

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA

“Diseño e Implementación de un Sistema de Control Automático para las Válvulas de Captación del Proyecto Calluma y Nuevo Aeropuerto de Quito de la Estación Recuperadora de Paluguillo”

EDDY ALEJANDRO DE LA TORRE HURTADO

SANGOLQUI – ECUADOR

2008

Sangolquí, junio del 2008

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente proyecto fue desarrollado por EDDY ALEJANDRO DE LA TORRE HURTADO, bajo nuestra supervisión.

Ing. Hugo Ortiz
DIRECTOR

Ing. Rodolfo Gordillo
CODIRECTOR

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, cuyo amor y misericordia permiten que este vivo, y me ha permitido disfrutar de esta vida y llegar a la finalización de este proyecto.

A mis padres, Paquito y Elbita, que con su amor, dedicación y sacrificio me han acompañado en todo lo que implicó la obtención de este título.

A mis hermanos, Esteban y Wladi, por su compañía y ejemplo en varias cosas a pesar de ser menores.

Al personal de la compañía ELSYTEC, ya que sin su apoyo este proyecto no hubiera salido adelante.

A mi director y codirector de tesis, que han colaborado conmigo en este importante paso de mi vida.

A todos mis profesores por su tiempo dedicado para mi formación.

A mis amigos y compañeros de aula por su ayuda, apoyo y sobre todo amistad, en el camino para obtener este título.

A las personas que no creyeron en mi o me pusieron trabas también, ya que eso es un impulso para seguir mejorando.

DEDICATORIA

A la Virgen María, la madre Dolorosa, que siempre me ha cobijado y me ha ayudado a lo largo de mi vida.

A mi familia, mi mamá, mi papá y mis hermanos, por estar siempre ahí.

A, Jorge y Cristina, dos personas muy especiales en mi vida, a quienes siempre llevo en el corazón y aunque no estén aquí estoy seguro de que los volveré a ver.

A mi abuelita Eudoxia y mis abuelitos Carlos y Salomón, que partieron de este mundo, pero su legado es grande y sigue presente.

A mi abuelita María Luisa, que es un regalo del cielo tenerla todavía.

A mis ahijados, Gaby y Diego, que siempre me han demostrado su cariño y afecto.

A mis primos y tíos por todo el afecto que me lo han demostrado siempre.

A mis amigos, por todo el apoyo que me ha dado en los momentos más difíciles y sobre todo por estar ahí.

PRÓLOGO

El crecimiento de las parroquias orientales de Quito, y la próxima presencia del nuevo aeropuerto de Quito en este sector, provocará una mayor demanda de agua potable, por lo que se requiere una fuente que la pueda proveer.

Al ser la estación de Paluguillo la más cercana a la zona, la EMAAP-Q, obtendrá el agua necesaria para el requerimiento de esta zona de dicha estación. Por este motivo, la EMAAP-Q ha desarrollado el proyecto denominado: “Captación del Proyecto Calluma y nuevo Aeropuerto de Quito de la Estación Recuperadora de Paluguillo”.

El objetivo del proyecto es mejorar el servicio de la línea de conducción del Proyecto Calluma, ya existente, captar agua cruda para el nuevo aeropuerto de Quito y mejorar los Sistemas de Agua Potable de las parroquias Orientales.

Dentro del proyecto, para un mejor control y monitoreo del sistema se realizará la automatización del mismo. Esta consiste en regular la apertura de válvulas movidas por actuadores eléctricos de acuerdo a la señal de flujo de agua, la cual es provista por sensores electromagnéticos para las dos tuberías que se están construyendo, una para la línea del Calluma y otra para el nuevo aeropuerto de Quito.

La automatización requiere de nuevos elementos, equipos de alta tecnología y sistemas de comunicación compatibles con el resto de los sistemas de la estación. Además este sistema debe acoplarse al sistema SCADA, existente en la estación.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	I
DEDICATORIA.....	II
PRÓLOGO.....	III
ÍNDICE GENERAL.....	IV

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1. ESTACIÓN RECUPERADORA PALUGUILLO	1
1.1.1 Descripción General Del Sistema Papallacta	1
1.1.2 Datos técnicos de las estaciones del sistema Papallacta.....	4
1.1.2.1 Estación Elevadora	4
1.1.2.2 Estación Booster I	5
1.1.2.3 Estación Booster II	5
1.1.2.4 Estación Recuperadora.....	6
1.1.3 Optimización del Sistema Papallacta	7
1.1.4 Sistema de control y monitoreo del Sistema Papallacta integrado.....	9
1.2. FUNCIONAMIENTO DE LA ESTACIÓN RECUPERADORA	10
1.2.1 Descripción de la línea de Calluma	11
1.2.2 Descripción del nuevo sistema	12
1.3. MARCO TEÓRICO.....	13
1.3.1 Sistema de distribución de agua potable.....	13
1.3.1.1 Origen del agua.....	13
1.3.1.2 Componentes del sistema de abastecimiento	13
1.3.2 Válvulas.....	15
1.3.2.1 Generalidades	15
1.3.2.2 Partes de una válvula	15
1.3.2.2.1 Cuerpo.....	16
1.3.2.2.2 Tapa de la válvula.....	16
1.3.2.2.3 Actuador	17
1.3.2.3 Tipos de válvulas.....	19
1.3.2.3.1 Válvula Mariposa	19
1.3.3 Medición de caudal.....	21
1.3.3.1 Caudal o flujo	21
1.3.3.2 Medidores de caudal	21
1.3.3.2.1 Medidor electromagnético.....	23
1.3.4 Generación de energía hidroeléctrica.....	25
1.3.4.1 Características de una central hidroeléctrica.....	26
1.3.4.2 Turbina hidráulica.....	26
1.3.4.3 Turbina Pelton	27
1.3.5 Sistemas de Control	28
1.3.5.1 Sistema de control en lazo abierto	29
1.3.5.2 Sistema de control en lazo cerrado	30
1.3.5.3 Control ON/OFF	32
1.3.6 Sistemas SCADA	32
1.3.6.1 Interfaz de operador	34

CAPÍTULO 2: INGENIERÍA BÁSICA Y DE DETALLE

2.1. ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS DE CONTROL DE CAUDAL DE LA ESTACIÓN RECUPERADORA	35
2.1.1 Control de caudal a la salida del túnel.....	35
2.1.2 Control del caudal a la salida de la pileta de Recuperadora.....	37
2.2. DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL PARA LAS NUEVAS LÍNEAS.....	38
2.2.1 Consideraciones para el nuevo Sistema	38
2.2.2 Distribución física	39
2.2.3 Variables del sistema	40
2.2.4 Diseño de sistema.....	41
2.2.5 Selección de componentes	42
2.2.5.1 Controlador lógico programable (PLC).....	42
2.2.5.2 Válvulas.....	43
2.2.5.3 Actuadores eléctricos	44
2.2.5.4 Sensores electromagnéticos	45
2.2.5.5 Terminal de operador	46
2.2.6 Arquitectura de control	47
2.2.6.1 Comunicación entre equipos	48
2.2.7 Alimentación y protecciones.....	49
2.2.7.1 Alimentación principal	50
2.2.7.2 Alimentación de equipos	50

CAPÍTULO 3: DESARROLLO DE SOFTWARE

3.1. CONSIDERACIONES	52
3.2. LÓGICA DE CONTROL	53
3.2.1 Diagrama de flujo del sistema	53
3.3. PROGRAMACIÓN DE PLC.....	55
3.3.1 Software de programación	55
3.3.2 Programación de la lógica en Concept.....	56
3.3.2.1 Sec_com	57
3.3.2.2 Tabla_modbus.....	61
3.3.2.3 Comunicación.....	61
3.3.2.4 Sensores	63
3.3.2.5 Estado_movs.....	64
3.3.2.6 Automático	65
3.3.3 Simulación.....	66
3.3.3.1 Resultados de la simulación.....	69
3.4. PROGRAMACIÓN TERMINAL DE OPERADOR	69
3.4.1 Software de programación	69
3.4.2 Programación en Vijeo Designer	70
3.4.2.1 Convenciones de visualización	72
3.4.2.2 Descripción general de las pantallas.....	73
3.4.2.3 Operación del sistema.....	74
3.4.2.4 Descripción detallada de pantallas	74
3.4.2.4.1 Principal.....	75
3.4.2.4.2 Operación	75
3.4.2.4.3 Cámaras	77
3.4.2.4.4 Tendencias	80

3.4.2.4.5 Alarmas.....	80
3.4.3 Simulación.....	82
3.5. PROGRAMACIÓN ADICIONAL AL SISTEMA SCADA.....	83
3.5.1 Software de programación.....	83
3.5.2 Programación en InTouch.....	84
3.5.2.1 Pantallas del sistema de Captación.....	86
3.5.2.1.1 Pantalla Captación Calluma y Nuevo Aeropuerto.....	86
3.5.2.1.2 Pantalla de Históricos.....	88
3.5.3 Inclusión de nuevo sistema a Software HMI existente.....	88

CAPÍTULO 4: IMPEMENTACIÓN

4.1. GENERALIDADES.....	89
4.1.1 Consideraciones Generales.....	89
4.1.2 Trabajos previos a la implementación del sistema.....	89
4.2. IMPLEMENTACIÓN.....	92
4.2.1 Implementación de equipos en las cámaras.....	92
4.2.2 Implementación de equipos en el tablero de control.....	95
4.2.3 Implementación de equipos en cuarto de control.....	97

CAPÍTULO 5: PRUEBAS Y RESULTADOS

5.1. PRUEBAS REALIZADAS.....	101
5.2. RESULTADOS.....	105

CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES.....	108
6.2. RECOMENDACIONES.....	109

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	111
--	------------

ANEXO I. PROGRAMA DE PLC

ANEXO II. PLANOS

ANEXO III. VISIÓN GENERAL DEL PROTOCOLO MODBUS

ANEXO IV. DATASHEETS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1. ESTACIÓN RECUPERADORA PALUGUILLO

1.1.1 Descripción General Del Sistema Papallacta¹

El Sistema Papallacta es un sistema de conducción de aguas, diseñado para proveer de agua a gran parte de la ciudad de Quito, que surgió en respuesta al desabastecimiento de agua que ésta sufrió en los años ochenta. Este proyecto inicio su construcción en 1987 y su objetivo era proveer de $3 \text{ m}^3 / \text{s}$ de agua adicionales a la ciudad de Quito, ya que el caudal existente en ese entonces resultaba insuficiente. El agua llega a Quito desde el sector de la Parroquia de Papallacta, en el cantón Quijos (4000 msnm.), a una distancia de 60 Km. al Oriente de Quito, como se muestra en la figura 1.1.

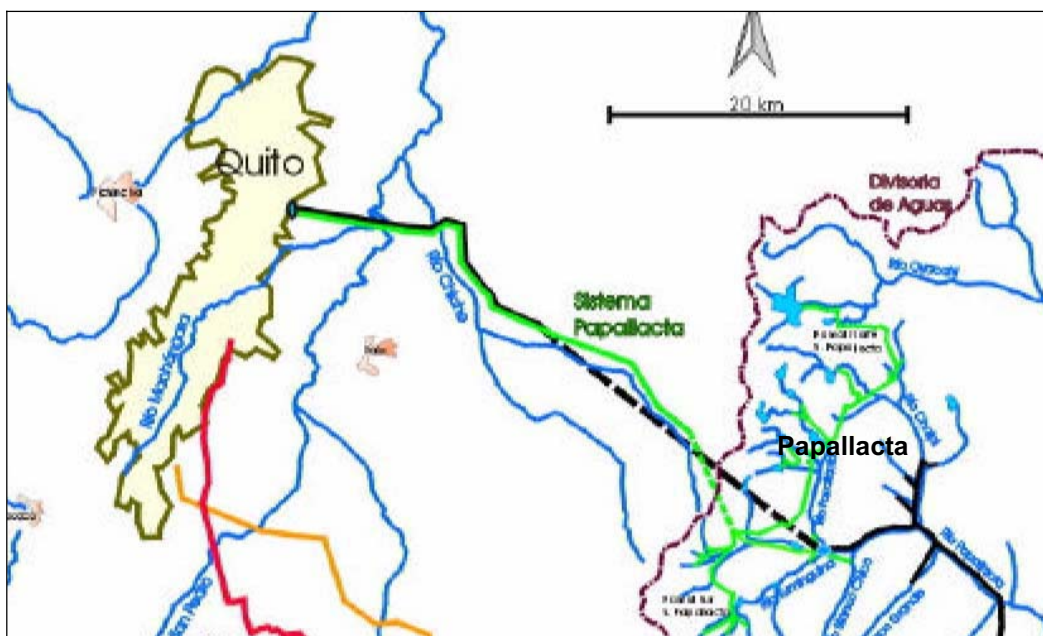


Figura 1. 1. Recorrido del acueducto sistema Papallacta

¹ Presentación del Sistema Papallacta Integrado Agua e Hidroelectricidad, EMAAP-Q

El agua es extraída de 3 fuentes: el río Blanco Chico, el río Tuminguina y el río Papallacta, los cuales aportan con los siguientes caudales al sistema:

Río Blanco Chico: $0.7 \text{ m}^3/\text{seg.}$

Río Tuminguina: $2.2 \text{ m}^3/\text{seg.}$

Río Papallacta: $1.7 \text{ m}^3/\text{seg.}$

Caudal total: $4.6 \text{ m}^3/\text{seg.}$

El agua de estas vertientes es pretratada en un sistema que se compone de una cámara circular de llegada (para la reunión de los caudales), un desarenador de hormigón armado y una reserva de agua cruda del mismo tipo de construcción, de 38.000 m^3 de capacidad. Luego es transportada por un sistema de conducción que se divide en dos etapas: conducción por impulsión y conducción por gravedad.

Conducción por impulsión

Esta etapa esta conformada por 3 estaciones de bombeo: Elevadora, (3122 msnm) en la que se encuentra el sistema de pretratamiento, Booster I (3142 msnm) y Booster II (3446 msnm). Estas permiten, mediante circulación forzada en una longitud de 7 Km. y una tubería de 48 pulgadas de diámetro, transportar aguas pretratadas desde la pileta de la Estación Elevadora hasta la entrada del túnel Quito de conducción superando el desnivel de 600 m.

El agua es impulsada por 5 motobombas centrífugas verticales de 500 KW, desde la estación Elevadora hasta Booster I, aquí es impulsada por 5 bombas centrífugas horizontales de 2800 KW, hasta la estación Booster II, y de aquí el agua es impulsada hacia la entrada del túnel Quito por un grupo de bombas igual al existente en la estación Booster I.

Conducción por gravedad

Esta etapa la constituyen el túnel Quito de 6.1 Km. de longitud, la estación recuperadora de Energía, una estación reguladora de caudal, desagües automáticos y una tubería de conducción de 48 pulgadas que permite llevar el agua hasta la planta de Bellavista.

El túnel Quito, donde empieza la etapa de conducción, está perforado en roca, posee una pendiente de 1/1000, un diámetro de 3.35 m y una longitud 6.1 Km. Desde la salida del túnel se encuentra instalado un tramo de 6 Km. de tubería reforzada de 48 pulgadas, cuyo espesor varía entre 0.25 y 0.75 pulgadas, que se conecta a la Estación Recuperadora de energía.

Dentro de la Estación Recuperadora, se encuentra una cámara de descarga de la turbina (o pileta de descarga), en la cual empieza el sifón de conducción, con una tubería de 48 pulgadas que desemboca en la planta de tratamiento de Bellavista, luego de un recorrido de 35 Km. Esta conducción inferior está compuesta por una estación reguladora de caudal, en la que se encuentra una válvula esférica 5 Km. aguas abajo de la Estación Recuperadora, y tres desagües principales en los ríos Chiche, San Pedro y Machángara, en los cuales las presiones bordean los 1000 psi. En la figura 1.2. se puede ver el recorrido de todo el sistema y la ubicación de las diferentes estaciones.

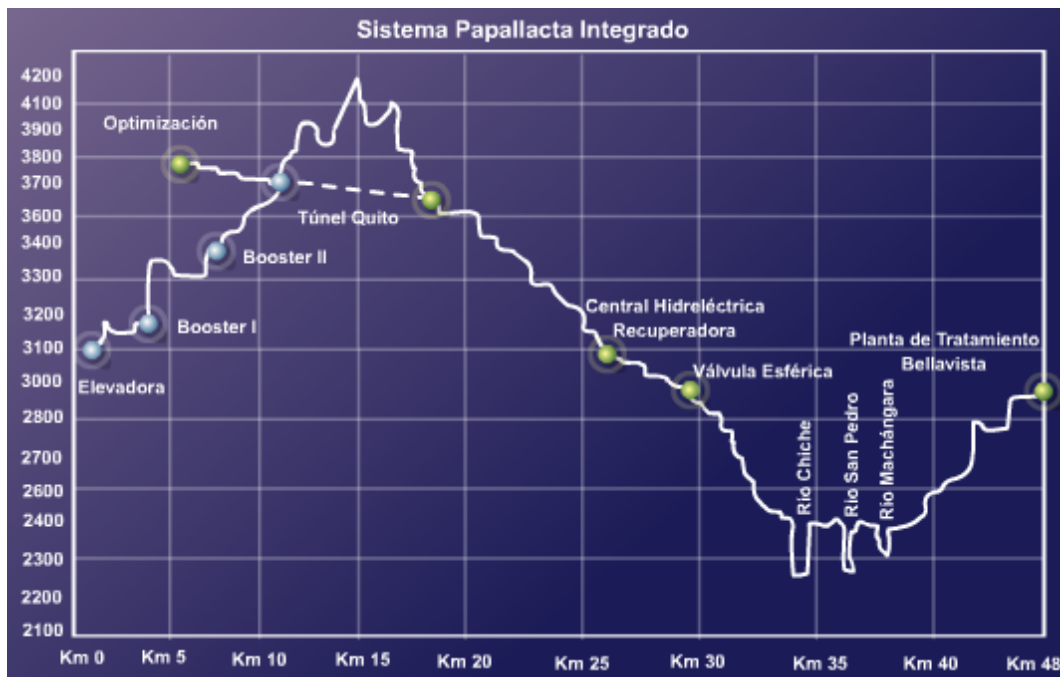


Figura 1. 2. Perfil de terreno del sistema Papallacta Integrado

Una vez que el agua llega a la planta de Bellavista, es tratada para que pueda ser apta para el consumo humano. La planta tiene una capacidad de proceso de 3.000 l/seg. El sistema de tratamiento se compone de:

- reserva de agua cruda de 64.000 m³,
- dispersor para agregado de productos químicos,
- 4 clarificadores a contacto de barros de 845 m² de sección,
- 10 filtros dobles con manto de arena y un área de filtración de 175 m² cada uno.

Complementario a esto, existe en la planta la Casa Química, de 2.800 m² de construcción en tres plantas, el edificio para almacenamiento de cloro, la subestación transformadora y las áreas de servicios. Además, se han construido edificios destinados a mantenimiento, laboratorios de ensayos, áreas de administración y sistemas de control central para todo el sistema.

1.1.2 Datos técnicos de las estaciones del sistema Papallacta²

1.1.2.1 Estación Elevadora

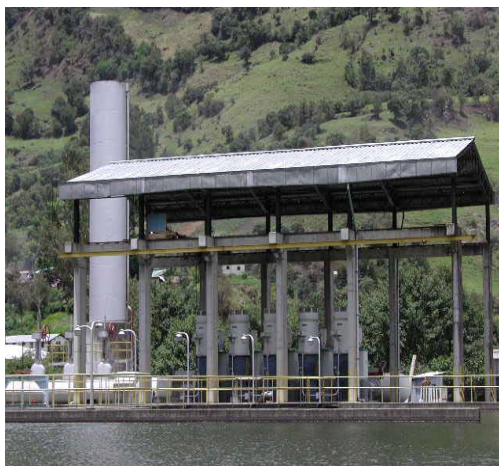


Figura 1. 3. Estación Elevadora

- Altitud: 3122 msnm
- Unidades Verticales de Bombeo: 5
- Potencia / unidad: 476 KW
- Voltaje Nominal: 6.6 KV, 60Hz , trifásico
- Velocidad: 900 rpm

² Consorcio SCHORCH SULZER THYSEN, Anexo Proyecto Papallacta Estación Booster I, Quito 18 de Mayo 1989

- Caudal / Unidad: 750 lt/seg
- Pileta de Reserva: 34.000 m³
- Operación: Local y remota

1.1.2.2 Estación Booster I



Figura 1. 4. Estación Booster I

- Altitud: 3142 msnm
- Unidades Horizontales de Bombeo: 5
- Potencia/ unidad: 2800 KW
- Voltaje: 6.6 KV, 60Hz, trifásico
- Velocidad: 3600 rpm
- Caudal / Unidad: 750 lt/seg
- Subestación Eléctrica: 6.6 KV a 138 KV , 14.7 MW

1.1.2.3 Estación Booster II



Figura 1. 5. Estación Booster II

- Altitud: 3416 msnm
- Unidades Horizontales de Bombeo: 5
- Potencia/ unidad: 2800 KW
- Caudal / Unidad: 750 lt/seg.
- Subestación Eléctrica: 6.6 KV a 138 KV, 14.7 MW
- Voltaje/ unidad: 6.6 KV, 60Hz, trifásico
- Velocidad: 3600rpm
- Caudal / Unidad: 750 lt/seg.

1.1.2.4 Estación Recuperadora



Figura 1. 6. Estación Recuperadora

Generador

- Potencia : 14.76 MW
- Velocidad de Rotación : 720 rpm
- Año de fabricación : 1989
- Fabricante : Schorch – Alemania

Turbina

- Altura Bruta: 634.9 m
- Altura Neta: 606.9 m
- Número de Inyectores: 3
- Diámetro Medio del Rotor Di: 1270mm
- Número de Alabes: 21

- Diámetro Exterior del Rotor Da: 1603mm
- Velocidad de Rotación : 720 rpm
- Sentido de Giro: Contra las agujas del reloj.
- Caudal: 3m³/seg.

Bypass

- Válvula de Contención
- Válvula Mariposa
- Válvula Disipadora
- Caudal : 3 m³

Pileta de Compensación

- Capacidad : 450 m³

Subestación Eléctrica

- 6.6 Kv a 138 Kv

1.1.3 Optimización del Sistema Papallacta

En 1998, se complementa el sistema Papallacta integrado, con la realización del proyecto de Optimización. Varias razones impulsaron el desarrollo de este proyecto:

- El alto costo que tiene el consumo de energía para el bombeo
- La disponibilidad de agua en las cuencas altas de Papallacta
- La posibilidad de construir una reserva de agua cruda que permita la regulación en la provisión de agua y consecuentemente en la generación de energía eléctrica.

La Optimización Papallacta tiene tres reservas principales de agua:

- El embalse Salve Faccha, con un volumen útil de 10'500.000 m³ y un caudal regulado de 600 l/s.
- El dique Mogotes con un caudal regulado de 400 l/s con una capacidad del embalse de 4'500.000 m³.

- La laguna Sucus con una capacidad de 1'500.000 m³.

A lo largo de la tubería de conducción de acero de 33 Km. aproximadamente, con 48 pulgadas de diámetro, se incorporan las captaciones secundarias: Quillugsha No. 2, Quillugsha No. 3, Chalpi, Guaytaloma, Gonzalito, el Glaciar, Vikingos y el Venado, los túneles Guaytaloma y Baños 33 Km. con una de línea de conducción de agua en tubería de acero entre 48 y 16 pulgadas.

El Sistema de Optimización cuenta con otras dos reservas de agua: el Dique Mogotes y la Lagunas Sucus, que en conjunto pueden almacenar 5'000.000 m³, los cuales se incorporan a la conducción principal, la misma que finaliza en la entrada al túnel Quito, en donde confluyen los aportes del Sistema de Bombeo de Papallacta. En la figura 1.7. se observa el recorrido del sistema de optimización.



Figura 1. 7. Optimización Papallacta

Con el ingreso del proyecto Optimización del Sistema Papallacta, se aumentó el caudal por gravedad, permitiendo recuperar toda la energía requerida en el bombeo (Estación Recuperadora), además de comercializar los excedentes en el marco del Mercado Eléctrico Mayorista (MEM).

La característica fundamental de la Optimización Papallacta, es la capacidad de reserva de agua cruda en sus represas, de esta manera se dispone de una regulación mensual, con lo que se garantiza agua para la distribución y para la generación eléctrica. Estos embalses además constituyen las reservas estratégicas de agua para la ciudad de Quito. El caudal regulado de Optimización es de 1600 l/s.

1.1.4 Sistema de control y monitoreo del Sistema Papallacta integrado

Para el control y monitoreo de este sistema, se ha implementado un Sistema SCADA, el cual mediante comunicación, dentro en una red WAN (red de área amplia), interconecta cada una de las estaciones del sistema con la estación central ubicada en la planta de tratamiento de Bellavista, desde la cual se monitorea y controla todo el sistema. La aplicación del Sistema SCADA fue desarrollada bajo In Touch 9.0, un software de la compañía Wonderware, del cual se tratará en capítulos posteriores.

Cada estación de bombeo, así como la Estación Recuperadora, cuentan con una estación SCADA local, en la que se realizan tareas de control y monitoreo de parámetros eléctricos, hidráulicos y mecánicos de los diferentes sistemas de cada estación.

Dentro del sistema, se controla el nivel de las diferentes cámaras y el caudal de los diferentes tramos de tubería. Esto para evitar accidentes por subidas de presión, desbordes o falta de agua en equipos como las bombas.

Para esto se cuenta con varias arquitecturas y lazos de control dentro de las estaciones. En éstas se cuenta con elementos de campo (sensores, válvulas, indicadores) y elementos de control (PLC's), a los cuales están conectados botoneras o terminales de operación para el manejo de los diferentes lazos de control.

Para la comunicación y la entrada de señales se utilizan varios buses de campo, como la de 4-20mA, RS-485, ethernet, etc. Y por esta razón varios protocolos, Modbus, Hart, TCP/IP.

1.2. FUNCIONAMIENTO DE LA ESTACIÓN RECUPERADORA

El objetivo de la esta estación de energía, es recuperar energía necesaria para el sistema de bombeo. Al principio del proyecto, solo se recuperaba una parte, pero al aumentar el caudal por gravedad, con el ingreso del proyecto de optimización del sistema Papallacta³, permite utilizar la generación máxima de la central.

La estación Recuperadora de energía esta ubicada a 3110 msnm y aprovecha el tramo de gravedad de 607 de altura desde la salida del túnel Quito, que esta a 3717 msnm, para la generación de energía.

A la entrada de agua de la estación se encuentra una válvula reguladora de caudal operada eléctricamente. Luego el agua cruda que ingresa a la estación puede tomar dos vías: ingresar a la turbina de generación, o ingresar al sistema de by-pass.

La turbina es de tipo Pélton de eje Horizontal con tres inyectores de aguja, la cual esta acoplada a un generador sincrónico trifásico de 720 RPM. Este generador produce una energía de máxima de 14.7 MW. La turbina se encuentra dentro de un edificio, en el cual también se encuentra en cuarto de control. En la figura 1.8. se puede observar el edificio de la estación donde se encuentra la turbina de generación.



Figura 1. 8. Turbina Estación Recuperadora

³ Presentación del sistema Papallacta integrado, EMAAP-Q

En el cuarto del control se puede controlar y monitorear los parámetros para el funcionamiento de la central, dentro de los cuales están las temperaturas, la apertura de los inyectores, el nivel de la cámara de descarga, etc.

Luego de pasar por la turbina, el agua desemboca en la cámara de descarga para luego ingresar al sifón de conducción mencionado anteriormente, y una parte hacia la planta de tratamiento de Calluma, en la parroquia de Pifo.

El sistema de by-pass es un ramal paralelo a la turbina hidráulica se halla instalada una válvula reductora de presión tipo polyjet. Este entra a operar automáticamente cuando se realizan trabajos de mantenimiento de la turbina o del generador, o por alguna razón adicional que impida el paso del agua por la turbina, esto impide el desabastecimiento de agua en la Planta de Bellavista.

La generación de la central recuperadora permite el autoabastecimiento de la central, en incluso se comercializa los excedentes en el Mercado Eléctrico Mayorista (MEM). Sin embargo, en ocasiones, como el mantenimiento de la turbina o el generador, la estación toma la energía que necesita del sistema de la empresa eléctrica.

1.2.1 Descripción de la línea de Calluma

La línea hacia la planta de tratamiento de Calluma, en la parroquia de Pifo, tiene un diámetro de 6 pulgadas y lleva agua cruda desde la pileta de la estación Recuperadora, cubriendo un tramo de aproximadamente 15 Km.

El caudal que pasa por la tubería es de 30 l/s aproximadamente constantes. Este caudal es medido a través de un sensor electromagnético de marca Endress & Hauser modelo PROMAG 50, el cual envía una señal analógica de 4 a 20 mA hacia un PLC existente en la estación, en donde se realiza el escalamiento necesario para luego enviarlo al sistema SCADA de la estación.

El sensor se encuentra en un tramo de tubería al que se puede acceder debido a que está dentro de una cámara subterránea. Dentro de la cámara no existe ninguna válvula. Todo esto se lo puede observar en la figura 1.9.



Figura 1. 9. Cámara antigua línea de Calluma

1.2.2 Descripción del nuevo sistema

Con la construcción del nuevo aeropuerto de Quito, también es necesario la realización de varios proyectos y obras complementarias, una de estas es la de proveer de agua al Aeropuerto y los sectores aledaños. Con esta base y los requerimientos propios de la EMAAP-Q, se mentalizó el proyecto “Captación del Proyecto Calluma y Nuevo Aeropuerto de Quito de la Estación Recuperadora de Paluguillo”.

El proyecto consiste en abrir dos líneas nuevas de captación, una para el nuevo aeropuerto de Quito y las poblaciones cercanas a este, y otra para Calluma, que reemplace a la anterior, en las que se incluyan una válvula reguladora de caudal y un medidor de flujo en cada línea.

Por estos nuevos requerimientos, se construirán dos nuevas cámaras subterráneas, una para cada línea, en las que se colocarán un sensor de flujo y una válvula reguladora por cada una de estas. El sensor de flujo para la línea de Calluma será el existente.

Al igual que el tramo de la Recuperadora a Bellavista, el agua llegará al nuevo Aeropuerto y a Calluma por gravedad.

1.3. MARCO TEÓRICO

1.3.1 Sistema de distribución de agua potable⁴

1.3.1.1 Origen del agua

Para los sistemas de distribución de agua lo primero es saber donde encontrar una fuente de agua. El agua puede provenir de las siguientes fuentes:

- Agua de lluvia (almacenada en aljibes)
- Agua proveniente de manantiales naturales, donde el agua subterránea aflora a la superficie;
- Agua subterránea, captada a través de pozos o galerías filtrantes;
- Agua superficial, proveniente de ríos, arroyos, embalses o lagos naturales;
- Agua de mar.

El origen del agua, determina la forma de almacenamiento, transporte, y tratamiento que esta debe tener para ser considerada como agua potable.

1.3.1.2 Componentes del sistema de abastecimiento

El sistema de abastecimiento de agua potable más complejo, que es el que utiliza aguas superficiales, consta de cinco partes principales, que son:

- Almacenamiento de agua bruta;
- Captación;
- Tratamiento;
- Almacenamiento de agua tratada;
- Red de distribución.

Almacenamiento de agua

Cuando la fuente de agua no garantiza un caudal suficiente para el abastecimiento de manera continua, es necesario almacenar el agua. En el caso de los ríos o arroyos se construyen embalses.

⁴ www.wikipedia.org, Red_de_abastecimiento_de_agua_potable

Captación

Luego de que se ha ubicado la fuente, y de ser el caso se necesita almacenarla, se procede a captarla. La captación de agua es recoger el agua de la fuente para llevar a las plantas de tratamiento. Debe hacerse con todo cuidado, protegiendo el lugar de posibles contaminaciones, delimitando un área de protección cerrada.

La captación de las agua superficiales se hace a través de las bocatomas, en algunos casos se utilizan galerías filtrantes paralelas al curso de agua para captar las aguas que resultan así con un filtrado preliminar.

Tratamiento

El tratamiento del agua, para hacerla potable, es la parte más delicada del sistema. El tipo de tratamiento varía en función de la calidad del agua bruta. Una planta de tratamiento de agua potable, generalmente consta de los siguientes componentes:

- **Reja** para la retención de material grueso, tanto flotante como de arrastre de fondo;
- **Desarenador**, para retener el material en suspensión de tamaño fino;
- **Floculadores**, donde se adicionan químicos que facilitan la decantación de sustancias en suspensión coloidal y materiales muy finos en general;
- **Decantadores**, o **sedimentadores** que separan una parte importante del material fino;
- **Filtros**, que terminan de retirar el material en suspensión;
- **Dispositivo de desinfección.**

Almacenamiento de agua tratada

El almacenamiento del agua tratada tiene la función de compensar las variaciones horarias del consumo, y almacenar un volumen estratégico para situaciones de emergencia, como por ejemplo incendios. Existen dos tipos de tanques para agua tratada:

- Tanques apoyados en el suelo;
- Tanques elevados.

Red de distribución

La red de distribución se inicia en el tanque de agua tratada y termina en la vivienda del usuario del sistema. Consta de:

- Estaciones de bombeo;
- Tuberías principales, secundarias y terciarias.

1.3.2 Válvulas

1.3.2.1 Generalidades

Las válvulas son elementos mecánicos que son utilizados para permitir o impedir, de manera parcial o total, el paso de líquidos o gases (fluidos) a través de ductos como tuberías o mangueras.

Válvulas de control

Dentro de los sistemas automáticos de control, las válvulas son un elemento muy importante, ya que son las encargadas de regular el caudal del fluido.

1.3.2.2 Partes de una válvula

Una válvula básicamente esta formada por dos partes principales: un cuerpo y un actuador. En la figura 1.10. se puede ver un ejemplo de una válvula con sus componentes principales.

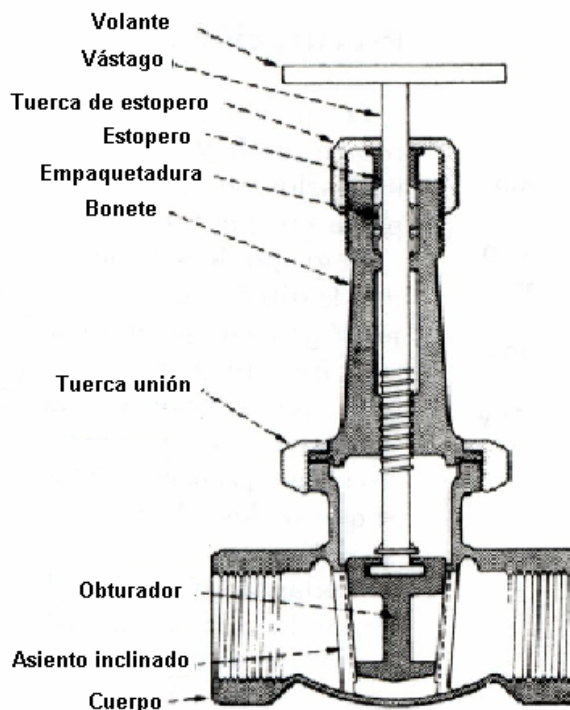


Figura 1. 10. Partes de una válvula de compuerta

1.3.2.2.1 Cuerpo

Es la parte que sirve de soporte para los demás elementos, dentro de este se encuentra el obturador, los asientos y las bridas o roscas para acoplarse a las tuberías, además de otros elementos según el tipo de válvula. El obturador es el elemento que permite o no el paso del fluido a través de la válvula, este se conecta de manera mecánica al actuador.

Entre las características que debe tener el cuerpo, está que debe resistir la temperatura y la presión del fluido, sin pérdidas, tener el tamaño adecuado para el caudal que debe controlar y ser resistente a la erosión o a la corrosión producidas por el fluido ⁵.

1.3.2.2.2 Tapa de la válvula

Es la parte que une el cuerpo al actuador. A través de la tapa se desliza el vástago del obturador.

⁵ CREUS, Antonio, Instrumentación industrial, 5a. edición, Alfaomega grupo editor S.A., Barcelona-1993

Para evitar que el fluido escape por la tapa existe una caja de empaquetadura entre éste y el vástago. Entre las características de la empaquetadura están que debe ser elástica, con bajo coeficiente de rozamiento, y ser aislante eléctrico.

Una empaquetadura normal no proporciona un sello perfecto del fluido. Para fluidos tóxicos, corrosivos, radiactivos o muy valiosos, se debe asegurar que el sellado sea total, para esto se deben usar empaquetaduras especiales.

1.3.2.2.3 Actuador

Es el elemento mediante el cual se regula el cierre o apertura de la válvula, puede ser manual, o en sistemas de control, neumático, eléctrico o hidráulico. A estos tres últimos se los conoce también como servomotores.

Los servomotores hidráulicos se basan en una bomba la cual inyecta el líquido hidráulico a una servoválvula. Esta acciona un pistón acoplado al vástago que permite la apertura o cierre de la válvula.

Los servomotores neumáticos básicamente constan de un diafragma con resorte el cual recibe una entrada de presión de aire según la cual abre o cierra la válvula. Esta presión generalmente es de 3 psi para una posición extrema (abierto o cerrado) y 15 para la otra posición extrema.

Los servomotores eléctricos se conforman por un motor eléctrico el cual esta acoplado al vástago de la válvula a través de una cadena de engranajes⁶. El motor eléctrico se caracteriza por tener un par elevado y prácticamente constante, y una alta eficiencia. Estos motores también suelen tener baja inercia.

Existen 3 tipos de circuitos de control que se usan para este tipo de servomotores: todo o nada, flotante o proporcional.

⁶ CREUS, Antonio,

Todos estos circuitos cuentan con un mando de control y fines de carrera para las posiciones de apertura y cierre, la diferencia esta en el tipo de motor y la forma de accionamiento.

El circuito todo-nada, se conforma de un motor unidireccional que solamente puede recibir una señal del elemento de control para abrir o cerrar la válvula, no tiene posición intermedia, ya que el contacto del elemento de control solo tiene estas dos posiciones. El diagrama del circuito se observa en la figura 1.11.

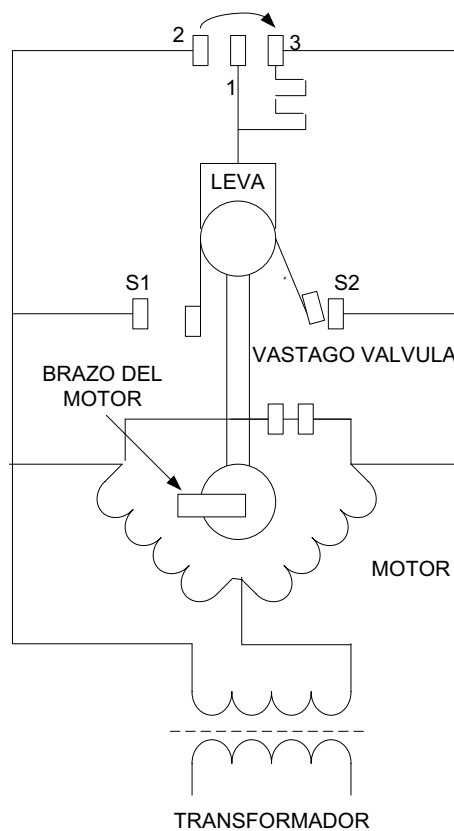


Figura 1. 11. Servomotor eléctrico todo-nada

El circuito flotante se conforma de un motor bidireccional que gira tanto a izquierda o derecha según el electo de control. Se puede detener al medio camino si el mando no se activa o llega al fin de carrera de la posición abierto o cerrado. El contacto del elemento de control es móvil por lo que puede quedar flotando para que el motor permanezca quieto.

El circuito proporcional consta de un motor junto con un relé de equilibrio y un potenciómetro de equilibrio. Gracias a estos dos elementos el motor se puede mover según una señal de control, que casi siempre es la variable de proceso. Permite un mejor control de apertura que el circuito flotante. El contacto de control de los anteriores circuitos es reemplazado aquí por el potenciómetro de equilibrio.

1.3.2.3 Tipos de válvulas

Las necesidades de la industria, ha promovido el desarrollo de varios tipos de válvulas según ciertos parámetros como el movimiento de su obturador, el diseño del cuerpo, la función que cumplen, incluso por el material.

Por la manera de movimiento del obturador pueden ser de movimiento lineal o movimiento circular. Por la función que cumplen pueden ser de bloqueo, de regulación o de retención.

Dentro de las válvulas más utilizadas en la industria están:

- Válvula de compuerta
- Válvula de globo
- Válvula de bola
- Válvula de Mariposa
- Válvula de diafragma
- Válvula check o de retención
- Válvula de alivio

Cada una de las válvulas mencionadas anteriormente tiene diferente forma, diferentes funciones, y diferente movimiento de obturador.

1.3.2.3.1 Válvula Mariposa

El cuerpo de esta válvula corresponde a un anillo cilíndrico dentro del cual gira transversalmente un disco circular (obturador). El anillo del cuerpo

internamente tiene adherido un anillo de goma, con el cual se hace un sello casi hermético el momento de un cierre total. Un actuador mueve el eje del disco, el cual puede moverse desde 0 a 90°, por eso también se dice que esta válvula es de ¼ de vuelta. En la figura 1.12. se puede ver un ejemplo de válvula mariposa.

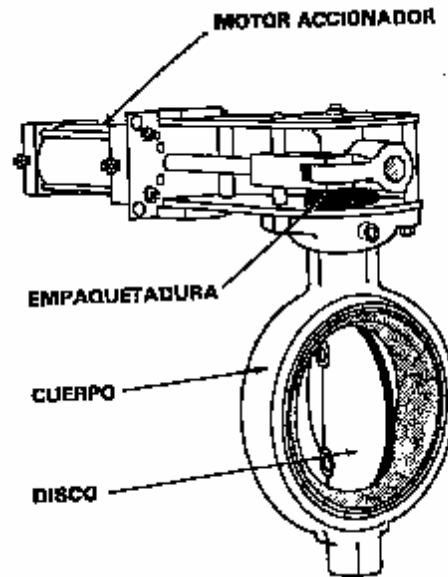


Figura 1. 12. *Válvula de mariposa*

Estas válvulas son usadas para grandes masas de líquidos o gases a baja presión. Puede servir tanto para bloqueo o estrangulación. Se usa en sistemas de control que no necesiten un cierre totalmente hermético.

Sirve para líquidos, gases, pastas semilíquidas y líquidos con sólidos en suspensión

Entre las ventajas del uso de esta válvula están que es ligera en peso, compacta, tiene circulación en línea recta y requiere poco mantenimiento.

Las desventajas de esta válvula son que necesita de un par alto para su accionamiento, tiene una capacidad limitada para caída de presión y es propensa a la cavitación.

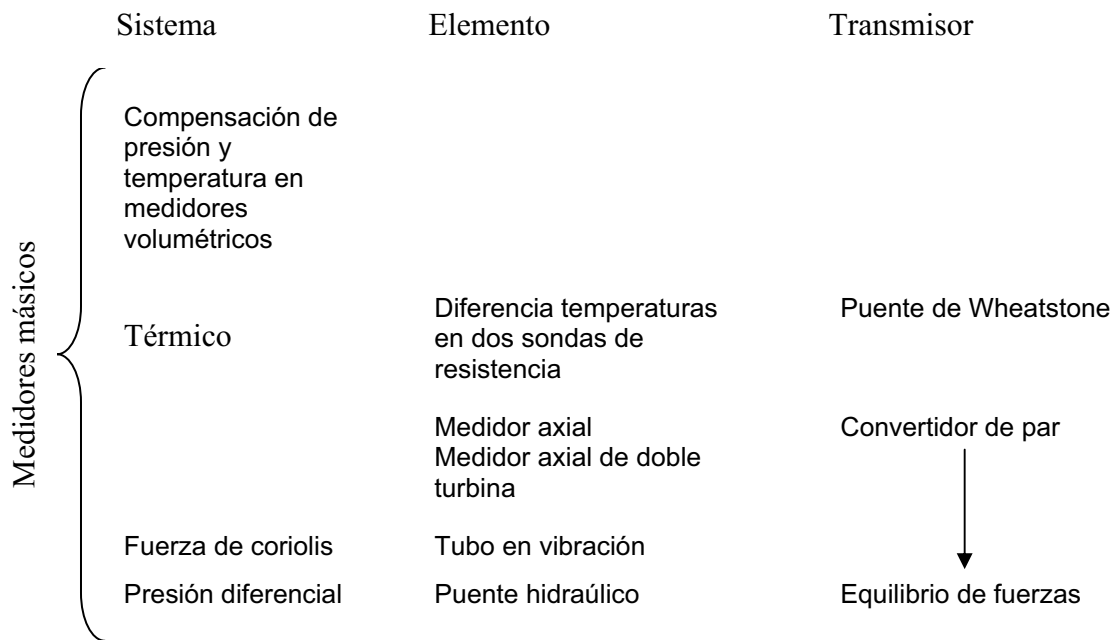
1.3.3 Medición de caudal

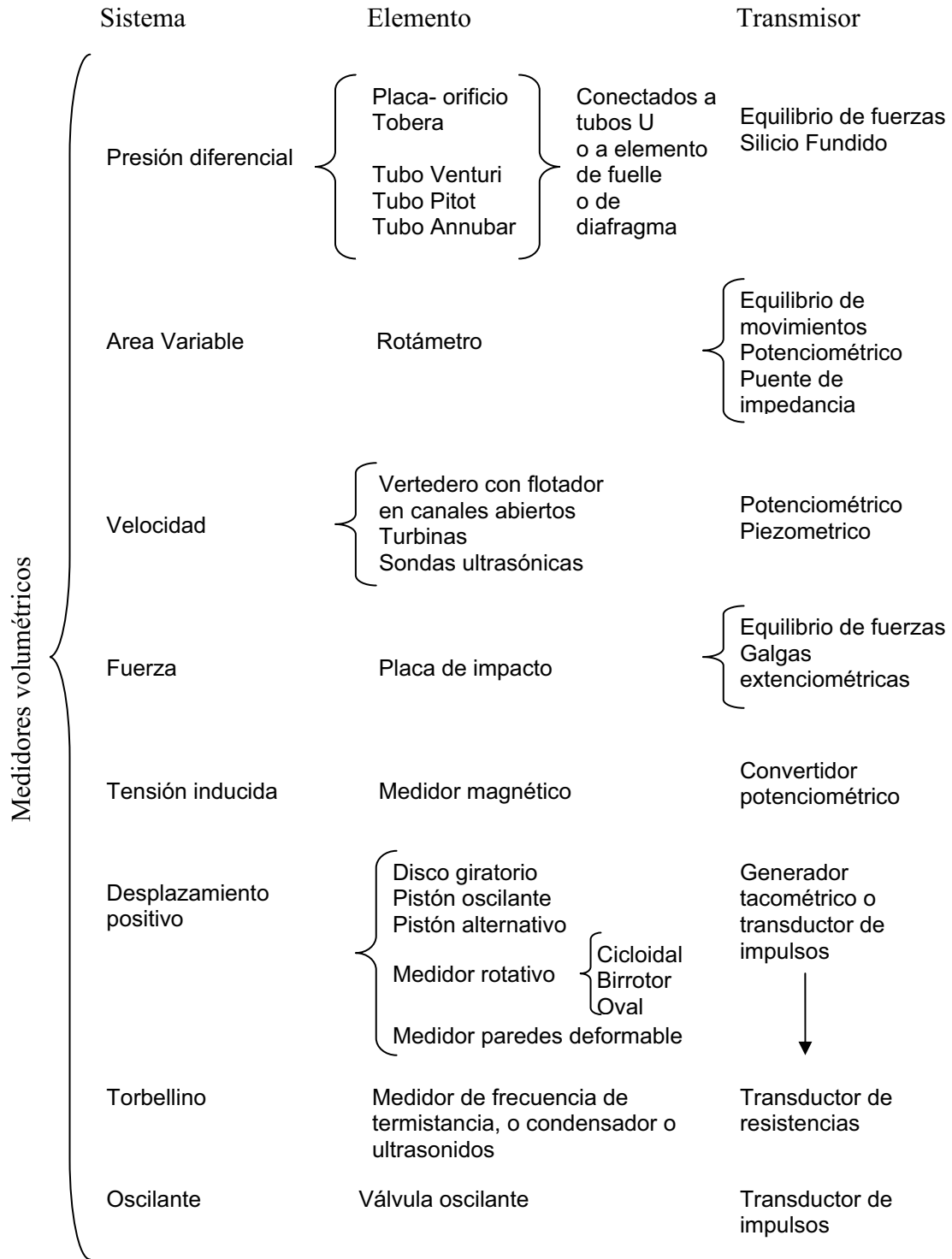
1.3.3.1 Caudal o flujo

Dentro de la mecánica de fluidos se puede definir al caudal como la cantidad de líquido o fluido que pasa a través de un área determinada por unidad de tiempo. Esta cantidad se la mide en unidades de volumen o de masa.

