  
= "activos" // Sistema activado  
A "activos" // Sistema inactivado  
TON T104, +100  
LPP  
A T104  
= "27V" // Sistema de frenado activo

NETWORK  
LD "220" // Sistema de frenado desenergizar  
AN "27V"  
= "Inactivos"  
A "Inactivos"  
= "Paso1" // Finalización paso 1

NETWORK //PASO 2 : CONDICIONES DE ARRANQUE  
LD "11V" // Interruptores permisivos repuestos  
A "4V" // Válvulas desenergizadas  
A "15V" // Tubería de carga (presión menor)  
A "6V" // Admisión principal (Válvula turbina cerrada)  
A "7V" // Admisión derivación (Válvula mariposa abierta)  
= "V1-admisión" // Verificación - Admisión lista

NETWORK  
LD "V1-admisión" // Verificación - Admisión lista  
A "6O" // Tanque oleoneumático Válvulas (conectar motor)  
A "2O" // Sistema de refrigeración (conectar bombas)  
= "O1-admisión" // Orden - Admisión lista

## NETWORK

LD "V1-admisión"

A "O1-admisión"

## LPS

A "17V" // Reg. Velocidad (distribuidor cerrado)

A "18V" // Reg. Velocidad (ajuste en mínimo)

A "19V" // Reg. Velocidad (limite en mínimo)

A "24V" // Reg. Velocidad (velocidad &lt;5% Vn)

A "33V" // Excitación desconectada

A "39V" // Servicios auxiliares externos conectados

= "V1-reguladores" // Verificación - Reguladores

## LPP

A "190" // Reg. Velocidad (conectar bombas)

= "O1-reguladores" // Ordenes - Reguladores

## NETWORK

LD "V1-reguladores"

A "O1-reguladores"

A "39V" // Servicios auxiliares externos conectados

= "V1-interruptores" // Verificación - Interruptores

## NETWORK

LD "V1-interruptores"

A "320" // Interruptor 13.8 cerrado

A "360" // Transformador de potencia dispuesto

A "370" // Equipo de sincronización (selector en posición)

A "330" // Interruptor 115 abierto

= "O1-interruptores" // Orden - Interruptor

## NETWORK

LD "V1-admisión"

A "V1-admisión"

A "V1-reguladores"

A "V1-interruptores"

A "O1-interruptores"

= "Paso2" // Finalización paso2

## NETWORK //PASO 3 - ARRANQUE DE LA UNIDAD

LD "Paso1"

A "Paso2"

## LPS

- A "14V" // Tubería de carga (presión igual a 15)
- A "3V" // Válvulas energizadas
- A "20V" // Reg. Velocidad (ajuste en arranque)
- A "21V" // Reg. Velocidad (límite en arranque)
- = "V2-admisión" // Verificaciones - Admisión

## LPP

- A "V2-admisión"
- A "90" // Admisión principal (válvula de turbina abierta)
- A "140" // Admisión derivación (válvula mariposa cerrar)
- A "170" // Reg. Velocidad (conectar arrancadores)
- = "O2-admisión" // Orden - Admisión

## NETWORK

- LD "V2-admisión"
- A "O2-admisión"
- = "Paso3" // Finalización paso 3

## NETWORK //PASO 4 - EXCITACIÓN Y REGULADOR DE TENSIÓN

LD "Paso2"

## LPS

- A "22V" // Reg. Velocidad (ajuste en máximo)
- A "23V" // Reg. Velocidad (límite en máximo)
- A "26V" // Reg. Velocidad (velocidad entre 70 y 98% Vn)
- = "V3-reguladores" // Verificación - Reguladores

## LPP

- A "V3-reguladores"
- A "30V" // Reg. Tensión (mayor del 80% Tn)
- A "300" // Excitatriz (cerrar interruptor)
- = "O3-reguladores" // Ordenes - Reguladores

## NETWORK

- LD "V3-reguladores"
- A "O3-reguladores"
- = "Paso4" // Finalización paso4

## NETWORK //PASO 5 - SISTEMAS DISPONIBLES - LISTA A SINCRONIZAR

LD "Paso4"

## LPS

- A "31V" // Reg. Tensión (nominal)

= "V4-reguladores" // Verificaciones - Reguladores  
LPP  
A "V4-reguladores"  
A "350" // Transformador de potencia (disponible)  
= "O4-reguladores" // Ordenes - Reguladores

## NETWORK

LD "V4-reguladores"  
A "O4-reguladores"  
= "Paso5" // Finalización paso 5

## NETWORK //PASO 6 - SINCRONIZACIÓN - ACOPLADO

LD "Paso5"  
LPS  
A "34V" // Sincronización (efectuada)  
= "V5-interruptores"  
LRD  
A "V5-interruptores"  
A "340" // Interruptor 115 (cerrado)  
A "250" // Tensión de control (desconectar auxiliares externos)  
A "230" // Tensión de control (conectar auxiliares propios)  
= "O5-interruptores"  
LPP  
A "V5-interruptores"  
A "O5-interruptores"  
= "Paso6" // Finalización paso 6

## NETWORK //PASO 7 - TOMA DE CARGA

LD "Paso6"  
LPS  
A "38V" // Tensión de control (auxiliares propios activos)  
= "V6-potencias" // Verificaciones - Potencias  
LRD  
A "V6-potencias"  
A "390" // Potencia reactiva (subir)  
A "410" // Potencia activa (subir)  
= "O6-potencias"  
LPP  
A "V6-potencias"  
A "O6-potencias"

= "Paso7" // Finalizado paso 7

NETWORK //FINALIZACIÓN DE SECUENCIA

LD "Paso1"

A "Paso2"

A "Paso3"

A "Paso4"

A "Paso5"

A "Paso6"

A "Paso7"

= "SA1" // Secuencia Parada-Acoplado



## **B. Secuencia Parada-Vacío**

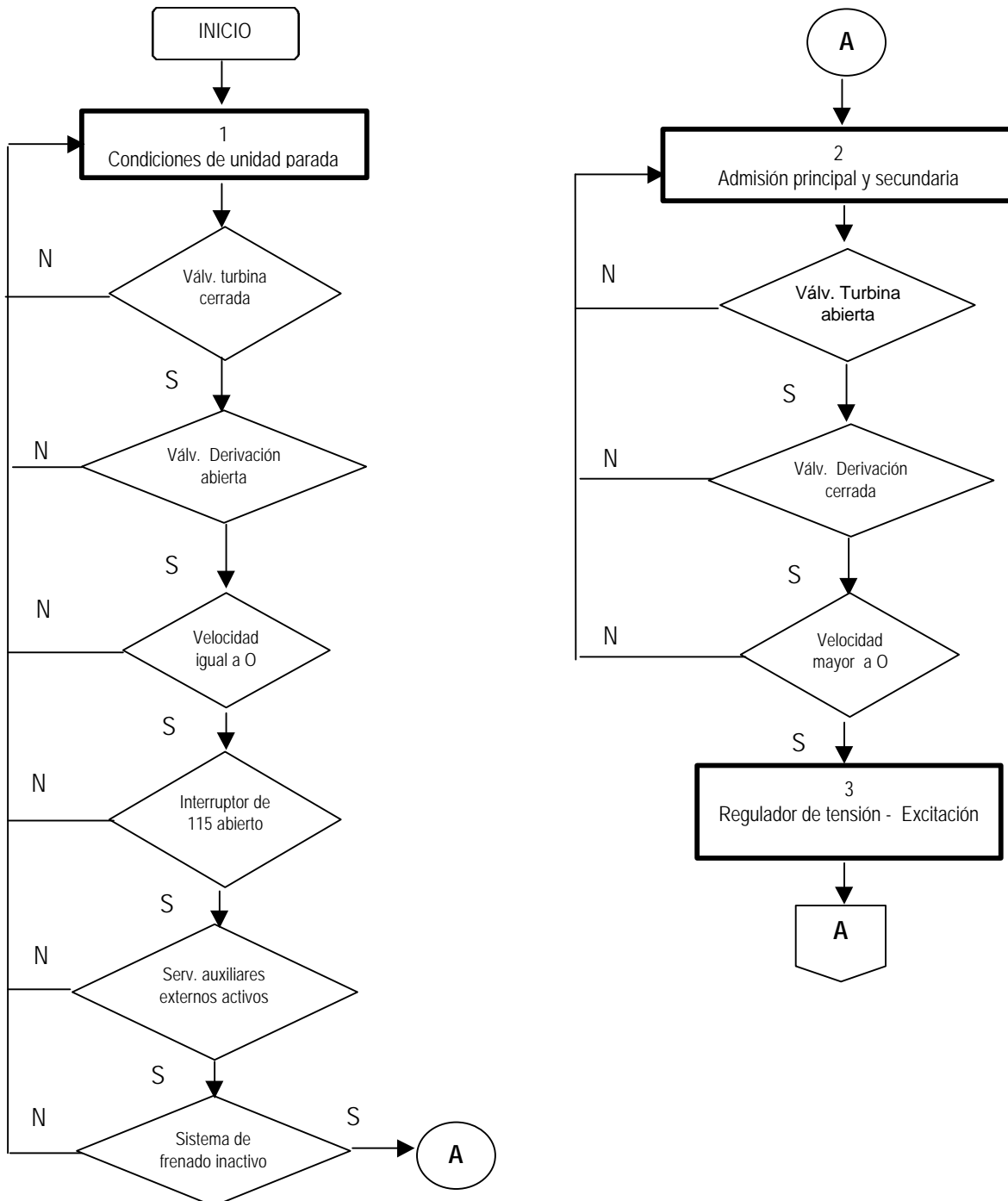
La secuencia busca dejar a la unidad en un punto en el cual no se encuentre acoplada, pero dispuesta a serlo a cualquier momento; la unidad debe situarse en un estado de excitación en el cual se encuentre disponible para ser conectada a la red.

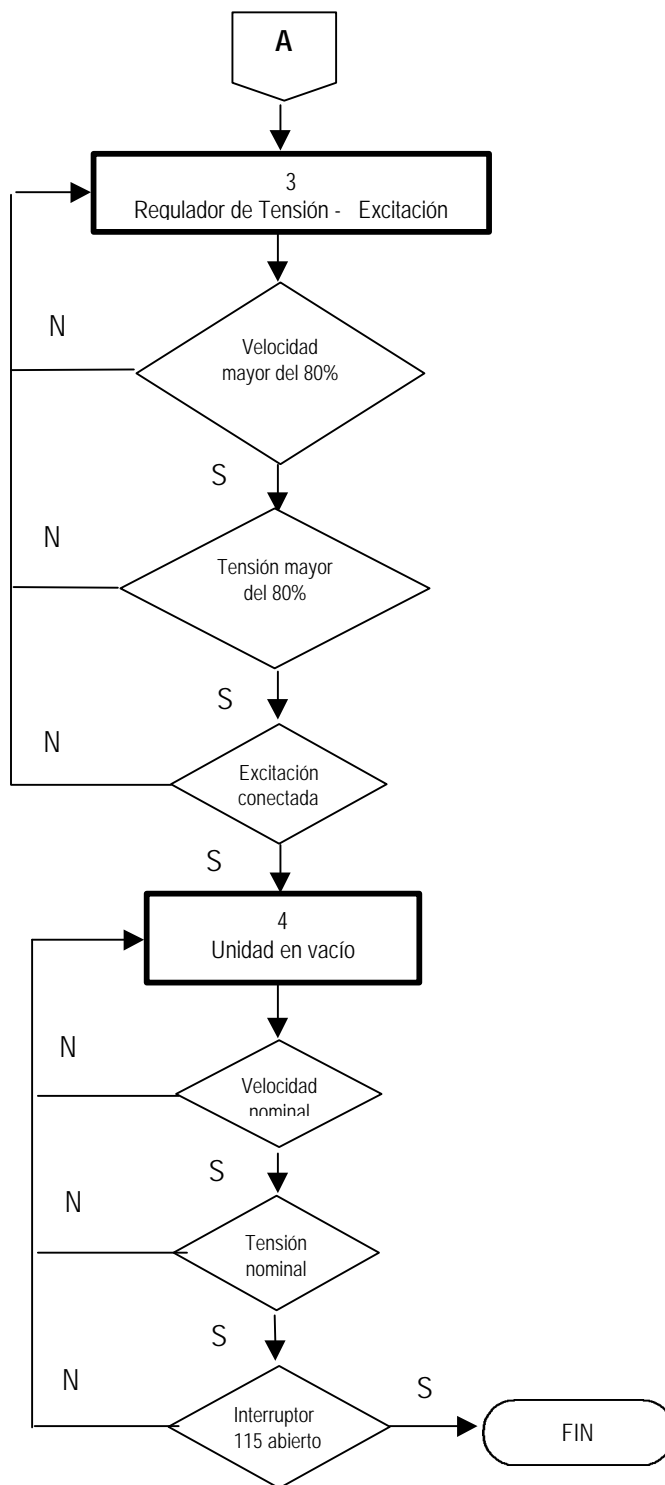
El diagrama de flujo establecido para el desarrollo de la secuencia hace mención al estado o condiciones significativas del paso evolutivo, las señales que integran cada uno de los pasos son relacionadas con el título del paso, por ejemplo las Condiciones de unidad parada involucra todas las señales de reposo de las estructuras de la unidad, de igual forma se realiza en Admisión principal y secundaria las cuales hacen referencia a la válvula mariposa de entrada y de derivación, los pasos necesarios para la secuencia son:

- Paso 1 : CONDICIONES DE UNIDAD PARADA
- Paso 2 : ADMISIÓN PRINCIPAL Y SECUNDARIA
- Paso 3 : REGULADOR DE TENSIÓN - EXCITACIÓN
- Paso 4 : UNIDAD EN VACÍO

El funcionamiento de la secuencia es mostrado en el diagrama de flujo y la lógica de control propuesta.