1.3.3.2 Medidores de caudal

Existen varios métodos para medir caudal, dependiendo si el tipo de caudal para medir es volumétrico o másico. Para estos métodos de medición existen varios medidores. A continuación se muestran los medidores más importantes en el siguiente esquema.





1.3.3.2.1 Medidor electromagnético

La ley de Faraday dice que: “La tensión inducida a través de cualquier conductor, al moverse este a través de un campo magnético, es proporcional a la velocidad del conductor”. Este tipo de medidores se basan en este principio. En la figura 1.13. se muestra el esquema de este tipo de dispositivos.

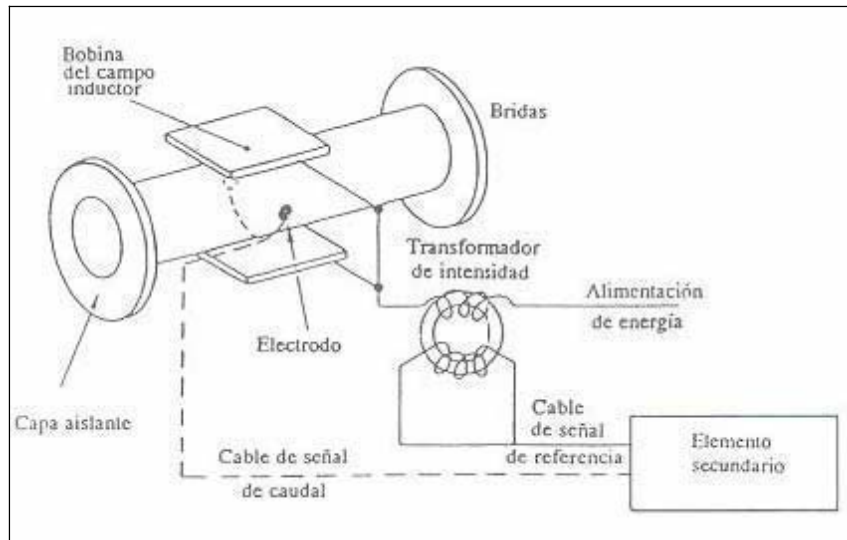


Figura 1. 13. Esquema de un sensor electromagnético

Hay un dispositivo primario, que debe producir una señal, integrado por un tubo de acero inoxidable, no magnético, revestido de aislante. El campo magnético lo proporcionan las bobinas, alimentadas por una fuente.

Los electrodos, en contacto con el fluido, deben moverse por acción del mismo, y ser de un material compatible con la corriente líquida que se manipula. Por lo general suelen ser de acero inoxidable no magnético.

En cuanto al dispositivo secundario, debe amplificar la señal, filtrarla, compensarla por los efectos de variaciones de campo magnético y suministrar, en los casos de sistemas de impulsos, la corriente de excitación para los devanados de campo de la cabeza detectora.

Algunos de los modelos de sensores electromagnéticos disponibles son los siguientes:

- De tubo corto (figura 1.14.)
- De grandes electrodos
- De inserción
- Parcialmente llenos

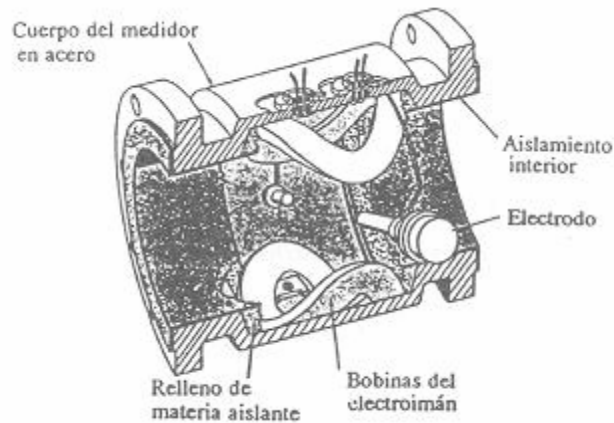


Figura 1. 14. Medidor electromagnético de tubo corto

Ventajas y desventajas

Como ventajas podemos destacar:

- No presentan obstrucciones al flujo.
- No dan lugar a pérdidas de carga.
- Se fabrican en una gama de tamaños superior a la de cualquier otro tipo de medidor, desde 3 mm hasta 3 m de diámetro.
- Prácticamente no son afectados por variaciones en la densidad, viscosidad, presión, temperatura y, dentro de unos límites, por la conductividad eléctrica.
- No son seriamente afectados por perturbaciones de flujo aguas arriba del medidor, a no ser que exista una intensa asimetría en el perfil de velocidad.
- La señal de salida es fundamentalmente lineal.
- Puesto que pueden actuar bidireccionalmente se pueden usar para medir el flujo reversible o pulsatorio, con la condición de que la frecuencia de pulsación esté por debajo de la frecuencia de excitación.
- Pueden medir el caudal de metales líquidos, aunque este tipo de sensores requieren una fabricación más delicada.

Como desventajas tenemos:

- El líquido que se mide debe tener una razonable conductividad eléctrica, por encima de $10 \mu\text{mho}\cdot\text{cm}^{-1}$, lo que los hace inservibles en líquidos orgánicos.
- Su precisión es inferior a la de otros medidores.
- El tamaño y coste relativos de los medidores pequeños es muy superior al de los medidores grandes. No hay relación de proporcionalidad.
- La energía disipada en las bobinas da lugar a un calentamiento de los tubos en que se efectúan las medidas.

1.3.4 Generación de energía hidroeléctrica

La generación de energía eléctrica, consiste en transformar alguna clase de energía no eléctrica, (química, mecánica, térmica, luminosa, etc.), en energía eléctrica. En el caso de la generación hidroeléctrica se utiliza la energía potencial de una fuente de agua para generar energía eléctrica. Esta generación se la realiza en una central hidroeléctrica. En la figura 1.15. se puede ver el esquema de una de estas centrales.

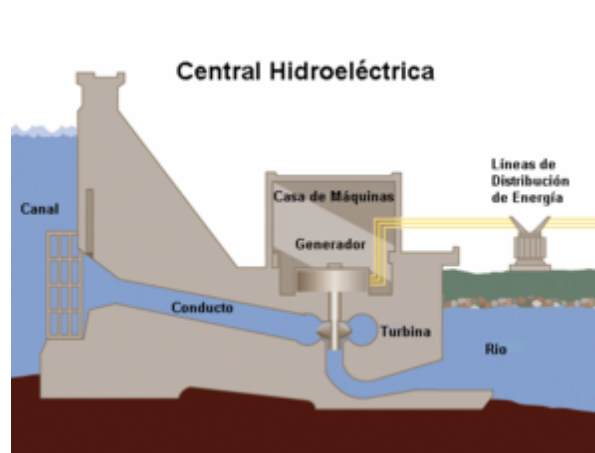


Figura 1. 15. Esquema de una central hidroeléctrica

En la central hidroeléctrica, el agua captada es conducida mediante una tubería de descarga a la sala de máquinas de la central, donde mediante turbinas hidráulicas, se produce energía eléctrica en alternadores.

1.3.4.1 Características de una central hidroeléctrica

Las dos características principales de una central hidroeléctrica, desde el punto de vista de su capacidad de generación de electricidad son:

- La potencia, que es función del desnivel existente entre el nivel medio del embalse y el nivel medio aguas abajo de la usina, y del caudal máximo turbinable, además de las características de la turbina y del generador.
- La energía garantizada, en un lapso de tiempo determinado, generalmente un año, que es función del volumen útil del embalse, y de la potencia instalada.

La potencia de un salto de agua viene dada por la siguiente fórmula:

$$N = r \times \gamma \times Q \times h$$

donde:

N = potencia en W

r = rendimiento del sistema, que depende del tipo de turbina, adimensional.

γ = peso específico del agua

Q = caudal de agua másico en kg/s

h = altura de salto en m.

1.3.4.2 Turbina hidráulica

Una **turbina hidráulica** es una turbo máquina motora, que aprovecha la energía de un fluido que pasa a través de ella para producir un movimiento de rotación que, transferido mediante un eje, mueve directamente una máquina o bien un generador que transforma la energía mecánica en eléctrica⁷.

Tipos de turbinas hidráulicas

De acuerdo a su funcionamiento, se pueden clasificar en dos grupos:

1. Turbinas de acción
2. Turbinas de reacción

⁷ es.wikipedia.org/wiki/Turbina_de_agua

Las turbinas de acción aprovechan únicamente la velocidad del flujo de agua. La más conocida de este tipo es la Pelton, que se emplea generalmente para saltos de agua de gran altura (más de 50 m), pero existen otros como la turbina Turgo y la de flujo cruzado (también conocida como turbina Ossberger o Banki-Mitchell).

Las turbinas de reacción aprovechan la velocidad de flujo y la pérdida de presión que se produce en su interior. Los principales tipos de turbina de reacción son los siguientes: turbina Francis, Deriaz, Hélice, turbina Kaplan, Tubular y Bulbo. La turbina Francis es muy utilizada en saltos de altura media (5 a 100 m) y la turbina Kaplan lo es en los saltos de baja altura (menos de 10 m).

1.3.4.3 Turbina Pelton

Una turbina Pelton es una de las más eficientes y más usadas en al generación hidráulica. Esta constituida por:

- 1-. Codo de entrada.
- 2-. Inyector
- 3-. Tobera.
- 4-. Válvula de Aguja.
- 5-. Servomotor.
- 6-. Regulador.
- 7-. Mando del deflector.
- 8-. Deflector o pantalla deflectora.
- 9-. Corro.
- 10-. Rodete.
- 11-. Álabes o cucharas.
- 12-. Freno de la turbina.
- 13-. Blindaje.

14-. Destructor de energía.

La tobera o inyector lanza directamente el chorro de agua contra la serie de paletas en forma de cuchara montadas alrededor del borde de una rueda. Cada paleta invierte el flujo de agua, disminuyendo su energía. El impulso resultante hace girar la turbina. Las paletas se montan por pares para mantener equilibradas las fuerzas en la rueda. La turbina Pelton es un tipo de turbina de impulso y es la más eficiente en aplicaciones donde se cuenta con un gran desnivel de agua.

Dado que el agua no es un fluido compresible, casi toda la energía disponible se extrae en la primera etapa de la turbina. Por lo tanto, la turbina Pelton tiene una sola rueda, al contrario de las turbinas que operan con fluidos compresibles. En la figura 1.16. se observa un ejemplo de este tipo de turbinas.



Figura 1. 16. Turbina Pelton.

1.3.5 Sistemas de Control

Un sistema de control se puede definir como un sistema que controla un proceso mediante una señal de salida, la cual responde a una señal de entrada para lograr un funcionamiento predeterminado. Los sistemas de control automático, son aquellos que realizan este proceso de manera automática, usando varios componentes básicos. Estos componentes son:

- **Planta:** es un equipo o máquina o conjunto de estos, el cual debe realizar una operación determinada.
- **Controlador:** es el equipo o sistema que se encarga de controlar la planta
- **Sensor:** para recibir la señal de salida (en sistemas realimentados)

Dentro de las variables que pueden llegar a manejarse en un sistema de control, existe dos fundamentales para la implementación del control:

- Variable controlada es la cantidad o condición que se mide y se controla
- Variable manipulada es la cantidad o condición modificada por el controlador, con el propósito de regular la variable controlada

Los sistemas de control automáticos se los puede clasificar en dos grandes grupos:

- Sistemas de control de lazo abierto
- Sistemas de control de lazo cerrado.

1.3.5.1 Sistema de control en lazo abierto.

Son los sistemas en los cuales la salida no afecta la acción de control. En un sistema en lazo abierto no se mide la salida ni se realimenta para compararla con la entrada.

Los elementos de un sistema de control en lazo abierto se pueden dividir en dos partes: el *controlador* y el *proceso controlado*. Una señal de entrada o comando se aplica al controlador, cuya salida actúa como señal actuante; la señal actuante controla el proceso controlado de tal forma que la variable controlada se desempeñe de acuerdo con estándares preestablecidos.

En los casos simples, el controlador puede ser un amplificador, unión mecánica, filtro u otro elemento de control. En los casos más complejos el controlador puede ser una computadora tal como un microprocesador. Debido a la simplicidad y economía de los sistemas de control en lazo abierto, se les encuentra en muchas aplicaciones no críticas.

Características

Los sistemas de control a lazo abierto tienen dos rasgos que sobresalen:

a) La habilidad que éstos tienen para ejecutar una acción con exactitud está determinada por su calibración. Calibrar significa establecer o restablecer una

relación entre la entrada y la salida con el fin de obtener del sistema la exactitud deseada.

b) Estos sistemas no tienen el problema de la inestabilidad, que presentan los de lazo cerrado.

En cualquier sistema de control en lazo abierto, la salida no se compara con la entrada de referencia. Por tanto a cada entrada de referencia le corresponde una condición operativa fija; como resultado, la precisión del sistema depende de la calibración. Ante la presencia de perturbaciones, un sistema de control en lazo abierto no realiza la tarea deseada. En la práctica, el control en lazo abierto sólo se utiliza si se conoce la relación entre la entrada y la salida y si no hay perturbaciones internas ni externas. En la figura 1.17. se puede ver el esquema de este sistema de control.



Figura 1. 17. Sistema de control de lazo abierto

1.3.5.2 Sistema de control en lazo cerrado

Es aquel en el que la acción de control es en cierto modo dependiente de la salida. En un sistema de control en lazo cerrado, se alimenta al controlador la señal de error de actuación, que es la diferencia entre la señal de entrada y la salida de realimentación (que puede ser la señal de salida misma o una función de la señal de salida y sus derivadas y/o integrales) a fin de reducir el error y llevar la salida del sistema a un valor conveniente. Esto se puede observar en el esquema de al figura 1.18. El término control en lazo cerrado siempre implica el uso de una acción de control realimentando para reducir el error del sistema.

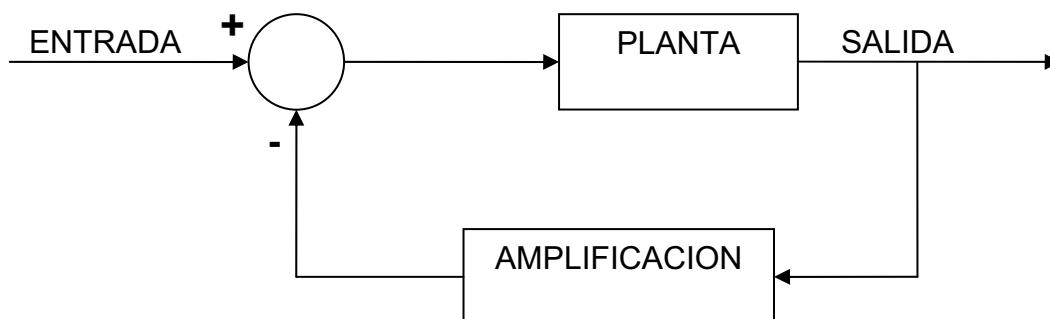


Figura 1. 18. Sistema de control de lazo cerrado

Realimentación

Es la propiedad de un sistema de lazo cerrado que permite que la salida (o cualquier otra variable controlada del sistema) sea comparada con la entrada al sistema (o con una entrada a cualquier componente interno del mismo con un subsistema) de manera tal que se pueda establecer una acción de control apropiada como función de la diferencia entre la entrada y la salida. Más generalmente se dice que existe realimentación en un sistema cuando existe una secuencia cerrada de relaciones de causa y efecto entre las variables del sistema.

El uso de la realimentación es para reproducir el error de la entrada de referencia y la salida del sistema. La reducción del error del sistema es sólo uno de los efectos más importantes que la realimentación realiza sobre el sistema.

Características de la realimentación

Los rasgos más importantes que la presencia de realimentación imparte a un sistema son:

- a) Aumento de la exactitud. Por ejemplo, la habilidad para reproducir la entrada fielmente.

- b) Reducción de la sensibilidad de la salida, correspondiente a una determinada entrada, ante variaciones en las características del sistema.
- c) Efectos reducidos de la no linealidad y de la distorsión.
- d) Aumento del intervalo de frecuencias (de la entrada) en el cual el sistema responde satisfactoriamente (aumento del ancho de banda).
- e) Tendencia a la oscilación o a la inestabilidad.

1.3.5.3 Control ON/OFF

En este tipo de control, el controlador cambia entre dos posiciones fijas definidas, lo que resulta en un valor único de la variable controlada. También es conocido como todo o nada. Este tipo de control es muy útil para procesos que no exijan gran precisión y el cambio de la variable medida no sea demasiado oscilante, sobre todo cerca del varo de cambio de estado del controlador. Para evitar la oscilación ceca del punto de control, se puede ampliar el rango de variación cerca del valor deseado para el proceso mediante tres posiciones, Este tipo de control se lo denomina ON/OFF con histéresis.

1.3.6 Sistemas SCADA

SCADA son las siglas de Supervisory Control And Data Acquisition, (en español significa adquisición de datos y control supervisorio). Consiste básicamente en aplicación de software especialmente diseñada para el control de procesos, proporcionando comunicación con los dispositivos de campo (sensores, controladores lógicos programables, DCS etc.) con lo que se realiza el control y monitoreo del proceso de forma automática desde un computador. Además, provee toda la información que se genera en el proceso productivo a diversos usuarios, como operación, control de calidad, supervisión, mantenimiento, etc.

En este tipo de sistemas comúnmente existe un computador, que efectúa tareas de supervisión y gestión de alarmas, así como tratamiento, recepción y almacenamiento de datos y control de procesos. La comunicación se realiza mediante buses de campo o redes LAN. Estas operaciones se la ejecuta en tiempo real, y están diseñados para dar al operador de planta la posibilidad de

supervisar y controlar dichos procesos mediante un HMI (Human Machine Interface o Interfaz hombre-máquina).

Un sistema SCADA debe cumplir las siguientes características básicas para un mejor desempeño:

- Debe ser un sistema de arquitectura abierta, capaz de crecer o adaptarse según las necesidades cambiantes de la empresa.
- Debe comunicarse con toda facilidad y de forma transparente con el usuario, con el equipo de planta y con el resto de la empresa (redes locales y de gestión).
- Debe ser un programa sencillo de instalar, sin excesivas exigencias de hardware, fáciles de utilizar y con interfaces amigables con el usuario.

El software de un paquete para la implementación de un sistema SCADA debe ofrecer la posibilidad de contar con las siguientes opciones:

- Posibilidad de crear paneles de alarma, que exigen la presencia del operador para reconocer una parada o situación de alarma, con registro de incidencias.
- Generación de históricos de señal de planta, que pueden ser volcados para su proceso sobre una hoja de cálculo.
- Ejecución de programas, que modifican la ley de control, o incluso anular o modificar las tareas asociadas al autómeta, bajo ciertas condiciones.
- Posibilidad de programación numérica, que permite realizar cálculos aritméticos de elevada resolución sobre la CPU del computador.

A partir de estas opciones pueden desarrollar aplicaciones para computadores con captura de datos, análisis de señales, presentaciones en pantalla, envío de resultados a disco e impresora, etc.

1.3.6.1 Interfaz de operador

El interfaz de operador es un dispositivo que permite realizar las tareas de control y monitoreo a un operador dentro de un proceso. Las interfases de operador generalmente son conocidas como HMI (Human Machin Interfaces). Estas interfaces son utilizadas en sistemas SCADA, siempre, en cada estación de operación generalmente es un computadora con su respectivo monitor.

Mediante el interfaz de operador, este último puede activar, habilitar y visualizar las diferentes variables del proceso, pudiendo así compárales y modificándolas para un mejor desempeño del proceso.

Un tipo de interfaz de operador, es el Terminal de operador. Es un equipo electrónico que puede realizar las tareas de control y monitoreo, es autónomo y se utiliza para que este dentro del sitio del proceso.

Para las tareas de monitoreo y control cuentan con botones de navegación en los modelos más básicos, los cuales son reemplazados por botones gráficos en terminales de operador de pantalla táctil. Estos no necesitan estar integrados a un sistema SCADA para cumplir su cometido.

CAPÍTULO 2

INGENIERÍA BÁSICA Y DE DETALLE

2.1. ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS DE CONTROL DE CAUDAL DE LA ESTACIÓN RECUPERADORA¹

Mantener un caudal constante en las tuberías, y un nivel adecuado en los embalses y piletas del sistema Papallacta, es fundamental para el buen desempeño del mismo. Para realizar esta tarea, a lo largo de toda la línea de captación existen varios elementos controladores que responden a las señales de instrumentos de medición que en su mayoría son flujómetros, sensores de nivel y sensores de presión. En el caso de la central Recuperadora se controla el flujo de agua a la entrada y a la salida de la misma, tomando en cuenta el nivel a la salida del túnel Quito y el nivel de la pileta de descarga dentro de la misma estación.

Para realizar este control, se debe tener en cuenta que el principal objetivo de todo el sistema es proporcionar un caudal de agua suficiente para el abastecimiento de ésta en Quito, luego de cumplirlo, dentro de la estación recuperadora, el segundo objetivo es generar energía hidroeléctrica.

2.1.1 Control de caudal a la salida del túnel.

El caudal del túnel Quito, debe ser similar tanto a la entrada como a la salida del mismo, esto se lo realiza a través de un controlador Cq. El lazo de control de regulación del caudal a la salida del túnel se ilustra en la Figura 2.1.

El controlador Cq recibe las siguientes señales:

- Transmisor del flujo FT-301, la señal de flujo a la entrada del túnel,

¹ EMAAP-Q, Curso de Capacitación sobre el Sistema Papallacta, Capitulo #3 1995

- Controlador CI, el cual recibe una señal del transmisor de nivel LT-400, la señal de nivel de la pileta a la salida del túnel.
- Transmisor de nivel FT-400, la señal de flujo a la salida del túnel.

Con estas señales y con la consideración básica del tiempo empleado por el nuevo frente de onda para cruzar la longitud del túnel (6 Km.), el set point del controlador Cq, es función de las señales mencionadas anteriormente.

El controlador CI trata de mantener el nivel en la pileta de salida del túnel, introduciendo una señal correctiva, enviada a Cq por medio del elemento sumador.

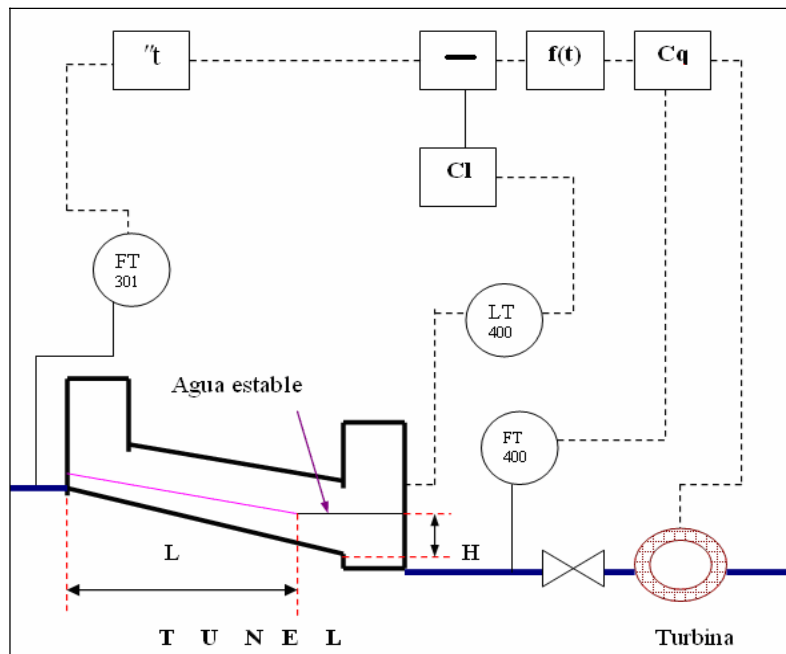


Figura 2. 1. Lazo de regulación de caudal a la salida del Túnel

El controlador Cq realiza control sobre los elementos de la turbina como válvulas y alabes para el control de caudal al ingreso del agua a la Estación Recuperadora.

2.1.2 Control del caudal a la salida de la pileta de Recuperadora

El caudal entre la salida de la pileta de Recuperadora y su recorrido hacia Bellavista se regula a través del controlador Cq1, el cual controla una válvula esférica. El set point del lazo es una función del caudal en el tramo precedente (FT-400), del nivel en la pileta de la estación Recuperadora (LT-500), a través del controlador CL1, y del caudal a la salida de la pileta (FT-500). En la figura 2.2. se puede observar el lazo de control de caudal.

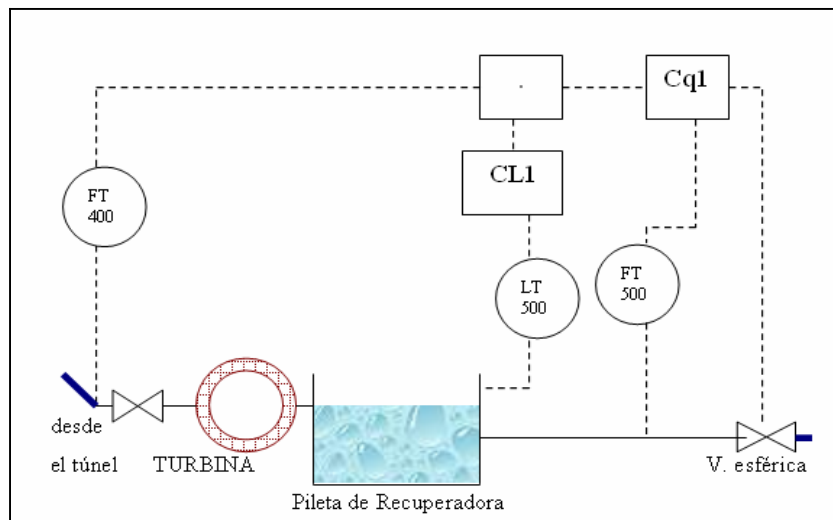


Figura 2. 2. Lazo de regulación de caudal a la salida de la pileta de Recuperadora

Dentro la estación también existen otros lazos y sistemas de control que están relacionados con los componentes de la generación eléctrica como la turbina, el generador, transformadores, etc.

El control y monitoreo de estos sistemas se los realiza a través sistema SCADA, existente en la estación, así como de un Terminal de operador. Además de esto, la estación cuenta con un tablero provisto de varios elementos como pulsadores, luces piloto, selectores, indicadores, que permiten el control y monitoreo de varios sistemas que todavía no han sido automatizados totalmente, también permiten tener señales redundantes para las señales, especialmente de alarma, que son registradas en el sistema SCADA.

2.2. DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL PARA LAS NUEVAS LÍNEAS

Luego de conocer como se realiza el control de flujo dentro de la estación, se puede realizar el correspondiente diseño del nuevo sistema para el control de flujo en las líneas del Nuevo Aeropuerto y Calluma.

2.2.1 Consideraciones para el nuevo Sistema

Antes de empezar existen consideraciones básicas, pedidas por la EMAAP-Q, que se debe tomar en cuenta para el sistema a implementarse:

- Se requiere que las válvulas puedan ser controladas y monitoreadas desde el cuarto de control de la estación, para realizar los ajustes de caudal de acuerdo a los demás parámetros de la estación.
- La lógica de control y el monitoreo de los equipos se lo realizará a través de un controlador lógico programable.
- De manera general el nuevo sistema debe constar de dos cámaras subterráneas, una para la línea de Calluma y otra para la línea del nuevo aeropuerto de Quito.
- Los diámetros las tuberías son de 6 pulgadas para la línea de Calluma y de 14 pulgadas para la línea del nuevo aeropuerto.
- Las tuberías, válvulas y demás elementos por donde circule el agua deben resistir un presión mínima de 150 psi
- Cada línea debe constar de un sensor electromagnético de caudal, y una válvula para regular el mismo. Estos dispositivos se ubicarán dentro de las cámaras.
- De los sensores de caudal se necesita la señal instantánea de caudal, y el valor de un totalizador de caudal. Estos valores deben observarse en una interfaz gráfica en el cuarto de control.

- La información de los actuadores y sensores será enviada hacia un terminal de operador ubicado en el cuarto de control de la estación, a través de un sistema de comunicación.

Teniendo en cuenta requerimientos básicos, así como el presupuesto, disposición física y disponibilidad de recursos dentro de la estación se procede a diseñar el sistema.

2.2.2 Distribución física

Luego de conocer en forma general lo que requiere el nuevo sistema, hay que ubicar todos los elementos que lo conformarán.

Los diferentes elementos y equipos necesarios para la implementación y funcionamiento del sistema, se encontrarán distribuidos en un tablero de control, dos cámaras subterráneas y dentro del cuarto de control existente en la estación. En la figura 2.3 se puede ver la distribución de las partes antes mencionadas.

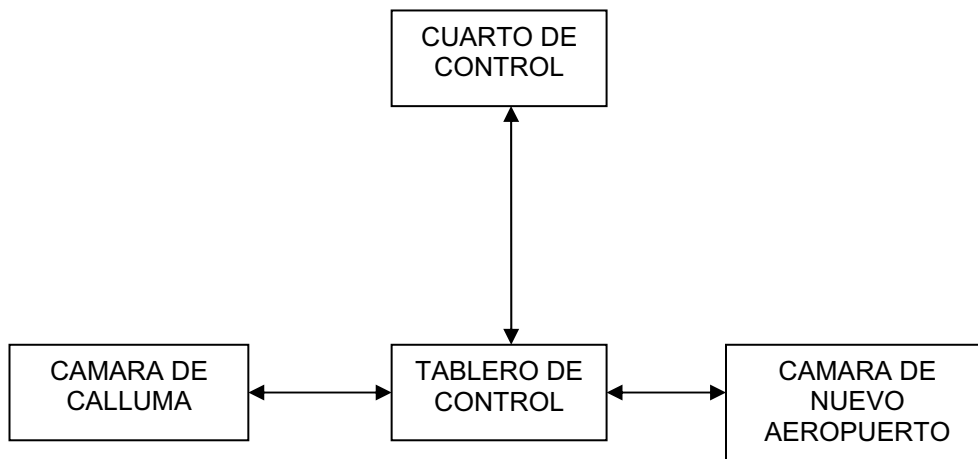


Figura 2. 3. Distribución física del nuevo sistema

Cámaras

Las cámaras se deben colocar luego de la pileta de descarga, y bajo el nivel de la misma, para que el agua llegue por gravedad a éstas. Las cámaras serán de hormigón, para la protección de los equipos y contará con los elementos

necesarios para la protección de los equipos y conexiones, de elementos ambientales como la humedad.

Tablero de control

El tablero de control será colocado en un lugar que sea lo más próximo a ambas cámaras. Tendrá un grado de protección NEMA 3R, equivalente a un grado IP 64, contra polvo y lluvia, ya que se encontrará a la intemperie. El lugar más indicado es la parte lateral de la caseta de guardianía de la estación Recuperadora, en medio de las dos cámaras construidas para las líneas de Calluma y Nuevo Aeropuerto. Dentro del mismo se encontrarán los elementos de protección y alimentación de todos los equipos del sistema, y el controlador lógico programable.

Cuarto de control

El cuarto de control de la estación esta ubicado a un poco mas de 100 m del tablero de control, y en este se encuentran las interfaces de operación, es decir el Terminal de operador y el sistema SCADA de la estación.

2.2.3 Variables del sistema

Para dimensionar los equipos, y demás elementos del sistema, es necesario saber cuales y de que tipo son las variables que va a manejar el sistema. Las principales variables que se van a manejar son las siguientes:

Tabla 2.1. Variables principales del sistema

Descripción	tipo
flujo instantáneo línea de Calluma	entrada análoga
totalizador Calluma	entrada discreta
flujo instantáneo línea del Aeropuerto	entrada análoga
totalizador Aeropuerto	entrada discreta
posición de la Válvula de Calluma	registro de lectura y escritura
posición de la Válvula del Aeropuerto	registro de lectura y escritura
estado línea Calluma	registro de lectura
estado línea Aeropuerto	registro de lectura

2.2.4 Diseño de sistema

De acuerdo a las consideraciones anteriores, los componentes principales y sus características básicas para este sistema son:

- Un Controlador lógico programable, con entradas y salidas tanto análogas como discretas, capacidad de cómputo alta, y capacidad de comunicación a través de ethernet y serial.
- Dos válvulas controladas por actuadores eléctricos, con la capacidad de la regular su posición remotamente a través de un protocolo de comunicación.
- Dos sensores electromagnéticos de caudal, con capacidad de enviar el valor de caudal instantáneo vía señal análoga, y una señal de totalización. Estos deben constar de un tubo sensor y de un transmisor independiente, de acuerdo a requerimientos de la EMAAP-Q.
- Un Terminal de operador, con capacidad de opciones para controlar y monitorear todas las operaciones y variables del sistema, con comunicación ethernet para integración a la red e la estación.

El esquema general del sistema de control se lo puede observar en la figura 2.4. Como se observa en la figura antes mencionada, el sistema debe tener la posibilidad de conectarse al sistema SCADA de la estación.

Los protocolos utilizados para la comunicación serán Modbus RS485, para los actuadores y Modbus TCP/IP para el controlador y el terminal de operador, esto se debe a que dentro de la estación existen equipos que manejan estos protocolos y será mucho más simple el acoplamiento del nuevo sistema.

Los caudales estimados son de 250 l/s para el Nuevo Aeropuerto y de 30 l/s para la planta de Calluma, y la presión requerida para las tuberías son de 200 psi y 150 psi respectivamente. Con estos datos se deben seleccionar las válvulas y las potencias de los motores de cada actuador.

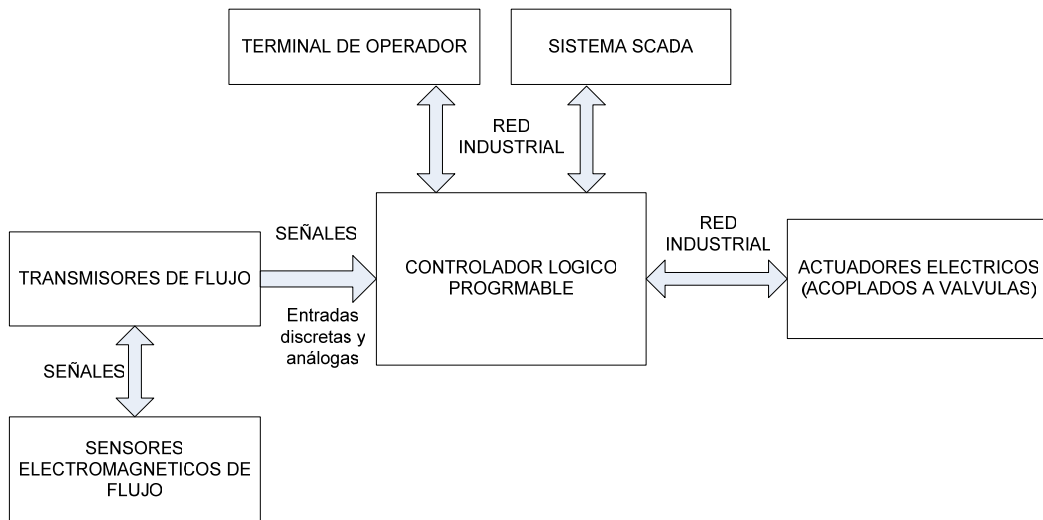


Figura 2. 4. Esquema general de sistema de control

2.2.5 Selección de componentes

De acuerdo al diseño del sistema, sus requerimientos y las características básicas de los componentes principales se procede a la selección de los mismos.

2.2.5.1 Controlador lógico programable (PLC)

El controlador es modelo MOMENTUM TSX, de marca Telemecanique, compuesto de un procesador 171 CCC 980 30, y una base de entradas y salidas mixta 170 AMM 090 00, cuyas características son:

Tabla 2.1. Procesador 171 CCC 980 30

Componente	descripción
CPU	basado x86 (Intel o AMD)
memoria RAM	512 KB
memoria FLASH	1 MB
memoria de programa 984 LL	18 KB
memoria de programa IEC	200 KB
Memoria de datos	24 KB
Tiempo de scan	0.3 ms/K
velocidad de reloj	50 MHz
puntos I/O	8192
caídas I/O	hasta 2048 puntos I/O con adaptador MB+
Voltaje	5.0 VDC (tomado la base)
fuelle de energía	fuelle en la base de entradas salidas
puertos de comunicación	1 ethernet y 1 Modbus RS-485

Tabla 2.2. Base de entradas salidas 170 AMM 090 00

Componente	Descripción	
numero de entradas y salidas	1x4 entradas diferenciales	
	1x4 entradas discretas	
	1x2 salidas análogas	
	1x2 salidas discretas	
Voltaje de operación	24 VDC	
corriente interna	200 mA típico	
entradas diferenciales (4 a 20 mA)	resolución	12 bits
	consistencia en conversión	+/- 4 %
	Rango de corriente de sobrevoltaje	corriente de entrada > 48 mA
	rango de voltaje de sobrevoltaje	+/- 30 en estado sólido +/- 50 dinámico máx.100ms
entradas discretas	voltaje	24 VDC típico 30 VDC máx.
	tipo de señal	verdad en alto
	voltaje On	+11 a +30 VDC
	voltaje Off	-3 a + 5 VDC
	Corriente de entrada	2.5 mA mínimo para 1 1,2 máximo para 0
	resistencia de entrada	4 Kohms
	tiempo de respuesta	2.2 ms de 0 a 1 3.3ms de 1 a 0
Salidas análogas	resolución	12 bits
	tiempo de conversión	1 ms para todos los canales
	carga de salida	>= a 3 Kohms en voltaje <= a 6 ohms en corriente
salidas discretas	voltaje	10 a 30 VDC operando
	tipo	switch de estado sólido
	tipo de señal	verdad en alto
	tiempo de respuesta	1.2 ms de 0 a 1 1.05 ms de 1 a 0
disipación de potencia	4 W típico, 6 W max.	

2.2.5.2 Válvulas

Las válvulas son de tipo mariposa, las cuales serán usadas para la regulación de caudal. Son de similares características, su principal diferencia está en diámetro. Las características de estas válvulas son las siguientes:

Tabla 2.3. Válvula mariposa línea de Calluma

Componente	descripción
Tipo	mariposa
presión	150 psi
modo de cierre	bidireccional
temperatura del asiento	de -30 a 275 °C
material del cuerpo	Hierro dúctil A536

Tabla 2.4. Válvula mariposa línea de Aeropuerto

Componente	Descripción
Tipo	mariposa
presión	200 psi
modo de cierre	bidireccional
temperatura del asiento	de -30 a 275 °C
material del cuerpo	Hierro fundido

2.2.5.3 Actuadores eléctricos

Los actuadores eléctricos para operar las válvulas son de marca Limitorque, y funcionan mediante un motor trifásico. Tienen una tarjeta electrónica que cuenta con protocolo de comunicación Modbus RS-485.

Tabla 2.5. Características actuador eléctrico Limitorque

Componente	descripción	
Tipo	MX - 5	
velocidad actuador	26 rpm	
tipo de recubrimiento	3,4,4X,6,IP 68	
RATE TQ	55 FT LBS	
	74 Nm	
T operación entre	30(-) y 65 C	
MOTOR	velocidad	1700 rpm
	potencia	3 HP
	frecuencia	60 Hz
	Voltaje	460 VAC
	Corriente de cierre de rotor	2,1 Amp
	Corriente a plena carga	0,8 Amp
	servicio	15 min.

2.2.5.4 Sensores electromagnéticos

Estos están compuestos de dos partes, el tubo sensor, acoplado a las tuberías de las líneas y un transmisor el cual recoge la señal, para tratarla, son de marcas diferentes, el uno es Endress & Hauser (este sensaba el caudal de la antigua línea de Calluma), Modelo **PROMAG50W1F-UL0B1AC2B4AA** y el otro es de marca Yokogawa, cuyo tubo sensor es el modelo **AXF350W NNAL1S-CA11-ONB**, y el transmisor remoto es el modelo **AXFA 11G-EI-21**. Las características básicas de ambos sensores son muy similares, para el sistema de control a implementarse.

Sensor ENDRESS & HUASER

Tabla 2.6. Tubo sensor remoto

Componente	Descripción
diámetro tubo	6"
factor K	1,0937
materiales	PU
capacidad de presión	ANSI 150
grado de protección	IP 67
Conexión eléctrica	JIS G 1/2 hembra
temperatura de fluido	60 C máx.
temperatura ambiente	de - 20 a 60 C
Precisión	0.5%
conductividad del fluido	20uS/cm mínimo para agua desmineralizada
	5uS/cm líquidos en general

Tabla 2.7. Transmisor remoto

Componente	Descripción
alimentación	85-260 VAC (50-60 Hz)
salida de corriente	4-20 mA activa
salida de pulso	pasiva 1 KHz
comunicación	HART

Sensor YOKOGAWA

Tabla 2.8. Tubo sensor remoto

Componente	Descripción
diámetro tubo	14"
Tipo	sumergible remoto
revestimiento	Fluoro carbono PFA
Conexión mecánica	ANSI class 150
Calibración	Standard
Conexión eléctrica	JIS G 1/2 hembra
Calibración	Standard
temperatura de fluido	de -40 a 160 c
temperatura ambiente	de -40 a 60 C
Precisión	0.35%
conductividad del fluido	1uS/cm mínimo

Tabla 2.9. Transmisor remoto

Componente	descripción
Alimentación	100-240 VAC o 100-120 VDC
salida de corriente	4-20 mA activa
salida de pulso	pasiva
Comunicación	HART
Conexión eléctrica	ANSI 1/2 NPT hembra

2.2.5.5 Terminal de operador

Para el control y monitoreo del sistema se utilizará un terminal de operador modelo **Magelis XBTGT 2330** de marca **Telemecanique**. Este terminal tiene la característica de ser de pantalla táctil (Touchscreen) y se pueden programar varias pantallas con elementos gráficos de diferentes tipos, que permiten el monitoreo y control de todo el sistema:

Tabla 2.10. Características Magelis XBTGT 2330

componente	descripción	
voltaje de operación	de 19,2 a 28,8 VDC	
consumo	26 W (24 VDC)	
Display	tipo	TFT color LCD
	resolución	320 x 240 píxeles
	área activa	76,7 x 57,5
	colores	65.536
Memoria	flash EPROM de aplicación	16 MB
	backup de datos SDRAM con batería de litio	512 KB
	aplicación de corrida DRAM	32 MB
Puertos	COM1 D-Sub 9	transmisión RS 232C /RS422
	COM2 RJ45	transmisión RS 485
	Ethernet RJ45	IEEE802.3, 10Base-T/100Base-TX
	USB TIPO-A x 1	USB 1.1 host I/F

2.2.6 Arquitectura de control

De acuerdo a las características de los equipos, variables de entrada y de salida, la arquitectura de control (figura 2.5) más adecuada es la siguiente:

Las señales de los transmisores de flujo, tanto la de caudal instantáneo como la de totalizador, llegarán a directamente a las entradas del PLC. Por lo que en total se usarán dos entradas análogas para el flujo instantáneo y dos discretas para el totalizador.

El control y el monitoreo de los actuadores eléctricos estará a cargo del PLC y se lo realizará vía comunicación Modbus RS-485, ya que este actuador consta con esta opción. Esto evitará un cableado excesivo para señales de control y falla.

El PLC recibirá los mandos de control y enviará los datos requeridos hacia el Terminal de operador y el sistema SCADA de la estación vía ethernet.