## DIAGRAMA DE FLUJO SECUENCIA PARADA-VACÍO





## SOPORTE LÓGICO

### SECUENCIA PARADA- VACÍO

---

NETWORK //INICIO SUBROUTINA PARADA-VACÍO  
SBR 1

NETWORK //PASO 1 : CONDICIONES DE UNIDAD PARADA  
LD "11V" // Interruptores permisivos repuestos  
A "4V" // Válvulas desenergizadas  
A "15V" // Tubería de carga (presión menor)  
A "6V" // Admisión principal (Válvula turbina cerrada)  
A "7V" // Admisión derivación (Válvula mariposa abierta)  
= "V1-admisión" // Verificación - Admisión lista

NETWORK  
LD "V1-admisión" // Verificación - Admisión lista  
A "6O" // Tanque oleoneumático Válvulas (conectar motor)  
A "2O" // Sistema de refrigeración (conectar bombas)  
= "O1-admisión" // Orden - Admisión lista

NETWORK  
LD "V1-admisión"  
A "O1-admisión"  
LPS  
A "17V" // Reg. Velocidad (distribuidor cerrado)  
A "18V" // Reg. Velocidad (ajuste en mínimo)  
A "19V" // Reg. Velocidad (limite en mínimo)  
A "24V" // Reg. Velocidad (velocidad <5% Vn)  
A "33V" // Excitación desconectada  
A "39V" // Servicios auxiliares externos conectados  
= "V1-reguladores" // Verificación - Reguladores  
LPP  
A "19O" // Reg. Velocidad (conectar bombas)  
= "O1-reguladores" // Ordenes - Reguladores

NETWORK  
LD "V1-reguladores"  
A "O1-reguladores"  
A "39V" // Servicios auxiliares externos conectados

= "V1-interruptores" // Verificación - Interruptores

NETWORK

LD "V1-interruptores"

A "320" // Interruptor 13.8 cerrado

A "360" // Transformador de potencia dispuesto

A "370" // Equipo de sincronización (selector en posición)

A "330" // Interruptor 115 abierto

= "O1-interruptores" // Orden - Interruptor

NETWORK

LD "V1-admisión"

A "V1-admisión"

A "V1-reguladores"

A "V1-interruptores"

A "O1-interruptores"

= "Paso1" // Finalización paso1

NETWORK //PASO 2 – ADMISIÓN PRINCIPAL Y SECUNDARIA

LD "Paso1"

LPS

A "14V" // Tubería de carga (presión igual a 15)

A "3V" // Válvulas energizadas

A "20V" // Reg. Velocidad (ajuste en arranque)

A "21V" // Reg. Velocidad (límite en arranque)

= "V2-admisión" // Verificaciones - Admisión

LPP

A "V2-admisión"

A "90" // Admisión principal (válvula de turbina abierta)

A "140" // Admisión derivación (válvula mariposa cerrar)

A "170" // Reg. Velocidad (conectar arrancadores)

= "O2-admisión" // Orden - Admisión

NETWORK

LD "V2-admisión"

A "O2-admisión"

= "Paso2" // Finalización paso 2

NETWORK //PASO 3 - REGULADOR DE TENSIÓN - EXCITACIÓN

LD "Paso2"

LPS

A "22V" // Reg. Velocidad (ajuste en máximo)

A "23V" // Reg. Velocidad (límite en máximo)

A "26V" // Reg. Velocidad (velocidad entre 70 y 98% Vn)

= "V3-reguladores" // Verificación - Reguladores  
LPP  
A "V3-reguladores"  
A "300" // Excitatriz (cerrar interruptor)  
= "O3-reguladores" // Ordenes - Reguladores

NETWORK  
LD "V3-reguladores"  
A "O3-reguladores"  
= "Paso3" // Finalización paso3

NETWORK //PASO 4 – UNIDAD EN VACÍO  
LD "Paso3"  
LPS  
A "26V" // Reg. Velocidad (velocidad entre 70 y 98% Vn)  
A "31V" // Reg. Tensión (nominal)  
= "V4-reguladores" // Verificación - Reguladores  
LPP  
A "V4-reguladores"  
A "300" // Excitatriz (cerrar interruptor)  
A "340" // Interruptor 115 (cerrar)  
= "O4-reguladores" // Ordenes - Reguladores  
NETWORK  
LD "V3-reguladores"  
A "O3-reguladores"  
= "Paso4" // Finalización paso4

NETWORK //FINALIZACIÓN DE SECUENCIA  
LD "Paso1"  
A "Paso2"  
A "Paso3"  
A "Paso4"  
= "SA2" // Secuencia Parada-Vacío

### **c. Secuencia Vacío-Acoplado**

La secuencia parte inmediatamente después de la culminación de la secuencia de Parada-Vacío con el fin de conectar la unidad a la red interconectada y entregar carga.

El diagrama de flujo establecido para el desarrollo de la secuencia hace mención al estado o condiciones significativas del paso evolutivo, las señales que integran cada uno de los pasos son relacionadas con el título del paso, por ejemplo Unidad en vacío involucra las señales provenientes del regulador de velocidad y el sistema de excitación, de igual forma se realiza en Sistemas disponibles – Lista a sincronizar donde las señales hacen referencia todos los sistemas con los que cuenta la unidad, los pasos necesarios para el desarrollo de la secuencia son:

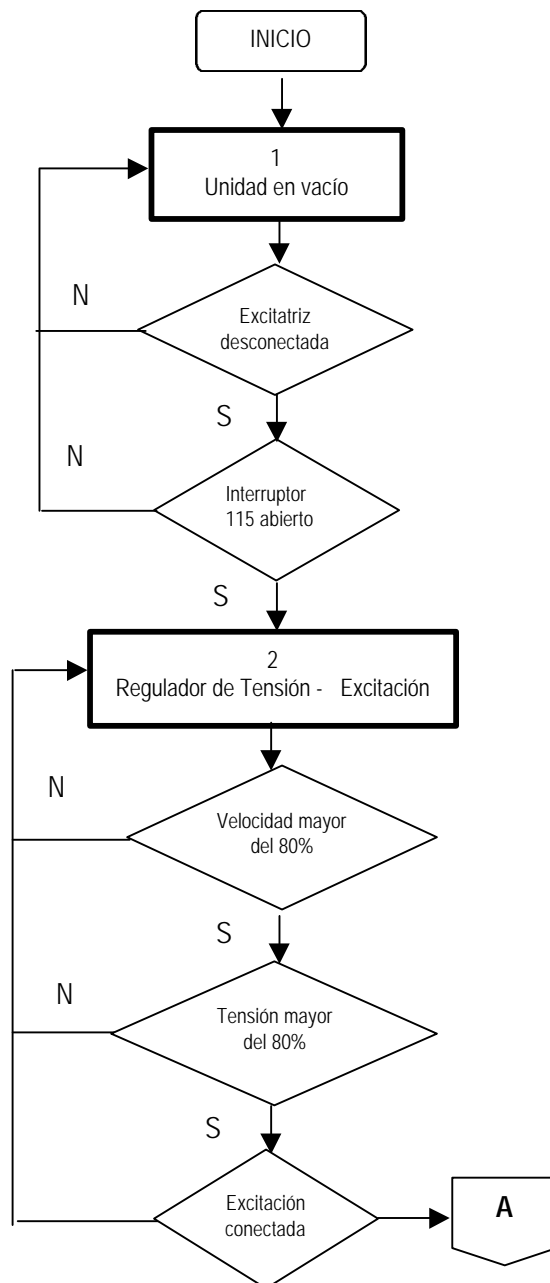
- Paso 1 : UNIDAD EN VACÍO
- Paso 2 : REGULADOR DE TENSIÓN - EXCITACIÓN
- Paso 3 : SISTEMAS DISPONIBLES - LISTA A SINCRONIZAR
- Paso 4 : SINCRONIZACIÓN - ACOPLADO
- Paso 5 : TOMA DE CARGA

El funcionamiento de la secuencia es mostrado en el diagrama de flujo y la lógica de control propuesta.

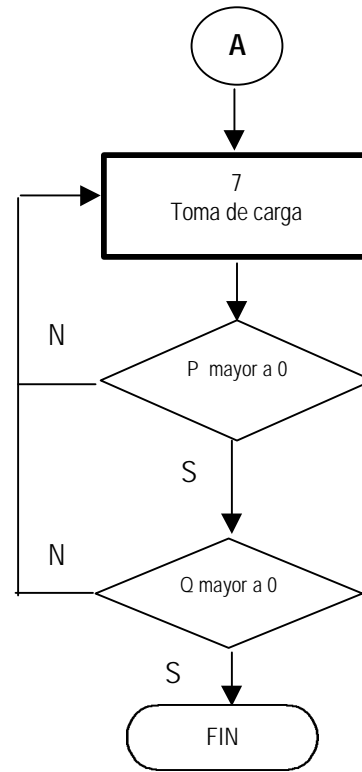
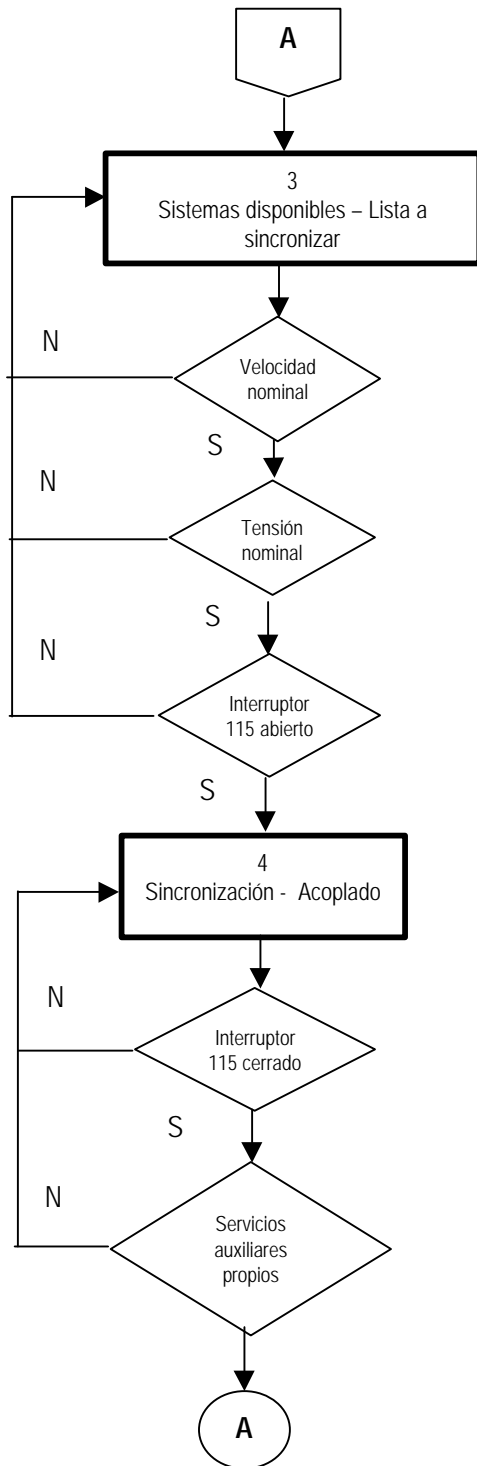
**DIAGRAMA DE FLUJO**  
**SECUENCIA VACÍO-ACOPLADO**

---

---







## SOPORTE LÓGICO

### SECUENCIA VACÍO-ACOPLADO

---

NETWORK //INICIO SUBROUTINA VACÍO-ACOPLADO  
SBR 2

NETWORK //PASO 1 – UNIDAD EN VACÍO  
LPS  
A "22V" // Reg. Velocidad (ajuste en máximo)  
A "23V" // Reg. Velocidad (limite en máximo)  
A "40V" // Interruptor 115 (abierto)  
= "V1-reguladores" // Verificación - Reguladores  
LPP  
A "V1-reguladores"  
A "30O" // Excitatriz (cerrar interruptor)  
= "O1-reguladores" // Ordenes - Reguladores

NETWORK  
LD "V1-reguladores"  
A "O1-reguladores"  
= "Paso1" // Finalización paso1

NETWORK //PASO 2 - REGULADOR DE TENSION - EXCITACION  
LD "Paso1"  
LPS  
A "26V" // Reg. Velocidad (velocidad entre 70 y 98% Vn)  
A "31V" // Reg. Tension (nominal)  
= "V2-reguladores" // Verificación - Reguladores

NETWORK  
LD "V2-reguladores"  
= "Paso2" // Finalización paso2

NETWORK //PASO 3 - SISTEMAS DISPONIBLES - LISTA A SINCRONIZAR  
LD "Paso2"  
A "35O" // Transformador de potencia (disponible)  
= "O3-reguladores" // Ordenes - Reguladores

NETWORK

LD "O3-reguladores"

= "Paso3" // Finalización paso 3

NETWORK //PASO 4 - SINCRONIZACIÓN - ACOPLADO

LD "Paso3"

LPS

A "34V" // Sincronización (efectuada)

= "V4-interruptores"

LRD

A "V4-interruptores"

A "34O" // Interruptor 115 (cerrado)

A "25O" // Tensión de control (desconectar auxiliares externos)

A "23O" // Tensión de control (conectar auxiliares propios)

= "O4-interruptores"

LPP

A "V4-interruptores"

A "O4-interruptores"

= "Paso4" // Finalización paso 4

NETWORK //PASO 5 - TOMA DE CARGA

LD "Paso4"

LPS

A "38V" // Tensión de control (auxiliares propios activos)

= "V5-potencias" // Verificaciones - Potencias

LRD

A "V5-potencias"

A "39O" // Potencia reactiva (subir)

A "41O" // Potencia activa (subir)

= "O5-potencias"

LPP

A "V5-potencias"

A "O5-potencias"

= "Paso5" // Finalizado paso 5

NETWORK //FINALIZACIÓN DE SECUENCIA

LD "Paso1"

A "Paso2"

A "Paso3"

A "Paso4"

A "Paso5"  
= "SA3" // Secuencia Vacío-Acoplado

#### **d. Secuencia Rodando-Acoplado**

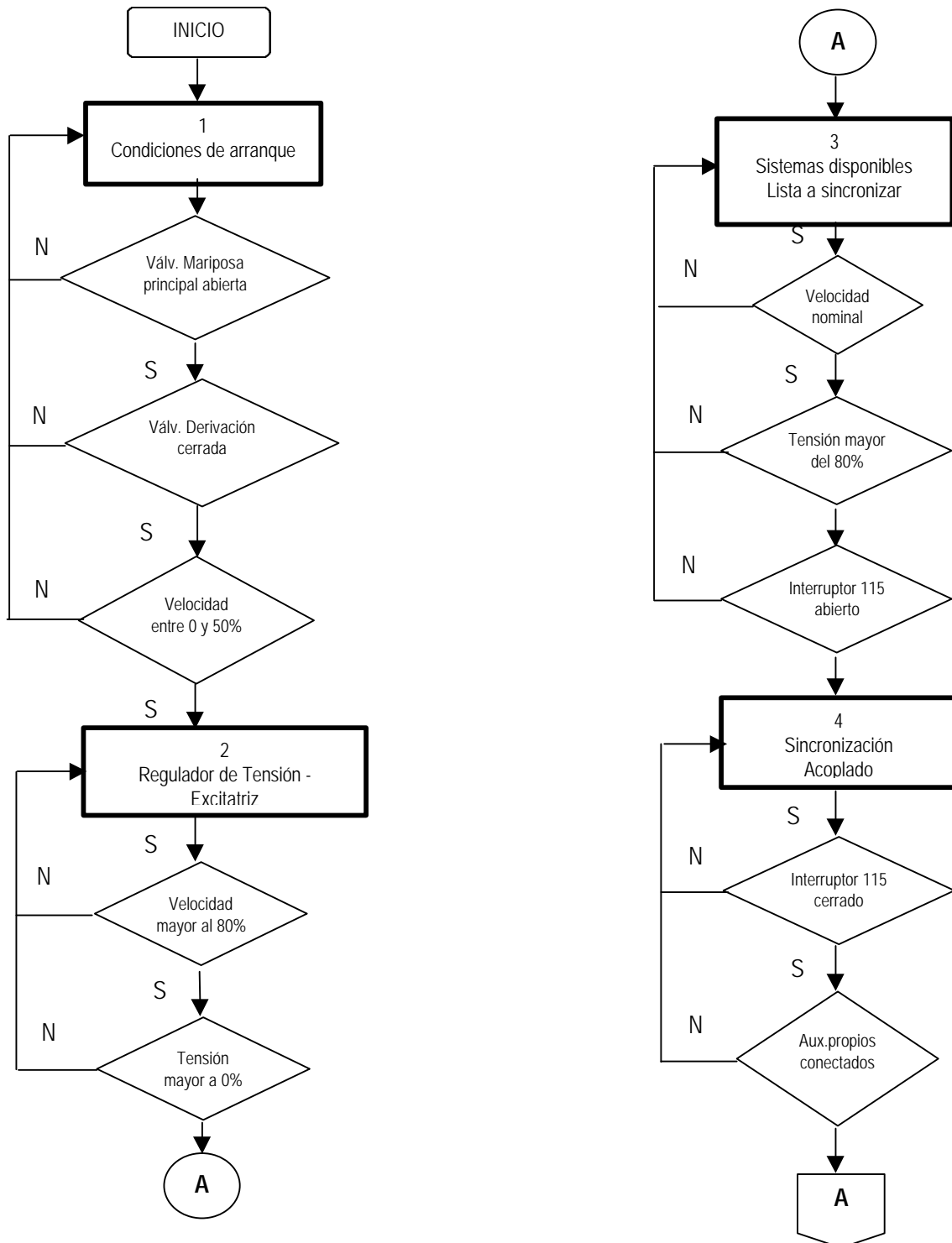
La secuencia busca que a medida que los pasos evolucionan la unidad se acople a la red, desde cuando la velocidad de la unidad sea mayor a 0 rpm.

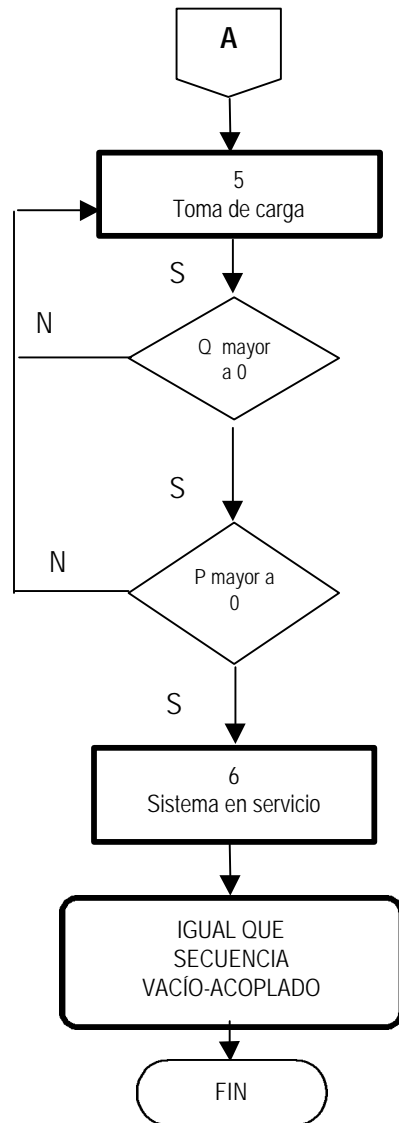
El diagrama de flujo establecido para el desarrollo de la secuencia se refiere al estado o condición del paso evolutivo, las señales que integran cada uno de los pasos son relacionadas de acuerdo al título del paso como por ejemplo Sistemas disponibles – Lista a sincronizar donde las señales hacen referencia a todos los sistemas con los que cuenta la unidad, los pasos necesarios para el desarrollo de la secuencia son:

- Paso 1 : CONDICIONES DE ARRANQUE
- Paso 2 : REGULADOR DE TENSIÓN - EXCITACIÓN
- Paso 3 : SISTEMAS DISPONIBLES – LISTA A SINCRONIZAR
- Paso 4 : SINCRONIZACIÓN - ACOPLADO
- Paso 5 : TOMA DE CARGA

El inicio de la secuencia se realiza mediante la comprobación de condiciones tales como una velocidad mayor a cero, consignas de operación normales y posición de los interruptores de carga.

## DIAGRAMA DE FLUJO SECUENCIA RODANDO-ACOPLADO





## SOPORTE LÓGICO

### SECUENCIA RODANDO-ACOPLADO

---

NETWORK //INICIO SUBROUTINA RODANDO-ACOPLADO  
SBR 3

NETWORK //PASO 1 - ARRANQUE DE LA UNIDAD  
LD "14V" // Tubería de carga (presión igual a 15)  
A "3V" // Válvulas energizadas  
A "5V" // Admisión principal (válvula de turbina abierta)  
A "8V" // Admisión derivación (válvula mariposa cerrada)  
A "20V" // Reg. Velocidad (ajuste en mínimo)  
A "21V" // Reg. Velocidad (limite en mínimo)  
A "25V" // Reg. Velocidad (velocidad entre 5 y 50% Vn)  
= "V1-admisión" // Verificaciones - Admisión

NETWORK  
LD "V1-admisión"  
= "Paso1" // Finalización paso 1

NETWORK //PASO 2 - REGULADOR DE TENSIÓN - EXCITACIÓN  
LD "Paso1"  
LPS  
A "20V" // Reg. Velocidad (ajuste en arranque)  
A "21V" // Reg. Velocidad (limite en arranque)  
= "V2-reguladores" // Verificación - Reguladores  
LPP  
A "V2-reguladores"  
A "270" // Reg. Tensión (conectar arrancadores)  
A "300" // Excitatriz (cerrar interruptor)  
= "O2-reguladores" // Ordenes - Reguladores

NETWORK  
LD "V2-reguladores"  
A "O2-reguladores"  
= "Paso2" // Finalización paso2

NETWORK //PASO 3 - SISTEMAS DISPONIBLES - LISTA A SINCRONIZAR  
LD "Paso2"

LPS

A "30V" // Reg. Tensión (mayor del 80% Tn)  
 A "26V" // Reg. Velocidad (velocidad entre 70 y 98% Vn)  
 = "V3-reguladores" // Verificaciones - Reguladores

LPP

A "V3-reguladores"  
 A "350" // Transformador de potencia (disponible)  
 = "O3-reguladores" // Ordenes - Reguladores

NETWORK

LD "V3-reguladores"  
 A "O3-reguladores"  
 = "Paso3" // Finalización paso 3

NETWORK //PASO 4 - SINCRONIZACIÓN - ACOPLADO

LD "Paso3"

LPS

A "340" // Interruptor 115 (cerrar)  
 A "250" // Tensión de control (desconectar auxiliares externos)  
 A "230" // Tensión de control (conectar auxiliares propios)  
 = "O4-interruptores"

LPP

A "34V" // Sincronización (efectuada)  
 = "V4-interruptores"

LRD

LPP

A "V4-interruptores"  
 A "O4-interruptores"  
 = "Paso4" // Finalización paso 4

NETWORK //PASO 5 - TOMA DE CARGA

LD "Paso4"

LPS

A "38V" // Tensión de control (auxiliares propios activos)  
 = "V5-potencias" // Verificaciones - Potencias

LRD

A "V5-potencias"  
 A "390" // Potencia reactiva (subir)  
 A "410" // Potencia activa (subir)  
 = "O5-potencias"



```

LPP
A  "V5-potencias"
A  "O5-potencias"
=  "Paso6" // Finalizado paso 6

NETWORK //FINALIZACIÓN DE SECUENCIA
LD  "Paso1"
A  "Paso2"
A  "Paso3"
A  "Paso4"
A  "Paso5"
=  "SA4" // Secuencia Rodando-Acoplado

```

### 7.2.3 SECUENCIAS DE PARADA

Las secuencias de parada son aquellas que parten de las condiciones de servicio activo y dejan a la unidad en estado inactivo, es decir sin conexión a la red interconectada.

#### a. Secuencia Acoplado-Parada normal

El inicio de la Secuencia tiene su origen en la decisión del operador encargado. El diagrama de flujo establecido para el desarrollo de la secuencia toma las señales de estado activo y las relaciona en pasos de evolución de acuerdo al título que lleva, por ejemplo Condiciones de unidad parada donde las señales hacen referencia al nivel de tensión generado, la posición de interruptores y las consignas de todos los sistemas con los que cuenta la unidad. Los pasos necesarios para el desarrollo de la secuencia son:

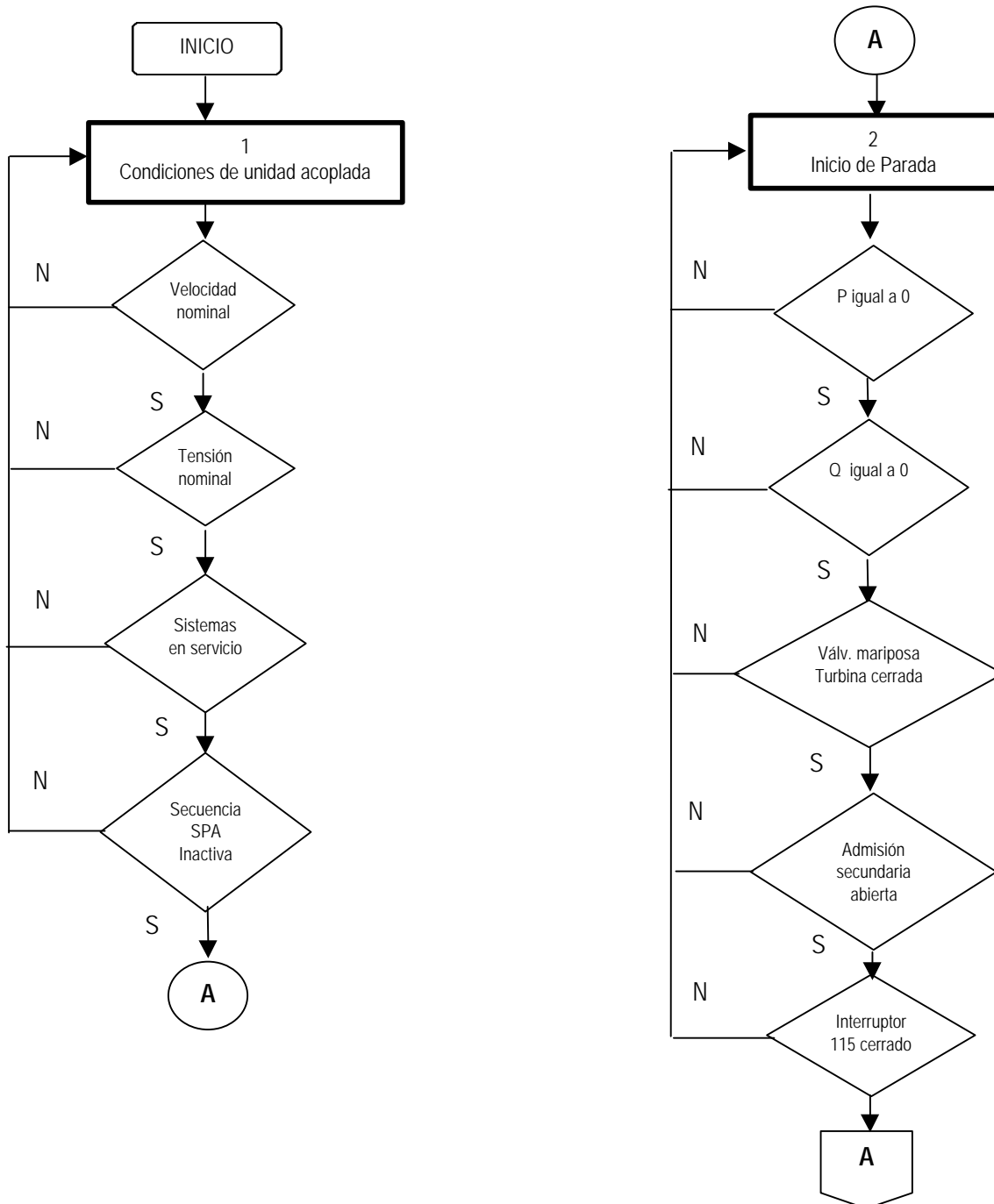
- Paso 1 : CONDICIONES DE UNIDAD ACOPLADA
- Paso 2 : INICIO DE PARADA NORMAL
- Paso 3 : DISMINUCIÓN DE VELOCIDAD Y TENSIÓN
- Paso 4 : APLICACIÓN DE FRENOS
- Paso 5 : MAQUINA PARADA

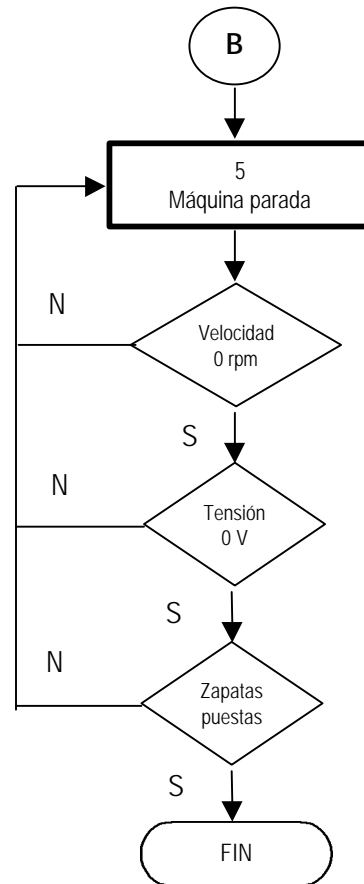
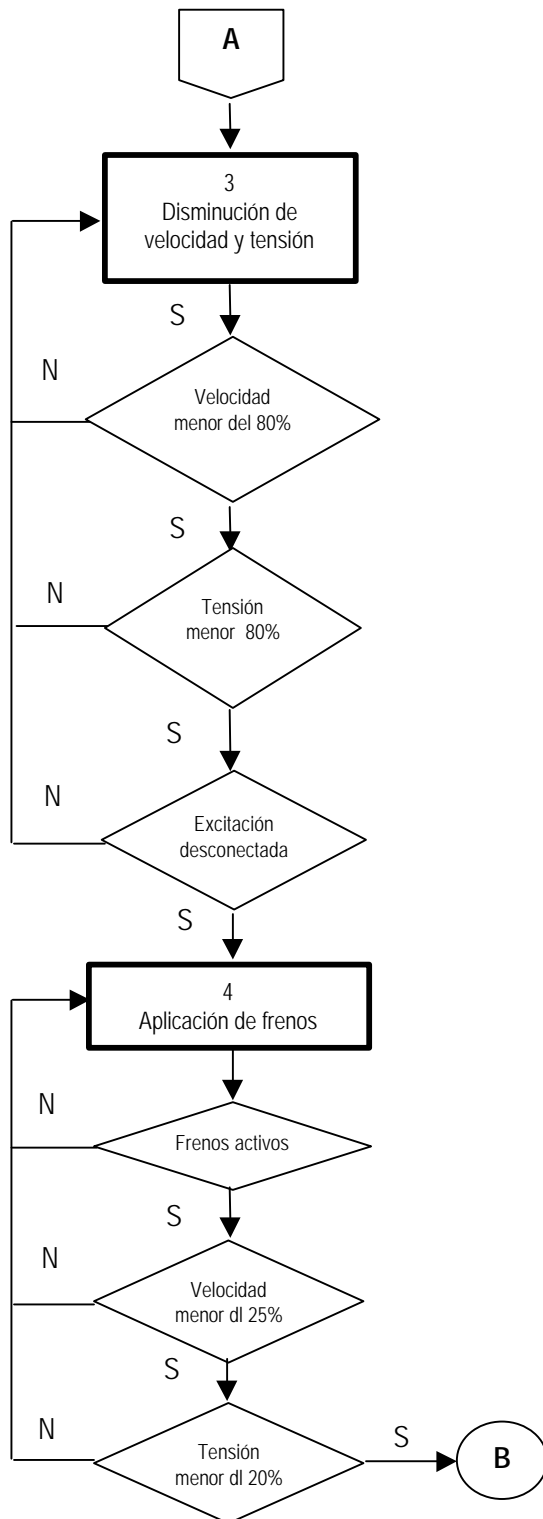
El soporte lógico desarrollado según el diagrama de flujo expuesto verifica las condiciones de estado activo, las protecciones asociadas a los disparos de la secuencia y luego proceden al paro de la unidad.