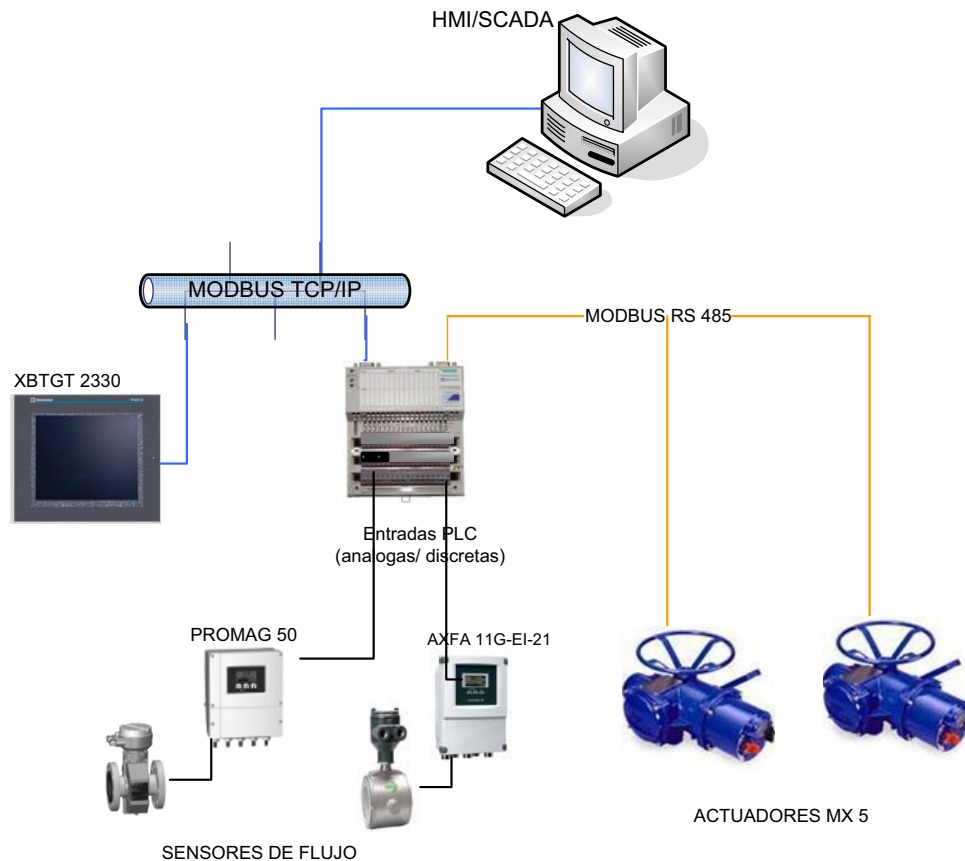


Figura 2. 5. Arquitectura de control de sistema de captación

2.2.6.1 Comunicación entre equipos

Para la comunicación del sistema se utilizarán entradas directas de corriente y voltaje, protocolo de comunicación modbus en interfase RS 485, y protocolo Modbus TCP/IP en interfase ethernet.

Señales de instrumentación

Las señales de los sensores electromagnéticos se conectan al PLC directamente a las entradas análogas y discretas de éste. Cada transmisor de flujo envía una señal de 4 a 20 mA para el caudal instantáneo y una señal de pulsos para el conteo total de flujo.

Red Modbus RS 485

Los actuadores se comunican con el PLC solo a través de una red de protocolo modbus en interfaz RS 485 a dos hilos. Mediante este protocolo el PLC

lee los parámetros de cada actuador y también manda los comandos correspondientes para apertura o cierre de la válvula.

Los cables de comunicación vienen de cada válvula y convergen en el puerto del PLC, lo que se puede traducir en una topología de árbol. Las direcciones Modbus (MB) de cada actuador en esta red son:

- Actuador Calluma: 11
- Actuador Aeropuerto: 12

Nota: En el **ANEXO III** se encuentra más información del protocolo Modbus.

Red Modbus TCP/IP Ethernet

El PLC se comunica a través de su puerto ethernet, tanto con el Terminal de operador como con el sistema SCADA. El protocolo usado es Modbus TCP/IP. Mediante un cable FTP el PLC se conecta al switch principal de la estación, previamente pasa por una protección para la línea de transmisión contra sobretensión DME 100Tx-4RJ de Weidmuller, por posibles incidencias de descargas atmosféricas. Al conectarse al switch principal se integra a la red ethernet de toda la estación.

El Terminal de operador Magelis se conecta a un switch secundario en uno de los tableros del cuarto de control, esto también integra a la Magelis a la red de la estación. Al estar ambos dispositivos en la misma red, se puede realizar el intercambio de información. Las direcciones IP de estos dispositivos son:

- MAGELIS: 172.20.10.32/16
- MOMENTUM: 172.20.10.31/16

2.2.7 Alimentación y protecciones

Los equipos seleccionados para la implementación del sistema tienen diferentes requerimientos de voltaje y corriente, para estos se han seleccionado los correspondientes equipos que proporcionen la alimentación y protección más adecuadas para el sistema.

2.2.7.1 Alimentación principal

La alimentación para el sistema se tomara de las barras principales de energía de la estación recuperadora, las cuales tienen un voltaje de 460 VAC. Estas barras se encuentran a un lado del cuarto de control de la estación. A las barras se conectará un breaker de caja moldeada marca Merlin Gerin regulable TS100N de 20 a 25 A de cual mediante cable se llevará la alimentación hacia el tablero.

2.2.7.2 Alimentación de equipos

Antes de dimensionar y colocar los elementos dentro del tablero hay que tomar en cuenta ciertas recomendaciones:

- Los actuadores eléctricos son alimentados a 460VAC
- El PLC Momentum TSX, el se alimenta con 24 VDC.
- Los transmisores, la fuente de 24 VDC, la lámpara fluorescente y la regleta de tomacorrientes con supresor de picos serán alimentados a 120VAC y protegidos por borneras portafusibles, a excepción de la regleta que se protege con el breaker monopolar.
- La alimentación que va hacia los equipos, tanto actuadores como transmisores va a través de borneras.
- Las señales análogas que vienen de los trasmisores pasan por protecciones de sobrevoltaje y entran al PLC. Las señales discretas ingresan por borneras.

Los elementos de protección de alimentación de los equipos se encuentran en el tablero de control. Estos elementos se detallan a continuación:

- Un breaker principal de caja moldeada EZC 100N de 20 A trifásico de Merlin Gerin, al cual llega la alimentación de la estación de 460 VAC. Esta alimentación se protege a través de un supresor de transientes, PU 3 C 550 VAC de Weidmuller.

- Un transformador de 500VA General Electric, del cual se obtienen 120 VAC de dos fases de la alimentación trifásica, a través de un breaker bipolar. Para esta alimentación de 120 VAC existe también una protección contra transcientes PU DS 115 VAC 16 A de Weidmuller.
- Dos guardamotors GV2ME07 de marca Telemecanique de 1.8 a 2.5 A, para los actuadores eléctricos.
- Dos Breakers bipolares, uno de 2 A y otro de 6 A, y uno monopolar de 4 A de la Familia C60N de Merlin Gerin, y borneras portafusibles, destinados para la protección de los equipos instalados dentro y fuera del tablero.
- Una lámpara fluorescente, una regleta de 6 toma corrientes con supresor de picos, elementos que sirven para un mejor mantenimiento del tablero.

Distribución

En forma general, el tablero estará distribuido en 3 secciones:

- Alimentación principal trifásica
- Alimentación monobásica
- Borneras de campo

CAPÍTULO 3

DESARROLLO DE SOFTWARE

3.1. CONSIDERACIONES

Una vez desarrollada y aprobada la arquitectura de control que tendrá el sistema, se procede a desarrollar la lógica de control del sistema en forma detallada. Se necesita tomar en consideración ciertos requisitos básicos, además de los mencionados en el capítulo anterior. Estas consideraciones son:

- El sistema debe permitir medir los caudales instantáneos y los totalizadores de caudal de ambas tuberías.
- Se debe poder ingresar los niveles de caudales mínimos para la captación. En caso de que el caudal de las tuberías estén por debajo de estos valores el sistema debe alertar al operador.
- Se debe visualizar el estado de la válvula: está abierta o cerrada, si está atascada, etc.
- Se debe visualizar el estado del actuador: si está energizado, si todo está correcto, etc.
- Debe tener la opción de controlar la apertura y cierre de la válvula remotamente.

Además de esto se debe considerar las limitaciones de los equipos:

- Los motores de los actuadores no pueden estar en funcionamiento continuo más de 15 minutos.
- Los actuadores eléctricos tienen dos modos de operación: local y remoto. También tiene un tercer modo que es detenido.

- Al emplear Modbus para el control y monitoreo de las válvulas, el maestro solo puede realizar una solicitud a la vez.
- La mayoría del tiempo las válvulas se mantendrán un flujo constante debido a las características físicas de la tubería.

Teniendo en cuenta todas estas consideraciones se procede a diseñar la lógica de control más adecuada para este sistema.

3.2. LOGICA DE CONTROL

Debido a que la comunicación del PLC con los actuadores es mediante protocolo Modbus Maestro/esclavo, en la interface RS 485, se necesita enviar las solicitudes de escritura o de lectura, una por una de manera secuencial.

El comando de lectura, revisará el estado de la válvula, que puede ser:

- Abierta
- Cerrada
- Parada
- Abriéndose
- Cerrándose
- Comunicación correcta
- Actuador en modo local
- Válvula atascada
- Sobrecalentamiento
- Falla de fase

En la escritura se enviarán las ordenes de control de: abrir, cerrar, detener y posición.

3.2.1 Diagrama de flujo del sistema

En el estado de inicio no existe ninguna solicitud de lectura o escritura por parte del maestro.

Se verifica si no existe la petición de escritura de un comando de control para el primer actuador. Si la respuesta es positiva, el PLC envía el mensaje Modbus de escritura correspondiente al actuador y regresa al inicio. Si la respuesta es negativa realiza la misma verificación con la segunda válvula.

Si la respuesta es positiva, el PLC envía el mensaje de escritura al segundo actuador, si la respuesta es negativa, el PLC envía a leer el estado del primer actuador, y luego hace lo mismo con el segundo. Al acabar de leer el segundo actuador, el bucle regresa al inicio y la secuencia se efectúa nuevamente. En la figura 3.1. se puede ver el diagrama de flujo general del sistema.

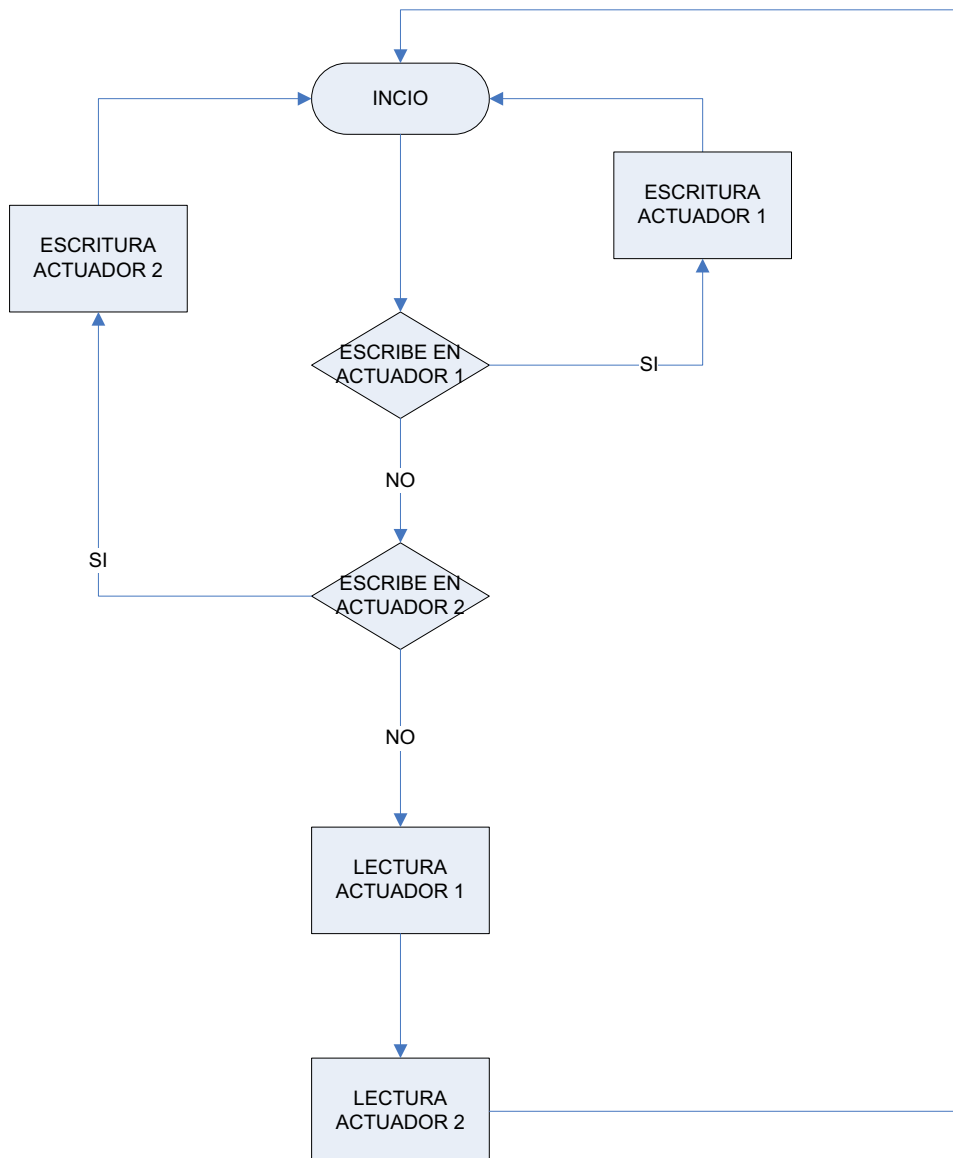


Figura 3. 1. Diagrama de flujo del sistema

3.3. PORGRAMACION DE PLC

3.3.1 Software de programación¹

Para la programación del controlador lógico se utilizará el programa **CONCEPT PROGRAMMING UNIT**, comúnmente conocido como **CONCEPT**, en su versión 2.6 XL. Este programa es desarrollado por **SCHNEIDER-ELECTRIC**.

Concept utiliza un ambiente de programación unificado acorde con las regulaciones del estándar internacional **IEC 61131 – 3**. (Standard internacional: Controladores Lógicos Programables parte 3: Lenguajes de programación). Este standard define dos lenguajes literales y dos lenguajes gráficos estándares para la programación de controladores lógicos programables. Estos lenguajes son:

- **Lista de instrucciones (IL - Instruction list)**. Es un lenguaje de nivel bajo y basado en lenguaje ensamblador.
- **Texto estructurado (ST - Structured text)**. Es un lenguaje de alto nivel que tiene sus orígenes en lenguajes como PASCAL y "C".
- **Diagrama de bloques funcionales (FBD - Function block diagram)**. Es un lenguaje donde se utilizan diagramas de bloque funcional, los cuales se describen como una función entre las variables de entrada y las de salida.
- **Diagrama de contactos (LD - Ladder Logic)**. Es un lenguaje que representa de manera gráfica un circuito basado en lógica de relés.

El estándar también define los elementos del **Gráfico Funcional Secuencial (SFC - Sequential function chart)** el cual describe gráficamente el comportamiento secuencial de un programa de control. Esta definición deriva de las Redes de Petri y Grafcet. En este lenguaje existen diferentes etapas o pasos, los cuales realizan una determinada acción, y las transiciones que son condiciones para continuar con la siguiente etapa.

¹ Ayuda Concept 2.6

Todos los lenguajes comparten los elementos comunes del estándar IEC 61131 – 3, lo que hace posible que puedan usarse los diferentes lenguajes dentro del mismo programa.

Además del software de programación Concept como tal, se instalan aplicaciones adicionales que permiten un mejor manejo de los programas a desarrollarse.

3.3.2 Programación de la lógica en Concept

Luego de abrir Concept y crear un nuevo proyecto, se debe configurar el controlador lógico mediante la ventana **PLC Configuration**, indicada en la figura 3.2. Lo primero que se debe seleccionar es el modelo del controlador: en este caso es de la familia Momentum, la CPU 171 980 30 IEC. Esta selección se realiza en la opción **PLC Selection**. Luego se deben elegir los módulos de entradas y salidas, en este caso el único módulo es el AMM-90-00. El módulo es elegido y configurado en la opción **I/O Map**.

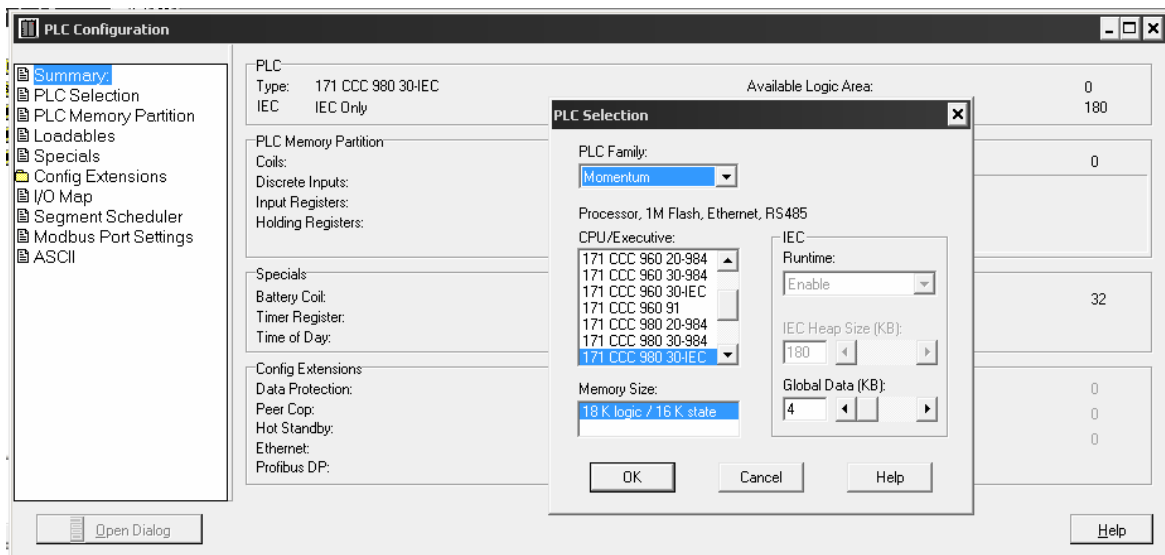


Figura 3. 2. ventana PLC configuration de Concept

Dentro de las opciones de configuración, se encuentra la asignación de memoria para los datos y registros, y el modo de operación de las entradas y salidas del PLC, en este caso las entradas deben configurarse de 4 a 20 mA, y se les debe asignar un espacio de memoria para los registros de estas entradas.

Ya configurado el controlador con el módulo, se procede a la elaboración del programa. Para un mejor desarrollo, el programa se puede realizar en varias secciones, con los diferentes lenguajes que soporta Concept.

El programa completo, así como la lista completas de variables, se encuentra en el **ANEXO I** del presente texto.

Las secciones utilizadas para el programa son las siguientes:

- **Sec_com:** en esta sección esta la secuencia principal de lectura y escritura de mensaje modbus. Es de tipo SFC.
- **Tabla_modbus:** aquí se encuentran los valores que se van a enviar en el comando modbus, y estos varían según se activen las diferentes peticiones con la primera sección. Es de tipo ST.
- **Comunicación:** en esta sección es donde se envía el mensaje modbus a los actuadores y se monitorea que haya sido enviado correctamente. Es de tipo FBD.
- **Sensores:** En esta sección es donde son tratadas las señales de los sensores de flujo, tanto las señales análogas como las señales discretas. Es de tipo FBD.
- **Estado_movs:** aquí se monitorean los registro de estado de los actuadotes eléctricos, después se que envían las respuesta desde los registro correspondientes en estas hacia el PLC. Es de tipo FBD.
- **Automatico:** a través de esta sección se realiza el control automático de apertura y cierre de las válvulas. La sección es de tipo ST.

3.3.2.1 Sec_com

En esta sección se realiza la secuencia de envío de mensajes. Se realiza en forma detallada el diagrama de flujo principal del sistema. Dentro de este lenguaje existen diferentes etapas o pasos, los cuales realizan una determinada

acción, y las transiciones que son condiciones para continuar con la siguiente etapa. Esto se puede en las figura 3.3.

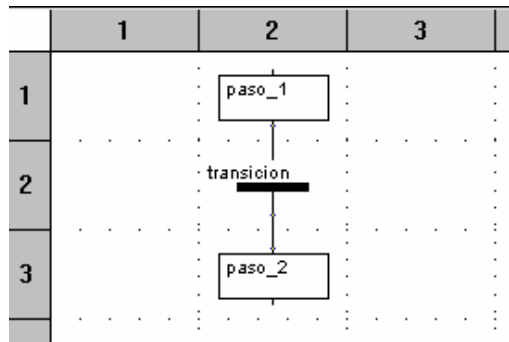


Figura 3. 3. elementos del lenguaje SFC

La secuencia tiene tres ramales en paralelo: el primero es para la lectura de los actuadores, el segundo y el tercero son para la escritura. Se utilizan bits como banderas para seleccionar habilitar o deshabilitar los elementos necesarios para la comunicación. Los pasos y transiciones son los siguientes:

Inicio: en este paso se habilitan los bits para el correcto inicio de la secuencia y se carga el la palabra de control modbus para el primer actuador.

TR_lectura1: aquí se verifica que los comandos necesarios para que se pueda dar la lectura del primer actuador estén habilitados.

Lectura_1: en este paso se habilita la comunicación modbus y se envía la palabra correspondiente para la lectura de primer actuador.

Lectura1_activa: en esta transición se verifica que la secuencia mientras el envío y recepción de datos se este ejecutando.

rst_inicio_lectura1: en este paso se deshabilita la comunicación modbus.

lectura_done: en esta transición se verifica que se ha deshabilitado la comunicación modbus y que la comunicación ha terminado.

carga_mensaje_lectura2: se carga el mensaje para la lectura del actuador dos.

Para la lectura del actuador dos se repiten los pasos y las transiciones del primero:

TR_lectura2

Lectura_2

Lectura2_activa

rst_inicio_lectura2

fin_lectura: se verifica que la lectura del actuador dos ha finalizado y se regresa al inicio de la secuencia.

Ramales de escritura

TR_escritura: luego del inicio de secuencia se verifica si los comandos necesarios para enviar un comando de escritura han sido activados.

Escritura: aquí se deshabilitan los comandos de lectura, que estén deshabilitados, ya que si estos permanecen activos la escritura no se puede dar.

selec_mov_callu: luego se verifica que actuador se ha elegido para realizar la escritura. En este paso se verifica si el actuador de Calluma ha sido seleccionado.

Carga mensaje_escritura1: en este paso se carga el mensaje modbus correspondiente al la escritura del actuador.

TR_escritura1: se verifica que ha sido cargada la palabra de control modbus.

Escritura1: en este paso se habilita la comunicación modbus y se envía la palabra de control.

escritura1_activa: en esta transición se verifica que la secuencia mientras el envío y recepción de datos se este ejecutando.

rst_inicio_escritura1: en este paso se deshabilita la comunicación modbus.

Fin_escritura1: en esta transición se verifica que se ha deshabilitado la comunicación modbus y que la comunicación ha terminado.

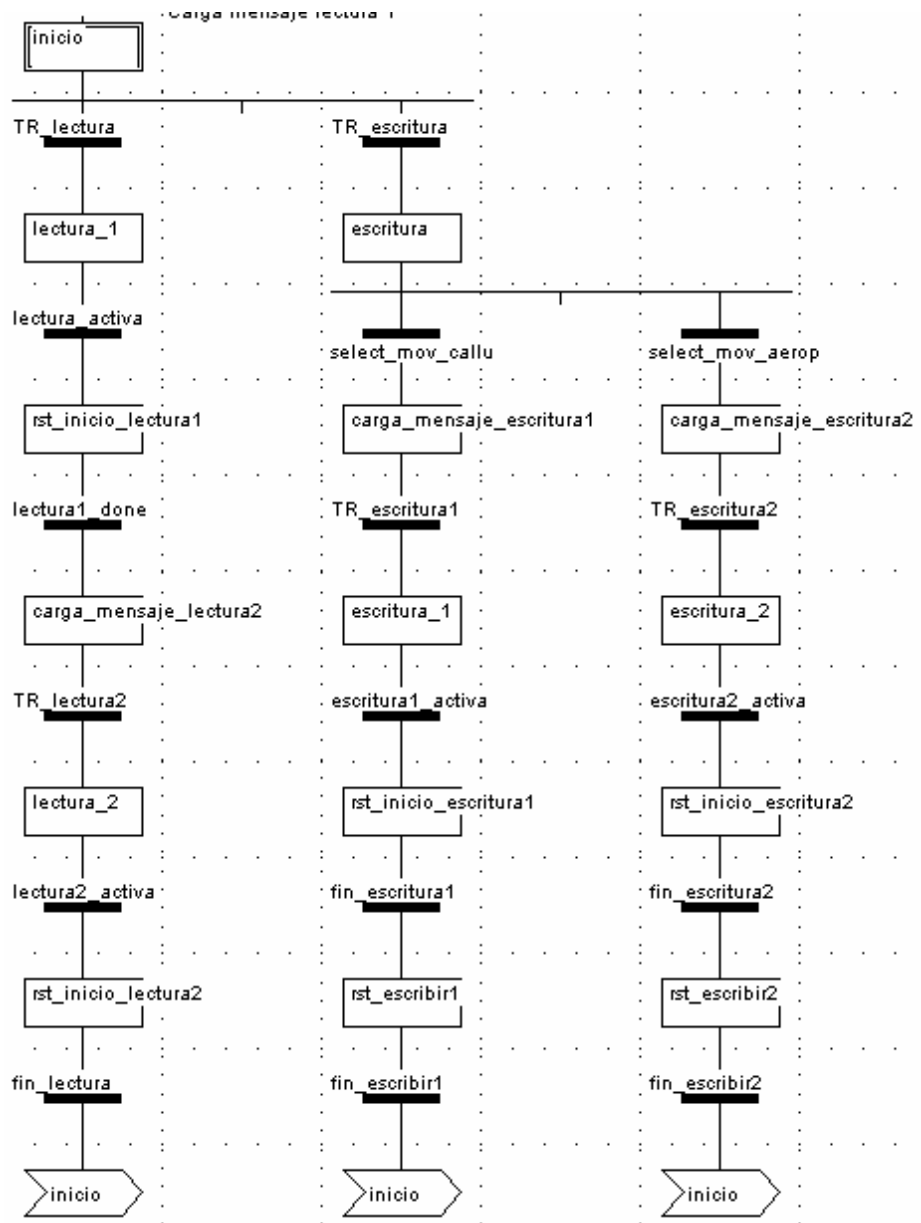


Figura 3. 4. Sección SFC sec_com

Rst_escribir1: aquí se deshabilitan todos los comandos utilizados para la escritura modbus del actuador.

Fin_escribir1: se verifican que lo comandos haya sido deshabilitados y luego se va nuevamente al inicio de la secuencia.

El segundo ramal de escritura se comporta de la misma manera, con la diferencia que se verifica que el segundo actuador ha sido seleccionado en la transición select_mov_aerop. En la figura 3.4 se puede observar la sección de sec_com.

3.3.2.2 Tabla_modbus

Esta sección es de tipo ST, y se cambia los valores de la palabra de control modbus, ya sea para lectura y escritura, de acuerdo a los bits activados en los diferentes pasos de la sección sec_com. Según se activen estos bits se cambia el mensaje modbus, a través de la instrucción IF, cambiando el valor de cada elemento de la variable modbusmsg, la cual es de tipo array9. Este tipo de variable es un arreglo de 9 registros de tipo entero de los cuales se utilizan los primeros 5. La distribución de estos registros se explica en la tabla 3.1.

Tabla 3.1. Registros de la variable modbusmsg

registro	descripción
modbusmsg[1]	código de la función modbus
modbusmsg[2]	cantidad de registros o bobinas
modbusmsg[3]	dirección del esclavo modbus
modbusmsg[4]	área de registros del esclavo
modbusmsg[5]	área de registros del maestro

3.3.2.3 Comunicación

En esta sección se realiza la comunicación propiamente dicha. Las anteriores secciones servían para determinar el mensaje modbus que se debía enviar, en esta sección es donde se envía el mensaje modbus. Aquí se utiliza el bloque XMIT, este es el bloque usado por los PLC's de las familias Momentum, Compact y Quantum, para realizar comunicación modbus de un maestro con otros PLC's o dispositivos que serían esclavos. En la figura 3.5 se puede observar este bloque.

Para que la transmisión modbus se realice correctamente se debe ingresar los valores correctos en cada entrada. La descripción de las entradas y salidas de este bloque se presenta a continuación:

Entradas

Start es de tipo booleano y si esta en un valor de 1 el bloque empieza la operación.

Command es de tipo palabra y especifica el comando que va ser realizado.

MsgOut es el mensaje que va a ser enviado y en este caso es de tipo Array9.

MsgLen es de tipo entero y es la cantidad de registros del mensaje de salida.

Port es de tipo BYTE y es donde se selecciona la interface de comunicación (puerto del PLC).

Baudrate de tipo entero, es la tasa de transmisión.

Databits es de tipo byte y representa la cantidad de bits de los datos (8 para RTU)

Stopbits es de tipo byte, se refiere a la cantidad de bits de parada.

Parity de tipo byte, indica la paridad de la comunicación.

RespTout de tipo entero, es el tiempo para esperar una respuesta válida.

RetryLmt de tipo entero, número de intentos de comunicación hasta recibir una respuesta válida.

StartDly de tipo entero, tiempo de espera antes de la transmisión del mensaje.

EndDly de tipo entero, tiempo de espera después de la transmisión del mensaje.

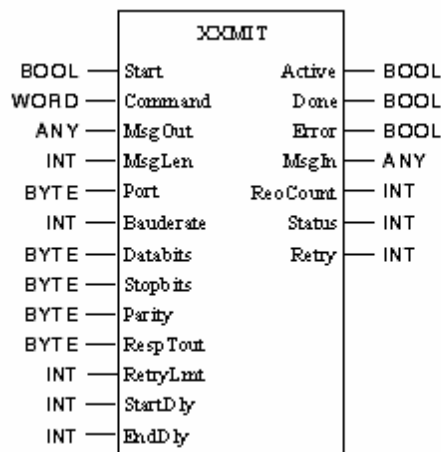


Figura 3. 5. Bloque XXMIT

Salidas

Active de tipo booleano, el valor de 1 indica que la operación está en progreso.

Done de tipo booleano, el valor de uno indica que la operación ha sido completada correctamente.

Error de tipo booleano, un valor de 1 indica que un error ha ocurrido o la operación ha sido terminada.

MsgIn es el mensaje de entrada.

RecCount de tipo entero muestra el número de caracteres recibidos.

Status de tipo entero, muestra un código de falla generado por el bloque XXMIT, si existiera alguna falla.

Retry de tipo entero, muestra el número actual de reintentos hechos por el bloque XXMIT.

Además del bloque XXMIT también se utilizan dentro de esta sección bloques de compuertas lógicas como AND y OR, comparadores matemáticos y flipflops, para realizar el control de la comunicación de acuerdo a los bits habilitados en los pasos de la sección sec_com.

3.3.2.4 Sensores

En esta sección de tipo FBD, son acondicionadas las señales provenientes de los sensores electromagnéticos de flujo para ser utilizadas por el resto del programa, por el Terminal de operador y el sistema SCADA.

Mediante la función I_DBSET se recoge la señal análoga de 4 a 20 mA del sensor, correspondiente al flujo instantáneo, y se la ubica en una variable de tipo CHANNEL, como se ve en la figura 3.6.

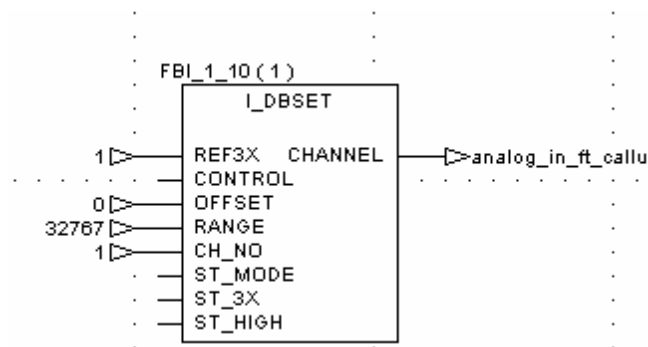


Figura 3. 6. Función I_DBSET para captura de señales análogas

Dentro del paquete de aplicaciones adicionales de Concept, se encuentra una aplicación que permite crear funciones de bloques derivados, definidos por el usuario, lo que le permite simplificar la programación, esta aplicación se llama **Concept DFB**. Para el acondicionamiento de la señal análoga se utiliza una función derivada llamada TSX_AIN, con la cual se escala y se filtra el ruido de la señal. Este bloque de acondicionamiento se lo puede ver en la figura 3.7.

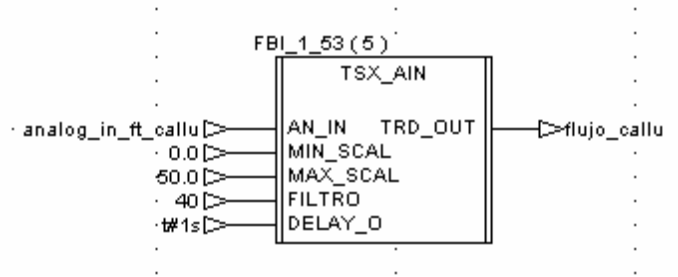


Figura 3. 7. Función TSX_AIN para acondicionamiento de señal

Las señales de pulsos de los totalizadores ingresan en los bits 0 y 1 del mismo registro de entrada. Para poder tomarlos individualmente se transforma la palabra a bits con la función WORD_TO_BIT, la cual se puede observar en la figura 3.8. Luego los bits correspondientes entran a contadores para totalizar el valor de caudal.

3.3.2.5 Estado_movs

De los registros leídos de las actuadores, dos son registros de status. En esta sección se transforman estas palabras a bits mediante la función WORD_TO_BIT, debido a que cada bit de los registros de status da un diferente aviso del estado del actuador. La señal de cada bit utilizado de estos registros se puede ver en la tabla 3.2.

Tabla 3.2. Registros de status de actuadores

registro	bit	señal
1	0	abierto
1	1	cerrado
1	2	parado
1	3	abriéndose
1	4	cerrándose
1	5	válvula atascada
1	6	actuador en modo local
1	7	falla combinada
1	8	sobrecalentamiento
1	15	error de fase
2	1	actuador en modo remoto

Estos bits de status son nuevamente recogidos en un registro, junto con la falla de comunicación, mediante la función BIT_TO_WORD. Este nuevo registro servirá para enviar esta palabra hacia el PLC principal de la estación y par usarla en el sistema SCADA.

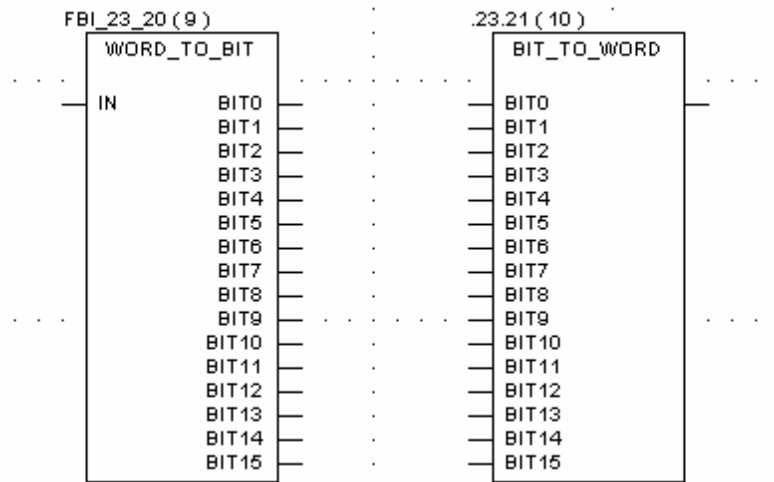


Figura 3. 8. Funciones WORD_TO_BIT y BIT_TO_WORD

3.3.2.6 Automático

Esta sección se encarga de realizar el control automático de apertura y cierre de ambas válvulas. El control es de tipo ON-OFF con histéresis, para lo cual se necesita el ingreso de algunos parámetros que son:

- Setpoint: el valor deseado de flujo.
- Flujo alto: el valor máximo de flujo antes de que la válvula se cierre.
- Flujo Bajo: el valor mínimo de flujo antes de que la válvula se abra.
- Banda muerta: un valor de flujo, que determina un rango cerca al set point, dentro del cual se considera el aceptable el valor de flujo.

Una vez ingresados estos valores el control se lo realiza de la siguiente manera:

Se coloca al sistema en modo automático, una vez hecho esto el sistema supervisa que el valor del flujo de cada una de las tuberías se mantenga dentro de los valores de flujo alto y de flujo bajo anteriormente ingresados.

Si el valor de flujo leído es menor que el valor de flujo bajo, el sistema abre la válvula hasta alcanzar el valor de set point de flujo, una vez que llega al set point la válvula se detiene. Para un valor de flujo mayor al valor de flujo alto, el proceso es similar al anterior con la diferencia de que la válvula en este caso se cierra. Este proceso se lo puede apreciar en el diagrama de flujo de la figura 3.9.

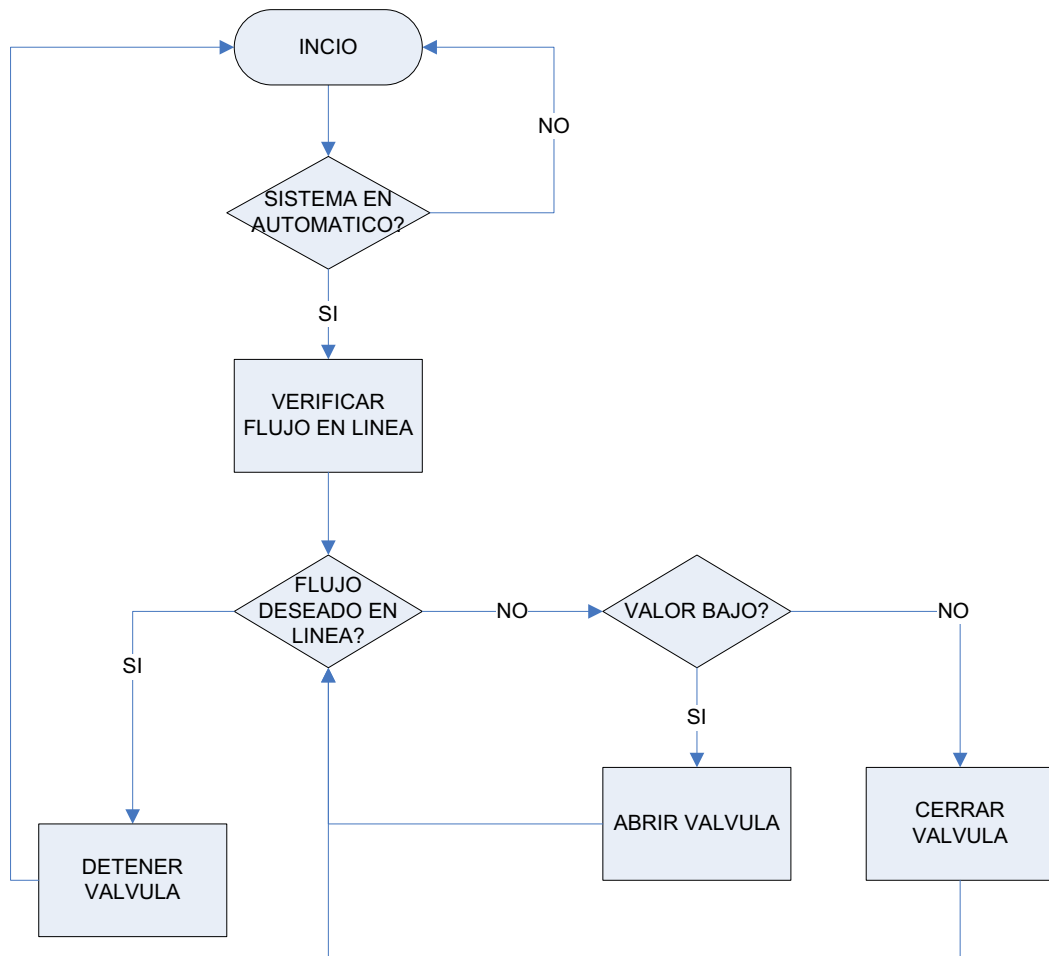


Figura 3. 9. Diagrama de flujo del control automático de una de las válvulas del sistema

Si la válvula queda totalmente abierta o cerrada y el flujo no llega al valor deseado se enciende una alarma de que hay algún problema en el sistema.

3.3.3 Simulación

Para verificar el buen funcionamiento del programa antes de ser implementado, Concept dispone de un programa adicional que permite simular a un controlador lógico programable. Este se llama **SIMULATOR 32 BITS** y se puede simular valores de registros discretos con dirección 0x y 1x, y valores análogos con dirección 3x y 4x.

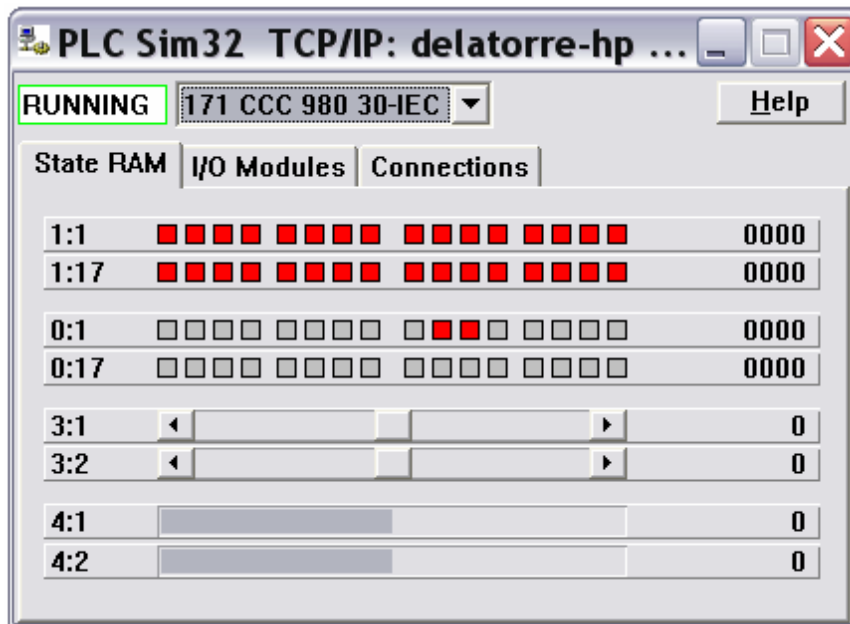


Figura 3. 10. programa SIMULATOR 32 BITS

Para realizar la simulación se debe iniciar el programa **SIMULATOR 32 BITS**, el cual se observa en la figura 3.10, y una vez hecho esto se selecciona el PLC. Luego, se recurre a la ventana de **Connect**, que se encuentran en el menú **Online** de la barra de menú de Concept. Para que Concept se conecte al simulador, se debe seleccionar como protocolo **IEC SIMULATOR (32-bits)** en esta ventana, como se ve en la figura 3.11. Se descarga el programa en el simulador, mediante la ventana **Download**, la cual se indica en la figura 3.12, también dentro del menú **Online**.

Una vez que se ha descargado el programa al simulador, se recurre a las opciones de animar, resaltadas en el recuadro 1 de la figura 3.13, las cuales permiten observar los valores de las variables, logrando así comprobar el correcto funcionamiento del programa antes de su carga en el controlador.

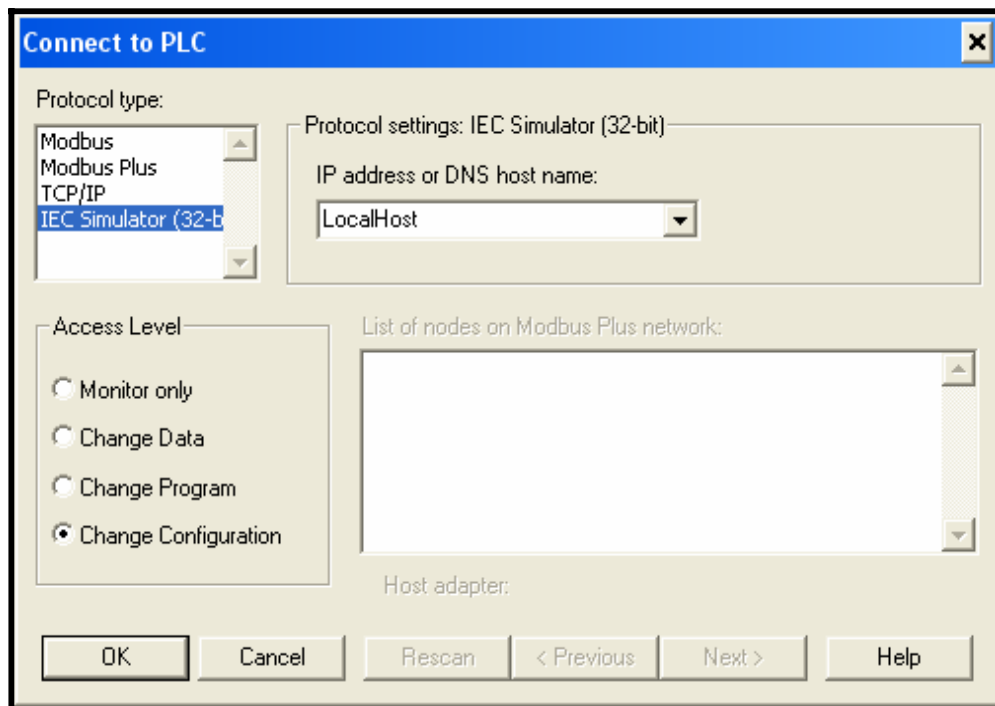


Figura 3. 11. Ventana Connect de programa Concept



Figura 3. 12. Ventana Download de programa Concept

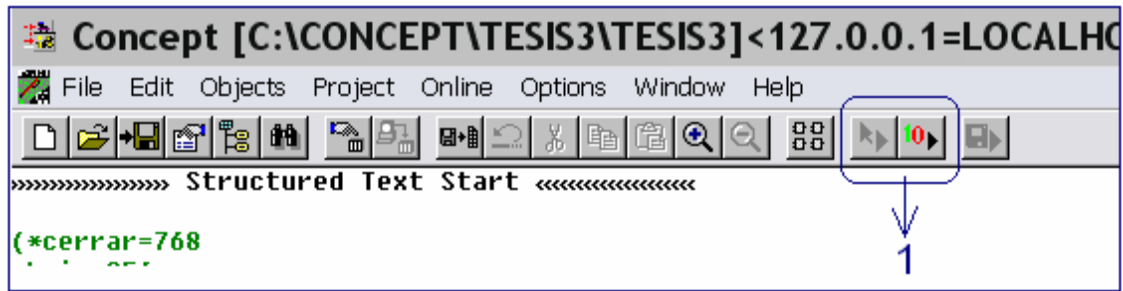


Figura 3. 13. Botones de animación de programa

3.3.3.1 Resultados de la simulación

Estas pruebas de simulación no pudieron ser completas ya que el programa de simulación no soporta la utilización de ciertos bloques y funciones especiales de Concept, entre estos están el bloque de comunicación XXMIT, por lo que no se pudo comprobar el funcionamiento del mismo, y dificultó un poco la simulación del resto del programa.