**DIAGRAMA DE FLUJO**  
**SECUENCIA ACOPLADO-PARADA NORMAL**

---

---





## SOPORTE LÓGICO

### SECUENCIA ACOPLADO-PARADA NORMAL

---

NETWORK //INICIO SUBROUTINA 4 - SECUENCIA ACOPLADO-PARADA NORMAL  
SBR 4

NETWORK //PASO 1 - CONDICIONES DE UNIDAD ACOPLADA

LD "12V" //Interruptores permisivos (repuestos)

A "1V" //Sistema de lubricación (nivel y temperatura normal)

A "2V" //Sistema de refrigeración (nivel y flujo normal)

A "4V" //Válvulas (desenergizadas)

LPS

A "14V" //Tubería de carga (presión igual a 15)

A "5V" //Admisión principal (válvula mariposa turbina abierta)

A "8V" //Admisión derivación (válvula mariposa derivación cerrada)

= "V1-admisión" //Verificaciones admisión

LPP

A "70" //Tanque oleoneumático de válvulas (desconectar motores)

A "V1-admisión" //Verificaciones admisión

= "O1-admisión" //Ordenes admisión

NETWORK

LD "O1-admisión"

LPS

A "26V" //Reg. Velocidad (velocidad entre 70% y 98% Vn)

A "31V" //Reg. Tensión (nominal)

A "32V" //Excitación (conectada)

A "38V" //Tensión de control (auxiliares propios conectados)

A "36V" //Potencia reactiva (mayor a 0 vares)

A "37V" //Potencia activa (mayor a 0 watos)

= "V1-sistemas" //Verificación - Sistemas

LPP

A "V1-sistemas"

= "Paso1" //Finalizado paso 1

NETWORK //PASO 2 - INICIO PARADA NORMAL

LD "Paso1"

LPS

A "400" //Potencia reactiva (bajar)

A "410" //Potencia activa (bajar)

A "60" //Tanque oleoneumático válvulas (conectar motor servicios auxiliares)

A "100" //Admisión principal (válvula turbina abrir)  
 A "130" //Admisión derivación (válvula mariposa abrir)  
 A "380" //Equipo de sincronización (deshabilitar selector)  
 A "330" //Interruptor 115 (abierto)  
 A "360" //Transformador de potencia (indispuesto)  
 A "240" //Tensión de control (desconectar auxiliares propios)  
 A "250" //Tensión de control (conectar auxiliares externos)  
 = "O2-admisión" //Ordenes admisión

LRD

A "O2-admisión"  
 A "26V" //Reg. Velocidad (velocidad entre 70% y 98% Vn)  
 A "39V" //Tensión de control (auxiliares externos conectados)  
 A "15V" //Admisión principal (presión menor a 15)  
 = "V2-admisión" //Verificaciones admisión

LPP

A "O2-admisión"  
 A "V2-admisión"  
 = "Paso2" //Finalizado paso 2

NETWORK //PASO 3 - DISMINUCIÓN DE VELOCIDAD Y TENSIÓN

LD "Paso2"

LPS

A "23V" //Reg. Velocidad (límite en máximo)  
 A "22V" //Reg. Velocidad (ajuste en máximo)  
 = "V3-reguladores" //Verificaciones reguladores

LRD

A "180" //Reg. Velocidad (desconectar motores)  
 A "280" //Reg. Tensión (desconectar motores)  
 A "300" //Excitación (desconectar)  
 = "O3-reguladores" //Ordenes reguladores

LPP

A "25V" //Reg. Velocidad (velocidad entre 5 y 50% Vn)  
 A "29V" //Reg. Tensión (menor del 80% Tn)  
 A "33V" //Excitación desconectada  
 A "V3-reguladores"  
 A "O3-reguladores"  
 = "Paso3" //Finalizado paso 3

NETWORK //PASO 4 - APLICACIÓN DE FRENOS

LD "Paso3"

LPS

A "19V" //Reg. Velocidad (ajuste en mínimo)

A "18V" //Reg. Velocidad (limite en mínimo)  
 A "210" //Sistema de frenado (energizar)  
 = "V4-frenos" //Verificaciones frenos  
 LRD  
 A "27V" //Sistema de frenado (activo)  
 A "200" //Reg. Velocidad (desconectar bombas de aceite)  
 A "24V" //Reg. Velocidad (menor al 5% Vn)  
 = "O4-frenos" //Ordenes frenos  
 LPP  
 A "V4-frenos"  
 A "O4-frenos"  
 = "Paso4" //Finalizado paso 4  
  
 NETWORK //PASO 5 - MAQUINA PARADA  
 LD "Paso4"  
 LPS  
 A "30" //Sistema de refrigeración (desconectar)  
 A "50" //Tanque oleoneumático válvulas (desconectar compresor)  
 A "320" //Interruptor 13.8 (desconectar)  
 = "O4-salida" //Ordenes salida  
 LPP  
 A "O4-salida"  
 = "Paso5" //Finalizado paso 5

## **b. Secuencia Acoplado-Parada de emergencia**

La Central posee dos tipos de parada de emergencia, el primero es el Cierre rápido que se inicia con el incremento de temperatura en Cojinete guía de Turbina o por el disparo de alguna de las protecciones eléctricas. El segundo tipo es Cierre de emergencia que se inicia con una sobre velocidad o por presión o nivel mínimos en el Tanque oleoneumático de Regulador de velocidad.

La diferencia entre éstos dos tipos, radica en la energización de las válvulas de conmutación de cada uno de los cierres (cierre rápido y emergencia). El primer tipo energiza su propia válvula únicamente y en el segundo energiza las dos válvulas al tiempo.

Los pasos de evolución son manejados de la misma forma que han sido desarrollados hasta el momento, el diagrama de flujo para la secuencia está clasificado en los siguientes pasos de evolución:

- Paso 1 : SECUENCIA DE PROTECCIÓN Y ALARMA
- Paso 2 : CIERRE DE EMERGENCIA
- Paso 2 : DISMINUCIÓN DE VELOCIDAD Y TENSIÓN
- Paso 3 : APLICACIÓN DE FRENOS
- Paso 4 : MAQUINA PARADA

La secuencia no considera relevante la toma de tiempos para su ejecución, el funcionamiento de la secuencia parte desde el momento en que la máquina está acoplada a la red y posteriormente son asociados los sistemas que hacen posible que la máquina se detenga.

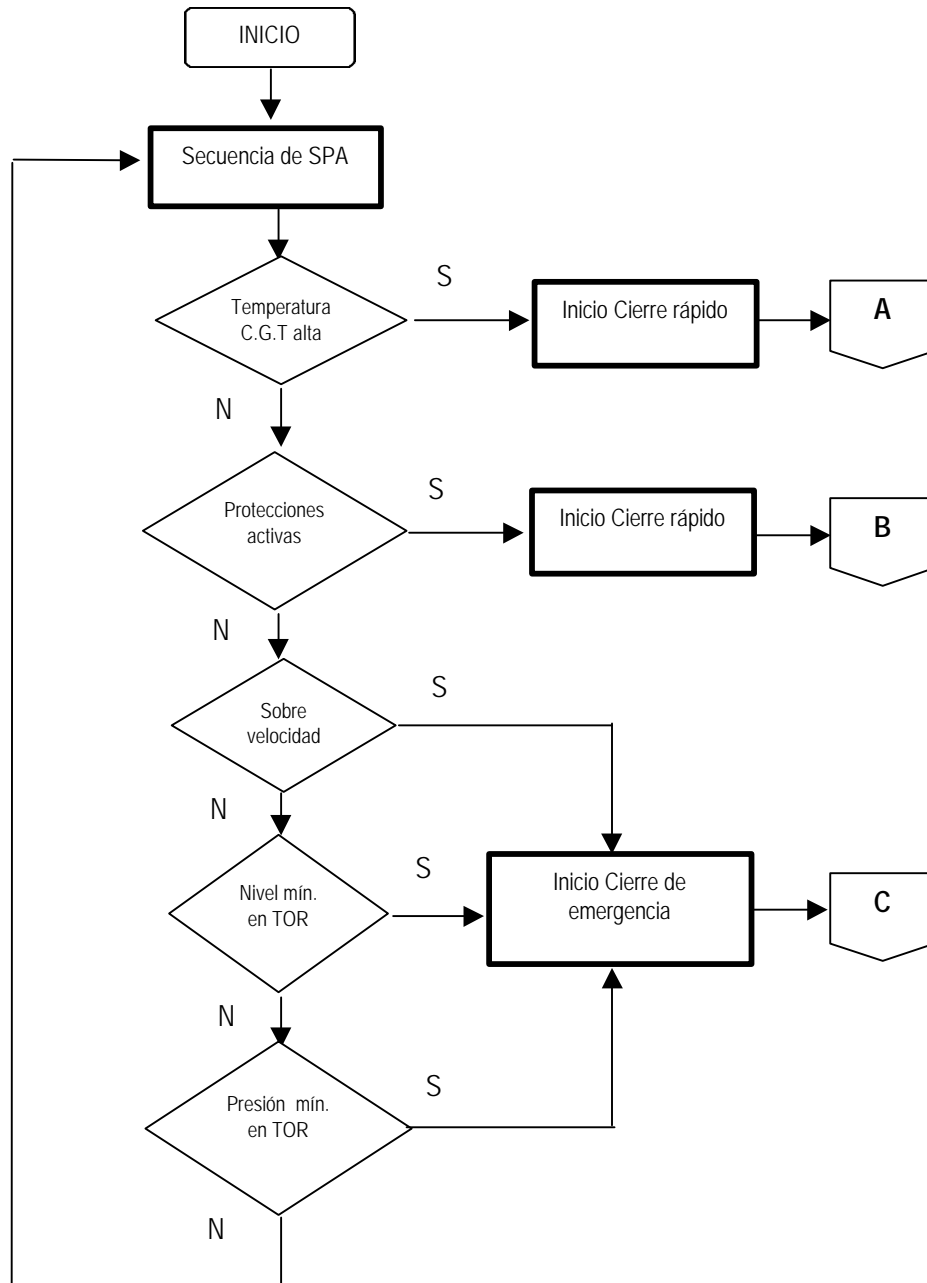
**D**

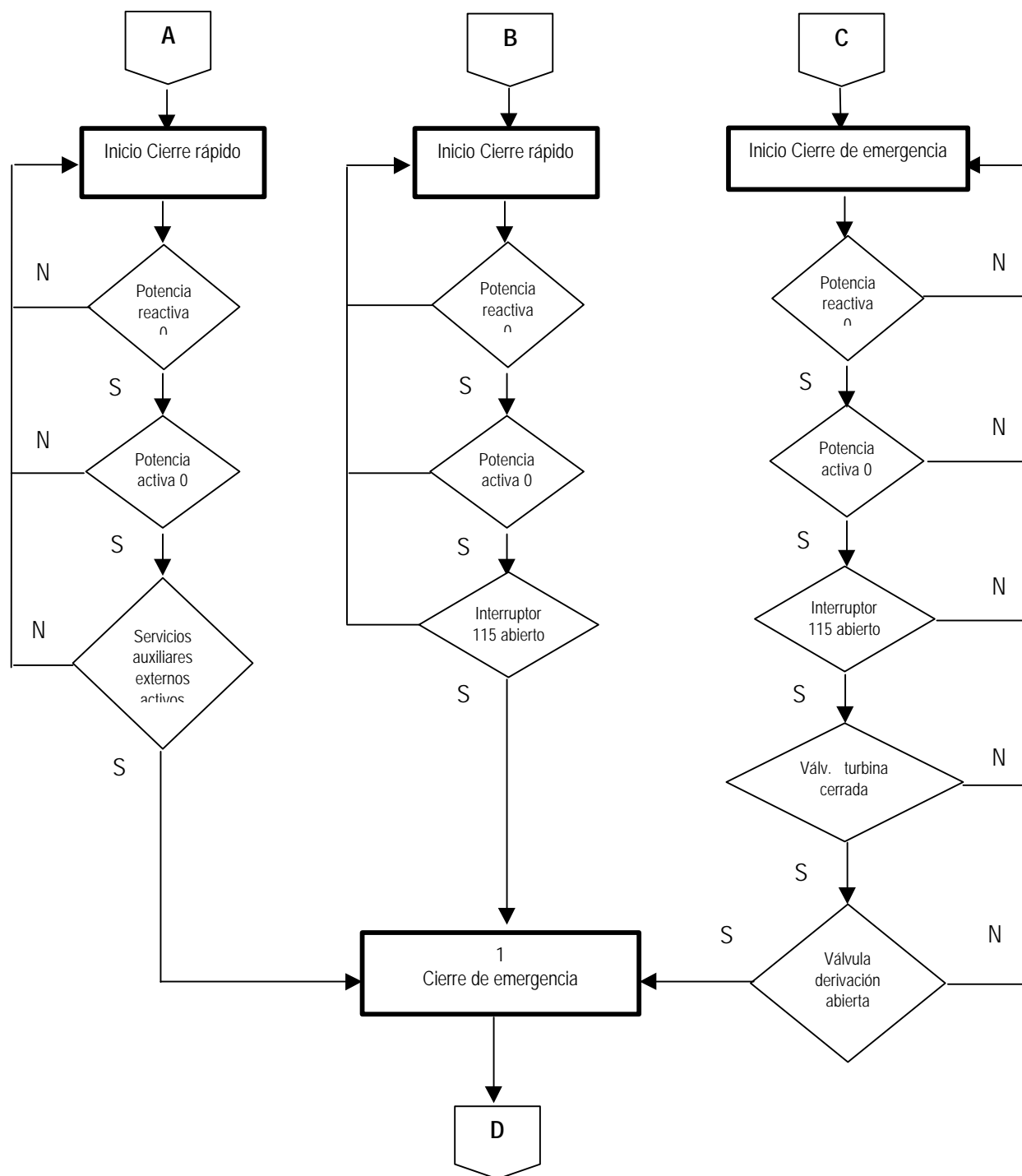


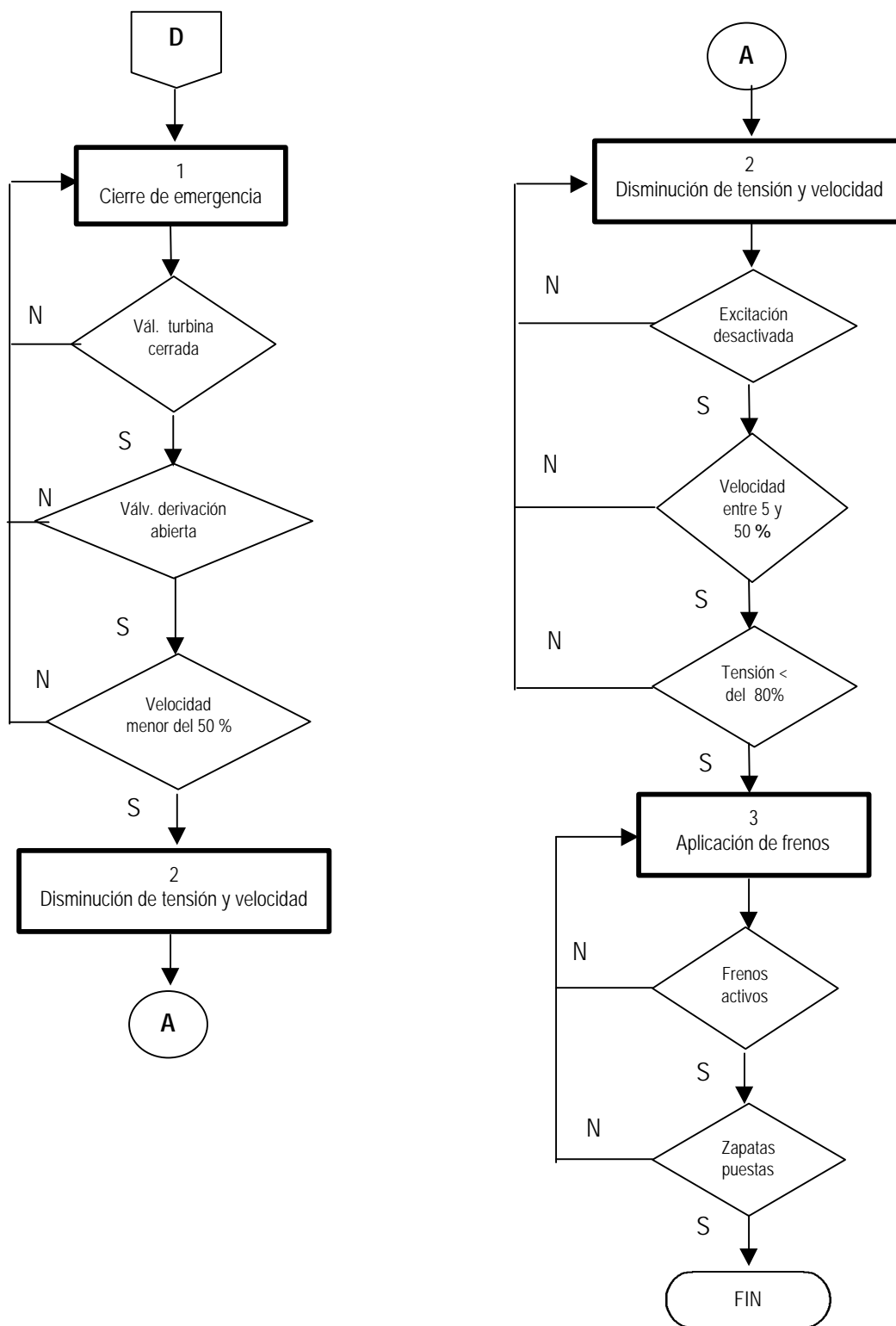
**IAGRAMA DE FLUJO**  
**SECUENCIA ACOPLADO-PARADA DE EMERGENCIA**

---

---







## SOPORTE LÓGICO

### SECUENCIA ACOPLADO-PARADA DE EMERGENCIA

---

NETWORK //INICIO SUBROUTINA 5 - SECUENCIA ACOPLADO-PARADA DE EMERGENCIA  
SBR 5

NETWORK //PASO 1 – SECUENCIA DE PROTECCIÓN Y ALARMA  
LD "30G48" //Temperatura CGT alta  
O "P.eléctricas" //Protección eléctrica disparada  
= "cierrerrápido" //Inicio de Cierre rápido

NETWORK  
LD "30W11" //Sobrevelocidad  
O "30W14" //Nivel mínimo en Tanque Reg. Velocidad  
O "30W21" //Presión mínima en Tanque Reg. Velocidad  
= "cierre-emergencia" //Inicio Cierre de emergencia

NETWORK  
A "cierrerrápido" //Cierre rápido  
A "400" //Potencia reactiva (bajar)  
A "410" //Potencia activa (bajar)  
A "12V" //Interruptores permisivos (repuestos)  
A "34V" //Interruptor 115 (cerrado)  
= "V1-potencias" //Verificaciones - Potencias  
= "O1-potencias" //Ordenes - Potencias

NETWORK  
A "cierre-emergencia" //Cierre de emergencia  
A "400" //Potencia reactiva (bajar)  
A "410" //Potencia activa (bajar)  
A "330" //Interruptor 115 (abrir)  
A "100" //Admisión principal (válvula mariposa turbina cerrar)  
A "130" //Admisión derivación (válvula mariposa derivación abrir)  
= "O2-admisión" //Ordenes - Admisión

NETWORK  
LD "V1-potencias" //Verificaciones - Potencias  
O "O1-potencias" //Ordenes – Potencias  
O "O2-admisión" //Ordenes – Admisión

= "paso1" //Finalizado paso 1

NETWORK //PASO 2 - CIERRE DE EMERGENCIA

LD "Paso1"

LPS

A "380" //Equipo de sincronización (deshabilitar selector)  
 A "360" //Transformador de potencia (indispuesto)  
 A "240" //Tensión de control (desconectar auxiliares propios)  
 A "250" //Tensión de control (conectar auxiliares externos)  
 = "O2-admisión"

LRD

A "O2-admisión"  
 A "26V" //Reg. Velocidad (velocidad entre 70% y 98% Vn)  
 A "39V" //Tensión de control (auxiliares externos conectados)  
 A "15V" //Admisión principal (presión menor a 15)  
 = "V2-admisión"

LPP

A "O2-admisión"  
 A "V2-admisión"  
 = "Paso2"

NETWORK //PASO 3 - DISMINUCIÓN DE VELOCIDAD Y TENSIÓN

LD "Paso2"

LPS

A "23V" //Reg. Velocidad (límite en máximo)  
 A "22V" //Reg. Velocidad (ajuste en máximo)  
 = "V3-reguladores"

LRD

A "180" //Reg. Velocidad (desconectar motores)  
 A "280" //Reg. Tensión (desconectar motores)  
 A "300" //Excitación (desconectar)  
 = "O3-reguladores"

LPP

A "25V" //Reg. Velocidad (velocidad entre 5 y 50% Vn)  
 A "29V" //Reg. Tensión (menor del 80% Tn)  
 A "33V" //Excitación desconectada  
 A "V3-reguladores"  
 A "O3-reguladores"  
 = "Paso3" //Finalizado paso 3

NETWORK //PASO 4 - APLICACIÓN DE FRENOS

LD "Paso3"

LPS

A "19V" //Reg. Velocidad (ajuste en mínimo)

A "18V" //Reg. Velocidad (limite en mínimo)

A "210" //Sistema de frenado (energizar)

= "V4-frenos"

LRD

A "27V" //Sistema de frenado (activo)

A "200" //Reg. Velocidad (desconectar bombas de aceite)

A "24V" //Reg. Velocidad (menor al 5% Vn)

= "O4-frenos"

LPP

A "V4-frenos"

A "O4-frenos"

= "Paso4" //Finalizado paso 4

NETWORK //PASO 5 - MAQUINA PARADA

LD "Paso4"

LPS

A "30" //Sistema de refrigeración (desconectar)

A "50" //Tanque oleo. válvulas (desconectar compresor)

A "320" //Interruptor 13.8 (desconectar)

= "O4-salida"

LPP

A "O4-salida"

= "Paso5" //Finalizado paso 5

## 8. SISTEMA DE SUPERVISIÓN

El sistema supervisor tendrá como estación maestra a la Estación de bombeo Muña III debido a la cercanía de ésta con la Central y como estación esclava a la Oficina técnica en Bogotá.

El sistema debe ofrecer una completa e información detallada de las secuencias de operación, con el fin de facilitar el manejo de éstas a distancia, de la siguiente manera:

- Secuencias que pueden efectuarse:
  - Parar (incluye todas las secuencias de parada)
  - Acoplar (incluye todas las secuencias que terminen en acoplado)
  - Parada - Vacío
- Deben existir los siguientes pulsadores en la pantalla de parada de emergencia:
  - Acoplar
  - Parada-vacío
  - Parada normal
  - Parada de emergencia

Además se dispondrá de una llave de autorización de mando, la cual primero se debe accionar para poder activar el pulsador correspondiente.

- Las listas de eventos y alarmas deben estar sujetas a la información del estándar.

En el proyecto llevado a cabo no incluye los despliegues del sistema supervisor, debido a que la empresa patrocinadora EMGESA S.A, le asignó dicho trabajo a

otro estudiante, como proyecto de grado, sin embargo se marcan las pautas que deben ser consideradas para su realización.

## 8.1 ESPECIFICACIÓN

Las especificaciones de los equipos propuestos en la configuración del sistema supervisor, son especificadas en la Tabla 25.

Tabla 25. Especificación de un Sistema  
**CAPACIDAD DE LA BASE DE DATOS**

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
Estaciones de operador	Estación maestra : Muña III Estaciones esclavas : Oficina Técnica - Bogotá Computador portátil
Número de despliegues	Asignado
Canales	Asignado
Algoritmos	Asignado
Reportes	Asignado
Puntos de control	62
Alarmas	32
Eventos	30
Mensajes de actualidad	Asignado

### COLECCIÓN DE HISTÓRICOS

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
Velocidad	1 o 5 segundos snapshot
Tiempo de recolección	Periodo (horas, segundos, días, etc..)
Producción	Asignado



Tabla 25. Especificación de un Sistema (continuación)

**COMPOSICIÓN DEL SERVIDOR**

<b>PARÁMETRO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Tipo de microprocesador	Intel, Pentium II con tecnología MMX
Velocidad del microprocesador	300 HMS
LOT del microprocesador	1
Amplitud del dato de barra	64 bits
Amplitud del direccionamiento del la barra	32 bits
Niveles de interrupción	15
Flash PROM. (VISO)	02-Nov
Sistema horarios	66 HMS
Tipo de barra	Ethernet, IEE 488, PSI, etc.
Velocidad de barra	33 HMS - 8,33MHz, etc.
Arquitectura de memoria	72-bits (EC)
Derives	4 GB SCSI Rad. drive
Tipo de drive	12/24 SCSI CD-ROM
Puertos	Externos (serial, paralelo, video, teclado, audio) Internos (SCSI para hardisc y Disquete)
Fuente DC	200W
Calor de disipación de la fuente DC	972 BUT/hr
Voltaje de fuente DC	90 a 135 a 60Hz
Batería para fuente DC	3-V CR2032
Condiciones ambientales	Temperatura, vibración, choques, altitud

El soporte de la aplicación incluye despliegues estándar, reportes, funciones de diagnóstico, bases de datos en tiempo real, adquisición de datos, tablas de datos y tags.

**a. DESPLIEGUES**

La implementación del sistema a la Central Canoas requiere de la creación de pantallas o despliegues con nivel de seguridad. los despliegues que deben ser implementados en la Central son:

- Resumen de alarmas: Aquellas empleadas en la secuencia de Protección y alarma.

- Tendencias
- Configuración de transmisores inteligentes a ser instalados.
- Estado del sistema: Debe estar involucrado cada uno de los sistemas involucrados en la secuencia a tratar y debe ofrecer una vista general de la unidad en cada momento de la secuencia.
- Configuración de reportes: Que ofrezcan la información suficiente para el análisis de cualquier falla en las secuencias, si ésta se llegará a presentar.
- Mensajes de operador: Los mensajes deberán ser claros, cortos y suministrarán el procedimiento pertinente ante una eventualidad.

## **b. ALARMAS**

El manejo de las alarmas se realizará según el tipo de alarma y la prioridad que pueda representar la disipación de ésta, cada punto de alarma debe ser configurado para varias condiciones con su debida priorización en: alto, bajo, alto-alto, bajo-bajo, alta desviación, baja desviación y cambio proporcional.

Las prioridades de alarma deberán ser disponibles en forma periódica, bajo, alto y urgente.

Se dispondrán de anunciadores visuales y sonoros para la notificación de la alarma; la planeación de alarmas se debe realizar teniendo en cuenta la condición de disparo, la notificación, la información obtenida luego de presentarse una falla (mensaje) y la acción seguida a una alarma, en respuesta a ésta.

Al igual que se dispondrá de un despliegue de resumen de alarmas que contendrá las últimas alarmas presentadas, de la más reciente a la más antigua y la alarma de mayor prioridad en el proceso, éstas pantallas deben permitir enlazar cada punto de alarma, ofreciendo al operador un acceso instantáneo a la información

detallada de su locación y las acciones recomendadas a seguir, ante la presencia de la misma.

### **c. RECOLECCIÓN DE DATOS**

La base de datos de trabajo debe ser elaborada en tiempo real y mantenida por el servidor, el cual provee la información real para las estaciones de operación. Debe aceptar entradas de PLC y de RTU's, una vez es adquirido el dato debe estar disponible en la red para monitoreo, control, históricos, reportes.

### **d. ARQUITECTURA DEL SOFTWARE**

El software puede estar hecho bajo un ambiente amigable, ya sea éste Windows NT o SCO UNÍS y debe ser un sistema abierto a estándares industriales, como Ethernet, SQL, TCP/IP, NFS y X Windows.

### **e. HISTÓRICOS**

El registro histórico deberá ser de fácil uso y desarrollará los esquemas de control establecidos y desarrollará los programas de aplicación pertinentes según la secuencia determinada.

El histórico debe ser recolectado en varios intervalos de tiempo de 1 s a 24 h de forma instantánea o promediando los datos del proceso, debe suministrar la información alarma/evento, los cambio de cada operador y podrán ser recuperados en la pantalla de resumen de eventos o en los reportes de alarma/evento.

## **f. TENDENCIAS**

Los objetos de las tendencias deberán ser incluidos en la configuración gráfica del usuario con el fin de permitir un acceso flexible al dato histórico.