A pesar de esta limitación, las pruebas de simulación permitieron corregir y mejorar ciertos aspectos del programa. Luego de las pruebas, el programa quedó listo para ser descargado en el PLC.

3.4. PORGRAMACION TERMINAL DE OPERADOR

3.4.1 Software de programación

Como se mencionó antes, el Terminal de operador permitirá realizar las tareas de monitoreo y control del sistema de captación Calluma y Nuevo Aeropuerto de Quito. En esta sección se describirá el ambiente del Terminal y la manera de operar el sistema.

A lo largo de este documento el Terminal de operador Magelis XBTGT 2330, será llamado simplemente Magelis, por abreviatura y mejor comprensión. Se debe señalar que una de las principales características de este equipo es su pantalla táctil (touchscreen), lo cual permite desarrollar aplicaciones completamente interactivas para el operador.

Para la programación de la Magelis, el software utilizado para el desarrollo de la interfaz es **VIJEO DESIGNER versión 4.3** de la compañía **SCHNEIDER-ELECTRIC**.

3.4.2 Programación en Vijeo Designer

Iniciado el programa Vijeo Designer, se procede a crear un proyecto. La creación de un proyecto tiene varios pasos: primero se ingresa el nombre del mismo, y se selecciona la cantidad de terminales de destino (target), que se van a incluir en el proyecto. Luego se elige el nombre, el tipo y el modelo de cada Terminal de destino que va a ser programado, como se lo ve en la figura 3.14. En este caso solo es un terminal de destino, nombrado “captacion”, de tipo XTBG modelo XBTG2330.

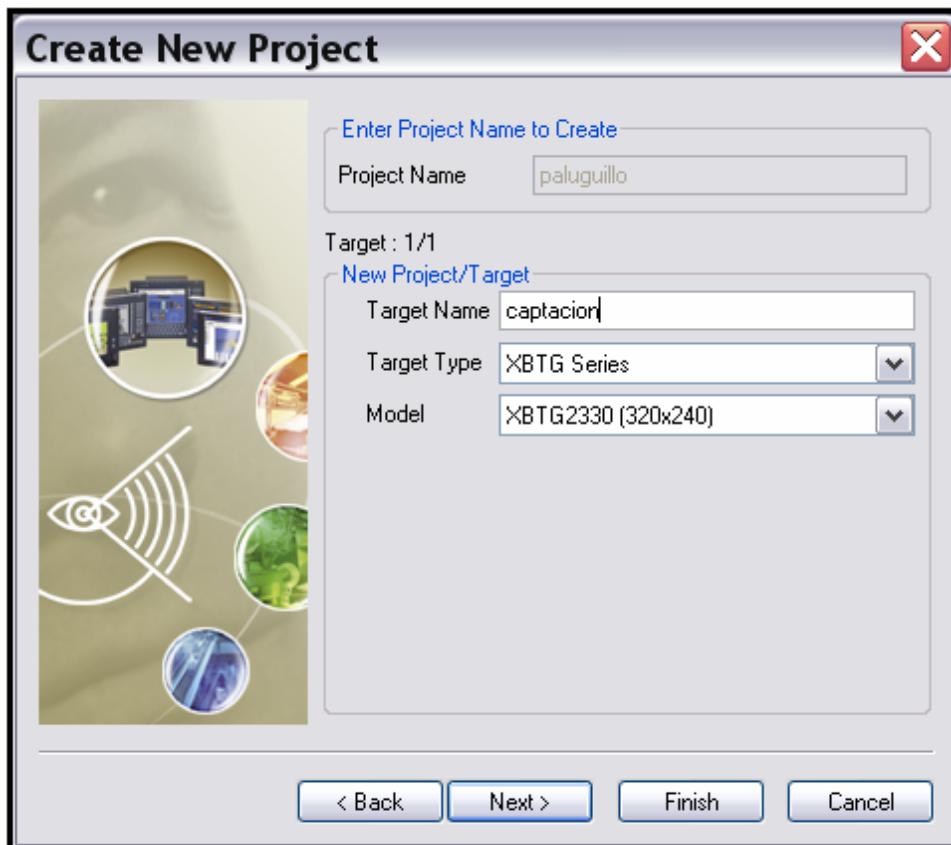


Figura 3. 14. Ventana 2 de creación de proyecto Vijeo Designer

En el siguiente paso se configura la dirección IP del Terminal, si este tiene puerto ethernet. En el último paso se puede añadir un comentario del proyecto. Después de crear el proyecto se accede a la pantalla de trabajo, la cual tiene cuatro partes importantes enmarcadas en la figura 3.15 que son:

1) **Barra de herramientas.** Mediante esta barra se pueden utilizar los elementos gráficos principales para el desarrollo de la aplicación de manera rápida, como cuadros de texto figuras, indicadores, switches, etc.

2) **Navegador (navigator).** En esta ventana se puede visualizar toda la información sobre los proyectos creados. A través de cuatro pestañas, dentro de las cuales se utiliza una estructura en árbol, se puede navegar entre proyectos, dentro de cada uno, entre las variables, y herramientas graficas.

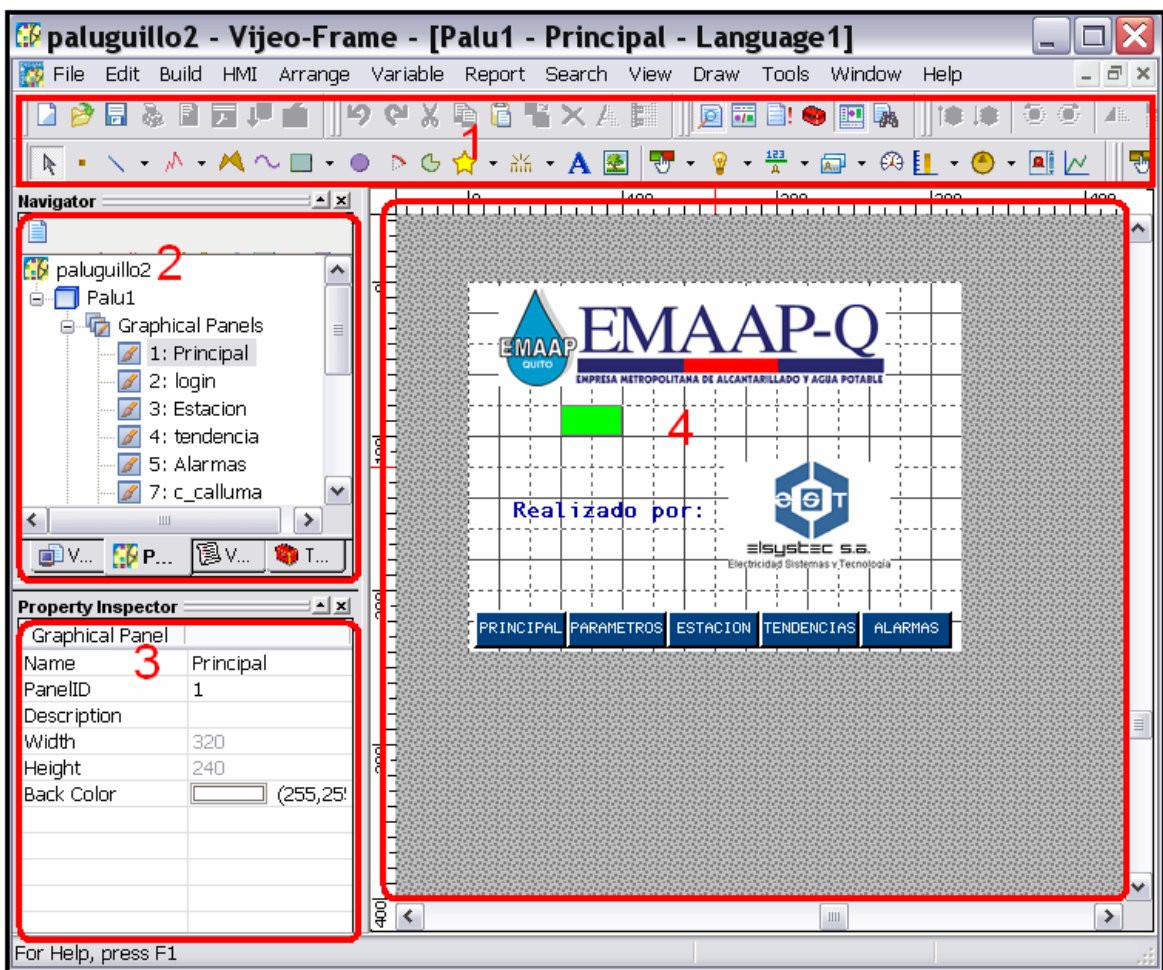


Figura 3. 15. Entorno gráfico de la aplicación Vijeo Designer

3) Inspector de propiedades (Property Inspector). Aquí se pueden editar las propiedades de cualquier objeto seleccionado. Si se seleccionan varios objetos al mismo tiempo, la ventana de herramientas sólo muestra los valores comunes entre estos.

4) Visor de trabajo. Es el espacio donde se observa la pantalla de aplicación donde se va a trabajar. El tamaño de esta área varía de acuerdo al equipo seleccionado.

3.4.2.1 Convenciones de visualización

Dentro de las pantallas del panel de operador se presenta la información de los diferentes equipos que se utilizan en el proyecto y sus variables, que para una fácil comprensión de los mismos se presentan con colores y /o gráficas especiales con un significado el cual se explica a continuación:

Colores fijos

Cada color indica lo siguiente:

Verde  :

Elemento esta en funcionamiento.

Parámetros en estado normal (pantalla de alarmas)

Actuadores en funcionamiento.

Válvula abierta

Rojo  :

Actuador apagado

Alarma activa (pantalla de alarmas)

Válvula cerrada

Amarillo  :

Alarma reconocida (pantalla de alarmas)

Válvula detenida

Colores Intermitentes

El color verde y amarillo indica:

- actuador eléctrico esta abriéndose

El color rojo y amarillo indica:

- actuador eléctrico esta cerrándose

Valores Numéricos

Indicarán las unidades de ingeniería de variables del proceso.

Nombres de actuadores

Dentro de la pantalla general de cámaras y la de alarmas (que se explicarán más adelante), se van a nombrar a las válvulas con actuador eléctrico como MOV's (Motor Operated Valves). Así la válvula de Calluma se la denominara MOV 1 y la válvula del aeropuerto MOV 2.

Símbolos



Este símbolo de alerta indica que se ha perdido la comunicación entre el PLC y la Magelis.

3.4.2.2 Descripción general de las pantallas

Las pantallas son donde se realizan todas las operaciones del sistema. Dentro de la aplicación existen 5 pantallas principales que son:

- Principal: es la portada del Terminal de operador.
- Operación: se elige el modo de operación del sistema, manual o automático.
- Cámaras: permite el monitoreo y control de los elementos que existen en las cámaras, se puede considerar el panel medular de la aplicación.
- Tendencias: aquí se puede visualizar el comportamiento del flujo, tanto de la tubería de Calluma como la del aeropuerto, en función del tiempo.
- Alarmas: en esta pantalla se registran las alarmas ocurridas en el sistema.

Dentro de algunas de las pantallas principales se tiene acceso a pantallas específicas.

3.4.2.3 Operación del sistema

La operación del sistema se la realiza en base a la interacción con las pantallas o paneles de la Magelis. Cada pantalla se divide en dos secciones básicas:

- De navegación (en la parte inferior de la pantalla).
- De control y monitoreo (parte superior).

Para la navegación, se encuentran en la parte inferior, botones que conducen a cada pantalla. Esta barra de navegación es la misma en todas las pantallas generales.



Figura 3. 16. Menú de navegación general

En cada pantalla se puede monitorear y controlar las diferentes operaciones del sistema de bombeo. La sección de control y monitoreo de cada pantalla se detalla a continuación.

NOTA: Antes de empezar la operación del sistema, se debe verificar que los elementos estén energizados y funcionando correctamente, esto si lo visualiza en las pantallas.

3.4.2.4 Descripción detallada de pantallas

Cada pantalla tiene diferentes indicadores y diferentes modos de operación. A continuación una visión detallada de cada pantalla, y las indicaciones para la operación del sistema mediante el Terminal de operador.

3.4.2.4.1 Principal

En esta pantalla, se visualizan los nombre de las empresas, tanto del cliente, como la empresa que desarrollo la aplicación de operación. También se observa el nombre de la estación. Es la pantalla de inicio y permite el acceso a las demás pantallas del sistema. Se la puede ver en la figura 3.17.



Figura 3. 17. pantalla principal de terminal de operador

3.4.2.4.2 Operación

Aquí se puede seleccionar el modo de operación en el que se desea operar el sistema. Se puede elegir entre dos modos: manual o automático.

- En modo manual el operador controla el cierre o apertura de la válvula según lo desee.
- En el modo automático la apertura y cierre de las válvulas esta controlada por el flujo en cada una de estas.

Para la operación automática primero se deben configurar los valores de los parámetros de control, los cuales se describieron en la sección 3.3.2.6. Dentro de esta pantalla se puede acceder al cambio de estos valores presionando en el botón de cambiar parámetros, como se ve en la figura 3.18.

Como estos valores deben ser manipulados solo por personas autorizadas de la estación, se requiere una clave. Por eso previo a ingresar a la pantalla de parámetros se debe ingresar el usuario y la clave correspondiente.



Figura 3. 18. Pantalla de operación de Terminal de operador

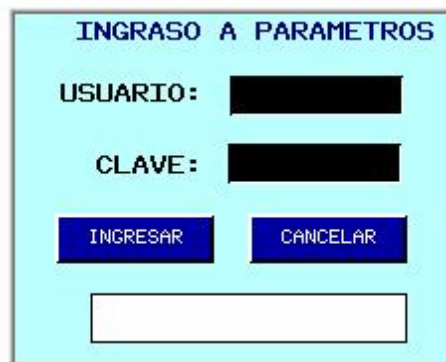


Figura 3. 19. Ventana de ingreso de usuario y clave para cambio de parámetros

Para esto se despliega la pantalla auxiliar de la figura 3.19. Luego de ingresar la clave correcta podemos acceder a la pantalla de parámetros (figura 3.20), aquí podemos variar sus valores para el funcionamiento del sistema en automático. También nos permite cambiar el usuario y la clave del sistema, para una mayor seguridad.

PARAMETROS		
	Calluma	Aeropuerto
tiempo de espera de falla :	0 s	0 s
Banda muerta:	0.00 l/s	0.00 l/s
set point:	0.00 l/s	0.00 l/s
Flujo máximo:	0.00 l/s	0.00 l/s
Flujo mínimo:	0.00 l/s	0.00 l/s

CAMBIAR CLAVE

VOLVER

Figura 3. 20. Pantalla de cambio de parámetros

3.4.2.4.3 Cámaras

En esta pantalla, que se observa en la figura 3.21, se encuentra una visión de la distribución de las cámaras del sistema, dentro de la estación, así como indicadores generales de su estado, entre los que están el caudal instantáneo y el estado actual de los actuadores. En esta pantalla se puede acceder a cada cámara individualmente presionando sobre el espacio correspondiente a la cámara de Calluma (recuadro 1) o la cámara del aeropuerto (recuadro 2).

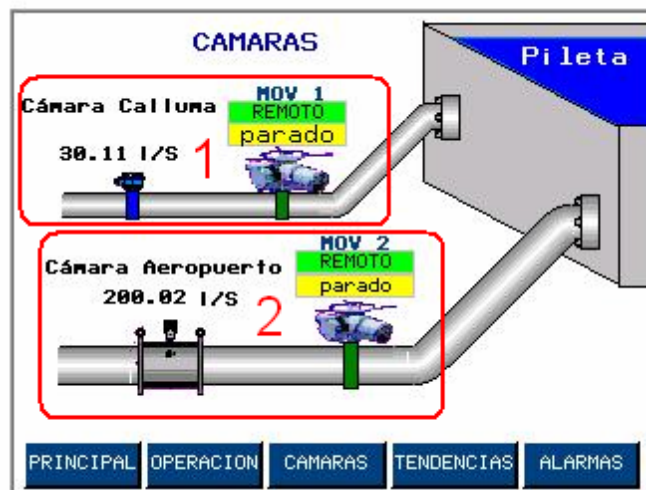


Figura 3. 21. pantalla de cámaras de terminal de operador

Esta pantalla es de monitoreo, aquí no se pueden controlar los actuadores eléctricos.

En la pantalla de cada cámara, se puede visualizar más indicadores que en la pantalla general de las cámaras como se ve en la figura 3.22. Los indicadores son los siguientes:

Caudal instantáneo (recuadro 1)

Totalizador del caudal (recuadro 2)

Modo de operación del actuador: local, stop o remoto (recuadro 3),

Porcentaje de apertura de actuador (recuadro 4)

Estado del actuador (recuadro 5): abierto, cerrado, entre abierto y cerrado (parado), o si en ese momento esta abriéndose o cerrándose.

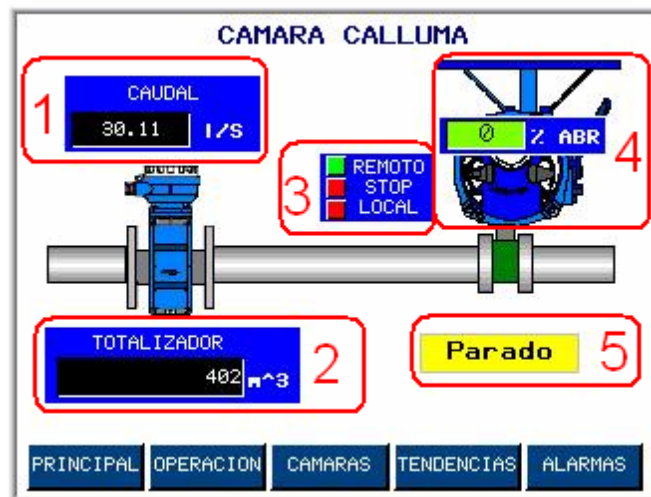


Figura 3. 22. Pantalla de cámara de Calluma

Esta pantalla sigue siendo solo de monitoreo, pero tiene el enlace con el panel para controlar el actuador. Para visualizar esta pantalla, hay que presionar sobre el icono del actuador. En ese momento aparecerá el panel de control del actuador.

Panel de control de actuador

En este panel (figura 3.23) se puede controlar el movimiento del actuador, siempre y cuando el estado del actuador este en estado remoto. Consta de los mismos botones del panel físico del actuador, a excepción de local o remoto, ya que este mando solo es posible monitorearlo.

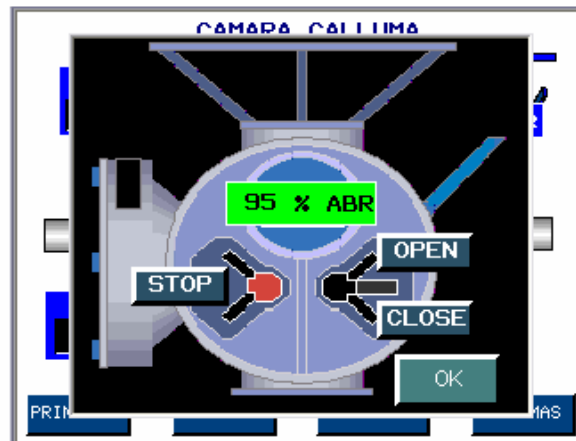


Figura 3. 23. ventana para manejo manual de actuador

Se encuentran los botones de abrir (open), cerrar (close) y parar (stop). Para activar cualquiera de estos mandos basta presionarlos una vez, para que realice la acción.

También es posible ingresar directamente el porcentaje de apertura del actuador que se desea. Para esto se presiona sobre el recuadro donde se encuentra el porcentaje de apertura, aparecerá un teclado numérico (figura 3.24) mediante el cual se puede ingresar un valor entre 0 y 100, que corresponde al porcentaje de apertura.



Figura 3. 24. teclado para ingreso de porcentaje de apertura de actuador

Una vez ingresado un valor correcto se presiona la tecla “Enter”, el teclado numérico desaparece y el actuador se moverá a la posición indicada. Luego de

que se haya realizado la acción deseada, se presiona el botón de “OK” para volver a la pantalla de la cámara de Calluma.

IMPORTANTE: a este panel de control del actuador solo se podrá acceder si el modo de operación es manual

3.4.2.4.4 Tendencias

Aquí se puede ver la tendencia histórica de los últimos días de los flujos de a tubería de Calluma y del Nuevo Aeropuerto como se muestra en la figura 3.25. Se compone del grafico de tendencias escalado al mayor flujo (recuadro 1) y la leyenda indicando cual es el color de la línea de tendencia de cada flujo (recuadro 2).

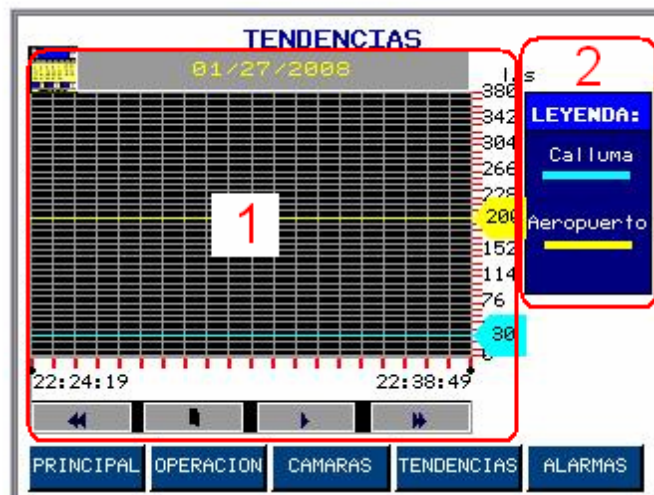


Figura 3. 25. Pantalla de tendencias de terminal de operador

3.4.2.4.5 Alarmas

En esta pantalla se registran los eventos de falla del sistema. Expresamente se refiere a las fallas de los actuadores. Las fallas que se registran son las siguientes:

- Falla de fase
- Falla de sobrecalentamiento
- Falla combinada
- Falla de comunicación con actuador
- Válvula atascada

Todas estas alarmas son las mismas para cada cámara. Todas las fallas se consideran graves.

IMPORTANTE: Estas fallas solo se las monitorea, pero el control no puede tomar ninguna acción para corregirlo, debido a que a excepción de la comunicación todas las fallas son de origen físico, el operador debe tomar las acciones pertinentes.

Esta pantalla, que se muestra en la figura 3.26, consta de los siguientes elementos:

La pantalla de despliegue de alarmas (recuadro 1), donde se indica cual es la falla que ocurrió, el día y la hora en que sucedió, y en que estado se encuentra la alarma. Existen tres estados posibles:

- Activa, la falla producida no ha sido solucionada.
- Reconocida, esto es cuando una vez dada la alarma, el operador la ha visualizado, ya reconoce para indicar que esta falla esta siendo atendida. Se reconoce una falla marcando la falla correspondiente y presionando el botón de “reconocer alarma” o “reconocer todas” si son más de una falla, en la barra de herramientas de esta ventana (recuadro 2).
- Regreso a normal, este mensaje indica que la falla ha sido superada y el sistema se encuentra operando de forma normal.



Figura 3. 26. Pantalla de alarmas de terminal de operador.

Para ver los diferentes mensajes de la pantalla existen barras de desplazamiento que ayudan a realizar esta tarea. Además de botones en la barra de herramientas.

3.4.3 Simulación

Para verificar que la programación del Terminal de operador, Vijeo Designer dispone del **Device Simulation Tool** (Herramienta de Simulador de dispositivo), Mediante esta herramienta, indicada en la figura 3.27, se puede asignar valores a las variables tanto discretas, enteras y flotantes, y así comprobar el funcionamiento de los elementos gráficos de esta interfaz grafica.

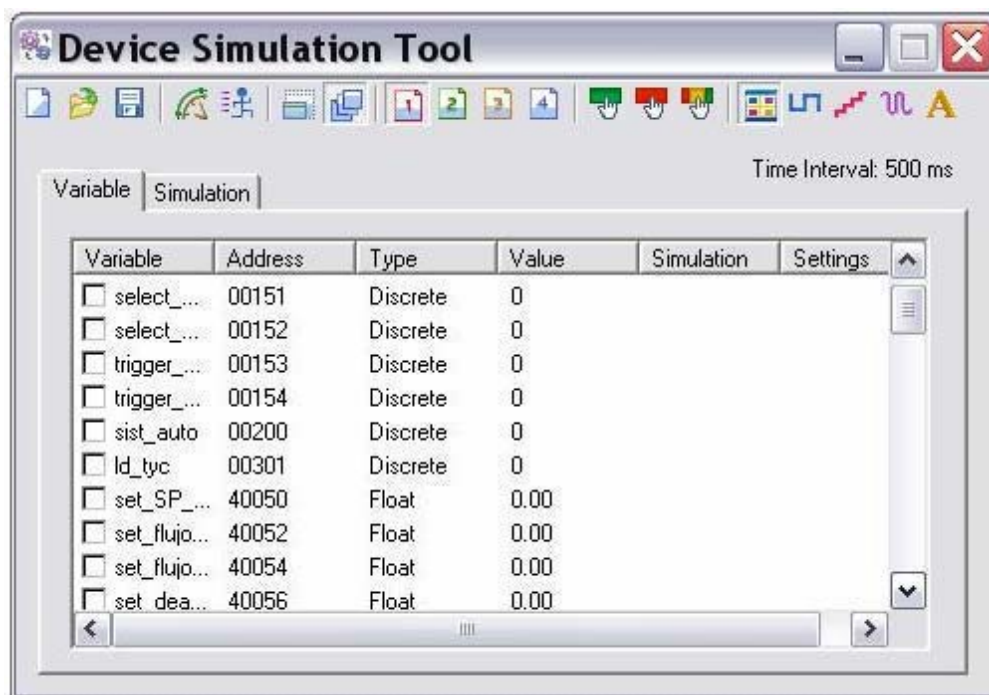


Figura 3. 27. Herramienta de simulación de dispositivo de Vijeo Designer

3.5. PROGRAMACION ADICIONAL AL SISTEMA SCADA

3.5.1 Software de programación

El monitoreo y control del sistema también debe realizarse mediante el sistema SCADA de la estación, ya existente en la estación.

El software empleado para el desarrollo de la interfaz hombre – máquina (HMI), de este sistema SCADA es **INTOUCH** versión 9.5 de la compañía **WONDERWARE**.

Licencia de InTouch

Para la visualización las pantallas del HMI de la estación se requiere que en el computador estén instaladas las llaves de la licencia de InTouch. Estas son dos y se las conoce como: llave de hardware (**HARDWARE KEY**) y llave de software (**SOFTWARE KEY**).

La llave de software es un pequeño archivo que debe ser ubicado en un directorio específico dentro del disco duro del computador del sistema SCADA, mientras que la llave de hardware debe ser conectada en el puerto paralelo del computador o en un puerto USB, según sea el caso. No se puede acceder al programa si ambas licencias no están ubicadas donde deben.

Existen dos tipos de licencia: RunTime, con la cual solo se puede acceder a una aplicación ya creada y no se la puede modificar, y Development, con la que además de ver las pantallas de la aplicación, se puede modificar e implementar más pantallas dentro de la aplicación.

IMPORTANTE: Se debe tener mucho cuidado con la llave de hardware y el uso del puerto paralelo; cualquier tarea de impresión puede ser realizada con la llave de hardware colocada en el puerto, sin embargo actividades de transferencia de datos a través de este puerto con la llave conectada pueden causar daños irreparables a la misma, por lo que se recomienda ante la necesidad de realizar este tipo de tareas, desconectar la llave de hardware del puerto paralelo.

3.5.2 Programación en InTouch

Al abrir la InTouch se muestra la ventana **APPLICATION MANAGER** (figura 3.28). Este administrador de aplicaciones proporciona un acceso fácil a las aplicaciones realizadas que se encuentren en ese computador.

Desde el administrador de aplicaciones se puede acceder a las dos aplicaciones de trabajo conocidos como: **WINDOWMAKER** y **WINDOWVIEWER**.

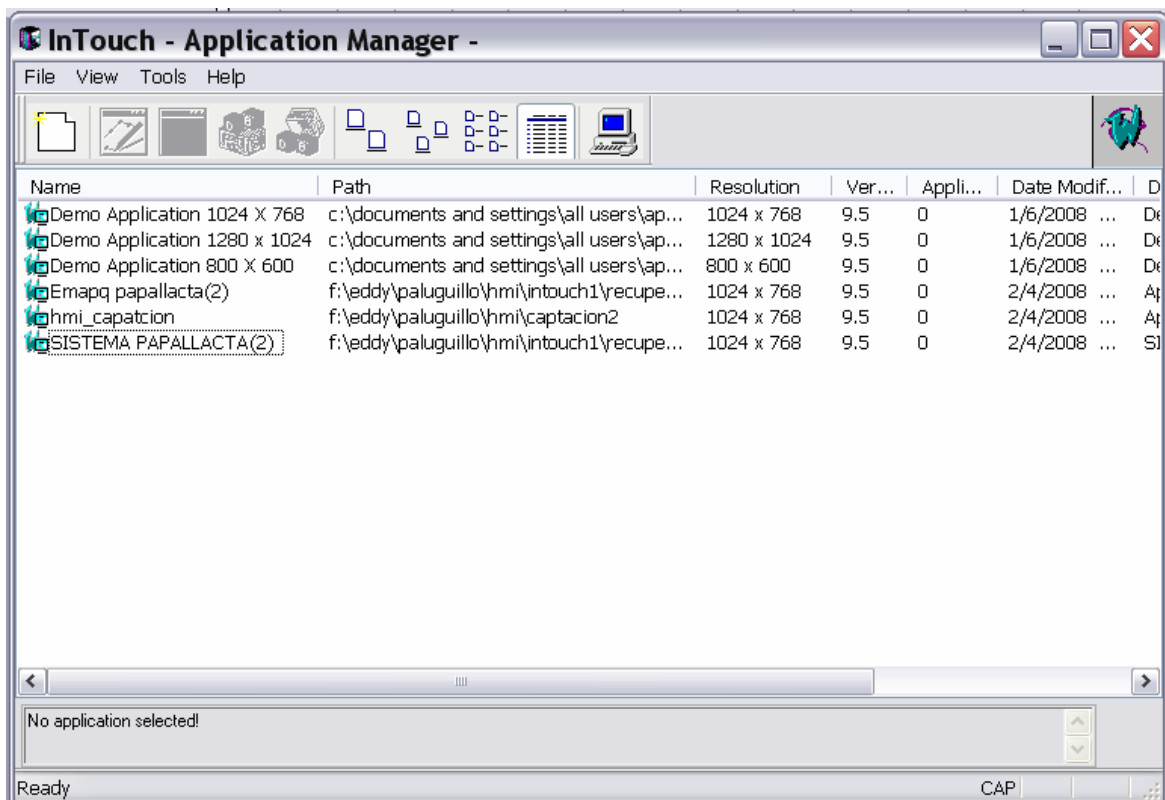


Figura 3. 28. Application Manager de InTouch

El WindowMaker (figura 3.29) es la aplicación en la que se realiza el desarrollo del software HMI. Aquí se generan las pantallas y demás elementos gráficos necesarios para el control y supervisión del proceso.

El WindowViewer es la aplicación de ejecución de los proyectos desarrollados en InTouch. Este es el único ambiente de operación del sistema SCADA.

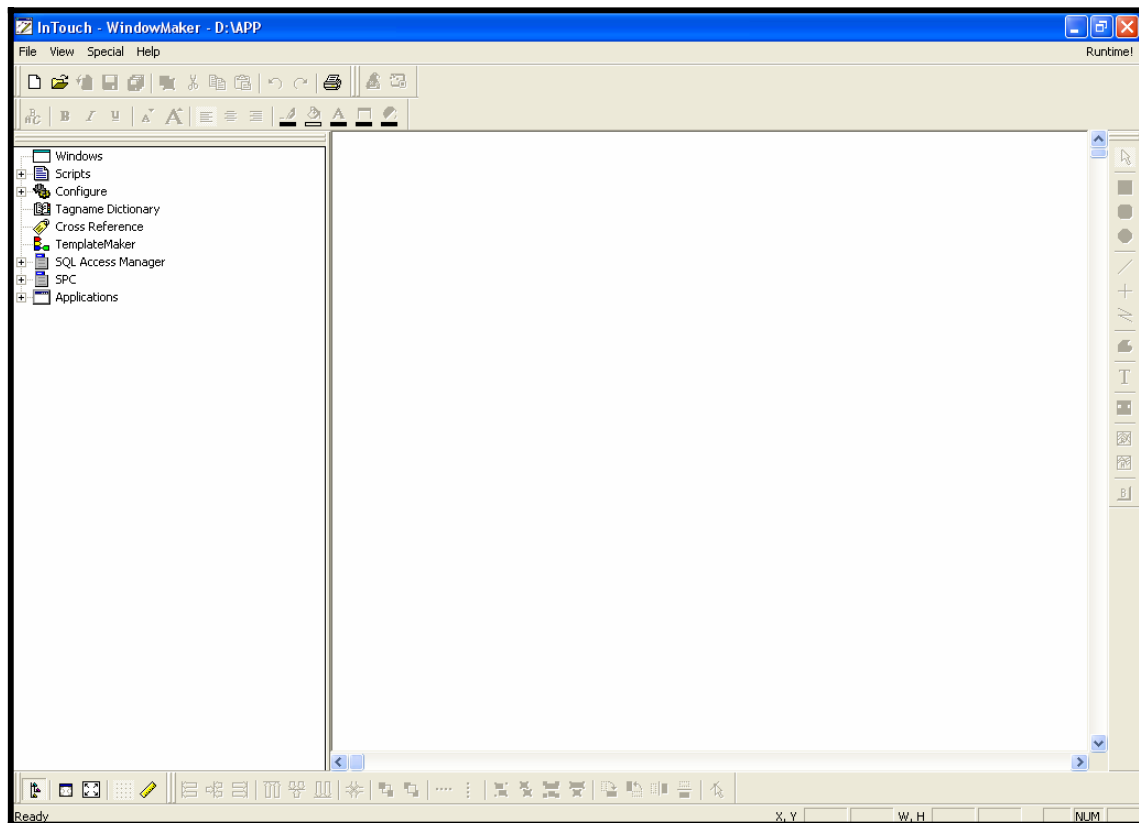


Figura 3. 29. WindowMaker de InTouch

3.5.2.1 Pantallas del sistema de Captación

Para el nuevo sistema, a la aplicación existente de InTouch se adicionan dos ventanas: la primera de control y monitoreo de las válvulas y la segunda de las tendencias de los flujos.

3.5.2.1.1 Pantalla Captación Calluma y Nuevo Aeropuerto

En esta pantalla (figura 3.30) se puede visualizar toda información correspondiente a ambas líneas, como: flujo instantáneo, estado de la válvula, totalizador de caudal y alarmas. Estos valores se los indica dentro de una vista general (layout) del sistema.

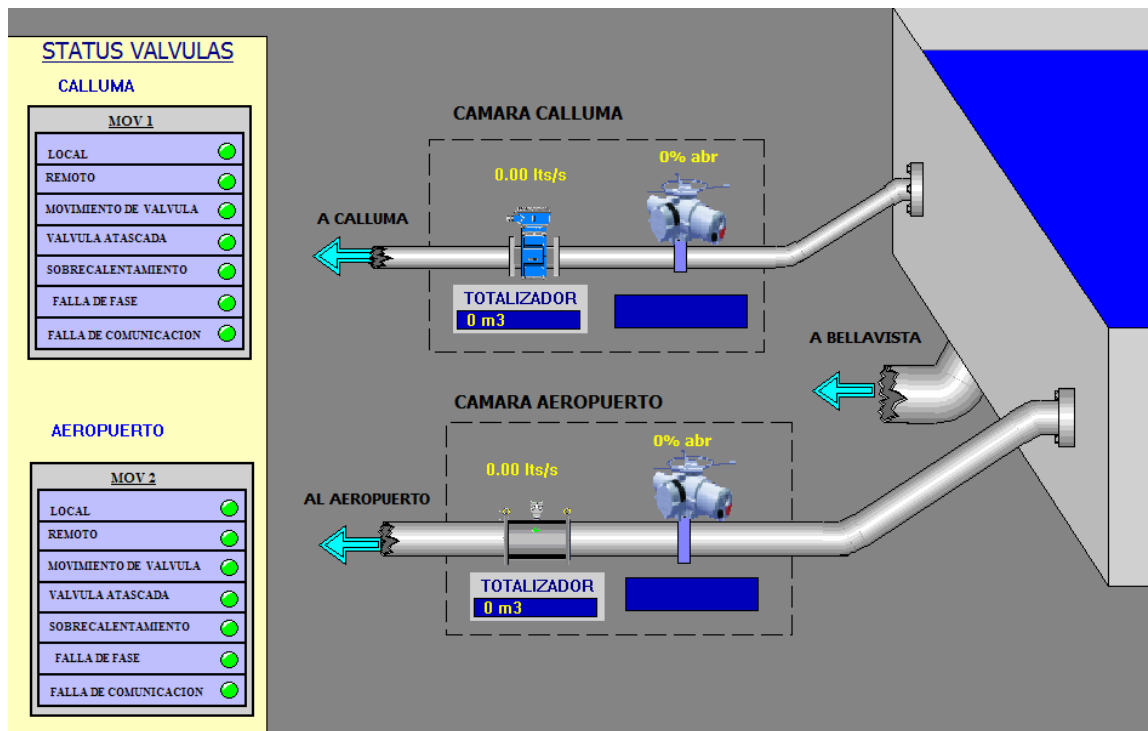


Figura 3. 30. Pantalla Captación Calluma y Nuevo Aeropuerto

Para controlar cada actuador se debe presionar sobre el icono correspondiente en cada caso, se desplegará un panel para el control de la válvula, como se ve en la figura 3.31. Este panel funciona de la misma manera que el panel de control en la Magelis.

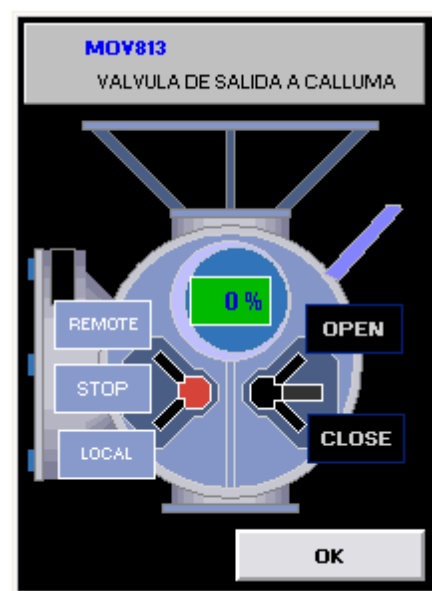


Figura 3. 31. Panel de control de actuador

3.5.2.1.2 Pantalla de Históricos

Aquí se puede apreciar las tendencias históricas del flujo de cada línea. Este tipo de gráfico permite visualizar el comportamiento de estos parámetros en fechas anteriores gracias a controles de desplazamiento de tiempo, ubicados en la parte inferior del gráfico.



Figura 3. 32. Pantalla de historial de flujo de captación de aplicación HMI

3.5.3 Inclusión de nuevo sistema a Software HMI existente.

Las nuevas pantallas así como las variables correspondientes, deben ser integradas al HMI existente. Esta integración será realizada por personal de la EMAAP-Q, ya que solo personal autorizado pueden manipular el desarrollo del software HMI. Si requiere alguna pantalla o control adicional fuera de estos, será realizado por la EMAAP-Q.

IMPORTANTE: dentro de las pantallas adicionales no se incluye nada para modo automático debido a que este modo de operación no será utilizado por el sistema en la implementación.

CAPÍTULO 4

IMPLEMENTACIÓN

4.1. GENERALIDADES

4.1.1 Consideraciones Generales

Una vez realizada la ingeniería básica y de detalle, además de tomar en cuenta las consideraciones de este trabajo previo, se necesita de consideraciones adicionales para la implementación del sistema:

- Este sistema al ser totalmente nuevo en la estación, requiere de una importante obra civil para realizar cámaras, colocar la tubería de las líneas, etc. Dentro de las obras necesarias existen varias que se necesitan realizar para implementar el proyecto.
- El cableado del sistema requiere varios tipos de cable de comunicación, instrumentación y alimentación, ya que las características de estos varían según el sitio donde serán utilizados dentro del sistema.
- Se requiere coordinar los trabajos de esta obra junto con el cronograma de la estación, ya que para el acoplamiento del nuevo sistema se requiere de la autorización del personal encargado del sistema.

4.1.2 Trabajos previos a la implementación del sistema

Como se mencionó anteriormente, los medidores de flujo y las válvulas con los actuadores deben colocarse en cámaras subterráneas. En la figura 4.1. se puede observar una de las cámaras en su etapa de construcción.



Figura 4. 1. Cámara de una de las líneas de conducción

El sitio en donde se ubica el tablero de control, se encuentra aproximadamente a unos 100 m del cuarto de control, y las cámaras se encuentran, a unos 15 m la una cámara, y unos 25 m la otra cámara. En la figura 4.2 se puede observar la distribución de los sitios utilizados en el sistema.

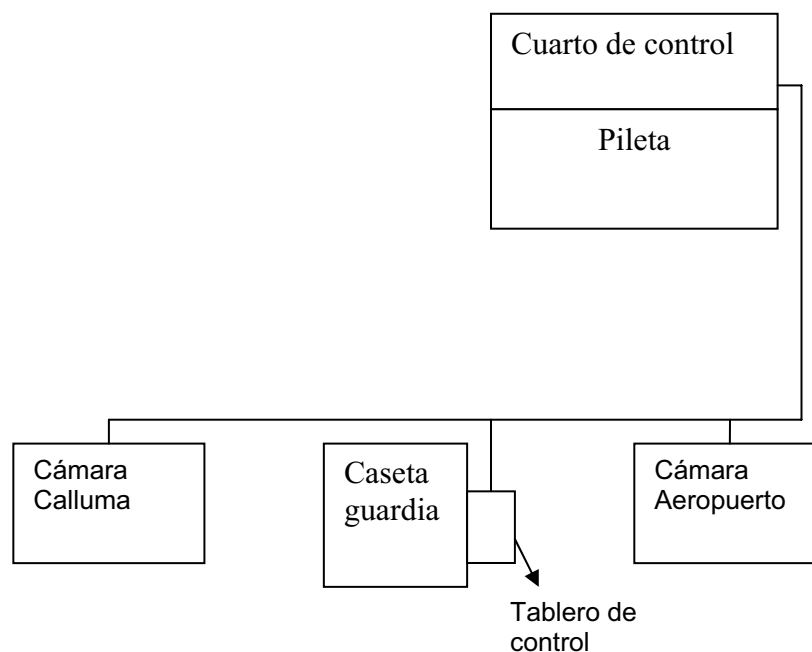


Figura 4. 2. Distribución física del sistema

Debido a las distancias, para pasar el cable del cuarto de control, al tablero de control, y de este a las cámaras, se elaboraron zanjas de 50 cm. de profundidad y 20 cm. de ancho, dentro de la cuales se colocaron mangueras negras de PVC, la primera manguera de una pulgada y media de diámetro, para el paso de cable de alimentación y la segunda de una pulgada, para cable de instrumentación.

Se construyeron varias cajas de paso entre las zanjas, 5 en total, para facilitar el paso de cableado por las mangueras y como puntos de supervisión. En la figura 4.3 se puede apreciar una de las cajas de paso en construcción.



Figura 4. 3. Cámara de paso para cableado del sistema

Para obtener la alimentación de 460 VAC, necesaria para el funcionamiento de los actuadores y del resto del sistema, se debe conectar el breaker principal del tablero de control a las barra principales de energía de la estación, la cuales se encuentran dentro de un tablero en el cuarto de control. Para esto se requiere otro breaker para conectarse a las barras de energía, y de éste al breaker principal del tablero de control del nuevo sistema. Esto es por propósitos de seguridad y mantenimiento: el breaker requerido es de tipo caja moldeada regulable de Merlin Gerin NS100N de 25 A. (requerimiento de la EMAAP-Q). Este se lo puede ver en la figura 4.3. El diagrama de conexión de la alimentación principal se encuentra en el ANEXO II.



Figura 4. 4. Breaker alimentación Principal sistema de Captación

4.2. IMPLEMENTACIÓN

4.2.1 Implementación de equipos en las cámaras

En el proceso de construcción de las cámaras se deben montar los equipos dentro de estas. El proceso de montaje de estos equipos se lo realiza de acuerdo a las recomendaciones de los fabricantes. Luego de que los equipos fueron colocados en las cámaras, se terminó la construcción de éstas. En la figura 4.5 se puede ver como se ve por fuera una de las cámaras terminadas.



Figura 4. 5. Cámara de línea de Aeropuerto

Una vez concluida la obra civil de las cámaras, se instalaron tuberías y mangueras flexibles para el paso de los cables de conexión eléctrica del tablero hacia los equipos dentro de la cámara. Debido a que las cámaras, por su diseño, tendrán poca ventilación, el sistema de tuberías y mangueras debe estar totalmente hermético para impedir la acumulación de agua condensada en los equipos, por la humedad que se va a producir.

En la figura 4.4 se puede observar las tuberías y mangueras por donde pasarán los cables de conexión, mientras que en las figuras 4.7 y 4.8 se puede apreciar como quedó instalado el sensor de flujo Yokogawa, tanto el transmisor como el tubo sensor, y el juego actuador y válvula, respectivamente.