## **g. REPORTE**

Los tipos de reportes que deberán ser incluidos en el sistema son:

- Alarma/evento (lista de alarmas y eventos)
- Acciones del operador (lista de acciones para un operador en particular)
- Seguimiento de punto (lista de eventos para uno o más puntos)
- Duración de alarmas (cálculo de la duración de una alarma seleccionada)
- Archivos (archivos históricos que pueden ser almacenados por medio off-line, para luego ser recuperados y utilizados en las tendencias)
- Atributo del punto (reporte sobre el estado de la base de datos, alarmas inhibidas, off scan, etc.)

## **h. INTERFASE DEL OPERADOR**

La configuración de los ambientes de operación deberá ser diseñada de manera tal, que proporcione varios despliegues que interactúen con el proceso. Los despliegues que deben ser configurados son:

- Despliegues de resumen de alarmas
- Despliegues de resumen de eventos
- Despliegues de grupos de operación
- Despliegues de tendencias
- Despliegues de diagnóstico

- Despliegues de resumen
- Reportes
- Despliegues de puntos detallados
- Pantalla de menú principal
- Campo de alarmas urgentes/recientes, sobre todos los despliegues
- Estado de todos los despliegues

La información crítica deberá ser comunicada mediante el uso de anunciadores, mensajes de operador y acción inmediata sobre la estructura donde se encuentra la alarma.

El sistema de seguridad en las pantallas del operador deberá configurarse de acuerdo a niveles de seguridad, niveles de control y asignamiento de áreas, deberán estar configurado por operador y por estación de control.

## **9. SISTEMA DE COMUNICACIÓN**

Este capítulo ofrece una idea general de las condiciones que se deben tener en cuenta a la hora de especificar un sistema de comunicación. Inicialmente se expondrá la instalación de éste, luego se entrará en detalle en algunas definiciones claves para su utilización y finalmente se expondrán las especificaciones del sistema de comunicaciones de acuerdo al medio de enlace y los recursos existentes, con ventajas y desventajas que conlleva su utilización.

El sistema de comunicación actualmente en la Central está constituido por líneas dedicadas que enlaza todas las Centrales de generación, un sistema satelital empleado en la adquisición de datos de los niveles de agua en cada bocatoma y por un sistema de RTU's (Unidad de Transmisión Remota).

Los requisitos necesarios para la especificación de un sistema de comunicaciones, son expuestos a continuación :

### **9.1 ESPECIFICACIÓN**

El sistema de comunicaciones se encuentra unido al sistema supervisor, por medio tarjetas de adquisición de datos instaladas en cada una de las estaciones esclavas, éstas reciben la información proveniente del proceso directamente.

Cada una de las estaciones, tanto esclavas como maestra, se debe diseñar una base de datos (hoja electrónica u otro) con el fin de poder procesar la información proveniente de la tarjeta de adquisición, la base de datos reconoce y procesa la información y la envía a las estaciones por medio de módems.

El empleo de una base de datos tiene como fin la supervisión, control o supervisión del proceso, por medio de una interfase de operador (pantalla del proceso).

El sistema de comunicaciones debe ofrecer una visión del comportamiento de las secuencias de operación desde las estaciones (maestra y esclava), los componentes que conforman la arquitectura del sistema son especificados a continuación, con base a la figura 23.

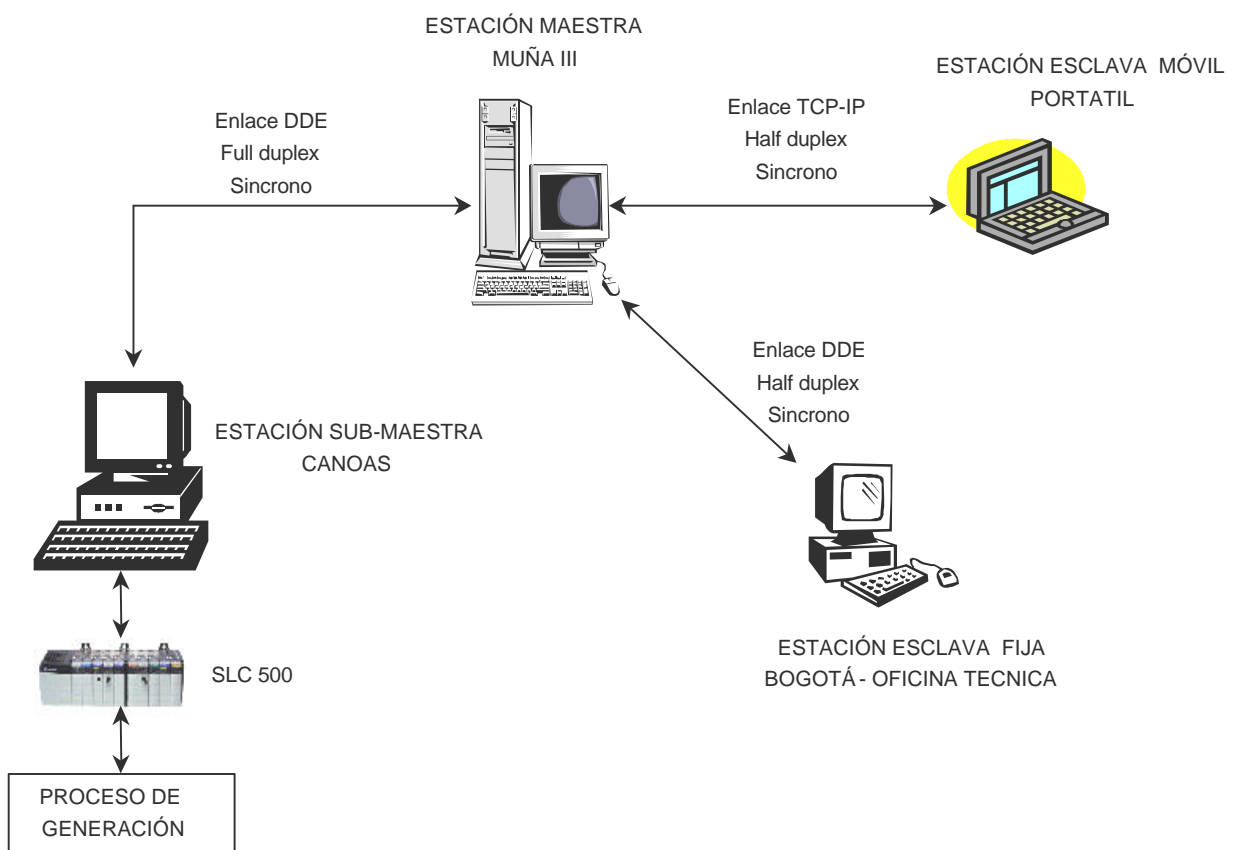


Figura 23. Diseño del Sistema de comunicación

## a. Componentes del Sistema

### Red de telemetría

La red de telemetría provee un camino de comunicación en el sistema SCADA, sus componentes están sujetos a la verificación de ventajas y desventajas, para su empleo en la Central Canoas.

- Topología : El elemento hace posible el inicio de la comunicación entre las estaciones, la estación maestra deberá controlar y supervisar el funcionamiento de las secuencias de operación en la estación esclava dispuesta y además deberá tener capacidad de ampliación a largo plazo.

TOPOLOGÍA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Punto-Punto	Infraestructura instalada	Costo de servicio
	Inicia la comunicación sin necesidad de equipo especial adicional	Conexión temporal
	Cualquier estación puede iniciar comunicación con la otra o indagar en el control de la otra	Comunicación únicamente entre dos estaciones
Punto-Multipunto (Multidrop)	Conexión permanente por medio de PPL, satélite u otro medio con servicio de datos digitales	
	Enlaza a tres o más estaciones, la estación maestra inicia la comunicación arbitrariamente y las esclavas reciben las ordenes	
	Aplicación principal en sistemas SCADA	
Multipunto-Multipunto	Enlaza a tres o más estaciones, la estación maestra no puede iniciar la comunicación arbitrariamente. Cualquier estación puede iniciar la comunicación con otra	Radio de módem especial para la instalación de la topología, debido a que éste tiene una red punto-punto en las estaciones

- Modo de transmisión: Es el medio a través del cual la información es enviada y recibida entre los dispositivos y la red, la topología y el modo de transmisión son mutuamente definidas.



MODO DE TRANSMISIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Simplex		Comunicación en un solo sentido
		Controla las estaciones sin esperar notificación de las esclavas
		Transmisión unidireccional
Semi duplex Half-duplex	El control se realiza des la estación maestra únicamente	Envía y recibe información en forma síncrona
	La estación maestra inicia la comunicación	Transmisión posible en un determinado momento. El sentido solo puede cambiarse después de haber finalizado el mensaje
	Conexión bidireccional	
Full-duplex	Mayor velocidad en la emisión y recepción de la señal	
	Transmisión bidireccional (dispone de dos líneas bidireccionadas en todo momento)	
	Transmisión permanente en ambos sentidos	

La topología Punto-Multipunto con configuración en estrella, considera un modo de transmisión diferente dependiente de la estación que manipule los datos necesarios para el manejo de la comunicación de la Central.

La Estación Maestra MUÑA III podrá monitorear, controlar y supervisar todas las estaciones esclavas (incluyendo el SLC 500). Para éste tipo de trabajo se dispone de un modo de control Full duplex, en su comunicación con la estación Canoas y un modo Half duplex en su comunicación con la Oficina técnica y el computador portátil ocasional.

- Medio de enlace: Considera aspectos tales como, la transmisión de datos de la aplicación, localización, distancia entre estaciones y servicios disponibles. Los enlaces disponibles son:

MEDIO DE ENLACE	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Red Telefónica publica ininterrumpida	La red soporta comunicaciones de hasta 28,8 kbps	Recolección de datos ocasionales
	La red soporta un módem Half duplex	Transmisión costosa para grandes y frecuentes recolección de datos
	Topología disponible Punto-Punto	Las líneas pueden contener daños que repercuten en errores introducidos en el módem
		Lógica adicional es requerida para iniciar automáticamente la conexión
Línea dedicada privada	Costo efectivo para aplicaciones con gran cantidad de datos y frecuentes recolección de éstos	Las líneas pueden contener daños que repercuten en errores introducidos en el módem
	Velocidad de red de 28,8 kbps	
	La conexión consta de 4 hilos, los cuales hacen que el módem opere de cualquier modo (Half o Full)	
Servicios de datos digitales (DDE)	Es una red digital que ofrece una transmisión mayor y mínima, si cualquier línea presenta averías	Medio altamente costoso en aplicaciones con pocos datos de transmisión
	El medio es utilizado en aplicaciones con grandes cantidades de datos a ser transferidos entre los sitios	
	Conexión constante	
	Velocidad de comunicación de 2.4k, 4.8k, 9.6k y 56kbps	
	4 hilos de conexión, que pueden ser configurados para una topología multipunto	

MEDIO DE ENLACE	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Radio microondas	Utilizado en áreas geográficamente remotas de las líneas telefónicas	La transmisión es limitada por un a línea recta
	Conexión constante	Las frecuencias de enlace de microondas son reguladas por la comisión de comunicaciones
	No tiene tarifa de servicio, debido a que el equipo es propio	Mayor costo en inversión inicial
	Tiempos de retardo en la transmisión bajos Banda ancha que permite multiplexor varios canales sobre una antena	
Radio VHF/UHF	Utilizado en áreas geográficamente remotas de las líneas telefónicas	Costo inicial alto
	Conexión constante	
	No tiene tarifa de servicio, debido a que el equipo es propio	
	Tiempos de retardo en la transmisión bajos	
Satelital	La transmisión puede iniciarse desde cualquier sitio de la tierra	Costo inicial alto
	Conexión constante	
	Medio confiable, transmite gran cantidad de datos	
	Tiempos de retardo en la transmisión mínimo (milisegundos)	
Línea de potencia	No necesita cableado extra	La velocidad puede ser limitada por la distancia
	El medio simplifica el diseño y los costos	
	No necesita licencia para funcionamiento	

- Protocolo: Gobierna el formato de transmisión de datos entre dos estaciones para la elección del protocolo se debe considerar la conexión topológica, el modo de transmisión y las conexiones existentes, éste deberá ser síncrono y en tiempo real.
  - Half-duplex: Modo de transmisión bidireccional con una dirección al tiempo.
  - Full-duplex: Modo de transmisión simultaneo direccional.

### **Equipo de adquisición de datos (DCE)**

Este equipo es el enlace entre el medio de transmisión y las estaciones. El módem es aquel que convierte una señal digital en una señal analógica compatible con el medio de comunicación usado; el manejo de la señal puede ser a través de módems internos, los cuales se encargan de hacer la conversión D/A y A/D tanto en la emisión como en la recepción; estos son denominados tarjetas de adquisición de datos.

De otro lado existen módems externos que realizan la misma función, pero éstos pueden ser removidos sin alterar el funcionamiento definido para el equipo.

La elección del módem implica:

- Medio de enlace
- Modo de transmisión
- Topología utilizada
- Cantidad de cables de potencia
- Comunicación de datos necesitados
- Dispositivos a ser conectados (síncronos o asíncrono)
- Diseño y operación del módem
- Tiempo de respuesta del módems

Los módems disponibles en el mercado son **Cable módem**, para línea de fibra óptica dedicada, módem **DSL**, **ISDN** y **RDSI**, que son para redes telefónicas; la diferencia entre éstos tres últimos es la velocidad de transmisión, siendo la mayor de éstas disponibles en RDSI, pero para la aplicación en éste proyecto su utilización es sobredimensionada debido a que éste tipo de módem envía datos, video y audio, debido a esto se recurre al empleo del módem DSL.

## **Adquisición de datos**

Para establecer comunicación entre el RS View 32, el hardware y los dispositivos a ser usados (instrumentación) se debe especificar el software de enlace entre estos.

El equipo utilizado para cualquier aplicación, puede ser Allen Brabdley o no; en ésta aplicación en particular el software establecido para ello es el Rslinx; éste drive realiza lectura síncrona y tiene acceso de escritura vía interfase de intercambio de datos dinámicos, el Rslinx usa conexión directa de drive para Windows NT 95 y WinIntelligent, de igual manera se hará uso del drive Rslinx gateway, entre las ventajas obtenidas con el empleo del drive encontramos la conectividad hacia todos los drives sobre las estaciones RsLinx Gateway, desde cualquier cliente RsLinx o WinInteligent que tenga conectividad TCP/IP; compatible con Microsoft RAS (Remote Access Server) el cual permite el acceso desde lugares remotos; conectividad OPC (estándar que comunica e intercambia datos entre clientes y servidores, desde lugares remotos).

Los drives de conexión son clasificados según el lugar de aplicación, en :

- MUÑA III : RsLinx Gateway
- Bogotá : RsLinx
- Central Canoas : RsLinx

## **Estación maestra**

La función de la estación remota es obtener un campo de datos mediante lecturas periódicas y/o recepción de datos directamente de las estaciones esclavas o remotas, coordinar el monitoreo y control sobre todos los sistemas a través de su interfase de operador.

El tipo de estación maestra propuesta para la Estación de bombeo Muña III esta compuesta por un computador personal, una tarjeta de comunicación, un software RS View, un software de comunicación servidor WinIntelligent LINX o RSLinx y cables necesarios.

La estación basada en el software RS View es:

- Una estación maestra de cuatro sistemas SCADA separados, cada circuito está configurado para protocolo DF1 Half duplex, cuando es necesario un circuito soportado con protocolo full duplex, se debe conectar a un módem telefónico.
- Un concentrador simultaneo de señales (host), corriendo con un software de interfase de operador.
- Una estación que puede programar una estación esclava a distancia.

### **Estación Sub-maestra**

Una estación sub-maestra está soportada en ambas estaciones remotas Half duplex y Full duplex, la comunicación se realiza mediante dos puertos seriales.

La estación sub-maestra dispuesta es la Central Canoas, la cual consta de un controlador SLC 500 y un computador personal, el controlador debe estar configurado como una estación remota mediante el software RS View y debe estar conectado en su puerto serial el módem maestro ubicado en Muña III, conectado hacia la estación remota.

El módulo de interfase es el enlace con la estación remota y la estación sub-maestra para las estaciones de región determinada, esto para futuras ampliaciones del proceso.

Las funciones establecidas para ésta estación son la de controlar y supervisar el proceso de generación.

### **Estación remota**

Una estación remota o esclava ejerce controles de entradas y salidas de dispositivos como válvulas, equipo de medición y drives, condiciones de monitoreo y alarma, emite reportes de estados a la estación maestra y procesa los comandos recibidos de la estación remota.

Las estaciones remotas propuestas son:

- Oficina Técnica (Bogotá) - Fija : La estación tendrá un software de programación (RsView) el cual estará configurado como estación remota e interfase de operador, solo notificará el estado del proceso más no podrá intervenir con el control del mismo.  
El protocolo a ser empleado es Half duplex, a través de dos puertos seriales de comunicación y un módem DSL
- Computador portátil – esclava móvil : Debe poseer la misma configuración de la estación fija, sin embargo la configuración debe estar sujeta al uso del drive Rs Gateway para su comunicación a distancia a través de la red.

## 10. CONCLUSIONES

1. El análisis y estudio de la instrumentación electromecánica existente en la central no presentan las condiciones suficientes para la implementación del estándar exigido por EMGESA para la unificación de las secuencias de operación. La instrumentación existente tiene deficiencias e inconvenientes en cuanto al grado de protección empleado y manejan una tecnología dispendiosa en el momento de realizar mantenimiento, calibración o reemplazo de partes internas, debido a esto se realizó un estudio detallado de las características de funcionamiento con el fin de comprobar que las características de funcionamiento señaladas en las normas ISA no se cumplen a cabalidad en los instrumentos actuales.
2. La información recolectada de la instrumentación industrial existente en la Central muestra que ésta no es la indicada para la adaptación de un sistema automático, de acuerdo con los requisitos establecidos en las condiciones del proceso establecidas en la norma IEC 1131, ya que la instrumentación electromecánica genera señales de salida de corriente mayor al rango manejado por el controlador programable SLC 500 y por lo tanto no pueden ser vinculados al sistema automático para el desarrollo de la lógica control de las secuencias y el sistema de supervisión.
3. Para el cambio de la instrumentación existente se propone el empleo de transmisores que ofrecen funciones de autodiagnóstico y almacenamiento de datos de las señales de salida, un tiempo de respuesta rápido y una fácil manipulación de la señal en el PLC, debido al manejo de rangos estandarizados de salida. Además facilitan el cumplimiento de las condiciones



y requisitos necesarios para la adaptación de un control automático remoto y local a la Central.

4. La especificación de la instrumentación inteligente fue elaborada considerando las características propias de la variable, las características de operación, tipo de control y las características mecánicas que exige el proceso. La estandarización de una guía de selección de la tecnología según variable para la especificación tiene como objetivo facilitar la adquisición de éstos a los ingenieros de la empresa, en el momento de solicitar éste tipo de instrumentos.
5. El diseño del soporte lógico de las secuencias de arranque y parada de la unidad, exigido por EMGESA S.A., fue realizado con base al funcionamiento de las secuencias actuales y la utilización del controlador lógico programable SLC 500 Allen Brabdeley como medio para la implementación del estándar, el cual facilita el desarrollo del soporte lógico de las secuencias de arranque y paro de la unidad y la adaptación de un sistema supervisor y de comunicaciones en la Central.
6. El desarrollo del soporte lógico fue realizado mediante la reunión de todas las señales de verificación y orden provenientes de los sistemas o estructuras de la unidad con el fin de elaborar una base de datos con la reunión de las señales necesarias para el desarrollo de las secuencias de arranque y paro de la Central exigidas por EMGESA. La base de datos está clasificada por grupos de operación o pasos de evolución, los cuales dictaminan y provocan el avance o retroceso de la secuencia; los pasos o grupos son ordenados de manera que uno debe ir precedido del otro.
7. A las secuencias de operación exigidas por la empresa se adiciona una séptima secuencia denominada Secuencia de protección y alarma, con el fin de

comprobar que todos los sistemas que constituyen la Central estén disponibles para el inicio de cualquier secuencia, ésta secuencia de Protección y alarma debe ser verificada al inicio de cada una de las respectivas secuencias establecidas.

8. La homologación del programa de instrucciones elaborado en el PLC Siemens Simatic V1.4 al controlador SLC 500 Allen Brabdley, para el desarrollo de las secuencias de operación no es inconveniente debido a que éstos dos controladores son compatibles, por lo tanto la lógica de control se maneja de manera igual.
9. La implementación del sistema de supervisión a la Central define como estación maestra a la estación de bombeo Muña III, como estación sub-maestra a la Central Canoas y como remotas a la Oficina técnica en Bogotá y un computador portátil. Para la instalación del sistema supervisor en las estaciones se requiere de la vinculación de una herramienta de programación, la Central cuenta con el software Rs View para éste fin, el software facilita la elaboración de bases de datos en tiempo real, adquisición de datos, tablas de datos y tags, recolección de datos en el históricos, diseño de despliegues y generación de reportes, con el fin de ofrecer una evolución paso a paso del desarrollo de las secuencias de arranque y paro de la unidad.
10. La especificación del sistema de comunicaciones cuenta con la utilización de protocolos Full Duplex entre las estaciones maestra y sub-maestra y Half duplex entre las estaciones maestra y esclavas, tiene una topología en estrella, en donde el punto central es la Estación de bombeo Muña III y las estaciones esclavas son la Oficina técnica en Bogotá, un computador portátil y sub-maestra el controlador lógico SLC 500 en la Central Canoas. Todos los datos manejados para los sistemas de supervisión, comunicaciones y son en

tiempo real, medios de enlace como línea dedicada, telefónica pública para enlace TCP/IP y DDS para la captura de información dinámica; con el fin de facilitar el control del soporte lógico y la supervisión del proceso a distancias considerables.

11. Durante el desarrollo del Proyecto de Grado se aplicaron conocimientos adquiridos en la Universidad y de fuentes fidedignas como profesores, empresas vinculadas al desarrollo de proyectos de carácter similar y las investigaciones hechas en libros y textos relacionados con el tema. El Proyecto adelantado cumplió con los objetivos planteados para la elaboración del mismo, deja constancia de la situación actual de la Central Canoas en cuanto a la instrumentación industrial y propone un soporte lógico para el manejo de las secuencias de operación basadas en el régimen estandarizado de EMGESA. Se presenta éste trabajo como una colaboración para la puesta en marcha del proyecto, aportando conocimientos y experiencias de las vivencias en el desarrollo de este Proyecto de Grado.

## RECOMENDACIONES

1. El soporte lógico de las secuencias de operación desarrolladas en el proyecto en mención, debe ser implementado en el controlador lógico, SLC 500 Allen Bradley, recurso que se encuentra disponible en la Central. En conjunto con la adición de la lógica deben ser vinculados los dispositivos especificados en éste trabajo, dispuesto para su ampliación de capacidad de entradas y salidas.
2. la implementación del sistema Scada a la Central debe realizarse mediante el diseño de las bases de datos dispuestas en cada una de las estaciones, tanto maestras como esclavas, para la adquisición de información y la elaboración de reportes, tendencias e históricos.

Existen dos programas supervisor disponibles en la Central, AIMAX el cual supervisa el registrador de temperaturas, éste se encuentra en la actualidad funcionando. Y el Rs View 32, el cual fue el mencionado en el proyecto, éste no se encuentra en acción, pero se encuentra el programa disponible, con posibilidad de vinculación el controlador lógico Allen Bradley SLC 500.

3. El sistema de Comunicaciones puede ser ampliado a la utilización de unidades remotas de transmisión, las cuales se desean vincular, como sistema de comunicaciones, en las Centrales de generación de Emgesa.

## BIBLIOGRAFIA

ALFATECNICA. Catálogo Krohne. Instrumentos de medida para Caudal, Caudal másico, Nivel, Densidad. Colombia, 06/97, 15 páginas.

ALFATECNICA. Catálogo Krohne. Electromagnetic Flowmeters. Colombia, 06/97, 15 páginas.

ALFATECNICA. Catálogo Krohne. Ultrasonic Flowmeters. Colombia, 16/97, 15 páginas.

ALFATECNICA. Catálogo Krohne. CORIMASS, Mass Flowmeters systems. Colombia, 03/98, 11 páginas.

ALFATECNICA. Catálogo KSR. Control Engineering. Colombia, 08/98, 4 páginas.

ALFATECNICA. Catálogo Krohne. Krohne Products. Colombia, 06/96. 15 páginas.

ALFATECNICA. Catálogo Drexelbrook. Level Measurement Solutions. Colombia, 1996. 15 páginas.

ALFATECNICA. Catálogo Honeywell. Measurement and Control, Products Catalog. Colombia, 1999. CD-ROM.

ALFATECNICA. Conferencia. Control y Medición de Nivel y Flujo, Análisis de tecnología. Colombia, 19 de agosto de 1996. 41 páginas.

BANNISTERS, B.R y WHITEHEAD, D.G. Instrumentación, Transductores e interfaz, 2da edición. España; Mac Graw Hill, 1996, 225 páginas.

CATALOGO GEMS. Level & Flow, Sensors Overview. Colombia, 1998. 3 páginas.

CREUS, Antonio. Instrumentación Industrial 6ta. edición. España; Editorial Mac Graw Hill, marzo de 1998, 350 páginas.

EBC INGENIERIA LTDA. Documentación Sistema Registrador de Temperaturas Central Canoas. Santafé de Bogotá, enero 1999, 21 páginas.

EMPRESA DE ENERGIA DE BOGOTA. Índice de Reles de control de Turbina Escher Wyss. 1970.

INSTRUMATIC. Catálogo VEGA. Product review 1999. Colombia, 1999, 50 páginas.

INSTRUMATIC. Catálogo. Sistema de Instrumentación electrónica industrial. Colombia, 07/98, 70 páginas.

INGETEC. Diagramas Unifilares Central Canoas, Tomo V. Bogotá, 1971.

INGETEC. Manual de Operación y Mantenimiento Central Canoas, Tomo II. 1970

INSTITUTO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Controladores Programables. Santafé de Bogotá; ICONTEC, 1995. IEC 1131/2/3.

INSTITUTO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Instrumentación Industrial. Santafé de Bogotá; ICONTEC, 1984. ISA S-S5.1, S-5.1.1, S-5.3, S-5.5.

OMNICON. Catálogo Allen-Bradley. Flexible Solutions for your Supervisory Control and Data Acquisition needs, Scada System Selection Guide. Colombia, Junio de 1996. 52 páginas.

PLAZAS, Ricardo. Instrumentación industrial, Sistemas de medición y control automático. Bucaramanga; UIS Colombia, 1977, 100 páginas.

SANCHEZ DE LEON, José Nó. Control de procesos industriales por computador. Madrid; Editorial Paraninfo, 1987, 250 páginas.

SOISSON, Harold. Instrumentación Industrial. México; Editorial Limusa, 1980, 200 páginas.

VALENCIA. G, Hernán. Controladores Lógicos Programables (PLC). Medellín; Serie Nabra-Delta No 28, Universidad Pontificia Bolivariana Colombia, 1992, 120 páginas.

## REFERENCIAS DE INTERNET

- INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL

[www.ni.com](http://www.ni.com)

- INSTRUMENTACIÓN TECNOLOGÍA

[www.hp.com](http://www.hp.com)

- INSTRUMENTACIÓN TECNOLOGIA

[www.krohne.com](http://www.krohne.com)

- INSTRUMENTACIÓN TECNOLOGIA

[www.drexelbrook.com](http://www.drexelbrook.com)

- INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL TECNOLOGIA

[www.ksr-kubler.com](http://www.ksr-kubler.com)

- INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL TECNOLOGIA

[www.vega-g](http://www.vega-g)

- INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL TECNOLOGIA

[www.planteng.com](http://www.planteng.com)

- INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL

[www.intech.com](http://www.intech.com)

- SISTEMAS DE SUPERVISIÓN Y CONTROL

[www.iac.honeywell.com](http://www.iac.honeywell.com)

## **LISTA DE ANEXOS**



**ANEXO A**  
**Instrumentación industrial instalada en**  
**la Central Hidroeléctrica Canoas**

El anexo a continuación se ilustra en nueve Fotografías:

1. Interruptor de Presión, localizado en Interruptor de campo - 13.8 kV
2. Interruptor de Presión, localizado en Tuberías presurizadas y Válvulas
3. Interruptor de Presión, Relé Buchholz
4. Interruptor de Nivel, localizado en Tanques oleoneumáticos y Cojinetes
5. Indicador de Nivel, Mirilla en Tanque Oleoneumático del Regulador de velocidad
6. Interruptor de Nivel, localizado en Transformador de potencia
7. Interruptor de Nivel, localizado en Torres de refrigeración
8. Indicador de Nivel, localizado en Tanque oleoneumático de válvulas
9. Interruptores de Flujo, localizado en tuberías del Sistema de refrigeración