Figura 4. 6. Sistema de tuberías y mangueras para el paso de cables de conexión



Figura 4. 7. Sensor de flujo instalado



Figura 4. 8. Actuador eléctrico instalado

Dentro de cada cámara también existe una caja de paso con grado de protección IP 65, que además de facilitar el paso de los cables, es usado para colocar protecciones para las señales eléctricas de los equipos, adicionales alas que se encuentran en el tablero de control. Esto se lo puede observar en la figura 4.9.

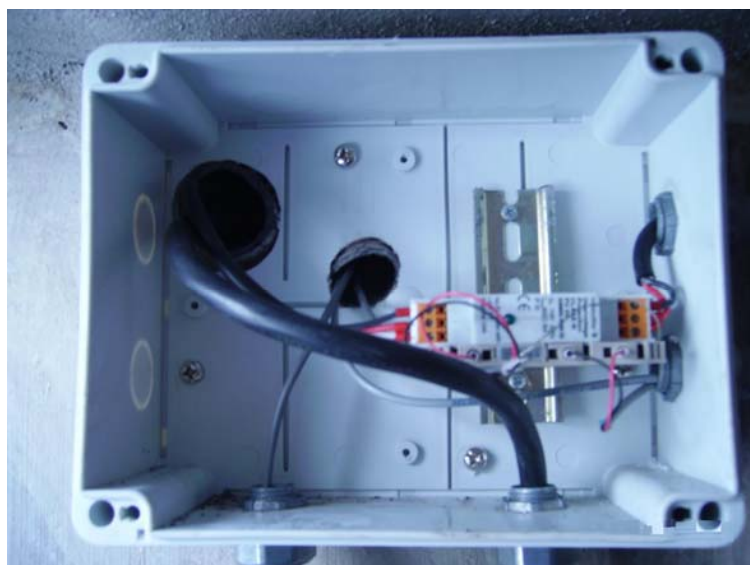


Figura 4. 9. Caja de paso con protecciones adicionales

4.2.2 Implementación de equipos en el tablero de control

Los equipos dentro del tablero de control fueron previamente instalados antes de que éste sea ubicado en la estación, dejando solo la conexión de la señales de campo y de alimentación principal para ser conectadas en sitio. En la figura 4.10 se puede apreciar el diagrama de los equipos instalados en el tablero de control y en la tabla 4.1. se puede ver el listado de los mismos.

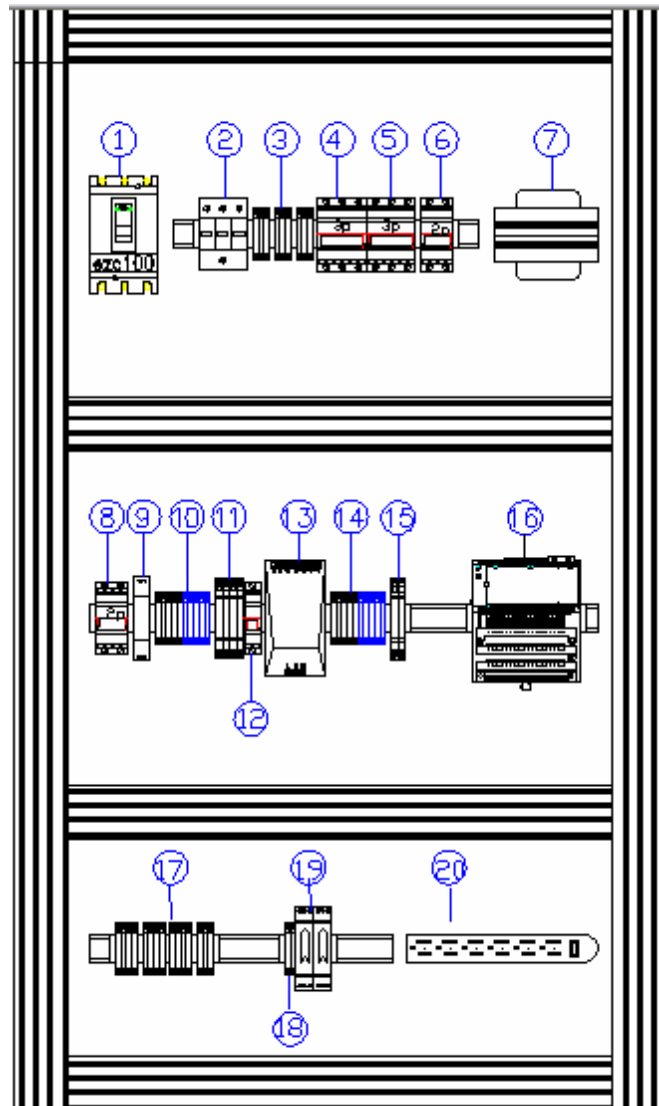


Figura 4. 10. Diagrama Tablero de control

Tabla 4.1. Lista de equipos del tablero de control

ítem	Descripción
1	EZC 100N Telemecanique breaker de caja moldeada (Q1)
2	PU 3 C 550 VAC Weidmüller protección contra transientes
3	Borneras de fuerza
4	GV2ME07 Guardamotor Telemecanique de 1.8 a2.5 A (Q2)
5	GV2ME07 Guardamotor Telemecanique de 1.8 a2.5 A (Q3)
6	C60N C2 Merlin Gerin breaker bipolar de 2 A (Q4)
7	9T58K2810 General Electric Transformador de 500VA (T1)
8	C60N C2 Merlin Gerin breaker bipolar de 6 A (Q5)
9	PU DS 115 VAC 16 A Weidmüller protección contra transientes
10	Borneras de 110 VAC L y N
11	Portafusibles para equipos de alimentación a 110 VAC
12	C60N C4 Merlin Gerin breaker monopolar de 4 A (Q6)
13	CP SNT 70W 24V 3A 0 Weidmüller fuente de poder
14	Borneras de 24 VDC y 0VDC
15	Portafusibles para alimentación de PLC
16	PLC Modicon Momentum 170 XTS 001 00 base 70AMM0900
17	Bornera de campo para alimentación de equipos
18	Borneras para conexión de señales totalizadores de flujo
19	LPU 24VUC 0,5 A Weidmüller de protecciones señal análoga (2)
20	Supresor de picos con 6 tomacorrientes

Una vez colocado el tablero se procedió a pasar todos los cables que van a permitir el funcionamiento del sistema. En el ANEXO II se encuentra un plano con el detalle del cableado del sistema.

**Figura 4. 11. Ubicación del tablero de control**

En la figura 4.11, se puede observar el sitio de ubicación del tablero dentro del sistema, el cual fue previamente establecido, mientras que en la figura 4.12. se puede ver los equipos y elementos que constituye el tablero de control.



Figura 4. 12. Vista interior tablero de control

4.2.3 Implementación de equipos en cuarto de control

Dentro del cuarto de control, deben ser colocados el Terminal de operador Magelis y la protección para conexión de ethernet.

Para mantener simetría y orden dentro del Cuarto de control, el terminal de operador es ubicado en el tablero de alarmas e indicadores, en este tablero se encuentran todos los equipos y elementos que permiten visualizar el

comportamiento de las señales de toda la estación. Dentro de estos equipos existe un Terminal de operador Magelis XBTG 4330, de mayores dimensiones, el cual fue implementado antes para otros sistemas.

El Terminal de operador nuevo se colocó en la parte superior de éste, por las razones antes mencionadas. En la figura 4.13. se puede mirar como quedó el tablero indicador como la nueva Terminal Magelis.

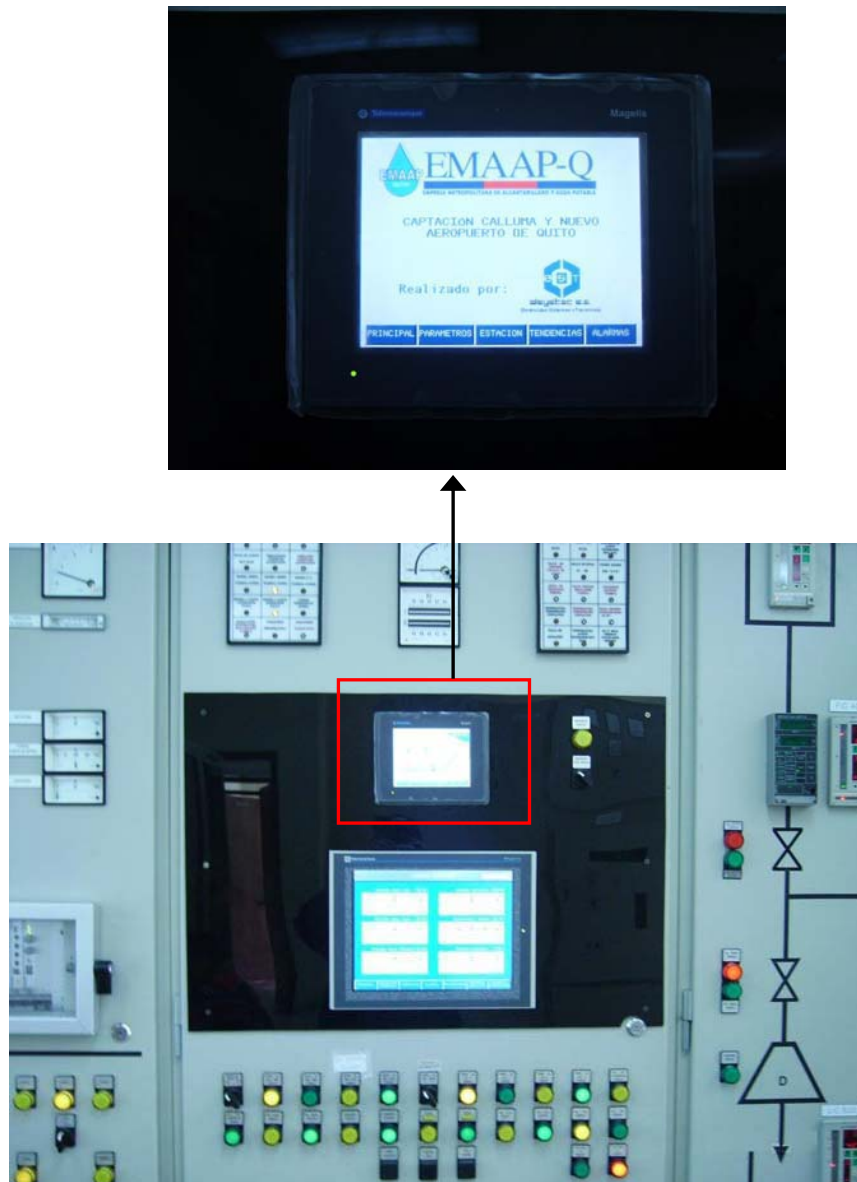


Figura 4. 13. Ubicación Terminal Magelis del sistema

Debido a que cable FTP, usado para la conexión ethernet entre el PLC Momentum y el switch principal de la estación, por motivos de espacio, debe

ingresar por un tramo donde se encuentran cable de alimentación. Para evitar cualquier tipo de interferencia, se colocó la protección para conexión ethernet de Weidmuller mencionada en el capítulo 2. Esta protección se colocó en el tablero donde se encuentra el switch. La ubicación del equipo de protección se lo puede ver en al figura 4.14. Un diagrama de esta conexión se encuentra en el ANEXO II.

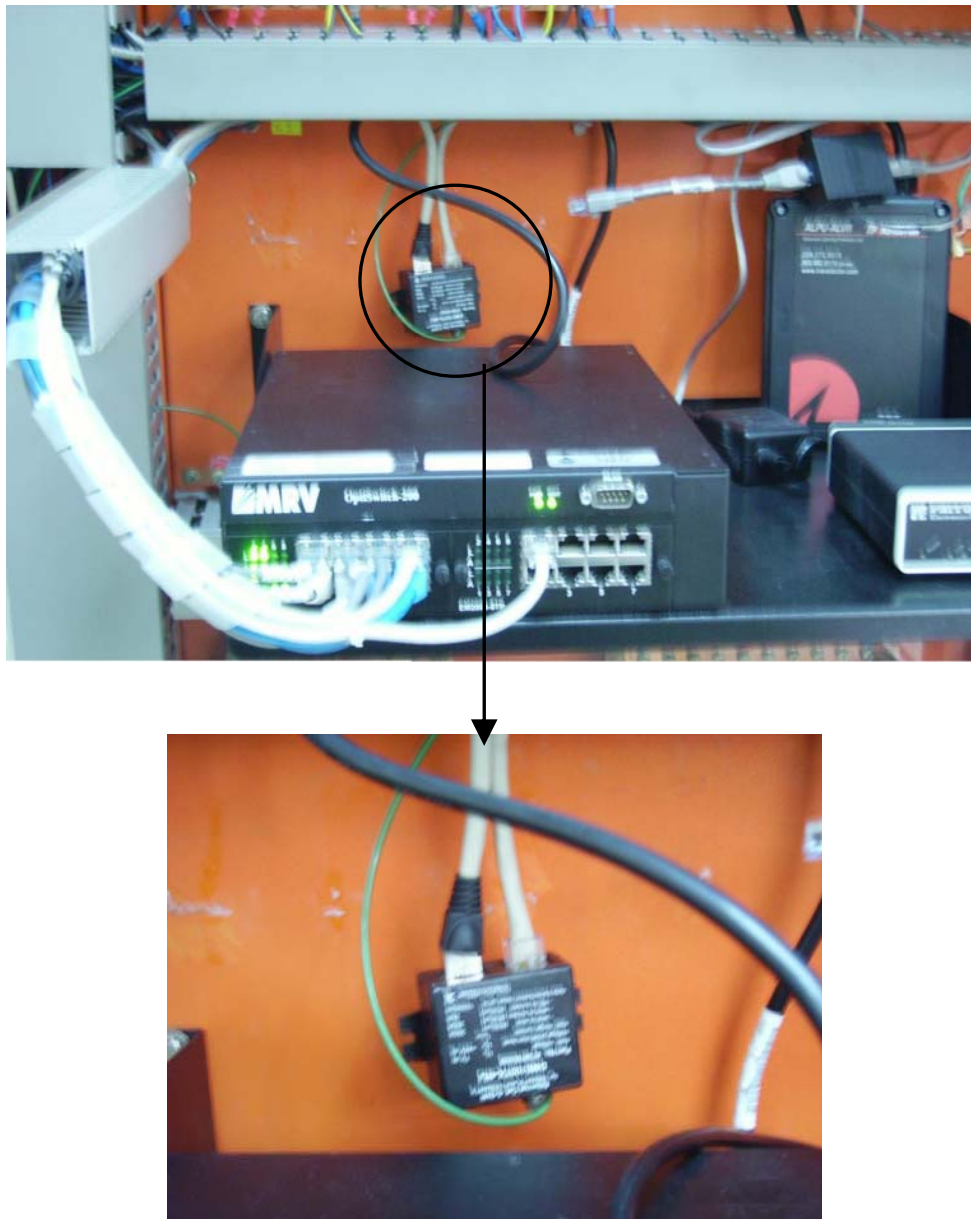


Figura 4. 14. Ubicación protección para conexión ethernet

Una vez que se probó todo el sistema, controlándolo desde el Terminal de operación Magelis, y se verificó su correcto funcionamiento se procedió a insertar

dentro del sistema SCADA, las pantallas y demás elementos necesarios para el control y monitoreo del nuevo sistema.

Este trabajo se lo realizó bajo la supervisión y colaboración del personal de la EMAAP-Q encargado, para evitar posibles dificultades y contratiempos en este durante el desarrollo de esta tarea.

CAPÍTULO 5

PRUEBAS Y RESULTADOS

5.1. PRUEBAS REALIZADAS

Previo a la puesta en marcha del sistema, y para garantizar un funcionamiento óptimo del mismo, se realizaron varias pruebas en las diferentes etapas del proyecto. Estas pruebas fueron las siguientes:

1. Funcionamiento y configuración de equipos del nuevo sistema previo a su instalación.
2. Verificación de cableado de tablero de control.
3. Pruebas de laboratorio de funcionamiento de red Modbus.
4. Pruebas de laboratorio de funcionamiento de red Ethernet.
5. Simulación del programa del PLC.
6. Simulación del programa del Terminal de operador.
7. Simulación de las pantallas adicionales del Sistema SCADA.
8. Verificación de cableado del sistema, entre el cuarto de control, cámaras y tablero de control.
9. Funcionamiento y configuración de equipos instalados
10. Funcionamiento de red Modbus.
11. Funcionamiento de red Ethernet.

12. Verificación de lectura de variables del sistema.
13. Verificación de funcionamiento del PLC.
14. Verificación de funcionamiento de Terminal de Operador.
15. Verificación de funcionamiento del Sistema SCADA.
16. Operación del Sistema.

A continuación se describe cada una de las pruebas realizadas

5.1.1 Funcionamiento y configuración de equipos del nuevo sistema previo a su instalación. Antes de su instalación en campo, se verificó que los equipos funcionen y estén configurados de acuerdo a los requerimientos del sistema, para evitar dificultades que se puedan presentar.

5.1.2 Verificación de cableado de tablero de control. Previo a su ubicación en campo. se comprobó que las protecciones sean las correctas, que los elementos se energicen de forma adecuada y que los cables de comunicación y de señales de campo se conecten al controlador de acuerdo a los diagramas de cableado de éste.

5.1.3 Simulación del programa del controlador Lógico Programable. Como se mencionó en el capítulo 3, antes de ser descargado al Controlador el programa es simulado para detectar cualquier falla que se pueda presentar.

5.1.4 Simulación del programa del Terminal de operador. También mencionada en el capítulo 3, con la herramienta correspondiente del software de programación del Terminal de operador, se verifica que éste funcione adecuadamente.

5.1.5 Pruebas de laboratorio de funcionamiento de red Modbus. Esta prueba se realizó con el Controlador ya programado para verificar el funcionamiento de comunicación Modbus. Mediante un conversor de RS

232 a RS 485, se conectó el controlador a una computadora que ejecuta un programa para simular comunicación Modbus.

5.1.6 Pruebas de laboratorio de funcionamiento de red Ethernet. Con el controlador programado, se descargó la aplicación en el Terminal de operador, y mediante una conexión a través de un switch ethernet, se procedió a verificar que la comunicación funcione y que los registros y bits usados no estén mal direccionados o cruzados.

5.1.7 Simulación de las pantallas adicionales del Sistema SCADA. Con el controlador y Terminal de operador conectados en red, se pudo probar el funcionamiento de Sistema SCADA, y así verificar que señales de control y monitoreo funcionen adecuadamente.

5.1.8 Verificación de cableado del sistema. Antes de proceder a conectar todos los equipos del sistema, era necesario confirmar que el cableado del sistema se encuentra en buen estado, que cada cable se encuentre bien identificado, y que la longitud de cada cable sea la adecuada para la conexión directa.

5.1.9 Funcionamiento de Configuración de equipos instalados. Una vez energizados los equipos ya instalados, se procede a verificar que se encuentren funcionando, luego de esto se realiza configuración complementaria o se cambia la configuración previa, de acuerdo al comportamiento real del sistema.

5.1.10 Funcionamiento de red Modbus. Conectados los actuadores y el controlador en red Modbus, se procede a verificar el funcionamiento de la red, que los datos se estén leyendo y escribiendo bien, y que los tiempos de respuesta sean adecuados para el sistema.

5.1.11 Funcionamiento de red Ethernet. Con el controlador lógico programable y el Terminal de operador conectados a la red industrial Ethernet de la Estación, se verifica que no existan direcciones duplicadas, que exista

comunicación entre los dos equipos de acuerdo a la prueba de laboratorio y el tiempo de respuesta de la comunicación.

5.1.12 Verificación de lectura de señales de campo del sistema. A través de un modo de prueba del transmisor de flujo Yokogawa, se comprueba que las señales de flujo, tanto instantáneo como totalización, estén ingresando correctamente al controlador, y que el escalamiento del flujo instantáneo retorne el mismo valor que el transmisor de flujo. Esta prueba también se la pudo realizar con el paso de agua por la tubería, debido a que aguas abajo se necesitaba el agua para pruebas en una planta de tratamiento para el nuevo aeropuerto.

En el caso del sensor Endress & Hauser, se pudo probar la señales en funcionamiento real, debido a que esta línea se puso en funcionamiento antes que el sistema funcione, una vez que el medidor antiguo averiado, fue reemplazado.

5.1.13 Funcionamiento del Programa del controlador Lógico Programable.

Con la señales y las redes de comunicación ya probadas, se puede verificar que el controlador funcione conforme a los que fue diseñado y programado, de esta manera se pueden corregir pequeñas fallas que puedan surgir.

5.1.14 Verificación de funcionamiento de Terminal de Operador. Con los equipos funcionando, se comprueba que el Terminal de operador realice las operaciones de control y monitoreo de manera correcta, caso contrario se puede corregir alguna operación que no este siendo realizada adecuadamente.

5.1.15 Verificación de funcionamiento del Sistema SCADA. Al igual que el Terminal de Operador se comprueba el control y monitoreo del sistema sea realizado de forma adecuada mediante el sistema SCADA, previo a esto se verifica que las pantallas nuevas hayan sido añadidas de forma correcta, y de esta manera evitar algún error en los elementos del Sistema ya existentes.

5.1.16 Operación del Sistema. Una vez probados los elementos del sistema de manera individual se procede a probar al sistema e manera integral.

5.2. RESULTADOS

Los resultados obtenidos para cada una de las pruebas antes mencionadas son los siguientes:

5.2.1 Funcionamiento y configuración de equipos del nuevo sistema previo a su instalación. Todos los equipos, a excepción del sensor de flujo antiguo, el cual fue reemplazado posteriormente, funcionaron sin problema y fueron configurados según los requerimientos.

5.2.2 Verificación de cableado de tablero de control. Todos los equipos estaban protegidos con el elemento de protección correspondiente, la interconexión entre ellos estaba de acuerdo a los planos de conexión, todos los cables se encontraban identificados correctamente, y todos los equipos se energizaron y funcionaron sin problemas.

5.2.3 Simulación del programa del controlador Lógico Programable. A excepción de la comunicación Modbus, se verificó que el funcionamiento del programa era el adecuado.

5.2.4 Simulación del programa del Terminal de operador. Con esta prueba se pudo detectar ciertas fallas en las animaciones y lectura de registros que se corrigieron, y una vez hecho esto, se comprobó el buen funcionamiento del Terminal.

5.2.5 Pruebas de laboratorio de funcionamiento de red Modbus. Luego de algunas pruebas y cambios de parámetros para la comunicación, se pudo establecer la comunicación Modbus entre el PLC y el software de simulación Modbus, esto permitió corregir ciertas fallas en la operación de comunicación Modbus del programa del controlador, sin embargo no se pudo probar todo el proceso que realiza el programa para realizar control y

monitoreo de los actuadores, debido a las limitaciones del software de simulación.

- 5.2.6 Pruebas de laboratorio de funcionamiento de red Ethernet.** Con los programas corregidos, tanto de controlador y del Terminal de operador, se verificó que el intercambio de datos vía ethernet entre estos dos equipos, se realizó sin ningún problema en el laboratorio.
- 5.2.7 Simulación de las pantallas adicionales del Sistema SCADA.** Se pudo detectar alguna fallas de direccionamiento y animación, las cuales fueron corregidas, probadas nuevamente, dejando lista las pantallas.
- 5.2.8 Verificación de cableado del sistema.** Los cables se encontraban en buen estado, bien identificados y las longitudes de los cables eran las adecuadas, por lo que se procedió a la conexión.
- 5.2.9 Funcionamiento y Configuración de equipos instalados.** Una vez alimentados, se comprobó que todos los equipos se encontraban funcionando y se verificó que las configuraciones de los equipos sean las adecuadas. En el caso de los actuadores se probó que el torque sea el adecuado para abrir y cerrar sin dificultad. Luego de unas leves variaciones de determinó el torque adecuado para cada actuador.
- 5.2.10 Funcionamiento de red Modbus.** Se detectaron algunas fallas en la comunicación que no pudieron ser detectadas en el laboratorio. Se corrigió el programa del controlador, y luego de realizar todas las correcciones el proceso completo de comunicación vía Modbus quedó funcionando correctamente.
- 5.2.11 Funcionamiento de red Ethernet.** El Controlador y el Terminal de operador se comunicaron sin ningún problema una vez conectados a la red ethernet, a pesar de que la distancia entre el PLC y el switch (115 metros aproximadamente) de la estación es ligeramente mayor a la longitud recomendada para una conexión en ethernet (100 metros).

5.2.12 Verificación de lectura de señales de campo del sistema. Las señales de campo son leídas de acuerdo a la configuración, y los valores de lectura en el programa del PLC son los mismos que los de los transmisores, en el caso del flujo instantáneo, aunque se detectó ruido en la parte decimal de los valores ya escalados, esto se corrigió mediante filtros en el programa del controlador. Los pulsos de totalización son detectados sin inconvenientes.

5.2.13 Funcionamiento del Programa del controlador Lógico Programable. Hechas las correcciones de comunicación y acondicionamiento de las señales de flujo, el programa se encuentra totalmente listo para operar.

5.2.14 Verificación de funcionamiento de Terminal de Operador. Por el retardo en la Comunicación Modbus RS-485, mucho mayor al de comunicación Modbus TCP/IP, se detectaron problemas en los mandos de control (abrir, cerrar, parar) de operador del sistema de ambas bombas. Esto fue corregido en la aplicación del Terminal de operador y el control funcionó adecuadamente.

5.2.15 Verificación de funcionamiento del Sistema SCADA. Se añadieron las pantallas nuevas, antes de añadir las variables, se verificó que ninguna de las variables existentes tengan los mismos nombres, y una vez hecho esto, tomando en cuenta lo ocurrido con el Terminal de operador, se realizaron modificaciones a los mandos de control. Luego de algunas pruebas y correcciones, el sistema nuevo quedó integrado al sistema SCADA y totalmente operativo.

5.2.16 Operación del Sistema. Luego de todos los correctivos realizados en los equipos el sistema operó sin ninguna dificultad.

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- El conocer el modo de funcionamiento de la estación Recuperadora de forma clara y precisa, permitió diseñar el nuevo sistema de acuerdo a los requerimientos de la estación.
- El control de flujo de las nuevas líneas de captación es de vital importancia, debido a que al aumentar una línea nueva al sistema, que no estará totalmente habilitada hasta que el nuevo aeropuerto no se termine, se va a producir una variación en el flujo de las demás líneas y en el resto del sistema en general, lo que podrá ser regulado con el control implementado.
- Una vez que se determinaron los requerimientos del sistema, se realizó la ingeniería básica y de detalle, esto permitió escoger los equipos y elementos adecuados para el diseño concebido, reduciendo así los riesgos de fallas.
- Haber escogido un PLC Momentum, de altas prestaciones para el sistema implementado, permitió, a través del software de programación CONCEPT, desarrollar la lógica de control diseñada de una manera organizada y adaptable a las necesidades del sistema.
- Todos los equipos utilizados en el nuevo sistema fueron calibrados y configurados de acuerdo a los parámetros indicados por la EMAAP-Q. La correcta calibración y configuración de estos equipos fue verificada en las pruebas correspondientes.

- Las interfaces gráficas, tanto para el Terminal de Operador Magelis como para el sistema SCADA, permiten el control y monitoreo del sistema a través de éstas de manera independiente.
- Las pruebas en laboratorio, vía simulación del PLC, el Terminal de operador, y el sistema SCADA, permiten corregir los errores y perfeccionar los programas, para que el momento de su implementación los fallas que en estos se originen sean mínimos.
- A pesar de los retrasos ocasionados en la obra civil, el sistema se pudo implementar y probar en su totalidad, de acuerdo al diseño previsto.
- La red Ethernet, cuyo punto más crítico era el cable entre el PLC y el switch principal, debido a su distancia y, principalmente, al paso de este por líneas de alimentación, funcionó sin ningún problema ya que el cable utilizado es de tipo FTP, con una chaqueta más gruesa y con malla para evitar interferencias.
- La red Modbus, funcionó sin ningún problema, sin embargo existe un pequeño retraso en la respuesta del sistema a los comandos del cuarto de control. Esto se debe a que la velocidad de la red Ethernet es de 10 Mbps, mientras que la de la red Modbus es de 19600 Baudios.
- Para que un sistema como este pueda implementarse de forma adecuada y sin pérdida de tiempo, es de suma importancia coordinar los trabajos de instalación con los encargados de la obra civil y mecánica, de lo contrario pueden presentarse inconvenientes.

6.2. RECOMENDACIONES

- Al instalar equipos en zonas con humedad o a la intemperie, se debe tener muy en cuenta el grado de protección del equipo así como del tablero en que se encuentre si fuera el caso, ya que la condensación de agua o polvo podría dañar seriamente los equipos.

-
- A pesar de que los equipos dentro de las cámaras tienen un alto grado de protección (IP 67), se debe verificar periódicamente que no exista agua en ninguno de estos equipos, debido al alto grado de humedad presente en las cámaras.
 - Se deben tomar todas las precauciones el momento de probar el torque de operación de un actuador, para evitar daños personales y daño al equipo.
 - La manipulación de equipos como los tubos sensores, los actuadores y las válvulas, deben ser realizadas de acuerdo a las recomendaciones del fabricante, ya que de no hacerlo así se corre el riesgo de que estos elementos puedan golpearse y sufrir un desperfecto que impida su óptimo desempeño.
 - Se debe realizar una adecuada documentación del proyecto, para facilitar el mantenimiento o algún cambio que se requiera hacer según futuros requerimientos por parte del personal encargado.
 - En el diseño de interfaces nuevas, se debe procurar mantener el ambiente gráfico existente en otros equipos.
 - Dentro de una red Ethernet se debe verificar siempre que no exista direcciones IP duplicadas, ya que esto puede ocasionar mal funcionamiento de varios equipos.
 - Se debe verificar siempre que los parámetros de configuración permanezcan guardados dentro de los equipos si ocurre una falla de energía y estos pierden alimentación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CREUS, Antonio, *Instrumentación industrial*, 5a. edición, Alfaomega grupo editor S.A., Barcelona-1993.
- NISE, Norman, *Sistemas de control para ingeniería*, Tercera edición, Editorial C.E.C.S.A., 2002.
- EMAAP-Q, Presentación del Sistema Papallacta Integrado Agua e Hidroelectricidad.
- Consorcio SCHORCH SULZER THYSEN, *Proyecto Papallacta Estación Booster I*, Quito, 1989
- SCHNERIDER ELECTRIC, Catálogo Plataforma de automatización Momentum, 2000.
- VILLAGOMEZ, Juan, *Diseño e implementación del control automático para el grupo de Bombeo P-301 de la Estación Faisanes de Petrocomercial*, Tesis de Grado, ESPE, Sangolquí, 2006.
- TELEMECANIQUE, manual de usuario Magelis XBT GT, 2006.
- WEIDMULLER, Catálogo electrónico.
- YOKOGAWA, AXFA11G Magnetic Flowmeter, Remote converter, 2003.
- YOKOGAWA, AXFA11G Magnetic Flowmeter, Integral flowmeter/remote flowtube, 2003.

- FLOWSERVE, Accutonix MX Electronic Actuator User instructions, 2002.
- LIMITORQUE, DDC-100 Direct-to-Host programming guide, 2002.
- Mografias.com, Válvulas: Instrumentación y Control
- [es.wikipedia.org/wiki,Motor eléctrico](https://es.wikipedia.org/wiki/Motor_el%C3%A9ctrico)
- [es.wikipedia.org/wiki,Caudal](https://es.wikipedia.org/wiki/Caudal)
- [es.wikipedia.org/wiki, Red de abastecimiento de agua potable](https://es.wikipedia.org/wiki/Red_de_abastecimiento_de_agua_potable)
- www.automatas.org, SCADAS
- www.aie.cl/comites/automat/glosario, HMI
- [es.wikipedia.org/wiki,Turbina de agua](https://es.wikipedia.org/wiki/Turbina_de_agua)
- www.inspt.utn.edu.ar/mecanica,turbina pelton

ANEXO I

Programa de PLC

Variables del programa

Variable list (Name: All, Type: All, DataType: All, Sorted by: name)						
Variable name	Type	DType	Address	Initial value	Comment	Used
analog_in_ft_aerop	VAR	ANL_IN				2
analog_in_ft_callu	VAR	ANL_IN				2
automatico	IVAR	SECT_CTRL				0
a_deadband_aerop	VAR	REAL	400066			1
a_deadband_callu	VAR	REAL	400056			1
a_delay_hist_aerop	VAR	TIME	400068			1
a_delay_hist_callu	VAR	TIME	400058			1
a_FT_Hi_on_aerop	VAR	BOOL				3
a_FT_Hi_on_callu	VAR	BOOL				3
a_FT_Hi_val_aerop	VAR	REAL	400062			1
a_FT_Hi_val_callu	VAR	REAL	400052			1
a_FT_Lo_on_aerop	VAR	BOOL				2
a_FT_Lo_on_callu	VAR	BOOL				2
a_FT_Lo_val_aerop	VAR	REAL	400064			1
a_FT_Lo_val_callu	VAR	REAL	400054			1
a_FT_SP_on_aerop	VAR	BOOL				1
a_FT_SP_on_callu	VAR	BOOL				1
a_rst_Hi_aerop	VAR	BOOL				3
a_rst_Hi_callu	VAR	BOOL				3
a_rst_Lo_aerop	VAR	BOOL				3
a_rst_Lo_callu	VAR	BOOL				3
a_rst_SP_aerop	VAR	BOOL				3
a_rst_SP_callu	VAR	BOOL				3
a_SP_aerop	VAR	REAL	400060			1
a_SP_callu	VAR	REAL	400050			1
cargal	IVAR	BOOL				1
carga_mensaje_escritural1	IVAR	SFCSTEP_STATE				1
carga_mensaje_escritura2	IVAR	SFCSTEP_STATE				1
carga_mensaje_lectura2	IVAR	SFCSTEP_STATE				1
comunicacion	IVAR	SECT_CTRL				0
com_activa	VAR	BOOL				9
com_done	VAR	BOOL				6
com_error	VAR	BOOL				5
com_fin	VAR	BOOL				5
com_status	VAR	INT				1
entradas_discretas	VAR	WORD	300005			1
escribir_code	VAR	BOOL	000150			13
escribir_code_aux	VAR	BOOL				3
escritura	IVAR	SFCSTEP_STATE				0
escritural_activa	IVAR	BOOL				2
escritura2_activa	IVAR	BOOL				2
escritura_1	IVAR	SFCSTEP_STATE				1
escritura_2	IVAR	SFCSTEP_STATE				1
estado_movs	IVAR	SECT_CTRL				0
falla_com_movaerop	VAR	BOOL	000137			3
falla_com_movcallu	VAR	BOOL	000117			3
fin_escribir1	IVAR	BOOL				2
fin_escribir2	IVAR	BOOL				2
fin_escritural	IVAR	BOOL				2
fin_escritura2	IVAR	BOOL				2
fin_lectura	IVAR	BOOL				2
flujo_aerop	VAR	REAL	400200			2
flujo_callu	VAR	REAL	400202			2
inicio	IVAR	SFCSTEP_STATE				0
inicio_mensaje_mb	VAR	BOOL				9
inicio_mensaje_mb_aux	VAR	BOOL				3

table continued...

Variable list (Name: All, Type: All, DataType: All, Sorted by: name)						
Variable name	Type	DType	Address	Initial value	Comment	Used
lectua_activa	IVAR	BOOL				1
lectural_done	IVAR	BOOL				2
lectura2_activa	IVAR	BOOL				2
lectura_1	IVAR	SFCSTEP_STATE				2
lectura_2	IVAR	SFCSTEP_STATE				1
lectura_activa	IVAR	BOOL				2
leer_code	VAR	BOOL				3
modbusmsg	VAR	WordArr9				25
movaeop_val_atascada	VAR	BOOL	000125			2
movaeop_abierto	VAR	BOOL	000120			2
movaeop_abriendose	VAR	BOOL	000123			2
movaeop_cerrado	VAR	BOOL	000121			2
movaeop_cerrandose	VAR	BOOL	000124			2
movaeop_en_local	VAR	BOOL	000126			2
movaeop_errorfase	VAR	BOOL	000135			2
movaeop_falla_combinada	VAR	BOOL	000127			2
movaeop_parado	VAR	BOOL	000122			3
movaeop_pos_detect	VAR	BOOL	000154			0
movaeop_remote	VAR	BOOL				2
movaeop_sobrecalentamiento	VAR	BOOL	000128			2
movcallu_abierto	VAR	BOOL	000100			2
movcallu_abriendose	VAR	BOOL	000103			2
movcallu_cerrado	VAR	BOOL	000101			2
movcallu_cerrandose	VAR	BOOL	000104			2
movcallu_en_local	VAR	BOOL	000106			2
movcallu_en_remoto	VAR	BOOL				2
movcallu_errorfase	VAR	BOOL	000115			2
movcallu_falla_combinada	VAR	BOOL	000107			2
movcallu_parado	VAR	BOOL	000102			3
movcallu_pos_detect	VAR	BOOL	000153			0
movcallu_sobrecalentamiento	VAR	BOOL	000108			2
movcallu_val_atascada	VAR	BOOL	000105			2
msg_escribir_mb_aerop	VAR	BOOL				4
msg_escribir_mb_callu	VAR	BOOL				5
msg_leer_mb_aerop	VAR	BOOL				4
msg_leer_mb_callu	VAR	BOOL				5
on_escribir_mb_aerop	VAR	BOOL				3
on_escribir_mb_callu	VAR	BOOL				3
on_leer_mb_aerop	VAR	BOOL				3
on_leer_mb_callu	VAR	BOOL				4
pos_movaerop	VAR	WORD	400204			1
pos_movcallu	VAR	WORD	400205			1
pulso_tot_aerop	VAR	BOOL	000011			2
pulso_tot_callu	VAR	BOOL	000010			2
reg_escritura_movaerop	VAR	WORD	400152			3
reg_escritura_movcallu	VAR	WORD	400150			3
reg_lectura_din_movaerop	VAR	WORD	400116			1
reg_lectura_din_movcallu	VAR	WORD	400106			1
reg_lectura_pos_movaerop	VAR	WORD	400112			1
reg_lectura_pos_movcallu	VAR	WORD	400102			1
reg_lectura_status_movaerop	VAR	WORD	400113			1
reg_lectura_status_movcallu	VAR	WORD	400103			1
reinicio_com	VAR	BOOL				2
reset_com	VAR	BOOL	000156			1
rst_escribir1	IVAR	SFCSTEP_STATE				1

table continued...

Variable list (Name: All, Type: All, DataType: All, Sorted by: name)						
Variable name	Type	DType	Address	Initial value	Comment	Used
rst_escribir2	IVAR	SFCSTEP_STATE				1
rst_inicio_escritural1	IVAR	SFCSTEP_STATE				1
rst_inicio_escritura2	IVAR	SFCSTEP_STATE				1
rst_inicio_lectural1	IVAR	SFCSTEP_STATE				1
rst_inicio_lectura2	IVAR	SFCSTEP_STATE				1
sec_com1	IVAR	SECT_CTRL				0
select_mov_aerop	VAR	BOOL	000152			5
select_mov_callu	VAR	BOOL	000151			5
sensores	IVAR	SECT_CTRL				0
set_porcentaje_mov_aerop	VAR	INT	400212			0
set_porcentaje_mov_callu	VAR	INT	400214			0
sist_auto	VAR	BOOL	000200			1
status_movaerop	VAR	WORD	400206			1
status_analogin_plc	VAR	WORD	400001			0
status_movcallu	VAR	WORD	400207			1
tabla_modbus	IVAR	SECT_CTRL				0
tot_aerop	VAR	REAL	400208			1
tot_callu	VAR	REAL	400210			1
TR_escritura	IVAR	BOOL				2
TR_escritural1	IVAR	BOOL				2
TR_escritura2	IVAR	BOOL				2
TR_lectura	IVAR	BOOL				2
TR_lectura2	IVAR	BOOL				2

Secciones del programa

Listing of section automatico

»»»»»»»»»» Structured Text Start ««««««««««

(*cerrar=768 abrir=256 parar=512 *)

VAR

hist_callu : FT_HYST;

hist_aerop : FT_HYST;

END_VAR

(*hiatreresis para control de mov calluma*)

hist_callu (H_LIMIT := a_FT_Hi_val_callu,
AN_IN := flujo_callu,
L_LIMIT := a_FT_Lo_val_callu,
T_HIST := a_delay_hist_callu,
SP := a_SP_callu,
HL_SP := a_deadband_callu,
H_RST := a_rst_Hi_callu,
L_RST := a_rst_Lo_callu,
SP_RST := a_rst_SP_callu);

a_FT_Hi_on_callu := hist_callu.H_LMT_ON;

a_FT_Lo_on_callu := hist_callu.L_LMT_ON;

a_FT_SP_on_callu := hist_callu.SP_ON;

(*hiatreresis para control de mov aeropuerto*)

hist_aerop (H_LIMIT := a_FT_Hi_val_aerop,
AN_IN := flujo_aerop,
L_LIMIT := a_FT_Lo_val_aerop,
T_HIST := a_delay_hist_aerop,
SP := a_SP_aerop,
HL_SP := a_deadband_aerop,
H_RST := a_rst_Hi_aerop,
L_RST := a_rst_Lo_aerop,
SP_RST := a_rst_SP_aerop);

a_FT_Hi_on_aerop := hist_aerop.H_LMT_ON;

a_FT_Lo_on_aerop := hist_aerop.L_LMT_ON;

a_FT_SP_on_aerop := hist_aerop.SP_ON;

IF (sist_auto=TRUE) THEN

(*control automatico mov calluma*)

IF (a_FT_Hi_on_callu=TRUE) THEN

reg_escritura_movcallu:=768;

escribir_code:=TRUE;

select_mov_callu:=TRUE;

a_rst_Hi_callu:=TRUE;

END_IF;

IF (a_FT_Lo_on_callu=TRUE) THEN

reg_escritura_movcallu:=256;

escribir_code:=TRUE;

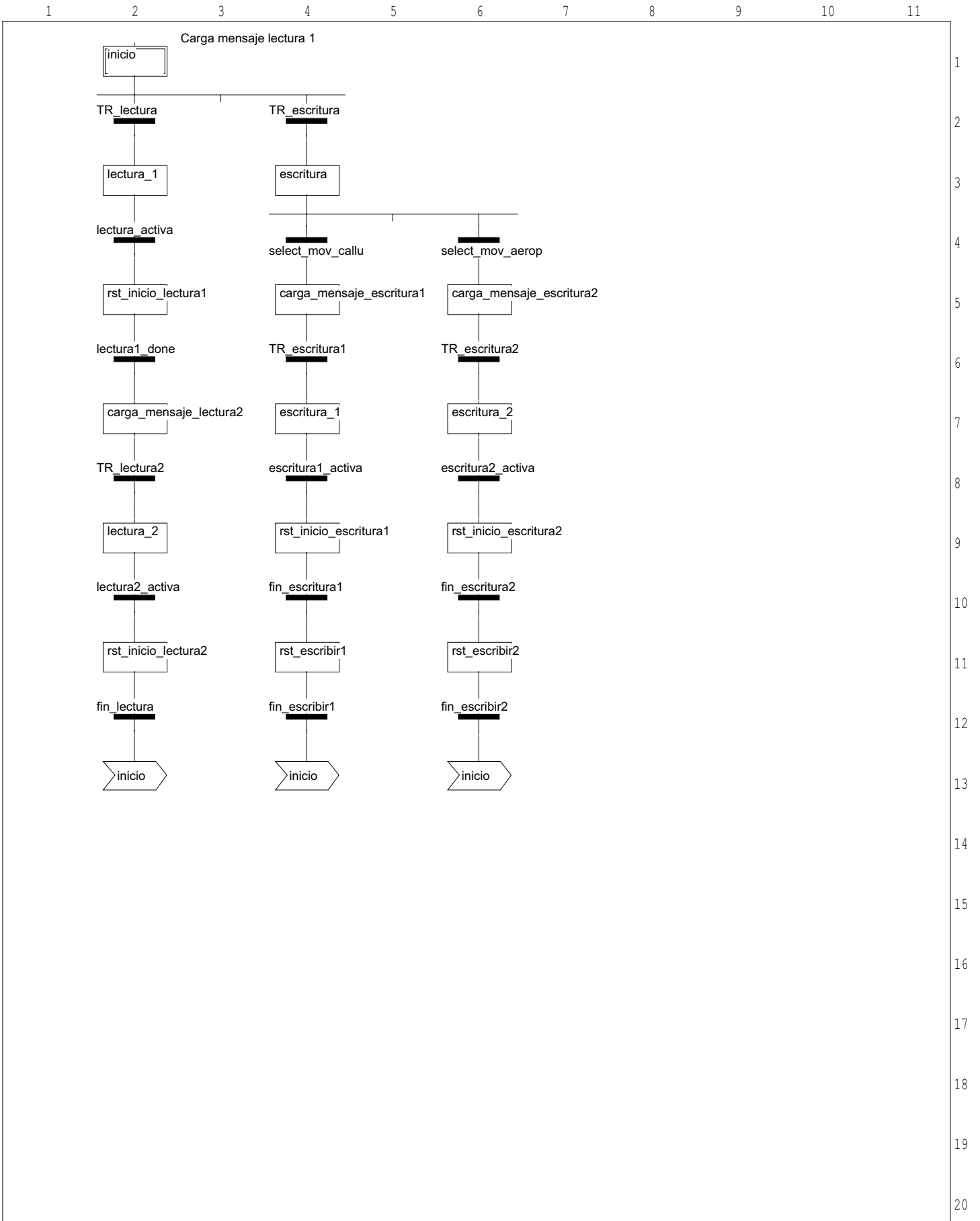
select_mov_callu:=TRUE;

a_rst_Lo_callu:=TRUE;

END_IF;

IF (a_FT_Hi_on_callu=TRUE) THEN

Graph of section sec_com1



Listing of section tabla_modbus

```
»»»»»»»»»» Structured Text Start ««««««««««

(*cambio de mensajes*)

(* on_leer_mb_callu - msg_leer_mb_callu
on_escribir_mb_callu- msg_escribir_mb_calu
03 leer registro
06 escribir registro *)

(*lectura*)

IF (msg_leer_mb_callu=TRUE) THEN
  modbusmsg[1]:=03; (*codigo de la funcion modbus*)
  modbusmsg[2]:=5; (*cantidad de registros o bobinas*)
  modbusmsg[3]:=11; (*direccion del esclavo modbus*)
  modbusmsg[4]:=8; (*area de registros del esclavo*)
  modbusmsg[5]:=102; (*area de registros del maestro*)
  on_leer_mb_callu:=TRUE;
END_IF;

IF (msg_leer_mb_aerop=TRUE) THEN
  modbusmsg[1]:=03; (*codigo de la funcion modbus*)
  modbusmsg[2]:=5; (*cantidad de registros o bobinas*)
  modbusmsg[3]:=12; (*direccion del esclavo modbus*)
  modbusmsg[4]:=8; (*area de registros del esclavo*)
  modbusmsg[5]:=112; (*area de registros del maestro*)
  on_leer_mb_aerop:=TRUE;
END_IF;

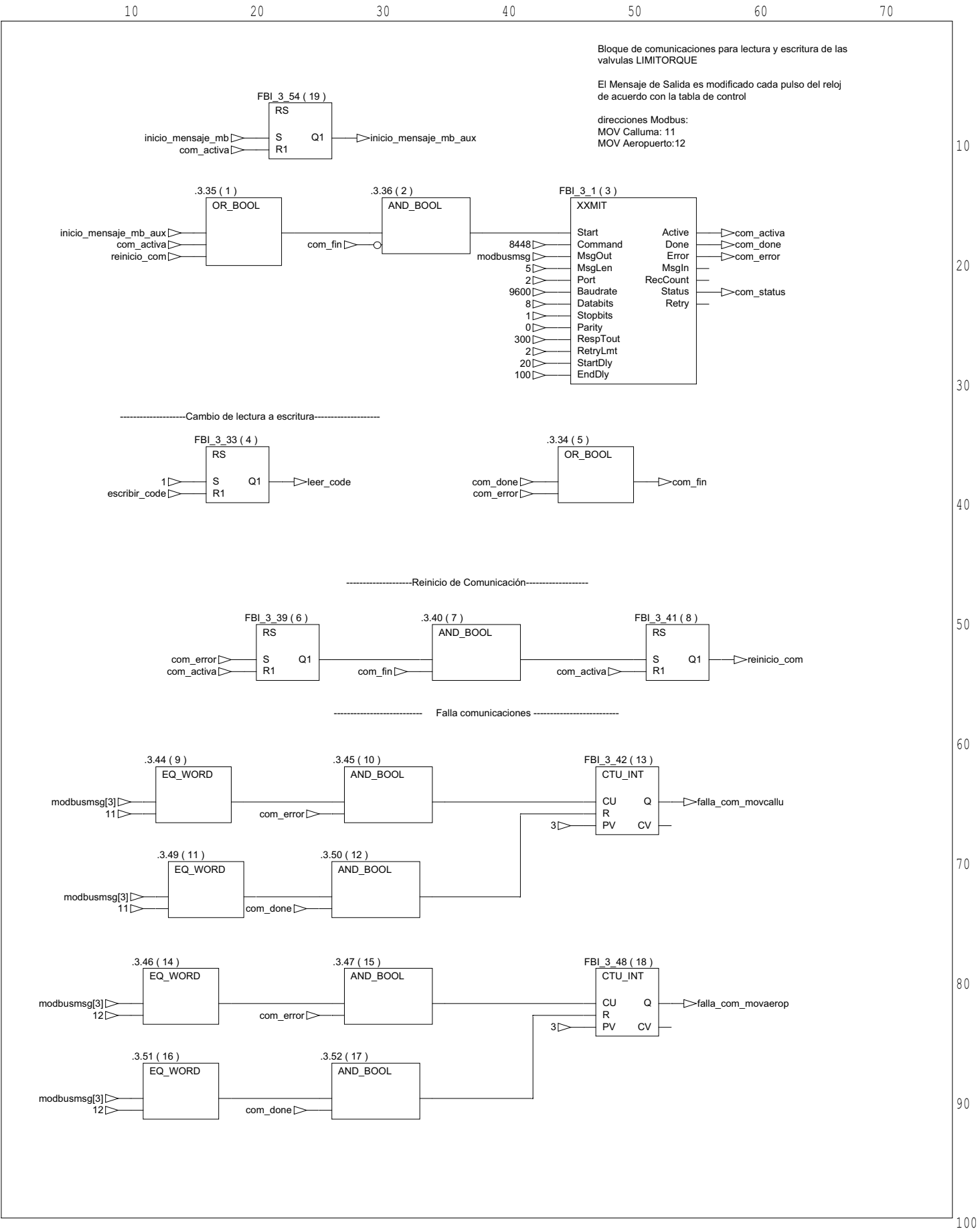
(*escritura*)

IF (msg_escribir_mb_callu=TRUE) THEN
  modbusmsg[1]:=06; (*codigo de la funcion modbus*)
  modbusmsg[2]:=1; (*cantidad de registros o bobinas*)
  modbusmsg[3]:=11; (*direccion del esclavo modbus*)
  modbusmsg[4]:=1; (*area de registros del esclavo*)
  modbusmsg[5]:=150; (*area de registros del maestro*)
  on_escribir_mb_callu:=TRUE;
END_IF;

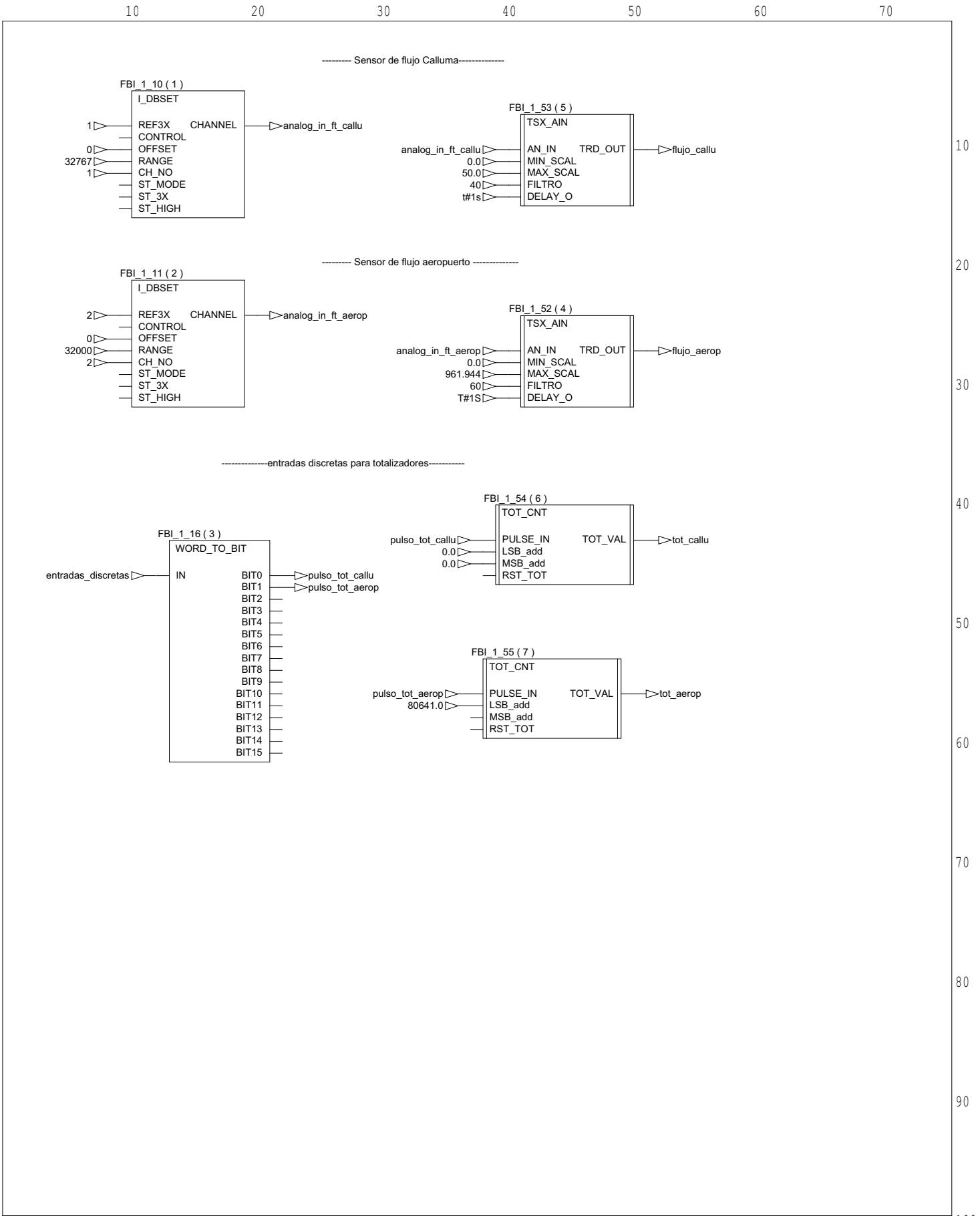
IF (msg_escribir_mb_aerop=TRUE) THEN
  modbusmsg[1]:=06; (*codigo de la funcion modbus*)
  modbusmsg[2]:=1; (*cantidad de registros o bobinas*)
  modbusmsg[3]:=12; (*direccion del esclavo modbus*)
  modbusmsg[4]:=1; (*area de registros del esclavo*)
  modbusmsg[5]:=152; (*area de registros del maestro*)
  on_escribir_mb_aerop:=TRUE;
END_IF;

»»»»»»»»»» Structured Text End ««««««««««
```

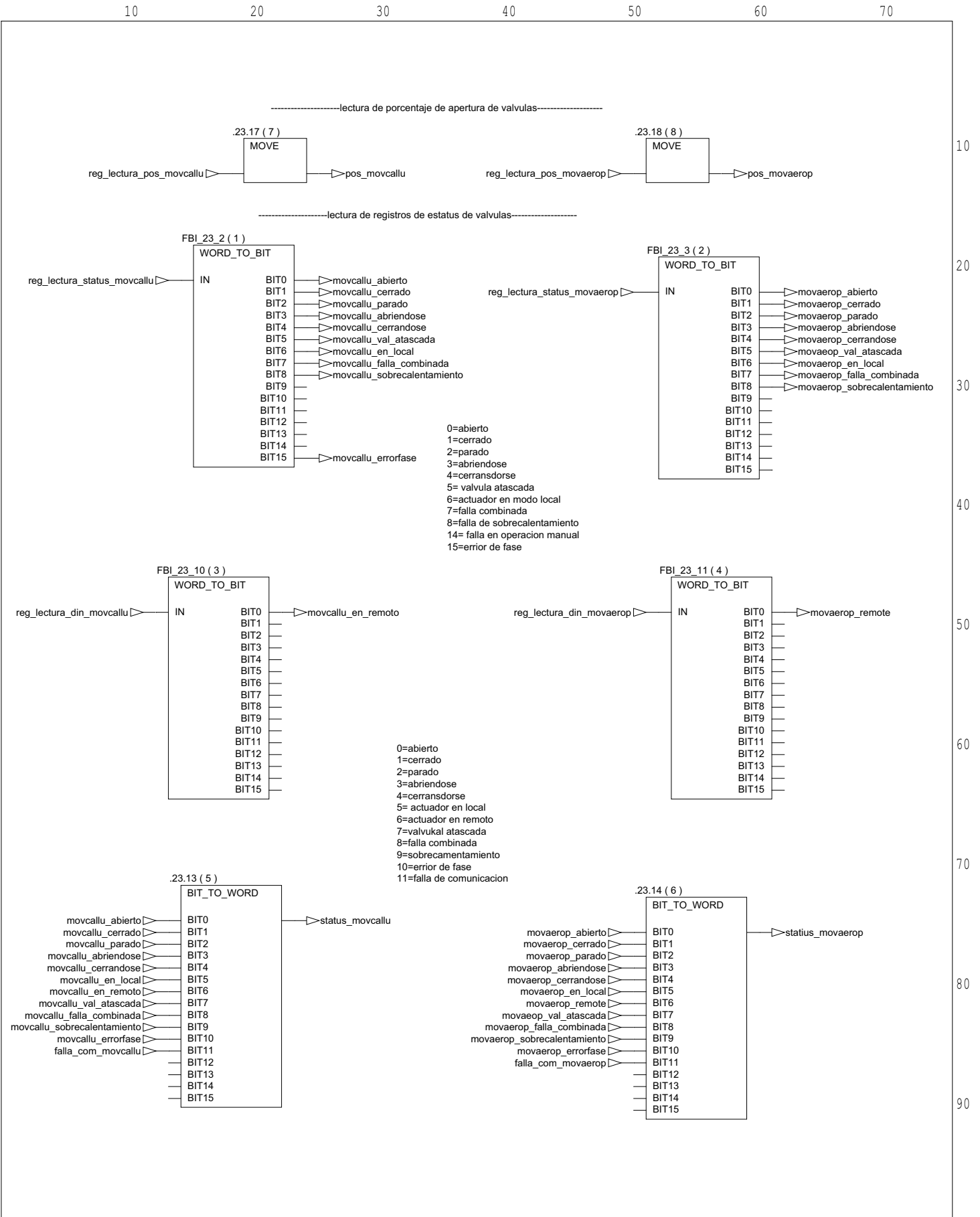
Graph of section comunicacion



Graph of section sensores



Graph of section estado_movs



ANEXO II

Planos

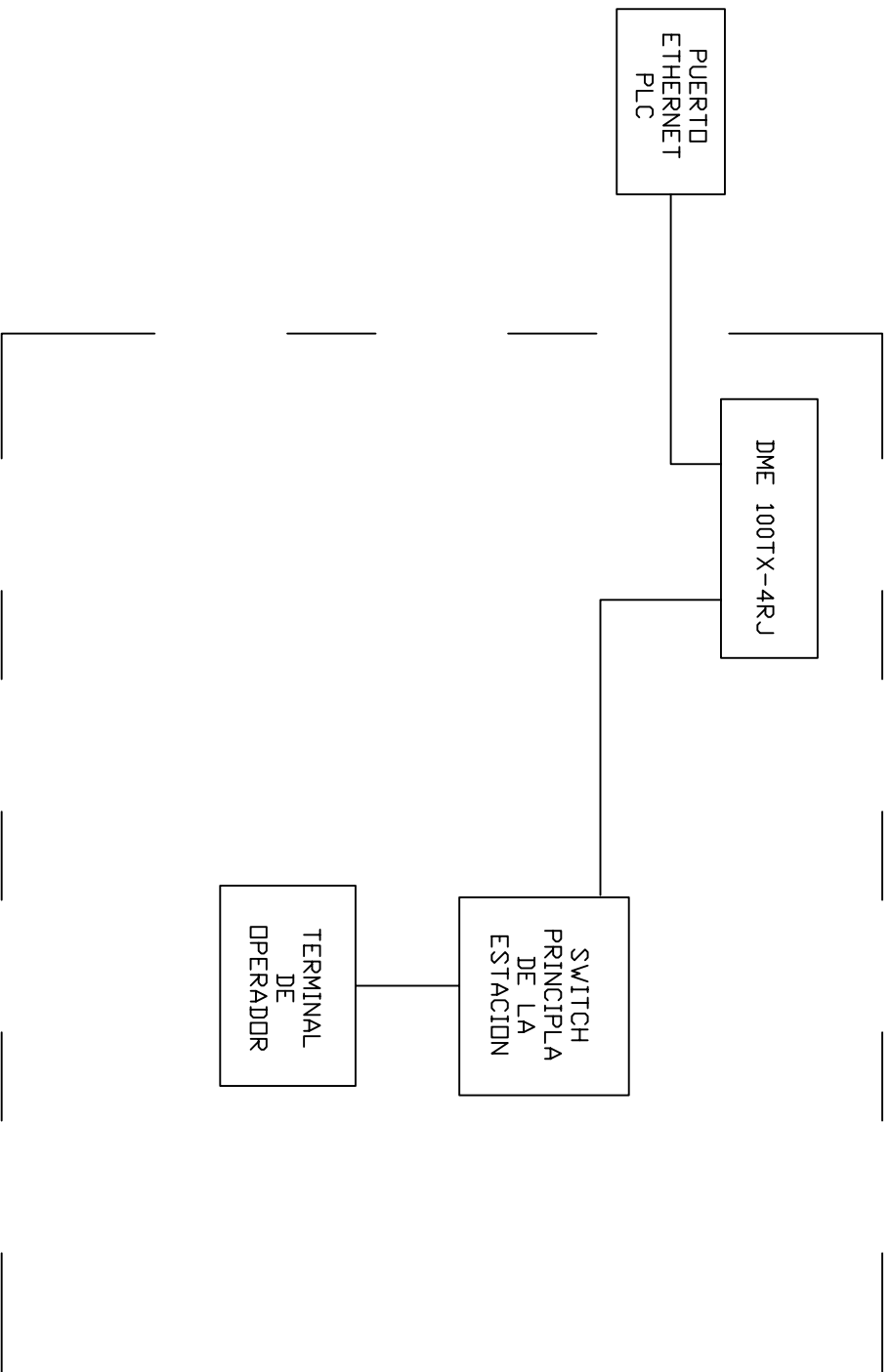
SIMBOLO	DESIGNACION	SIMBOLO	DESIGNACION	SIMBOLO	DESIGNACION	SIMBOLO	DESIGNACION	SIMBOLO	DESIGNACION
	BREAKER TRIPOLAR MAGNETOTERMICO		BORNERA						
	BREAKER TRIPOLAR MAGNETICO								
	BREAKER BIPOLAR MAGNETICO								
	BREAKER MONPOLAR MAGNETICO								
	MARQUILLA								
	TRANSFORMADOR DE CONTROL								
	MOTOR ELECTRICO								
	PROTECCION DE SOBRETENCIONES 550 VAC								
	PROTECCION DE SOBRETENCIONES 110 VAC								
	BORNERA PORTAFUSIBLE								
	FUENTE DE ALIMENTACION 24 VDC								
	LAMPARA FLUORESCENTE								
	REGLETA DE TOMAS (6) CON SUPRESOR DE PICOS								
	TORNILLO DE BORNERA								
	PROTECCION DE SENAL ANALOGA 1								
	PROTECCION DE SENAL ANALOGA 2								
	DUCTO PARA CABLE								

NOTAS GENERALES
GENERAL NOTES

PLANOS REFERENCIALES

DIBUJO EMITIDO <input type="checkbox"/> PRELIMINAR <input type="checkbox"/> PARA REVISION <input type="checkbox"/> PARA REVISION NO <input type="checkbox"/> PARA REVISION		PARA CONSTRUCCION <input type="checkbox"/> PARA CONSTRUCCION <input type="checkbox"/> PARA CONSTRUCCION <input type="checkbox"/> PARA CONSTRUCCION		REVISION <input type="checkbox"/> REVISADO	
FECHA	DESCRIPCION	FECHA	DESCRIPCION	FECHA	DESCRIPCION
1		2		3	
4		5		6	
7		8		9	
10		11		12	
13		14		15	
16		17		18	
19		20		21	
22		23		24	
25		26		27	
28		29		30	
31		32		33	
34		35		36	
37		38		39	
40		41		42	
43		44		45	
46		47		48	
49		50		51	
52		53		54	
55		56		57	
58		59		60	
61		62		63	
64		65		66	
67		68		69	
70		71		72	
73		74		75	
76		77		78	
79		80		81	
82		83		84	
85		86		87	
88		89		90	
91		92		93	
94		95		96	
97		98		99	
100		101		102	
103		104		105	
106		107		108	
109		110		111	
112		113		114	
115		116		117	
118		119		120	
121		122		123	
124		125		126	
127		128		129	
130		131		132	
133		134		135	
136		137		138	
139		140		141	
142		143		144	
145		146		147	
148		149		150	
151		152		153	
154		155		156	
157		158		159	
160		161		162	
163		164		165	
166		167		168	
169		170		171	
172		173		174	
175		176		177	
178		179		180	
181		182		183	
184		185		186	
187		188		189	
190		191		192	
193		194		195	
196		197		198	
199		200		201	
202		203		204	
205		206		207	
208		209		210	
211		212		213	
214		215		216	
217		218		219	
220		221		222	
223		224		225	
226		227		228	
229		230		231	
232		233		234	
235		236		237	
238		239		240	
241		242		243	
244		245		246	
247		248		249	
250		251		252	
253		254		255	
256		257		258	
259		260		261	
262		263		264	
265		266		267	
268		269		270	
271		272		273	
274		275		276	
277		278		279	
280		281		282	
283		284		285	
286		287		288	
289		290		291	
292		293		294	
295		296		297	
298		299		300	
301		302		303	
304		305		306	
307		308		309	
310		311		312	
313		314		315	
316		317		318	
319		320		321	
322		323		324	
325		326		327	
328		329		330	
331		332		333	
334		335		336	
337		338		339	
340		341		342	
343		344		345	
346		347		348	
349		350		351	
352		353		354	
355		356		357	
358		359		360	
361		362		363	
364		365		366	
367		368		369	
370		371		372	
373		374		375	
376		377		378	
379		380		381	
382		383		384	
385		386		387	
388		389		390	
391		392		393	
394		395		396	
397		398		399	
400		401		402	
403		404		405	
406		407		408	
409		410		411	
412		413		414	
415		416		417	
418		419		420	
421		422		423	
424		425		426	
427		428		429	
430		431		432	
433		434		435	
436		437		438	
439		440		441	
442		443		444	
445		446		447	
448		449		450	
451		452		453	
454		455		456	
457		458		459	
460		461		462	
463		464		465	
466		467		468	
469		470		471	
472		473		474	
475		476		477	
478		479		480	
481		482		483	
484		485		486	
487		488		489	
490		491		492	
493		494		495	
496		497		498	
499		500		501	
502		503		504	
505		506		507	
508		509		510	
511		512		513	
514		515		516	
517		518		519	
520		521		522	
523		524		525	
526		527		528	
529		530		531	
532		533		534	
535		536		537	
538		539		540	
541		542		543	
544		545		546	
547		548		549	
550		551		552	
553		554		555	
556		557		558	
559		560		561	
562		563		564	
565		566		567	
568		569		570	
571		572		573	
574		575		576	
577		578		579	
580		581		582	
583		584		585	
586		587		588	
589		590		591	
592		593		594	
595		596		597	
598		599		600	
601		602		603	
604		605		606	
607		608		609	
610		611		612	
613		614		615	
616		617		618	
619		620		621	
622		623		624	
625		626		627	
628		629		630	
631		632		633	
634		635		636	
637		638		639	
640		641		642	
643		644		645	
646		647		648	
649		650		651	

CUARTO DE CONTROL



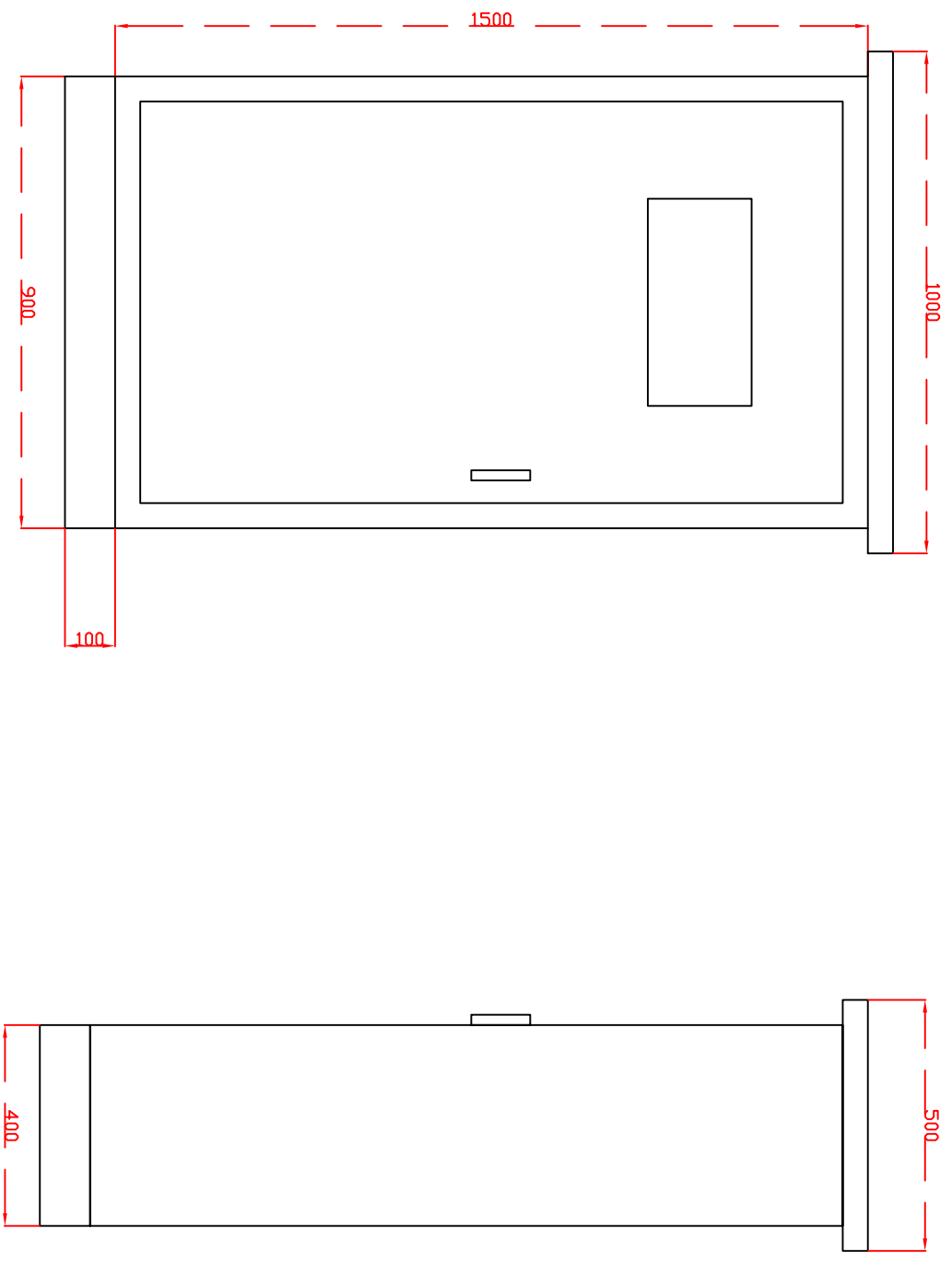
NOTAS GENERALES
GENERAL NOTES

PLANOS REFERENCIALES

REV.	FECHA	DESCRIPCION	POR	SERVIDOR	BLOQUE	PROYECTO
1	06/06/11	REVISADO	MA	MA	MA	06-06-191-PH-A-EST101
2	06/06/11	REVISADO	MA	MA	MA	06-06-191-PH-A-EST101
3	06/06/11	REVISADO	MA	MA	MA	06-06-191-PH-A-EST101
4	06/06/11	REVISADO	MA	MA	MA	06-06-191-PH-A-EST101
5	06/06/11	REVISADO	MA	MA	MA	06-06-191-PH-A-EST101
6	06/06/11	REVISADO	MA	MA	MA	06-06-191-PH-A-EST101
7	06/06/11	REVISADO	MA	MA	MA	06-06-191-PH-A-EST101
8	06/06/11	REVISADO	MA	MA	MA	06-06-191-PH-A-EST101
9	06/06/11	REVISADO	MA	MA	MA	06-06-191-PH-A-EST101
10	06/06/11	REVISADO	MA	MA	MA	06-06-191-PH-A-EST101
11	06/06/11	REVISADO	MA	MA	MA	06-06-191-PH-A-EST101
12	06/06/11	REVISADO	MA	MA	MA	06-06-191-PH-A-EST101
13	06/06/11	REVISADO	MA	MA	MA	06-06-191-PH-A-EST101
14	06/06/11	REVISADO	MA	MA	MA	06-06-191-PH-A-EST101
15	06/06/11	REVISADO	MA	MA	MA	06-06-191-PH-A-EST101
16	06/06/11	REVISADO	MA	MA	MA	06-06-191-PH-A-EST101
17	06/06/11	REVISADO	MA	MA	MA	06-06-191-PH-A-EST101
18	06/06/11	REVISADO	MA	MA	MA	06-06-191-PH-A-EST101
19	06/06/11	REVISADO	MA	MA	MA	06-06-191-PH-A-EST101
20	06/06/11	REVISADO	MA	MA	MA	06-06-191-PH-A-EST101

REV.	FECHA	DESCRIPCION	POR	SERVIDOR	BLOQUE	PROYECTO
1	06/06/11	REVISADO	MA	MA	MA	06-06-191-PH-A-EST101
2	06/06/11	REVISADO	MA	MA	MA	06-06-191-PH-A-EST101
3	06/06/11	REVISADO	MA	MA	MA	06-06-191-PH-A-EST101
4	06/06/11	REVISADO	MA	MA	MA	06-06-191-PH-A-EST101
5	06/06/11	REVISADO	MA	MA	MA	06-06-191-PH-A-EST101
6	06/06/11	REVISADO	MA	MA	MA	06-06-191-PH-A-EST101
7	06/06/11	REVISADO	MA	MA	MA	06-06-191-PH-A-EST101
8	06/06/11	REVISADO	MA	MA	MA	06-06-191-PH-A-EST101
9	06/06/11	REVISADO	MA	MA	MA	06-06-191-PH-A-EST101
10	06/06/11	REVISADO	MA	MA	MA	06-06-191-PH-A-EST101
11	06/06/11	REVISADO	MA	MA	MA	06-06-191-PH-A-EST101
12	06/06/11	REVISADO	MA	MA	MA	06-06-191-PH-A-EST101
13	06/06/11	REVISADO	MA	MA	MA	06-06-191-PH-A-EST101
14	06/06/11	REVISADO	MA	MA	MA	06-06-191-PH-A-EST101
15	06/06/11	REVISADO	MA	MA	MA	06-06-191-PH-A-EST101
16	06/06/11	REVISADO	MA	MA	MA	06-06-191-PH-A-EST101
17	06/06/11	REVISADO	MA	MA	MA	06-06-191-PH-A-EST101
18	06/06/11	REVISADO	MA	MA	MA	06-06-191-PH-A-EST101
19	06/06/11	REVISADO	MA	MA	MA	06-06-191-PH-A-EST101
20	06/06/11	REVISADO	MA	MA	MA	06-06-191-PH-A-EST101

REV.	FECHA	DESCRIPCION	POR	SERVIDOR	BLOQUE	PROYECTO
1	06/06/11	REVISADO	MA	MA	MA	06-06-191-PH-A-EST101
2	06/06/11	REVISADO	MA	MA	MA	06-06-191-PH-A-EST101
3	06/06/11	REVISADO	MA	MA	MA	06-06-191-PH-A-EST101
4	06/06/11	REVISADO	MA	MA	MA	06-06-191-PH-A-EST101
5	06/06/11	REVISADO	MA	MA	MA	06-06-191-PH-A-EST101
6	06/06/11	REVISADO	MA	MA	MA	06-06-191-PH-A-EST101
7	06/06/11	REVISADO	MA	MA	MA	06-06-191-PH-A-EST101
8	06/06/11	REVISADO	MA	MA	MA	06-06-191-PH-A-EST101
9	06/06/11	REVISADO	MA	MA	MA	06-06-191-PH-A-EST101
10	06/06/11	REVISADO	MA	MA	MA	06-06-191-PH-A-EST101
11	06/06/11	REVISADO	MA	MA	MA	06-06-191-PH-A-EST101
12	06/06/11	REVISADO	MA	MA	MA	06-06-191-PH-A-EST101
13	06/06/11	REVISADO	MA	MA	MA	06-06-191-PH-A-EST101
14	06/06/11	REVISADO	MA	MA	MA	06-06-191-PH-A-EST101
15	06/06/11	REVISADO	MA	MA	MA	06-06-191-PH-A-EST101
16	06/06/11	REVISADO	MA	MA	MA	06-06-191-PH-A-EST101
17	06/06/11	REVISADO	MA	MA	MA	06-06-191-PH-A-EST101
18	06/06/11	REVISADO	MA	MA	MA	06-06-191-PH-A-EST101
19	06/06/11	REVISADO	MA	MA	MA	06-06-191-PH-A-EST101
20	06/06/11	REVISADO	MA	MA	MA	06-06-191-PH-A-EST101

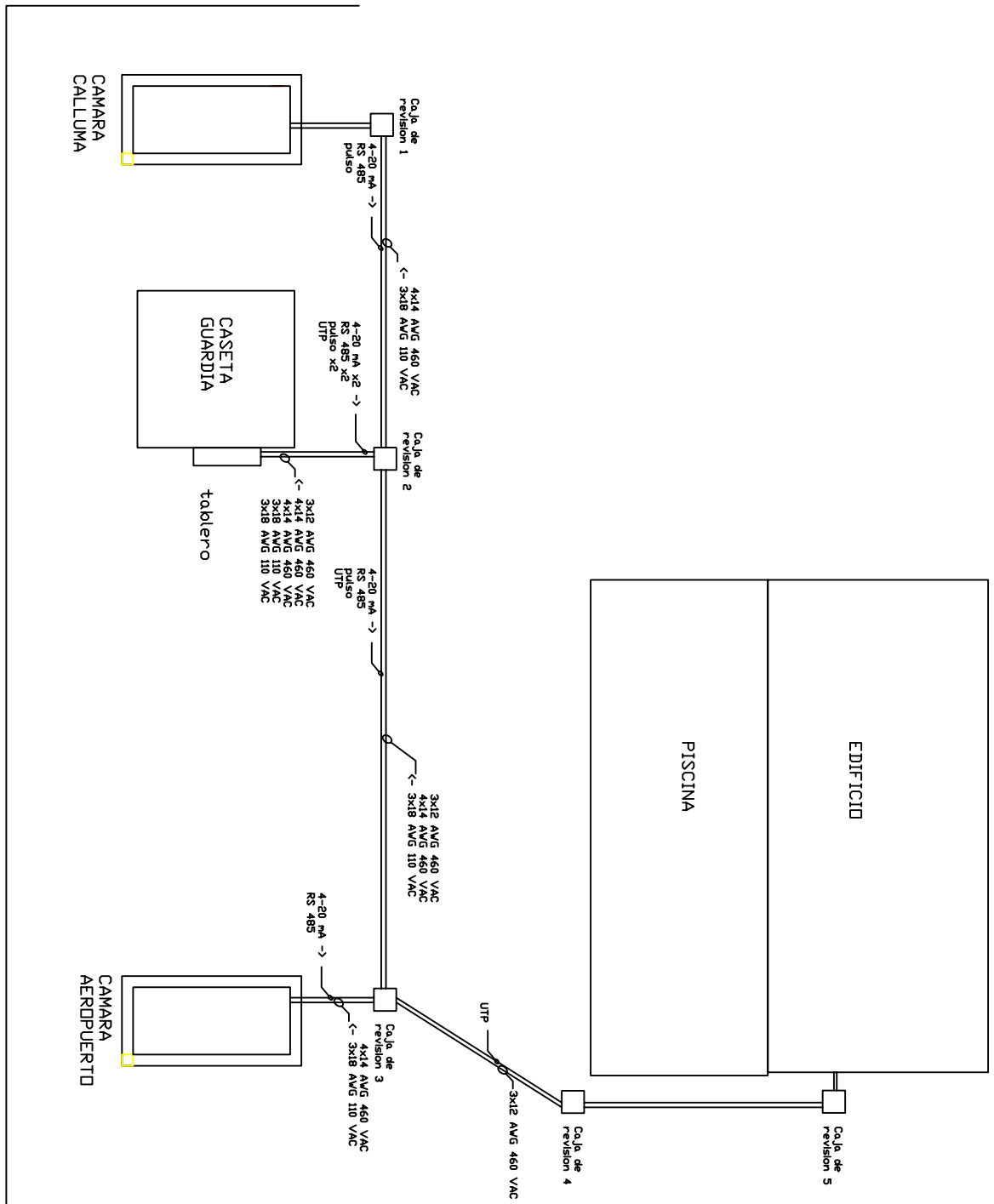


NOTAS GENERALES
GENERAL NOTES

PLANOS REFERENCIALES

REV.	FECHA	DESCRIPCION	NO. SERVICIO	BLOQUE	PROYECTO	REG.
1	07/2014	PRELIMINAR	1.0	NA	PROYECTO: NUEVA INSTALACION DE ESTACION TRANSFORMADORA	1
2	08/2014	REVISADO	1.0	NA	CONTIENE: TABLERO ELCTRICO PARTE EXTERIOR	2

REV.	FECHA	DESCRIPCION	NO. SERVICIO	BLOQUE	PROYECTO	REG.
1	07/2014	PRELIMINAR	1.0	NA	PROYECTO: NUEVA INSTALACION DE ESTACION TRANSFORMADORA	1
2	08/2014	REVISADO	1.0	NA	CONTIENE: TABLERO ELCTRICO PARTE EXTERIOR	2



NOTAS GENERALES
GENERAL NOTES

PLANOS REFERENCIALES

<input type="checkbox"/> PRELIMINAR <input type="checkbox"/> FOR REVIEW <input type="checkbox"/> FOR REVISION <input type="checkbox"/> REVISADO		<input type="checkbox"/> PARA CONSTRUCCION <input type="checkbox"/> FOR CONSTRUCTION <input type="checkbox"/> FOR INSTALLATION <input type="checkbox"/> FOR DIMENSIONING	
FECHA	DESCRIPCION	NO. SERVICIO	BLOQUE
1	A	1	1
2	B	2	2
3	C	3	3
4	D	4	4
5	E	5	5
6	F	6	6
7	G	7	7
8	H	8	8
9	I	9	9
10	J	10	10
11	K	11	11
12	L	12	12
13	M	13	13
14	N	14	14
15	O	15	15
16	P	16	16
17	Q	17	17
18	R	18	18
19	S	19	19
20	T	20	20
21	U	21	21
22	V	22	22
23	W	23	23
24	X	24	24
25	Y	25	25
26	Z	26	26
27	AA	27	27
28	AB	28	28
29	AC	29	29
30	AD	30	30
31	AE	31	31
32	AF	32	32
33	AG	33	33
34	AH	34	34
35	AI	35	35
36	AJ	36	36
37	AK	37	37
38	AL	38	38
39	AM	39	39
40	AN	40	40
41	AO	41	41
42	AP	42	42
43	AQ	43	43
44	AR	44	44
45	AS	45	45
46	AT	46	46
47	AU	47	47
48	AV	48	48
49	AW	49	49
50	AX	50	50
51	AY	51	51
52	AZ	52	52
53	BA	53	53
54	BB	54	54
55	BC	55	55
56	BD	56	56
57	BE	57	57
58	BF	58	58
59	BG	59	59
60	BH	60	60
61	BI	61	61
62	BJ	62	62
63	BK	63	63
64	BL	64	64
65	BM	65	65
66	BN	66	66
67	BO	67	67
68	BP	68	68
69	BQ	69	69
70	BR	70	70
71	BS	71	71
72	BT	72	72
73	BU	73	73
74	BV	74	74
75	BW	75	75
76	BX	76	76
77	BY	77	77
78	BZ	78	78
79	CA	79	79
80	CB	80	80
81	CC	81	81
82	CD	82	82
83	CE	83	83
84	CF	84	84
85	CG	85	85
86	CH	86	86
87	CI	87	87
88	CJ	88	88
89	CK	89	89
90	CL	90	90
91	CM	91	91
92	CN	92	92
93	CO	93	93
94	CP	94	94
95	CQ	95	95
96	CR	96	96
97	CS	97	97
98	CT	98	98
99	CU	99	99
100	CV	100	100

PROYECTO: AUTOMATIZACION DE ESTACION CALIENTE
 CONTENIDO: TENDIDO DE CABLES
 DEL SISTEMA

PLANO No.: 06-06-191-PW-A-EST101

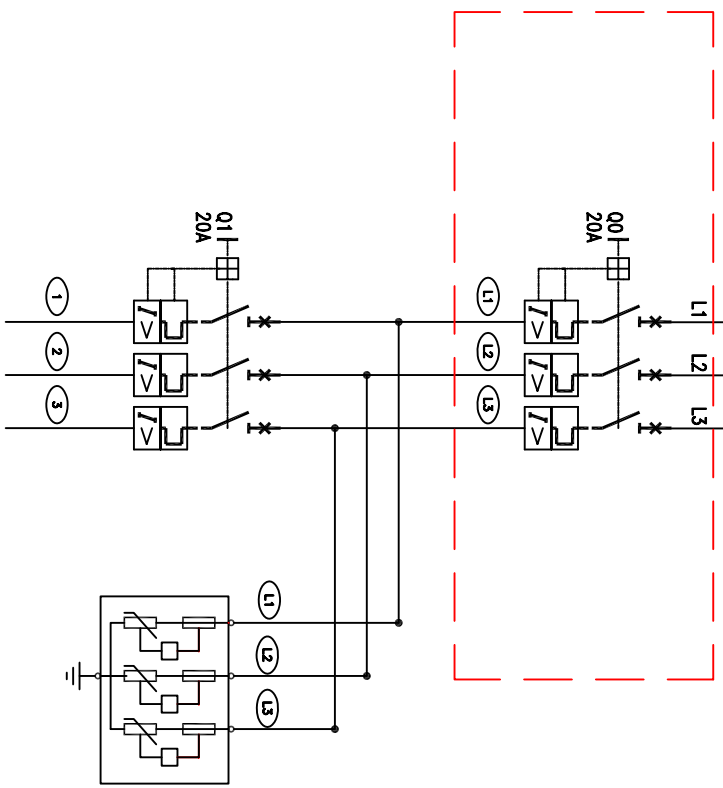
REV: 2

BARRAS DE ENERGIA DE ESTACION RECUPERADORA

L1 460 VAC
L2 460 VAC
L3 460 VAC

L1 460 VAC
L2 460 VAC
L3 460 VAC

CUARTO DE CONTROL



a plano
06-06-191-PE-A-EST101
HOJA 11

NOTAS GENERALES
GENERAL NOTES

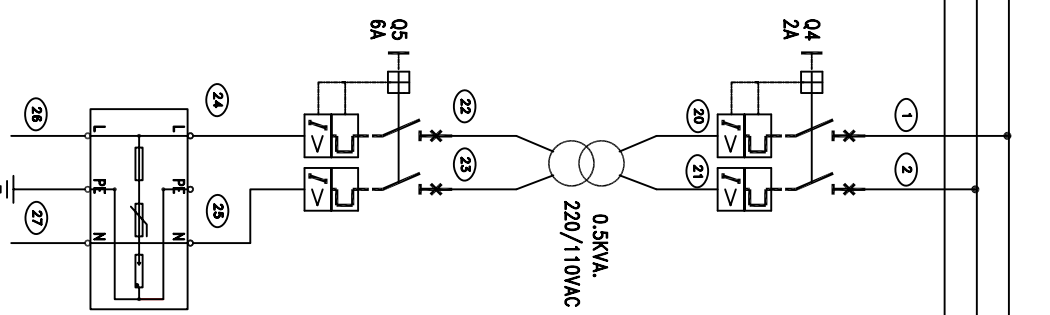
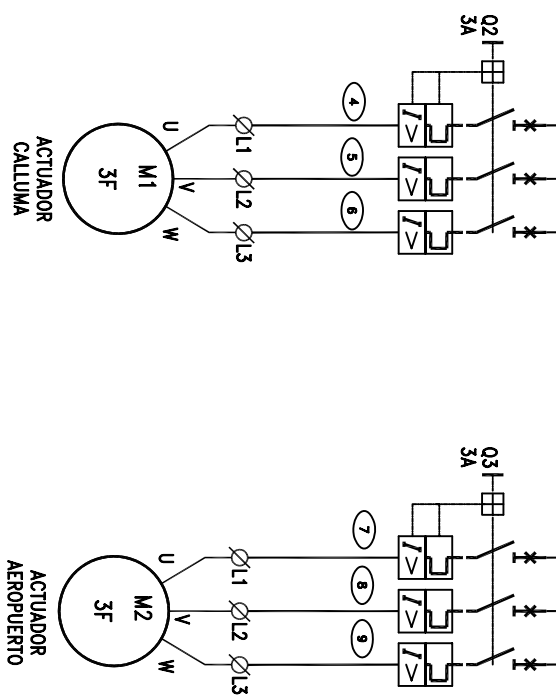
PLANOS REFERENCIALES

REV.	FECHA	DESCRIPCION	NO. SEÑAL	PROYECTO	HOJA
1	06/06/191	PROYECTO DE BARRAS DE ENERGIA DE ESTACION RECUPERADORA	NA	ALIMENTACION PRINCIPAL DEL SISTEMA	11
2	06/06/191	REVISADO	NA	ALIMENTACION PRINCIPAL DEL SISTEMA	11

REV.	FECHA	DESCRIPCION	NO. SEÑAL	PROYECTO	HOJA
1	06/06/191	PROYECTO DE BARRAS DE ENERGIA DE ESTACION RECUPERADORA	NA	ALIMENTACION PRINCIPAL DEL SISTEMA	11
2	06/06/191	REVISADO	NA	ALIMENTACION PRINCIPAL DEL SISTEMA	11

L1 460 VAC (1)
 L2 460 VAC (2)
 L3 460 VAC (3)

L1 460 VAC (1)
 L2 460 VAC (2)
 L3 460 VAC (3)

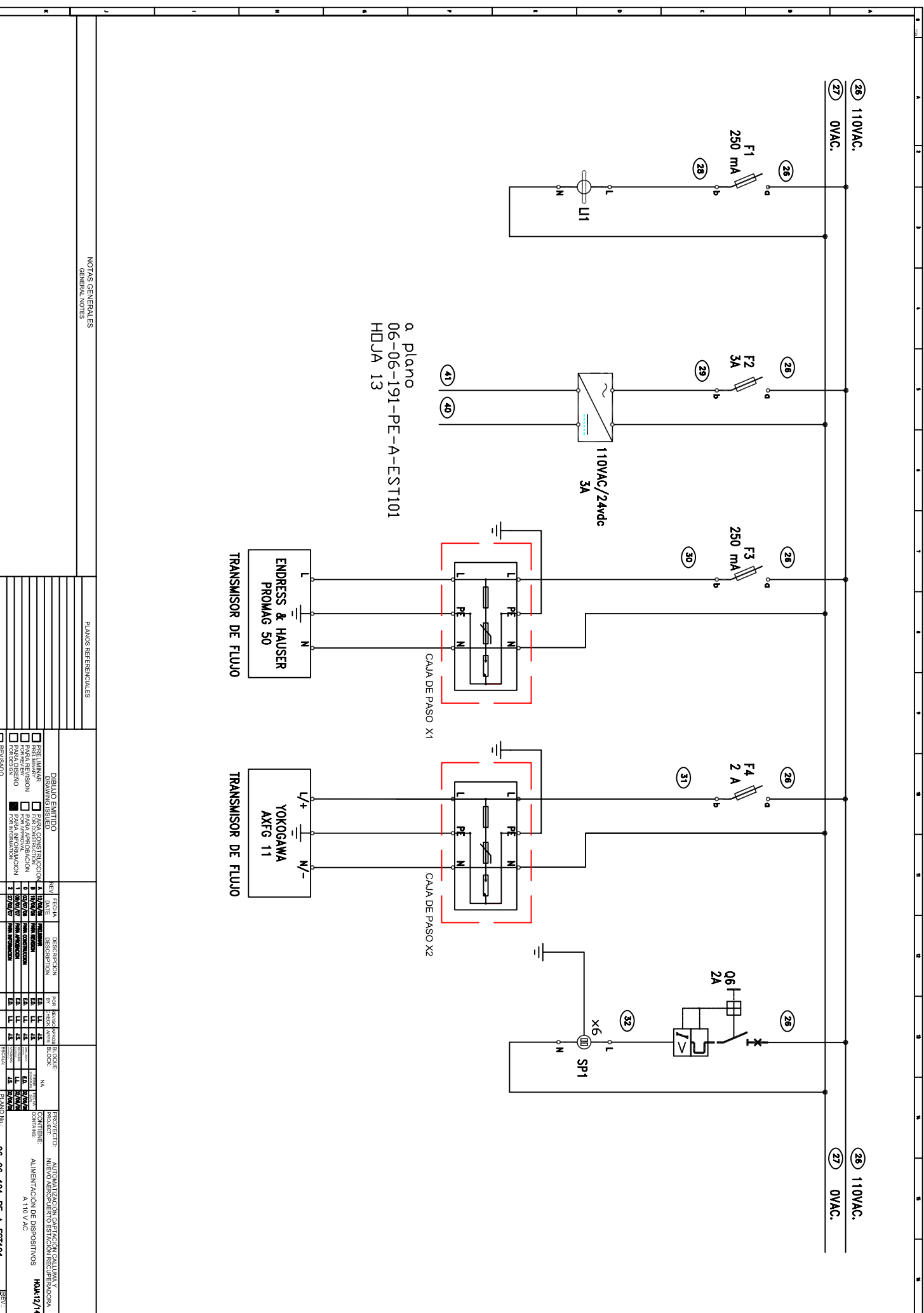


0. plano
 06-06--191-PE-A-EST101
 HDJA 12

NOTAS GENERALES
 GENERAL NOTES

PLANOS REFERENCIALES

FECHA	DESCRIPCION	NO. SEÑAL	PARSON	BLOQUE	PROYECTO
1	REVISADO				AUTOMATIZACION DE FUERZA DEL SISTEMA HDJA1/4
2	REVISADO				
3	REVISADO				
4	REVISADO				
5	REVISADO				



α plano
06-06-191-PE-A-EST101
HDJA 13

NOTAS GENERALES
GENERAL NOTES

PLANOS REFERENCIALES

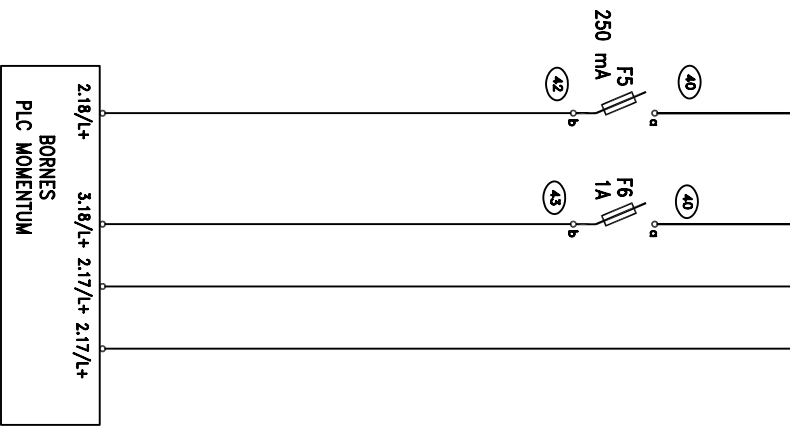
REV.	FECHA	DESCRIPCION	NO. SEÑAL	BLOQUE	PROYECTO
1	27/07/21	REVISADO	28	MA	ALIMENTACION DE DISPOSITIVOS A 110VAC
2	27/07/21	REVISADO	29	MA	ALIMENTACION DE DISPOSITIVOS A 110VAC
3	27/07/21	REVISADO	30	MA	ALIMENTACION DE DISPOSITIVOS A 110VAC
4	27/07/21	REVISADO	31	MA	ALIMENTACION DE DISPOSITIVOS A 110VAC
5	27/07/21	REVISADO	32	MA	ALIMENTACION DE DISPOSITIVOS A 110VAC

REV.	FECHA	DESCRIPCION	NO. SEÑAL	BLOQUE	PROYECTO
1	27/07/21	REVISADO	28	MA	ALIMENTACION DE DISPOSITIVOS A 110VAC
2	27/07/21	REVISADO	29	MA	ALIMENTACION DE DISPOSITIVOS A 110VAC
3	27/07/21	REVISADO	30	MA	ALIMENTACION DE DISPOSITIVOS A 110VAC
4	27/07/21	REVISADO	31	MA	ALIMENTACION DE DISPOSITIVOS A 110VAC
5	27/07/21	REVISADO	32	MA	ALIMENTACION DE DISPOSITIVOS A 110VAC

REV.	FECHA	DESCRIPCION	NO. SEÑAL	BLOQUE	PROYECTO
1	27/07/21	REVISADO	28	MA	ALIMENTACION DE DISPOSITIVOS A 110VAC
2	27/07/21	REVISADO	29	MA	ALIMENTACION DE DISPOSITIVOS A 110VAC
3	27/07/21	REVISADO	30	MA	ALIMENTACION DE DISPOSITIVOS A 110VAC
4	27/07/21	REVISADO	31	MA	ALIMENTACION DE DISPOSITIVOS A 110VAC
5	27/07/21	REVISADO	32	MA	ALIMENTACION DE DISPOSITIVOS A 110VAC

PLANO No. 06-06-191-PE-A-EST101 REV: 2

40 24VDC. 40 24VDC.
41 0VDC. 41 0VDC.