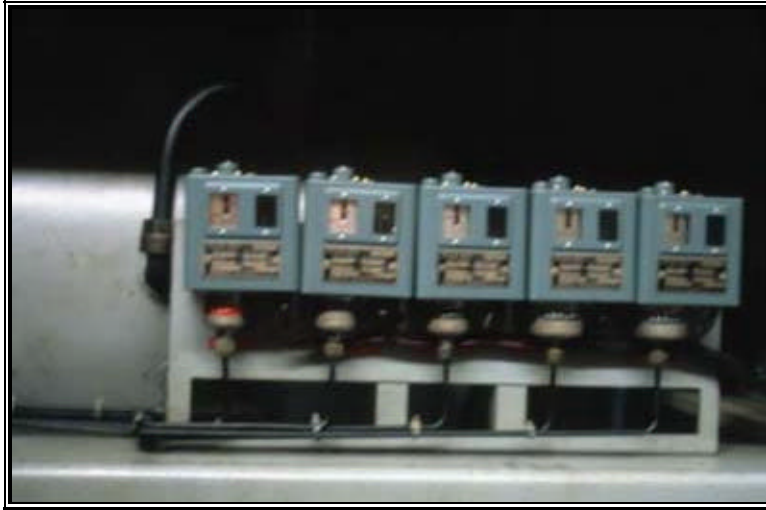


FOTO 1

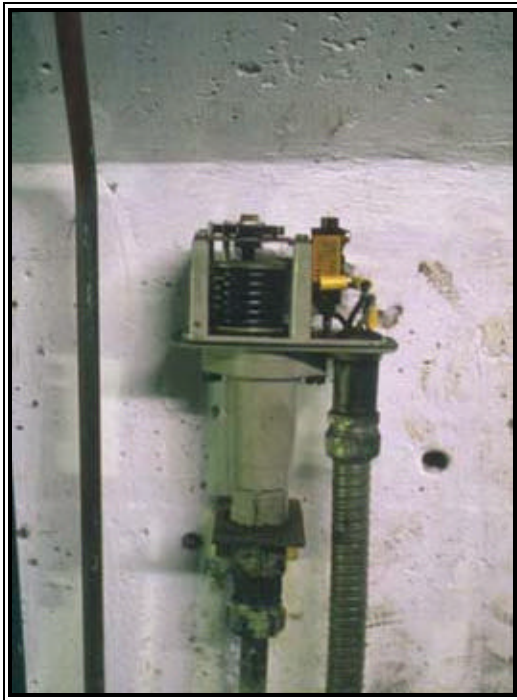


FOTO 2



FOTO 3

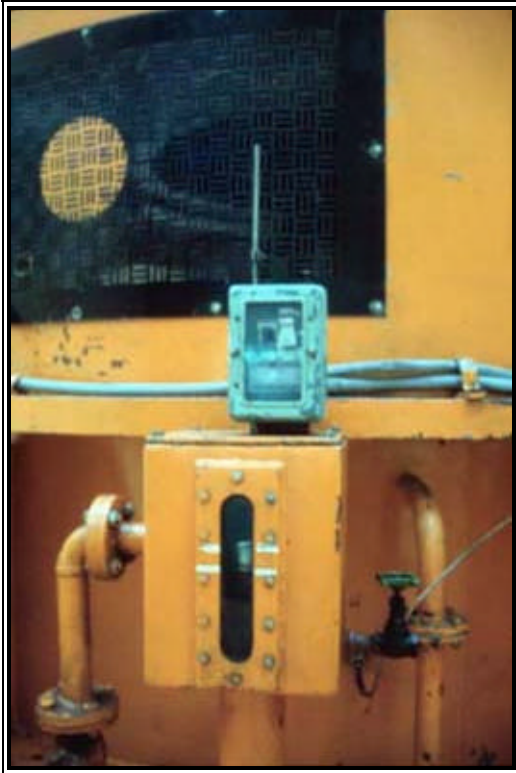


FOTO 4

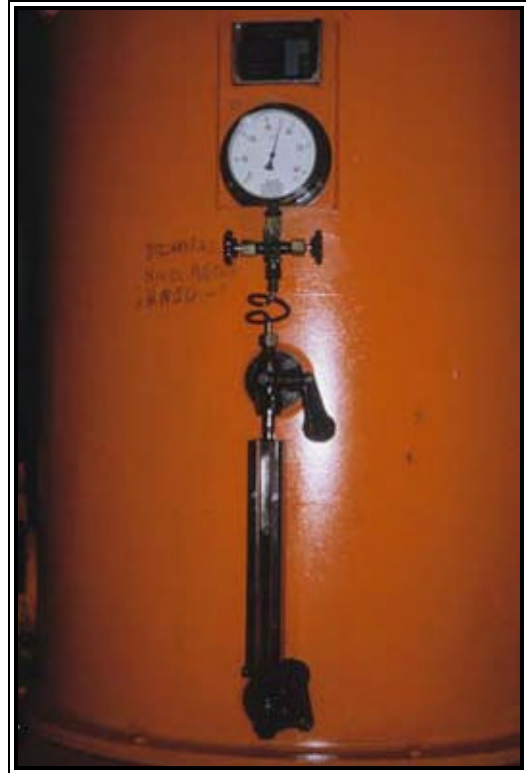


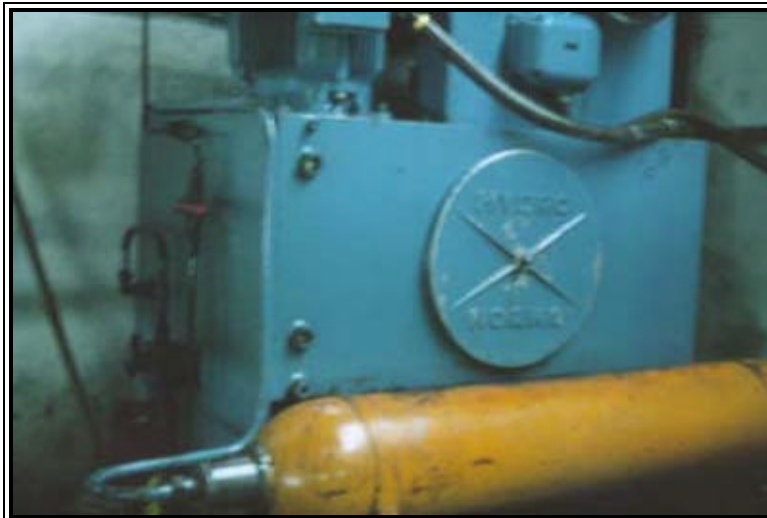
FOTO 5



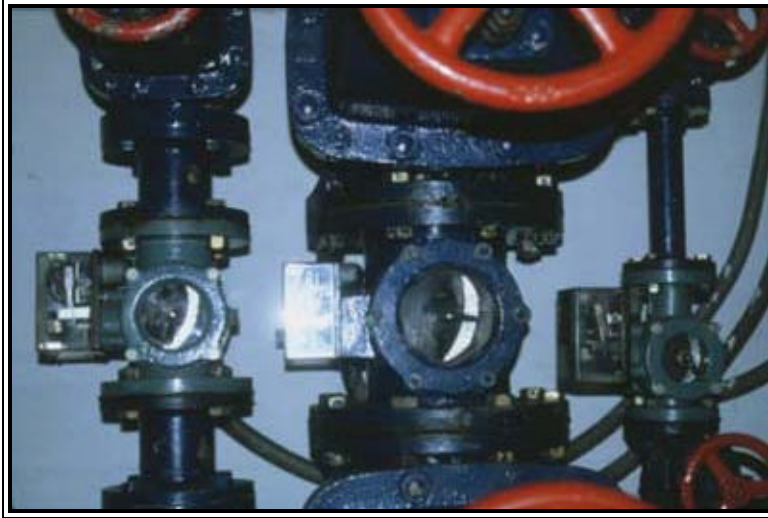
FOTO 6



**FOTO 7**



**FOTO 8**



**FOTO 9**

**ANEXO B**  
**Características técnicas de las estructuras de**  
**la Central Hidroeléctrica Canoas**



EMGESA S.A
Gerencia de Producción
Oficina Técnica
<b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA CENTRAL CANOAS</b>

CARACTERÍSTICA	Unidad	DATO TÉCNICO
<b>GENERALES</b>		
Caída bruta	m	137
Caída neta	m	132
Caudal promedio controlado	m <sup>3</sup>	21,6
Caudal diseño controlado	m <sup>3</sup>	40
Potencia instalada	MW	50
Potencia efectiva	MW	45
Factor de potencia	cos $\phi$	0,8
Descarga nominal	m <sup>3</sup> /seg	43,8
Sentido de giro		Horario
Año de instalación		06-Ago-72
Año de inicio de operación		Ago-72
Tiempo de servicio	años	20
Tiempo cronológico de instalación	años	28
Vida útil remanente	años	41
<b>OBRAS HIDRÁULICAS</b>		
Longitud de Tubería de admisión	m	870
Material de Tuberías externas		Concreto reforzado
Material de Tuberías internas		Acero al bajo carbono
Altura de instalación	msnm	2383
Diámetro de Tubería de admisión	m	3
Presión máxima en tubería de admisión y espiral	kg/cm <sup>2</sup>	15
Presión mínima en tubería de admisión y espiral	kg/cm <sup>2</sup>	12
<b>PARÁMETROS DE OPERACIÓN</b>		
Generación mínima con carga	MW	3
Máxima generación de reactivos	MVAR	37,5
Mínima generación de reactivos	MVAR	0
Tiempo de sincronización	min	2
Tiempo de arranque	min	2
Estatismo	%	5
<b>TANQUE OLEONEUMÁTICO DE VÁLVULAS</b>		
Presión máxima	kg/cm <sup>2</sup>	75
Presión mínima	kg/cm <sup>2</sup>	12
Presión normal	kg/cm <sup>2</sup>	33
Presión de arranque de bomba 9080	kg/cm <sup>2</sup>	33
Presión máxima producida por la bomba 9080	kg/cm <sup>2</sup>	70
Presión de llenado de nitrógeno	kg/cm <sup>2</sup>	30
Presión de servicio máximo en 9087	kg/cm <sup>2</sup>	75
Presión de servicio mínimo en 9087	kg/cm <sup>2</sup>	33
Presión abertura de V.M.T	kg/cm <sup>2</sup>	52
Presión de pos-abertura de V.M.T	kg/cm <sup>2</sup>	13
Presión de freno para cierre de V.M.T	kg/cm <sup>2</sup>	170
Presión abertura de V.B.P	kg/cm <sup>2</sup>	72
Presión de pos-abertura de V.B.P	kg/cm <sup>2</sup>	13
Presión de freno para cierre de V.B.P	kg/cm <sup>2</sup>	170



EMGESA S.A
Gerencia de Producción
Oficina Técnica
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA CENTRAL CANOAS

CARACTERÍSTICA	Unidad	DATO TÉCNICO
Presión abertura de V.M.D	kg/cm <sup>2</sup>	70
Presión de apertura de V.M.D	kg/cm <sup>2</sup>	12
Presión de cierre de V.M.D	kg/cm <sup>2</sup>	180
Presión de frenado de V.M.D	kg/cm <sup>2</sup>	180
Presión bomba 9080	kg/cm <sup>2</sup>	70
Presión máxima en depósito de presión 9087	kg/cm <sup>2</sup>	75
Volumen de aceite del deposito 9087	lt	30
Volumen Tanque Oleoneumático 9085	lt	200
Volumen depósito de presión 9087	lt	30
<b>VÁLVULA MARIPOSA DE ADMISIÓN</b>		
Caudal de agua normal	m <sup>3</sup> /seg	42,7
Caudal de agua máximo	m <sup>3</sup> /seg	53
Diámetro nominal	mm	2200
Presión máxima de servicio	mmca	155
Presión de diseño	kg/cm <sup>2</sup>	18
Presión de aceite	kg/cm <sup>2</sup>	45
Presión posición de apertura	kg/cm <sup>2</sup>	70
Presión de posición abierta	kg/cm <sup>2</sup>	13
Presión máxima de freno	kg/cm <sup>2</sup>	170
Tiempo de abertura	seg	30
<b>TURBINA</b>		
Tipo		Francis/Vertical
Capacidad	MVA	56,25
Potencia nominal	hp / MW	68000/50
Potencia efectiva	MW	45
Velocidad nominal	rpm	327
Velocidad de embalaje	rpm	400
Tiempo de cierre del distribuidor	seg	8
Carrera del servomotor del distribuidor	mm	350
Nivel de aceite en cojinete guía de turbina	lt	115
Material del tanque de cojinete guía de turbina		Acero
<b>REGULADOR DE VELOCIDAD</b>		
Presión máxima en Recipiente de aceite a presión	kg/cm <sup>2</sup>	38
Presión mínima en Recipiente de aceite a presión	kg/cm <sup>2</sup>	27
Presión de aire de compresión en Recipiente de aceite a presión	kg/cm <sup>2</sup>	40
Sobrepresión en Recipiente de aceite a presión	kg/cm <sup>2</sup>	39 kg/cm <sup>2</sup>
Nivel Recipiente de aceite a presión	lt	2370
Nivel de aceite en Tanque sumidero	lt	2350
Presión máxima en las Bombas de aceite	kg/cm <sup>2</sup>	38
Caudal de la Bombas de aceite I – II	lt/min	220
Viscosidad del aceite	°C	6 y 50
Temperatura de aceite regulador	°C	26
Presión de agua en válvula Reguladora de presión	kg/cm <sup>2</sup>	39
Volumen de agua en válvula Reguladora de presión	lt	39
Tiempo de apertura de válvula Reguladora de presión	seg	8
Tiempo de cierre de válvula Reguladora de presión	seg	77





EMGESA S.A
Gerencia de Producción
Oficina Técnica
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA CENTRAL CANOAS

CARACTERÍSTICA	Unidad	DATO TÉCNICO
<b>REGULADOR DE TENSIÓN</b>		
Voltaje nominal	kV	13,8
Voltaje mínimo	kV	13,11
Voltaje máximo	kV	14,5
Corriente nominal	A	2614,81
Devanado Shunt	V	480
Devanado tensión serie	V	48
Devanado corriente serie	A	241
Tiempo de respuesta	seg	3
<b>SISTEMA DE EXCITACIÓN</b>		
Potencia excitatriz principal	kW	230
Voltaje excitatriz principal	Vdc	250
Corriente de excitatriz principal	A	920
Devanado de campo		Shunt
<b>GENERADOR</b>		
Potencia nominal	MVA	62,5
Potencia nominal	MW	50
Máxima potencia activa	MW	40
Máxima potencia reactiva	MVAR	37,5
Velocidad máxima del Compresor	rpm	870
Velocidad mínima del Compresor	rpm	300
<b>TUBERÍAS Y VÁLVULAS DE DERIVACIÓN</b>		
Caudal de diseño de tubería	m <sup>3</sup> /seg.	40
Longitud total de tubería	mm	670
Diámetro de tubería	m	1,3
Presión máxima de agua en tubería	kg/cm <sup>2</sup>	70
Presión de abertura de válvula mariposa	kg/cm <sup>2</sup>	70
Presión de estado abierto de válvula Mariposa	kg/cm <sup>2</sup>	12
Presión de cierre de válvula mariposa	kg/cm <sup>2</sup>	180
Presión de diseño de válvula mariposa	kg/cm <sup>2</sup>	18
Presión de aceite de válvula mariposa	kg/cm <sup>2</sup>	45
Carrera del servomotor de válvula mariposa	600 mm	600 mm
<b>TRANSFORMADOR DE POTENCIA</b>		
Tipo		Banco trifásico
Relación de transformación	kV/kV	123.54/13.8
Potencia	MVA	18/24
Corriente nominal	A	252/336
Tipo de aislamiento		Clase B
Volumen de aceite	lt	12000
Clase de aceite		-Electra 77
Temperatura del aceite	°C	-55
Altura	mm	6250
Altura de operación	msnm	2400

## **ANEXO C**

### **Plano estructural de la Central Hidroeléctrica Canoas**