NOTAS GENERALES
GENERAL NOTES

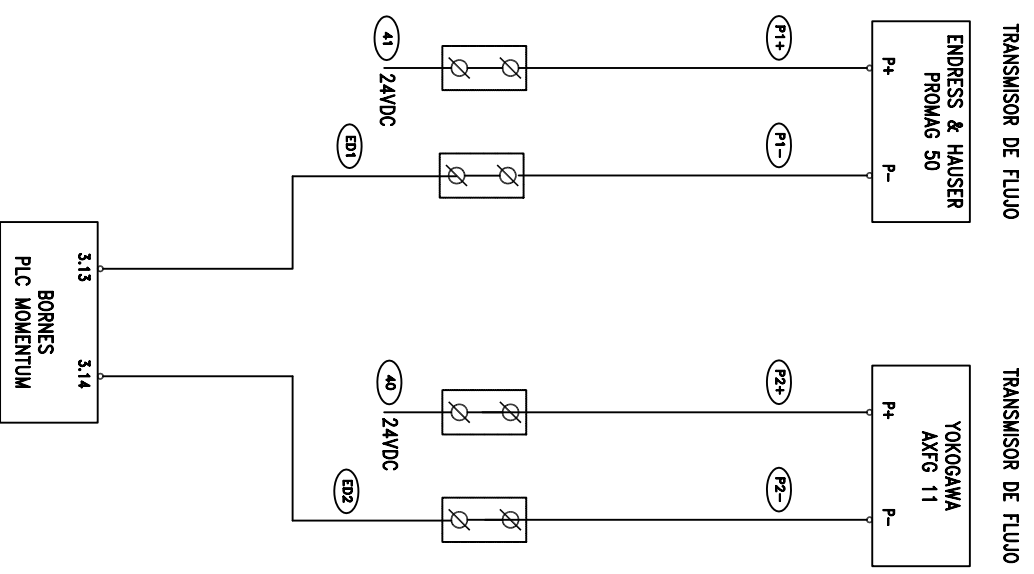
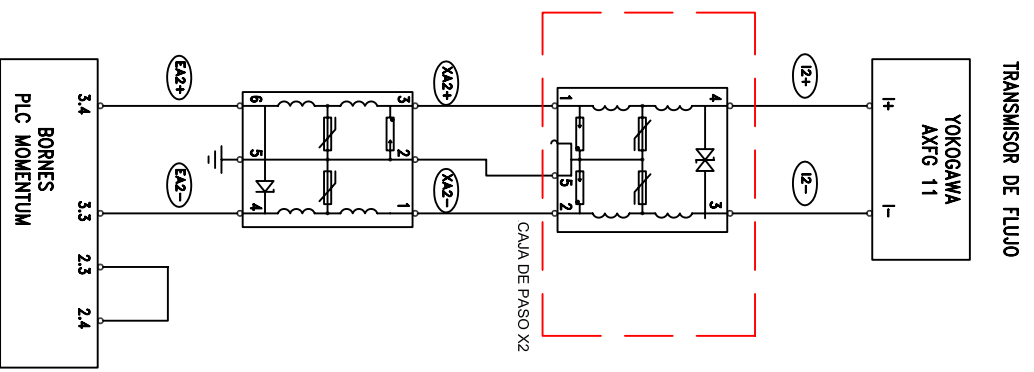
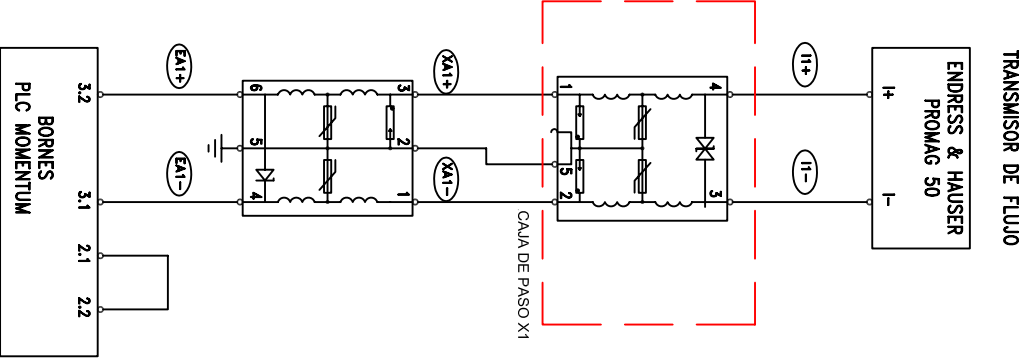
PLANOS REFERENCIALES

REV.	FECHA	DESCRIPCION	NO. SERVICIO	PROYECTO
1	12/20/11	PRELIMINAR	1.1	ALIMENTACION PLC
2	07/27/12	REVISADO	1.1	ALIMENTACION PLC

REV.	FECHA	DESCRIPCION	NO. SERVICIO	PROYECTO
1	12/20/11	PRELIMINAR	1.1	ALIMENTACION PLC
2	07/27/12	REVISADO	1.1	ALIMENTACION PLC

REV.	FECHA	DESCRIPCION	NO. SERVICIO	PROYECTO
1	12/20/11	PRELIMINAR	1.1	ALIMENTACION PLC
2	07/27/12	REVISADO	1.1	ALIMENTACION PLC

REV.	FECHA	DESCRIPCION	NO. SERVICIO	PROYECTO
1	12/20/11	PRELIMINAR	1.1	ALIMENTACION PLC
2	07/27/12	REVISADO	1.1	ALIMENTACION PLC



NOTAS GENERALES
GENERAL NOTES

PLANOS REFERENCIALES

REV.	FECHA	DESCRIPCION	NO. BORNEO	BLOQUE	PROYECTO
1					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
2					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
3					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
4					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
5					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
6					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
7					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
8					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
9					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
10					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
11					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
12					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
13					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
14					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
15					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
16					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
17					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
18					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
19					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
20					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
21					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
22					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
23					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
24					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
25					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
26					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
27					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
28					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
29					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
30					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
31					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
32					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
33					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
34					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
35					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
36					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
37					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
38					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
39					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
40					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
41					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
42					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
43					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
44					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
45					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
46					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
47					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
48					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
49					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
50					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
51					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
52					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
53					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
54					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
55					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
56					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
57					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
58					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
59					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
60					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
61					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
62					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
63					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
64					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
65					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
66					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
67					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
68					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
69					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
70					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
71					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
72					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
73					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
74					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
75					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
76					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
77					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
78					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
79					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
80					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
81					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
82					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
83					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
84					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
85					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
86					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
87					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
88					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
89					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
90					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
91					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
92					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
93					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
94					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
95					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
96					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
97					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
98					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
99					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA
100					INTEGRACION DE ESTACION PLANTILLA

PLANO No. 06-06-191-P-A-EST101 REV: 2

ANEXO III

Visión general del protocolo Modbus

VISIÓN GENERAL DEL PROTOCOLO MODBUS

Introducción

Es un protocolo de comunicaciones situado en el nivel 7 del Modelo OSI, basado en la arquitectura maestro/esclavo o cliente/servidor, diseñado en 1979 por Modicon para su gama de controladores lógicos programables (PLCs).

Se ha convertido en un protocolo de comunicaciones estándar en la industria Debido a su simplicidad y especificación abierta.

Entre los dispositivos que lo utilizan podemos mencionar: PLC, HMI, RTU, Drives, sensores y actuadores remotos.

Principales Características

- Control de acceso al medio tipo Maestro/Esclavo.
- El protocolo especifica: formato de trama, secuencias y control de errores.
- Solo especifica la capa de enlace del modelo ISO/OSI.
- A cada esclavo se le asigna una dirección fija y única en el rango de 1 a 247.
- La dirección 0 esta reservada para mensajes de difusión sin respuesta.

Variantes del protocolo Modbus

Existen versiones del protocolo Modbus para puerto serie y Ethernet (Modbus/TCP).

Existen dos variantes, con diferentes representaciones numéricas de los datos y detalles del protocolo ligeramente desiguales. Modbus RTU es una representación binaria compacta de los datos. Modbus ASCII es una representación legible del protocolo pero menos eficiente. Ambas implementaciones del protocolo son serie. El formato RTU finaliza la trama con un suma de control de redundancia cíclica (CRC), mientras que el formato ASCII utiliza una suma de control de redundancia longitudinal (LRC). La versión Modbus/TCP es muy semejante al formato RTU, pero estableciendo la transmisión mediante paquetes TCP/IP.

Modbus Plus (Modbus+ o MB+), es una versión extendida del protocolo que permanece propietaria de Modicon. Dada la naturaleza de la red precisa un coprocesador dedicado para el control de la misma. Con una velocidad de 1 Mbit/s en un par trenzado sus especificaciones son muy semejantes al estándar EIA/RS-485 aunque no guarda compatibilidad con este.

Tramas

El protocolo establece como los mensajes se intercambian en forma ordenada y la detección de errores mediante tramas, como se ve en la figura 1.

La trama consta de:

- Dirección
- Función
- Datos
- Código de Error

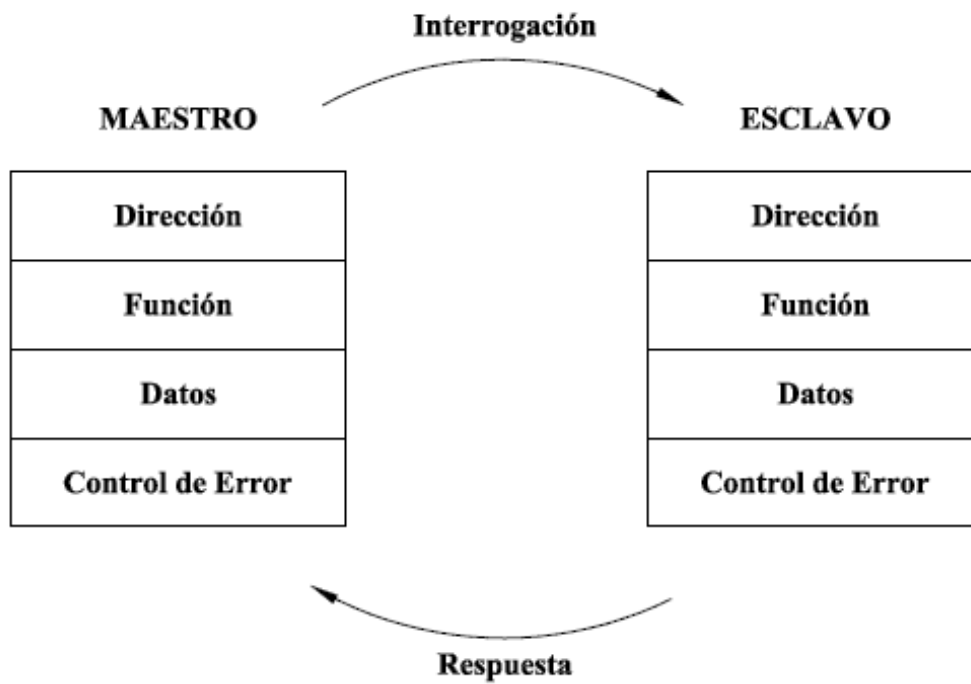


Figura 1. Forma general de las tramas

Modo ASCII					
Comienzo de Trama	Dirección	Función	Datos	Control de Errores	Fin de Trama
:	2 bytes	2 bytes	N x 2 bytes	2 bytes	CR + LF

Modo RTU					
Comienzo de Trama	Dirección	Función	Datos	Control de Errores	Fin de Trama
Tiempo de 3 bytes	1 bytes	1 bytes	N x 1 bytes	2 bytes	

Figura 2. Formato de tramas de variantes Modbus

Dirección. Cada dispositivo de la red Modbus posee una dirección única. Cualquier dispositivo puede enviar órdenes Modbus, aunque lo habitual es permitirlo sólo a un dispositivo maestro. Cada comando Modbus contiene la dirección del dispositivo destinatario de la orden. Todos los dispositivos reciben la trama pero sólo el destinatario la ejecuta (salvo un modo especial denominado "Broadcast"). Cada uno de los mensajes incluye información redundante que asegura su integridad en la recepción.

Campos de función. Las funciones básicas Modbus permiten controlar un dispositivo para modificar el valor de alguno de sus registros o bien solicitar el contenido de dichos registros. En la Tabla 1 se encuentra un resumen de las funciones.

Código	Acción	Significado
01	Leer Bobinas (0:xxxx)	Obtiene el estado actual ON/OFF de un grupo de bobinas lógicas.
02	Leer Entradas (1:xxxx)	Obtiene el estado actual ON/OFF de un grupo de entradas lógicas.
03	Leer Registros (4:xxxx)	Obtiene el valor binario de uno o más registros de almacenamiento.
04	Leer Registros (3:xxxx)	Obtiene el valor binario de uno o más registros de entrada.
05	Escribir Bobina (0:xxxx)	Fuerza el estado de una bobina.
06	Escribir Registro (4:xxxx)	Escribe el valor binario de un registro de almacenamiento.
15	Escribir Bobinas (0:xxxx)	Fuerza el estado de un grupo de bobinas.
16	Escribir Registros (4:xxxx)	Escribe el valor binario de un grupo de registros de almacenamiento.

Tabla 1. Funciones Modbus

Códigos de error. Si el esclavo no puede realizar la función requerida devuelve un código de error. Estos se los puede ver en la tabla 2.

Código	Tipo de Error	Significado
01	Función ilegal	La función recibida no está permitida en el esclavo.
02	Dirección ilegal	La dirección está fuera del rango permitido.
03	Dato ilegal	El dato contiene un valor no válido.
04	Falla en el dispositivo	El controlador no responde o ha ocurrido un error.
05	Reconocimiento (ACK)	Se ha aceptado la función y se está procesando.
06	Ocupado	El mensaje ha sido recibido sin error, pero el dispositivo no puede procesarlo en este momento.
07	Reconocimiento Negativo (NAK)	La función solicitada no puede realizarse en este momento.

Tabla 2. Códigos de Error

Tomado de:

- <http://es.wikipedia.org/wiki/Modbus>
- <http://iaci.unq.edu.ar/materias/laboratorio2/transparencias/modbus.pdf>

ANEXO IV

Datasheets

PLC Momentum

⊕ Momentum M1 Processor Adapter and Option Adapter User Guide (V 4.0)



⊕ Getting Started with Momentum Components

⊕ Overview of Momentum M1 Processor Adapters

⊕ Features of Each M1 Processor Adapter

⊕ 171 CCC 980 30 (M1 Processor Adapter)

Overview

This section describes the 171 CCC 980 30 processor adapter, including key features, an illustration, and specifications.

Note: The 171 CCC 980 30 units are shipped with the latest IEC exec installed.

Note: The 984LL exec used in the 171 CCC 980 30 will not operate in a 171 CCC 980 20

Key Features

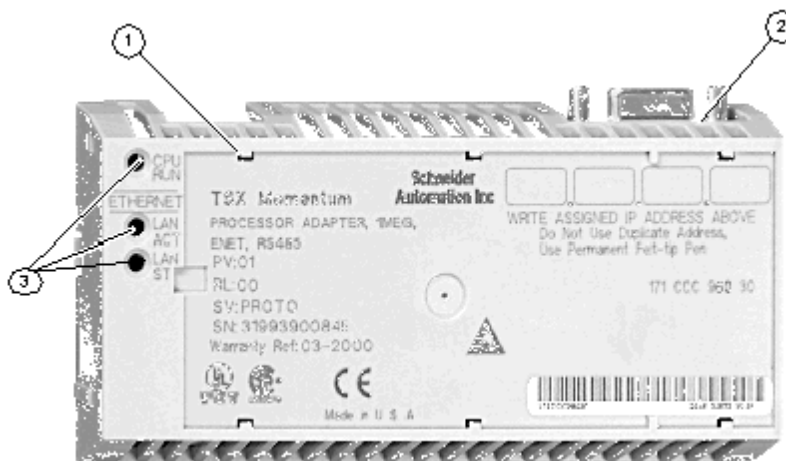
The key features of this processor Adapter are

- Ethernet port
- Modbus port 2 / RS485 only
- 544K bytes of internal memory
- 50 MHz clock speed

Note: The Ethernet port connector looks like a Modbus port connector. Do not attempt to use an Ethernet adapter as a Modbus unit. Do not attempt to place a Modbus connector in an Ethernet connector.

Illustration

The connectors and LED indicators are shown in the following illustration.



Legend:

Label	Description
1	Ethernet port connector
2	Modbus Port 2 connector
3	LED indicators

LED Indicators

This processor adapter has three LED indicators, RUN, LAN ACT(IVE), and LAN ST(ATUS). Their functions are described in the table below.

LED	Indicator Pattern	Status
Start up	Both	Single flash. Indicates good health.
RUN	Green	On continuously when the CPU and is solving logic. Flashes an error pattern if the CPU is in kernel mode. (See <i>Run LED Flash Patterns and Error Codes.</i>)
	Off	CPU is not powered up or is not solving logic.
LAN ACT	Green	Maybe on continuously or blinking. Indicates activity on Ethernet port.
	Off	No activity on Ethernet port.
LAN ST	Green	On continuously during normal operation. Fast blink indicates normal Ethernet initialization at power-up. 3 flashes indicates no 10Base-T link pulse detected. Check cable and hub. 4 flashes indicates duplicate IP address detected. 5 flashes indicates no IP address available.
	Off	No valid MAC address.

Specifications

The following table contains specifications for the 171 CCC 980 30 Momentum M1 processor adapter.

Memory

Internal Memory	544K bytes
User Memory	18K words 984LL Exec 200k words IEC Exec
Flash RAM	1 Megabyte
Clock Speed	50 MHz

984LL Input and Output References

Registers	26048
Discretes	8192 0x references 8192 1x references

IEC Input and Output References

Registers	11200
Discretes	4096 0x references 4096 1x references

I/O Servicing

Local I/O	Services all the points on any host Momentum I/O base
Watchdog Timeout	335 ms
Logic Solve Time	See Scantime Formula for 984LL Exec, following

Mechanical

Weight	42.5 g (1.5 oz.)
Dimensions (HxDxW)	25.9 x 61.02 x 125mm (1.01 x 2.37 x 4.86 in.)
Material (Enclosures/Bezels)	Lexan

Operating Conditions

Temperature	0 ... 60 degrees C
Humidity	5 ... 95% (noncondensing)
Chemical Interactions	Enclosures and bezels are made of Lexan, a polycarbonate that can be damaged by strong alkaline solutions.
Altitude, Full Operation	2000m (6500ft.)
Vibration	10 ... 57Hz @ 0.075mm displacement amplitude

	57 ... 150Hz @ 1g
Shock	Ref. IEC 68-2-6 FC +/-15g peak, 11ms, half sine wave
RFI Susceptibility/Immunity	Ref. IEC 68-2-27 EA Meets CE mark requirements for open equipment. Open equipment should be installed in an industry-standard enclosure, with access restricted to qualified service personnel.
Storage Conditions	
Temperature	-40 ... +85 degrees C
Humidity	5 ... 95% (noncondensing)
Safety Parameters	
Degree of Protection	Unintentional access (UL 508 Type 1, NEMA250 Type 1, IP20 conforming to IEC529)
Di-electric Strength	Ethernet is isolated from logic common 500 VDC
Ground Continuity	30 A test on the exposed metal connector
Agency Approvals	UL 508, CSA, CUL, CE; FM class 1, div2

Scantime Formula for 984LL Exec

The following formula applies to the M1E processor adapter with the 984LL exec.

Scan time = (0.25 msec/ethernet device + 0.002 msec/word) + 0.13 msec/K of logic + 0.40 msec + MBPlustime

Note: The following are important.

- Modbus Plus communications will slow the M1E. If there is no MB+ ring card, then MBPlustime = 0.
 - If there is a MB+ ring card, then each scan will be extended 0.3 Msec *even if there is no message*.
 - Modbus Messages will add from 1 to 2 msec per scan, depending on the length of the message.
-

Note: The following are important.

- The formula above presumes that all MSTR blocks and all configured connections are set to go as fast as possible. In this case the M1E will attempt to exchange data with each device once per scan.
 - If several devices are configured to communicate on a timed basis that is substantially larger than the scan time calculated, then the communications to those devices will be spread out over several scans. See Example, below.
-

Example

You have 50 ENT modules connected to a single M1E. The M1E has a configured time of 50 Msec each, a total of 4k user logic, and no MB+ card. The scan time for all modules configured as fast as possible would be 12.5 Msec + 0.52 Msec + 0.40 Msec = 13.42 Msec. However, since the M1E will only communicate to 1/4 of the modules (12.5 Msec/50 Msec = 1/4) on any given scan, the corrected average scan time would be 1/4 x (12.5) + 0.52 + 0.40 @ 4.1 Msec.

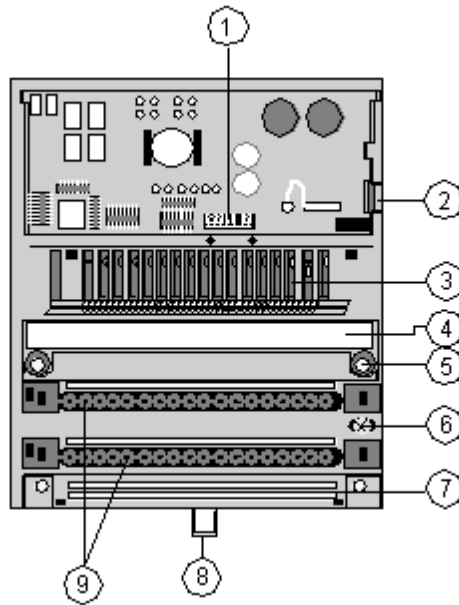
☐ Front Panel Components

Overview

This section contains an illustration of the front panel of the 170 AMM 090 00 I/O base and a description of the LEDs.

Front Panel Illustration

The front panel of the I/O base is shown in the illustration below

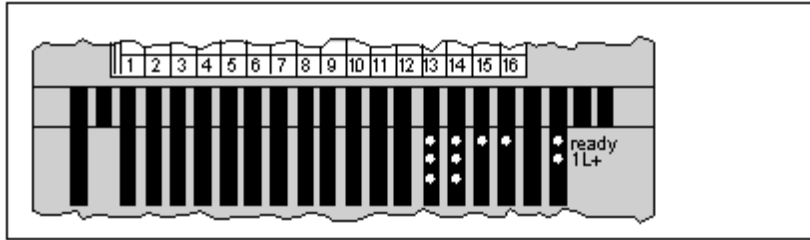


Components of the I/O Module

Label	Description
1	Internal interface (ATI) connector
2	Ground contact for the adapter
3	LED status display
4	Protective cover
5	Mounting holes for panel mount
6	Grounding screw
7	Busbar Mounting Slot
8	Locking tab for DIN rail mount
9	Sockets for the terminal connectors

LED Illustration

The LEDs are shown in the illustration below.



LED Descriptions

The LEDs are described in the table below.

Indicator	Condition	Message
Ready	Green	Module is ready to communicate on network. Operating voltage for internal logic is present and self-test has been passed.
	Off	Module is not ready
1L+	Green	Supply voltage for outputs 1, 2 applied.
	Off	Supply voltage for outputs 1, 2 not applied.
Top row	Green	Discrete input status (an LED per input)
13 ... 16	Off	Input point active, i.e. input carries "1" signal (logically "ON")
	Green	Discrete input status (an LED per input)
Middle row	Off	Input point inactive, i.e. input carries "0" signal (logically "OFF").
	Green	Discrete output status (an LED per output)
13 , 14	Off	Output point active, i.e. output carries "1" signal (logically "ON")
	Green	Discrete output status (an LED per output)
Bottom row	Off	Output point inactive, i.e. output carries "0" signal (logically "OFF").
	Red	Analog output overload (one LED per output)
13 , 14	Off	Output concerned short-circuited or overloaded.
	Red	Analog outputs 1 ... 2 operating normally.



☐ Specifications

Overview

This section contains specifications for the 170 AMM 090 00 I/O base.

General Specifications

General Specifications

Module type	4 differential inputs, 2 outputs (analog) 4 inputs, 2 outputs (discrete)
Supply voltage	24 VDC
Supply voltage range	20 ... 30 VDC
Supply current consumption	max. 350 mA at 24 VDC
Power dissipation	4 W typical 6 W maximum
I/O map	5 input words 5 output words

Isolation

Isolation

Discrete inputs from outputs	none
Analog inputs from outputs	none
Analog inputs and outputs from operating voltage	500 VDC, 1 min
Operating voltage and all inputs and outputs from ground	500 VDC, 1 min

Fuses

Fuses

Internal	none
Operating voltage L+	325 mA fast-blow (with bus adapter) (Wickmann 19193-325 mA or equivalent)
Output voltage 1L+	Depending on the application, max. 5 A fast-blow
Input voltage 1L+	Depending on the application, max. 1 A fast-blow

EMC

EMC for industrial environment

Immunity	IEC 1131 (500 V disturbance pulse in operating voltage)
Radiated noise	EN 50081-2 (threshold A)
Agency approvals	UL, CUL, CE, FM Class 1, Div 2

Physical dimensions

Physical dimensions

Width	125 mm (4.9 in)
Depth (with no adapter)	40 mm (1.54 in)
Length	141.5 mm (5.5 in) no busbar 159.5 mm (6.3 in) with two-row busbar 171.5 mm (6.75 in) with three-row busbar

Weight 240 g (0.55 lb)

Analog Inputs

Specifications for analog inputs

Number of channels	4 differential inputs
Common mode voltage	Input voltage from Ag +/- 11 V
Common mode suppression	> 54 dB
Overvoltage (1 input) Static Dynamic	Voltage ranges +/- 30 V when voltage source is 24 V +/- 50 V max. 100 s Current ranges, input current < 48 mA
Input resistance	> 1 MOhm voltage range 250 Ohm current range
Input filter time constant	120 microsec. (typ.)
Crosstalk	Input channel from input channel approx -80 dB

Range specific data

Range specific data

Range	+/- 10 V	+/- 5 V	1 ... 5 V	+/- 20 mA	4 ... 20 mA
Conversion time	10 ms for all channels	10 ms for all channels	10 ms for all channels	10 ms for all channels	10 ms for all channels
Conversion error at 25 deg. C	max. 0.08 % of upper measuring range value	max. 0.16 % of upper measuring range value	max. 0.16 % of upper measuring range value	current measurement	current measurement
Error at 0 ... 60 deg. C	max. 0.15 % of upper measuring range value	max. 0.3 % of upper measuring range value	max. 0.3 % of upper measuring range value	current measurement	current measurement
Conversion consistency	max. 0.02 % of upper measuring range value	max. 0.04 % of upper measuring range value	max. 0.04 % of upper measuring range value	current measurement	current measurement
Resolution)	14 bits	13 bits	12 bits	13 bits	12 bits

Analog Outputs

Specifications for analog outputs

Number of channels	2
Conversion time	1 ms for all channels
Conversion error at 25 deg. C	max +/- 0.35 % of upper measuring range value
Loop power supply	None required
Error at 0 ... 60 deg. C	max +/- 0.7 % of upper measuring range value
Linearity	+/- 1 LSB (monotonous)
Crosstalk	Output channel from output channel approx. - 80 dB
Range	+/-10 V Voltage 0 ... 20 mA Current
Output load	>= 3 KOhm <= 600 Ohms
Resolution	12 bits 12 bits

Discrete Inputs

Specifications for discrete inputs

Number of points	4
Number of groups	1
Points per group	4
Signal type	True High
IEC 1131 type	1+ (See Appendix IEC 1131 Input Types for definitions of IEC input types.)
ON voltage	+11 ... +30 VDC
OFF voltage	-3 ... +5 VDC

Input current	2.5 mA minimum ON (6 mA at 24 VDC)
	1.2 mA maximum OFF
Input voltage range	-3 ... +30 VDC
Input resistance	4 kOhm
Response time	2.2 ms OFF to ON
	2.2 ms ON to OFF

Discrete Outputs

A 2-point temperature monitoring circuit protects each discrete output against short-circuiting and overload. The outputs will keep disconnecting and reconnecting until the cause of the error has been eliminated.

Specifications for discrete outputs

Output type	Semiconductor
Output voltage	External supply - .5 VDC
Number of points	2
Number of groups	1
Points per group	2
Current capacity	1 A/point maximum 2 A/group 2 A/module
Signal type	True High
Leakage current (output out)	< 1 mA @ 24 VDC
On state voltage drop	< 0.5 VDC @ 0.5 A
Output protection (See Note Below)	Outputs are electronically safeguarded to assist in short circuit and overload protection
Fault reporting	1 red LED/point (row 3) ON when short current/ overload occurs
Error indication	Message "I/O Error" on bus adapter if module is defective
Response time	< 0.1 ms OFF to ON
(resistive load / 0.5 A)	< 0.1 ms ON to OFF
Maximum switching cycles	1000/h for 0.5 A inductive load 100/s for 0.5 A resistive load 8/s for 1.2 W Tungsten load

Note: Discrete 24 VDC outputs incorporate thermal shutdown and overload protection. The output current of a shortened output is limited to a nondestructive value. The short circuit heats the output driver and the output will switch off. The output will switch on again if the driver leaves the overtemperature condition. If the short circuit still exists, the driver will reach the overtemperature condition again and will switch off again.

☐ Wiring Diagrams

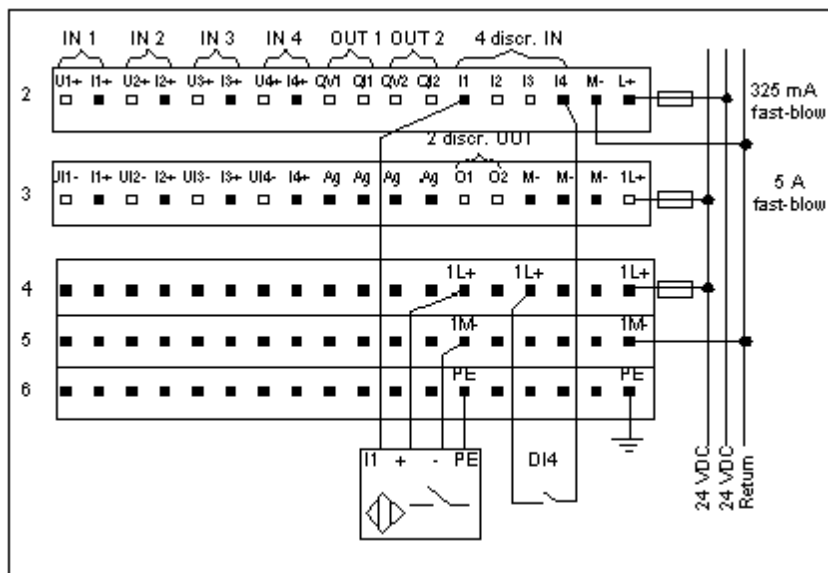
Overview

This section contains diagrams to assist you in wiring the following types of devices:

I/O Type	Diagram
Discrete input	2- and 4-wire sensors
Discrete output	3-wire actuators
Analog output	2-wire actuators
Analog input	3-wire sensors

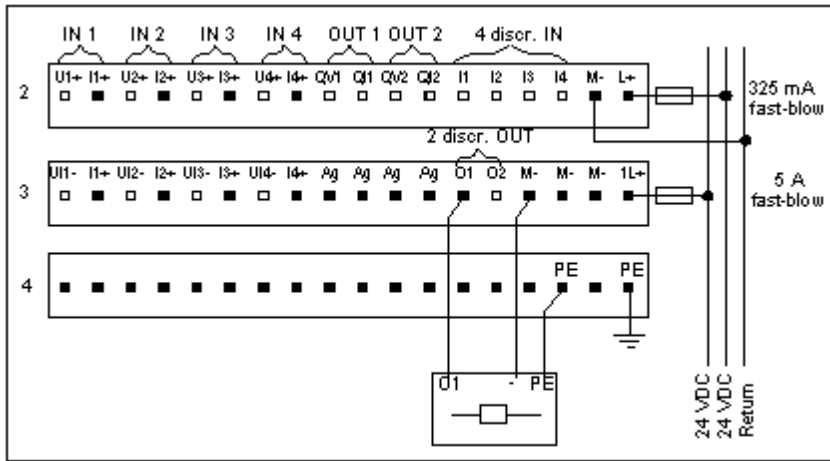
Discrete Inputs

The diagram below shows an example of wiring for discrete inputs:



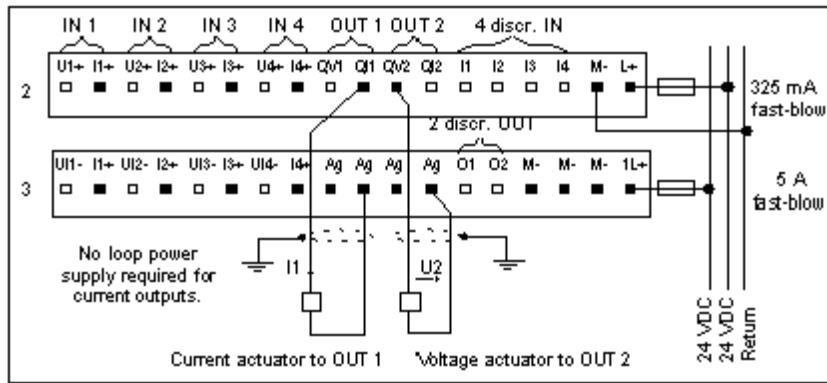
Discrete Outputs

The diagram below shows an example of wiring for discrete outputs:



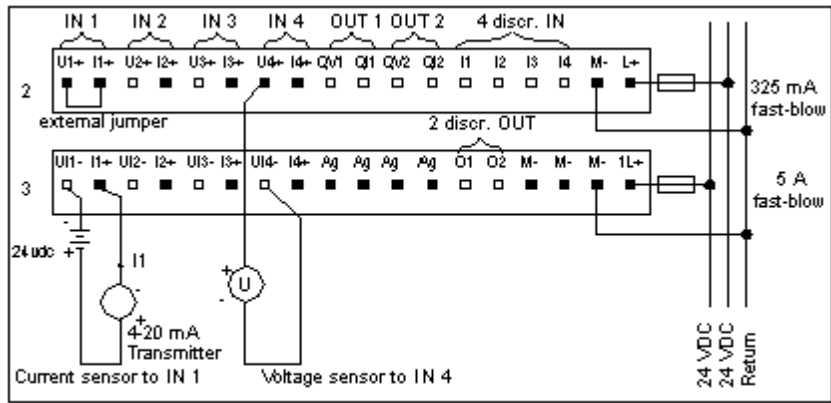
Analog Outputs

The diagram below shows an example of wiring for analog outputs:



Analog Inputs

The diagram below shows an example of wiring for analog inputs:



**Transmisor remoto
medidor de flujo
Yokogawa**

General Specifications

AXFA11G Magnetic Flowmeter Remote Converter



GS 01E20C01-01E

The AXFA11 magnetic flowmeter high grade remote converter is a sophisticated product with outstanding reliability and ease of operation, developed on the basis of decades of field-proven experience.

The AXFA11 employs an LCD indicator, infra-red switches, and "Easy Setup" parameters to ensure substantially improved ease of maintenance.

The combination of a replaceable electrode type flowtube and diagnostics to detect the adhesion level on the electrodes dramatically improves maintainability.

The AXFA11 also employs the fluid noise free "Dual Frequency Excitation Method" and the newly added "Enhanced Dual Frequency Excitation Method" as an option for more difficult applications to ensure greater stability and quicker response.

Note: The "Dual Frequency Excitation Method" is Yokogawa's unique technology.



FEATURES

User-oriented Functionality

Fluid Adhesion Level Diagnosis

By constantly monitoring the level of insulating substance on the electrodes, it is possible to determine when maintenance is required.

With the utilization of an optional replaceable electrode type flowtube, in cases of severe adhesion, the electrodes can be easily removed from the flowmeter and cleaned.

Clear and Versatile Indications

The LCD indicator employs a large, backlit full dot-matrix, that can facilitate various displays. One to three lines are available. When there is an alarm condition, a full description of the countermeasure is indicated.

"Easy Setup" Parameters

The most frequently used parameters are arranged in a group at the top.

The infra-red switches enable the users to set parameters without opening the cover.

Operation Immediately after Installation

The AXFA11 is shipped with the main parameters completely set. Therefore, the AXFA11 can be operated immediately after installation and wiring.

Compact and Light-weight Amplifier

The AXFA11 is equipped with a compact and light-weight amplifier.

Expansion of Product Lineup

Improve Accuracy Specification

The standard accuracy is 0.35% of reading. Also available is an optional high accuracy calibration rated at 0.2% of reading.

Enhanced Performance and Specifications

Enhanced Dual Frequency Excitation Method

The "Enhanced Dual Frequency Excitation Method" can be optionally selected.

For difficult applications such as for high concentration slurries or low conductivity fluid, extremely stable measurements can be realized.

Improved Minimum Conductivity

The newly designed AXF converter permits the measurement of fluids with conductivity as low as 1μS/cm.

High-Speed Pulse Output

The pulse rate now goes up to 10,000 pps (pulse/second) for use with high speed applications such as in short time batch processes.

Versatile Input/output Function Now Available

The functions of one current output, one pulse output, one alarm output, two status inputs, and two status outputs are available.

CONTENTS

Features	P. 1
Standard Specifications	P. 2
Standard Performance	P. 4
Normal Operating Conditions	P. 5
Accessories	P. 5
Model and Suffix Code	P. 6
Optional Specifications for AXFA11 Remote Converter	P. 7
Terminal Configuration, Terminal Wiring	P. 7
External Dimensions	P. 8
Ordering Information	P.10

■ STANDARD SPECIFICATIONS

Excitation Method: (Combined with AXF Remote Flowtube)

- Standard dual frequency excitation:
Size 2.5 to 400 mm (0.1 to 16 in.)
- Enhanced dual frequency excitation:
Size 25 to 200 mm (1.0 to 8.0 in.)
(Optional code HF1 or HF2)
- Pulsed DC excitation:
Size 500 to 2600 mm (20 to 104 in.)

Input Signal:

Two Status Inputs: Dry contact
Load resistance: 200 Ω or less (ON), 100 kΩ or more (OFF)

Output Signals:

- One Current Output: 4 to 20 mA DC (load resistance: 1kΩ maximum, including cable resistance)
- One Pulse Output:
Transistor contact output (open collector)
Contact capacity: 30 V DC (OFF), 200 mA (ON)
Output rate: 0.0001 to 10,000 pps (pulse/second)
- One Alarm Output:
Transistor contact output (open collector)
Contact capacity: 30 V DC (OFF), 200 mA (ON)
- Two Status Outputs:
Transistor contact output (open collector)
Contact capacity: 30 V DC (OFF), 200 mA (ON)

Communication Signals:

BRAIN or HART communication signal
(Superimposed on the 4 to 20 mA DC signal)
Distance from Power Line: 15 cm (6 in.) or more
(Parallel wiring should be avoided.)

BRAIN:

Communication Distance:

Up to 2 km (1.25 miles), when polyethylene insulated PVC-sheathed cables (CEV cables) are used.
Communication distance varies depending on the type of cable and wiring used.

Load Resistance:

250 to 600 Ω (including cable resistance)

Load Capacitance:

0.22 μF or less

Load Inductance:

3.3 mH or less

Input Impedance of Communicating Device:

10 kΩ or more (at 24 kHz)

HART:

Communication Distance:

Up to 1.5 km (0.9 mile), when using multiple twisted pair cables. Communication distance varies depending on the type of cable used.

Load Resistance:

230 to 600 Ω (including cable resistance)

Cable Length for Specific Applications:

Use the following formula to determine the cable length for specific applications:

$$L = \frac{65 \times 10^6}{(R \times C)} - \frac{(C_f + 10,000)}{C}$$

where:

- L = length in meters or feet
- R = resistance in Ω (including barrier resistance)
- C = cable capacitance in pF/m or pF/ft
- C_f = maximum shunt capacitance of receiving devices in pF/m or pF/ft

Note: HART is a registered trademark of the HART Communication Foundation.

Data Security During Power Failure:

Data (parameters, totalizer value, etc.) storage by EEPROM. No back-up battery required.

Indicator:

Full dot-matrix LCD (32×132 pixels)

Lightning Protector:

The lightning protector is built into the excitation current output, the current output, the signal common, and the pulse/alarm/status input and output terminals. When optional code A is selected, the lightning protector is built into the power terminals.

Protection:

IP66, IP67, JIS C0920 immersion-proof type

Coating:

Case and Cover: Polyurethane corrosion-resistant

Coating Color: Silver gray (Munsell 3.2PB 7.4/1.2 or its equivalent)

Cover Mounting Screws: Polyurethane corrosion-resistant

Coating Color: Mint green (Munsell 5.6BG 3.3/2.9 or its equivalent)

Converter Material:

Case and Cover: Aluminum alloy

Mounting/Shapes:

- Mounting: 2-inch pipe, panel or surface mounting
- Electrical Connection: ANSI 1/2 NPT female
ISO M20 ×1.5 female
JIS G1/2 (PF1/2) female
- Terminal Connection: M4 size screw terminal

Grounding:

Grounding resistance 100 Ω or less

When optional code A is selected, grounding resistance 10 Ω or less shall be applied.

Combined Remote Flowtube:

- AXFA11 Converter can be combined with size 2.5 to 2600 mm (0.1 to 104 in.) of AXF Remote Flowtube. However, the AXFA11 converter cannot combine with AXF Remote Flowtube of TIIS flame proof type (In this case, use the AXFA14 converter).
- If a combined converter is changed from AXFA11 to AXFA14 or vice versa, a new meter factor must be adjusted by flow calibrations.

Functions

How to Set Parameters:

The indicator's LCD and three infra-red switches enable users to set parameters without opening the case cover. Parameters can also be set by means of the HHT(Hand-held terminal).

Displayed Languages:

Users can choose a language from among English, Japanese, German, French, Italian, Spanish.

Instantaneous Flow Rate/Totalized Value Display Functions:

The full dot-matrix LCD enables user selections of displays from one line to three lines for:

- Instantaneous flow rate
- Instantaneous flow rate (%)
- Instantaneous flow rate (bar graph)
- Current output value (mA)
- Totalized value
- Tag No.
- Results of electrode adhesion diagnostics

Totalizer Display Function:

The flow rate is counted one pulse at a time according to the setting of totalization pulse weights. For forward and reverse flow measurement functions, the totalized values of the flow direction (forward or reverse) and the flow direction are displayed on the indicator together with the units. The difference of totalized values between the forward and reverse flow rate can be displayed. Totalization for the reverse flow rate is carried out only when "Forward and reverse flow measurement functions" is selected.

Damping Time Constant:

Time constant can be set from 0.1 second to 200.0 seconds (63% response).

Span Setting Function:

Span flows can be set in units such as volume flow rate, mass flow rate, time, or flow rate value. The velocity unit can also be set.

Volume Flow Rate Unit: kcf, cf, mcf, Mgal (US), kgal (US), gal (US), mgal (US), kbbbl (US)*, bbl (US)*, mbbbl (US)*, μbbbl (US)*, Ml (megaliter), m³, kl (kiloliter), l (liter), cm³

Mass Flow Rate Unit (Density must be set.): klb (US), lb (US), t (ton), kg, g

Velocity Unit: ft, m (meter)

Time Unit: s (sec), min, h (hour), d (day)

* "US Oil" or "US Beer" can be selected.

Pulse Output:

Scaled pulse can be output by setting a pulse weight.

Pulse Width: Duty 50% or fixed pulse width (0.05, 0.1, 0.5, 1, 20, 33, 50, 100 ms) can be selected.

Output Rate: 0.0001 to 10,000 pps (pulse/second)

Multi-range Function:

- Range switching via status input
Status input enables the switching of up to four ranges.
- Automatic range switching
When the flow rate exceeds 100 % of the range, transition to the next range (up to four ranges) is carried out automatically. Range switching can be confirmed by status outputs and indicator.

Forward and Reverse Flow Measurement Functions:

Flows in both forward and reverse directions can be measured. The reverse flow measurement can be confirmed by status output and indicator.

Totalization Switch:

The status output is carried out when a totalized value becomes equal to or greater than the set value.

Preset Totalization:

The parameter setting or status input enables a totalized value to be preset to a setting value or zero.

0% Signal Lock:

Status input forcibly fixes the instantaneous flow rate display, current output, pulse output, and flow rate totalization to 0%.

Alarm Selection Function:

Alarms are classified into System Alarms (hard failures), Process Alarms (such as 'Empty Pipe', 'Signal Overflow' and 'Adhesion Alarm'), Setting Alarms, and Warnings. Whether alarms should be generated or not can be selected for each item.

The current output generated for an alarm can be selected from among 2.4 mA or less, fixed to 4 mA, 21.6 mA or more, or HOLD.

Alarm Output:

Alarms are generated only for the items selected via the 'Alarm Selection Function' if relevant failures occur.

Self Diagnostics Functions:

If alarms are generated, details of the System Alarms, Process Alarms, Setting Alarms and Warnings are displayed together with concrete descriptions of countermeasures.

Flow Upper/Lower Limit Alarms:

If a flow rate becomes greater or smaller than the set value, this alarm is generated. In addition, two upper limits (H, HH) and two lower limits (L, LL) can be set. If a flow rate becomes greater or smaller than any of the set values, the status is output.

Electrode Adhesion Diagnostics Function:

This function enables monitoring of the adhesion level of insulating substances to the electrodes. Depending on the status of adhesion, users are notified by a warning or an alarm via status outputs. If replaceable electrodes are used, they can be removed and cleaned when adhesion occurs.

STANDARD PERFORMANCE

Reference Conditions:

- Similar to BS EN 29104 (1993); ISO9104 (1991)
- Fluid Temperature: 20°C ±10°C (+68°F ±18°F)
- Ambient Temperature: 25°C ±5°C (+77°F ±9°F)
- Warm-up Time: 30 min
- Straight runs
 - Upstream > 10 × DN
 - Downstream > 5 × DN
- Properly grounded
- Properly centered

Accuracy (Combined with AXF Remote Flowtube, at reference conditions)

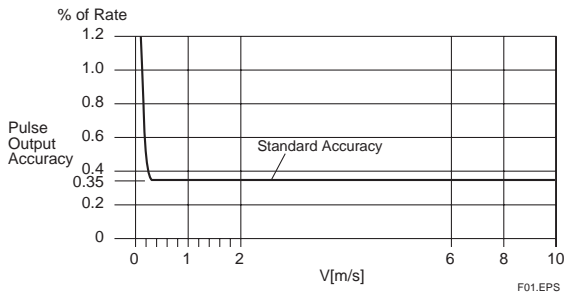
Pulse Output:

PFA/Ceramics Lining:

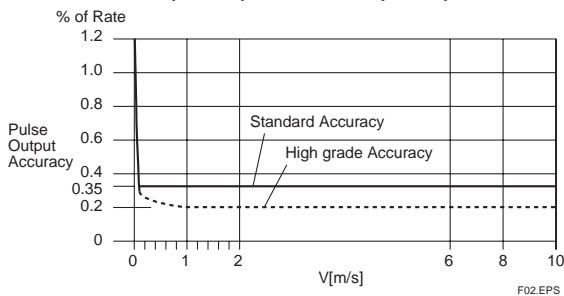
Size mm (in.)	Flow Velocity V m/s (ft/s)	Standard Accuracy (Calibration code B)	Flow Velocity V m/s (ft/s)	High grade Accuracy (Calibration code C)
2.5 (0.1) to 15 (0.5)	V < 0.3 (1)	±1.0 mm/s	—	—
	0.3 ≤ V ≤ 10 (1) (33)	±0.35% of Rate		
25 (1.0) to 200 (8.0)	V < 0.15 (0.5)	±0.5 mm/s	V < 0.15 (0.5)	±0.5 mm/s
	0.15 ≤ V ≤ 10 (0.5) (33)	±0.35% of Rate	0.15 ≤ V < 1 (0.5) (3.3)	±0.18% of Rate ±0.2mm/s
			1 ≤ V ≤ 10 (3.3) (33)	±0.2% of Rate
250 (10) to 400 (16)	V < 0.15 (0.5)	±0.5 mm/s	—	—
	0.15 ≤ V ≤ 10 (0.5) (33)	±0.35% of Rate		

Enhanced dual frequency excitation (Option code HF2) : T01.EPS
Standard accuracy ± 1 mm/s

Size 2.5 mm (0.1 in.) to 15 mm (0.5 in.)



Size 25 mm (1.0 in.) to 400 mm (16 in.)

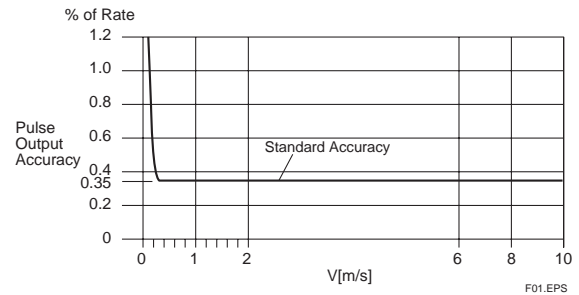


Polyurethane Rubber/Natural Soft Rubber/EPDM Rubber Lining

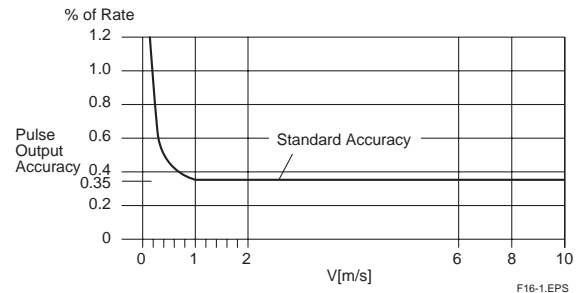
Size mm (in.)	Flow Velocity V m/s (ft/s)	Standard Accuracy (Calibration code B)
25 (1.0) to 400 (16)	V < 0.3 (1.0)	±1.0 mm/s
	0.3 ≤ V ≤ 10 (1.0) (33)	±0.35% of Rate
500 (20) to 1000 (40)	V < 0.3 (1.0)	±1.75 mm/s
	0.3 ≤ V < 1 (1.0) (3.3)	±0.25% of Rate ± 1 mm/s
	1 ≤ V ≤ 10 (3.3) (33)	±0.35% of Rate
1100 (44) to 2000 (80)	V < 0.3 (1.0)	±2.2 mm/s
	0.3 ≤ V < 1 (1.0) (3.3)	±0.4% of Rate ± 1 mm/s
	1 ≤ V ≤ 10 (3.3) (33)	±0.5% of Rate
2200 (88) to 2600 (104)	V < 1 (3.3)	±8.5 mm/s
	1 ≤ V ≤ 10 (3.3) (33)	±0.85% of Rate

Enhanced dual frequency excitation (Option code HF2) : T02.EPS
Standard accuracy ± 1 mm/s

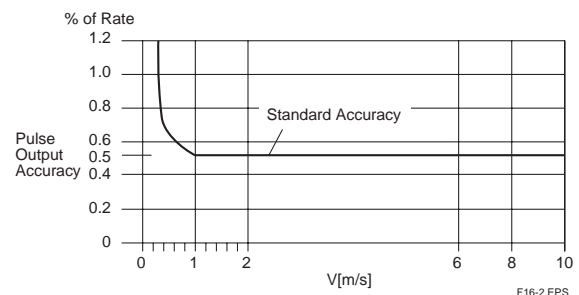
Size 25 mm (1.0 in.) to 400 mm (16 in.)



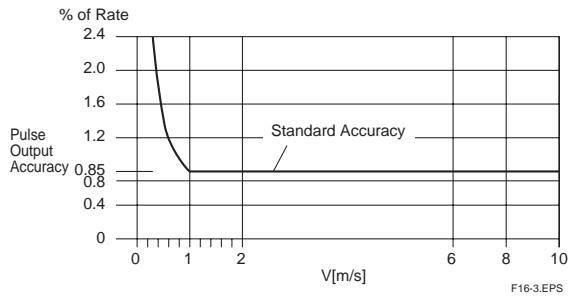
Size 500 mm (20 in.) to 1000 mm (40 in.)



Size 1100 mm (44 in.) to 2000 mm (80 in.)



Size 2200 mm (88 in.) to 2600 mm (104 in.)



Current Output: Pulse output accuracy plus $\pm 0.05\%$ of Span

Repeatability:

- $\pm 0.1\%$ of Rate ($V \geq 1$ m/s (3.3 ft/s))
- $\pm 0.05\%$ of Rate ± 0.5 mm/s ($V < 1$ m/s (3.3 ft/s))

Maximum Power Consumption:

Combined with AXF Remote Flowtube: 20 W

Insulation Resistance(*1) :

- Between power supply terminals and ground terminal: 100M Ω at 500V DC
- Between power supply terminals and input/output/excitation current terminals : 100M Ω at 500V DC
- Between ground terminal and input/output/excitation current terminals: 20M Ω at 100V DC
- Between input/output/excitation current terminal: 20M Ω at 100V DC

Withstand Voltage(*1) :

- Between power supply terminals and ground terminal: 1390V AC for 2 seconds
- Between power supply terminals and input/output terminals: 1390V AC for 2 seconds
- Between excitation current terminal and ground terminal: 160V AC for 2 seconds
- Between excitation current terminal and input /output terminals: 200V AC for 2 seconds



CAUTION

*1: When performing the Insulation Resistance Test or the Withstand Voltage Test, please obey the following caution.

- Following the relevant test, wait for more than 10 seconds after the power supply has been turned off before removing the cover.
- Remove all wires from terminals before testing.
- When the power terminal has a lightning protector (optional code A), remove the short bar at the ground terminal.
- After testing, be sure to discharge by using a resistance and return all wires and the short bar to its correct position.
- Screws must be tightened to a torque of 1.18 N-m or more.
- After closing the cover, the power supply can be restored.

Safety Requirement Standards:

- EN61010-1
- Altitude at installation site: Max. 2000 m above sea level
- Installation category based on IEC1010: Overvoltage category II ("II" applies to electrical equipment which is supplied from a fixed installation-like distribution board.)
- Pollution degree based on IEC1010: Pollution degree 2 ("Pollution degree" describes the degree to which a solid, liquid, or gas which deteriorates dielectric strength or surface resistivity is adhering. "2" applies to a normal indoor atmosphere.)

EMC Conformity Standards:

- EN61326
- EN61000-3-2, EN61000-3-3
- AS/NZS CISPR11

■ NORMAL OPERATING CONDITIONS

Ambient Temperature: -40°C to $+60^{\circ}\text{C}$ (-40°F to $+140^{\circ}\text{F}$)
Indicator's operating range: -20°C to $+60^{\circ}\text{C}$ (-4°F to $+140^{\circ}\text{F}$)

Ambient Humidity: 0 to 100%

Lengthy continuous operation at 95% or more is not recommended.

Power Supply:

Power supply code 1:

- AC specifications
Rated power supply: 100 to 240 V AC, 50/60 Hz
(Operating voltage range: 80 to 264 V AC)
- DC specifications
Rated power supply: 100 to 120 V DC
(Operating voltage range: 90 to 130 V DC)

Vibration Conditions:

Level of vibration in conformity with IEC 60068-2-6 (SAMA31. 1-1980)
0.5 G or less (frequency 500 Hz or less)

Note: Avoid locations with much vibration (with a vibration frequency of 500 Hz or more), which may cause damage to the equipment.

■ ACCESSORIES

- Fuse (T2.5A, 250 V): 1 pc.
- *Time lag fuse
- Mounting bracket: 1 set

Actuador eléctrico Limitorque

Technical Specifications

Limiterorque Actuation Systems MX Actuators

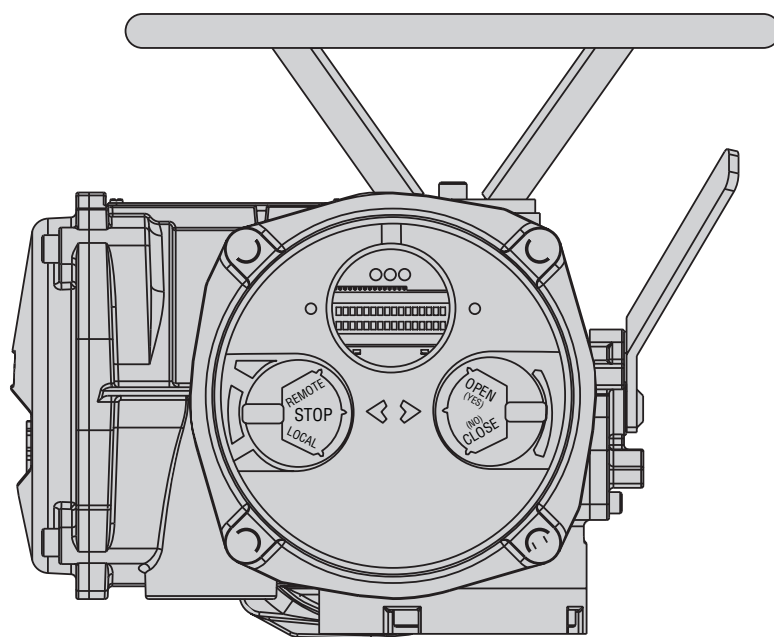
The actuator shall consist of a three-phase electric motor, worm gear reduction, absolute position encoder, electronic torque sensor, reversing motor contactor, electronic control, protection, and monitoring package, manual override handwheel, valve interface bushing, 32-character LCD, and local control switches all contained in an enclosure that is sealed to NEMA 4, 4X, 6, IP68 to 7M for 96 hours, and (XP as required). Actuator design life shall be one million drive sleeve turns.

The power transmission shall be completely bearing-supported, and consist of a hardened alloy steel worm and bronze alloy worm gear, oil-bath lubricated using a synthetic oil designed specifically for extreme pressure gear transmission service.

The motor shall be three-phase/60-cycle (208, 230, 360, 440, 460, 575 V) or three-phase/50-cycle (380, 400, 440, 415, 525 V) with Class F insulation and a thermistor embedded within the motor windings to prevent damage due to overload. The motor shall be easily removed through the use of a plugin connector and shaft coupling.

Valve position shall be sensed by a 15-bit, optical, absolute position encoder. Open and closed positions shall be stored in permanent, nonvolatile memory. The encoder shall measure valve position at all times, including both motor and handwheel operation, with or without three-phase power present, and without the use of a battery.

An electronic torque sensor shall be included. The torque limit may be adjusted from 40-100% of rating in 1% increments. The motor shall be deenergized if the torque limit is exceeded. A boost function shall be included to prevent torque trip during initial valve unseating and during



extreme arctic temperatures (-50°C), and a “Jammed Valve” protection feature, with automatic retry sequence, shall be incorporated to deenergize the motor if no movement occurs.

The control module shall include power and logic circuit boards, control transformer, and protection fuses, all mounted to a steel plate and attached in the control compartment with captive screws. The module shall be easily removed through the use of plug-in connectors. The module shall also include a reversing contactor, local control switches, 32-character LCD, and LED indicators. All internal wiring shall be flame-resistant, rated 105°C, and UL listed.

The LCD module shall use solid-state Hall-effect devices for local communication and configuration. The use of reed switches for this purpose on the LCD module is prohibited.

The reversing contactor shall be mechanically interlocked to prevent simultaneous energizing of the open and close coils. The control module shall also include an auto reversal delay to inhibit high current surges caused by rapid motor reversals. The control transformer shall include vacuum-impregnated coils and dual primary fuses. A phase correction circuit shall be included to correct motor rotation faults caused by incorrect site wiring. The phase correction circuit shall also detect the loss of a phase and disable operation to prevent motor damage.

Remote control may be configured as 2, 3, or 4 wires for open-stop-close control. Terminals must also be provided for ESD (Emergency Shutdown) and Inhibit Movement commands. The ESD signal shall override any existing signal (except LOCAL, STOP, and INHIBIT) and send the valve to its configured emergency position. The ESD may be configured to

override LOCAL, STOP, and/or INHIBIT. Remote control functions may be powered by external 24 VDC, 125 VAC, or the actuator's internal supply of 110 VAC or 24 VDC. The internal supplies shall be protected against overcurrent and short circuit faults.

Terminals shall be included to connect the electronic controls package, including display, to a back-up 24 VDC power source.

A dedicated circuit to prevent undesired valve operation in the event of an internal circuit fault or erratic command signal shall be included. An open or short-circuit in the internal circuit board logic shall not energize the motor contactor, nor shall a single fused control relay contact fail to deenergize the motor contactor. The command inputs shall be optically coupled and require a pulse width of at least 250 ms to 350 ms to turn on or off. In the event of an internal circuit fault, an alarm shall be signaled by tripping the Monitor Relay and through LCD indication.

A padlockable LOCAL-STOP-REMOTE switch and an OPEN-CLOSE switch shall be included for local valve actuator control. The control switches shall not penetrate the controls cover and shall be designed to electrically isolate the actuator's internal components from the external environment. The OPEN-CLOSE switch may be configured for maintained or push-to-run (inching) control.

Four latched contacts rated 250VAC/30VDC, 5 amps shall be provided for remote indication of valve position, configured as 1-N/O and 1-N/C for both the open and closed positions. The contacts may be configured to represent any other actuator status; mid-travel position, switched to local, overtorque, motor over-temperature, manual operation, switched to remote, switched to stop, valve moving, close torque switch, open torque switch, hardware failure, ESD active, inhibit active, or valve jammed.

A monitor relay shall be included and shall trip when the actuator is not available for remote operation. Both N/O and N/C contacts shall be included, rated 250 VAC/30 VDC, 5 amps. The yellow LED shall blink

when the monitor relay is active.

A 32-character, Liquid Crystal Display (LCD) shall be included to display valve position as a percent of open, 0-100%, and current actuator status. "STATUS OK" shall be displayed for an operable actuator. If the actuator is not operable, the appropriate alarm shall be displayed. The alarm shall be continuously displayed until the actuator is operable. Red, green, and yellow LEDs shall be included for open, close, stopped, and moving indication.

All calibration shall be possible without removing any covers and without the use of any special tools. All calibration shall be performed by answering the "YES" and "NO" questions displayed on the LCD. "YES" is signaled by using the OPEN switch and "NO" by using the CLOSE switch, as indicated adjacent to the switches. A configurable password option shall be available to prevent unauthorized changes.

All customer connections shall be located in a terminal chamber that is separately sealed from all other actuator components. Site wiring shall not expose actuator components to the environment. The internal sealing within the terminal chamber is suitable for NEMA 4, 6, and IP68. The chamber shall include screw-type terminals, three power and 50 control, for site connections. Three conduit entries, available as: (2) - 1.25" NPT (M32) and (1)-1.5" NPT (M40) shall be located in the terminal chamber.

The actuator shall be coated with a polymer powder coat. The coating system shall be suitable for an ASTM B117 salt spray test of 1500 hours. External fasteners shall be high-strength carbon steel, zinc plated, chromate-hexavalent coated, and then top coated with a high-strength, high-endurance polymer. The fasteners shall be suitable for an ASTM B117 salt spray test of 500 hours.

A handwheel and declutch lever shall be provided for manual operation. The handwheel shall not rotate during electric operation nor can a seized motor prevent manual operation. Changing from motor to manual operation is accomplished by engaging the declutch lever. Energizing the

motor shall return the actuator to motor operation. The declutch lever is padlockable in the motor position.

The actuator shall include a removable bushing to mate with the valve shaft.

Diagnostic facilities shall be included to accumulate and report the performance of the motor, encoder, contactor, cycle time, handwheel operations, actuator ID, firmware revision, and output turns. In addition, a torque profile of the reference baseline valve stroke and the last valve stroke shall be included. All diagnostic information shall be displayed on the LCD.

Every actuator shall be factory tested to verify: rated output torque, output speed, handwheel operation, local control, control power supply, valve jammed function, all customer inputs and outputs, motor current, motor thermistor, LCD and LED operation, direction of rotation, micro-processor checks, and position-sensor checks. A report confirming successful completion of testing shall be included with the actuator.

All actuator designs shall have been tested to demonstrate electromagnetic compatibility with the following:

- Machinery; EN 60204 EMC
- EMC; EN 50081-1 & 2
- Applicable Emissions Standards; EN 50011:1998
- Radiated emissions; EN 55011:1998 & FCC Part 15, subpart J
- Conducted emissions; EN 55011:1998 & FCC Part 15, subpart J
- Applicable Immunity Standards; IEC EN 61000-6-1:2001
- ESD; IEC 61000-4-1:1995
- Radiated RF Immunity; IEC 61000-4-3:1995
- Fast Transients and Bursts; IEC 61000-4-4:1995
- Voltage Surges; IEC 61000-4-5:1995
- Conducted RF Immunity; IEC 61000-4-6:1996
- Magnetic Field Immunity; IEC 61000-4-8:1993
- Voltage Dips and Interrupts; IEC 61000-4-11:1994

- Vibration and seismic capability shall be in accordance with MILSTD-167, IEEE-344-1975, and IEC68-2-6.
- The actuator shall be tagged with CE mark per compliance with directives 89/336/EEC and 98/37/EEC.

Options

Analog Position Transmitter (APT)

A non-contacting, internally powered, electrically isolated position transmitter shall be included to provide a 4-20 mA signal that is proportional to valve position.

Analog Torque Transmitter (ATT)

A non-contacting, internally powered, electrically isolated torque transmitter shall be included to provide a 4-20 mA signal that is proportional to rated output torque.

Modutronic Option

A controller that alters valve position in proportion to a 4-20 mA analog command signal shall be included. Positioning shall be accomplished by comparing the command signal to an internal position feedback. The internal feedback shall be of the non-contacting type. An automatic pulsing feature to prevent overshoot at the setpoint shall be included. Proportional band, deadband, signal polarity, motion inhibit time, and fail position shall be adjustable through the LCD.

Alarms Relays

Two additional N/O and one N/C non-latching output contacts rated 125 VAC, 5 amps and configurable to represent any actuator status: valve position, overtorque, switched to local, switched to remote, switched to stop, handwheel operation, motor overtemperature, open torque switch, close torque switch, hardware failure, ESD active, valve moving shall be included.

Two-Speed Timer

A two-speed timer that permits the motor to be pulsed to achieve a longer stroking time shall be included. The pulsing mode may be configured for the open and/or close direction, for any portion of valve stroke with the ON pulse cycles configurable from .5-20 seconds and the

OFF pulse cycles configurable from 1-200 seconds.

DDC

A digital communication control system that provides the ability to control and monitor up to 250 actuators over a single twisted-pair cable shall be included. The communication network shall employ Modbus (Bitbus) protocol on an RS-485 network, and shall be redundant such that any single break or short in the communication cable shall not disable any actuators. Each actuator shall include an addressable field unit that communicates over the twisted pair network and executes open, close, stop, ESD, and GO TO position commands. The field unit shall also communicate all actuator status and alarm diagnostic messages over the same communication network.

FOUNDATION Fieldbus

A FOUNDATION Fieldbus protocol shall comply with the IEC61158 fieldbus standard. The device shall be able to support several topologies, such as, point-to-point, bus with spurs, daisy chain, tree, or a combination of these. The FF device shall have network features that include:

- Link Active Scheduler that controls the system
- High-speed communications up to 31.25 kbits/s
- Peer-to-Peer communication.
- Input and output function blocks
- Device descriptions
- Network communication
- Configurable by user

Link Active Scheduler specification:

Fieldbus segments have one active Link Active Scheduler (LAS) at a given time, which is the bus arbiter, and does the following:

- Recognizes and adds new devices to the link
- Removes non-responsive devices from the link
- Schedules control activity in, and communication activity between, devices
- Regularly polls devices for process data

- Distributes a priority-driven token to devices for unscheduled transmissions

PROFIBUS Specification

The PROFIBUS master is the network system host, and can be a PC, DCS, PLC, or some other microprocessor-based device. The master is defined as the network node that has addressing, and read/write privileges to slave devices that are assigned to it. A PROFIBUS network can have more than one master, but one, and only one, token is active at a given time. The token provides the right to access the transmission medium, as is passed between the active nodes (masters) with a token telegram. The master host station acts as the bus arbiter, and does the following:

- Recognizes and adds new devices on the link
- Removes non-responsive devices from the link
- Distributes a priority-driven token for unscheduled cyclic transmissions between masters
- Ensures cyclic data transferred on a periodic basis
- Issues requests for process data from the field devices
- Issues commands to the field devices

High Speed Data Exchange – Startup Sequence

- Power ON / Reset – Power On / Reset of master or slave
- Parameterization – download of parameters into the field device (selected during configuration by the user)
- I/O Configuration – download of I/O configuration into the field device (selected during configuration by the user)
- Data Exchange – cyclic data exchange (I/O Data) and field device reports diagnostics

Auxiliary Control Station

An auxiliary control station shall be provided in a separate enclosure for control of the actuator. The enclosure shall meet

the same requirements as the actuator and shall be suitable for either surface mounting or stanchion mounting. The control station shall include two selector switches (one for OPEN-STOP-CLOSE) function and two lights for position indication (RED for OPEN and GREEN for CLOSED). The other selector switch shall include three positions (LOCAL-OFF-REMOTE). The selector switch shall be padlockable in each position. The enclosure shall have two conduit entries for control wiring.

Power Interruption Switch

A disconnect switch (load break switch), rated 20 amps at 600 VAC, shall be provided to isolate the actuator from the three-phase supply. The switch shall be suitable for breaking motor locked rotor amperage. The disconnect switch shall be enclosed in its own NEMA 4, 4X, and 6 housing that is separate from all other actuator components. The disconnect housing can be coupled to an actuator conduit entry and the power wires connected from the disconnect to the actuator terminal block. Site wiring shall be direct to the disconnect switch which shall be accommodated by a 1.25" NPT conduit entry in the disconnect housing. All connection terminals shall be shrouded and the switch shall be padlockable in either position.

Arctic Temperature Applications

The lubrication shall be Petro Canada TRAXON Synthetic 75W-90 gear oil and shall be suitable for an ambient temperature range of -50°C (-58°F) to +60°C (+140°F). A relief valve tube/device shall be supplied to allow for thermal expansion of the gear case oil when temperature conditions change dramatically. The motor-reversing electromechanical contactor shall include a solid-state, self-regulating heater. Standard hardware shall be acceptable. Where applicable, side-mounted handwheels shall be required to provide a mechanical advantage when operating in cold extremes. A fluorescent LCD capable of visibility to -50°C will be supplied.

Optional Equipment:

Gearboxes: Worm or bevel gearboxes shall be rated to -50°C.

Solid State Motor Reverser (SSMR)

An Accutronix MX with an SSMR shall be a standard option and shall meet the following conditions:

- A. It shall not be necessary for the user to install fuses/circuit breakers to protect peripheral equipment.
 - 1. An SSMR package shall include two in-line fuses: an overload protection fuse that protects user and equip-

ment and a semiconductor fuse that protects semiconductors from voltage-induced spikes (surges).

- B. The standard functionality and performance of the I/O and network boards shall be maintained.
- C. Actuators with the SSMR standard option shall be suitable for modulating service up to 1200 starts per hour as listed:
 - 1. 1200 starts per hour is suitable for continuous duty as defined by IEC-34, ROTATING ELECTRIC MACHINES
 - a. Rating category = S4_33%_1200 S/H, where
 - S4 = intermittent periodic duty, with starting
 - 33% = total duration factor of each cycle, i.e. 1 second "ON," 2 seconds "OFF," for 3 seconds total duration factor
 - 1200 S/H = 1200 starts per hour

Flowserve Corporation has established industry leadership in the design and manufacture of its products. When properly selected, this Flowserve product is designed to perform its intended function safely during its useful life. However, the purchaser or user of Flowserve products should be aware that Flowserve products might be used in numerous applications under a wide variety of industrial service conditions. Although Flowserve can (and often does) provide general guidelines, it cannot provide specific data and warnings for all possible applications. The purchaser/user must therefore assume the ultimate responsibility for the proper sizing and selection, installation, operation, and maintenance of Flowserve products. The purchaser/user should read and understand the Installation and Maintenance (I & M) instructions included with the product, and train its employees and contractors in the safe use of Flowserve products in connection with the specific application.

While the information and specifications contained in this literature are believed to be accurate, they are supplied for informative purposes only and should not be considered certified or as a guarantee of satisfactory results by reliance thereon. Nothing contained herein is to be construed as a warranty or guarantee, express or implied, regarding any matter with respect to this product. Because Flowserve is continually improving and upgrading its product design, the specifications, dimensions and information contained herein are subject to change without notice. Should any question arise concerning these provisions, the purchaser/user should contact Flowserve Corporation at any one of its worldwide operations or offices.

For more information about Flowserve Corporation, visit www.flowserve.com or call USA 1-800-225-6989.

FLOWSERVE CORPORATION
FLOW CONTROL
Limitorque Actuation Systems
 5114 Woodall Road
 P.O. Box 11318
 Lynchburg, VA 24506-1318
 Phone: 434 528 4400
 Facsimile: 434 845 9736
www.limitorque.com



(Replaces 130-90001)

Terminal de operador Magelis XBTGT 2330

Operator dialogue terminals

Touchscreen graphic terminals Magelis XBT GT with 5.7" screen

Description

Optimum XBT GT2110 and multifunction XBT GT2220 and XBT GT2330 graphic terminals

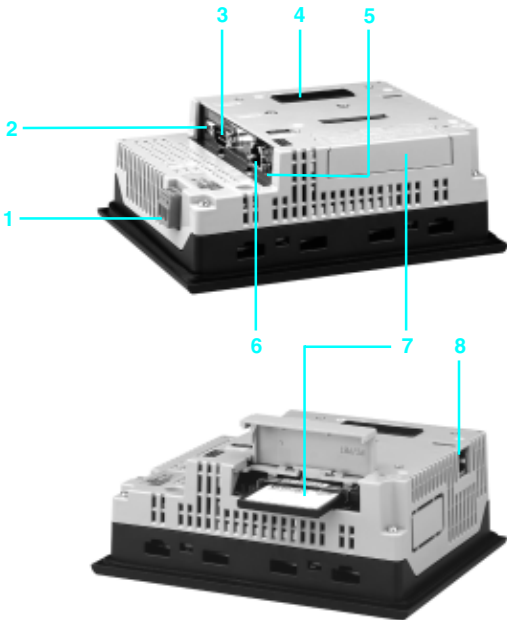
They have the following on the front panel:

- 1 A graphical display touchscreen (5.7" monochrome or colour).
- 2 A multicolour light (green, orange and red) indicating the operating mode of the terminal.



And on the rear panel:

- 1 A removable screw terminal block for \pm 24 V supply.
- 2 An A type USB host connector for peripheral connection, application transfer and Modicon M340 terminal port communication.
- 3 A 9-pin male SUB-D connector for RS 232C or RS 422/485 serial link to PLCs (COM1).
- 4 An expansion unit interface for fieldbus communication card (Device Net, Profibus DP) (1).
- 5 A switch for polarisation of COM2 serial link, used on Modbus.
- 6 An RJ45 connector for RS 485 serial link (COM2).
- 7 A slot for Compact Flash memory card, with cover (except optimum XBT GT2110).



On XBT GT2130 and GT2330 only:

- 8 An RJ45 connector for Ethernet TCP/IP link, 10BASE-T/100BASE-TX.

(1) Connection component required, see page 1/51

Type of terminal	XBT GT2110	XBT GT2120	XBT GT2130	XBT GT2220	XBT GT2330	
Environment						
Conformity to standards	EN 61131-2, IEC 61000-6-2, FCC (Class A), UL 508, UL 1604, CSA C22-2 n°14					
Product certifications	CÉ, cULus, CSA, Class 1 Div 2 T4A or T5 (UL and CSA), C-Tick, ATEX Zone 2/22					
Temperature	Operation	0...50 °C				
	Storage	- 20...+ 60 °C				
Relative humidity		0...85% (without condensation)	0...90% (without condensation)			
Altitude	< 2000 m					
Degree of protection	Front panel	IP 65 conforming to IEC 60529, Nema 4X				
	Rear panel	IP 20 conforming to IEC 60529				
Shock resistance	Conforming to IEC 60068-2-27; semi-sinusoidal pulse 11 ms, 15 gn on the 3 axes					
Vibration	Conforming to IEC 60068-2-6; 5...9 Hz at 3.5 mm; 9...150 Hz at 1 g					
E.S.D.	Conforming to IEC 61000-4-2, level 3					
Electromagnetic interference	Conforming to IEC 61000-4-3, 10 V/m					
Electrical interference	Conforming to IEC 61000-4-4, level 3					
Mechanical characteristics						
Mounting and fixing	Mounting on 1.6...5 mm thick panel	Flush mounted, fixed by 4 screw clamps (included) or 2 spring clips (to be ordered separately).				
Material	Enclosure	Polycarbonate/polyethylene terephthalate				
		–	Aluminium (front face)			
Electrical characteristics						
Power supply	Voltage	--- 24 V				
	Limits	--- 19.2...28.8 V				
	Voltage cut	≤ 10 ms	≤ 5 ms			
Inrush current	≤ 30 A					
Consumption	18 W		26 W			
Operating characteristics						
LCD screen	Type	Back-lit monochrome STN		Colour STN	Colour TFT	
	Colour	Blue and white, 16 levels of grey	Black and white, 16 levels of grey	4096 colours	65 536 colours, 16 384 if flashing	
	Definition	320 x 240 pixels (QVGA)				
	Size (width x height in mm)	5.7" (115.2 x 86.4)				
	Touch-sensitive zone	Analogue, resolution 1024 x 1024				
	Back-lighting (service life at 25 °C for continual usage)	58 000 hours		75 000 hours	50 000 hours	
	Settings	Brightness	8 levels via touch panel			
		Contrast	8 levels via touch panel			–
	Character fonts	ASCII (including all European characters), Japanese (ANK, Kanji), Chinese (simplified Chinese), Taiwanese (traditional Chinese), Korean				
	Dialogue application	Max. number of pages	–	Limited by the internal Flash memory capacity or Compact Flash card memory capacity		
Signalling	1 LED: green for normal operation, orange if back-lighting faulty					
Operating system/Processor	Magelis/CPU 133 MHz RISC					
Memory	Application	16 MB Flash EPROM				
	Backup of data	128 kB SRAM (lithium batteries)	512 kB SRAM (lithium batteries)			
Schneider Electric protocols	Telemecanique	Modicon	Modbus, Modbus Plus, Modbus TCP/IP, Uni-TE, FIPWAY			
Third party protocols	Mitsubishi	Melsec	A/Q CPU (SIO), A/Q Ethernet (TCP) (1), A Link (SIO), QnA CPU (SIO), Q Ethernet (UDP) (1), FX (CPU)			
	Omron	Sysmac	FINS (Ethernet) (1), FINS (SIO), LINK (SIO)			
	Rockwell Automation	Allen-Bradley	DF1-Full Duplex, DH 485, Ethernet IP (PLC5, SLC500, MicroLogix, ControlLogix) (1), Ethernet IP (native) (1), Device Net (2)			
	Siemens	Simatic	MPI (S7-300/400), RK512/3964R (S7-300/400), PPI (S7-200), Ethernet (1), PROFIBUS DP (2)			
	Built-in real-time clock					
Expansions	Compact Flash memory card	–	1 slot for 128, 256, 512 MB or 1 GB Compact Flash card			
	Expansion unit	For fieldbus communication card (Device Net, PROFIBUS DP) (2)				
Connections	Power supply	Removable screw terminal block: 3 terminals (pitched at 5.06 mm), tightening torque 0.5 Nm				
	COM1 serial port (115.2 kbps max.)	9-pin male SUB-D connector (RS 232C/RS 422/485 serial link)				
	COM2 serial port (115.2 kbps max.)	RJ45 connector (RS 485 serial link), compatible with Siemens MPI (187.5 kbps)				
	USB port (V1.1)	A type USB host connector for downloading applications, peripheral connection and Modicon M340 terminal port communication.				
	Ethernet TCP/IP network (10BASE-T/100BASE-TX)	–	RJ45 connector	–	RJ45 connector	
	Inputs/outputs	–				

(1) With models XBT GT2130 and XBT GT2330.

(2) Connection adaptor required, see page 1/51

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

Figura 1. 1. Recorrido del acueducto sistema Papallacta	1
Figura 1. 2. Perfil de terreno del sistema Papallacta Integrado	3
Figura 1. 3. Estación Elevadora	4
Figura 1. 4. Estación Booster I	5
Figura 1. 5. Estación Booster II	5
Figura 1. 6. Estación Recuperadora	6
Figura 1. 7. Optimización Papallacta	8
Figura 1. 8. Turbina Estación Recuperadora	10
Figura 1. 9. Cámara antigua línea de Calluma	12
Figura 1. 10. Partes de una válvula de compuerta	16
Figura 1. 11. Servomotor eléctrico todo-nada	18
Figura 1. 13. Esquema de un sensor electromagnético	23
Figura 1. 14. Medidor electromagnético de tubo corto	24
Figura 1. 15. Esquema de una central hidroeléctrica	25
Figura 1. 16. Turbina Pelton	28
Figura 1. 17. Sistema de control de lazo abierto	30
Figura 1. 18. Sistema de control de lazo cerrado	31

CAPÍTULO 2: INGENIERÍA BÁSICA Y DE DETALLE

Figura 2.1. Lazo de regulación de caudal a la salida del Túnel	36
Figura 2.2. Lazo de regulación de caudal a la salida de la pileta de Recuperadora	37
Figura 2.3. Distribución física del nuevo sistema	39
Figura 2.4. Esquema general de sistema de control	42
Figura 2.5. Arquitectura de control de sistema de captación	48

CAPÍTULO 3: DESARROLLO DE SOFTWARE

Figura 3.1. Diagrama de flujo del sistema	54
Figura 3.2. Ventana PLC configuration de Concept	56
Figura 3.3. Elementos del lenguaje SFC	58
Figura 3.4. Sección SFC sec_com	60
Figura 3.5. Bloque XXMIT	62
Figura 3.6. Función I_DBSET para captura de señales análogas	63
Figura 3.7. Función TSX_AIN para acondicionamiento de señal	64
Figura 3.8. Funciones WORD_TO_BIT y BIT_TO_WORD	65
Figura 3.9. Diagrama de flujo del control automático de una de las válvulas del sistema	66
Figura 3.10. Programa SIMULATOR 32 BITS	67
Figura 3.11. Ventana Connect de programa Concept	68
Figura 3.12. Ventana Download de programa Concept	68
Figura 3.13. Botones de animación de programa	69
Figura 3.14. Ventana 2 de creación de proyecto Vijeo Designer	70

Figura 3.15. Entorno gráfico de la aplicación Vijeo Designer	71
Figura 3.16. Menú de navegación general	74
Figura 3.17. Pantalla principal de terminal de operador	75
Figura 3.18. Pantalla de operación de Terminal de operador	76
Figura 3.19. Ventana de ingreso de usuario y clave para cambio de parámetros	76
Figura 3.20. Pantalla de cambio de parámetros	77
Figura 3.21. Pantalla de cámaras de terminal de operador.....	77
Figura 3.22. Pantalla de cámara de Calluma.....	78
Figura 3.23. Ventana para manejo manual de actuador	79
Figura 3.24. Teclado para ingreso de porcentaje de apertura de actuador	79
Figura 3.25. Pantalla de tendencias de terminal de operador.....	80
Figura 3.26. Pantalla de alarmas de terminal de operador.....	82
Figura 3.28. Application Manager de InTouch	85
Figura 3.29. WindowMaker de InTouch	86
Figura 3.30. Pantalla Captación Calluma y Nuevo Aeropuerto	87
Figura 3.31. Panel de control de actuador.....	87
Figura 3.32. Pantalla de historial de flujo de captación de aplicación HMI	88

CAPÍTULO 4: IMPLEMENTACIÓN

Figura 4.1. Cámara de una de las líneas de conducción	90
Figura 4.2. Distribución física del sistema	90
Figura 4.3. Cámara de paso para cableado del sistema	91
Figura 4.4. Breaker alimentación Principal sistema de Captación	92
Figura 4.5. Cámara de línea de Aeropuerto	92
Figura 4.6. Sistema de tuberías y mangueras para el paso de cables de conexión.....	93
Figura 4.7. Sensor de flujo instalado.....	93
Figura 4.8. Actuador eléctrico instalado.....	94
Figura 4.9. Caja de paso con protecciones adicionales	94
Figura 4.10. Diagrama Tablero de control	95
Figura 4.11. Ubicación del tablero de control	96
Figura 4.12. Vista interior tablero de control	97
Figura 4.13. Ubicación Terminal Magelis del sistema	98
Figura 4.14. Ubicación protección para conexión ethernet	99

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO 2: INGENIERÍA BÁSICA Y DE DETALLE

Tabla 2.1. Variables principales del sistema.....	40
Tabla 2.2. Procesador 171 CCC 980 30.....	42
Tabla 2.3. Base de entradas salidas 170 AMM 090 00.....	43
Tabla 2.4. Válvula mariposa línea de Calluma.....	44
Tabla 2.5. Válvula mariposa línea de Aeropuerto.....	44
Tabla 2.6. Características actuador eléctrico Limitorque.....	44
Tabla 2.7. Tubo sensor remoto Endress & Hauser.....	45
Tabla 2.8. Transmisor remoto Endress & Hauser.....	45
Tabla 2.9. Tubo sensor remoto Yokogawa.....	46
Tabla 2.10. Transmisor remoto Yokogawa.....	46
Tabla 2.11. Características Magelis XBTGT 2330.....	47

CAPÍTULO 3: DESARROLLO DE SOFTWARE

Tabla 3.1. Registros de la variable modbusmsg.....	61
Tabla 3.2. Registros de status de actuadores.....	64

CAPÍTULO 4: IMPLEMENTACIÓN

Tabla 4.1. Lista de equipos del tablero de control.....	96
---	----

HOJA DE ENTREGA

Este proyecto de grado fue entregado al Departamento de Eléctrica y Electrónica y reposa en la Escuela Politécnica del Ejército desde:

Sangolquí, a _____ del 2008

Sr. Eddy Alejandro De la Torre Hurtado

AUTOR

Ing. Víctor Proaño

DIRECTOR DE CARRERA DE INGENIERÍA EN
ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL