



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

Área de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no
Renovables

Ingeniería Electromecánica

Previo a obtener el título de Ingeniero Electromecánico.

TEMA:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN BANCO DE
AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL CON TECNOLOGIA DE
BUS DE CAMPO FIELDBUS FOUNDATION”**

Autores:

Holger Bolívar Calderón Paladines
Jimmy Javier Flores Carrión

Tutor:

Ing. Julio Cesar Cuenca Tinitana

LOJA – ECUADOR

2009

CERTIFICACIÓN

Ing. JULIO CESAR CUENCA TINITANA.

**DOCENTE DEL ÁREA DE ENERGÍA, INDUSTRIAS Y RECURSOS
NATURALES NO RENOVABLES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE
LOJA.**

CERTIFICA:

*Haber dirigido, corregido y revisado en todas sus partes, el desarrollo de la Tesis de Ingeniería en Electromecánica, titulada “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL CON TECNOLOGÍA DE BUS DE CAMPO FIELDBUS FOUNDATIONAUTON**” con autoría de los señores Holger Bolívar Calderón Paladines y Jimmy Javier Flores Carrión. En razón de que la misma reúne a satisfacción los requisitos de forma y fondo, exigidos para una investigación de este nivel, autorizo su presentación, sustentación y defensa ante el tribunal designado para el efecto.*

Ing. Julio Cesar Cuenca Tinitana
DIRECTOR DE TESIS

AUTORÍA

El presente trabajo ha sido elaborado con los criterios de los autores, por lo tanto los mismos se declaran autores legítimos de este trabajo de tesis.

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

Nosotros Holger Bolívar Calderón Paladines y Jimmy Javier Flores Carrión autores intelectuales del presente trabajo de investigación, autorizo a la Universidad Nacional de Loja, de hacer uso del mismo con la finalidad que estime conveniente.

.....
Holger Bolívar Calderón Paladines

.....
Jimmy Javier Flores Carrión

PENSAMIENTO.

Se humilde si quieres obtener la sabiduría. Se mas humilde
aun cuando la poseas.

Autor: Benjamín Franklin.

DEDICATORIA

Nuestra tesis dedicamos en especial a nuestros padres que fueron los actores principales para llegar a esta meta trazada quienes nos supieron guiar con responsabilidad en nuestras vidas diarias y a nuestros hermanos que de una u otra manera nos prestaron su apoyo y comprensión.

Holger Caderón

Jimmy Flores

AGRADECIMIENTO

Este trabajo agradecemos primero a Dios sobre todo las cosas y en especial a nuestros tutores de tesis que sin ellos este trabajo no se pudiera realizar Ing. Julio Cuenca y MsC. Iván Pérez y a nuestra querida Universidad Nacional de Loja que nos formo de una manera correcta y como dignos profesionales durante nuestra etapa Universitaria.

RESUMEN

La automatización de los procesos industriales es una especialidad que cada vez más gana seguidores que desean desarrollar proyectos de investigación, técnicos y de ingeniería en los cuales puedan emplear las nuevas técnicas de medición, control y regulación que incluyen elementos de automática, accionamientos eléctricos, computación, electricidad, comunicaciones e instrumentación industrial, entre otros.

Con este trabajo queremos mostrar todo el proceso de diseño, construcción, montaje, programación, ajuste y puesta en marcha de un Banco de Automatización con tecnología FieldBus Foundation (FF) que le permite a la Facultad de Electromecánica de la Universidad Nacional de Loja introducirse de manera práctica en el conocimiento y perfeccionamiento de estas tecnologías de avanzadas no muy comunes en los centros de educación universitaria y si muy presentes en los procesos industriales actuales.

Los estudiantes y profesores tienen ahora la oportunidad de conocer esta tecnología a través de un ejemplo concreto y en el cual la presente memoria le describe todos los pasos dados en la obtención de este banco.

Este primer trabajo permitirá incentivar a todos aquellos que tengan preferencia por esta especialidad propia de la carrera de Ingeniería Eléctrica impartida en otras universidades del país.

SUMMARY

The automation of manufacturing processes is a specialty that is increasingly gaining followers who want to develop research projects, technical and engineering in which they can use the new techniques of measurement, monitoring and control elements of which include auto, electrical, computer , Electricity, communications and instrumentation industry, among others.

With this work we want to show the whole process of design, construction, assembly, programming, and setting up a bank with a technology Automatización Fieldbus Foundation (FF) that allows the Faculty of Electrical from the National University of Loja introduced practical way in knowledge and development of these advanced technologies not very common in schools and university if very much present in current industrial processes.

Students and teachers now have the opportunity to learn about this technology through a concrete example in which the report describes all the steps in obtaining this bank.

This first job will encourage all those with a preference for This specialty of the race itself of Electrical Engineering taught at other universities in the country.

INDICE

Páginas

I.- INTRODUCCION.....	1
II.- ANTECEDENTES.....	3
III.- SITUACION PROBLEMICA.....	4
III.1- Problema General.....	5
III.2- Problemas Específicos.....	5
IV.- PROBLEMA DE INVESTIGACION.....	6
V.- PROPUESTA DE SOLUCION.....	6
VI.- HIPÓTESIS.....	7
VII.- ALCANCE DEL PROYECTO.....	7
VIII.- OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION.....	7
VIII.1- Objetivo General.....	7
VIII.2- Objetivos Específicos.....	8
IX.- TAREAS PLANTEADAS.....	9
X.- JUSTIFICACION Y VIABILIDAD.....	11
X.1.- Justificación.....	11
X.2.- Viabilidad.....	12
XI.- DELIMITACIONES.....	14
XI.1.- Espacio.....	14
XI.2.- Tiempo.....	14
XII.- UNIDADES DE OBSERVACION.....	14
XIII.- RESULTADOS ESPERADOS.....	15
Capítulo 1: MARCO TEORICO.....	16
1.1.- Introducción.....	17
1.2.- Aspectos generales de los sistemas de automatización.....	19
1.2.1.- Sistemas de control.....	21
1.2.2.- Dispositivos del nivel de campo.....	22
1.2.2.1.- Medición de nivel en líquidos.....	23
1.2.2.2.- Medición de temperatura.....	24
1.2.2.3.- Transmisor de temperatura TT302.....	25
1.2.3.- Los actuadores del nivel de campo.....	26
1.2.3.1.- Calentador de agua eléctrico.....	26
1.2.3.2.- Válvulas solenoides.....	27
1.2.3.3.- Variador de velocidad.....	28
1.2.3.4.- Bomba de agua.....	29
1.2.3.5.- Convertidor de corriente FI302.....	30
1.2.4.- Comunicaciones industriales.....	31
1.2.4.1.- Soporte físico de las comunicaciones.....	32
1.2.4.2.- Protocolos de comunicaciones industriales.....	34
1.2.5.- Dispositivos del nivel intermedio o de control.....	46
1.2.5.1.- DFI 302 Puente Universal FieldBus.....	46
1.2.5.1.1.- Características técnicas generales DFI 302.....	55
1.2.5.1.2.- Arquitectura básica del controlador DFI 302.....	57
1.2.5.1.3.- Terminador de FieldBus BT302.....	57
1.2.6.- Sistema de adquisición mediante SCADAs.....	58
1.2.6.1.- Características de un Sistema SCADA.....	58
1.2.6.2.- Selección de un Sistema SCADA.....	60
1.2.6.3.- Tipos de SCADAs.....	61
Capítulo 2: ARQUITECTURA DEL BANCO DE AUTOMATIZACION.....	62
2.1.- Introducción.....	63
2.2.- Selección del equipamiento.....	63
2.2.1.- Equipos tecnológicos.....	63

2.2.1.1.-	Selección de los tanques de líquido.....	64
2.2.1.2.-	Selección de la bomba de agua.....	65
2.2.2.-	Selección del hardware del sistema de control.....	66
2.2.2.1.-	Sensores de nivel.....	67
2.2.2.2.-	Sensores de temperatura PT100.....	67
2.2.2.3.-	Convertidores o transmisores inteligentes.....	68
2.2.2.4.-	Los actuadores del banco de automatización.....	71
2.2.2.4.1.-	Calentador de agua.....	71
2.2.2.4.2.-	Válvulas solenoides.....	71
2.2.2.4.2.-	Variador de velocidad.....	72
2.2.3.-	Dispositivos de automatización del nivel intermedio.....	73
2.2.3.1.-	Tarjeta de entradas digitales DF19.....	73
2.2.3.2.-	Tarjeta de salidas digitales DF24.....	74
2.2.3.3.-	Tarjeta de entradas analógicas DF44.....	74
2.2.4.-	Apararmenta eléctrica utilizada.....	75
2.2.4.1.-	Selección de protecciones.....	75
2.2.4.2.-	Selección de los dispositivos del esquema de fuerza.....	76
2.2.4.1.-	Selección de instrumentos de mando manual.....	76
2.2.5.-	Esquemas eléctricos.....	76
2.2.5.1.-	Instalación del termo elemento PT100.....	76
2.2.5.2.-	Conexión de los dispositivos de campo.....	77
2.2.5.3.-	Esquema eléctrico general.....	81
Capítulo 3:	CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACION.....	85
3.1.-	Introducción.....	86
3.2.-	Configuración de los dispositivos FF.....	87
3.2.1.-	Configuración del transmisor de temperatura TT302.....	87
3.2.1.1.-	Parametrización del bloque RESOURCE del TT302.....	89
3.2.1.2.-	Parametrización del bloque TRANSDUCER del TT302.....	90
3.2.1.3.-	Parametrización del bloque AI del TT302.....	91
3.2.1.4.-	Parametrización del bloque DISPLAY del TT302.....	92
3.2.2.-	Configuración del convertidor inteligente FI302.....	92
3.2.2.1.-	Parametrización del bloque AO del FI302.....	94
3.2.3.-	Configuración de la DFI 302.....	95
3.2.3.1.-	Configuración del bloque HC de la DFI 302.....	97
3.2.3.2.-	Configuración de los bloques MDI-1 y MDI-2 de la DFI 302.....	98
3.2.3.3.-	Configuración del bloque MDO-1 de la DFI 302.....	99
3.2.3.4.-	Configuración del bloque TIME de la DFI 302.....	100
3.2.3.4.-	Configuración del bloque TIME de la DFI 302.....	100
3.2.3.5.-	Configuración del bloque CONSTANT de la DFI 302.....	101
3.2.4.-	Configuración de la estrategia.....	102
3.2.4.1.-	Configuración de la bomba.....	102
3.2.4.2.-	Control de las válvulas solenoides.....	104
3.2.4.3.-	Control y medición de temperatura.....	104
3.2.4.4.-	Control remoto de la velocidad de la bomba.....	105
3.2.5.-	Configuración del variador de velocidad.....	105
3.2.5.1.-	Configuración rápida de los parámetros del variador de velocidad.....	106
3.2.5.1.1.-	Parámetros de lectura del variador de velocidad.....	106
3.2.5.1.2.-	Parámetros de regulación del variador frecuencia.....	107
3.2.5.1.3.-	Parámetros genéricos de configuración del variador frecuencia.....	108
3.2.6.-	Configuración de la interfase HMI a través de SCADAs.....	109
3.2.6.1.-	Configuración del dispositivo RTU.....	110

3.2.6.2.-	Configuración de las variables en el dispositivo RTU.....	112
3.2.6.3.-	Configuración del control remoto de temperatura desde el SCADA.....	115
Capítulo 4:	SUPERVISIÓN Y CONTROL DEL BANCO CON TECNOLOGIA FF.....	118
4.1.-	Introducción.....	119
4.2.-	Opciones del sistema de supervisión.....	119
4.3.-	Supervisión desde el Eros.....	120
4.3.1.-	Navegación desde el Eros.....	121
4.3.2.-	Procedimiento tecnológico de operación del banco.....	121
4.3.2.-	Recirculación de agua.....	122
4.3.2.1.-	Recirculación de agua en un mismo tanque.....	122
4.3.2.2.-	Recirculación de agua entre dos tanques.....	123
4.3.2.3.-	Bombeo de agua hacia el exterior.....	124
4.3.3.-	Control automático de la temperatura.....	125
4.3.4.-	Control remoto del flujo de agua.....	126
4.3.5.-	Pantalla de mímico en Eros.....	127
4.3.5.-	Tabla de variables en Eros.....	128
4.3.5.1.-	Tabla de variables de entradas digitales.....	129
4.3.5.2.-	Tabla de variables de salidas digitales.....	129
4.3.5.3.-	Tabla de variables de entradas analógicas.....	130
4.3.5.4.-	Tabla de variables internas.....	130
4.3.6.-	Pantallas secundarias.....	131
4.3.6.1.-	Pantalla de Alarmas en Eros.....	132
4.3.6.2.-	Pantalla de Registros Históricos.....	132
4.4.-	Supervisión desde TagView.....	133
4.4.1.-	Tabla de variables discretas de entradas.....	133
4.4.2.-	Tabla de variables discretas de salidas.....	134
4.4.3.-	Tabla de variables analógicas.....	135
4.4.4.-	Pantallas de registradores de tendencia.....	135
Capítulo 5:	VALORACION TECNICO ECONOMICA.....	137
5.1.-	Introducción.....	138
5.2.-	Análisis Económico.....	138
5.3.-	Materiales eléctricos y herramental utilizados.....	140
5.3.1.-	Materiales que conforman la aparamenta.....	140
5.3.2.-	Materiales hidráulicos.....	140
5.3.3.-	Materiales para la estructura metálica.....	141
5.3.4.-	Máquinas y herramientas utilizadas en la construcción del banco.....	141
5.4.-	Impacto Social.....	142
XIV.-	CONCLUSIONES.....	143
XV.-	RECOMENDACIONES.....	144
XVI.-	BBLIOGRAFIA.....	145
XVII.-	ANEXOS.....	147

I.- INTRODUCCIÓN

Los cambios políticos actuales que se están sucediendo en la región de América del Sur a favor de rescatar gran parte del patrimonio nacional de nuestros pueblos como son los recursos naturales, el medio ambiente, el espacio radio eléctrico, los servicios gratuitos de salud, educación entre otros son las premisas fundamentales puestas en prácticas por algunos de nuestros gobiernos regionales y el de Ecuador es uno de sus pioneros más destacados.

Obtener buenos servicios de educación y principalmente de educación universitaria, no basta solo con disponer de buenos profesores, excelente bibliografía e instalaciones, se requiere también disponer de medios técnicos reales donde los estudiantes y profesores puedan poner en práctica una parte de los conocimientos teóricos recibidos en el largo proceso de preparación y formación como ingenieros electromecánicos de la Universidad Nacional de Loja.

Es una realidad además que los grandes centros de entrenamiento y capacitación sobre tecnologías de automatización se encuentran patrocinados fundamentalmente por los grandes fabricantes de las mismas como son Siemens, Schneider, ABB, Emerson, General Electric, Yokogawa, por solo mencionar algunos y los mismos se ubican en instalaciones propias de empresas de ingeniería o centros de entrenamiento específicos que poseen poco vínculos con las Universidades, al menos en América.

Con este propósito pretendemos proporcionarle a la Universidad Nacional de Loja de una pequeña instalación donde los estudiantes y profesores puedan poner en práctica una parte de los conocimientos teóricos recibido en el largo periodo de preparación postgraduada o de cursos de pregrado utilizando tecnología de avanzada en el campo de la Automatización Industrial.

Como proceso tecnológico se escogió el Bombeo de Fluido líquido con una bomba centrífuga que está siendo controlada con un variador de velocidad en un proceso de bombeo y recirculación de fluido. Esta es una aplicación muy común en muchas industrias, tales como la Industria Química, Minera, Metalúrgica, Mecánica, la Agricultura, entre otras.

Para poder mostrar el trabajo desarrollado con este fin, hemos redactado esta memoria con la siguiente metodología:

1. Enumerados con números romanos I, II a VII, se expone la metodología de investigación y el estado del arte del proyecto, conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos.
2. Enumerados de 1 a 5 y desarrollados en capítulos individuales el procedimiento de trabajo siguiente:
 - a) **Capítulo 1:** Marco teórico, donde se exponen algunos de los aspectos teóricos fundamentales tenido en cuenta en la conformación del trabajo de investigación y desarrollo.
 - b) **Capítulo 2:** Selección del equipamiento. Se realiza un análisis de todos los elementos del sistema y se selecciona adecuadamente todos los dispositivos tecnológicos y de automatización necesarios para la construcción del Banco de Automatización con Tecnología FF.
 - c) **Capítulo 3:** Configuración del Sistema de Control. En este capítulo se muestra todo el proceso de configuración y parametrización de los elementos de hardware y software que conforman la arquitectura de control del banco.
 - d) **Capítulo 4:** Sistema de Supervisión y Control del Banco de Automatización con Tecnología de Bus de Campo. Aquí se explica como se opera el Banco de Automatización utilizando la tecnología disponible, es decir interactuando con el SCADA y obteniendo las funciones propias de la automatización para las cuales fueron diseñadas, montadas y programadas.
 - e) **Capítulo 5:** Valoración Técnico Económica: Se realiza un análisis económico de la construcción del Banco con tecnología FF comparándose con bancos similares construidos con los mismos fines.

Veamos a continuación una descripción detallada de cada uno de estos temas.

II.- ANTECEDENTES

Han transcurrido más de 40 años desde que en la instrumentación de procesos se empezó a utilizar las señales de presión neumática de entre 3 y 15psi para la monitorización y control de los dispositivos de campo. A pesar de la existencia de este “estándar”, a menudo era necesario emplear varios niveles de señales para adaptarse a los numerosos instrumentos que no estaban diseñados para seguir esas especificaciones.

La situación fue evolucionando progresivamente, hasta que el desarrollo de los procesadores digitales en los años 70 introdujo el uso de computadores para monitorizar y controlar los sistemas de instrumentación desde un punto central. La naturaleza específica de las tareas a controlar exigió que se diseñasen un gran número de instrumentos y métodos de control a medida para las diferentes aplicaciones.

Poco tardó en producirse un autentico boom, cuando comenzó a utilizarse el sistema de 4 a 20mA que comenzaría una verdadera estandarización sobre la interconexión de los dispositivos de campo, y que más tarde acabaría siendo reemplazado por los buses de campo. Estos últimos presentaban varias ventajas que propiciaron su gran despliegue: posibilidad de comunicarse digitalmente de forma bidireccional y redundante, evitando los problemas inherentes a una transmisión analógica (distorsión, ruido, etc.), y sobre todo, permitiendo conectar varios dispositivos a un mismo cable, reduciendo así los costes de instalación y mantenimiento.

Los primeros buses de campo empezaron a verse ya desde los primeros años de la década de los 70, pero habría que esperar hasta mediados los años 80 para que empezase el autentico trabajo de estandarización. La idea básica detrás del estándar es que establece una especificación formal que por una parte impide los cambios rápidos, dando una cierta estabilidad al usuario e incluso a los fabricantes, y por otra parte permite que varios proveedores fabriquen productos interconectables, lo que proporciona al usuario una mayor libertad y variedad a la hora de elegir sus productos.

A pesar del gran esfuerzo desarrollado le ha tomado algún tiempo a la tecnología de Bus de Campo imponerse como la preferida en la automatización industrial actual, más ahora que vuelven con fuerza los grandes sistemas de control distribuidos con tecnología híbridas de bus de campo y 4-20mA, como por ejemplo el sistema PL7 de Siemens.

Si bien el acceso a estas tecnologías en la industria ha sido rápido, en las Universidades como la nuestra, han padecido de este acceso real y práctico, quedando solo al estudio teórico y en algunos casos a simulaciones realizadas con herramientas de software. Realmente el vínculo entre el desarrollo tecnológico de medios de automatización que establecen los fabricantes de estas tecnología y el proceso de formación de las futuras generaciones de profesionales es muy pobre por lo que cualquier trabajo que se realice e incida positivamente en un cambio aún cuando éste sea pequeño será un gran paso en función de revertir esta situación y es precisamente el grano de arena que queremos aportar proporcionándole a la Universidad Nacional de Loja éste Banco de Automatización con tecnología de bus de campo.

III.- SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

Es una realidad que los medios de enseñanza de los centros de entrenamientos de las firmas productoras de equipamiento de automatización son exquisitos y muy superiores a los que se puedan encontrar en los laboratorios de las Universidades nacionales fundamentalmente en los países en desarrollo.

La falta de estos medios sofisticados y a tono con las nuevas tecnologías impide a las universidades brindar una formación académica y profesional a los docentes y estudiantes con el nivel que se requiere y a la altura de estos tiempos.

Normalmente nos auxiliamos de la documentación clásica, la bibliografía disponible y últimamente empleando técnicas de modelación y simulación con herramientas de software tales como MATLAB, LABVIEW y otros. Pero no es suficiente pues la realidad exige que los egresados hayan al menos visto parte de la tecnología que la literatura les menciona.

III.1.- Problema general

Inexistencia de instalaciones y medios adecuados que incorporen tecnología avanzadas de automatización con fines didácticos y de formación en la Universidad Nacional de Loja.

III.2.- Problemas específicos

- Carencia en el laboratorio de automatización de la Universidad Nacional de Loja del Área de Energía Industrias y Recursos Naturales no Renovables de un banco didáctico de automatización basada en la tecnología de bus de Campo Fieldbus Foundation por lo cual no puede satisfacer las necesidades docentes referente a estas temáticas
- Existencia escasa de trabajos de investigación y desarrollo diseñados y desarrollados por los estudiantes que le proporcionen a la universidad una herramienta más a ser utilizada en los cursos de formación de pregrado y posgrado.
- Existencia de algunos recursos de automatización presentes en nuestra facultad no aprovechados en su totalidad que pueden contribuir a un mejor y mayor aprovechamiento de los conocimientos teóricos recibidos en los actuales cursos de pregrado.
- Inexistente de un sistema de Supervisión que se emplee con fines prácticos para la medición y control de algunos de los principales portadores energéticos de nuestra Universidad Nacional de Loja.
- Inexistente instrumentación especializada que permita desarrollar un sistema integral de adquisición, supervisión y control para su posterior visualización digital y análisis de los principales portadores energéticos de la propia Universidad.
- Escasa información y difusión de la carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Nacional de Loja hacia la comunidad e industria lojana, es un inconveniente a vencer y una manera efectiva es mediante la difusión de los trabajos de investigación de tesis de grado enfocados a solucionar problemas de automatización industrial.

IV.- PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Al no existir este tipo de equipamiento en el taller de automatización de la universidad Nacional de Loja se dificulta la enseñanza y aprendizaje sobre la automatización basada en buses de campo y de forma práctica tanto los docentes como los estudiantes no pueden interactuar directamente con los instrumentos inteligentes de medición y control, los softwares de programación de buses, los SCADAs sobre OPC, etc.

V.- PROPUESTA DE SOLUCIÓN

Diseñar y construir con recursos propios un Banco de Automatización que emplee tecnología de avanzada de Bus de Campo con la cual nos permita inicialmente introducirnos en el conocimiento y aprendizaje de estas tecnologías modernas de automatización y control y poder apreciar sus ventajas y desventajas sobre las tecnologías que les anteceden.

El Banco de automatización incluirá señales estándar de corriente 4-20mA, de tensión 0-10VDC y de comunicación FieldBus Foundation "FF" en un sistema de control sencillo, referido a una aplicación típica de bombeo y recirculación de un fluido líquido y en la cual se puedan apreciar el tratamiento de señales de entrada/salida digitales y analógicas y las secuencias que se pueden crear entre ellas. Los estudiantes y docentes podrán apreciar ejemplos de lazos de medición y lazos de control similares a los empleados en la industria.

Pretendemos que el Banco de Automatización nazca en una primera versión con un mínimo de equipos FF y clásicos 4-20mA pero supliendo las necesidades que el proceso escogido les exija. Como interfase gráfica prevemos el empleo de SCADAs diferentes que compartirán los instrumentos e intercambiarán sus datos a través de un protocolo orientado a objeto denominado OLE OPC.

VI.- HIPÓTESIS

Si se logra construir un banco de automatización con tecnología de avanzada Bus de campo (FF), la Universidad Nacional de Loja podrá incrementar el nivel técnico de sus docentes y estudiantes mediante cursos de postgrado y pregrado, se obtendrá un mejor y mayor nivel en la enseñanza-aprendizaje al concebirse la tecnología de bus de campo dentro del programa de estudios y de superación quedando cada vez más fina la brecha en la formación de los ingenieros electromecánicos con respecto a los graduados de ingeniería eléctrica o especialidades afines del resto de las Universidades del país.

VII.- ALCANCE DEL PROYECTO

El presente proyecto de investigación tiene como alcance el diseño, construcción tecnológica, instalación del sistema de control, programación de toda la automática, configuración del sistema HMI y operación final del Banco de Automatización con tecnología de Bus de Campo FieldBus Foundation (FF) atendiendo a los procedimientos de operación descritos detalladamente en los capítulos correspondientes de ésta memoria.

Presenta en paralelo con este documento de tesis el banco real preparado para realizar a través de él las subsiguientes demostraciones.

VIII.- OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

VIII.1.- Objetivo General

- ✓ Diseñar y construir un banco didáctico en el que se muestre la convivencia de los lazos convencionales con la comunicación Fieldbus Foundation.

✓ VIII.2.- Objetivos Específicos

- ✓ Diseñar el banco de automatización con su respectiva definición del proceso tecnológico, sistema de control, instrumentación requerida, listado de materiales, croquis y planos de montaje y documentación de ingeniería.
- ✓ Construcción del banco de automatización industrial con su respectiva armazón en base de angulares, montada sobre ruedas, montaje de los dos tanques y la bomba, instrumentos estándar 4-20mA y con comunicación Fieldbus Foundation y sistema automático.
- ✓ Programación con la herramienta SYSCON del bus H1 para los instrumentos Fieldbus Foundation (FF), lógica secuencial que gobernará las válvulas solenoides y tratamiento analógico con el que se controlará automáticamente la bomba.
- ✓ Supervisión del proceso tecnológico del banco mediante dos SCADAS diferentes utilizando el protocolo OPC sobre Ethernet.
- ✓ Socializar los resultados alcanzados en el desarrollo del banco y manuales de operación.

IX.- TAREAS PLANTEADAS

- ✓ Realizar la investigación y estudio de los instrumentos de campo a utilizar (TT302, DFI302, FI302) a utilizar.
- ✓ Definir del esquema tecnológico y posible prototipo del Banco de Automatización.
- ✓ Desarrollar la ingeniería conceptual e ingeniería básica para la construcción del Banco de Automatización. Confeccionar los planos en AutoCAD que sean necesarios.
- ✓ Consultar a diferentes proveedores nacionales sobre las posibilidades de adquisición sobre esta tecnología y las posibilidades técnicas que los mismos ofrecen. Adquisición del equipamiento requerido para la construcción del BANCO supervisión.
- ✓ Iniciar la construcción de la estructura metálica del Banco atendiendo a las bases del diseño. Construir la base de angulares, montar los equipos tecnológicos (tanques y bomba).

- ✓ Montar los instrumentos de medición (termoelemento PT100, transmisor inteligente TT302, FI302, calentador de agua, indicadores de nivel continuo, interruptores de nivel) en los lugares correspondientes.
- ✓ Montar el sistema automático y eléctrico del Banco (Montaje de la DFI302, Variador de velocidad, aparataje eléctrica, dispositivos del bus de campo, cableado general de toda la automática).
- ✓ Realizar la interconexión eléctrica entre todos los dispositivos de automática y los instrumentos de medición y probar cada lazo de medición y control.
- ✓ Estudiar y analizar los programas requeridos para la puesta en marcha del Banco (Programa de configuración Syscon, documentación del variador de velocidad, documentación del Eros y TagView).
- ✓ Desarrollar la Ingeniería de aplicaciones (Programación de los instrumentos de campo y control DFI302, TT302 e FI302, parametrización del variador de velocidad y configuración del sistema HMI utilizando el SCADA Eros y el TagView).
- ✓ Realizar las pruebas, ajuste y puesta en marcha de los lazos de medición, del control de las electro válvulas, del control remoto de la velocidad de la bomba desde el SCADA y localmente desde la consola de operación del propio variador, control automático de temperatura del tanque 1 mediante el SCADA Eros.
- ✓ Configurar el proyecto de supervisión del Banco de Automatización con un segundo programa para obtener la HMI. Emplear el TagView y comparar las mediciones con sus similares obtenidas en Eros.
- ✓ Realizar la puesta en marcha del Banco de Automatización cumpliendo con los procedimientos de operación específicos para cada caso.
- ✓ Incrementar la capacitación sobre todos los medios y dispositivos empleados en la construcción del banco de automatización y confeccionar la documentación pertinente. Confección del documento oficial de tesis de grado.
- ✓ Realizar el análisis técnico económico de las variantes de automatización propuestas.

- ✓ Realizar la presentación oficial del tema de investigación a través de conferencias a los estudiantes y docentes. Disertar la investigación en la comisión académica de la universidad.

X.- JUSTIFICACIÓN Y VIABILIDAD

X.1.- Justificación

Con el desarrollo del presente proyecto la Universidad Nacional de Loja contará con una instalación aunque sencilla pero muy representativa de los procesos de bombeo que abundan las diferentes industrias del país. En la automatización de este simple proceso tecnológico intervienen dispositivos de automatización de la más avanzada tecnología.

De esta manera la Universidad a través de su Facultad de Electromecánica y más específicamente mediante el laboratorio de automatización se adentra en la tecnología de Bus de campo como una de las vías de obtener procesos total o parcialmente automatizados.

Actualmente los cursos de automatización sobre la tecnología FieldBus Foundation que se imparten en los centros de entrenamiento de SMAR en Brasil oscilan en unos 12mil dólares por persona dependiendo del tipo de curso, el alcance del mismo, el tiempo de clases, etc. El costo promedio para un curso de 80horas, y un grupo de 10 estudiantes estarían por encima de los 100mil dólares si utilizamos la tarifa promedio inicial. Estos valores son altos pues el acceso a la tecnología se realiza con bancos de automatización que poseen costos superiores a los 120mil dólares.

El banco que mostramos en nuestro trabajo constituirá una instalación propia de nuestra facultad en el cual los estudiantes podrán acceder a la tecnología por un costo extremadamente inferior al descrito anteriormente y además muchos más estudiantes y profesores podrán conocer la misma en un mismo tiempo. Es importante destacar que en la automática del banco solo intervienen dos (2) de los 64 instrumentos que pudieran incorporarse en los 4 buses H1 y uno de los hasta trece (13) rack de cuatro (4) slot que se pueden añadir en una arquitectura de expansión local de la DFI302, es decir apenas se utiliza el 20% de la capacidad del sistema de automatización, por lo que queda la posibilidad de seguir desarrollando otros trabajos de automatización de otros procesos con esta misma tecnología.

X.2.- Viabilidad

Un aspecto de suma importancia a tener en cuenta en el desarrollo de la carrera de Ingeniería Electromecánica es obtener a través de la formación académico-científico las bases de conocimientos necesarios para realizar proyectos de automatización de procesos industriales, electromecánicos y electroenergéticos. Todos los esfuerzos dirigidos a estos fines se revierten en trabajos atractivos técnica y económicamente donde la viabilidad es casi evidente.

Las prestaciones y posibilidades que el presente proyecto de tesis le otorgará a los estudiantes de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Nacional de Loja para realizar pasantías o cursos de postgrado para aquellos que ya son graduados es vital para el perfeccionamiento de esta formación ya que este trabajo aporta conocimientos teóricos, técnicos y prácticos sobre una tecnología un poco desconocida aún, en ella se muestran los niveles que conforman los sistemas de supervisión y los acerca a la selección de los componentes de cada nivel, muestra como resultado de un proceso de diseño y configuración a un Sistema de Supervisión y Control que utiliza el driver OPC sobre ethernet.

Este trabajo es el primero que logra materializar de forma concreta un sistema de automatización diseñado para controlar, regular y supervisar un proceso de bombeo de fluido líquido muy común en la industria utilizando tecnología de bus de campo. Trabajo que se presenta como proyecto de tesis de grado previo a la obtención del título de Ingenieros Electromecánico otorgado por la Universidad Nacional de Loja (UNL).

Con la realización del presente proyecto la Facultad de Electromecánica de la UNL se asienta como pionera en la utilización de tecnologías modernas de automatización mostrando a su vez su capacidad para confiar en los conocimientos adquiridos por los estudiantes y en la confianza y responsabilidad de éstos por asumir temas totalmente nuevos no recibidos en el su proceso de formación académica.

Algunos de los beneficios que brinda el presente proyecto a la UNL son:

- ✓ Una instalación totalmente nueva y en excelente estado técnico que podrá utilizar para el perfeccionamiento en la formación de pregrado y posgrado de la Facultad de Electromecánica de la UNL.

- ✓ Le permite a la Universidad incursionar en temas nuevos y actualizados sobre la automatización industrial no realizados hasta la fecha.
- ✓ Mantener una actualización tecnológica acorde con los tiempos actuales.
- ✓ Los estudiantes y profesores pueden seguir desarrollando proyectos de investigación en esta línea de la automatización industrial teniendo como antecedente a este trabajo de investigación.
- ✓ Aprovechar con mayor rigor los recursos obtenidos en el laboratorio por diferentes vías.
- ✓ Proporcionar temas nuevos en la automatización industrial mediante cursos de formación postgraduada.

La dirección de la Facultad y los intereses de las líneas de investigación trazadas coinciden en un mejor y mayor aprovechamiento de las tecnologías de automatización que se adquieran en la Universidad por lo que éste trabajo contribuye aportando un grano de arena para producir esa integración tecnológica y lograr que diferentes sectores de la propia Universidad Nacional sean beneficiados con las bondades de esta tecnología. Algunas de ellas pueden estar dirigidas a automatizar el alumbrado de toda la Universidad, algunas instalaciones tecnológicas, de investigación y recreativas, etc.

Por lo expuesto anteriormente consideramos que el presente proyecto es totalmente viable.

XI.- DELIMITACIONES

XI.1.- Espacio

El presente proyecto de investigación se centra en:

- Un banco de Automatización con Tecnología de Bus de Campo FieldBus Foundation que se ubicará en el laboratorio de Automatización de la Facultad de Electromecánica de la Universidad Nacional de Loja.

No obstante la construcción del banco se ha diseñado con la capacidad de ser trasladado a cualquier otra instalación que así se considere.

XI.2.- Tiempo

El tiempo estimado total utilizado en el desarrollo del proyecto de investigación fue aproximadamente unos 8 meses desde el mes de Febrero 2008 hasta Noviembre del 2008.

XII. UNIDADES DE OBSERVACION

Entre las unidades de mayor relevancia del presente proyecto de investigación tenemos:

- La instalación tecnológica del banco, es decir los dos tanques de agua, la bomba y el sistema de válvulas.
- El cuadro eléctrico donde se sitúan todos los dispositivos fundamentales que conforman la automática del banco.
- La instrumentación fieldbus ubicada directamente en el proceso, es decir los transmisores inteligentes TT302 e FI302.
- La instrumentación convencional ubicada en el campo como son los interruptores de nivel de los dos tanques, los indicadores de nivel continuo, el calentador de agua, el sensor de temperatura (PT100) del TK-1.
- El variador de velocidad utilizado para controlar el flujo de agua de la bomba.

XIII.- RESULTADOS ESPERADOS.

Construir con recursos propios un banco de automatización de un proceso tecnológico común de la industria en la que se emplee tecnologías de avanzada, para ello esperamos que:

- ✓ La construcción del banco no difiera en gran medida con el diseño inicial.
- ✓ Se pueda adquirir todo el equipamiento requerido en el tiempo previsto en el propio territorio nacional.
- ✓ Se realice el montaje, cableado a interconexión de todos los equipos y dispositivos adquiridos para la construcción del banco.
- ✓ Que las pruebas previstas arrojen resultados positivos.
- ✓ Que el equipamiento instalado no sufra ninguna rotura en el proceso de montaje, ajuste y puesta en marcha.
- ✓ Que las limitaciones del software de configuración nos permita cumplir con las opciones básicas de medición, control a distancia de las electroválvulas y variador de velocidad así como la regulación de temperatura desde el Scada Eros.
- ✓ Que se puedan solucionar todos los inconvenientes que se presenten en los procesos de construcción, montaje, ajuste, puesta en marcha y configuración del banco.
- ✓ Que todo funcione según las bases de diseño previstas inicialmente.
- ✓ Que los resultados de las mediciones, de las acciones de control y regulación arrojen un mínimo de errores de manera que los resultados sean comprensibles y aceptables.
- ✓ Que se logre llevar a la memoria descriptiva más del 90% del esfuerzo realizado en la construcción del banco de automatización.

CAPITULO I:
MARCO TEÓRICO

1.1. Introducción.

El presente capítulo hace referencia al Marco Teórico en el cual se exponen muy brevemente los aspectos teóricos a tener en cuenta en la selección y diseño final del equipamiento y del sistema de automatización del banco con tecnología de bus de campo.

Para conocer que elementos teóricos requerimos para comprender mejor el “cómo” se construyó el banco de automatización con tecnología de bus de campo, nos referiremos primero a las bases con las cuales se diseñó el mismo y el resultado final obtenido.

Estas bases del diseño inicialmente estipulaban lo siguiente:

- Utilizar como proceso tecnológico una instalación simple de bombeo y recirculación de sustancias líquidas muy común en la industria.
- Que las dimensiones de los tanques no fuesen superior a los 120litros y la bomba bombeara a razón de 30 a 50litros/minutos, de manera que pudiera apreciarse el fluido regulado para diferentes valores de flujo y el tiempo para el máximo flujo no fuese tan corto.
- Todo el sistema hidráulico pudiera construirse con tuberías plásticas de $\frac{1}{2}$ o $\frac{3}{4}$ pulgada.
- Que las válvulas solenoides que se utilizarían para controlar el llenado y vaciado de los tanques fuesen normalmente cerradas y de simple efecto. Preferentemente alimentadas con tensión alterna de 110/220Vca, 60Hz.
- Que se pudiera medir y controlar la temperatura en al menos uno de los dos tanques.
- Que se midiera el nivel en ambos tanques y que éste pudiera incidir en la automática propia del sistema de control.
- Que se midiera el flujo de agua que bombea la bomba bajo diferentes características de flujo y la presión de salida de la misma.
- Que se controlara la velocidad de la bomba mediante un convertidor de frecuencia.
- Que se evaluara la posibilidad de utilizar la tecnología de bus de campo como el elemento fundamental de la automática del banco.

- Que la estructura de la maqueta fuese construida de perfiles metálicos de aluminio o acero.
- Que la estructura con toda la armazón se soportara en ruedas de manera que facilitara su desplazamiento.
- Que el banco de automatización pueda ser operado manualmente o desde una computadora utilizando algún software específico con este fin.

El diseño original desarrollado en ACAD nos proporcionaba las siguientes imágenes:

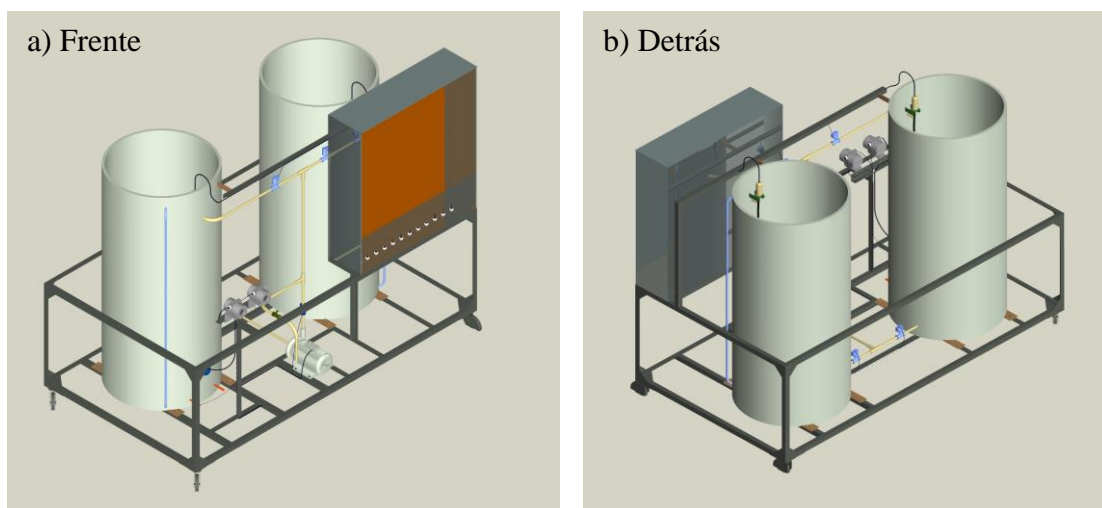


Figura 1.1. Diseño original del Banco de Automatización

El equipamiento tecnológico (dos tanques más la bomba) estaría montado sobre la armazón de angulares y a un costado de ésta se situaría el armario eléctrico con toda la automática montada en su interior. Fíjese que en las imágenes a) y b) de la figura 1.1 se observan ya los instrumentos de nivel, los transmisores inteligentes y el sensor de temperatura.

Como el proceso tecnológico escogido es un proceso simple y sencillo no nos detendremos en su explicación y en su lugar revisaremos aquellos aspectos teóricos necesarios para comprender el sistema de automatización escogido con la finalidad de cumplir con las premisas iniciales del diseño expuestas arriba.

Estos elementos teóricos se exponen siguiendo el siguiente orden:

- Aspectos generales de los sistemas de automatización.

- Breve descripción de la instrumentación de campo utilizada.
- Diferentes tipos de comunicaciones industriales.
- Sistema de control automático en la tecnología de bus de campo (DFI302)
- Sistemas de Supervisión y Control mediante SCADAs.

Veamos a continuación en que consisten cada uno de ellos.

1.2.- Aspectos generales de los sistemas de automatización.

Hasta hace unos años atrás el control de procesos industriales se hacía de forma cableada por medio de contactores y relés electromecánicos. Al operario que se encontraba a cargo de este tipo de instalaciones (similares a las del propio banco), se le exigía tener altos conocimientos técnicos para poder realizarlas las diferentes operaciones tecnológicas y posteriormente mantenerlas. Además, cualquier variación en el proceso suponía modificar físicamente gran parte de las conexiones de los montajes, siendo necesario para ello realizar un gran esfuerzo técnico y un mayor desembolso económico, sin tener en cuenta la repercusión sobre el proceso tecnológico.

En la actualidad, no se puede entender un proceso complejo de alto nivel desarrollado por técnicas cableadas. El ordenador y los autómatas programables han intervenido de forma considerable para que este tipo de instalaciones se hayan visto sustituidas por otras controladas de forma programada. Por ende cuando se habla de automatización inmediatamente pensamos en obtener un gran volumen de información, de forma rápida y segura en muy poco tiempo, procesar dicha información y emitir acciones de control si así se requiere de manera fiable, para ello se prevee de antemano la utilización de una técnica moderna de automatización.

Es por ello que para automatizar un proceso se requiere conocer con precisión todos los elementos que intervienen en ello (Ver figura 1.2):

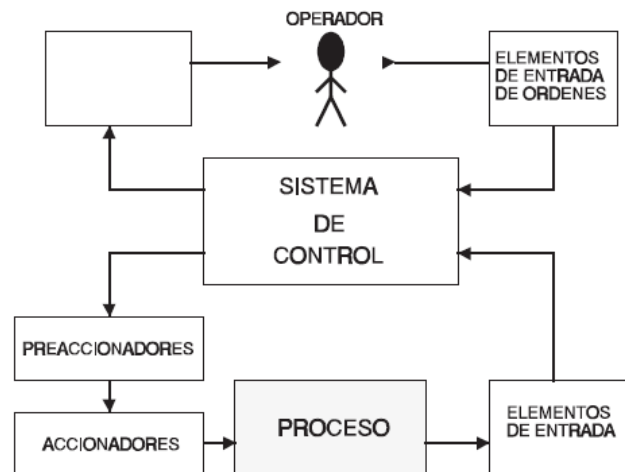


Figura 1.2. Esquema general de un proceso de automatización.

Puede apreciarse que el "proceso" controlado por el "operador" emite informaciones que son procesadas por el "sistema de control" y "este en función de las órdenes emite señales de salida por medio de los elementos "preaccionadores y accionadores" conocidos también como actuadores. Ver más detalles de estos aspectos generales en [1].

1.2.1.- Sistemas de Control

Dentro de un sistema general de automatización el sistema de control es el elemento clave para lograr el control de todos los parámetros del proceso.

El sistema de control está definido como un conjunto de componentes que pueden regular su propia conducta o la de otro sistema con el fin de lograr un funcionamiento predeterminado, cualquiera de los sistemas vistos anteriormente cumple con este planteamiento básico.

De forma general existen cuatro grandes sistemas de automatización que son.

1. Los **DDS** (Sistemas mediante tarjetas de adquisición digitales). Fueron los primeros sistemas de automatización que incorporaban tarjetas de tratamiento digital de señales en los puertos PSI de las computadoras. Texas Instruments por ejemplo ha desarrollado toda una tecnología que ha revolucionado la arquitectura de los DDS actuales.

2. Los **DCS** (Sistemas de control distribuidos). Fueron los sistemas más difundidos en su época y aún se emplean cada vez con mayor fuerza pues están ganando terreno perdido ante los sistemas estándar o sistemas abiertos. Estos traían como desventaja el empleo de tecnologías propias y muy específicas sobre todo en lo referente a las comunicaciones, causa ésta que nos obligaba a utilizar equipamientos y accesorios de un mismo fabricante o una misma región, estas problemáticas al ser superadas los vuelve o instalarse con fuerza en el mercado de la automatización.
3. **Arquitecturas estándar**: Estas son las de mayor difusión en la actualidad en el sector industrial pues son arquitecturas heterogéneas que no se ven afectadas por la variedad y cantidad de dispositivos y medios de diferentes fabricantes, se rigen sobre normas o estándares que todos tienen en cuenta a la hora de presentar su producto en el mercado. Por ejemplo los Sistemas 4-20mA, son arquitecturas abiertas donde la señal analógica la conforma un lazo de corriente de 4 a 20mA, donde 4 representa el cero y 20 el valor máximo de la variable medida. También como estándar se establecen las normas en las comunicaciones, los protocolos de comunicaciones industriales con los cuales se realiza la comunicación entre el nivel superior y el intermedio y entre los propios PLC que conforman el nivel intermedio, los propios programas de programación del nivel intermedio (la programación de PLC responde a la Norma internacional IEC 1131-C) son hoy resultados de estas normas. Existe otra muy similar que es la que emplea el estándar 0-10V pero que se muestra mayormente en domótica.
4. Los sistemas **FCS** (Field Control System). Son los sistemas de buses de campo que también se basan en la estandarización de las normas que rigen no solo el soporte de comunicaciones sino que se extiende a todo el hardware y el software de todos los instrumentos, desde los de campo hasta el propio programa SCADA. Este es un sistema con una filosofía de control muy superior a sus antecesores y parte de esa potencialidad puede apreciarse en los propios dispositivos de campo, opciones éstas imposibles de ver en las arquitecturas 4-20ma, 0-10V u otras.

Los sistemas de automatización poseen una estructura clásica de tres niveles, identificados como:

1. Nivel primario o nivel de campo (Sensores y actuadores).

2. Nivel intermedio o de control, (DFI 302) y toda su arquitectura (PLC u otros RTUs).
3. Nivel superior o de supervisión (Visualización, monitoreo o supervisión).

Deben existir estos tres niveles en cualquiera de sus formas para que pueda mostrarse una arquitectura completa de un sistema de control. En la figura 1.3 se pueden apreciar la ubicación de cada uno de los elementos según los niveles que conforman la arquitectura.

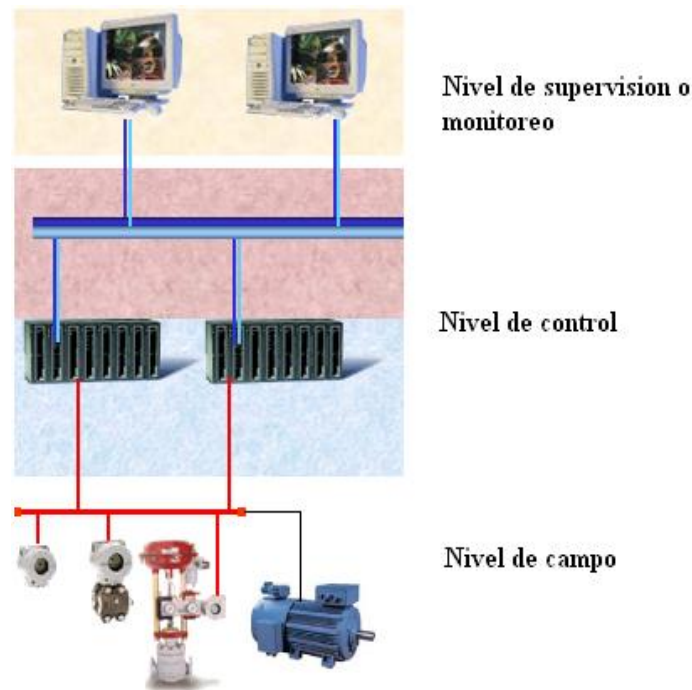


Figura 1.3. Arquitectura de un sistema de control

1.2.2.- Dispositivos del Nivel de Campo

Podemos apreciar de la figura 1.3 que los **sensores** y **actuadores** son los que se ubican en el nivel de campo, además de algunos dispositivos de salida que informan localmente del estado del sistema, como suelen ser las lámparas de las estaciones de botones y otros elementos de señalización lumínica y sonora.

En este nivel se encuentran todos los dispositivos que informan al nivel intermedio y todos los que reciben órdenes de mando, los primeros son los que agrupan a los **sensores** y los segundos los **actuadores**.

Veamos a continuación algunos de los sensores y actuadores utilizados en las diferentes arquitecturas de los sistemas de control. Por ejemplo dentro de los sensores se encuentran aquellos que se emplean para la medición de nivel, presión, temperatura, flujo, velocidad, etc. de cualquier proceso tecnológico, en el caso específico que nos trata las variables censadas son el nivel y la temperatura.

1.2.2.1.- Medición de nivel en líquidos.

Los medidores de nivel para sustancias líquidas trabajan midiendo directamente la altura del líquido sobre una línea de referencia, la presión hidrostática, el desplazamiento producido en un flotador por el propio líquido contenido en el tanque del proceso o aprovechando características eléctricas del líquido son algunas muestras de estos principios de medición.

En la industria, la medición de nivel es muy importante, tanto desde el punto de vista del funcionamiento del proceso como de la consideración del balance adecuado de materias primas o de productos finales. En la figura 1.4 hemos intentado indicar algunos de estos principios de medición de nivel más utilizados.

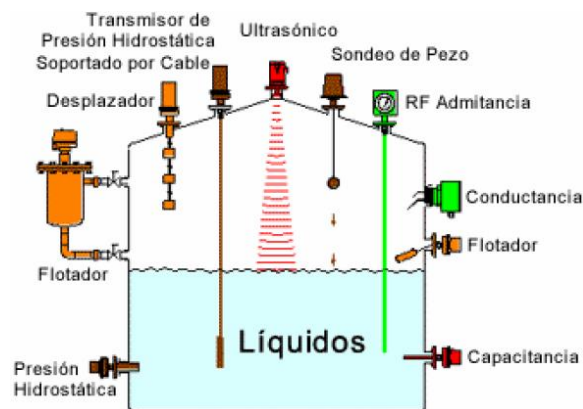


Figura 1.4. Instrumentos para medición y control de nivel.

Como no es objetivo describir cada uno de estos principios de medición, para lo cual recomendamos el estudio de [2] y [3]; veremos pues los principios de medición escogidos en el desarrollo de nuestro banco de automatización.

- **Medidor de nivel de cristal.** Consiste en un tubo de vidrio con uno de sus extremos conectado a la superficie del tanque mediante un codo y fijado en el otro extremo por una presilla. En nuestro caso no utilizamos válvulas por ser una instalación bacht, es decir la

instalación está más tiempo detenida que operando. El nivel del tanque se refleja directamente en el cristal.

- **Interruptor de Nivel por flotador.** Consiste en un flotador ubicado en la superficie del líquido (una bolla, regulada en el nivel máximo) sin conexión al exterior del estanque, la acción del flotador hace que los contactos normalmente cerrados se abran y los abiertos se cierren, condición que es utilizadas en los correspondientes esquemas secuenciales del sistema automático del banco.

1.2.2.2.- Medición de Temperatura

Otra de las mediciones que realizan los sensores es la medición de temperatura en uno de los dos tanques, es decir en TK-1 que es el tanque donde se realiza un control automático de la temperatura, para ello se emplea un termo elemento conocido como termo resistencia PT100.

El sensor PT100 es un sensor de temperatura que basa en su funcionamiento en los cambios de resistencia proporcionales a los cambios de temperatura del medio. El elemento consiste en un arrollamiento muy fino de platino bobinado entre capas de material aislante y protegido por un revestimiento cerámico.

El material que forma el conductor (platino) posee un coeficiente de temperatura de resistencia, el cual determina la variación de la resistencia del conductor para cada grado que cambia su temperatura.

Características.

- Resistencia de platino
- Resistencia de 100Ω a 0°C
- Vaina EN SS316
- Aplicación en procesos de producción de alimentos, medición ambiental e industrial
- Dimensiones a pedido

Se conocen varios tipos estándar de termo resistencias, como son las PT10, PT50, PT100 y PT1000. Por ejemplo la más empleada mundialmente es la PT100 que es la que proporciona un valor óhmico de 100Ω para 0°C . De manera análoga se determinan el resto.

Ahora bien, para conformar un lazo de medición industrial de temperatura no basta con disponer del sensor adecuado, como es el caso de la PT100 sino que se requiere otro dispositivo adicional que es el que convierte la variación de la resistencia del termoelemento y lo convierte en una señal estándar 4-20mA, 0-10VDC o directamente en una señal para un bus de comunicaciones industriales que puede ser Profibus o FieldBus.

Como desde un principio hemos querido utilizar la tecnología FieldBus Foundation y más específicamente el sistema System302 del fabricante Brasileiro SMAR, nos referiremos al transmisor inteligente TT302 que también constituye un dispositivo de campo y que convierte las señales provenientes de los termos elementos en variables propias del bus de campo para ser accedidas mediante OPC.

1.2.2.3.- Transmisor de Temperatura (TT302).

Los transmisores inteligentes de SMAR se encuentran ubicados en tres series TT300, los cuales están disponibles en tres diferentes protocolos: HART[®] (TT301), FOUNDATION Fieldbus TM (TT302) y PROFIBUS PA (TT303). Estos instrumentos se pueden configurar con los softwares de SMAR y otras herramientas de configuración del fabricante. El ajuste local está disponible en toda la serie TT300. Es posible configurar el cero y el span, el Set-Point y otras funciones de control usando el desarmador magnético. SMAR ha desarrollado el Asset View, el cual es una herramienta Web de uso amigable que puede ser accesada en cualquier momento y desde cualquier lugar usando un browser de Internet. Está diseñada para la administración y el diagnóstico de todos los equipos de campo, para asegurar el mantenimiento reactivo, preventivo, predictivo y proactivo.

El TT302 utiliza el protocolo FOUNDATION Fieldbus TM H1, una tecnología abierta que permite que cualquier herramienta de configuración H1 habilitada, configure este dispositivo. Syscon302 (System Configuration Tool) es una herramienta de software usada para configurar, para operar y dar mantenimiento a los equipos de campo. Syscon ofrece una interacción eficiente y amigable con el usuario, usando la versión 7.0 o más actualizada para los sistemas operativos Windows 2000 y Windows XP. Herramientas de configuración tales como AMSTM, FieldCareTM y HHT375 pueden configurar los dispositivos TT302. Los archivos DD (device

description) y CF (Capability File) se pueden descargar del sitio Web de Smar o directamente de la Fieldbus Foundation TM Org.

El TT302 soporta estrategias de configuración complejas debido a la alta capacidad y a la variedad de bloques de función de instanciabilidad dinámica. Este dispositivo constituye la primera generación de los dispositivos de Fieldbus Foundation. Es un transmisor previsto, principalmente, para la medición de temperatura usando RTD (termo resistencias) o termopares, pero puede también aceptar otros sensores con resistencia o señales en mV, tales como: pirómetros, celdas de carga, indicadores de posición resistivos, etc.

La tecnología digital usada en el TT302 permite a un solo modelo aceptar varios tipos de sensores, amplios rangos de medición, medición individual o diferencial y una interfase fácil entre el campo y el cuarto de control. También incluye varias características interesantes que reducen considerablemente los costos de instalación, operación y mantenimiento.

Resumiendo podemos concluir que las señales censadas por el termo elemento PT100 son convertidas al lenguaje del bus de campo (OPC) mediante el transmisor inteligente TT302.

1.2.3.- Los actuadores del nivel de campo

Existe otro grupo de dispositivos que se ubican en el nivel de campo que son los **actuadores**, en nuestro caso específico del “Banco de Automatización” hemos empleado dispositivos que responden directamente a señales discretas y dispositivos que responden a señales continuas 4-20mA.

En este primer caso ubicamos al calentador de agua y a las válvulas solenoides que controlan las entradas y salidas de agua de ambos tanques y en el último caso ubicamos al variador de velocidad. Veamos a continuación más detalles de cada uno de ellos.

1.2.3.1.- Calentador de agua eléctrico.

El calentador de agua es el dispositivo que se usa para el calentamiento del líquido, el cual basa su principio en el calor desprendido por una resistencia eléctrica cuando es conectado a una fuente de alimentación.

En nuestro caso hemos utilizado un calentador de agua de 220V con una Potencia de 1500w, con el objetivo de provocar un calentamiento de agua a unos 50°C en un tiempo de 20 minutos.

Se dice pues que el calentador de agua es un actuador eléctrico pues su conexión eléctrica se realiza por la acción de los contactos de un contactor de potencia.

Realmente la actuación final la logra sincronizadamente la acción conjunta del contactor con el calentador de agua pues basta que uno de los dos presente un mínimo problema para que el calentamiento deseado se detenga.

Con una señal discreta en uno (1) se energiza el contactor y se alimenta eléctricamente el calentador de agua y cuando esta señal discreta es cero (0) se desenergiza el contactor y se desconecta el calentador.

La acción de calentar el agua a través del calentador es lo que permita que se pueda realizar un control automático de la temperatura del tanque, ya sea ubicando esta responsabilidad de control en el elemento del nivel intermedio como en el propio SCADA.

1.2.3.2.- Válvulas Solenoides.

El otro de los actuadores discretos utilizados en la construcción del Banco de Automatización son las válvulas eléctricas (solenoides) que se utilizan para el llenado y vaciado de los tanques de agua cuando se está efectuando una operación de recirculación de agua.

La bobina de una válvula solenoide es un alambre aislado enrollado en forma de hélice con un número de espiras, con un paso calculado según las necesidades del diseño, por el que además circula una corriente eléctrica. Cuando esto sucede, se genera un campo magnético dentro del solenoide (bobina). El **solenoid** con un núcleo apropiado se convierte en un imán (en realidad electroimán) atrayendo una segunda pieza móvil que comúnmente completa el circuito magnético de la propia bobina.

Este tipo de bobinas o solenoides es utilizado para accionar un tipo de válvula, llamada válvula solenoide, que responde a pulsos eléctricos respecto a su apertura y cierre. Eventualmente

controlable por programa, su aplicación más recurrente en la actualidad, tiene relación con sistemas de regulación hidráulica, neumática y más recientemente las eléctricas o electrónicas.

En el banco de automatización se utilizan para controlar la dirección del flujo de agua que se desea extraer y el flujo que se desea descargar o verter hacia el exterior del banco.

1.2.3.3.- Variador de velocidad.

El único actuador continuo previsto en la construcción del banco de automatización es el variador de velocidad, el cual responde ante las señales de mando proveniente de:

- a) La consola de operación
- b) Un potenciómetro externo
- c) Una señal de mando 4-20mA o de 0.10Vdc.

En nuestro caso hemos asumidos dos maneras de operar el variador de velocidad, manualmente utilizando los mandos propios desde la consola de operación y cuando el mando es remoto, es decir desde el SCADA, la señal de mando es utilizando el canal analógico 4-20mA.

El **Variador de Velocidad** (VSD, por sus siglas en inglés *Variable Speed Driver*) es en un sentido amplio un dispositivo electrónico empleado para controlar la velocidad giratoria de cualquier maquinaria que emplee especialmente motores eléctricos. También es conocido como Accionamiento de Velocidad Variable (ASD, también por sus siglas en inglés *Adjustable-Speed Drive*).

La maquinaria industrial generalmente es accionada a través de motores eléctricos, a velocidades constantes o variables, pero con valores precisos. No obstante, los motores eléctricos generalmente operan a velocidad constante o cuasi-constante, y con valores que dependen de la alimentación y de las características propias del motor, los cuales no se pueden modificar fácilmente. Para lograr regular la velocidad de los motores, se emplea un controlador especial que recibe el nombre de variador de velocidad. Los variadores de velocidad se emplean en una amplia gama de aplicaciones industriales, como en ventiladores y equipo de aire acondicionado, equipo de bombeo, bandas y transportadores industriales, elevadores, llenadoras, tornos y fresadoras, etc.

Un variador de velocidad puede consistir en la combinación de un motor eléctrico y el controlador que se emplea para regular la velocidad del mismo. La combinación de un motor de velocidad constante y de un dispositivo mecánico que permita cambiar la velocidad de forma continua (sin ser un motor paso a paso) también puede ser designado como variador de velocidad.

El control de procesos y el ahorro de la energía son las dos de las principales razones para el empleo de variadores de velocidad. Históricamente, los variadores de velocidad fueron desarrollados originalmente para el control de procesos, pero el ahorro energético ha surgido como un objetivo tan importante como el primero.

La decisión de variar velocidad debe estar aparejada con una necesidad tecnológica, en nuestro caso la utilizamos para variar el flujo de agua que se extrae de uno de los dos tanques y que después se recircula. Este proceso de recirculación se controla precisamente controlando el flujo de recirculación, por ende la necesidad de utilizar el variador de velocidad está dada por la necesidad de controlar de manera suave y estable el funcionamiento de la bomba de agua.

1.2.3.4.- Bomba de agua

Una **bomba** es una máquina hidráulica generadora que transforma la energía (generalmente energía mecánica) con la que es accionada en energía hidráulica del fluido incompresible que mueve. El fluido incompresible puede ser líquido o una mezcla de líquidos y sólidos. Al incrementar la energía del fluido, se aumenta su presión, su velocidad o su altura, todas ellas relacionadas según el principio de Bernoulli. En general, una bomba se utiliza para incrementar la presión de un líquido añadiendo energía al sistema hidráulico, para mover el fluido de una zona de menor presión o altitud a otra de mayor presión o altitud.

Existe una ambigüedad en la utilización del término bomba, ya que generalmente es utilizado para referirse a las máquinas de fluido que transfieren energía, o bombean fluidos incompresibles, y por lo tanto no alteran la densidad de su fluido de trabajo. Pero también es común encontrar el término bomba para referirse a máquinas que *bombean* otro tipo de fluidos, así como lo son las bombas de vacío o las bombas de aire.

Resumiendo podemos decir que utilizamos el variador eléctrico para controlar el motor de la bomba centrífuga y de esta manera controlar el flujo de agua del proceso tecnológico de recirculación.

1.2.3.5.- Convertidor de Corriente (FI302).

Como hemos planteado siempre la tecnología de automatización deseada y finalmente utilizada en la construcción de nuestro banco de automatización es la tecnología de bus de campo de SMAR, esto presupone que si vamos a gobernar un actuador continuo con una señal 4-20mA desde el dispositivo de control, es decir utilizar una salida analógica estándar 4-20mA podemos utilizar dos posibles vías:

- a) Utilizando un dispositivo de campo (convertidor inteligente de Field Bus a corriente 4-20mA)
- b) Utilizar un módulo de salida analógica e incorporarlo en un rack de expansión del dispositivo central (bridge, DFI302).

Decidimos utilizar la primera opción porque de esa manera podríamos apreciar el recorrido completo de la señal en el lazo de medición y control remoto del variador, pues la señal a variar proviene del Fieldbus (se cambia desde el software de configuración Syscon o desde uno de los SCADAs previstos), es una variable ya configurada en el driver OPC, esta variable se enlaza mediante un bloque de programación FF con la salida que proporciona el convertidor FF (FI302) a lazos de corriente 4-20mA y esta salida de corriente estandarizada es la que forma el lazo de corriente con el variador de velocidad. Se tiene el cuidado de realizar correctamente la programación del convertidor de forma tal que los rangos de variación de la variable en FF coincidan con los rangos y límites de la variable analógica a la salida del convertidor y entrada del valor de referencia del variador de velocidad. En el capítulo 3 se proporciona una descripción detallada del proceso de configuración del lazo de control remoto del variador pues se muestran la configuración del FI302 y del variador de velocidad respectivamente.

El FI302 pertenece a la primera generación de equipamientos FOUNDATION Fieldbus. El es un convertidor destinado a ser una interface entre una red FOUNDATION Fieldbus con un equipamiento que posee una entrada de señal analógica 4-20mA, como por ejemplo un

posicionador de válvulas o un actuador eléctrico (el propio variador de velocidad). El FI302 tiene una salida de 4-20mA proporcional a una entrada recibida de un sistema FOUNDATION Fieldbus. La tecnología usada del FI302 permite una fácil conexión entre estas diferentes tecnologías, estos fortalecen varios tipos de funciones de transferencia de varias características destinadas al control de proceso que reducen considerablemente el costo de instalación, operación y mantenimiento.

El FI302 posee tres salidas de señales, reduciendo costo por instalación. El FI302 forma parte de la serie completa 302 de equipamientos FOUNDATION Fieldbus de Smar.

1.2.4.- Comunicaciones Industriales

Para lograr la perfecta comunicación no solo entre el nivel intermedio y el nivel superior (ver figura 1.2), sino dentro de los propios elementos del nivel intermedio (los RTUs) y en algunos casos como en los sistemas FCS donde la comunicación llega hasta los propios instrumentos de campo, la estandarización tanto del hardware como del software que forman los medios y dispositivos de las comunicaciones es un hecho imprescindible. Si no se disponen de los estándares internacionales de las comunicaciones industriales las arquitecturas no logran formarse tan eficientes y efectivas.

Dos elementos claves tienen que tenerse en cuenta para poder lograr una comunicación efectiva entre dos o más dispositivos de un sistema de control, estos son:

1. El **soporte físico**. Estandarizado mundialmente por las Normas RS422, RS485, y RS232, UTP LAN (Cables de par trenzado de cobre), Fibra óptica, entre otras.
2. Los **protocolos de comunicación** que se emplean sobre las normas físicas.

La forma de diferenciar entre protocolo, soporte físico e interface es que los primeros gobiernan la intercomunicación entre dos dispositivos a nivel lógico, mientras que las interfaces lo hacen a nivel físico. Por su importancia abordaremos en cada uno de ellos.

1.2.4.1.- Soporte físico de las comunicaciones.

El soporte físico de las comunicaciones lo conforman fundamentalmente las interfaces de comunicaciones y el propio cableado, sea de cobre, plástico o cristal.

Las interfaces son un conjunto de normas que gobiernan la interconexión entre dos dispositivos o más que realizan funciones diferentes. Generalmente las interfaces están asociadas a un determinado tipo de soporte físico. Ellas suelen ser más sencillas, dentro de su complejidad, que los protocolos. Entre las diferentes interfaces nombramos a continuación las más relevantes:

- Serie:
- Paralela
- Inalámbrica.
- Fibra óptica.

a) Interfases serie alámbricas.

Para facilitar la conexión entre un equipo transmisor DTE y otro receptor DCE se han desarrollado múltiples estándares que determinan todas las características físicas, eléctricas, mecánicas y funcionales de la conexión constituyendo lo que denominamos la definición de una interfase. Estos estándares constituyen un ejemplo de los protocolos del nivel físico, y se encuadrarían en el nivel más bajo del modelo de referencia OSI para las capas de comunicación. Veamos a continuación algunas de las interfaces series cableadas:

b) La interfase RS-232.

La interfase RS-232 transmite los datos que lo atraviesan mediante cambios en los niveles de tensión. Un cero (0) binario se representa como un nivel de tensión comprendido entre +3 y +12V, mientras que un (1) binario se expresa como un nivel comprendido entre -3 y -12V. La longitud del cable RS-232 depende de las características eléctricas del mismo y no debe superior los 15metros. Así mismo, la tasa de cambio de la tensión de salida (slew rate) no debe exceder 30V/ μ s, lo cual limita la velocidad de transmisión a 20kBd, aunque ya se están consiguiendo en la actualidad velocidades superiores.

c) La interfase RS-422.

La interfase RS-422 utiliza una señal eléctrica diferencial, opuesta a las señales no balanceadas referenciadas a tierra con RS-232. La transmisión diferencial, que utiliza dos líneas, una para transmitir y otra para recibir señales, resulta tener mayor inmunidad al ruido y mayores distancias en comparación con el RS-232. RS-422 se usa comúnmente con drivers bi-state para enlaces punto a punto sobre distancias de hasta 1200m con velocidades superiores a los 10Mbps.

d) La interfase RS-485.

La RS-485 (Estándar EIA-485) fue desarrollada en 1983 como una versión más flexible de la RS-422, excepto que sus drivers son tri-state, en vez de bi-state. En una red RS-485 estándar pueden conectarse hasta 32 nodos para comunicación half-duplex (en un sistema de comunicación se refiere, a que solamente en un tiempo determinado, el sistema puede transmitir o recibir información, sin embargo no lo puede hacer al mismo tiempo). El transmisor activa el bus con una tensión diferencial del orden de $\pm 2V$ sobre impedancias de cierre de 120Ω en los extremos.

Un detector toma como valor lógico '1' un valor diferencial de tensión superior a $+200mV$ y como '0' un inferior a $-200mV$, además define las características eléctricas necesarias para asegurar adecuadamente los voltajes de señales bajo la carga máxima. Con el incremento en esta capacidad, usted puede crear redes de dispositivos conectados a un solo puerto serial RS-485. La inmunidad al ruido y la gran capacidad hacen que RS-485 sea la conexión serial preferida en aplicaciones industriales que requieren diversos dispositivos distribuidos en red a una PC o algún otro controlador para colección de datos, HMI, u otras operaciones. RS-485 es un gran conjunto de RS-422; por lo tanto, todos los dispositivos RS-422 pueden ser controlados por RS-485.

Puede utilizarse el hardware RS-485 para comunicación serial con distancias de cables de hasta 1200m y velocidades de comunicación ajustables desde 300baudios hasta 10MBps dependiendo del protocolo, en distancias inferiores a los 50m la velocidad puede subirse hasta los 10Mbps. Protocolos normalizados muy importantes tales como MODBUS, PROFIBUS, etc. la han adoptado.

1.2.4.2.- Protocolos de comunicación industrial.

Los protocolos de comunicación son las reglas de comunicación que autorizan la transmisión de datos entre diferentes dispositivos que hablan sus propios idiomas. Son precisamente los protocolos los que establecen el enlace lógico entre los dispositivos de una misma red industrial. Esta cualidad es la que conjuga muy cercanamente al protocolo con los tipos de redes industriales comúnmente conocidos como buses de campo.

El bus de campo es un sistema de transmisión de información (datos) que simplifica enormemente la instalación y operación de máquinas y equipamientos industriales utilizados en procesos de producción.

El objetivo de un bus de campo es sustituir las conexiones punto a punto entre los elementos de campo y el equipo de control a través del tradicional bucle de corriente de 4-20mA.

Típicamente son redes digitales, bidireccionales, multipunto, montadas sobre un bus serie, que conectan dispositivos de campo como PLCs, transductores, actuadores y sensores. La comunicación entre todos estos dispositivos la determina el protocolo de comunicación. Veamos a continuación algunos tipos de redes industriales que se identifican precisamente por su protocolo de comunicaciones.

a) Protocolo Hart (Highway addressable remote transducer).

Es un protocolo de fines de 1980, que proporciona una señal digital que se superpone a la señal analógica de medición en 4-20 mA. Permite conectar varios dispositivos sobre un mismo cable o bus (Multidrop), alimentación de los dispositivos, mensajes de diagnósticos y acceso remoto de los datos del dispositivo, sin afectar la señal analógica de medición.

La mayor limitación es su velocidad (1200 baudios), normalmente se pueden obtener dos respuestas por segundo. La alimentación se suministra por el mismo cable y puede soportar hasta 15 dispositivos.

b) Profibus

Se desarrolló bajo un proyecto financiado por el gobierno alemán y lanzado al Mercado por SIEMENS. Está normalizado en Alemania por DIN E 19245 y en Europa por EN 50170. El desarrollo y posterior comercialización ha contado con el apoyo de importantes fabricantes como ABB, AEG, Klöckner-Moeller, etc.

c) Interbus

Protocolo propietario, inicialmente, de la empresa Phoenix Contact GmbH, aunque posteriormente ha sido abierta su especificación. Normalizado bajo DIN 19258, norma europea EN 50 254. Fue introducido en el año 1984.

d) DeviceNet

Bus basado en CAN. Su capa física y capa de enlace se basan en ISO 11898, y en la especificación de Bosh 2.0. DeviceNet define una de las más sofisticadas capas de aplicaciones industriales sobre bus CAN. Intervienen señales discretas y analógicas en un mismo mensaje.

e) CANOpen

Bus de campo basado en CAN. Fue el resultado de un proyecto de investigación financiado por la Comunidad Europea y se está extendiendo de forma importante entre fabricantes de maquinaria e integradores de células de procesos.

f) MODBUS

En su definición inicial Modbus era una especificación de tramas, mensajes y funciones utilizada para la comunicación con los PLCs Modicon. Modbus permite el control de una red de dispositivos, por ejemplo un sistema de medida de temperatura y humedad, y comunicar los resultados a un ordenador. Modbus también se usa para la conexión de un ordenador de supervisión con una unidad remota (RTU) en sistemas de supervisión adquisición de datos (SCADA). Existen versiones del protocolo Modbus para puerto serie y Ethernet (Modbus/TCP). Cubre grandes distancia entre los dispositivos de medición y control, como el caso de pozos de petróleo, gas y agua a velocidades de 1200 baudios por radio y mayores por cable. Debido a que

fue incluido en los PLCs de la prestigiosa firma Modicon en 1979, ha resultado un estándar de facto para el enlace serie entre dispositivos industriales.

Las razones por las cuales el uso de Modbus es superior a otros protocolos de comunicaciones son:

- Es totalmente público.
- Su implementación es fácil y requiere poco desarrollo.
- Maneja bloques de datos sin suponer restricciones

g) Industrial ETHERNET.

La aceptación mundial de Ethernet en los entornos industriales y de oficina ha generado el deseo de expandir su aplicación a la planta. Es posible que con los avances de Ethernet y la emergente tecnología Fast Ethernet se pueda aplicar también al manejo de aplicaciones críticas de control, actualmente implementadas con otras redes específicamente industriales existentes, como las que aquí se mencionan.

h) Bitbus.

Introducido por Intel a principios de los 80. Es un bus maestro-esclavo soportado sobre RS485 y normalizado en IEEE- 1118. Debido a su sencillez ha sido adoptado en redes de pequeños fabricantes o integradores.

Entre otros buses de campo industrial estandarizados utilizados tenemos: FIP-WorldFIP, Lonworks, SDS, ASI.

Todos estos protocolos son las que conforman las diferentes redes industriales empleadas en las arquitecturas de control de los sistemas de automatización.

Las redes de comunicaciones industriales deben su origen a la fundación Fieldbus (Redes de campo). La fundación Fieldbus, desarrolló un nuevo protocolo de comunicación, para la medición y control de procesos donde todos los instrumentos puedan comunicarse en una misma plataforma.

h) Fieldbus Foundation.

La comunicación Fieldbus Foundation fue creada como una organización independiente y sin ánimo de lucro para desarrollar un único bus de campo internacional, abierto e interoperable.

La organización se basa en los siguientes principios:

1. La tecnología de FF ha de ser abierta y cualquier compañía ha de poder disponer de ella.
2. La tecnología de FF ha de estar basada en el trabajo del IEC (International Electrotechnical Commission) y de ISA (International Standardization Association).
3. Los miembros de la Fieldbus Foundation apoyan a los comités de estandarización nacional e internacional y trabajan con ellos.

Ya en 1996, la FF contaba con 185 compañías asociadas de entre las más importantes a nivel global (representaban el 90% de la fabricación mundial de productos de instrumentación y control). Uno de los principales métodos de organización y decisión son los consejos de usuarios finales, que repartidos por todo el mundo, revisan las actividades de la fundación y se aseguran de que las especificaciones cumplan las necesidades del mercado.

El Foundation Fieldbus es una arquitectura abierta para la integración total de la información. Se trata de un sistema de comunicaciones completamente digital, serie y bidireccional.

La FOUNDATION Fieldbus es un protocolo de comunicación digital que permite la distribución de funciones de control en los equipos de campo, interconectando varios instrumentos que permiten al usuario construir estrategias de control apropiadas a su aplicación. El conjunto de bloques funcionales fue introducido para tornar una fácil programación para el usuario que construye y visualiza fácilmente las estrategias completas de control. Otra ventaja adicional es la flexibilidad: la estrategia de control puede ser modificada con el hardware de instalación. El desenvolvimiento de dos dispositivos en Serie 302 tiene la necesidad de implementar la FOUNDATION Fieldbus tanto en pequeños como en grandes sistemas. Estos dispositivos tienen como característica la capacidad de comportamiento como una red master. También pueden ser configurados localmente usando una clave magnética, eliminando la necesidad de un configurador de consola en muchas aplicaciones básicas.

Fieldbus está basado en el desarrollo alcanzado por OSI (Open System Interconnect), el cual fue desarrollado por ISO (International Standard Organization) para representar las funciones requeridas en cualquier red de comunicación.

El modelo OSI presenta siete capas de operación o función, cada una con una tarea muy específica. El modelo además establece que cada capa o función debe ser independiente por completo. La forma en que la señal será transmitida físicamente puede variar.. pero la forma en que esta se interprete deberá siempre conservarse idéntica. Este concepto puede ser comprendido mejor al ser comparado con el código Morse. El código Morse puede ser comprendido e interpretado no importa si se usa luz, sonido, o cualquier otra forma de transmisión de la señal.

El modelo OSI consiste en siete capas, pero de las cuales, para las aplicaciones en tiempo real, las capas de la tres a la seis no son consideradas, estas se encargan de la transferencia de información o datos entre la red. Para las aplicaciones en tiempo real, las capas utilizadas son:

Capa 1 - Capa Física. Define el tipo de señal, el medio de transmisión, velocidad, etc.

Capa 2 - Capa de Enlace de Datos. Define la interfaz entre la capa física y la capa de aplicación (Capa 7), establece como debe ser estructurado el mensaje y normalice el uso de múltiples máster.

Capa 7 - Capa de Aplicación. Define como los datos son especificados, direccionados y su representación.

ISA/SP50, especifica una octava capa la cual define la estructura del mensaje para implementar estrategias de control. El diseño de estructuras de control con Fieldbus normalmente realizado a través del enlace de bloques de funciones. Esta octava capa también denominada Capa del Usuario, define variables y algoritmos para que los bloques de funciones realicen sus funciones como las de Input, Control PID, Output o totalización, etc. Esta definición otorga a Fieldbus un alto nivel de intercambiabilidad.

Para poder comprender mejor la tecnología preferimos integrar una discusión del estado de cada definición en cada capa discutida anteriormente.

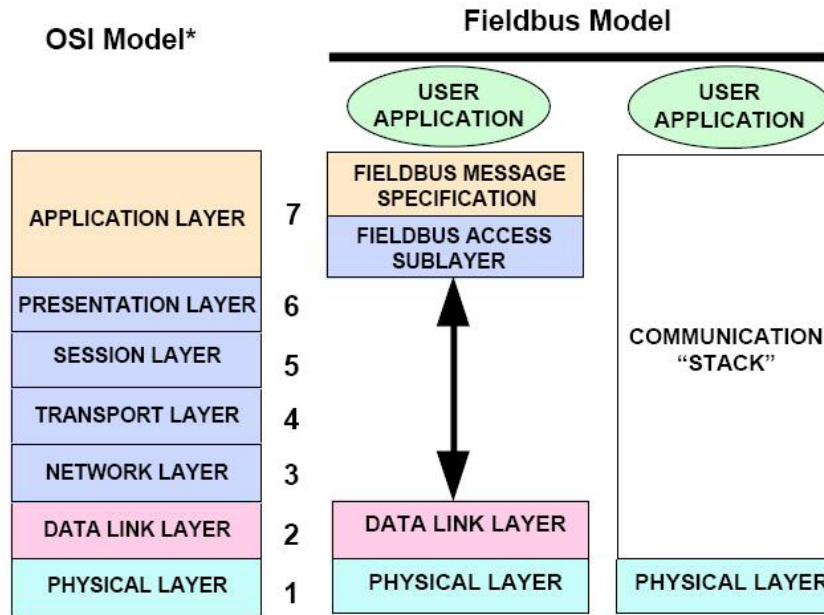


Figura 1.5 Capas del modelo OSI utilizadas en FF.

Capa Física.

Esta capa define el medio de transporte de los paquetes de mensaje, la forma de la señal y los límites de amplitud, la velocidad de transmisión, distribución de la alimentación y topología aceptables.

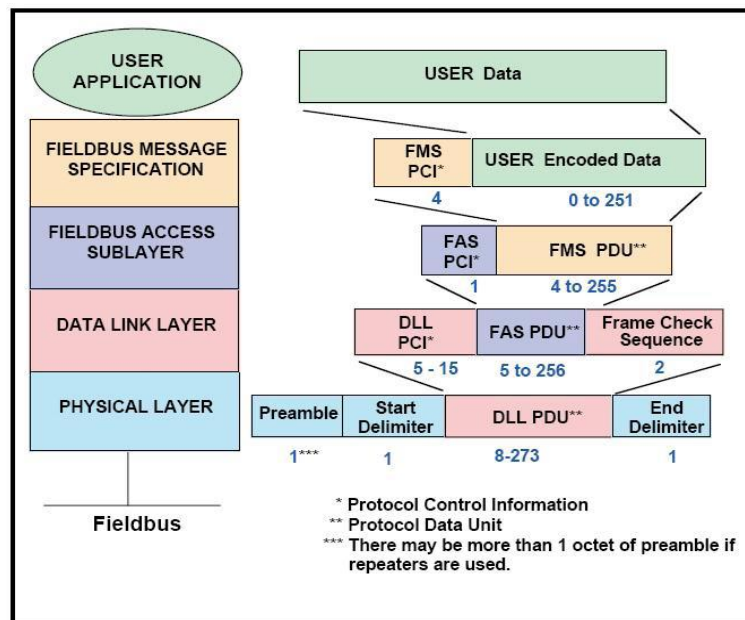


Figura 1.6. Comunicación de las capas FF.

Medio Físico.

Tres tipos son definidos: cable, fibra óptica y señales de radio-frecuencia. La definición para cable y fibra óptica ya ha sido definida, por ISA.

Velocidad de comunicación para H1 (Uso de cable).

31.25kbps. 1 MB/s y 2.5 MB/s (H2).

H1 y H2 son las clasificaciones usuales para los dos objetivos de Fieldbus. H1 tiene una velocidad de comunicación relativamente baja, puede utilizar los cables existentes y satisface los requerimientos para instalaciones con seguridad intrínseca y permite la alimentación de los dispositivos a través de los mismos conductos para la transmisión de la señal digital. H2 tiene alta velocidad y requiere alimentación independiente para los dispositivos de campo.

Numero de dispositivos por bus. (31.25 kbps).

2 a 32 dispositivos, sin alimentación sobre el bus y sin capacidad de instalaciones intrínsecamente segura. 2 a 6 dispositivos con alimentación en el bus y seguridad intrínseca.

Distancia Máxima. Hasta 1900 metros sin repetidores para 31.25 kbps, número máximo de repetidos igual a cuatro, Hasta 750 metros para un MB/s y hasta 500 metros para 2.5MB/s.

Topología. Topología de Bus tipo Árbol son aceptadas.

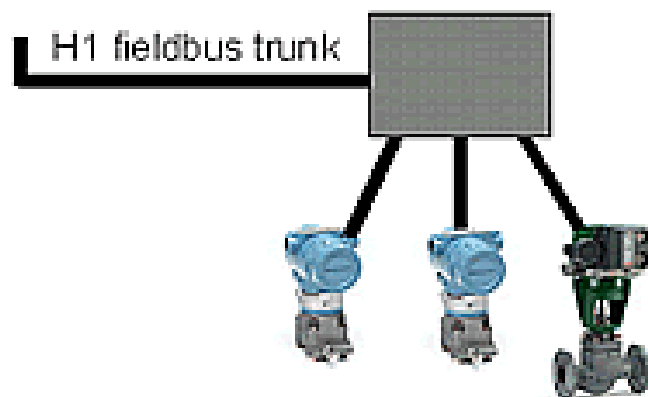


Figura 1.7. Conexión tipo árbol.

Topología. Topología de Bus tipo ramal son aceptadas.

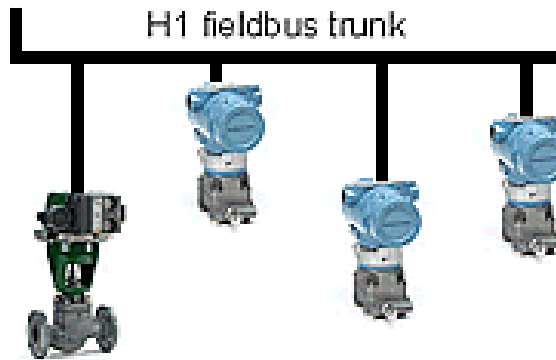


Figura 1.8. Conexión tipo ramal.

Poder para 31.25 kbps.

Voltaje: de 9 a 32 VDC. Impedancia de entrada: 3 koms a 31.25kbps. Los dispositivos deben estar aislados galvánicamente con relación al bus.

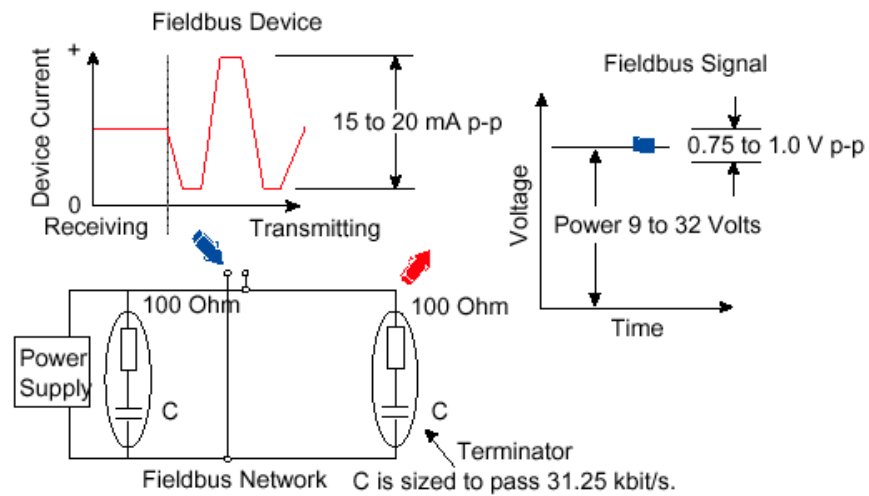


Figura 1.9. Fuente de alimentación y transmisión de señal FF.

La tecnología FF para la transmisión de los bits es a través del código de Manchester el cual dice lo siguiente:

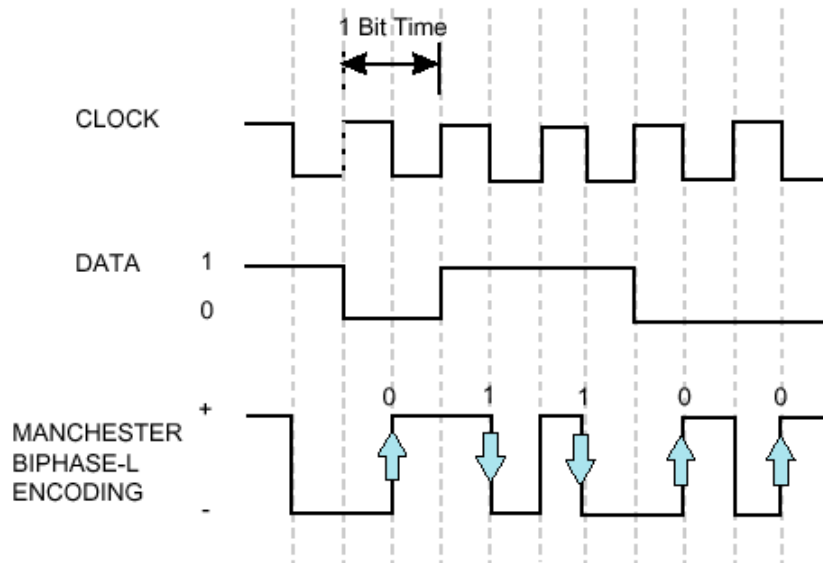


Figura 1.10. Señal código de Manchester.

La codificación de Manchester combina datos y reloj en símbolos de bit, que se dividen en dos mitades, con la polaridad de la segunda mitad siempre inversa a la de la primera mitad. Recuerde que con la codificación Manchester, el 0 se codifica como una transición baja-alta, mientras que el 1 se codifica como una transición alta-baja. Como tanto los 0 como los 1 producen una transición de señal, el reloj puede, en efecto, recuperarse en el receptor.

Capa de Enlace de Datos.

Esta capa es la encargada de garantizar y asegurar la integridad de los mensajes haciendo uso de una secuencia de verificación de la información a través de 2 bytes que son añadidos al envío y el resultado de un polinomio para toda la data. Esta capa además controla el acceso al medio de transmisión y determina quién puede hablar y cuando.

Esta capa además es responsable de que cada dato alcance el destino (o destinos) correcto.

Capa de Aplicaciones.

La capa de Aplicaciones suministra una interfaz simple para la aplicación final del usuario. Básicamente esta define como leer, escribir, interpretar y ejecutar mensajes o comandos. Una gran parte de este trabajo es definir la sintaxis del mensaje, como por ejemplo la forma que el mensaje deberá tener. El contenido de este incluye el mensaje solicitado, la acción tomada y el mensaje de respuesta.

Esta además define la forma en que el mensaje deberá ser transmitido, sea: cíclico, inmediato, solo una vez o requerido por el consumidor.

El gerente define como se inicializará la red: La asignación de tags, direcciones, sincronización del reloj, el gerenciador de las aplicaciones distributivas por toda la red o la relación de entradas y salidas de parámetros en los bloques de funciones.

Este además controla la operación de la red con recogiendo las estadísticas de los errores o fallas, la detección de un nuevo elemento o la retirada de una estación. El sistema está continuamente en busca de nuevas estaciones en el bus encestando las posibles estaciones por su dirección.

Capa de Usuario.

Esta capa define la forma en que es accedida la información a través de los dispositivos Fieldbus y cómo será esta distribuida hacia otros instrumentos en el mismo nodo o posiblemente a otros nodos de la red Fieldbus. Este atributo es fundamental para aplicaciones de control de proceso.

La arquitectura base en Fieldbus son los bloques de funciones, los cuales realizan labores de adquisición de datos, regulación y salida, cada bloque de funciones posee un algoritmo, un identificador en una base de datos que es utilizado por la aplicación final para identificar este dentro de la red denominado "tag", este debe ser único en toda la red Fieldbus. Los parámetros de los bloques de funciones Fieldbus son accedidos a través de la relación: TAG.NOMBRE_PARAMETRO.

Se definen tres tipos de bloques:

Bloques de recursos Cada dispositivo contiene un bloque de recursos (Resource Block) que describe las características de ese dispositivo, como el nombre, fabricante, o número de serie. También sirve para configurar parámetros que afectan al dispositivo en su conjunto.

Bloques de transductor Permite configurar los sistemas de entrada/salida de cada dispositivo. Contienen información como la calibración o el tipo de sensor.

Bloques funcionales 2 Los bloques funcionales (Function Blocks) son los que establecen la estrategia de control. Realizan todas las operaciones del sistema: los cálculos numéricos, todo el procesamiento de control necesario para el sistema, e incluso la acción en sí de adquirir un valor o accionar un actuador.

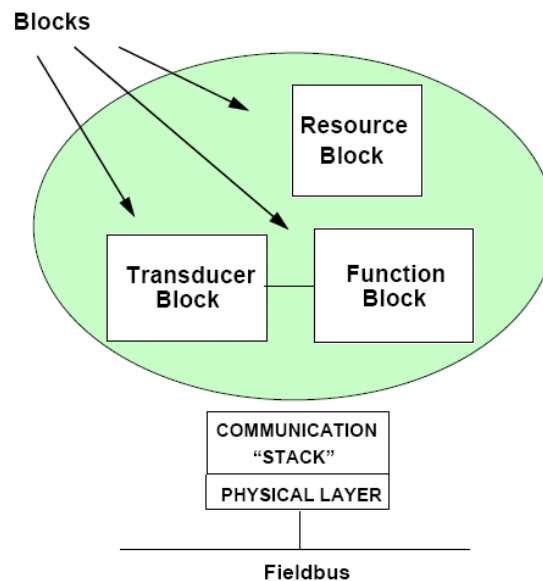


Figura 1.11. Bloques principales de configuración de los dispositivos FF.

Características técnicas.

Bloques de Funciones:

- Salida Analógica.
- Control PID.
- Aritmético.
- Selector de entrada.
- Selector de salida u otros.
- A prueba de tiempo, a prueba de explosión e intrínsecamente seguro de Auto diagnóstico.

- Capacidad de muestra de funciones en la red Foundation Fieldbus, display digital (opcional).

Especificación de funciones

- Señal de Salida.
- Tres salidas de corriente 4-20 mA, alimentación externa, tierra común.

Señal de entrada (Comunicación)

Digital, en Protocolo FOUNDATION Fieldbus, modo de tensión, 31,25 Kbit/s con alimentación a través de barras.

Fuente de Alimentación Externa.

3-45 Vdc.

Impedancia de salida

Seguridad intrínseca: de 7.8 kHz a 39 kHz debe ser mayor o igual a 3 k Ω . Impedancia de salida con seguridad intrínseca (asumiendo una barrera de seguridad intrínseca de alimentación): de 7,8 kHz a 39kHz debe ser mayor o igual a 400 Ω .

Indicador.

Indicador LCD de 4½ dígitos.

Limites de Temperatura

Operación: -40 a 85 °C (-40 a 167 °F)

Display: -10 a 60 °C (14 a 140 °F) operación.

Limites de Unidad

0 a 100% RH.

Tiempo para Iniciar Operación

Aproximadamente 10 segundos.

Tiempo de Actualización

Aproximadamente 0,2 segundos

Protegido de acuerdo a la norma IEC61326:2002.

Conexión Eléctrica

½ - 14 NPT, Pg 13,5 or M20 x 1,5.

Material de Construcción

Aluminio con aleación de cobre con un acabado de pintura polietileno Inoxidable 316.

Montaje

Con un soporte opcional, puede ser instalado en un tubo de 2", fijado en pared o en un panel.

1.2.5.- Dispositivos del Nivel Intermedio o de Control

Como bien se aprecia en la figura 1.2 el nivel intermedio del sistema de control que emplea tecnología de Bus de Campo de SMAR es fundamentalmente la DFI302 como interfase entre los dispositivos de campo que se encuentran en los buses de campo H1 y la red ETHERNET LAN de alta velocidad que se establece con el nivel superior donde se ubican los SCADAs y las herramientas de desarrollo y mantenimiento de los buses y sus dispositivos.

Veamos entonces algunos aspectos teóricos de la DFI 302 para mayor comprensión.

1.2.5.1.- DFI 302 Puente Universal de fieldbus.

Características técnicas fundamentales:

- Son parte integral del System302 de SMAR.
- Interfaz integrada en una sola unidad, junto con linking device, puente, controlador, gateway, fuente de poder Fieldbus, y subsistema de E/S igual a los PLC clásicos.
- Gran integración con dispositivos y software inteligente de múltiples fabricantes debido al uso de tecnologías estándar tales como FOUNDATION™ Fieldbus y el driver OPC.
- Se conecta a equipos existentes a través de E/S convencionales o comunicación Modbus.

- Redundancia total y aislamiento de fallas para mayor seguridad y operación ininterrumpida.
- Arquitectura sencilla y de bajo costo.
- Alto flujo de información desde el piso de planta hacia toda la empresa.

Su lugar en el System302.

El DFI302 es un hardware integral multifunción del SYSTEM302 que incluye todo el mejor hardware y software en su clase para que usted pueda administrar, monitorear, controlar, mantener y operar su planta.

El DFI302 en la planta es de tamaño contenido y desempeña la mayor parte de las funciones requeridas para un sistema y por tanto se requieren muy pocos componentes adicionales.

Para plantas que quieran iniciar en forma sencilla pero crecer más a futuro, el DFI 302 es un linking device que provee todas las funcionalidades requeridas por un sistema. Para sistema mediano y grande, el DFI302 es la mejor opción disponible, ofreciendo una solución real basada en campo.

Totalmente integrado.

Al contrario de otras interfaces Fieldbus basados en el modelo tradicional de controlador con módulos E/S que necesita muchos accesorios, el DFI302 es una unidad integrada que provee fuentes de poder, terminadores de impedancia, e inclusive barreras de seguridad. De esa forma el DFI302 es el sistema más simple de colocar, mantener y expandir. Porque un solo módulo incluye 4 canales H1 (a 31.25kbit/s), Ethernet y Modbus serial, directamente en el controlador sin necesidad de interfaces por separado, el DFI302 toma una fracción de espacio, al usar como solución a los módulos individuales, siendo de esa forma más fácil de operar. Uno de los mayores beneficios del DFI302 controles muy complejos sin la complejidad agregada y costo agregado, asociados con los DCS.

Smar es el único fabricante que ofrece una solución completa con sistema Fieldbus, que no solo incluye instrumentos de campo, interfaces y software, sino también todos los accesorios

requeridos para la alimentación de los instrumentos de campo. De esa forma la solución es más sencilla tanto para el cliente como para el fabricante.

Modular.

El DFI302 es un dispositivo multifuncional modular con un rack montado en riel DIN en el cual todos los componentes están instalados, incluyendo módulos para alimentación principal, módulo del CPU, alimentación del bus e impedancia. Los módulos son insertados usando conectores de grado industrial, y asegurados por un tornillo metálico. Como opción están los módulos de señales convencionales, donde hay módulos de E/S discretas y analógicas conectados. La modularidad es la llave de la flexibilidad del DFI302. De esta forma como todos los módulos incluyendo la fuente de poder de Fieldbus el DFI302 se transforma en una sola unidad.

Debido a la modularidad, el DFI302 está disponible en diferentes tipos según el desempeño y opciones de red, y con una fuente de impedancia estándar y barreras de seguridad. Un completo rango de módulos de E/S convencionales está disponible para el subsistema de E/S.

El cableado para la alimentación y el canal H1 se hace usando conectores, haciendo así una tarea fácil y confiable la remoción e inserción. Los conectores tienen un formato especial para evitar que sean insertados en el módulo incorrecto. Siempre se conectarán correctamente, eliminando el riesgo de aplicar alto voltaje a una terminal de bajo voltaje. La fuente de poder del DFI302 también se conecta directamente en el rack formando así una unidad integral. No se necesitan fuentes adicionales. La fuente de alimentación tiene LEDs integrados para diagnóstico indicando operación normal o falla, lo que hace la solución de problemas mucho más fácil, especialmente en un sistema con muchas unidades.

Existe también un fusible externo localizado en el lado de la línea que puede ser reemplazado sin remover la fuente de poder o desconectar cualquier cable. Un amplio rango de voltaje y frecuencia de operación, hace que un solo modelo se pueda acomodar para su uso en cualquier parte del mundo, e ideal para aplicaciones donde la línea de alimentación es inestable. No hay necesidad de apagar ni desconectar el sistema para hacer cambio de cableado.

Integridad del sistema a todos los niveles.

La interrupción inesperada del control puede ser peligrosa y muy costosa. Por tanto el DFI302 ha sido diseñado para asegurarse de que el SYSTEM302 tiene múltiples capas de seguridad y hace posible construir un sistema tolerante a fallas otorgando así un control ininterrumpido.

Otra de las grandes ventajas teniendo el control distribuido en los dispositivos de campo, es que debido a que no hay una unidad controladora, el controlador no puede fallar, haciendo así el lazo más confiable. Otra ventaja sobre los DCS y PLC tradicionales es que el número de módulo y otros componentes es minimizado, reduciendo la probabilidad de falla. Dos DFI302 idénticos pueden ser conectados en paralelo para ofrecer la funcionalidad de la redundancia. Una clave para la tolerancia a fallas es que el primario y el respaldo están físicamente por separado, para eliminar causas comunes de falla. Porque ellos tienen racks separados y pueden ser montados en gabinetes separados, ellos no estarán sujetos a las mismas condiciones, de interferencia o cambios de voltaje. El DFI302 hace posible la redundancia a cualquier nivel:

A nivel de campo:

- Transmisores redundantes.
- Redundancia en sensores.
- Segmentación de lazos críticos.
- Condición de falla segura en los transmisores de campo independientes del controlador. A nivel de Fieldbus H1.
- Fuente de poder redundante para los equipos.
- Link máster de respaldo. A nivel del DFI302.
- DFI302 tiene fuentes de poder redundantes.
- Enlace de Ethernet y puente LAS redundante.

A nivel de red de control:

- Cableado de red redundante.
- Nodo único por segmento.
- Hub de red redundante.
- Fuente de poder del hub redundante.

A nivel de estación de trabajo:

- Múltiples estaciones de operación.
- Doble tarjeta de red por estación.
- Múltiples discos duros.
- UPS redundante.

Niveles de redundancia.

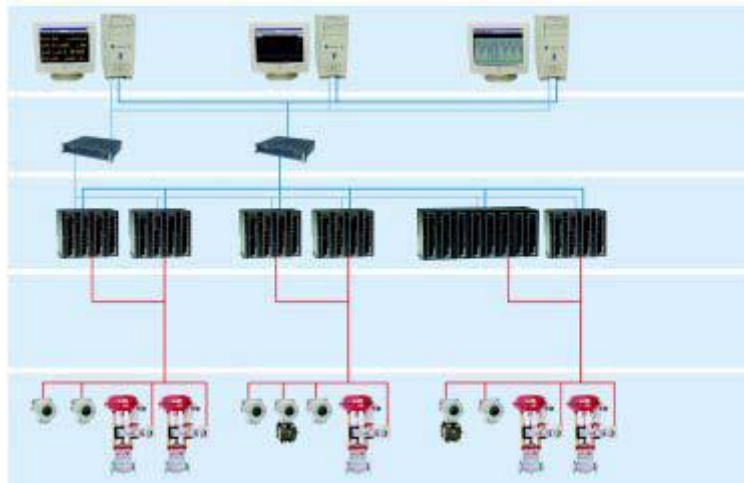


Figura 1.12. Nivel de Redundancia.

Usted se puede relajar estando seguro de que su DFI302 es tolerante a fallas y otorga un buen nivel de seguridad, y también una gran disponibilidad, reduciendo pérdidas debidas a paros. Virtualmente imbatible, usted puede disfrutar de un control seguro en todo momento. Debido a que el auto diagnóstico en cualquier parte del sistema, el operador será notificado en caso de alguna falla.

Robustez industrial.

En aplicaciones de control críticas se requiere un alto nivel de seguridad y estabilidad que no pueden ser alcanzados por una PC. Los procesadores de PC y sistemas operativos de PC fueron diseñados para aplicaciones menos críticas con énfasis en gráficas y con menor robustez que la requerida para control. Las PCs necesitarían ser reinicializadas después de una falla de poder o congelamiento. Tal arquitectura no es adecuada para una planta.

En lugar de eso el DFI302 se basa en un procesador RISC de 32 bits superescalar y con grado industrial operando en tiempo real en modo multitarea diseñado especialmente para aplicaciones

críticas y operación ininterrumpida. Verdadero desempeño en tiempo real asegura control preciso. Esta plataforma requiere menor memoria, haciendo de esa forma más confiable.

Ejemplo: el DFI302 no es un PLC por software. El DFI302 no tiene partes móviles como ventiladores o discos duros.

El DFI302 usa un procesador industrial integrado y sistema operativo diferente del de las aplicaciones de escritorio.



Figura 1.13. Procesador del DFI 302

Fácil de usar.

Debido a que el DFI302 es una unidad en sí, menos módulos son necesarios y se eliminan los accesorios externos, resultando en menos cableado. Detección automática y asignación de direcciones de controladores así como también dispositivos de campo que hace más fácil la instalación, pues no hay DIP switches que acomodar, así que no hay riesgo de duplicidad en direcciones. El DFI302 básicamente no necesita mantenimiento. El firmware del DFI302 está grabado en una memoria flash no volátil y puede fácilmente ser actualizado usando el auxiliar del FBTools. Este ayudante lo guiará paso a paso a través del download haciendo el procedimiento muy fácil de realizar.

Administrar un sistema con muchos DFI302 es mucho más simple, pues el número de serie, así como otra información de diagnóstico e identificación puede ser accesada a través del software SYSCON de ingeniería y mantenimiento. EL ayudante del FBTools es también usado para diagnósticos de bajo nivel de hardware.

Escalable.

Expandir el System302 es muy fácil a un costo mínimo. Hacer crecer el sistema es tan fácil como conectar DFI302 adicionales y conectar los instrumentos de campo a él. Con cada DFI302 solo necesita conectar cuatro canales FF H1, pero puede agregar hasta 64 instrumentos. No podría ser más fácil. Porque es tan compacto, cabe en casi cualquier espacio de gabinete, así que no se requeriría espacio adicional para él. El servidor OLE tiene un sistema de licencia muy fácil basado en el número de bloques de función.

Es más, no se necesita hardkey. El System302 inicia con pocos bloques de tal forma que pueda iniciar pequeño con solo una planta piloto, o una unidad independiente, o hasta miles de bloque de tal forma que pueda crecer a lo grande. La expansión es fácil y barata. Las partes existente no se eliminan. Es un sistema para siempre.

Interfaz Fieldbus H1.

Administrar un sistema con muchos DFI302 es mucho más simple, pues el número de serie, así como otra información de diagnóstico e identificación puede ser accesada a través del software SYSCON de ingeniería y mantenimiento. EL ayudante del FBTools es también usado para diagnósticos de bajo nivel de hardware.

Los cuatro puertos H1 son aislados galvánicamente uno de otro, del canal Ethernet y de otras partes del DFI302 previniendo así lazos aterrizados. Los puertos son pasivos, es decir, no requiere alimentación del bus.

Maestro de comunicación.

El DFI302 tiene capacidad para ser maestro de comunicación y realizar la función de LAS para los cuatro buses conectados a los puertos. Esencialmente el LAS es el maestro activo del control de comunicación en los canales H1.

El DFI302 también maneja la red H1 Fieldbus, siendo el responsable por monitorear y diagnosticar a la comunicación. Los errores de comunicación son indicados por los LEDs en el panel frontal. Claramente indican la comunicación activa o la falla en la comunicación de los canales FF H1, haciendo de esa forma más fácil identificar el problema en un lazo, aún en sistemas muy grandes. El estado de la comunicación se puede ver con diferentes niveles de

detalle desde la estación de trabajo. Los errores se graban con su horario haciendo fácil de determinar qué equipo de campo tuvo el problema y cuando ocurrió.

Control en el campo.

El DFI302 hace posible el control en el campo al ser capaz de manejar estrategias de control sofisticadas de muchos bloques de función y links de comunicación entre transmisores y elementos finales de control, y dando al operador acceso a los modos, setpoints y parámetros de sintonía, etc.

A través del DFI302 un amplio rango de bloques de función se puede instanciar en los instrumentos de campo que tengan esa capacidad. En combinación con los poderosos instrumentos de campo, usted puede construir sistemas que cumplan y excedan la capacidad de DCS y PLC. En la arquitectura del SYSTEM302 el control es típicamente distribuido en los instrumentos de campo alcanzando así la integridad de lazo, conllevando a un control más seguro y confiable todo el tiempo. Este esquema provee verdadero control paralelo y una muy alta capacidad aún con baja carga en el controlador. En el SYSTEM302 los dispositivos de campo agregados significan más recursos, esto es opuesto a los controles propietarios, donde esto significa menos recursos.

Redundancia en interfaz.

Dos DFI302 idénticos pueden ser conectados al mismo Fieldbus en paralelo, asegurando que hay dos vías de comunicación hacia los instrumentos de campo. El cambio de una vía a otra es totalmente automática y sin sobresaltos.

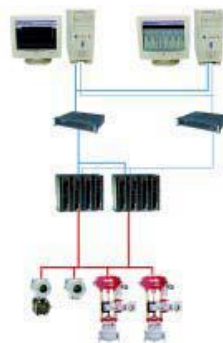


Figura 1.14. Sistemas Redundantes

El DFI302 también trabaja de la mano con otros dispositivos con Link Master conectados a la misma red Fieldbus tal como otro DFI302 o algún equipo de campo para proveer varios niveles de redundancia en LAS. Si el controlador DFI302 falla o es accidentalmente removido, otro Link Máster automáticamente se convierte en LAS. Una vez que el problema ha sido corregido, el LAS automáticamente retorna al DFI302. El cambio es sin sobresaltos.

La administración de la comunicación y la funcionalidad del cambio de LAS a través de los cuatro canales Fieldbus se maneja completamente automática desde el DFI302. Solo uno de los DFI302 funciona como el LAS en un tiempo, si por alguna razón se indispone para realizar esta función en cualquier momento, el siguiente DFI302 automáticamente toma la función. Los LEDs indican que canal H1 está activo o fallado.

Field Bus Plug and Play.

Usando el DFI302 es tan fácil instalar y comisionar las redes y dispositivos porque los detecta automáticamente, identifica y asigna las direcciones al instrumento apenas se conecta a uno de sus puertos. El sistema requiere solo un mínimo de configuración manual. El Live list elimina la necesidad de la identificación de los instrumentos, facilitando la solución de problemas.

Puente FieldBus H1.

Los datos son transportados de un puerto H1 a cualquier otro en el sistema para permitir que un equipo de una red Fieldbus se comunique con otro en una red diferente, o inclusive en un DFI302 diferente pero en la misma red HSE. El DFI302 maneja la comunicación en forma autónoma para que el usuario no tenga que realizar ninguna configuración en especial.

Punteo entre canales y entre DFI302.

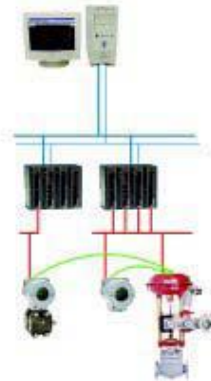


Figura 1.15. Punteo entre Canales

La capacidad de punteo permite la integración de controles entre las áreas de la planta. La configuración del software está estructurada de acuerdo a la jerarquía ISA S88.01, haciendo fácil manejar los lazos distribuidos a lo largo de la planta independientemente de donde este físicamente. Debido a que hay DFI302 redundantes conectados en paralelo, se puede tener certeza de que hay en el punteo también.

1.2.5.1.1.- Características técnicas generales.

Condiciones ambientales.

Operación 0-60 °C, 20-90% RH sin condensado

Almacenaje -20.80 °C, 20-90% RH sin condensado

Dimensiones físicas.

Un rack 163 x 149 x 138 mm (max). para 4 módulos Múltiples (N)

N * 163 x 149 x 138 mm (max). racks

Controlador

Tipo 32-bit RISC.

Desempeño.

50 MIPS. Sostenido.

Código de memoria 2MB, 32-bit Flash Memory (firmware escalable).

Datos de memoria 2MB, 32-bit NVRAM (retención de datos y configuración).

Excepción del módulo DF31

-20° -25 °C, 20-90% (para alcanzar 10 años de vida en la batería).

Número de puertos 4, independientes con DMA

Norma de la capa física ISA-S50.02-1992

Interfaz Fieldbus.

Baud Rate 31.25Kbps (H1)

Tipo de MAU Passive (no alimentada por bus)

Seguridad intrínseca No cumple

Aislamiento 500 Vac (cada canal)

Voltaje/Corriente de

+5V \pm 5% / 0.95A (típica).

Operación.

Conector ethernet RJ-45.

Conector EIA-232 RJ-12.

Entrada AC 90 a 260 Vac a 47 a 440 Hz.

Entrada DC 127 a 367 Vdc.

Máximo 45 Watts consumo

Voltaje de salida 24 Vdc \pm 1% para carga 0, para carga máxima entre 90~260 Vac.

Corriente de salida 0 a 1.5 A.

Rizo 20 mvpp

Alarma de salida 1 A, 30 Vdc SPST, cerrada a falla

Entrada 90~260 Vac.

Salida 5V @ 3A, 24V @ 0.3A.

Máximo

35 A. Consumo

1.2.5.1.2.- Arquitectura básica del Controlador DFI 302

DFI 302 representa el Hardware de SYSTEM 302, su aplicación se centra en el manejo, control, monitoreo, mantenimiento y operación de una planta; tiene una arquitectura modular y puede ser expandible; la configuración básica consta de 4 módulos:

1. DF50 (Power Supply for Backplane): Este módulo se encarga de la fuente de alimentación del DFI302.
2. DF51 (Powerful CPU Module): Este módulo es el que conecta el CPU con DFI302
3. DF52 (Power Supply for Fieldbus): Este módulo energiza las redes de Fieldbus
4. DF53 (Power Supply Impedance for Fieldbus): Este modulo provee la impedancia necesaria a las redes Fieldbus.

Originalmente el DFI302 fue diseñado para trabajar con instrumentos Fieldbus, sin embargo muchas veces se requiere trabajar con instrumentos que no tienen comunicación Fieldbus, es así que DFI302 puede ser expandible para abarcar estos instrumentos; en el caso del prototipo aparte de estos 4 módulos, se puede expandir hasta 14 rack con cuatro slot cada uno (en cada Slot se incorpora una tarjeta de E8S, de comunicaciones, de regulación, etc.).

En la siguiente figura mostramos una configuración básica de la DFI conectada a un bus o segmento H1 y mediante Ethernet al nivel superior o de supervisión.

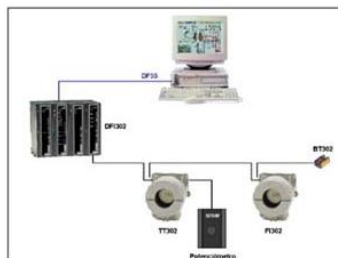


Figura 1.16. Configuración básica tradicional DFI 302

1.2.5.1.3.- Terminador Fieldbus BT302

El dispositivo es un terminal Fieldbus proyectado específicamente para aplicaciones en plantas industriales. Fue creado de acuerdo a la norma ISA-S50.02-1992 (IEC 1158-2) y puede ser

utilizado tanto en áreas seguras como también peligrosas, según la especificación de normas de seguridad intrínseca.

Este concepto es bastante simple, consiste en una red RC con resistor de 100Ω en serie con un capacitor de $1\mu\text{F}$. Estos componentes utilizados son de alta precisión y de poca variación en temperatura. El circuito RC serie está acondicionado en un estructura de fácil instalación.



Figura 1.17. BT302 Terminal de Operador

Muchos más detalles técnicos y teóricos sobre la DFI302 de SMAR se pueden encontrar en la literatura [4].

1.2.6. Sistemas de adquisición mediante SCADAs

En este nivel se encuentra los elementos de hardware y software que nos permiten interactuar con el sistema de control para convertir a éste en una herramienta propia para las operaciones del área automatizada.

La palabra SCADA proviene de las siglas en inglés *Supervisory Control And Data Acquisition*, (Control Supervisor y Adquisición de datos), la cual constituye una aplicación o conjunto de aplicaciones de software especialmente diseñada para funcionar sobre ordenadores de control de producción, con acceso a la planta mediante la comunicación digital con los instrumentos y actuadores, e interfaz gráfica de alto nivel con el usuario (pantallas táctiles, ratones o cursores, lápices ópticos, etc.). La interconexión de los sistemas SCADAs también es propia, se realiza una interfaz del PC a la planta centralizada cerrando el lazo sobre el ordenador principal de supervisión.

1.2.6.1. Características de un sistema SCADA.

Lo que hace de los sistemas SCADA una herramienta diferenciadora es la característica de **control supervisado**. De hecho, la parte de control viene definida y sometida por el proceso a controlar, y en última instancia, por el hardware e instrumental de control (PLCs, armarios de control, etc.) o los algoritmos lógicos de control aplicados sobre la planta los cuales pueden existir previamente a la implantación del sistema SCADA, el cual se instalará sobre y en función de estos sistemas de control.

La labor del supervisor representa una tarea delicada y esencial desde el punto de vista normativo y operativo; de ésta acción depende en gran medida garantizar la calidad y eficiencia del proceso que se desarrolla. En el supervisor descansa la responsabilidad de orientar o corregir las acciones que se desarrollan, por lo tanto tenemos una toma de decisiones sobre las acciones últimas de control por parte del supervisor, que en el caso de los sistemas SCADA, estas recaen sobre el operario.

En los sistemas SCADA, se utiliza un HMI interactivo el cual permite detectar alarmas y a través de la pantalla solucionar el problema mediante las acciones adecuadas en *tiempo real*. Esto otorga una gran flexibilidad a los sistemas SCADA. En definitiva, el modo supervisor del HMI de un sistema SCADA no solamente señala los problemas, sino lo más importante, orienta en los procedimientos para solucionarlos.

A menudo, las palabras SCADA y HMI inducen cierta confusión en los profanos (frecuentemente alentada por los mismos fabricantes en su afán de diferenciar el producto o exaltar comercialmente el mismo). Cierto es que todos los sistemas SCADAs ofrecen una interfaz gráfica PC-Operario tipo HMI, pero no todos los sistemas de automatización que tienen HMI son SCADA. La diferencia radica en la función de supervisión que pueden realizar estos últimos a través del HMI.

A continuación mostraremos algunas de las opciones propias de los SCADAs:

- **Adquisición y almacenado de datos**, para recoger, procesar y almacenar la información recibida, en forma continua y confiable.

- **Representación gráfica y animada** de variables de proceso y monitorización de éstas por medio de alarmas.
- **Ejecutar acciones de control**, para modificar la evolución del proceso, actuando bien sobre los reguladores autónomos básicos (consignas, alarmas, menús, etc.) bien directamente sobre el proceso mediante las salidas conectadas.
- **Arquitectura abierta y flexible** con capacidad de ampliación y adaptación.
- **Conectividad** con otras aplicaciones y bases de datos, locales o distribuidas en redes de comunicación.
- **Supervisión**, para observar desde un monitor la evolución de las variables de control.
- **Transmisión**, de información con dispositivos de campo y otros PC.
- **Base de datos**, gestión de datos con bajos tiempos de acceso. Suele utilizar ODBC.
- **Presentación**, representación gráfica de los datos. Interfaz del Operador o HMI (Human Machine Interface).
- **Explotación** de los datos adquiridos para gestión de la calidad, control estadístico, gestión de la producción y gestión administrativa y financiera.
- **Alertar al operador** de cambios detectados en la planta, tanto aquellos que no se consideren normales (alarmas) como cambios que se produzcan en la operación diaria de la planta (eventos). Estos cambios son almacenados en el sistema para su posterior análisis.

1.2.6.2.- Selección de sistema SCADA.

Para evaluar si un sistema SCADA es necesario para manejar una instalación dada, el proceso a controlar debe cumplir las siguientes características:

- El número de variables del proceso que se necesita monitorear es alto.
- El proceso está geográficamente distribuido. Esta condición no es limitativa, ya que puede instalarse un SCADA para la supervisión y control de un proceso concentrado en una localidad.

- La información del proceso se necesita en el momento en que los cambios se producen en el mismo, o en otras palabras, la información se requiere en tiempo real.
- La necesidad de almacenamiento de la información. Realización de análisis estadísticos en tiempo real o de forma histórica.

La complejidad y velocidad del proceso permiten que la mayoría de las acciones de control sean iniciadas por un operador. En caso contrario, se requerirá de un Sistema de Control Automático, el cual lo puede constituir un Sistema de Control Distribuido, PLC's, Controladores a Lazo Cerrado o una combinación de ellos.

1.2.6.3.- Tipos de SCADAs.

Podemos encontrar una comparativa entre los software SCADA más importantes actualmente existentes en el mercado (CX-Supervisor, All-Done, Intouch, Win CC y Vijeo Look).

Se puede mencionar algunos programas de SCADAS, o que incluyen parte de estos son:

- Aimax, de Desin Instruments S. A.
- CUBE, Orsi España S. A.
- FIX, de Intellution.
- Lookout, Nacional Instrument.
- Monitor Pro, de Schneider Electric.
- SYSMACS SCS, de Omron.
- Scatt Graph 5000, de ABB.
- Eros, de la División de Automatización de SERCONI, Cuba
- Citec, de SCADA de propósito general. Australia.

Hasta aquí todo lo relacionado con la teoría necesaria para comprender y entender todo lo relacionado con el “Banco de Automatización Industrial con Tecnología de Bus de Campo Fieldbus Foundation que en lo sucesivo detallamos.

En el siguiente capítulo daremos a conocer la arquitectura del sistema de control y la selección de todos los equipos que se utilizaron en la construcción del Banco de Automatización Industrial.

***CAPITULO II:
ARQUITECTURA DEL BANCO
DE AUTOMATIZACIÓN***

2.1. Introducción.

En el presente capítulo abordaremos todo lo relacionado con la construcción del Banco de automatización con tecnología de bus de campo FF, es decir, la selección del equipamiento tecnológico y todos los dispositivos que conforman los tres niveles del sistema de automatización y finalmente su proceso de montaje.

La construcción de esta mini instalación industrial es de vital importancia ya que contribuye notablemente en el perfeccionamiento tecnológico del laboratorio de automatización del Área de las Energías, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables de la Universidad Nacional de Loja desde donde en un futuro se puede centralizar toda la automatización de los diferentes objetos de obra que conforman la propia universidad. Será además el centro para la preparación y formación profesional de estudiantes, profesores y demás profesionales en las especialidades de la automatización industrial y afines.

2.2.- Selección del equipamiento

Para construir el banco de automatización respondiendo a las premisas de diseño descrita en el capítulo anterior, hubo que realizarse una correcta selección de todos los dispositivos de hardware que conformarían el banco, es decir primeramente aquellos que conforman la instalación tecnológica como tal y posteriormente los que conformarían el sistema de control.

2.2.1. Equipos tecnológicos

Como bien es conocido el proceso tecnológico escogido se basa en un sistema sencillo de recirculación de agua entre dos tanques TK1 y TK2 mediando entre ellos una bomba centrífuga BO1. Ver figura 2.1.

La succión de agua en el tanque 1 se consigue con la apertura de la válvula solenoide VS1 y su descarga con VS3, la del tanque 2 con VS2 y su descarga con VS4. La operación coordinada entre estas 4 válvulas permite recircular con la bomba B01 agua en un mismo tanque o entre los dos.

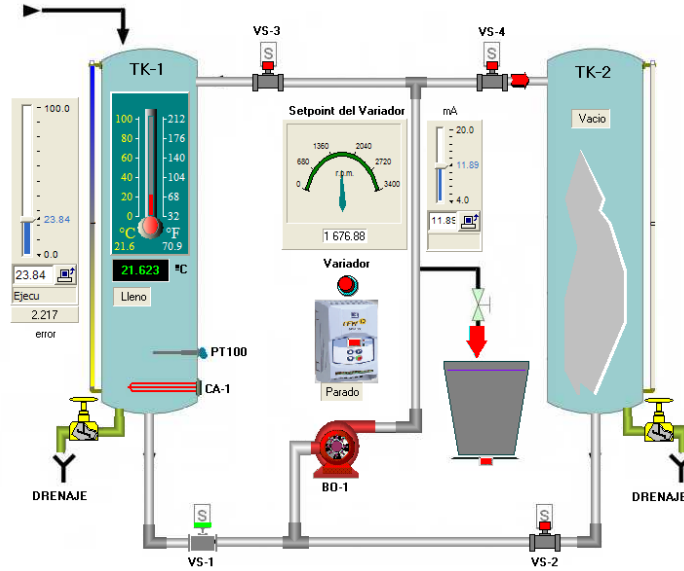


Figura 2.1.- Proceso tecnológico del Banco de Automatización

Puede verse claramente que como equipamiento tecnológico tenemos:

- a) Los dos tanques TK1 y Tk2.
- b) La bomba centrífuga.

2.2.1.1.- Selección de los Tanques de Almacenamiento de Líquido

Decidimos diseñar y construir un banco de automatización con fines didácticos y para ello requeríamos de la construcción de dos tanques con las dimensiones apropiadas, es decir que dispusiera de una cantidad no muy grande de líquido pero que se permitiera observar el proceso de bombeo y circulación de ambos tanques.

Como por diseño se quería que el volumen total fuese aproximadamente unos 150litros, realizamos los cálculos siguientes partiendo de estos valores y haciendo uso de la siguiente formula:

$$V = A * H = \frac{\pi * d^2}{4} * H \dots\dots\dots[2.1]$$

Donde: A área del tanque en m²; H la altura en m y V el volumen en m³.

Despejando y asumiendo una altura máxima del tanque de 1.2m, el diámetro del mismo sería:

$$d = \sqrt{\frac{4*V}{\pi * H}} = \sqrt{\frac{4*0.150}{3.14*1.2}} = 0.4m = 40cm \dots\dots\dots [2.2]$$

Luego las dimensiones constructivas de los tanques se fijaron en:

Altura: 1,2 metros; *Diámetro:* 40 centímetros; *Tipo de material:* acero galvanizado

Se escoge el acero galvanizado por que el líquido a utilizar es un fluido noble (agua potable) y este material es uno de los más accesibles y económicos.

2.2.1.2.- Selección de la Bomba de Agua

La selección de la bomba se la hizo tomando en consideración, a la presión, altura, caudal y el liquido a utilizar que en nuestro caso es agua potable, en vista de que las especificaciones técnicas mencionadas debían responder a las condiciones iniciales de diseño, recalculamos la potencia eléctrica de la bomba para seleccionarlas de las disponibles en el mercado. Para ello nos auxiliamos de la siguiente expresión:

$$P = \frac{Q * h * \rho}{Coef * \eta} \dots\dots\dots [2.3]$$

Donde: Q caudal de la bomba en m3/h; h la altura de impulsión en metros; ρ la densidad del fluido y η el rendimiento de la bomba.

Para seleccionar la bomba que más se ajuste a los datos de diseño, debemos asumir una columna de impulsión de la bomba de 35m, un rendimiento de un 85% si tenemos en cuenta que utilizaremos un convertidor de frecuencia, y la densidad del agua e 1kg/m³.

Sustituyendo en 2.3 tenemos:

$$P = \frac{1.92 * 35 * 1}{Coef * 0.85} = 0.290kW \dots\dots\dots [2.4]$$

Después de una búsqueda exhaustiva en los mercados de la región encontramos finalmente una bomba centrífuga que presentaba las siguientes características técnicas:

- ✓ Caudal: $Q = 32$ litros/m = aproximadamente unos $1.9\text{m}^3/\text{h}$.
- ✓ Altura máxima de impulsión = 35mt.
- ✓ Tensión de alimentación de la red eléctrica = 220Vca, Tres fases.
- ✓ Potencia= $\frac{1}{2}$ Hp (375W)
- ✓ Intensidad Nominal= 3.5Amp.
- ✓ Velocidad lineal= 3400 revoluciones/ minuto
- ✓ Nivel de protección IP=44
- ✓ Con tubería en succión y descarga de 1". Por lo tanto necesariamente se puso un reductor de 1" a $\frac{1}{2}$ " en la entrada y salida de la misma. La misma puede apreciarse en la siguiente figura.



Figura 2.2. Bomba de agua trifásica

2.2.2.- Selección del Hardware del Sistema de Control

Recordemos que dentro de los elementos de hardware que conforman la arquitectura del sistema de control del banco se encuentran los instrumentos de campo (sensores y actuadores), los de control y procesamiento del nivel intermedio y finalmente la computadora escogida para correr las aplicaciones de adquisición en tiempo real como son los SCADAs correspondientes al nivel superior o de supervisión.

Hemos definido como sensores del banco a los instrumentos utilizados para la medición de nivel y de temperatura en los tanques TK1 y TK2.

2.2.2.1.- Sensores de nivel.

Recordemos que hemos escogidos dos tipos diferentes de sensores para la medición de nivel en ambos tanques, un primer nivel que es un indicador local que indica de manera continua el nivel en un bulbo plástico que se ha fijado a un costado de cada tanque, y como dispositivo que informa al sistema intermedio mediante la posición de una señal discreta tenemos a los interruptores de nivel.

Pudieron emplearse otros principios de medición pero los factores que más influyeron fueron la disponibilidad física en los mercados de la región de Loja y el valor económico.

El indicador de nivel fue más económico construirlo con nuestros propios recursos proporcionándonos la medición continua de nivel del líquido existente en ambos tanques sin descuidar los requisitos de montaje. En la figura 2.2 se puede apreciar este dispositivo de medición.



El interruptor de nivel fue adquirido en los mercados regionales con contactos libres de potencial normalmente abiertos y cerrados, con un sistema de dos bollas que establece un rango en el cual se declara el nivel mínimo (las dos bollas quedan totalmente colgadas por su propio peso) y otro cuando ambas quedas sumergidas por el nivel de agua (nivel máximo).

2.2.2.2.- Los sensores de temperatura PT100

Como sensor de temperatura escogimos un termo elemento del tipo PT100 por ser estos los más ultimados y los de mayor disponibilidad en el mercado, además se disponía de uno en el laboratorio que felizmente pudimos utilizar.

Es una PT100 del Fabricante Siemens, con un rango de medición de 0 a 500°C, con conexión a tres hilos, sin convertidor incorporado, con rosca 1/2NPT para la conexión eléctrica y 1 pulgada recta para la conexión al proceso.

Características técnicas:

Resistencia de platino

Resistencia de 100Ω a 0°C

Vaina EN SS316

Aplicación en procesos de producción de alimentos, medición ambiental e industrial

Dimensiones 300 mm de largo.

Pero las señales de los sensores de por si solas no llegan al nivel intermedio de las arquitecturas de los sistemas de control sino que requieren de otros dispositivos que son los encargados de adecuar a las mismas a valores normalizados internacionalmente. Estos también son dispositivos de campo y conforman los diferentes lazos de medición y control según sea el caso. Veamos a continuación los dispositivos de este tipo tenidos en cuenta en la construcción del banco de automatización con tecnología FF.

2.2.2.3.- Convertidores o transmisores inteligentes.

En tópicos anteriores hemos planteado que los lazos de medición de temperatura así como el control remoto que se efectúa de manera continua sobre el variador de velocidad emplean ambos transmisores inteligentes que convierten la señal física, en el caso de a señal de temperatura al estándar en Fieldbus (TT302) y el otro (FI302) convierte la señal de mando proveniente del Fieldbus en una señal de corriente 4-20mA. Veamos a continuación algunas de las características más importantes de cada uno de los transmisores utilizados.

Selección del transmisor TT302

El TT302 es el transmisor inteligente de SMAR pertenecientes a la serie TT300 y que corresponde con el bus que hemos seleccionado para nuestro trabajo que es el Fieldbus Foundation. En tal sentido y teniendo en cuenta la tabla de selección (tabla 2.1) de estos dispositivos, escogimos el código de selección con el cual adquirimos el transmisor que más se adecuaba a nuestras condiciones.

Tabla 2.1.- Selección comercial de los transmisores de la serie TT300.

MODEL	TEMPERATURE TRANSMITTER													
TT301 TT302 TT303	HART® 5.4 to 20 mA Foundation Fieldbus™ PROFIBUS PA													
COD. Local Indicator														
0 Without Indicator 1 With Digital Indicator														
COD. Mounting Bracket														
0 Without Bracket 2 316 SST Bracket 1 Carbon Steel Bracket 7 Carbon Steel Bracket with 316 SST Fasteners														
COD. Set this code as "1" for TT301 and exclude for the others														
COD. Electrical Connections														
0 1/2 - 14 NPT 3 1/2 - 14 NPT X 1/2 BSP (316 SST) - With adapter (2) Z According to user's notes 1 1/2 - 14 NPT X 3/4 NPT (316 SST) - With adapter (2) A M20 x 1.5 2 1/2 - 14 NPT X 3/4 BSP (316 SST) - With adapter (2) B Pg 13.5 DIN														
COD. Housing Material														
H0 Aluminum H1 316 SST														
COD. Identification Plate														
I1 FM: XP, IS, NI, DI, IP I2 NEMKO: EEEx-d, EEEx-ha, IP I3 CSA: XP, IS, NI, DI, IP I4 EXAM (DMT): EEEx-ha, IP I5 CEPEL: Ex-d, Ex-ha, IP I6 EXAM (DMT): Group I, M1 EEEx-ha I7 CEPEL: Ex-d, IP (4) I8 Without Certification I9 IE, NEPSI: Ex-ha (3)														
COD. Tag Plate														
J0 With tag, when specified (Default) J2 According to user's notes J1 Blank														
COD. Sensor Connection														
L2 2-wire LF Differential L3 3-wire LD Double 2-wire (3) L4 4-wire														
COD. PID Configuration - Only available for TT301														
M0 With PID (Default) M1 Without PID														
COD. LCD1 Indication - Only available for TT301														
Y0 LCD1: Percentage (Default) Y3 LCD1: Temperature (Engineering Unit) Y1 LCD1: Current - I (mA) Y4 LCD1: According to user notes (1)														
COD. LCD2 Indication - Only available for TT301														
Y0 LCD2: Percentage (Default) Y8 LCD2: Temperature (Engineering Unit) Y4 LCD2: Current - I (mA) Y9 LCD2: According to user notes (1)														
COD. Painting														
P0 Gray Munsell N 5.5 Polyester (Default) P6 Yellow Polyester PC Safety Blue Polyester - P8 Black Polyester P9 Without Painting Electrostatic Painting P4 White Epoxy P8 Safety Blue Epoxy - Electrostatic Painting														
COD. Sensor Type														
T1 RTD Cu10 - GE TA Thermocouple type B - NBS TJ Thermocouple type K - DIN T2 RTD Ni120 - DIN TB Thermocouple type E - NBS TL Thermocouple type S - DIN T3 RTD PT50 - IEC TC Thermocouple type J - NBS TM Thermocouple type T - DIN T4 RTD PT100 - IEC TD Thermocouple type K - NBS TN 100 Ohm T5 RTD PT500 - IEC TE Thermocouple type N - NBS TO Special Ohm T6 RTD PT50 - JIS TF Thermocouple type R - NBS TG 22 mV T7 RTD PT100 - JIS TH Thermocouple type S - NBS TR 100 mV T8 2K OHM TI Thermocouple type T - NBS TS 500 mV T9 400 OHM TT Thermocouple type J - DIN TT Special mV														
COD. Burn-out - Only available for TT301														
BD Up Scale BU Down Scale														
TT301	1	2	1	0	H1	I1	J0	L2	M0	Y0	Y0	P8	T1	BU
TT302	1	2		0	H1	I1	J0	L2				P8	T1	
TT303	1	2		0	H1	I1	J0	L2				P8	T1	

Según la tabla de selección anterior el transmisor de temperatura escogido fue:

Código de selección: TT302 1 0 0-0 H0 I1 J1 L2 PB T4

Resumiendo: Con este código hemos especificado un transmisor FF, con indicador local, material del cuerpo de aluminio, de color gris, con conexión eléctrica ½ pulgada NPT, etc. Ver detalles de la tabla 2.1. Más detalles ver [4].

Selección del transmisor FI302



El FI302 es el transmisor que convierte las señales del bus Fieldbus Foundation en salidas de corriente estándar de 4-20mA (3 lazos de corriente). Es la interfase que hemos utilizado para poder controlar desde el bus al variador de velocidad. Su selección se realiza de manera análoga al transmisor de temperatura.

Tabla 2.2.- Selección comercial de los transmisores FI302.

MODELO FI302		CONVERSOR DE FIELDBUS PARA CORRENTE	
COD.	Indicador Local		
0	Sem Indicador		
1	Com Indicador Digital		
COD.	Suporte de Fixação		
0	Sem Suporte		
1	Suporte em Aço Carbono		
2	Suporte em Aço Inox		
COD.	Conexão Elétrica		
0	½ - 14 NPT		
A	M20 X 1,5		
B	Pg 13,5 DIN		
COD.	Itens Opcionais *		
H1	Invólucro em Al 316		
A1	Paraf./Porcas Al 316		
ZZ	Opções Especiais - Especificar		

FI302	-	1		0	-	0	/	*	←	MODELOS TÍPICOS
-------	---	---	--	---	---	---	---	---	---	-----------------

* Deixar em branco se não houver itens opcionais.

Según la tabla de selección 2.2. el convertidor de corriente escogido fue:

Código de selección: FI302 - 1 0 – 0 / H0

Es decir, un convertidor, con display incluido, sin soporte de fijación, con conexión eléctrica ½ pulgada NPT, con caja de aluminio. Mayores detalles técnicos del convertidor se pueden encontrar en [4].

2.2.2.4.- Los actuadores del banco de automatización

Hemos definido con anterioridad dos tipos diferentes de actuadores que forman parte del sistema de control del banco, los que responden a señales discretas como el calentador de agua y las válvulas solenoides y los que responden a variables continuas como el variador de velocidad.

2.2.2.4.1.- Calentador de agua.

El calentador utilizado es uno de los disponibles en el mercado, se basa en el principio eléctrico de una resistencia de calentamiento de micrón, las características técnicas del mismo son las siguientes:

- ✓ Tensión: 220Vca, 60Hz,
- ✓ Potencia Eléctrica: 1500W
- ✓ Conexión al proceso: Rosca recta 1.5 pulgada.

Este principio es el que mejor se adapta a las condiciones tecnológicas del tanque pues contamos con la fuente de energía que se utiliza no solo para alimentar el calentador sino el resto de los dispositivos que conforman la automática del banco.

2.2.2.4.2.- Válvulas solenoides

Los otros actuadores discretos del banco son las válvulas solenoides, la selección de las mismas se basó en el diámetro de la tubería, la tensión de alimentación, la posición inicial del vástago y el tipo de efecto, en nuestro caso simple efecto.



Las características fundamentales de las válvula seleccionadas y adquiridas son:

- ✓ Tipo: Simple efecto. Normalmente cerrada cuando está sin energía.
- ✓ Conexión eléctrica: ½ pulgada recta, con prensa estopa.
- ✓ Tensión de alimentación: 220Vca, 60Hz
- ✓ Diámetro: ½” NPT.

2.2.2.4.3.- Variador de velocidad

Finalmente el único actuador que responde a variables continuas (4-20mA) es el variador de velocidad que hemos concebido inicialmente para poder variar la velocidad de la bomba y con ello el flujo de recirculación de agua del banco de automatización. Fue adquirido localmente.

Para la utilización del variador se tomo en cuenta la potencia de la bomba y los datos de chapa del motor eléctrico de la misma, como requisitos fundamentales para su selección

La utilización principal de este variador es reducir el flujo de agua a través de la variación de la frecuencia que alimenta al motor trifásico de la bomba, esto se debe a que vamos hacer una dosificación manual de recipiente con un control variable de flujo de agua, el cual estará en correspondencia con la velocidad (frecuencia) seteada en el variador de velocidad.

Escogimos un variador de velocidad con entrada monofásica debido a que todo el sistema esta siendo alimentado por una tensión de alimentación de 220VCA monofásica. La carga conectada a la salida del variador es un motor trifásico (con los siguientes Datos: 220VCA, tres fases, 60Hz, 3.5A, 0.375Kw).

Las características fundamentales que se destacan del variador seleccionado son:

Modelo CFW-10

Fabricante: WEG. Brasil.

Tensión de alimentación: 220Vca, 60Hz, dos fases.

Potencia: 1Hp

Salida del motor

Frecuencia: 0-300Hz (± 2 Hz);

Tensión: 220Vca, tres fases,

Sobretensiones Categoría III (EN 61010/UL 508C);

Entrada analógica: 4-20mA (configurable a 0.10Vdc)



2.2.3. Dispositivos de automatización del nivel intermedio

El punto intermedio del sistema de control correspondiente al banco lo constituye fundamentalmente la DFI302, con una arquitectura expandible localmente y al mismo tiempo con la conexión de los canales Fieldbus (como se observa en la figura 2.3), la arquitectura empleada que muestra dos rack de cuatro slot, en el cual en el primer rack se ubica el modulo central de una arquitectura FF donde aparece la fuente **DF50**, el modulo principal del CPU **DF51**, la fuente para los canales FF **DF52** y por ultimo la fuente de impedancia **DF53**.



Figura 2.3. Modulo DFI 302

No obstante como este sistema de control no solamente incluye la arquitectura FF si no que se mezcla los sistemas FF con los clásicos convencionales 4-20mA se utiliza también un segundo rack de expansión de cuatro slot y en el que están ubicados tarjetas de señales de entradas y salidas digitales, y tarjetas de entradas analógicas, los cuales se los describe a continuación.

2.2.3.1.- Tarjeta de Entradas Digitales DF19



Este módulo independiente posee dos grupos de ocho entradas discretas de 240VCA, 60Hz, puede ubicarse en cualquiera de los cuatro (4) slot del rack de expansión. Como la cantidad de señales discretas que finalmente se tratarían eran 14 un solo módulo DF19 alcanzaba para asimilar este nivel de señales.

A este módulo le llegan todas las señales discretas proveniente de los diferentes sensores (interruptores de nivel) y dispositivos que informan al sistema de control (contactos de los contactores, de los relés intermedios) y aquellos que introducen órdenes tales como los interruptores, botones, etc.

Se concibieron inicialmente utilizar dos tarjetas (eran mas de 16 entradas) pero por la limitación de bloques a utilizar por el hecho de no contar con las licencias correspondientes del configurador Syscon tuvimos que utilizar solo una de ella y limitarnos a los 14 variables discretas finales.

2.2.3.2.- Tarjeta de Salidas Digitales DF24

Este otro módulo independiente que posee también dos grupos de ocho salidas discretas de 120/240VCA, 60Hz. Esta puede ubicarse en cualquiera de los cuatro (4) slot del rack de expansión.



Desde este módulo parten las señales discretas para controlar los correspondientes actuadores discretos energizando mayormente relés intermedios en unos casos y contactores en el otro.

Se concibo utilizar solo un módulo de este tipo pues proveniente de los diferentes sensores (interruptores de nivel) y dispositivos que informan al sistema de control (contactos de los contactores, de los relés intermedios) y aquellos que introducen órdenes tales como los interruptores, botones, etc.

2.2.3.3.- Tarjeta de Entradas Analógicas DF44



Es un módulo independiente que posee también un grupo de 8 ocho entradas analógicas que pueden ser configurables para canales de corriente 4-20mA o canales de tensión 0-10Vdc.

Esta tarjeta fue concebida para poder introducir al sistema de control los valores correspondientes a las variables de velocidad de la bomba, la presión y el flujo de agua.

Por limitaciones económicas y por inexistencias en los mercados de la ciudad de Loja nos vimos imposibilitados de incorporar estas señales con sus respectivos sensores en la arquitectura del banco y limitarnos a los actualmente disponibles en el sistema de control.

Hasta aquí hemos vistos los dispositivos de hardware más representativos del sistema de control (los del nivel de campo e intermedio), sin embargo todos ellos requieren ser instalados y

conectados eléctricamente entre si para formar los diferentes esquemas eléctricos con los cuales la programación del sistema automático interactúa para que funcione adecuadamente toda la tecnología del banco de automatización.

Pero antes de mostrar y describir en que consisten estos esquemas eléctricos de interconexión haremos referencia a los dispositivos eléctricos que conforman toda la aparamenta del banco de automatización.

2.2.4.- Aparamenta eléctrica utilizada.

En esta etapa describiremos todo lo correspondiente a la selección de los instrumentos de fuerza, control y sus respectivas protecciones, lo cual se realizó atendiendo al diseño del sistema eléctrico.

2.2.4.1.- Selección de Protecciones.

Para la selección de las protecciones eléctricas de nuestro sistemas nos basamos en la potencia de cada uno de los equipos e instrumento utilizados e instalados en nuestro banco de automatización industrial FF para finalmente seleccionar los siguientes elementos de protecciones, que son:

- Intensidad de corriente del DFI302, 4.5Amp. Para esto utilizamos un interruptor magneto térmico bifásico de 6Amp, para montaje en perfil DIN, marca General Electric.
- Protección contra sobrecarga y cortocircuito de la bomba B0-1, utilizamos un interruptor termo magnético bifásico de 16Amp, para montaje en perfil DIN, marca General Electric.
- Protección cortocircuito del calentador de agua, para ello utilizamos un interruptor termo magnético bifásico de 20Amp tipo riel, DIN 35mm, marca General Electric.

2.2.4.2.- Selección de los dispositivos del esquema de fuerza

- Para el esquema de fuerza tanto para la bomba y para el calentador de agua se utilizaron dos contactores de 220Vca de 16Amp respectivamente, tipo riel DIN35mm.
- Para el accionamiento de las válvulas solenoides se utilizaron cuatro relés uno para cada una respectivamente, ya que las salidas digitales del DFI302 no poseían en sus contactos la suficiente robustez y corriente como para accionar directamente las válvulas.

2.2.4.3.- Selección de instrumentos de mando manual.

- Previmos la necesidad de que el accionamiento de la bomba y de dos de las cuatro válvulas solenoides a parte de que funcionarían en automático también lo hicieran de forma manual.

Esto último para poder realizar pruebas de mantenimiento de la bomba. Para ello utilizamos dos pulsadores, el primero es de arranque o marcha y el segundo es el de parada manual, cada uno con su respectiva señalización con dos luces pilotos (rojo y verde), y para el encendido de las válvulas utilizamos dos interruptores tipo ojo de cangrejo, y un selector para brindar la opción de operación manual y automático, además dispusimos de un dispositivo de presencia que nos indicara si hay recipiente para realizar la dosificación del agua.

2.2.5.- Esquemas eléctricos

La interconexión cableada de todos los dispositivos según las exigencias de los fabricantes es la actividad que complementa de manera práctica todo el conocimiento teórico revisado y adquirido para poder utilizar la tecnología de bus de campo como el centro de la automática de su sistema de control.

Veamos a continuación algunos esquemas eléctricos utilizados en los equipos fundamentales.

2.2.5.1.- Instalación del termo elemento PT100

El termo elemento PT100 utilizado para censar la temperatura real del tanque TK1 se conecta con el transmisor inteligente TT302 mediante una conexión a dos hilos tal y como se muestra en la figura siguiente:

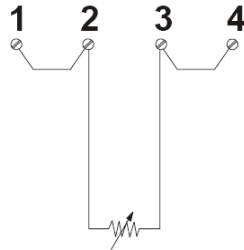


Figura 2.4.- Conexión de la PT100 con el TT302

Los terminales enumerados de 1 a 4 corresponden con los terminales del transmisor inteligente TT302. En la figura 2.5 se puede observar con mayor detalle la conexión completa de los elementos que conforman los lazos de medición.

La PT100 utilizada posee tres conductores para facilitar la conexión a dos y tres hilos y al mismo tiempo el transmisor de temperatura TT302 permite hasta cuatro tipos de conexiones diferentes, de todas escogimos la conexión a dos hilos por su sencillez y porque los valores de temperatura deseados se proporcionan con excelente precisión.

2.2.5.2.- Conexión de los dispositivos de campo

A continuación veremos la interconexión realizada entre todos los dispositivos de campo y el dispositivo de nivel intermedio que conforman el bus de campo Fieldbus Foundation.

Bus de Campo FF:

El bus de campo se activa directamente de unos de los canales H1 de la CPU (DF51) del módulo principal DFI302 (segundo slot), este bus se conecta directamente con la regleta inteligente Relcom y desde ella se conectan independientemente los transmisores Fieldbus (FI302 y TT302) tal y como se muestra en la figura 2.5.

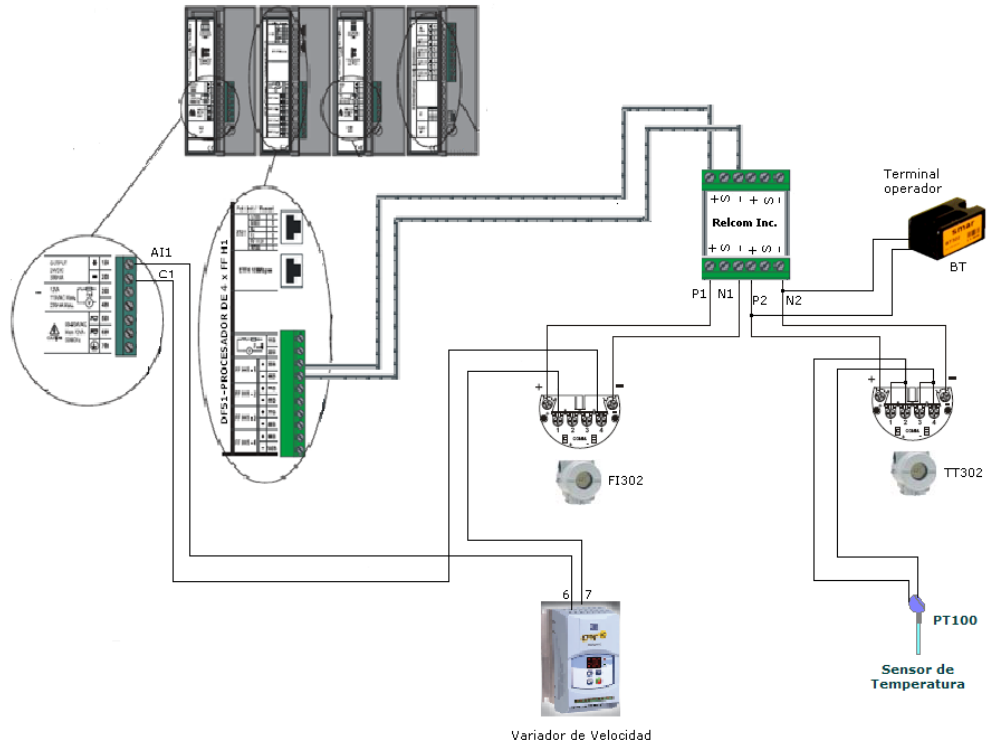


Figura 2.5.- Conexión de la PT100 con el TT302

Como terminador de bus utilizamos una red RC formada por un condensador de un microfaradio y una resistencia de 120Ω que normalmente se conecta en el último instrumento del bus. El terminador inicial ya se encuentra incorporado dentro del módulo DF53 el cual se activa mediante un interruptor (ya está activado).

Lazo de medición de temperatura:

Puede observarse en la parte derecha de la figura 2.5 a todos los dispositivos que intervienen en el lazo de medición de temperatura del tanque TK1. Observamos la interconexión a dos hilos de la termo resistencia PT100 con el transmisor inteligente TT302 y la conexión de éste con el bus FF a través de la regleta inteligente Relcom.

Lazo de corriente 4-20mA:

En el lazo de corriente intervienen también tres dispositivos, el FI302, el variador de velocidad y la fuente interna del DF50 de la DFI302. Todos ellos se conectan en serie tal y como se muestra en la figura 2.5. La variación de la corriente se consigue variando la señal Fieldbus

correspondiente en el convertidor FI302, esta variación incide directamente en los cambios que admite la señal analógica de entrada del variador de velocidad.

El variador se ha programado para que asuma como valor de referencia a los cambios de la señal de corriente que se suceden en su entrada analógica AI1, de esta forma para cambios en la señal FF desde el SCADA el variador de velocidad cambia atendiendo a la curva de control del variador (que en este caso se escogió una curva de par cuadrático por ser la carga una bomba centrífuga) la velocidad de la bomba y con ello el flujo de agua de recirculación.

Módulo central de la DFI302:

No sería justo ni prudente ver cuestiones relacionadas con la DFI302 sin referirnos a los módulos independientes que conforman el centro de la arquitectura de hardware, la cual está conformada por 4 elementos fundamentales que son:

1. DF50: Fuente de alimentación con entrada 240VCA, 60Hz y dos salidas estabilizadas de corriente directa, una de 5V para la alimentación del rack y el control de toda la arquitectura FF y otra salida de 300mA para utilizarse en lazos externos de medición y control. En nuestro caso la estamos utilizando en el lazo de control del variador de velocidad descrito anteriormente.
2. DF51: Es el procesador del módulo central, es decir, la CPU que controla cuatro lazos o segmentos H1 (buses de campo) con los cuales se pueden interconectar y controlar hasta 64 instrumentos inteligentes FF, posee un canal Modbus para formar también un bus RS485 donde se pueden conectar otros 32 aparatos con este estándar y finalmente un canal LAN que permite conectar toda la arquitectura de hardware con el sistema de supervisión y control a una velocidad de 10Mb. Realmente la arquitectura de control de nuestro banco de automatización solo está aprovechando apenas un 20% de la capacidad de este procesador.
3. DF52: Fuente de alimentación de 24Vdc de los buses de campo H1. Es el módulo que garantiza esta alimentación con la cual se alimentan todos los dispositivos FF que se encuentran conectados a los correspondientes buses de la DFI302.

4. DF53: Fuente de impedancia en la cual se encuentran los elementos de protección necesarios así como los terminadores de buses iniciales de cada segmento H1.

La interconexión eléctrica entre cada uno de ellos es la que se muestra en la figura 2.6. Esta responde a las exigencias del fabricante de la tecnología y es la que se utiliza en nuestro banco.

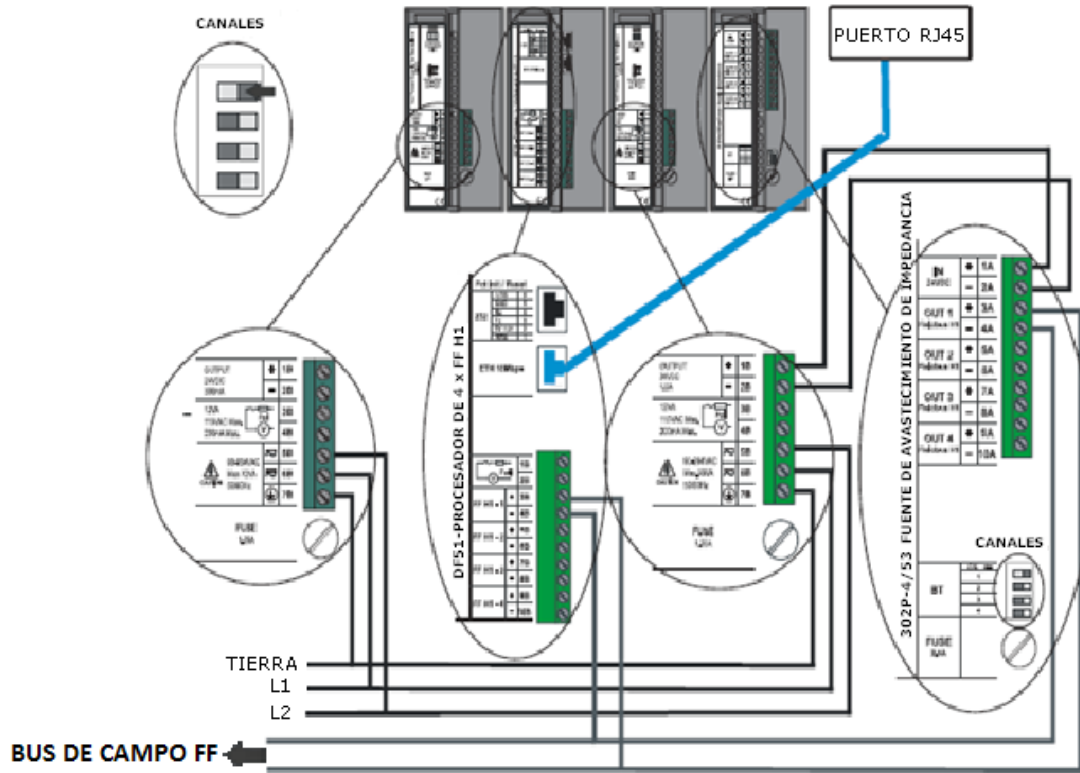


Figura 2.6.- Interconexión del módulo central del a DFI302

2.2.5.3.- Esquema eléctrico general

El esquema eléctrico general es el que se muestra en las figuras 2.7, 2.8 y 2.9. En el primero se muestra la alimentación de fuerza que les llega al calentador de agua y al motor de la bomba BO-1. Pueden observar que en este esquema de fuerza intervienen dispositivos de protección (CA y BO1) y de control (contactores CA y SV).

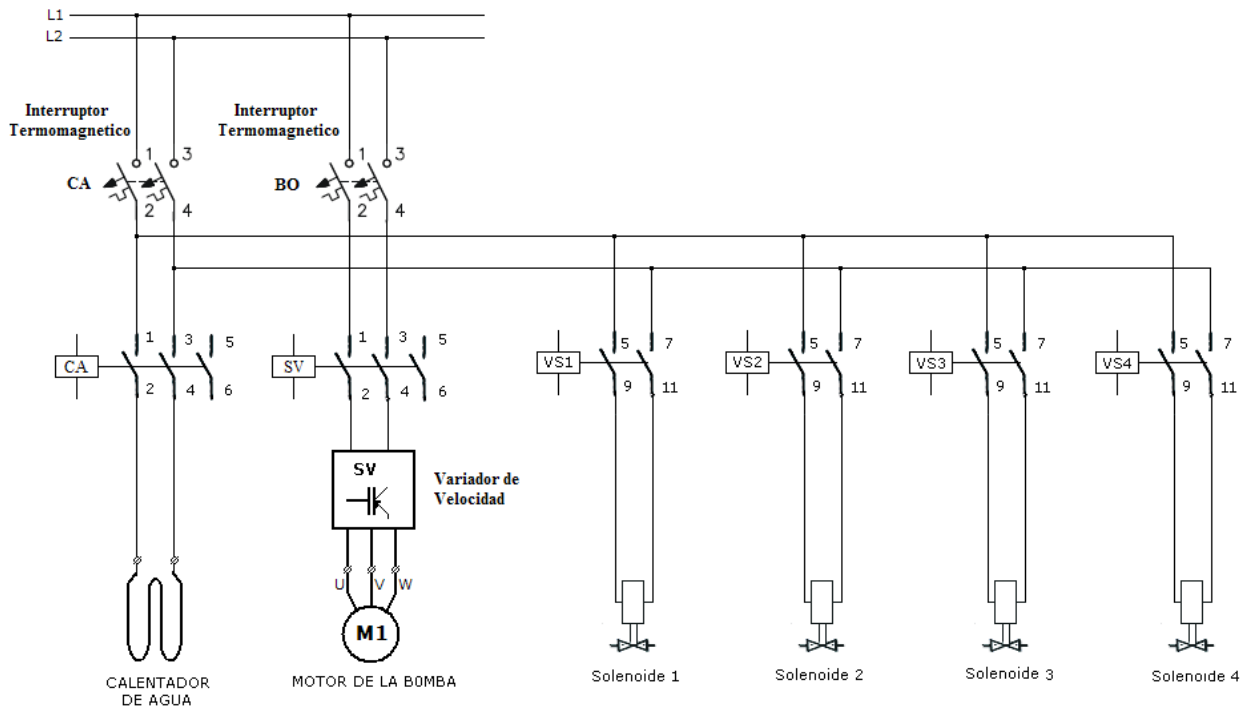


Figura 2.7.- Esquema de Fuerza Electrico

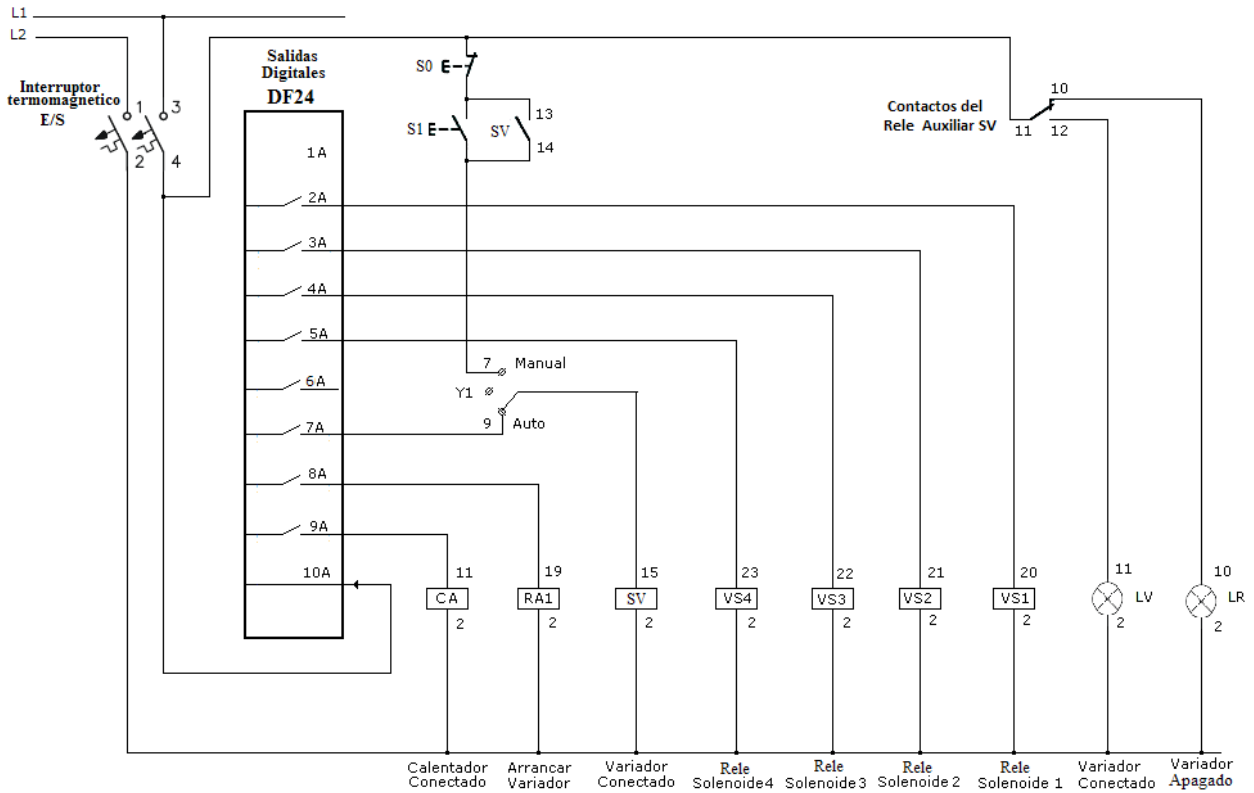


Figura 2.8.- Esquema de Control Electrico con Salidas Digitales

Puede observarse también la conexión de los contactos de salida del módulo de salida discreta DF24 (ubicada en el módulo de ampliación de la DFI302) sobre cada uno de los relés intermedios y contactores correspondientes.

Por ejemplo los relés auxiliares o intermedios (VS1...VS4) que son los que energizan cada una de las válvulas solenoides SE1... SE4 son gobernados por los canales de salidas 0, 1, 2 y 3 (conexiones 20, 21, 22 y 23). De manera similar se puede apreciar la conexión eléctrica con el variador de velocidad, las señalizaciones, la acción de la botonera, etc.

El otro esquema eléctrico es el de las entradas digitales que informan de alguna manera al sistema de control o le imponen algún tipo de órdenes. Ver figura 2.9.

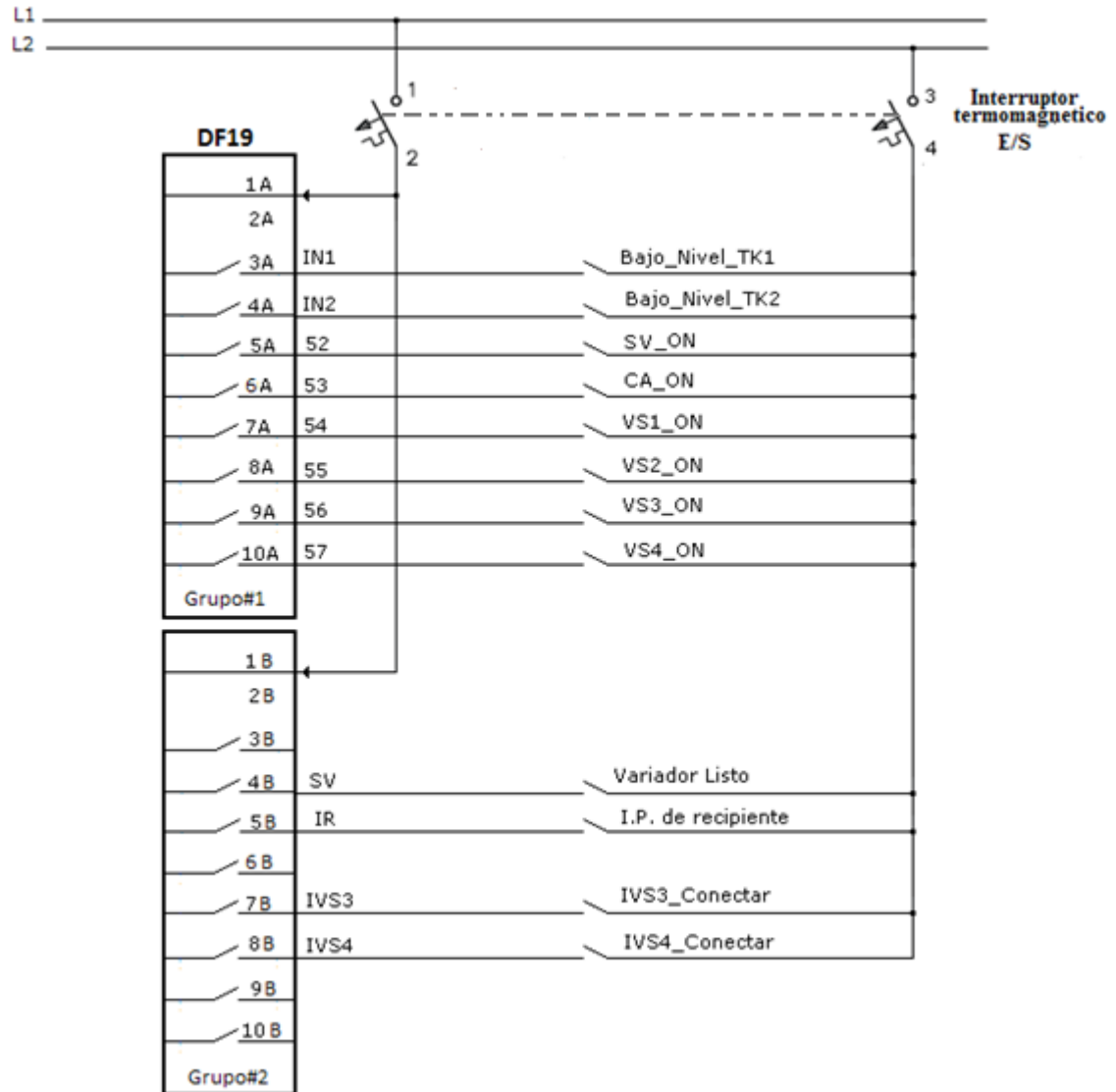


Figura 2.9.- Esquema eléctrico de Entradas Digitales

Pueden observarse como señales provenientes de los sensores los canales 0 y 1, límites de nivel de los tanques TK1 y TK2, el estado de los contactores del calentador de agua y de alimentación al convertidor de frecuencia, así como las confirmaciones de cada uno de los relés intermedios que gobiernan las electroválvulas. Todas estas señales se ubican en el primer grupo de entradas digitales, en el segundo grupo se ubican las confirmaciones de 1 variador de velocidad y la información proveniente del sensor de presencia y finalmente en los canales 4 y 5 las órdenes recibidas de los interruptores de conexión de las válvulas de salida de cada tanque.

Hasta aquí hemos vistos los dispositivos de hardware más importantes que conforman el sistema de control del Banco de Automatización con tecnología FF y su interconexión eléctrica que conforma los esquemas del sistema automático.

Veremos a continuación la configuración que se realizó en cada uno de estos dispositivos de hardware, en los cuales, en algunos hubo que realizar una programación específica como fueron los programas secuenciales de la DFI, en otros hubo que realizar la parametrización acorde con la aplicación (el variador de velocidad), en otros hubo que diseñar, configurar y parametrizar (los instrumentos FF) y en el SCADA hubo que realizar toda la configuración y programación de la interfase HMI del banco.

CAPÍTULO III
CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA DE
AUTOMATIZACIÓN

3.1. Introducción

El presente capítulo hace referencia a la configuración de todos los elementos de hardware que conforman la arquitectura del sistema de control del “Banco de automatización con tecnología FieldBus Foundation (FF)”. Ver figura 3.1.

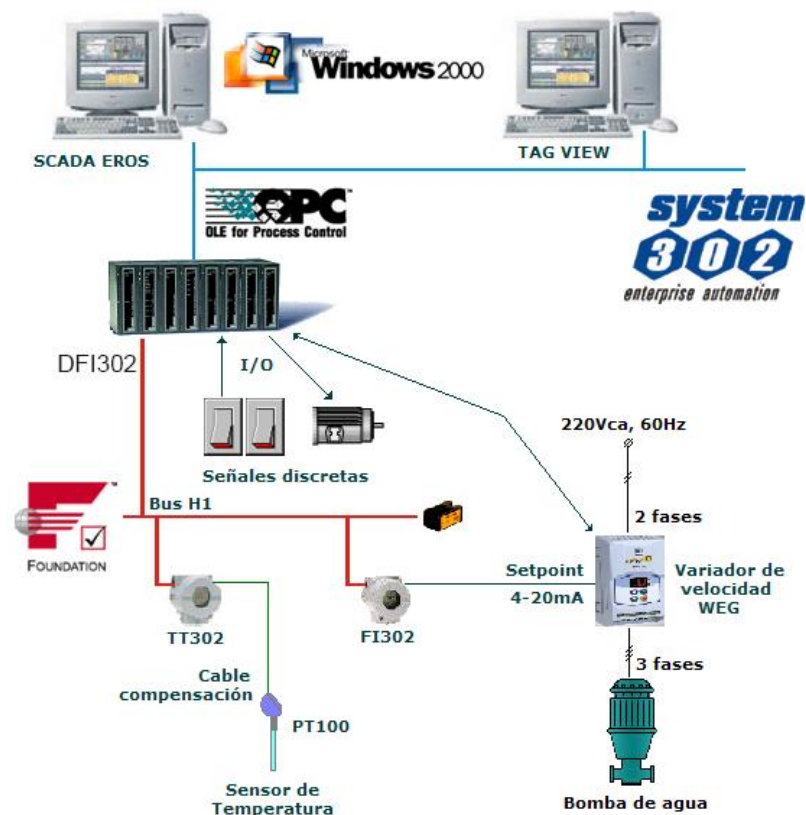


Figura 3.1.- Arquitectura del sistema de control del Banco FF.

La configuración de esta arquitectura se centra en tres elementos fundamentales que la conforman:

- Configuración de los dispositivos FF (Los que se encuentran conectados al segmento H1, Ver figura 3.1.).
- Configuración del variador de velocidad.
- Configuración de los sistemas de adquisición mediante SCADAs.

Por las características individuales de cada uno de ellos, éstos se describen a continuación en tópicos independientes.

3.2.- Configuración de los dispositivos FF

Los elementos que aquí conforman la arquitectura Fieldbus Foundation de SMAR, que pertenecen al sistema SYSTEM302 son los dos instrumentos de campo (TT302 y el FI302) así como la interfase inteligente de control y comunicaciones DFI302 (Ver el equipamiento completo del SYSTEM302 en [4]). Estos tres dispositivos utilizan una herramienta de configuración común que se conoce como SYSCON.

Mediante el Syscon se configuran todos los instrumentos con tecnología FF de Smar, así como la propia DFI que es donde se realiza gran parte de la configuración de las señales convencionales de entradas y salidas digitales y analógicas 4-20mA. Mas detalles relacionados con este configurador se puede obtener en [4].

La configuración en Syscon está dirigida a la programación del hardware y software de cada uno de los bloques correspondientes al equipamiento FF seleccionado y finalmente a la estrategia de control que se programa para lograr la automatización del proceso escogido en el banco FF.

Para mayor y mejor comprensión detallaremos la configuración realizada sobre los instrumentos FF utilizados así como la DFI302.

3.2.1.- Configuración del transmisor inteligente de temperatura TT302

El transmisor TT302 es utilizado para convertir la pequeña señal proporcionada por el termoelemento PT100 (señal en mV del sensor de temperatura) al estándar FF. Para ello, se ha concebido la conexión a 2 hilos de dicho sensor pues garantiza acertadamente los valores de temperaturas que se miden en el tanque de almacenaje 1. Ver figura 3.2 y esquema del proceso del banco FF en el capítulo 2.

Se ha concebido en el diseño del banco que solo uno de los dos tanques de agua posea control de temperatura por lo que se realizó una de las tres conexiones posibles con el transmisor inteligente TT302, es decir la conexión a 2 hilos donde el transmisor se le conecta solo un termoelemento PT100 con el esquema de conexiones que se muestra en la figura 3.2.

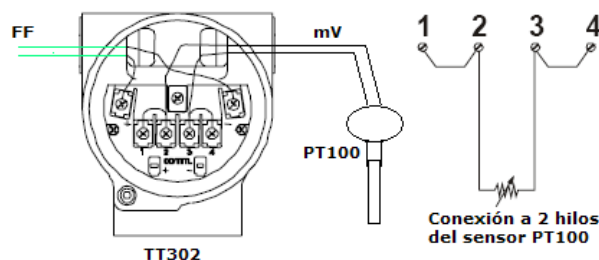


Figura 3.2.- Transmisor de temperatura TT302 y el sensor PT100.

Después de conectar correctamente el sensor al transmisor y conectarse éste al segmento H1, además de garantizar su correspondiente aterramiento a la masa del propio banco, el instrumento TT302 está listo para ser programado.

La configuración del transmisor TT302 se centra en la correcta parametrización de cuatro bloques FF fundamentales, los cuales se muestran en la siguiente figura.

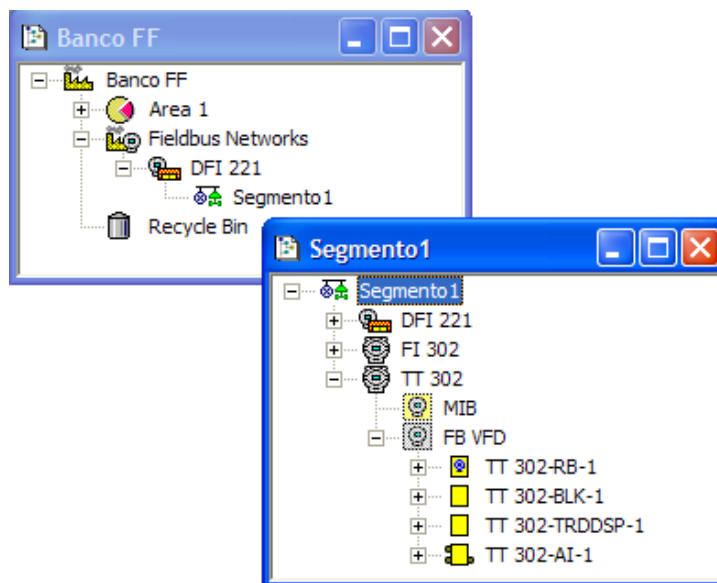


Figura 3.3.- Bloques FF del Transmisor de temperatura TT302.

Los bloques seleccionados y configurados se organizan dentro de la carpeta FB VFD del propio instrumento, quedando tal y como se muestra en la figura 3.3. Pueden apreciarse los siguientes bloques:

- Bloque RESOURCE, con la etiqueta TT 302-RB-1
- Bloque TRANSDUCER, con la etiqueta TT 302-BLK-1

- Bloque DISPLAY, con la etiqueta TT 302-TRDDSP-1
- Bloque de entrada analógica, TT 302-AI-1

Nota: Mayores detalles sobre la utilización y funcionamiento de todos los bloques FF que se pueden utilizar en cada uno de los instrumentos de campo, así como la propia DFI, se pueden encontrar en el manual de los bloques de funciones definido en la bibliografía como [4].

3.2.1.1.- Parametrización del Bloque “RESOURCE” del TT302

El bloque RESOURCE es un bloque que corresponde con la capa física del modelo OSI, en el cual la variable censada por el termoelemento de temperatura PT100 es reconocida por el transmisor.

La parametrización de este bloque consiste poner la Target del mismo en automático, tal y como se muestra en la figura 3.4.

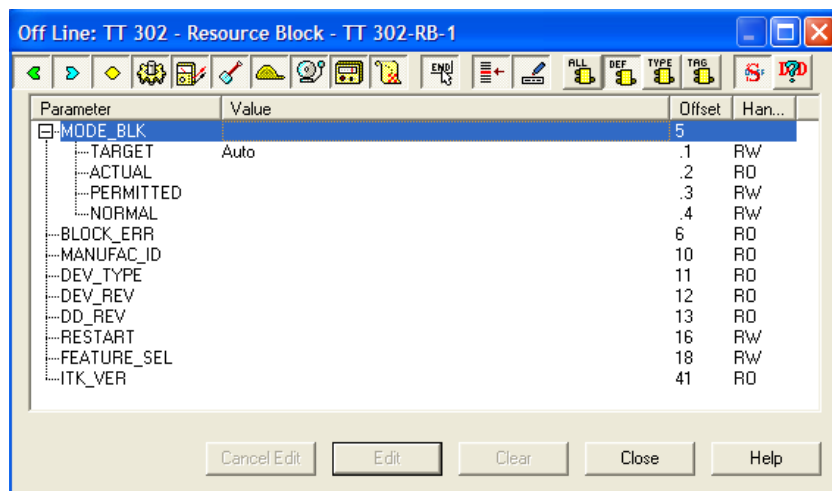


Figura 3.4.- Parametrización del Bloque RESOURCE del Transmisor de temperatura TT302.

Recordemos que estas opciones de parametrización se realizan con la comunicación OFF LINE, es decir sin que esté activa aún la comunicación con el instrumento. Cuando toda la configuración (todos los bloques escogidos) ya fueron adecuadamente parametrizados, la configuración es salvada en el fichero de configuración (denominado aquí Banco FF) y descargada mediante el Syscon al instrumento.

3.2.1.2.- Parametrización del Bloque “TRANSDUCER” del TT302

El bloque Transducer reconoce la comunicación del bloque Resource asignándoles algunos parámetros que identificarán el tipo de señal. Por ejemplo, define si es una Temperatura proveniente de un proceso o es un respaldo de otra temperatura medida, define la característica propia del sensor, en este caso un termo resistencia PT100, define las conexiones eléctricas de este elemento, ejemplo a dos hilos y por último el número del canal físico que se está utilizando (esto está dado en que el transmisor puede medir dos temperatura con dos sensores independientes, en este caso se configuran dos canales, cuando es uno solo siempre se fija el canal 1 tal y como indica la figura 3.5.).

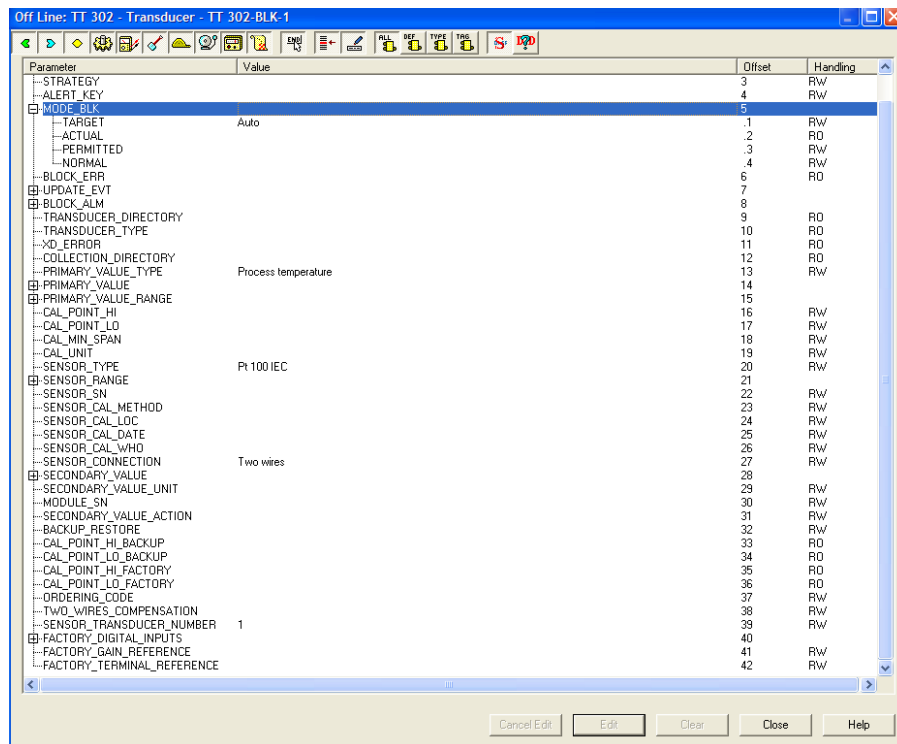


Figura 3.5.- Parametrización del Bloque TRANSDUCER del Transmisor de temperatura TT302.

En la figura 3.5 se observa la ventana de parametrización del bloque transducer con los parámetros fundamentales ya configurados.

3.2.1.3.- Parametrización del Bloque “AI” del TT302

EL bloque “AI”, bloque de entrada analógica del TT302, es donde se especifican las unidades de conversión y de ingeniería de la señal de temperatura procesada en el bloque Transducer, mediante la cual se permite configurar la variable del sistema FF que se quiere visualizar en el display del instrumento de campo.

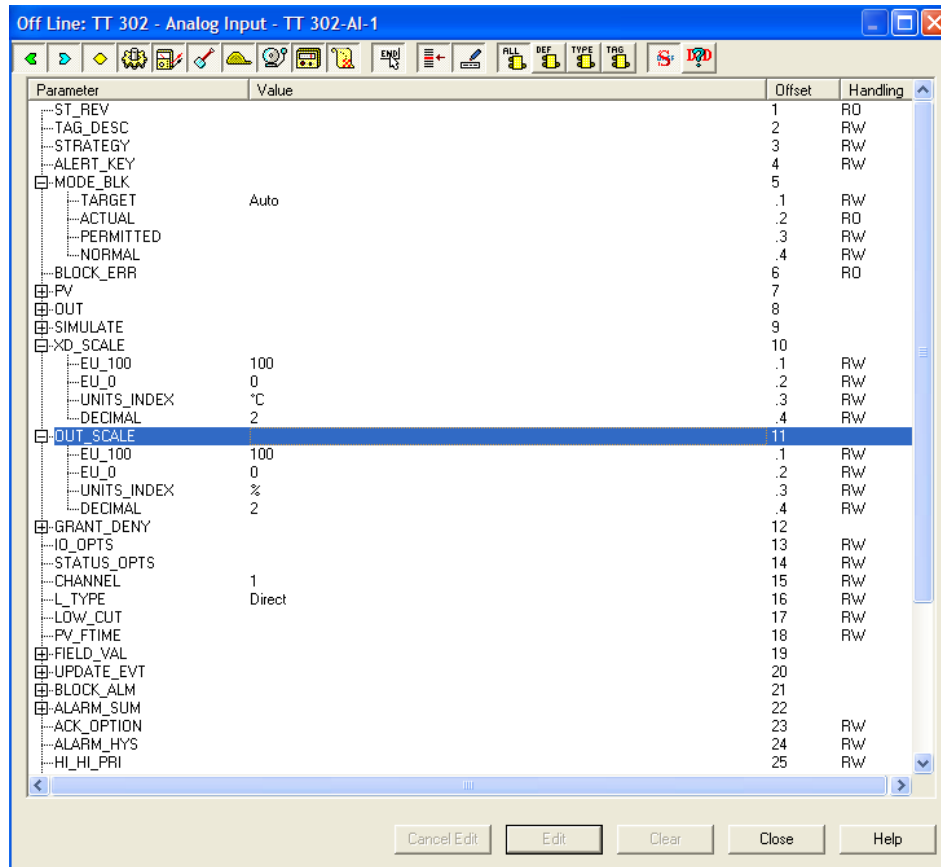


Figura 3.6.- Parametrización del Bloque AI del Transmisor de temperatura TT302.

De la figura 3.6. puede observarse que se definen claramente las unidades de ingeniería y de conversión (rango de 0-100°C, dos decimales, con todo el rango, de 0 al 100%), el canal utilizado es el 1 (se pone por defecto 0) y la señal obtenida es de manera directa, no por cálculo.

3.2.1.4.- Parametrización del Bloque “DISPLAY” del TT302

Este bloque es quien permite configurar la variable del sistema FF que se quiere visualizar en el display del instrumento de campo. En este caso se ha configurado la propia medición que realiza el termoelemento PT100 y que ha sido tratada por los tres bloques anteriores. Esta medición se obtiene finalmente del bloque de entrada analógica visto en el tópico anterior ya en sus unidades de ingeniería, es decir de 0-100°C.

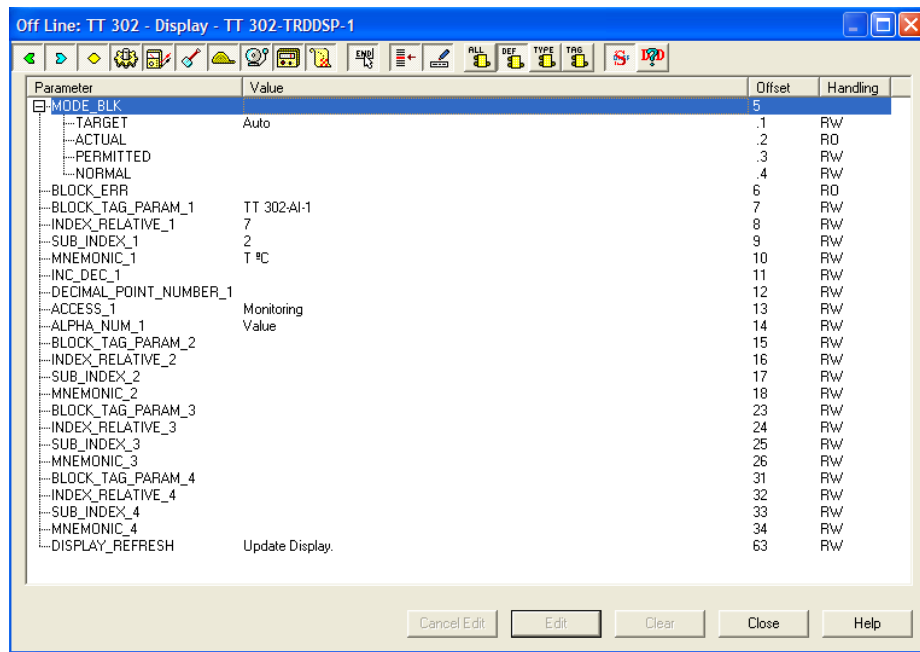


Figura 3.7.- Parametrización del Bloque DISPLAY del Transmisor de temperatura TT302.

La configuración de los parámetros fundamentales del bloque display puede verse claramente en la figura 3.7.

3.2.2.- Configuración del transmisor inteligente FI302

El transmisor FI302 es utilizado para realizar mandos remotos desde el SCADA utilizando la comunicación FF sobre actuadores analógicos que responden a señales estándar 4-20mA (en nuestro caso el variador de velocidad). Es un dispositivo de campo que se instala muy cercano al elemento actuador.

Como es uno dispositivo más del System302 tiene la posibilidad de realizar además de la conversión de señales otras funciones, las cuales son asignadas según los bloques de configuración que se escojan y parametricen.

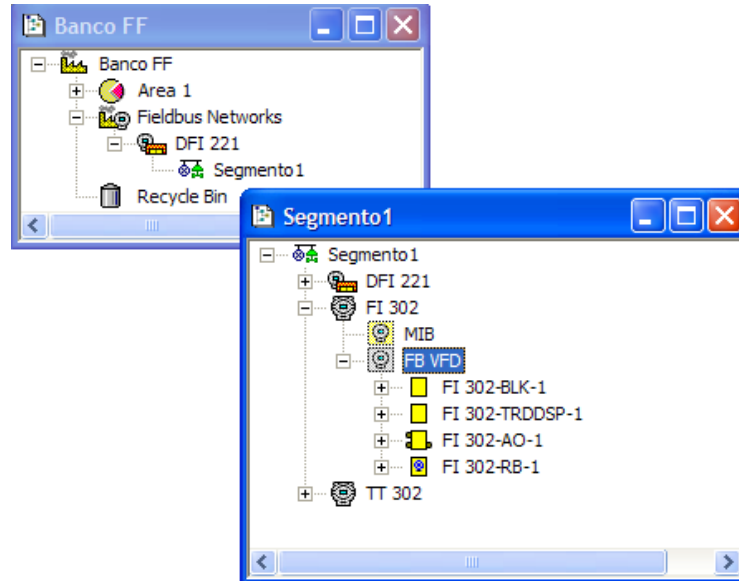


Figura 3.8.- Bloques FF del convertidor FI302.

Puede verse que al igual que el transmisor de temperatura TT302, en el convertidor de FF a corriente FI302 se han configurado cuatro bloques fundamentales (Ver figura 3.8) que son:

- Bloque RESOURCE, con la etiqueta FI 302-RB-1
- Bloque TRANSDUCER, con la etiqueta FI 302-BLK-1
- Bloque DISPLAY, con la etiqueta FI 302-TRDDSP-1
- Bloque de entrada analógica, FI 302-AO-1

Los tres primeros se parametrizan de manera similar a como se configuraron los del TT302, el único bloque diferente es el bloque AO (Salida analógica) y como tal se describe a continuación.

3.2.2.1.- Parametrización del Bloque “AO” del FI302

EL bloque “AO”, bloque de salida analógica del FI302, es donde se especifican las unidades de la señal de salida (4-20mA) y el rango útil de la señal con la cual se realiza el mando sobre el actuador analógico.

La configuración de los parámetros de este bloque puede apreciarse en la siguiente figura 3.9.

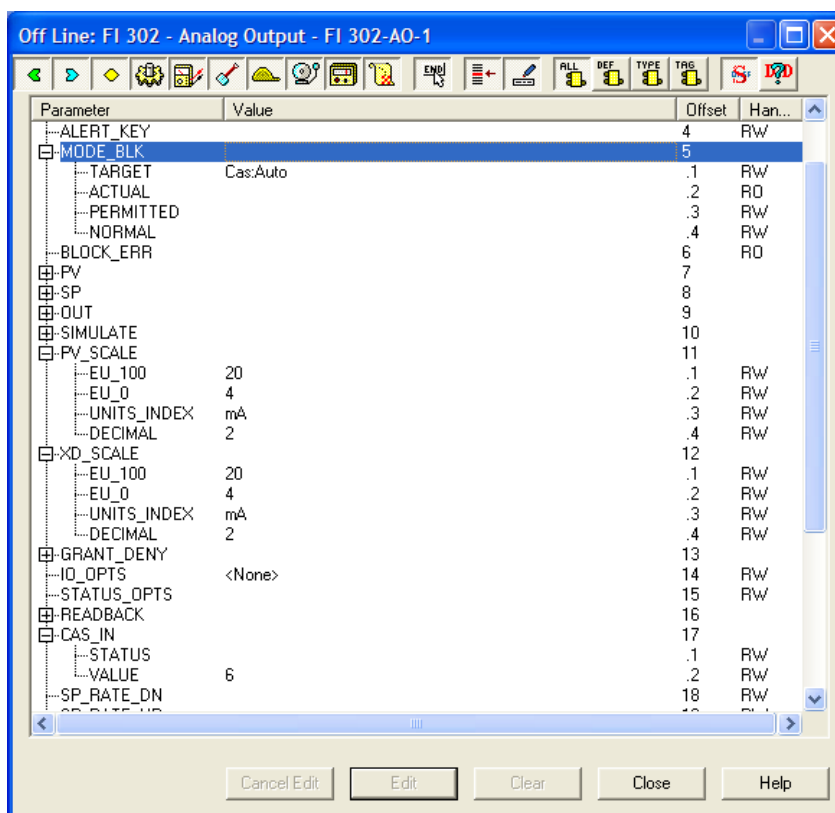


Figura 3.9.- Bloques “AO” del convertidor FI302.

Configurados los cuatro bloques de cada uno de los instrumentos de campo, pasamos a la configuración del elemento intermedio o dispositivo central del procesamiento y control DFI 302.

3.2.3.- Configuración de la DFI302

La DFI302 es la interfase de comunicaciones entre los elementos del bus de campo FF y el SCADA mediante la comunicación LAN ETHERNET a 10Mb. En esta comunicación de alta velocidad los SCADAs emplean el protocolo TCP/IP del propio sistema operativo Windows y a su vez se comunican con la DFI (DFI51) utilizando el protocolo OPC.

La DFI posee su propio servidor OPC, el cual se activa inmediatamente que se arranca el software de configuración del bus SYSCON o cual quiera de los SCADAs empleados. En este servidor se almacenan todas las variables provenientes de todos los parámetros de todos los bloques de cada uno de los instrumentos que se encuentran instalados tanto a los buses H1 como a la propia expansión local de la DFI 302. En nuestro caso todas estas variables provienen de la DFI302, del TT302 y del FI302.

Como la DFI 302 también dispone de expansión local igual que las arquitecturas clásicas con PLC modulares, en ella se incorporan todos los bloques que permiten la parametrización de esta otra posibilidad inherente en las DFI.

Los bloques escogidos para satisfacer las necesidades del Banco FF fueron:

- DFI 221-RB-1: Bloque RESOURCE. Igual que los anteriores, reconoce la conexión física entre elementos.
- DFI 221-TRDIDSH-1: Bloque TRANSDUCER.
- DFI 221-HC-1: Bloque HARDWARE CONFIGURATION. Bloque donde se define la arquitectura expandible de la DFI302.
- DFI 221-DIAG-1: Bloque DIAGNOSTICS TRANSDUCER.
- DFI 221-MDI-1: Bloque MULTIPLE DISCRETE INPUT 1. Organiza en un bloque a 8 entradas discretas provenientes del proceso.
- DFI 221-MDI-2: Bloque MULTIPLE DISCRETE INPUT 2.
- DFI 221-MDO-1: Bloque MULTIPLE DISCRETE OUTPUT. Organiza en un solo bloque a las 8 salidas discretas que se utilizan en la configuración del Banco FF.

- DFI 221-TIME-1, 2, 3, 5, 6: Bloque TIME 1, 2, 3, 4, 5 y 6. Con estos bloques se realiza la configuración booleana para crear las secuencias en la programación del encendido del calentador de agua y el control de la bomba.
- DFI 221-STEP-1: Bloque STEP. Regulador PID con salida discreta, se utiliza en el control de calentador de agua.
- DFI 221-CON-1: Bloque CONSTANT. Este bloque permite realizar los mandos remotos desde el SCADA asignando sus salidas discretas y analógicas a las correspondientes lógicas de programación que se realiza en la programación de la estrategia de control.

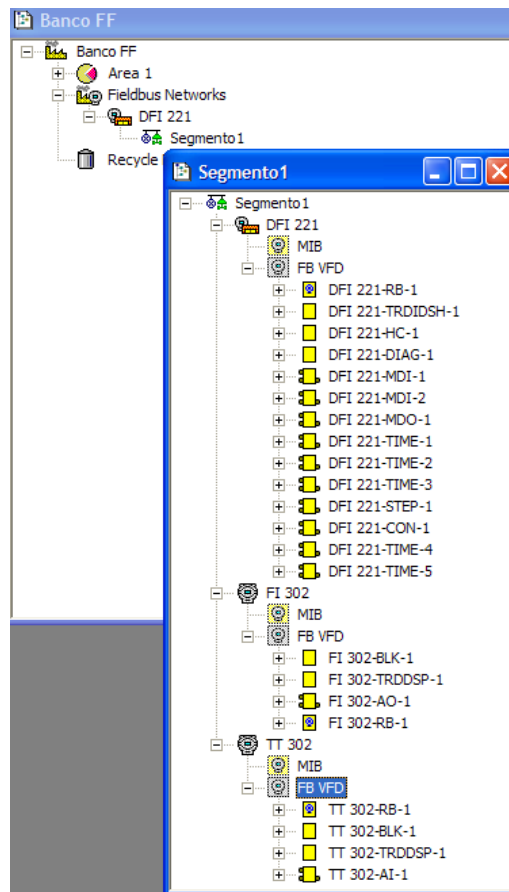


Figura 3.10.- Bloques FF de los instrumentos del segmento H1.

En la figura 3.10 puede observarse que los bloques seleccionados en este caso son todos los que intervienen en la comunicación del bus H1, es decir los de los instrumentos antes mencionados y los propios de la DFI302 (denominada aquí DFI 221).

La parametrización de algunos de los bloques de la DFI se describe a continuación:

3.2.3.1.- Configuración del Bloque “HC” de la DFI302

El bloque HC de la DFI302 es el que permite configurar los diferentes módulos que van conformando la expansión local de la DFI.

En nuestro caso se ha concebido un módulo de expansión local (rack de 4 slot) con cuatro módulos de entradas y salidas discretas y analógicas organizadas de la siguiente forma:

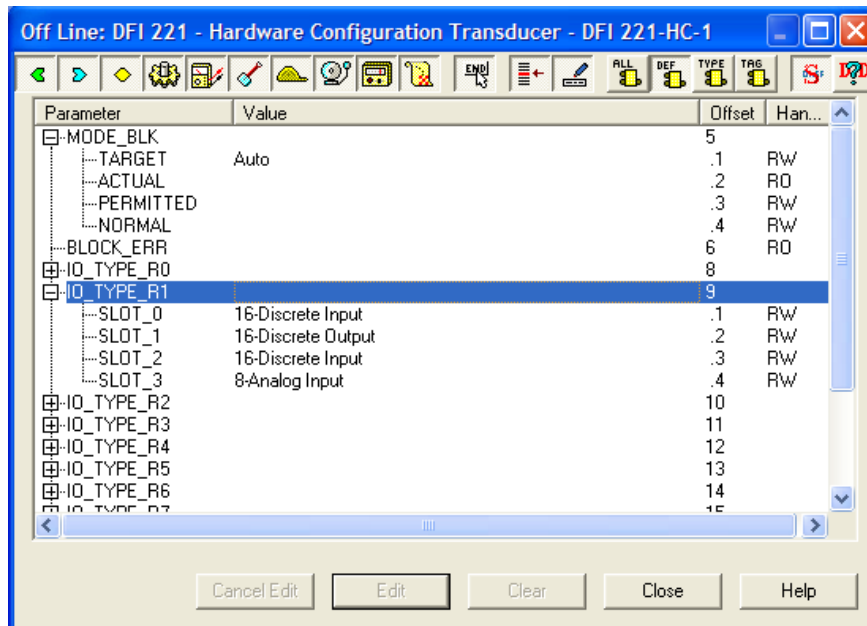


Figura 3.11.- Parametrización del Bloque “HC” de la DFI 302.

3.2.3.2.- Configuración de los Bloques “MDI-1, MDI-2” de la DFI302

Los bloques MDI de la DFI 302 agrupan todas las señales discretas utilizadas en la configuración del Banco FF en grupos de 8 entradas, ambos grupos corresponden con el módulo expandible de entrada discreta DF19. Estos bloques se enlazan en la capa física con el Bloque TRANSDUCER tal y como se muestra en la figura 3.12.

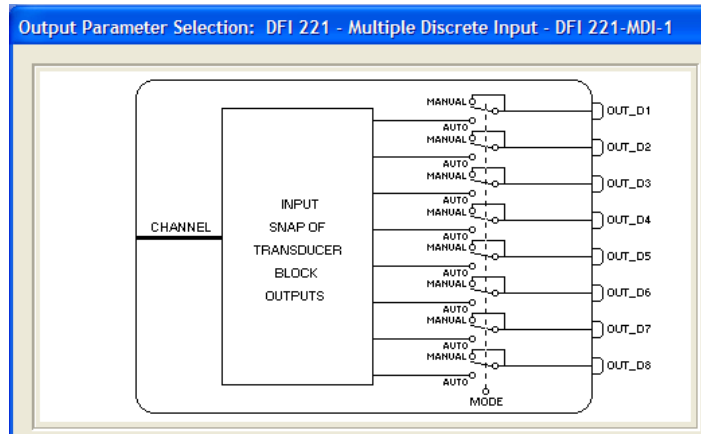


Figura 3.12.- Bloques “MDI” de la DFI 302.

En un primer grupo se encuentran las 8 primeras entradas discretas, este grupo en la programación se conoce como el DFI 221-MDI-1 y un segundo grupo de 8 entradas más discretas el cual se conoce como DFI 221-MDI-2. La programación de ambos bloques se realiza de la siguiente manera.

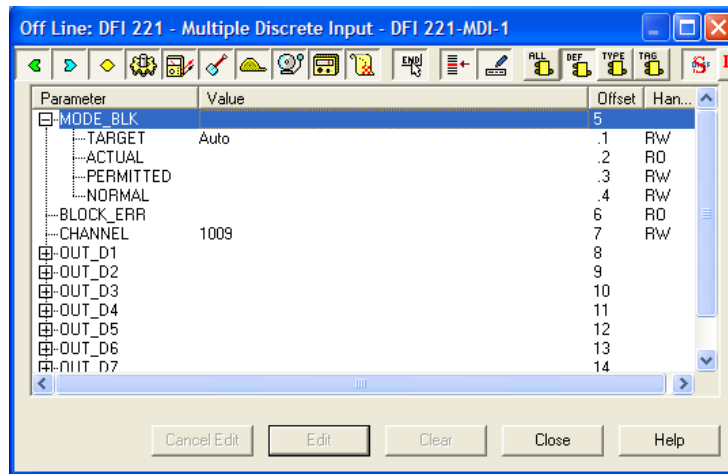


Figura 3.13.- Parametrización del Bloque “MDI-1” de la DFI 302.

Solo se requiere poner la target en automático y poner cuidadosamente la dirección del módulo. En el caso mostrado la dirección 1009 corresponde con el rack 1, slot 0, grupo 0, y 9 que se refiere a controlar las 8 primeras entradas discretas del módulo expandible DF19, de igual forma se configuran los parámetros del otro grupo.

De manera similar se configuran los bloques de salidas digitales (DFI 221-MDO-1) y analógicas que se ubican también en el rack1.

3.2.3.3.- Configuración del Bloque “MDO-1” de la DFI302

El bloque MDO de la DFI 302 agrupa al igual que los bloques MDI a todas las señales discretas utilizadas en la configuración del Banco FF en un grupo de 8 salidas, mencionado en la programación como DFI 221-MDO-1.

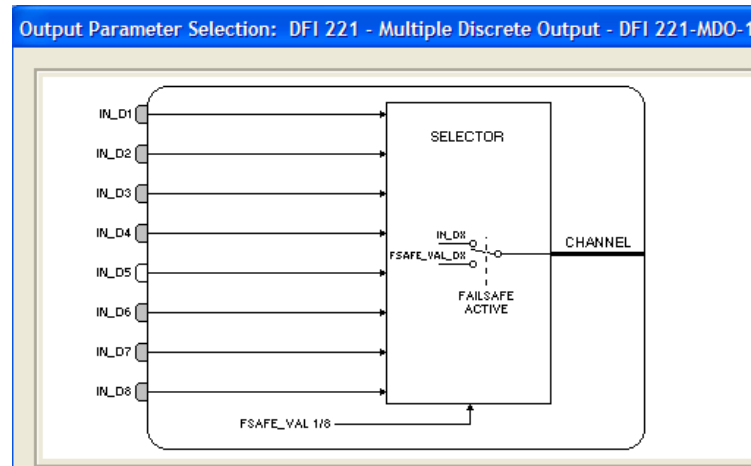


Figura 3.14.- Bloque “MDO-1” de la DFI 302.

En la figura 3.14 puede observarse el bloque MDO (Múltiples salidas discretas), fíjese que las salidas discretas realmente constituyen entradas al bloque fieldbus, desde él se activan estas salidas en correspondencia con la programación lógica que se realice.

En la figura 3.18 puede verse este bloque formando parte de una cadena secuencial, en el cual las salidas son activadas para cumplir determinadas acciones en el banco con tecnología FF, por ejemplo, la activación de las válvulas solenoides, de la bomba y el calentador eléctrico.

La programación de este bloque se realiza solo poniendo la target en automático y asignando la dirección correcta en el parámetro CHANNEL. Ver figura 3.15.

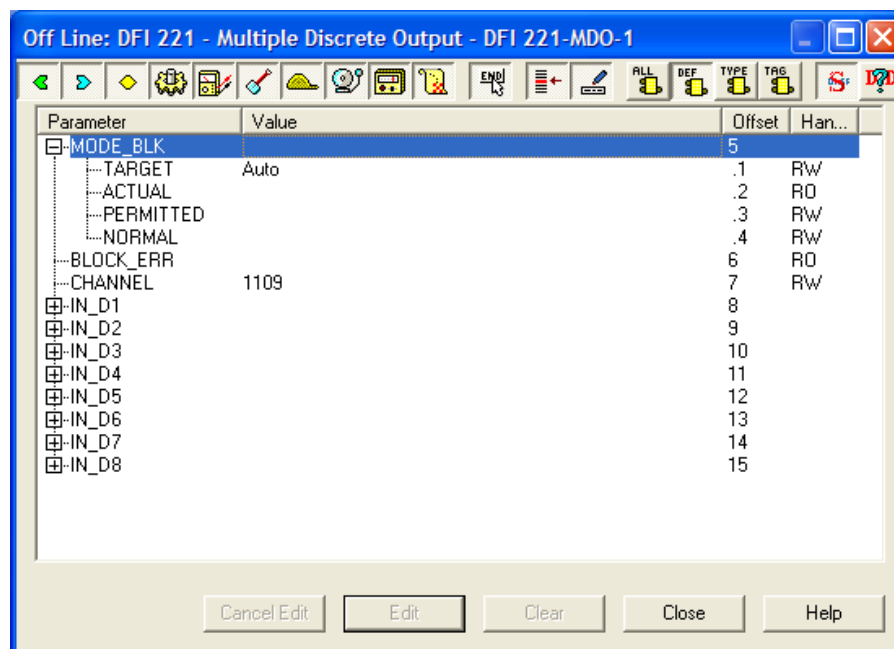


Figura 3.15.- Bloque “MDO-1” de la DFI 302.

3.2.3.4.- Configuración del Bloque “TIME” de la DFI302

El Bloque “TIME” de la DFI 302 es el bloque en el cual se programan las diferentes condiciones de tiempo, comparación y tratamiento booleano (lógicas AND, OR).

Es el bloque con el cual se logra la secuencia de programación para activar las correspondientes salidas digitales atendiendo a las condiciones del proceso de recirculación y bombeo del banco con tecnología FF.

El bloque posee 4 entradas digitales (IN_D1, 2, 3 y 4) que en dependencia de la combinación lógica escogida activarán la salida OUT_D.

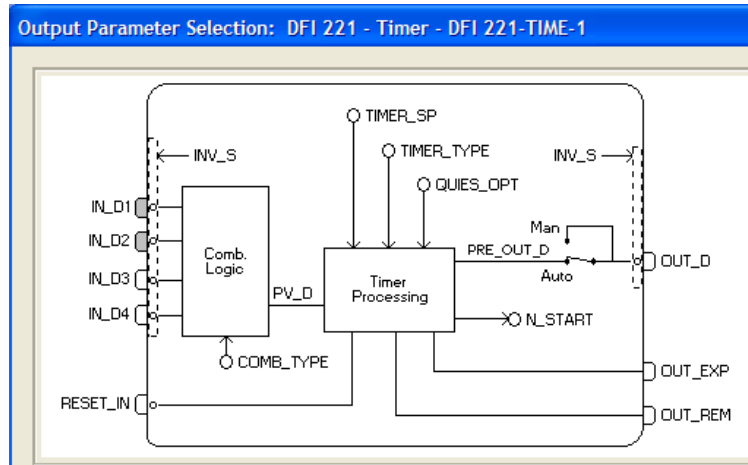


Figura 3.16.- Bloque “TIME-1” de la DFI 302.

3.2.3.5.- Configuración del Bloque “CONSTANT” de la DFI302

El bloque CONSTANT de la DFI 302 es el utilizado para asignar valores constantes discretos y analógicos desde el SCADA. Ver figura 3.17.

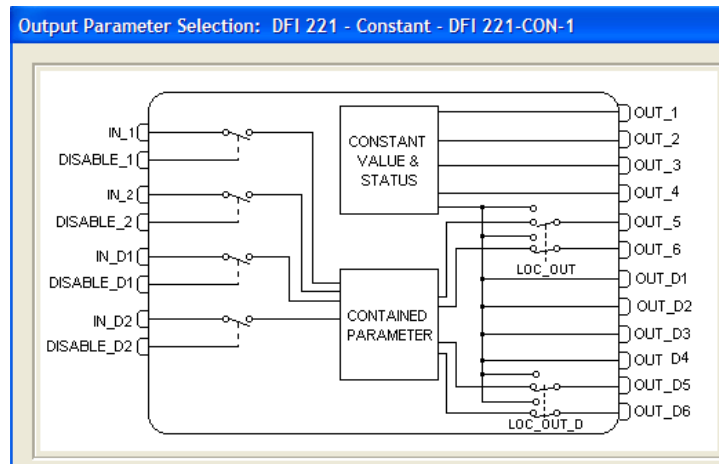


Figura 3.17.- Bloque “CONSTANT” de la DFI 302.

Un ejemplo donde el bloque CONSTANT juega un excelente papel es el lazo de control remoto del variador de velocidad donde con una señal discreta proveniente desde el SCADA se pone en funcionamiento el variador de velocidad y con otra señal analógica se varía el setpoint del variador para conseguir variar la velocidad de la bomba.

3.2.4.- Configuración de la estrategia

Una vez que todos los bloques a utilizar tanto en los instrumentos de campo FI302 y TT302 más los de la DFI302 han sido definidos y debidamente parametrizados, se procede con la programación de la estrategia de control, mediante la cual se conforman los diagramas secuenciales en los cuales los diferentes bloques se enlazan utilizando un canal FF.

En el Banco de Automatización con Tecnología FF objeto de nuestro estudio, se ha programado las secuencias correspondientes a:

1. Control automático de la Bomba de Agua.
2. Control manual – remoto de las válvulas solenoides.
3. Control remoto del variador de velocidad.
4. Medición de la temperatura del tanque de agua TK1.

3.2.4.1.- Control Automático de la bomba.

El motor de la bomba de agua solo se energizará cuando el nivel de cualesquiera de los dos tanques TK1 o TK2 no sea el mínimo, garantizándose así que la bomba no trabaje si no hay nivel de agua en al menos uno de los tanques y evitando así que la misma Cavite, y tampoco trabajaría si una de las tres salidas previstas no está activada, es decir si no se recircularía agua en un mismo tanque, entre los dos tanques o cuando se desea extraer agua fría o caliente del proceso.

La recirculación en un mismo tanque o entre dos tanques se garantiza con la activación de las válvulas solenoides VS3 y VS4 que corresponden con las válvulas de llenado de los tanques TK1 y 2 respectivamente.

Para lograr esto se realiza la programación gráfica de la estrategia de control del Banco (Ver figura 3.18) con la herramienta de configuración Syscon V6. En ella se puede apreciar que para que se active en un “1” lógico la salida 6 (la cual conecta el contactor de la bomba de agua) del Bloque DFI 221-MDO-1 (Bloque de 8 salidas discretas), se debe cumplir la secuencia iniciada en los bloques DFI 221-MDI-1 y DFI 221-MDI-2 que son los bloques de entrada digitales, cada uno admite 8 canales discretos. Los bloques TIME son los bloques booleanos, donde DFI 221-TIME-1 es una lógica AND de dos entradas, DFI 221-TIME-2 y 3 son lógicas OR.

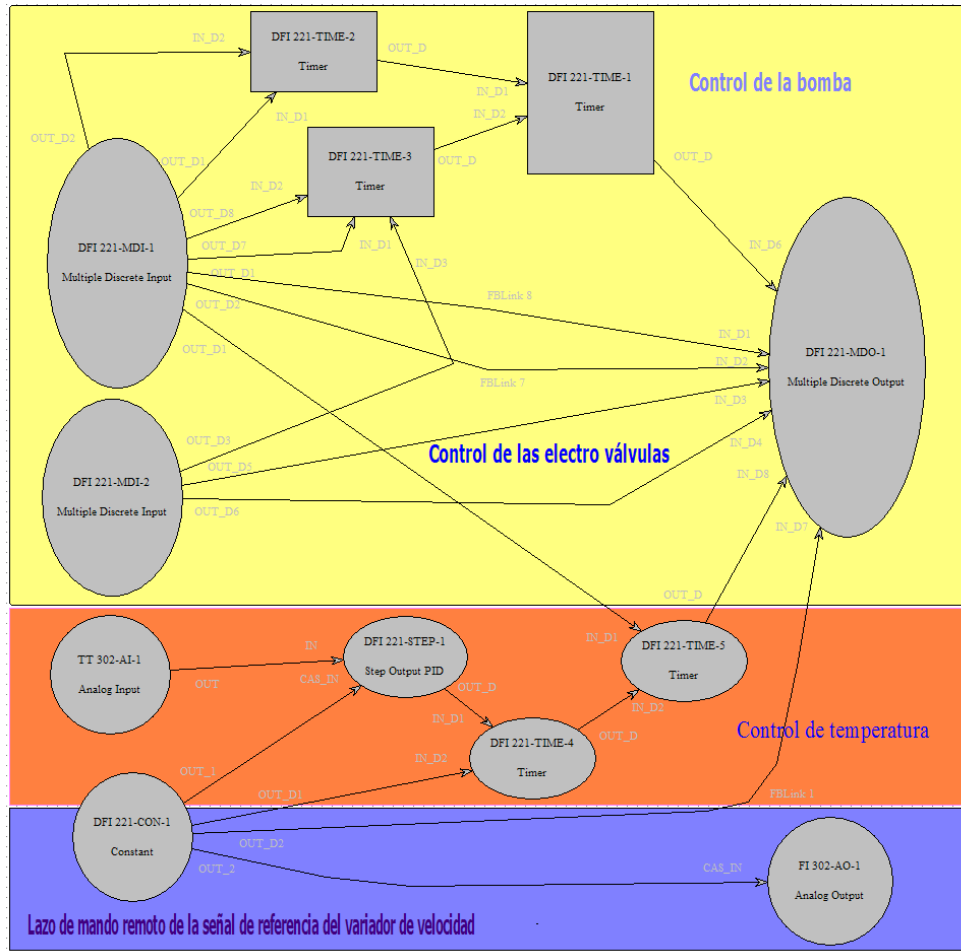


Figura 3.18.- Programación de las secuencias mediante Syscon.

Las dos entradas que entran al bloque DFI 221-TIME-2 son los límites inferiores de los tanques TK1 y TK2 y en la lógica OR quiere decir que cualquiera de las dos activa la salida que a su vez pone en un “1” lógico una de la entrada AND, bloque DFI 221-TIME-1, la otra entrada se activará cuando cualquiera de las tres entradas de la lógica OR DFI 221-TIME-3 se ponga en “1” lógico. Esto sucederá cuando la válvula solenoide VS3 o VS4 estén energizadas o cuando esté presente la vasija para hacer una extracción de agua del proceso del banco FF.

No obstante la salida 6 del bloque DFI 221-MDO-1 solo conecta el contactor del variador de velocidad, posteriormente habría que activar el relé auxiliar RA1 que se activa solo desde el SCADA, pero que siempre habrá un “1” lógico remanente para que éste se conecte y el variador active sus salidas con el último valor del setpoint.

3.2.4.2.- Control de las válvulas solenoides.

El gobierno de las válvulas solenoides VS3 y VS4 se realiza directamente desde los interruptores locales ubicados en el panel frontal del armario de control. Las entradas digitales asignadas a ambos interruptores son las entradas 5 y 6 del bloque DFI 221-MDI-2. Puede verse de la figura 3.18 que ellas se enlazan directamente con las salidas 3 y 4 del bloque de salida DFI 221-MDO-1. De esta manera cuando se activan los interruptores directamente el valor de la entrada es asignado a las salidas correspondientes, energizándose así la válvula escogida.

Las válvulas solenoides de entradas (Válvulas VS1 y VS2, salida de agua de los tanques TK1 y TK2) solo se activarán si hay agua, es decir el nivel mínimo no está activado, el control de estas válvulas también están enlazadas directamente, es decir las entradas 1 y 2 del bloque DFI 221-MDI-1 están unidas con un enlace con las salidas 1 y 2 del bloque DFI 221-MDO-1, Ver figura 3.18. De esta manera las válvulas quedan dependiendo del nivel de los niveles de ambos tanques.

3.2.4.3.- Control y medición de temperatura.

La medición de temperatura es una variable analógica que se obtiene en el convertidor transmisor e indicador de temperatura TIT302, a él le llega la señal proveniente del termo elemento PT100 y debido a la correcta programación de sus bloques (mostrada en tópicos anteriores), ésta medición es indicada localmente en el display del TT302 y transmitida por el bus H1 hacia la DFI302 para ser supervisada en el Software Scada.

Existen dos formas de realizar entonces el control de esta temperatura:

1. A través del elemento de control (DFI 302)
2. A través del SCADA.

El control de temperatura se logra desde la DFI por medio de un controlador PID con salida digital conocido como STEP (DFI 221-STEP-1), este bloque realiza un control discreto sobre la salida partiendo del error que aparece cuando existe una diferencia entre el valor del setpoint y el valor de la señal de temperatura censada y transmitida en el TT302, en dependencia de si el error es positivo o negativo así será el control sobre la salida discreta. Este bloque debe programarse con sumo cuidado para que el control realice una activación adecuada de la salida.

La otra vía es ejecutar el control a través del SCADA, en este caso se diseñó un control ON-OFF para actuar automáticamente sobre la activación de una salida digital que es la que conecta o desconecta el calentador de agua en dependencia del error, es decir si la diferencia del error entre el setpoint y la variable del proceso (temperatura del tanque) es diferente de cero entonces se conectará el calentador si es negativo el error y se desconectará si es positivo.

3.2.4.4.- Control remoto de la velocidad de la bomba de agua.

El control remoto de la velocidad de la bomba de agua se consigue desde el variador de velocidad. Hemos visto que la alimentación de energía eléctrica del mismo se logra cuando se energiza el contactor C1 (ver diagrama eléctrico de la figura 2.7), sin embargo se requiere aún de un control adicional para activar el control remoto del variador de velocidad, esto se logra con la energización de la bobina del relé auxiliar RA1 que es quien conecta remotamente el variador y éste asumiendo el valor del último setpoint comienza a controlar el motor de la bomba a una velocidad acorde con la del setpoint.

La programación en el Syscon para lograr que desde el SCADA active el relé auxiliar y al mismo tiempo pueda variarse el valor de setpoint se consigue con el enlace que se establece entre el bloque DFI 221-CON-1 y el bloque FI 302-AO-1. El primero es un bloque programado en la DFI para desde él asignar valores digitales o analógicos desde el SCADA a las secuencias mostradas en la figura 4.17. En este caso desde este bloque se asigna por su salida 2 un valor analógico a una de las salidas del bloque de salida analógica del FI302. De esta manera los valores variados desde el SCADA y escrito directamente en el bloque CONSTAN son asignados a un canal de salida del bloque de salida del FI 302-AO-1. Mas detalles de este enlace se puede apreciar en el capítulo 2.

3.2.5.- Configuración del variador de velocidad

El variador de velocidad es el dispositivo utilizado para conseguir la variación de la velocidad de la bomba y con ello variar el flujo de agua en dependencia de si queremos recircular más o menos rápido entre un mismo tanque, entre los dos tanques o realizar una extracción de agua fría o caliente. El variador es uno de los elementos actuadores del sistema de control.

Para poder controlar la velocidad empleamos un variador de velocidad con entradas de fuerza monofásicas de 220VCA, 60Hz y salida trifásicas, de hasta 300Hz. El convertidor escogido fue el CFW10 de WEG.

Para programar el variador de velocidad se deben seguir fielmente con la configuración de los parámetros fundamentales auxiliándonos del manual 0899.5206 S/3 de 01/2006. Ver más detalles en [5].

3.2.5.1.- Programación rápida de los parámetros del variador

La programación rápida del convertidor de frecuencia se realiza programando los parámetros fundamentales que se requieren para poner en funcionamiento adecuado al convertidor de frecuencia. Estos parámetros se agrupan en varios grupos que son:

- Parámetros de lectura o visualización P002 a P099
- Parámetros de regulación P100 a P199 y de protecciones del motor eléctrico.
- Parámetros genéricos o de configuración (P200-P398).

3.2.5.1.1.- Parámetros de lectura del convertidor de velocidad

En estos parámetros se agrupan todas las variables que mide el convertidor de frecuencia y que se desean visualizar (P002-P24). Como el variador escogido (CFW10) cuenta con un pequeño visualizador en el cual solo se visualiza el parámetro o su correspondiente valor, estipula que solo se puede ver fijamente una sola variable, si se desea conocer el resto se requiere seleccionarse una por una.

Normalmente y por defecto la variable visualizada siempre es la frecuencia de salida del convertidor la cual es proporcional a la velocidad del motor. El parámetro fijado en este caso es p005. Si se desea visualizar otra variable del motor, se debe escoger el parámetro acorde con la variable deseada tal y como se muestra en la tabla 3.1.

Tabla 3.1.- Parámetros de visualización del variador de frecuencia CFW-10.

Parámetro	Variables del motor	Unidad	Rango valores	Valor
P002	Valor Proporcional a Frecuencia		0.0 a 999	

P003	Corriente del motor	A	0 a 1.5xInom	0.25-4
P004	Tensión del Circuito Intermediario	V	0 a 524	
P005	Frecuencia de Salida (Motor)	Hz	0.0 a 99.9	10-60
P007	Tensión de Salida (Motor)	V	0 a 240	230
P008	Temperatura do Disipador	°C	25 a 110	
P014	Último Error Ocurrido		00 a 41	
P015	Según Error Ocurrido		00 a 41	
P016	Tercer Error Ocurrido		00 a 41	
P023	Versión de Software		x . y z	

Es importante destacar que estos parámetros son visualizados solo cuando el convertidor está trabajando, es decir el motor está girando a la velocidad seteada en el setpoint y es el momento en el cual cambiando de parámetros puede obtener los valores reales del resto de las variables.

3.2.5.1.2.- Parámetros de regulación del convertidor de frecuencia

Estos parámetros son de extrema importancia y solo deben ser ajustados por personal calificado, se agrupan desde P100 a P199. Aquí se agrupan todas las variables que rigen el funcionamiento de las rampas correspondientes a los procesos transitorios de arranque y parada del motor eléctrico, los límites y rango de frecuencia así como los parámetros de protección por corriente (sobre corriente tiempo inverso (51) y sobre corriente instantánea (50)).

Tabla 3.2.- Parámetros de regulación del variador de frecuencia CFW-10.

Parámetro	Variables del motor	Unidad	Rango valores	Valor
Rampas				
P100	Tiempo de Aceleración	s	0.1 a 999	3
P101	Tiempo de Desaceleración	s	0.1 a 999	4
P102	Tiempo Aceleración - 2a Rampa	s	0 a 524	-
P103	Tiempo Desaceleración-2a Rampa	s	0 a 240	-

P104	Rampa S	s	0 % 65	65
Referencia de frecuencia				
P120	Backup de referencia digital	-	0=Inactivo 1=Activo 2=Backup P121 3=Activo luego a Rampa	1
P121	Referencia de frecuencia	Hz	0.00 a P134	10
Límites de frecuencia				
P133	Frecuencia mínima (F_{min})	Hz	0.00 a P134	10
P134	Frecuencia máxima (F_{max})	Hz	P133 a 300	60
Regulación de tensión				
P151	Tensión del circuito intermedio (200V)	V	325 a 410	380
Protecciones por corriente del motor				
P156	Corriente de sobrecarga del motor	A	$(0.3 - 1.3) \times I_{nom}$	1.2
P169	Corriente máxima de salida	A	$(0.2 - 2) \times I_{nom}$	1.5

Es menester destacar que hemos indicado solo aquellos parámetros que por la aplicación específica cambian sus valores con respecto a los parámetros de fábrica, es decir que en este grupo también se agrupan otro grupo de variables que no se han especificado porque se ha asumido su valor por defecto. En [5] se pueden ver el resto de estos parámetros.

3.2.5.1.3.- Parámetros genéricos de configuración del variador de frecuencia

Estos parámetros al igual que los anteriores requieren ser ajustados por personal calificado, se agrupan desde P200 a P398. Aquí se agrupan los parámetros fundamentales de ajuste del convertidor que rigen su funcionamiento interno, por ejemplo el tipo de control que se efectúa atendiendo al tipo de carga, en nuestro caso es una bomba, por lo que la curva seleccionada es la curva de par cuadrático que es la que se corresponde con este tipo de aplicaciones, así como los mandos del mismo, las características de las señales externas, etc. Ver Tabla 3.3.

Tabla 3.3.- Parámetros de configuración del variador de frecuencia CFW-10.

Parámetro	Variables del motor	Unidad	Rango valores	Valor
Parámetros genéricos de configuración				
P202	Tipo de control del variador	-	0=Control V/F lineal 1=Control cuadrático	1

P203	Selección de funciones especiales	-	0=Ninguna 1=Regulador PID	0
Definición Local/remoto				
P221	Selección de referencia (Local)	-	0=Teclas HMI 1=A11 2=E.P. 3=Potenciómetro	1
P222	Selección de referencia (Remoto)	-	0=Teclas HMI 1=A11 2=E.P. 3=Potenciómetro	1
P229	Selección de comandos (Local)	-	0=Teclas HMI 1=Bornes	1
P230	Selección de comandos (Remoto)	-	0=Teclas HMI 1=Bornes	1
Entrada analógica				
P234	Rango de la entrada analógica AI1	%	0.00 - 999	100
P235	Señal de la entrada analógica AI1	-	0=(0-10)V/(0-20)mA 1=(4-20)mA	1

Datos del convertidor				
P295	FrecuenciaCorriente Nominal	A	1.6 2.6 4.0	4
P297	Frecuencia de conmutación	kHz	0.00 - 15	5
Funciones especiales (no se requirieron)				

Destacamos al igual que en el caso anterior que se han indicado solo aquellos parámetros que por la aplicación específica cambian sus valores con respecto a los parámetros de fábrica, es decir que en este grupo también se agrupan otro grupo de variables que no se han especificado porque se ha asumido su valor por defecto. En [5] se pueden ver el resto de estos parámetros.

Con el ajuste dado a cada uno de los parámetros indicados en las tablas 4.1, 4.2 y 4.3 quedó debidamente ajustado el convertidor de frecuencia para nuestra aplicación de bombeo de agua.

3.2.6.- Configuración de la interfase HMI a través de SCADAs

En el presente capítulo se muestra el proceso de configuración de la interfase Hombre – Máquina (conocida como HMI) que se realiza con el SCADA Eros.

La configuración de un sistema de supervisión se inicia con la configuración del dispositivo central o RTU del sistema de control y todos los canales de señales de entrada y salida que a él llegan y que de él parten, ya sea físicamente o por vía de comunicaciones.

Como podemos apreciar de la figura 3.1 la arquitectura del banco de automatización FF dispone de instrumentación FieldBus Foundation con dos instrumentos de campo (dos transmisores inteligentes TT302 e IF302) y una interfase (bridge DFI302) que comunica el bus de campo H1 con el sistema de supervisión utilizando el protocolo de comunicaciones OPC (Ole Process Control). Esta interfase se expande localmente igual que una arquitectura clásica de PLC.

Conociendo los elementos de hardware con los cuales se comunicará el SCADA se procede con el primer paso en la configuración que es la configuración del dispositivo de control.

3.2.6.1.- Configuración del dispositivo RTU

La configuración del dispositivo o los dispositivos de control (en nuestro caso solo tenemos uno que es la DFI 302) se inicia identificando primero la vía de comunicaciones a utilizar, que como hemos mencionado anteriormente utilizaremos el protocolo OPC.

En el SCADA Eros esta configuración se realiza con la herramienta de “Configuración del Sistema” con la cual se configuran los RTUs y todos sus canales de entradas y salidas, así como variables internas, programas internos, etc.



Figura 3.19.- Barra Principal del SCADA Eros.

El acceso a la herramienta de configuración del sistema se realiza clickeando el icono correspondiente en la barra principal del SCADA Eros, tal y como se muestra en la figura 3.19. Es importante tener en cuenta que este acceso se consigue solo si posee los accesos correspondientes a la administración.



Figura 3.20.- Control de acceso del SCADA Eros

Una de las opciones principales en los SCADAs es la configuración de los niveles de acceso, en el Eros después de creada la lista de usuarios de la supervisión y asignados los niveles de seguridad o los privilegios correspondientes, se podrá acceder en el proceso de configuración a las diferentes herramientas si posee derechos o privilegios de administración tal y como se muestra en la figura 3.20.

Una vez que la herramienta de configuración del sistema se encuentra en RUNTIME, se realiza la configuración del dispositivo de control utilizando la vía de comunicaciones adecuada y finalmente se realiza la configuración de las variables.

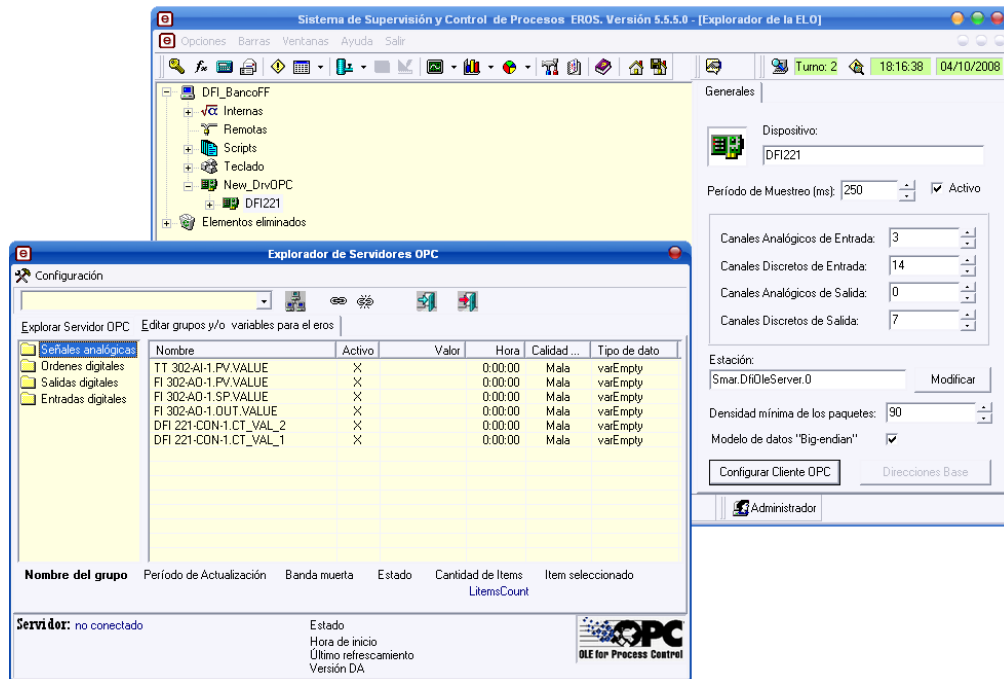


Figura 3.21- Configuración del dispositivo de control en el SCADA Eros

En la figura 3.21 se muestra en el fondo la imagen con el dispositivo RTU del Banco de Automatización con tecnología FF, el cual hemos denominado DFI221 es un dispositivo que utiliza el driver OPC de comunicaciones conocido en Eros como New_DrvOPC y dentro de él el dispositivo DFI221 con la configuración de:

- a) Tres (3) canales analógicos de entrada
- b) Catorce (14) canales discretos de entrada
- c) Un (1) canal de salida analógica
- d) Siete (7) canales de salida discreta

Esta configuración de señales es la que se corresponde con las necesidades de supervisión y control del banco con tecnología FF.

El próximo paso en la configuración es configurar los canales de entrada y salida antes identificado, para ello se realiza el enlace de las variables en el driver OPC. Este se accede directamente de la configuración del dispositivo, opción “Configurar Cliente OPC” (Ver figura 3.21) y automáticamente se muestra el editor del driver New_DrvOPC (imagen delantera). Puede observarse que ya en ella se encuentran organizadas las variables en:

- a) Señales Analógicas
- b) Ordenes Digitales
- c) Salidas Digitales
- d) Entradas Digitales

De esta manera se acceden a todas las variables OPC que están activadas en el driver DFI-OLE-SERVER (Estas variables son exportadas a éste driver OPC cuando se realizó la configuración de los instrumentos TT302, IF302 y DFI302 descritos en tópicos anteriores).

3.2.6.2.- Configuración de las variables en el dispositivo RTU

La configuración de todas las variables de la supervisión incluye la configuración de todos los canales de:

- a) Entradas Analógicas
- b) Salidas Analógicas
- c) Entradas Digitales
- d) Salidas Digitales
- e) Variables internas
- f) Programas internos o Srips

En todos los casos se utiliza el mismo editor de configuración por lo que solo expondremos un caso específico.

En la figura 3.22 se muestra a modo de ejemplo la variable “Temperatura del tanque TK1” que posee la etiqueta Temp_TK1.

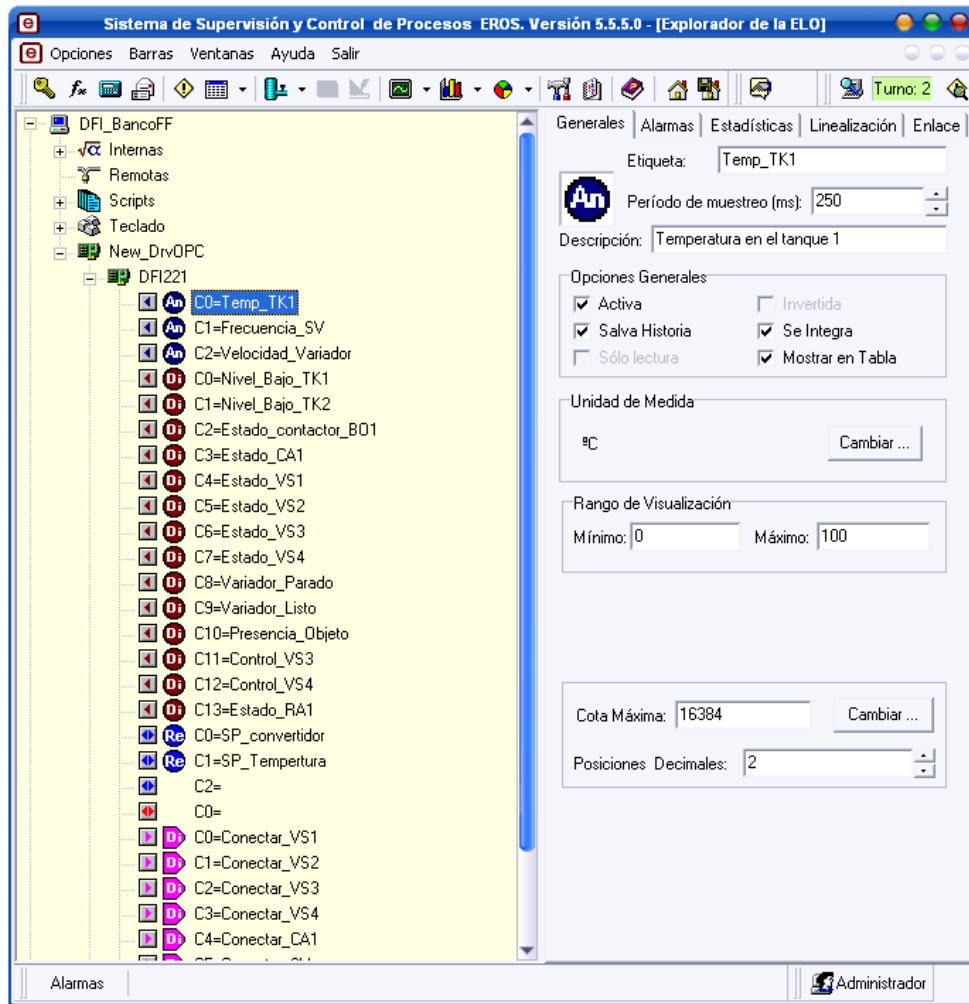


Figura 3.22- Configuración de variables en el dispositivo de control RTU (DFI302)

En esta configuración puede observarse el rango de la variable, la unidad de medida, los números decimales a mostrarse en las pantallas de la supervisión, la descripción de la misma que se mostrará automáticamente cuando se posicione el puntero sobre la misma independiente de la pantalla que se esté mostrando, la opción de que se cree un registro histórico de la misma con la activación de la opción “Salva Historia”, la opción de mostrarse en las diferentes tablas (Ver capítulo 4), entre otras opciones.

Puede configurarse además en la ventana de alarmas los niveles de alarmas y las acciones que se requieran, y en la ventana de enlace es donde se enlaza esta variable que se configura en el EROS con su homóloga correspondiente en el driver OPC de la figura 3.21. Por ejemplo en este caso específico esta variable se encuentra dentro del grupo de señales analógicas como TT 302-AI-1-

PV.Value que proviene del Bloque TT 302-AI-1 del dispositivo de campo TT 302 (Ver figura 3.10).

Otra vía de poder observar esta variable que corresponde con la temperatura del tanque TK1 es el monitoreo que se realiza sobre la misma pero utilizando el software TAGVIEW, ver figura 4.10 del capítulo siguiente. El TagVieW muestra la etiqueta que le asigna directamente el driver OPC a esta variable, por lo que es muy fácil su identificación.

De manera similar se realizó la configuración del resto de las variables.

3.2.6.3.- Configuración del control de temperatura desde el SCADA

Recordemos que cuando se realiza la supervisión de variables desde el SCADA Eros no solo estamos monitoreando el proceso tecnológico del banco sino que estamos realizando también acciones de control remoto sobre él, como es el caso de abrir y cerrar las válvulas solenoides desde el SCADA. Sin embargo hemos previsto en el diseño inicial realizar una acción de control automático totalmente autónoma de manera que le otorgue un mayor nivel de implicación y responsabilidad al SCADA Eros. Esta opción es el control de temperatura que se realiza en el tanque 1. Se mide y se calienta el agua con un calentador eléctrico.

El control consiste en medir primeramente la temperatura del tanque (en el lazo de medición intervienen el termo elemento PT100 y el transmisor TT302) y comparar este valor con el valor del setpoint que se introduce directamente en la pantalla del mímico (Ver figura 3.23, que corresponde a la porción del proceso tecnológico del banco que se accede a través de la pantalla de mímico). La diferencia se guarda o almacena en una variable interna conocida como “error” y con ella se realiza un programa interno en el SCADA que representa un controlador ON-OFF de temperatura. La salida de este controlador activará la salida discreta correspondiente (conectar-CA1) con la cual se conectará el contactor del calentador de agua si el error es positivo y se mantendrá desconectado si es negativo. Ver figura 3.23.

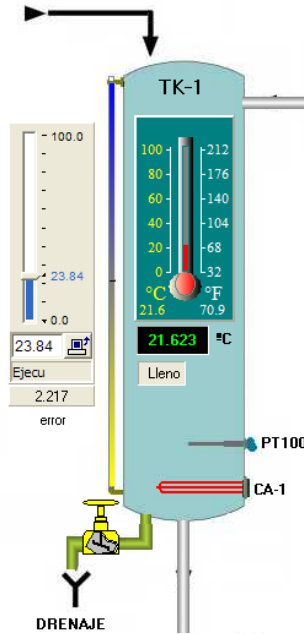


Figura 3.23- Control de temperatura en el tanque TK1 desde el SCADA Eros

La imagen o resultado del control de temperatura es la que se muestra en 3.23, pero la configuración que se encuentra en background corriendo en RUNTIME para lograr que el control de temperatura funcione adecuadamente es la que se muestra en la figura siguiente.

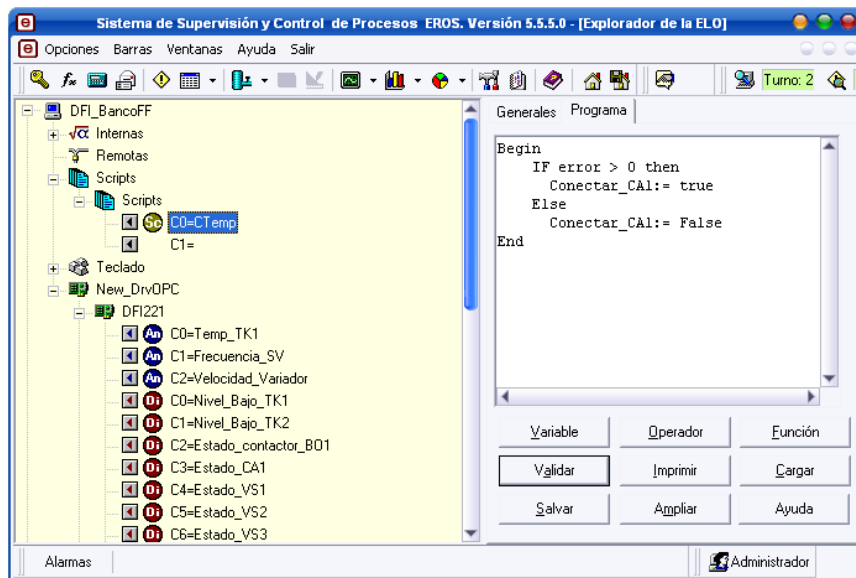


Figura 3.24- Programa de Control de temperatura del tanque TK1 desde el SCADA Eros

Este programa es almacenado en Eros como un Script y se denomina Ctemp.

El resto de la configuración (configuración de mímicos, de registros, de tablas, etc) es bastante sencillo cuando se utiliza el SCADA Eros. Si se siguen fielmente los pasos de configuración que contiene el sistema de ayuda ON LINE de Eros o los procedimientos descritos en el Manual de Usuario para cada caso podremos configurar rápidamente el resto de las opciones básicas que muestra este SCADA.

En un caso similar tenemos la configuración del programa TAGVIEW que solo con disponer del enlace con el driver DFI-OLE-SERVER, se acceden a todas las variables en él cargadas y solo deben escogerse en las diferentes pantallas para ser mostradas literalmente o en forma de registros de tendencias. Sugerimos a aquellos que deseen profundizar en este tema instalar el programa que se encuentra accesible de manera libre en el sitio de Internet www.smar.com.br y descargar el mismo. En su proceso de descarga se obtienen también los correspondientes manuales de usuario donde se explica claramente todo el proceso de configuración.

De esta manera hemos descrito el proceso de configuración que hemos realizado en los elementos de hardware (DFI 302, TT302, IF302 y Variador de velocidad) y de software (Scada Eros y TagView) que conforman la arquitectura de la figura 4.1 para lograr el perfecto funcionamiento del proceso tecnológico del banco de automatización con tecnología Field Bus Foundation (FF) que se describe detalladamente en el capítulo siguiente.

CAPITULO IV

***SUPERVISIÓN Y CONTROL DEL BANCO DE AUTOMATIZACIÓN CON
TECNOLOGIA FIELD BUS FOUNDATION (FF)***

4.1.- Introducción

El presente capítulo muestra las opciones obtenidas de la configuración del Sistema de Supervisión y Control del “Banco de automatización con tecnología FieldBus Foundation” de la Universidad Nacional de Loja que se ha realizado con dos programas diferentes, primeramente el Eros (SCADA cubano propiedad del Grupo de Automatización Eros, SERCONI) y posteriormente en TAGVIEW herramienta propia del System302 de SMAR, Brasil.

En ambos casos se muestra la interfase HMI con la cual los operadores (estudiantes y profesores) pueden interactuar con el banco para darle órdenes según los procedimientos de operación que posteriormente se describen.

4.2.- Opciones del sistema de supervisión

Las opciones obtenidas como resultado del proceso de configuración descrito en el capítulo anterior hacen particular referencia a los tipos de variables (etiquetas), ventanas, historiales, reportes, alarmas y seguridad que debe ofrecer la aplicación para mostrar las bondades básicas de las HMI conseguidas por softwares SCADAs como el Eros.

Desde los programas de supervisión se pueden obtener diferentes opciones y herramientas con las cuales los operarios lograr manejar el proceso tecnológico que están supervisando, dentro de las opciones conseguidas en el caso particular de nuestro banco de automatización se encuentran:

- Nivel de acceso del sistema
- Presentación de mímicos
- Tablas de variables (digitales, analógicas, internas)
- Pantallas de Alarmas
- Pantallas de Reportes.
- Registradores de Tendencias (históricos)

Y aunque no se configuraron también se tiene la posibilidad de realizar accesos directos a otras herramientas compatibles con la configuración como herramientas estándar tales como:

- MicrosoftWord

- Microsoft EXCEL
- Calculadora, etc.

Veamos pues algunas de estas opciones conseguidas con cada uno de los softwares utilizados.

4.3.- Supervisión desde el EROS

La supervisión lograda con el EROS parte de la pantalla de mímico, y desde ésta se accede al resto de la supervisión del banco, es decir a las pantallas de alarmas, de históricos, las tablas de las variables, el registro de eventos, etc. Ver figura 4.1.

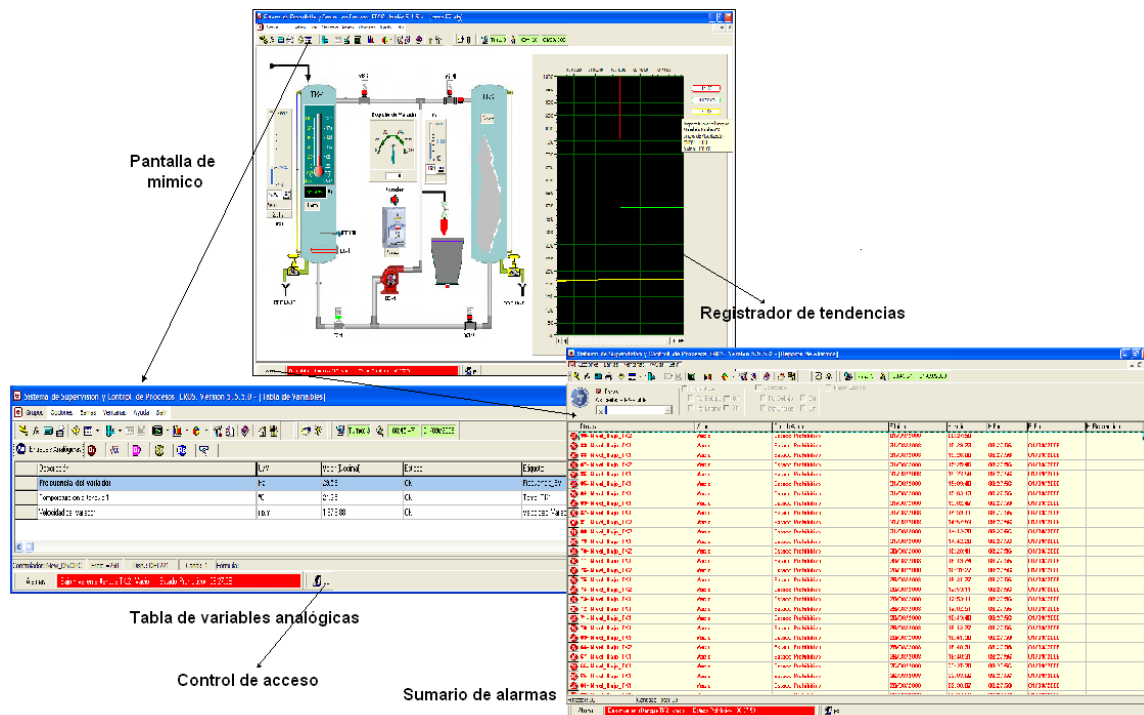


Fig. 4.1 Opciones de la supervisión con EROS.

Por su importancia describiremos cada una de estas opciones auxiliándonos del esquema de la figura 4.1. y comenzando con el proceso de navegación indicado en el mapa con flechas.

4.3.1.- Navegación con EROS

Para dar inicio al uso del sistema de supervisión, se debe poner en RUNTIME el proyecto, inicializándose éste y posicionándose en la pantalla de mímico del sistema. De la figura 4.1 puede observarse que todas las opciones del sistema se ponen en activación a partir de esta pantalla.

Si usted es administrador del sistema y requiere realizar algún cambio en la configuración debe acceder su nivel de acceso con su ID de usuario y contraseña (Ver figura 4.1) sino debe mantener el nivel por defecto que es el de invitado (acceso limitado).

Una vez ingresado su nombre y clave de usuario, lo que le otorga el nivel de seguridad necesario en la pantalla de mímico, usted puede realizar las correspondientes operaciones del banco atendiendo a los procedimientos de operación siguientes.

4.3.2.- Procedimiento tecnológico de operación del Banco

Para utilizar adecuadamente los programas SCADAs como sistemas HMI de cualquier proceso tecnológico lo primero que debe conocerse es el propio sistema tecnológico que se está supervisando, en este caso este proceso fue detalladamente explicado en el capítulo 2 pero por su importancia haremos énfasis en el mismo.

El proceso tecnológico que se supervisa es un proceso de recirculación de agua potable, en el cual intervienen tecnológicamente dos tanques de 120 litros y una bomba centrífuga de 35 l/min, además de las correspondientes válvulas de descarga (VS1 y VS2) y llenado (VS3 y VS4) de ambos tanques. Con esta bomba (BO-1) se logra recircular agua en un mismo tanque o entre los dos tanques según se requiera. También se puede externamente obtener agua caliente o fría del sistema de recirculación mediante un sistema de descarga que requiere obligatoriamente la presencia de un recipiente externo.

Los tanques utilizados se diferencian entre si en que el tanque TK-1 posee un sistema de control de temperatura que se logra desde el propio SCADA Eros y el TK-2 no posee este tipo de control. Ambos tanques sin embargo poseen medición local de nivel y control de bajo nivel mediante nivelómetros (interruptor de nivel por flotantes).

Fueron concebidos tres ejercicios claves con este banco de automatización con tecnología FF, estos son:

- Recirculación de agua
- Control de Temperatura
- Control de flujo de agua

Veamos detalladamente en que consisten cada uno.

4.3.2.1.- Recirculación de agua

La recirculación de agua consiste en extraer o succionar agua de uno de los dos tanques y bombearla para el mismo tanque, para el otro tanque o hacia el exterior siempre que exista el recipiente adecuado en la posición correspondiente. En cual quiera de los tres casos se realiza un manejo controlado del flujo a partir del control de la velocidad de la bomba.

4.3.2.1.1.- Recirculación de agua en un mismo tanque

Para lograr recircular agua en un mismo tanque se debe:

1. Seleccionar inicialmente el tanque donde se va a realizar la recirculación, sea TK-1 o TK-2. Suponiendo que hemos escogido el tanque TK-1 (Tanque de agua caliente).
2. Debe garantizarse el nivel de agua requerido, es decir el límite inferior de TK-1 debe permanecer cerrado indicando en el SCADA que el tanque posee el nivel requerido.
3. Con el nivel de agua adecuado, inmediatamente la válvula de descarga VS-1 del TK-1 se abre para cebar la bomba y evitar que la misma pueda cavita por presencia de aire en el proceso de succión.
4. La bomba no arrancará hasta tanto no se haya seleccionado desde la parte frontal del panel eléctrico el mando del interruptor de la válvula de descarga VS-3 de TK-1.
5. Se debe seleccionar el interruptor de la válvula de descarga VS-3 en la posición ON para que la recirculación quede preparada en el mismo tanque TK-1, es decir se extraerá y se suministrará agua del propio tanque.

6. Seleccionada la válvula de descarga, automáticamente se energizará el contactor que alimenta al convertidor de frecuencia con el cual se logra el control de flujo de agua del proceso de recirculación.
7. La bomba arrancará y quedará trabajando a la velocidad seteada en el setpoint del convertidor de frecuencia.
8. Como la recirculación se está efectuando en un mismo tanque no existirá variación del nivel por lo que el proceso de bombeo se mantendrá en operación estable y continua a merced del operario.

De la misma manera se logra la recirculación de agua en el TK-2, siguiendo el mismo procedimiento anterior pero realizando las operaciones sobre las válvulas de entrada y salida correspondientes a este caso, VS-2 (descarga) y VS-4 (llenado).

4.3.2.2.- Recirculación de agua entre dos tanques

La recirculación de agua entre dos tanques se realiza de manera similar al caso anterior, solo debe tenerse en cuenta que la válvula de llenado siempre será la contraria al tanque desde donde se realiza la extracción. El procedimiento sería:

1. Seleccionar inicialmente el tanque desde donde se va a realizar la extracción, por ejemplo TK-1 y TK-2 sería el tanque que recibirá el flujo de agua bombeado por la bomba BO-1. En este caso estamos suponiendo que estamos bombeando agua caliente del tanque TK-1 al tanque de agua fría TK-2.
2. Debe garantizarse el nivel de agua requerido en TK-1 para que el sistema se active adecuadamente. Se debe indicar esta variable en el SCADA.
3. Con el nivel de agua adecuado en TK-1, inmediatamente la válvula de descarga VS-1 del TK-1 se abre para cebar la bomba y evitar que la misma pueda cavitar por presencia de aire en el proceso de succión.
4. Si el SCADA está ON LINE, el sistema de control de temperatura se activará si la temperatura medida por el lazo de medición es menor que la deseada en el setpoint.

5. La bomba no arrancará hasta tanto no se haya seleccionado desde la parte frontal del panel eléctrico el mando del interruptor de la válvula de llenado VS-4 del TK-2.
6. Se debe seleccionar el interruptor de la válvula de descarga VS-4 en la posición ON para que la recirculación quede preparada entre los tanques TK-1 y el TK-2, es decir se extraerá agua caliente del tanque 1 y se suministrará al 2.
7. Seleccionada la válvula de descarga, automáticamente se energizará el contactor que alimenta al convertidor de frecuencia con el cual se logra el control de flujo de agua del proceso de recirculación entre un tanque y otro.
8. La bomba arrancará y quedará trabajando a la velocidad seteada en el setpoint del convertidor de frecuencia.
9. Como la recirculación se está efectuando entre los dos tanques, inmediatamente que se alcance el nivel mínimo en TK-1, se desconectan la bomba, el calentador de agua y se cierra la válvula de descarga VS-1. Quedando así el tanque TK-2 lleno. El proceso se puede repetir ahora pero en sentido contrario, recirculación de agua entre TK-2 y TK-1.
10. El proceso de recirculación entre los dos tanques está dependiendo de que el tanque del cual se extrae el líquido se vacíe completamente y el nivel mínimo se active (abra sus contactos normalmente cerrados).
11. Los niveles de los tanques están ajustados de tal manera que cuando un tanque esté totalmente lleno el otro esté vacío y viceversa. Esto se ha concebido así porque solo se dispone de una condición de llenado de los tanques para realizar el control, en nuestro caso escogimos la condición de nivel mínimo.

4.3.2.3.- Bombeo de agua hacia el exterior del banco

El bombeo de agua hacia el exterior se consigue solo cuando las válvulas de llenado de los tanques están cerradas (posición de los interruptores de la parte frontal del armario de control en OFF) y al mismo tiempo el recipiente donde se almacenará dicho líquido se encuentra en la posición correcta.

El llenado del recipiente se realizará manualmente, es decir es el operario (estudiante o profesor) quien decide una vez que el recipiente ha alcanzado determinado nivel y al mismo tiempo no se ha desactivado el bombeo por bajo nivel del tanque del cual se extrae el líquido.

Este proceso manual de dosificación pudo realizarse automáticamente pero por limitación en la cantidad de bloques de programación que nos permitía la herramienta de configuración de la tecnología FieldBus (Syscon) no pudimos completar esta opción dentro de la automática FF.

4.3.3.- Control automático de la temperatura

Como hemos explicado en párrafos anteriores en el tanque TK-1 se ha construido un control automático de la temperatura que se consigue desde el SCADA Eros.

Desde el mímico del proceso se escoge el setpoint de temperatura deseado y si la variable de temperatura leída por el sensor (termo elemento PT100) y transmitida por el transmisor de temperatura inteligente TT302 al SCADA es menor, el SCADA envía una señal discreta para que se conecte un calentador eléctrico que se ubica en el interior del propio tanque. Este proceso es totalmente dependiente del nivel del tanque, es decir que aunque el error entre la temperatura del tanque y el setpoint sea positivo y esté enviándose una señal de mando hacia el elemento actuador, todo esto se desactiva automáticamente si el nivel está por debajo de nivel mínimo del tanque TK-1.

Esta es una condición operativa que protege tecnológicamente a la instalación de dos situaciones diferentes:

1. Evita que el calentador se deteriore si no hay agua en el interior del tanque pues los calentadores de agua si no están sumergidos se deterioran con facilidad. Además no tiene sentido que se quede conectado si no hay agua en el tanque.
2. Desconecta automáticamente a la bomba si el nivel de agua está por debajo del nivel mínimo para evitar la cavitación de la misma y así problemas mecánicos innecesarios.

El control automático utilizado para controlar esta temperatura es el control clásico **“ON-OFF”** el cual funciona basado en el comportamiento del ERROR, es decir si el error es positivo (setpoint-temperatura leída) quiere decir que la temperatura que está transmitiendo el transmisor

FF TT302 es menor que la temperatura deseada y el SCADA emite una señal de mando de manera discreta para que a través de un contactor quede conectado el calentador de agua hasta tanto la temperatura leída supere el setpoint, cuando esto sucede el calentador se desconecta y no se vuelve a conectar hasta que el proceso se repite.

Destacamos que el control de temperatura en este caso solo funciona cuando el SCADA está ONLINE con el banco. No existe control de temperatura local, es decir desde la propia automática FF, pues quisimos desde un principio poder mostrar la potencialidad del SCADA en una de sus operaciones más comunes que es realizando control y regulación y no solo monitorización del proceso. No obstante en la automática FF está concebido un bloque PID con salida discreta (conocido como STEP) con el cual se logra este mismo control sin necesidad del SCADA, éste aunque fue probado y nos dio resultados excelentes preferimos mantener el control desde el SCADA pues solo podíamos mantener uno de los dos medios de control activo.

4.3.4.- Control remoto del flujo de agua

Otra de las opciones tecnológicas conseguidas en el Banco de Automatización con tecnología FF es el control del flujo de agua que se bombea en los tres casos, es decir cuando se recircula agua en uno de los dos tanques, cuando se hace entre los dos tanques o cuando se hace una extracción de agua al exterior (se requiere obligatoriamente la presencia del recipiente).

El flujo de agua a su vez se puede controlar de dos maneras diferentes:

- Localmente
- Remotamente

El **control local** del flujo de agua se logra cuando la velocidad de la bomba (y con ello el flujo) se consigue directamente desde el variador de velocidad. Se debe parametrizar el mismo para que todos los mandos del variador de velocidad se realicen desde la consola de mando del propio convertidor.

Mediante las teclas de la consola de mando se arranca, para y varía la velocidad del convertidor de frecuencia. Para ello el variador de velocidad debe haberse programado cuidadosamente de la manera que se describió en el capítulo anterior referido a la configuración del sistema de control.

El **control remoto** se logra sin embargo programando el convertidor de frecuencia para ser controlado desde los terminales externos, es decir desde sus correspondientes señales de entradas y salidas digitales y analógicas.

En este caso la señal de referencia llega desde el SCADA a través del convertidor inteligente FI302 (convertidor que convierte la señal de mando FF a una salida analógica estándar 4-20mA).

Para ello hay una secuencia debidamente programada entre la automática FF y el SCADA descrita detalladamente en el capítulo anterior.

4.3.5.- Pantalla de mímico en EROS

La pantalla de mímico del proceso es la pantalla primaria o fundamental de la supervisión pues en ella se representa el proceso tecnológico del banco con tecnología FF y desde ella se realizan las operaciones correspondientes a la recirculación de agua, control de temperatura y control de flujo de aguas descritas en tópicos anteriores.

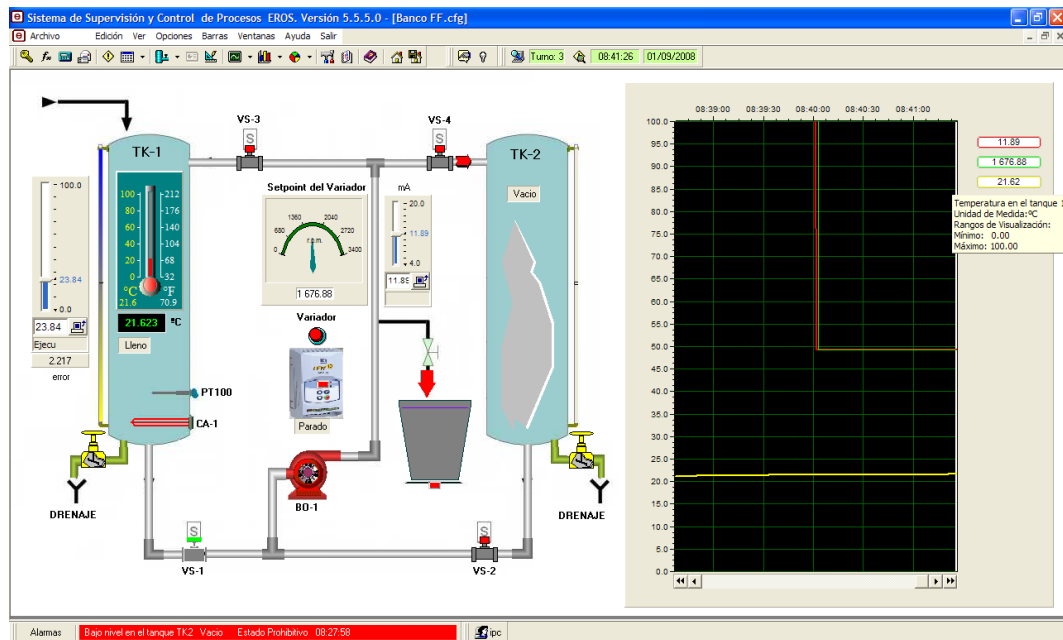


Fig. 4.2 Mímico del proceso tecnológico con EROS.

En la figura 4.2 puede observarse el proceso tecnológico formado por los dos tanques y la bomba además de los elementos del sistema de control automático que lo conforma.

Podemos observar las barras de desplazamiento que se utilizan para fijar en un caso el setpoint de la temperatura deseada (a la izquierda del tanque TK-1) y en el otro caso para fijar el setpoint de velocidad deseada (flujo de agua) cuando se realiza el control remoto sobre el variador de velocidad.

El mímico muestra de forma animada el comportamiento real del proceso, es decir los tanques indican cuando están o no llenos, se indica la temperatura real de manera continua y grafica en el tanque 1, se muestra el estado de las válvulas de descarga, de llenado, del calentador de agua, del convertidor de frecuencia y del motor de la bomba. Se conoce también el setpoint de velocidad de la bomba y la presencia o no de recipientes cuando se quiere realizar una extracción de agua del banco.

Desde esta pantalla no solo se conoce el comportamiento real de todo el proceso del banco sino que se actúa para controlar el mismo atendiendo a los procedimientos antes descritos.

4.3.6.- Tablas de variables en EROS

Las tablas de variables en el SCADA Eros se clasifican según el tipo de variable que se ha configurado. Se obtienen así tablas de:

- Variables de entrada y salidas digitales
- Variables de entrada y salida analógicas
- Variables internas (variable de error, fórmula que resta al valor del setpoint de temperatura el valor de la variable de temperatura leída y transmitida por el lazo de temperatura).
- Variables provenientes de funciones especiales (control ON-OFF de temperatura desde el SCADA)

Veamos algunas de estas tablas:

4.3.5.1.- Tablas de variables de entradas digitales

En la figura 4.3 se observa un listado de las variables digitales de entrada al sistema de control. En color negro se mantienen todas aquellas que informan una condición normal del sistema y en color rojo aquellas que indican algún tipo de anomalía.

Descripción	Valor en Disp.	Valor (Decimal)	Estado	Etiqueta
Bajo nivel en el tanque de agua 1	1	Lleno	Ok	Nivel_Bajo_TK1
Bajo nivel en el tanque TK2	0	Vacio	Estado Prohibitivo	Nivel_Bajo_TK2
Conectar la válvula 3 manualmente	0	Desconectado	Ok	Control_VS3
Conectar la válvula 4 manualmente	0	Desconectado	Ok	Control_VS4
Estado de la válvula solenoide 1	1	Conectado	Ok	Estado_VS1
Estado de la válvula solenoide 2	0	Desconectado	Ok	Estado_VS2
Estado de la válvula solenoide 3	0	Desconectado	Ok	Estado_VS3
Estado de la válvula solenoide 4	0	Desconectado	Ok	Estado_VS4
Estado del calentador de agua	0	Desconectado	Ok	Estado_CA1
Estado del contactor de la bomba de agua	1	Energizado	Ok	Estado_contactor_B01
Presencia del recipiente para agua	0	No hay recipiente	Ok	Presencia_Objeto
Variador de velocidad listo para trabajar	0	Variador parado	Ok	Variador_Listo
Variador sin alimentación eléctrica	0	Variador en operación	Ok	Variador_Parado

Controlador: New_DrvOPC Frec.: 250 Disp.: DF1221 Canal: 0 Fórmula:

Alarmas: **Bajo nivel en el tanque TK2, Vacío, Estado Prohibitivo, 08:27:58**

Fig. 4.3. Tabla de variables digitales de entrada en EROS.

Por ejemplo, la variable indicada en rojo es una alarma por bajo nivel en el TK-1, obsérvese que se muestra en la tabla pero también en la barra inferior correspondiente a la última alarma activa.

Esta pantalla muestra el estado de las variables de entrada, no permite escritura sobre el valor del dispositivo pues esta condición la impone la señal digital proveniente del proceso.

De manera similar se obtienen las tablas de señales de salidas digitales.

4.3.4.2.- Tablas de variables de salidas digitales

En la figura 4.4 se muestra un listado de las variables digitales de salida del sistema de control, es decir los dispositivos actuadores del tipo discretos sobre los cuales recae la acción de control.

Descripción	Valor en Disp.	Valor (Decimal)	Estado	Etiqueta
Conectar el calentador desde el SCADA	0	Apagado	Ok	Conectar_CA1
Conectar el rele RA1 del variador de velocidad	0	Parado	Ok	Conectar_SV
Conectar VS1	0	Desconectado	Ok	Conectar_VS1
Conectar VS2	0	Desconectado	Ok	Conectar_VS2
Conectar VS3	0	Desconectado	Ok	Conectar_VS3
Conectar VS4	0	Desconectado	Ok	Conectar_VS4

Fig. 4.4. Tabla de variables digitales de salida en EROS.

Puede observarse que como variables discretas de salida tenemos a los mandos que se realizan sobre cada una de las válvulas solenoides (VS-1.... VS4), y los contactores que controlan la alimentación eléctrica del calentador eléctrico del TK-1 y del convertidor de frecuencia.

4.3.5.3.- Tablas de variables de entradas analógicas

La tabla de las variables de entradas analógicas del sistema de control es la que se muestra en la figura 4.5. Puede observarse que solo se disponen de dos señales analógicas, la temperatura obtenida del lazo de medición de temperatura transmitida por el transmisor FF TT302 y la obtenida indirectamente por el convertidor de frecuencia.

Descripción	U/M	Valor (Decimal)	Estado	Etiqueta
Frecuencia del variador	Hz	29.59	Ok	Frecuencia_SV
Temperatura en el tanque 1	°C	24.35	Ok	Temp_TK1
Velocidad del variador	r.p.m.	1 676.88	Ok	Velocidad_Variador

Fig. 4.5. Tabla de variables analógicas de entrada en EROS.

4.3.5.4.- Tablas de variables internas

Existe un grupo de variables que se conforman como combinación matemática de otras variables para poder desde ella realizar una acción de control sobre determinadas variables de salida.

En nuestro caso particular se ha configurado la variable de error como una diferencia entre dos variables, una interna y la otra externa proveniente del transmisor de temperatura. El resultado es un número real que toma su signo en dependencia del resultado de ésta diferencia.

Descripción	Valor en Disp.	Valor (Decimal)	Estado	Etiqueta
Conexión remota de CA-1	0	Desconectado	Ok	Conectar_Remoto_CA1
Desconectar remoto al calentador CA-1	1	Conectado	Ok	Desconectar_Remoto_CA1
Diferencia entre el setpoint de temp. y el valor	-0.941802978515625	-0.94	Ok	error

Figura 4.6. Tabla de variables internas en EROS.

Las variables internas en los SCADAs juegan un papel primordial, su desventaja principal radica en que dependen totalmente de la estabilidad del SCADA, es decir que sólo son accesibles desde el SCADA.

4.3.6.- Pantallas secundarias

Estas pantallas conservan las mismas opciones básicas de la pantalla de mímico como es la barra de botones estándar de EROS, la barra de alarmas, indicación de la fecha y hora, etc.

Estas pantallas secundarias son similares en todos los procesos de configuración y se generan automáticamente desde el mismo instante en que la base de datos (variables, dispositivos) queda debidamente configurada. En Eros estas pantallas no requieren ser rediseñadas aunque el diseñador del sistema tiene la opción además de crear sus propias pantallas si las generadas automáticamente no suplen las expectativas esperadas.

Dentro de estas pantallas consideras como secundarias se encuentran:

- Las pantallas de alarmas.
- Las pantallas de registros históricos
- Las pantallas de eventos.
- Las pantallas de hardware, etc.

Por su importancia destacaremos las dos primeras.

4.3.6.1.- Pantalla “Alarma” en Eros

Esta pantalla muestra un resumen de todas las alarmas activas en el sistema. Todas estas variables se mantienen en rojo si la condición que la activó aún permanece activa.

En la figura 4.7 puede observarse que existen dos variables que han generado alarmas que son los correspondientes límites inferiores de los tanques TK-1 y TK-2. En la configuración solo se programaron para activar alarmas a estas dos variables pero cualquier otra variable que se le defina un nivel o rango de operación normal y anormal para alarma, automáticamente se activará en esta pantalla si la condición tecnológica provoca su activación.

Así se mantendrá hasta tanto la condición que la activó no desaparezca.

Etiqueta	Valor	Tipo de Alarma	F.Inicio	H.Inicio	H.Fin	F.Fin	H. Reconocida
90- Nivel_Bajo_TK2	Vacio	Estado Prohibitivo	01/09/2008	08:27:58			
89- Nivel_Bajo_TK1	Vacio	Estado Prohibitivo	31/08/2008	15:29:23	08:27:56	01/09/2008	
88- Nivel_Bajo_TK1	Vacio	Estado Prohibitivo	31/08/2008	15:26:00	08:27:56	01/09/2008	
87- Nivel_Bajo_TK2	Vacio	Estado Prohibitivo	31/08/2008	15:25:46	08:27:56	01/09/2008	
86- Nivel_Bajo_TK1	Vacio	Estado Prohibitivo	31/08/2008	15:23:58	08:27:56	01/09/2008	
85- Nivel_Bajo_TK1	Vacio	Estado Prohibitivo	31/08/2008	15:09:40	08:27:56	01/09/2008	
84- Nivel_Bajo_TK1	Vacio	Estado Prohibitivo	31/08/2008	15:03:13	08:27:56	01/09/2008	
83- Nivel_Bajo_TK1	Vacio	Estado Prohibitivo	31/08/2008	15:02:47	08:27:56	01/09/2008	
82- Nivel_Bajo_TK1	Vacio	Estado Prohibitivo	31/08/2008	14:59:11	08:27:56	01/09/2008	
81- Nivel_Bajo_TK2	Vacio	Estado Prohibitivo	31/08/2008	14:57:53	08:27:56	01/09/2008	
80- Nivel_Bajo_TK2	Vacio	Estado Prohibitivo	31/08/2008	14:42:20	08:27:56	01/09/2008	
79- Nivel_Bajo_TK1	Vacio	Estado Prohibitivo	31/08/2008	14:42:20	08:27:56	01/09/2008	
78- Nivel_Bajo_TK2	Vacio	Estado Prohibitivo	30/08/2008	18:20:41	08:27:56	01/09/2008	
77- Nivel_Bajo_TK1	Vacio	Estado Prohibitivo	30/08/2008	18:19:24	08:27:56	01/09/2008	
76- Nivel_Bajo_TK2	Vacio	Estado Prohibitivo	28/08/2008	18:31:27	08:27:56	01/09/2008	
75- Nivel_Bajo_TK1	Vacio	Estado Prohibitivo	28/08/2008	18:31:27	08:27:56	01/09/2008	
74- Nivel_Bajo_TK2	Vacio	Estado Prohibitivo	28/08/2008	17:53:11	08:27:56	01/09/2008	
73- Nivel_Bajo_TK1	Vacio	Estado Prohibitivo	28/08/2008	17:53:11	08:27:56	01/09/2008	
72- Nivel_Bajo_TK1	Vacio	Estado Prohibitivo	28/08/2008	17:02:51	08:27:56	01/09/2008	
71- Nivel_Bajo_TK1	Vacio	Estado Prohibitivo	28/08/2008	16:43:48	08:27:56	01/09/2008	
70- Nivel_Bajo_TK1	Vacio	Estado Prohibitivo	28/08/2008	16:43:27	08:27:56	01/09/2008	
69- Nivel_Bajo_TK1	Vacio	Estado Prohibitivo	28/08/2008	16:41:30	08:27:56	01/09/2008	
68- Nivel_Bajo_TK2	Vacio	Estado Prohibitivo	28/08/2008	16:40:31	08:27:56	01/09/2008	
67- Nivel_Bajo_TK1	Vacio	Estado Prohibitivo	28/08/2008	16:40:31	08:27:56	01/09/2008	
66- Nivel_Bajo_TK1	Vacio	Estado Prohibitivo	26/08/2008	23:27:28	08:27:56	01/09/2008	
65- Nivel_Bajo_TK1	Vacio	Estado Prohibitivo	26/08/2008	23:03:56	08:27:56	01/09/2008	
64- Nivel_Bajo_TK1	Vacio	Estado Prohibitivo	26/08/2008	22:38:07	08:27:56	01/09/2008	

Figura 4.7. Pantalla de Alarma en EROS.

4.3.6.2- Pantalla de registros históricos

Esta pantalla contiene las curvas de tendencia que registran las variables analógicas, contiene herramientas de configuración tanto para el eje X(tiempo) y el eje Y(valor-variable) donde cada variable tiene un color diferente. Permite modificaciones de fecha, tiempo de muestreo. Estos son unas de las pantallas fundamentales de sistema pues son las bases de los ficheros históricos.

Las tendencias históricas son de gran utilidad ya que de ellos se obtiene los reportes para posteriores análisis en bases de datos u hojas de cálculo como Excel. Estas tendencias históricas son configurables hasta 8 lápices y pueden ser guardados hasta por un año.

Las variables analógicas tales como temperatura, velocidad, flujo son visualizadas mediante una curva, permitiendo al operador autorizado que realice modificaciones de rango y tiempo de visualización y posteriormente guardadas en el archivo historiales.csv.

En este proyecto se han configurado dos tipos de registradores de tendencia, uno pequeño que se ha incorporado en el propio mímico del proceso tecnológico (Ver fig. 4.2) y otro más grande y detallado que se encuentra en la opción de registros históricos.

4.4.- Supervisión desde TAGVIEW

Con el objetivo de mostrar la transparencia de los diferentes programas de supervisión que utilizan el protocolo OPC para la comunicación con los restantes niveles de la arquitectura de automatización hemos utilizado un segundo programa para monitorear en paralelo con el EROS las variables del proceso tecnológico del Banco con tecnología FF. De esta forma podremos ver que dos o más softwares pueden convivir en un proceso de supervisión sin que ello genere conflictos técnicos.

Es importante destacar que siempre que se realice la supervisión y monitoreo con dos programas en paralelo solo uno debe tener las opciones de control y regulación, por ende hemos remitido esas opciones solo al Eros y hemos utilizado como herramienta solo de monitoreo al TAGVIEW.

A continuación mostraremos pantallas de variables y registradores de tendencias realizados en TAGVIEW en paralelo con el Eros.

4.4.1.- Tablas de variables discretas de entradas

En la figura 4.8 se listan las variables de entrada digitales que corresponden al primer grupo de señales del sistema de control, ya que éste cuenta con dos grupos de 8 entradas cada uno.

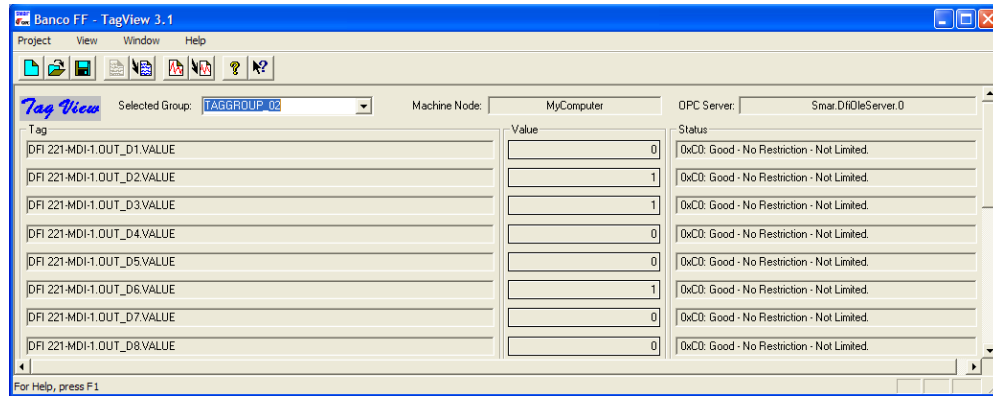


Figura 4.8. Pantalla de Entradas Alarma en EROS.

En este caso estamos realizando un monitoreo de las variables del proceso, aunque en algunos casos los valores del dispositivo externo pueden ser cambiados.

Puede observarse que los canales 2, 3 y 6 están activados mientras que el resto mantiene su condición inicial. Estos valores bajo las mismas condiciones eran los que se mostraban también en las tablas de Eros.

4.4.2.- Tablas de variables discretas de salidas

En la figura 4.9 listamos las variables de salidas digitales que corresponden al único grupo de señales de salida del sistema de control.

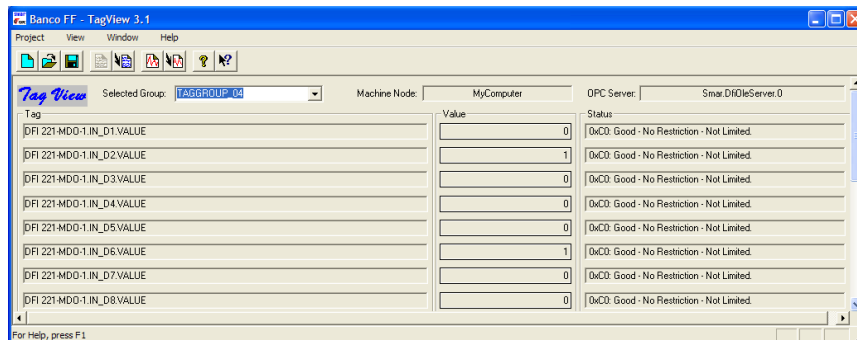


Figura 4.9. Pantalla de Salidas Discretas con TAGVIEW

Estas salidas corresponden con las señales de mando que se le proporcionan a los actuadores discretos (relés intermedios y contactores) que gobiernan las válvulas solenoides de control, el calentador de agua y la alimentación eléctrica del convertidor de frecuencia.

4.4.3.- Tablas de variables analógicas

Las variables analógicas son exactamente las mismas que se listan en Eros, en este caso se muestran en TAGVIEW a partir de la siguiente figura 4.10.

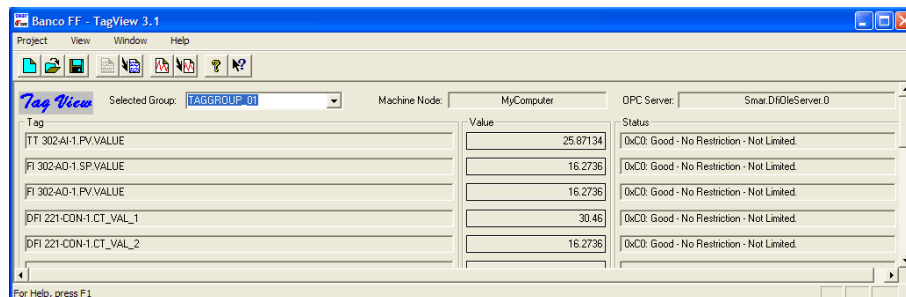


Figura 4.10. Pantalla de variables analógicas con TAGVIEW

4.4.4.- Pantalla de registradores de tendencia en TAGVIEW

Los registradores de tendencia muestran el comportamiento de las variables analógicas en el tiempo mediante gráficas. Ver figura 4.11.

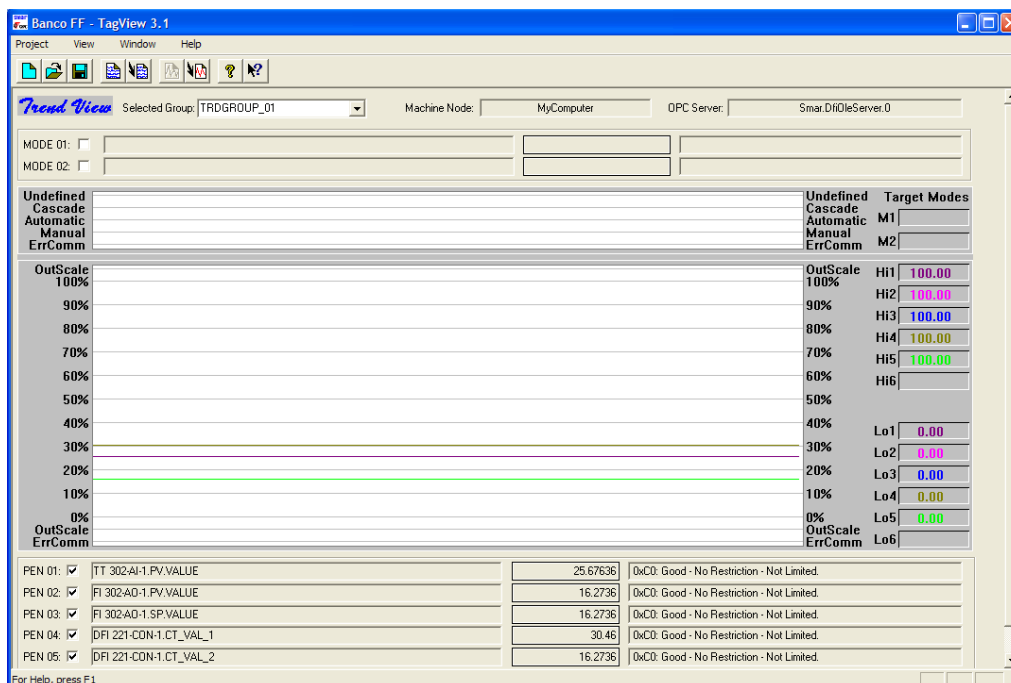


Figura 4.11. Pantalla de registradores de tendencia con TAGVIEW

Pueden observarse las mismas variables analógicas referentes a la temperatura medida en el tanque 1 y a la velocidad de la bomba. Al igual que en Eros cada variable está identificada por una plumilla con un color específico.

De esta forma concluimos en este capítulo que la supervisión actual utilizando el protocolo OPC es totalmente transparente para el software de adquisición en tiempo real que se esté utilizando, puede haber más de un programa supervisando o controlando el mismo proceso tecnológico sin que una genere conflictos sobre el otro.

Otras opciones de la supervisión como es la supervisión remota de las variables desde estaciones clientes OPC pudieron incluirse tanto con un programa como el otro pero no se realizaron por una cuestión de costo. Veamos pues en el siguiente capítulo un análisis general del costo de este banco con la tecnología FF escogida.

***CAPITULO V:
VALORACION TECNICA ECONOMICA***

5.1. Introducción.

En el presente capítulo mostraremos el análisis técnico correspondiente a la construcción total del banco de automatización con tecnología FF que fue presentada en los capítulos anteriores.

Este análisis económico se basa en realizar fundamentalmente una comparación del Banco de Automatización construido con nuestros propios recursos con respecto a bancos similares que se emplean en los centros de entrenamiento por los grandes fabricantes de tecnologías de Automatización como son Siemens, Schneider o el propio SMAR por mencionar un fabricante de nuestra región de América del Sur.

Partiremos nuestro análisis indicando que un curso de entrenamiento en los centros de entrenamiento en SMAR Brasil tiene un costo promedio por persona que oscila entre los 8mil y 12mil dólares. El valor más preciso depende del alcance del curso, tiempo de duración, cantidad de personas, etc. En algunos de estos cursos se emplean maquetas o bancos de automatización didácticos que tienen un costo superior a los 120mil dólares. En ellos se utilizan procesos sencillos de recirculación de agua similar al nuestro pero incorporan muchas más mediciones y por consiguientes más instrumentos FF, sin embargo el módulo central de la DFI si es el mismo para cualquier caso.

Por ende, si nuestra Universidad Nacional tendría que adquirir una instalación de éste tipo para poder introducir la temática de la automatización Fieldbus Foundation (FF) en los cursos de formación y superación profesional debería derogar sumas superiores a los 120mil dólares e impartir varios cursos por valores superiores a los mil dólares por estudiantes para poder amortizar la inversión en menos de un año.

Nuestro aporte evita incurrir en estos gastos y aunque muy discreto el número de dispositivos FF utilizados si muestra la arquitectura completa del sistema FF de la DFI con la cual se pueden desarrollar varios trabajos con esta tecnología sólo adquiriendo la instrumentación de campo.

5.2. Análisis económico.

Para lograr la construcción del banco de automatización con tecnología FF, hubo que incurrir en varios gastos que no solo están referidos al costo de equipamiento.

Dentro de los elementos tenidos en cuenta tenemos:

1. Valor del equipamiento.
2. Construcción (Base de angulares, tanques, medidores de nivel, etc.)
3. Adquisición y montaje del equipamiento.
4. Programación, Ajuste, Puesta en Marcha, Capacitación y Asesoría Técnica.

En la tabla 5.1 se muestran los valores estimados de cada una de estas partidas.

Tabla 5.1.- Partidas de costos del Banco de Automatización

No	Descripción	Cantidad	Precio USD
a) Equipamiento			3000.00 \$
1	DFI302 con toda su arquitectura (DF50, DF51, DF52, DF53, dos rack de 4 slot, DF19, DF24 y DF44).	1 unidad	2800.00 \$
2.-	TT302 Transmisor de Temperatura FF con display incorporado, de aluminio, color gris.	1 unidad	210.00 \$
3.-	FI302 Convertidor de Corriente FF a 4-20mA, con display incorporado, color gris.	1 unidad	180.00 \$
4.-	Aparamenta Eléctrica (Equipos de control, fuerza, señalización, cables y otros).	1 unidad	120.00 \$
5.-	Variador de Frecuencia.	1 unidad	215.00 \$
6.-	Termoresistencia PT100.	1 unidad	60.00 \$
7.-	Válvulas solenoide de 220V.	4 unidades	320.00 \$
8.-	Bomba de agua con motor eléctrico trifásico.	1 unidad	30.00 \$
9.-	Calentador de agua.	1 unidad	45.00 \$
10.-	Estructura metálica	1 unidad	220.00 \$
11.-	Gabinete eléctrico	1 unidad	45.00 \$
b) Diseño y construcción del banco			100.00 \$
c) Adquisición y Montaje de equipamiento			140.00 \$
d) Programación, Ajuste, puesta en marcha, capacitación y Asesoría Técnica			500.00 \$
TOTAL.			4985.00 \$

No obstante es menester destacar dentro del equipamiento el resto de los elementos de la aparata eléctrica que se tuvo en cuenta.

5.3 Materiales eléctricos y herramientas utilizados

Es importante destacar que para la construcción del banco hubo que utilizar algunas herramientas que fueron necesarias adquirir, así como todo el material.

5.3.1.- Materiales eléctricos que conforman la aparata.

- Conductor # 16 y 18 AWG flexible, 40 metros respectivamente.
- Riel Perfil DIN35mm, 2 metros.
- Canaleta 15 x 10 mm adhesiva para instalaciones sobrepuestas, 4 metros.
- Canaleta tipo plástica para armar tablero 25 x 35 mm, 2 metros.
- Borneras de conexión para conductor tipo riel din #16, 20 unidades.
- Terminal de fin de borneras tipo riel din, 4 unidades.
- Terminal tipo pin para conductor #16 y 18, 2 fundas de 100 unidades cada una.
- Correas plásticas de 10 centímetros, 30 unidades.
- Marquillas para numeración y señalización de conductores.
- Presa estopas o pasa muros de ½", 7 unidades.
- Gabinete para el montaje eléctrico de 60 x 60 x 25 cm.
- Llave de tubo
- Brocas metálicas.
- Flexómetro.

5.3.2.- Materiales Hidráulicos

- Codos de ½" plásticos, 7 unidades.
- Te de ½" plásticos, 3 unidades.
- Universal de ½" plásticas, 1 unidad.
- Acoples para tanque ½" plásticas, 8 unidades.
- Reductores de 1 a ½" plásticas, 2 unidades.
- Tubería de ½" PVC, 4 metros.
- Válvulas manuales de ½" metálicas, 2 unidades.

- Teflón, 5 unidades.
- Silicón de pasta, 2 unidades.

5.3.3.- Materiales para la estructura metálica.

- Angulo de hierro de $\frac{1}{4} \times \frac{3}{16}$, 18 metros.
- Electrodo 6011, 3 libras.
- Llantas giratorias, 4 unidades.
- Pintura esmalte color negro, $\frac{1}{4}$ de litro
- Pintura esmalte color amarillo, $\frac{1}{4}$ de litro
- Pernos galvanizados de $\frac{1}{4} \times 1$ con arandela plana y de presión, 40 unidades.
- Tanques de aluminio galvanizado, 2 unidades.

5.3.4.- Maquinas y Herramientas utilizadas para la construcción del Banco.

- Soldadora eléctrica.
- Moladora.
- Taladro.
- Compresor para el pintado del banco FF.
- Saca bocados de $\frac{1}{2}$ y de $1 \frac{1}{4}$
- Sierra de corte
- Alicates eléctricos.
- Corta frio.
- Pinzas.
- Destornilladores.
- Multímetro.
- Remachadora.
- Machinbradora.
- Cuchilla peladora de conductor eléctrico.
- Terraja.

La mayoría de ellos está incluido en el valor final de la tabla 5.1 pero algunos otros fueron conseguidos sin costo alguno por lo cual no es incluyen en este valor.

5.4. Impacto Social.

La construcción del Banco de Automatización con Tecnología Fieldbus Foundation “FF” reviste una gran importancia para nuestra universidad y en especial para el laboratorio de Automatización de la Facultad de Electromecánica porque se dispone por primera vez de una instalación con la cual los estudiantes pueden interactuar y conocer una tecnología de avanzada que normalmente encontramos en la industria pero muy escasa en los centros de formación y superación universitaria.

El banco construido por nuestros propios recursos tiene subutilizada la capacidad de su procesador, pues puede ser expandido localmente con otros 12 rack de 4 slot cada uno, es decir hasta 48 módulos independientes de entradas, salidas o de comunicaciones, y en los buses Fieldbus de 64 instrumentos que puede monitorear, configurar y controlar solo tiene 2 instalados. Es decir que esta sola CPU abre el camino para seguir desarrollando trabajos de investigación en esta línea de automatización muy atractiva para aquellos que se inclinan por la automatización industrial.

XIV.- CONCLUSIONES

Después de haber concluidos las diferentes etapas para la realización de todas las tareas planteadas y cumplir con los objetivos inicialmente propuestos concluimos:

1. Se diseño acorde con las posibilidades reales existente en el país un banco de automatización que muestra un proceso de recirculación y bombeo de agua potable que emplea tecnología de avanzada.
2. Se construyó con recursos propios y acorde con las definiciones generales del diseño inicial el banco de automatización con tecnología FieldBus Foundation para la Universidad Nacional de Loja.
3. Se puso en funcionamiento una arquitectura de control en la que conviven la tecnología moderna FieldBus Foundation y la clásica convencional 4-20mA.
4. Se realizó con éxito todo el proceso de configuración, parametrización y programación de todos los dispositivos que conforman la arquitectura del sistema de control del Banco de Automatización.
5. Se lograron todas las acciones de monitoreo, control, supervisión y regulación del proceso tecnológico desde el SCADA utilizando dos programas distintos.
6. Se confeccionó la documentación requerida para la operación y mantenimiento del banco, planos, procedimientos, descripciones, etc.

XV.- RECOMENDACIONES

1. Que se utilice en banco de automatización con tecnología FieldBus Foundation FF en los cursos de formación y superación para estudiantes y profesores de nuestra universidad.
2. Que se aproveche la capacidad subutilizada en la CPU de la DFI 302 para incorporar otros proyectos de investigación y desarrollo de nuestra facultad como puede ser la automatización del sistema energético, las instalaciones de nueva creación de otras áreas del instituto, entre otras posibles opciones.
3. Que se promueva a través de talleres o cursos específicos la incorporación de la tecnología FF en el desarrollo de proyectos educativos, en el contenido de algunas de las asignaturas que conforman parte de nuestra formación curricular.
4. Que se promueva el intercambio con otras universidades nacionales referentes a estas temáticas y se prevea el asesoramiento técnico.
5. Este documento sirva como base material para la preparación y/o formación de los estudiantes que se adentran en los temas de la Automatización Industrial y Terciaria.

XVI.- BIBLIOGRAFIA

Libros.

- [7] Autómata Programable Twido Catálogo 2005. 82 p.
- [8] Biblioteca técnica formación. V.2.0 Cáp. VIII. Esquemas eléctricos básicos 32-33 p.
- [9] CASTRO, Carlos. Interfaz Hombre Maquina [7-8]. 30 diap.
- [2] COLEGIO SALESIANO DE CONCEPCIÓN. Medición de nivel. Departamento de Electrónica. Escuela Industrial “San José” departamento de electrónica
- [10] Control automático de proceso. Cáp. I. 7 p. Carlos A. Smith & Armando B. Corripio
- [3] ESPAÑA. CENTRO ESPAÑOL DE METEOROLOGÍA. Teoría de la medición de caudales y volúmenes de agua e instrumental necesario disponible en el mercado. Madrid, España.
- [11] GARCIA, Nicolás. ALMONACID, Miguel. SALTARÉN, Roque. PUERTOL, Rafael. Autómatas Programables: Teoría y Práctica. 2000 [15, 16, 17]. México, Universidad Miguel Hernández.
- [12] I/O SERVER MODBUS User’s Guide. 36 p. 9 de Septiembre del 2002.
- [13] JARAMILLO, Fernando. 2005. Memoria técnica, sistema hidráulico sanitario para la ampliación y remodelación del IESS.
- [14] Manual usuario PM500
- [15] Moxa, Serial Device Networking. 65 p. 2005.
- [16] OCHOA, A. Métodos y sistemas de medición de gasto. 45 p.
- [17] PÉRES, Iván. 1997. Sistema de Monitoreo Control y Protección de Energía Eléctrica. (Tesis presentada en opción al Título Académico de Máster en Ingeniería Eléctrica) Santa Clara, Universidad Central “Martha Abreu” de las Villas. 96 p.
-

[18] Revista Wordl Watch n°26 La eficiencia energética por José Santamarta.

[19] ROMAGOZA, Laume; GALLEGO, David; PACHECO, Raúl. 2004. Sistemas SCADAS. 34 p.

[20] UNED ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES, Protocolos de Comunicación entre sistemas de información. (1999-2000).

Páginas Web.

[4] www.smar.com.br.

[5] www.Weg.com (Variador de Velocidad CFW10)

[6] www.google.com

[1] www.modbus.org.

VII.- ANEXOS

Anexo 1: Manual de operaciones y mantenimiento del Banco de Automatización.

MANUAL DE OPERACIÓN DEL BANCO DE AUTOMATIZACION INDUSTRIAL CON TECNOLOGIA DE BUS DE CAMPO FF.

Procedimientos.

1.- Fuente de Alimentación del Banco FF.

Para el funcionamiento del banco tiene que tener una fuente de alimentación de 220 VCA, ya que todo el sistema esta montado con esa tensión para el correcto accionamiento.

2.- Accionamiento de Interruptores Termo magnéticos.

Una vez conectada la alimentación se hace el accionamiento de los respectivos interruptores de protección bifásicos existentes en el sistema.

NOTA: Se debe esperar unos segundos asta que la DFI302 actualice su configuración del sistema.

3.- Realizar Practica en el Banco FF.

El selector de posición debe ponerse en forma automática y así el sistema reconocerá que esta listo para entrar en funcionamiento:

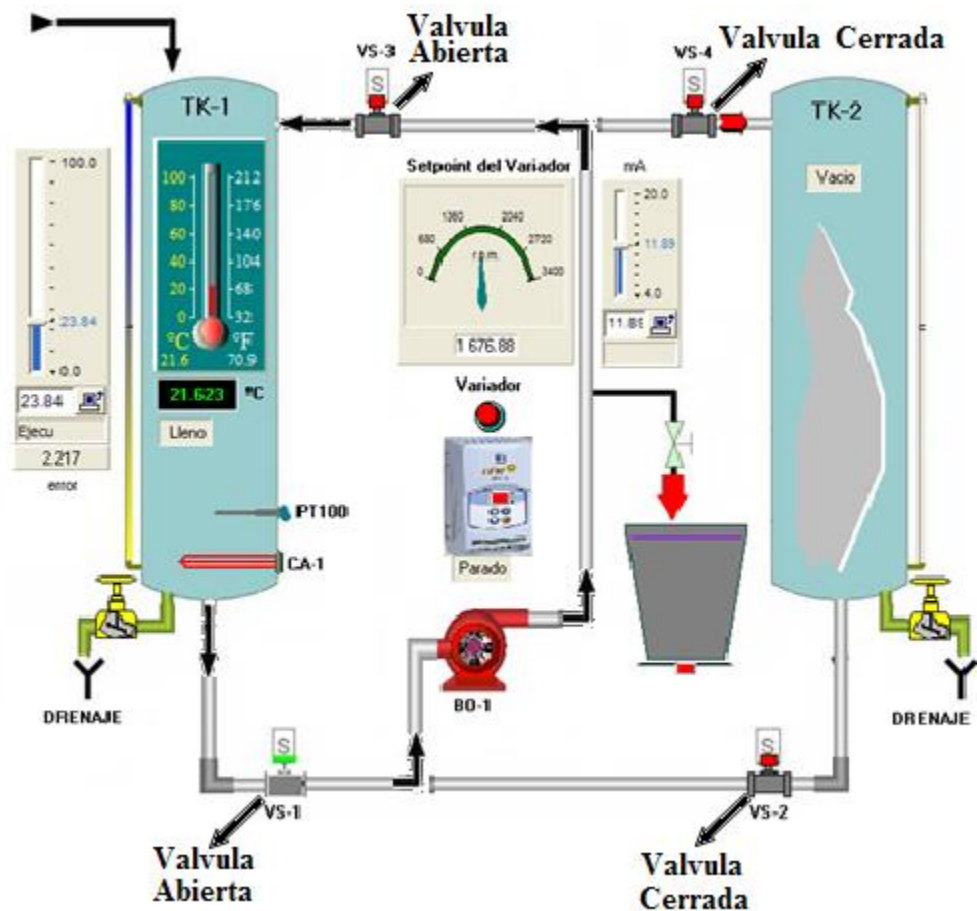
Practica 1.

Recirculación de Agua.

Al realizar esta práctica el tanque debe encontrarse con un nivel de agua superior al nivel minino, de esta manare automáticamente se abrirá la válvula solenoide ubicada en la inferior del tanque (Tanque 1) / (Válvula Solenoide 1 succión, Válvula Solenoide 3 descarga) o (Tanque 2) / (Válvula Solenoide 2 succión, Válvula Solenoide 4 descarga) que posee liquido.

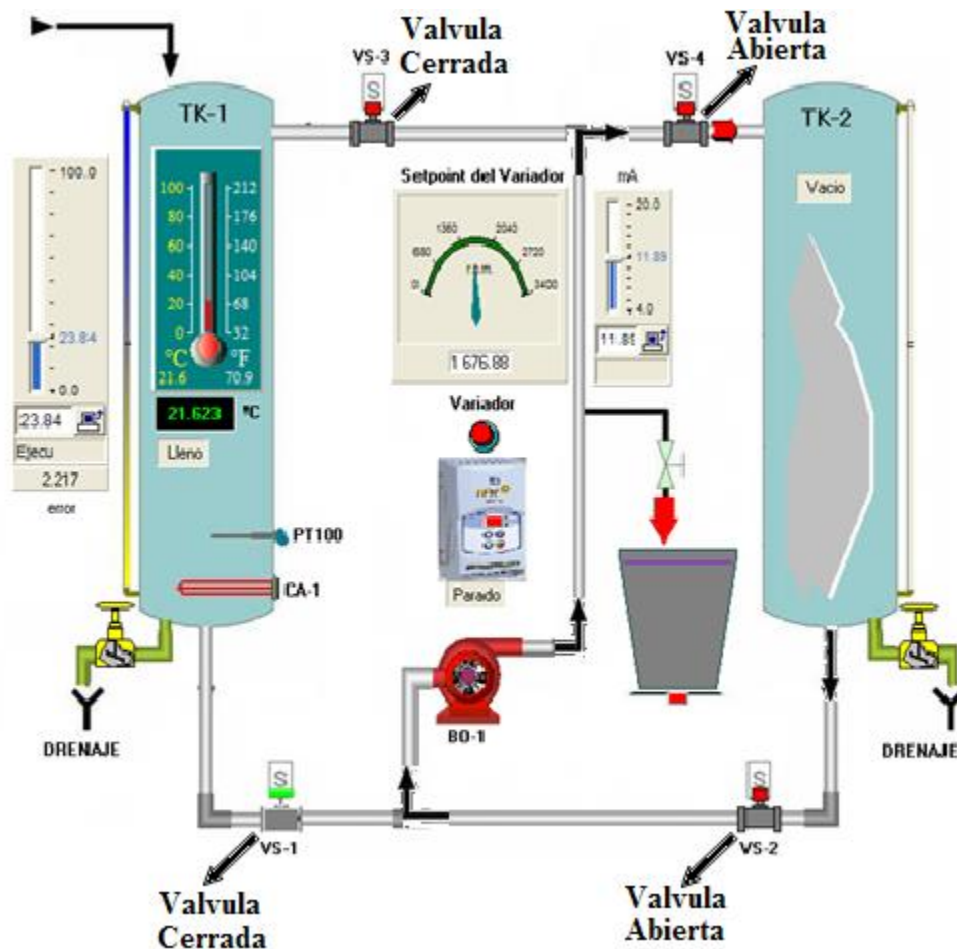
NOTA: Para esta práctica se utilizara el Tanque 1.

Una vez identificado en el sistema que la válvula solenoide 1 se encuentra accionada, se procederá accionar manualmente el interruptor de la válvula solenoide 3, e ese instante entrara a funcionar el variador de frecuencia y a su vez la bomba, y de esta forma se ara la recirculación de agua si desea parar el sistema solo debe regresar a su posición inicial el interruptor antes activado.



Se realiza los mismos pasos de accionamiento para realizar la recirculación en el tanque dos, tomando en cuenta la numeración de las válvulas que se definieron para cada tanque.

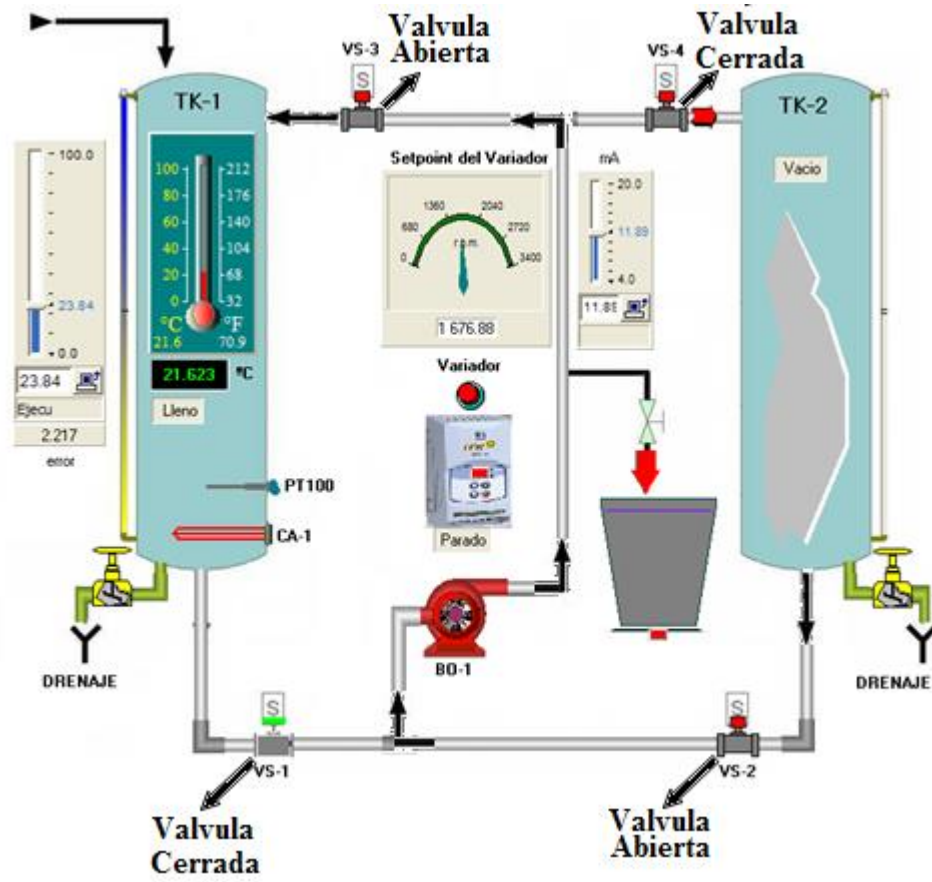
Grafica de la práctica tomando en cuenta el tanque 2



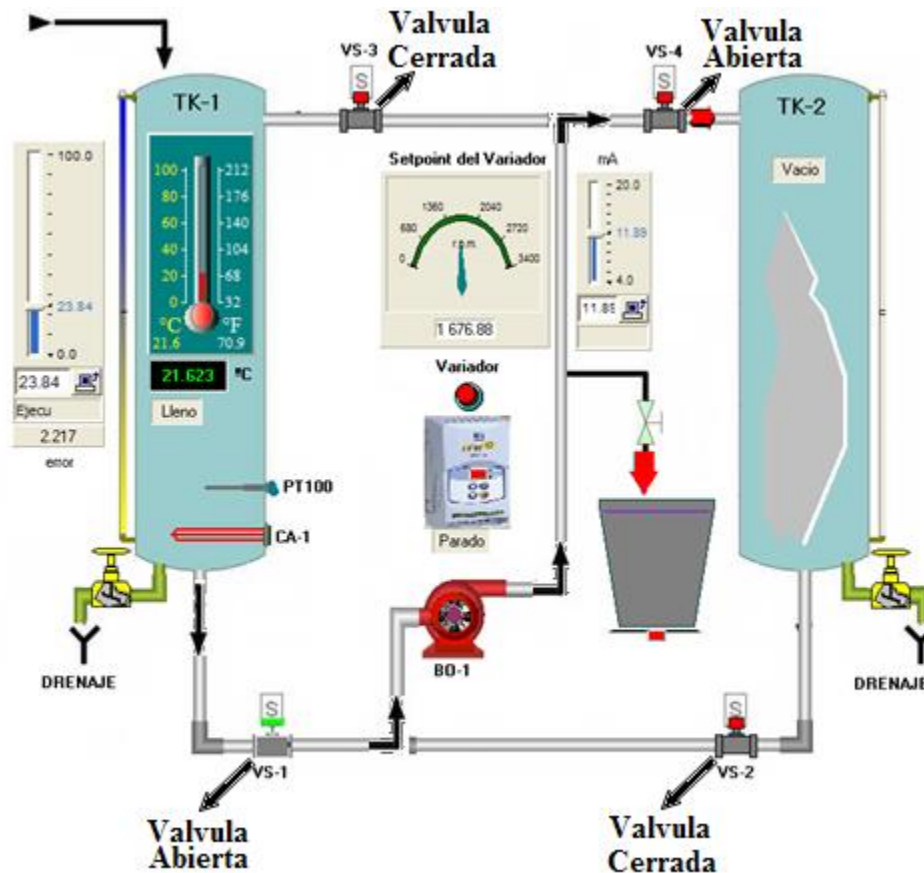
Practica 2.

Bombeo de Agua de un Tanque a Otro.

En esta práctica el tanque 2 debe estar lleno y el tanque 1 debe estar vacío, entonces automáticamente la válvula solenoide 2 se accionara y dará paso libre al agua, tomando en cuenta que el tanque 1 es el vacío se tendrá que accionar obligatoriamente el interruptor de la válvula solenoide 3 indicada en el sistema y automáticamente se accionara la bomba y realizara el bombeo asta que el sensor de nivel del tanque 1 lo indique lleno será ahí que de manera automática se apagara la bomba y se parara el bombeo.



De manera contraria se hace para bombear del tanque 1 al tanque 2, tomando en cuenta la numeración de las válvulas que se definieron para cada tanque.



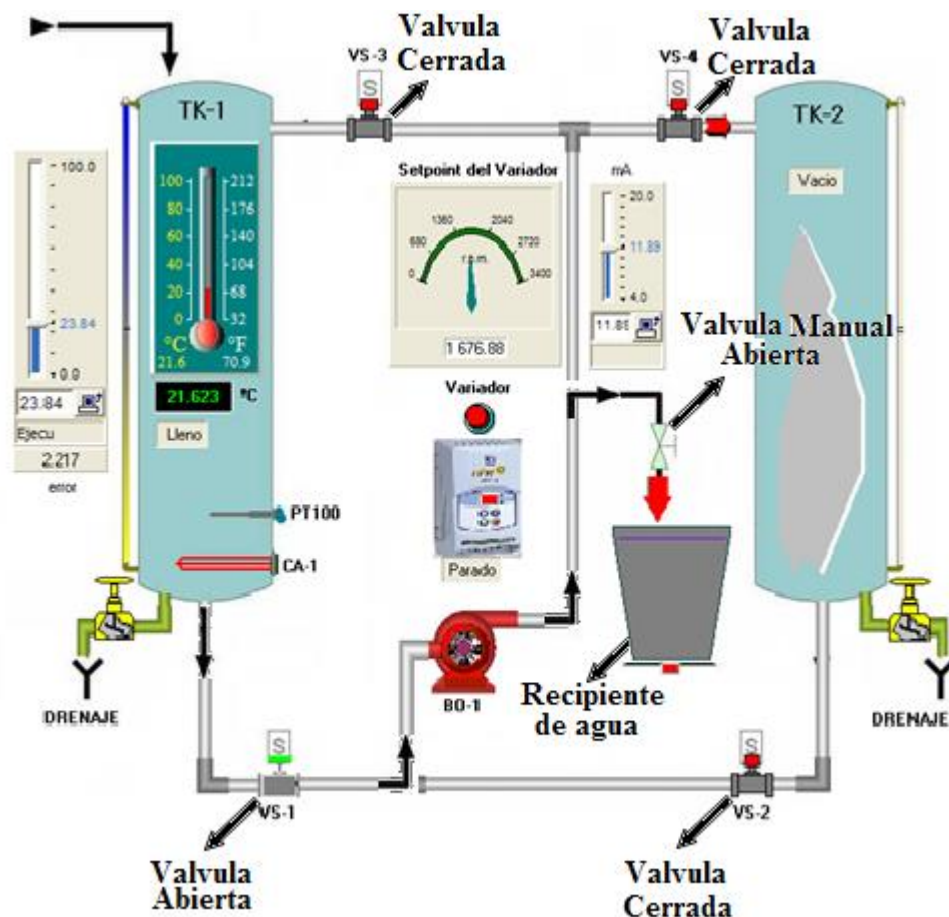
Practica 3.

Dosificación de Agua.

Al realizar esta practica se debe tomar en cuenta que en la base donde se ubica el recipiente de agua existe un sensor de presencia el mismo que indica que se encuentra listo el deposito para la dosificación, al no existir el recipiente en su sitio no se podrá realizar el bombeo por que el sistema se bloquea.

Para esto existe una válvula manual en el sistema que debe abrirse y luego colocar el recipiente de agua al realizar esto el sistema comenzara a bombear asta que el operador determine que el recipiente esta al llenar y así retirar el mismo, y de esta forma dejara de funcionar la bomba.

Estas tres prácticas se las puede realizar de dos maneras ya sea con el SCADA en línea o sin el mismo, con la ventaja que con el SCADA en línea se puede visualizar en tiempo real la variación de las variables.



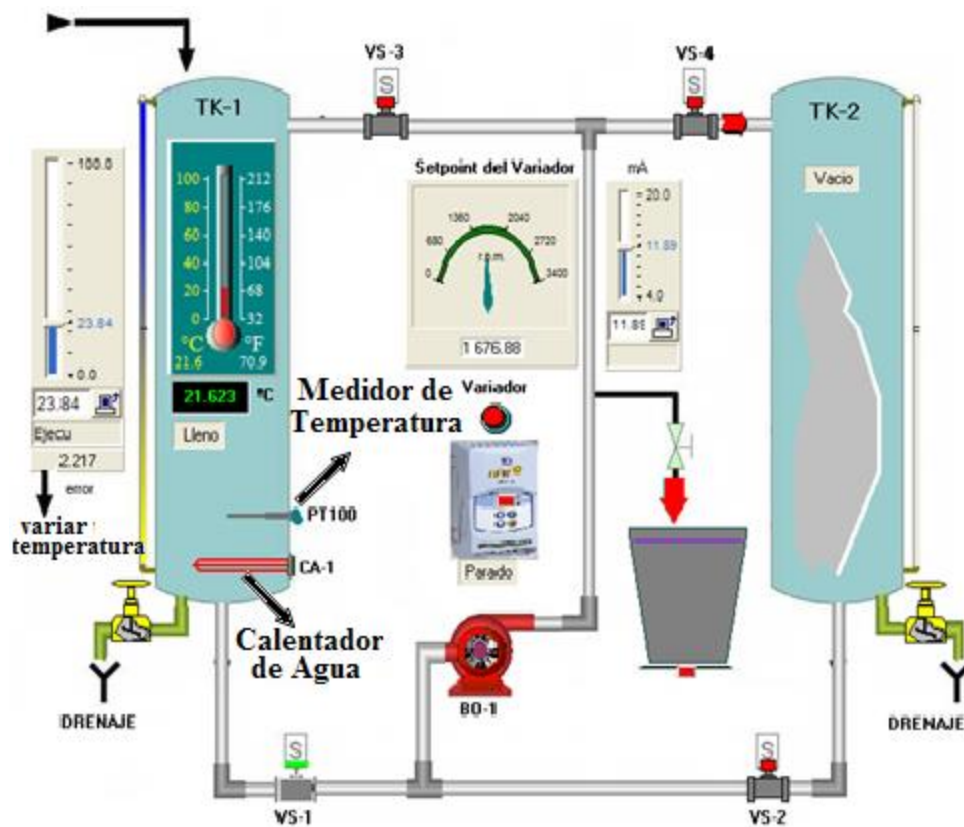
Practica 4.

Medición de Temperatura.

En esta práctica solamente se la realizara en el tanque 1 por que es el único que posee un calentador de agua eléctrico y un sensor de temperatura (PT100), y también solo se la ara con el SCADA en línea.

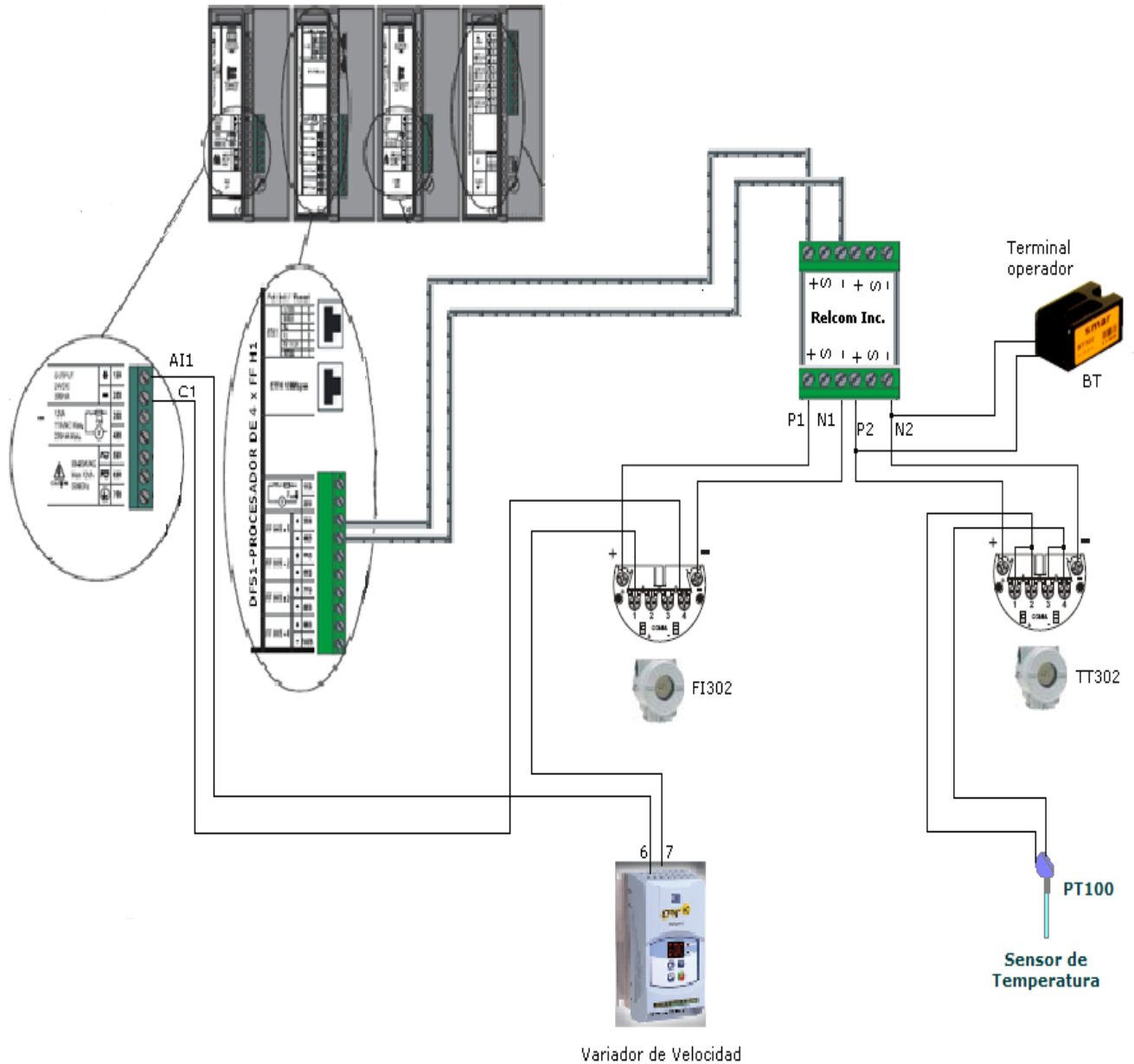
Para determinar el valor de temperatura existe un set- point en el SCADA donde se establece un valor de temperatura que tu desees que tenga el agua (tomando en cuenta que este tiene que ser mayor a la temperatura ambiente), si el valor asignado es mayor a la temperatura existente en el agua se accionara el calentador de agua asta que llegue al valor asignado, instantáneamente se apagara el calentador de agua, si la temperatura comienza a disminuir y el set-point no se ha modificado se accionara el calentador de agua, y de esta forma mantendrá la temperatura estable realizando un ciclo repetitivo.

A parte del SCADA también existe un instrumento de campo (TT302) donde se puede visualizar el valor de temperatura del agua en el tanque 1

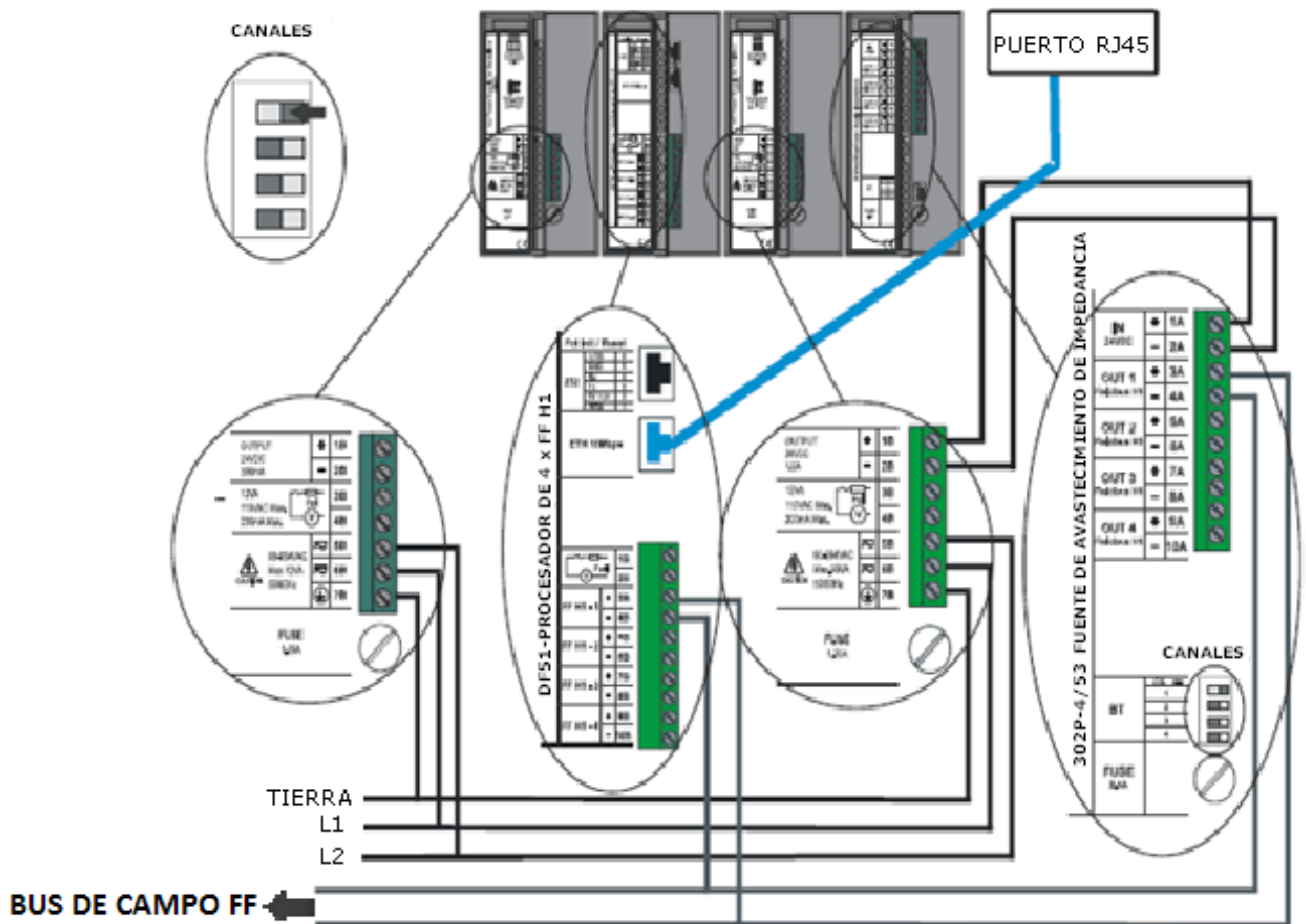


DIAGRAMAS ELECTRICOS.

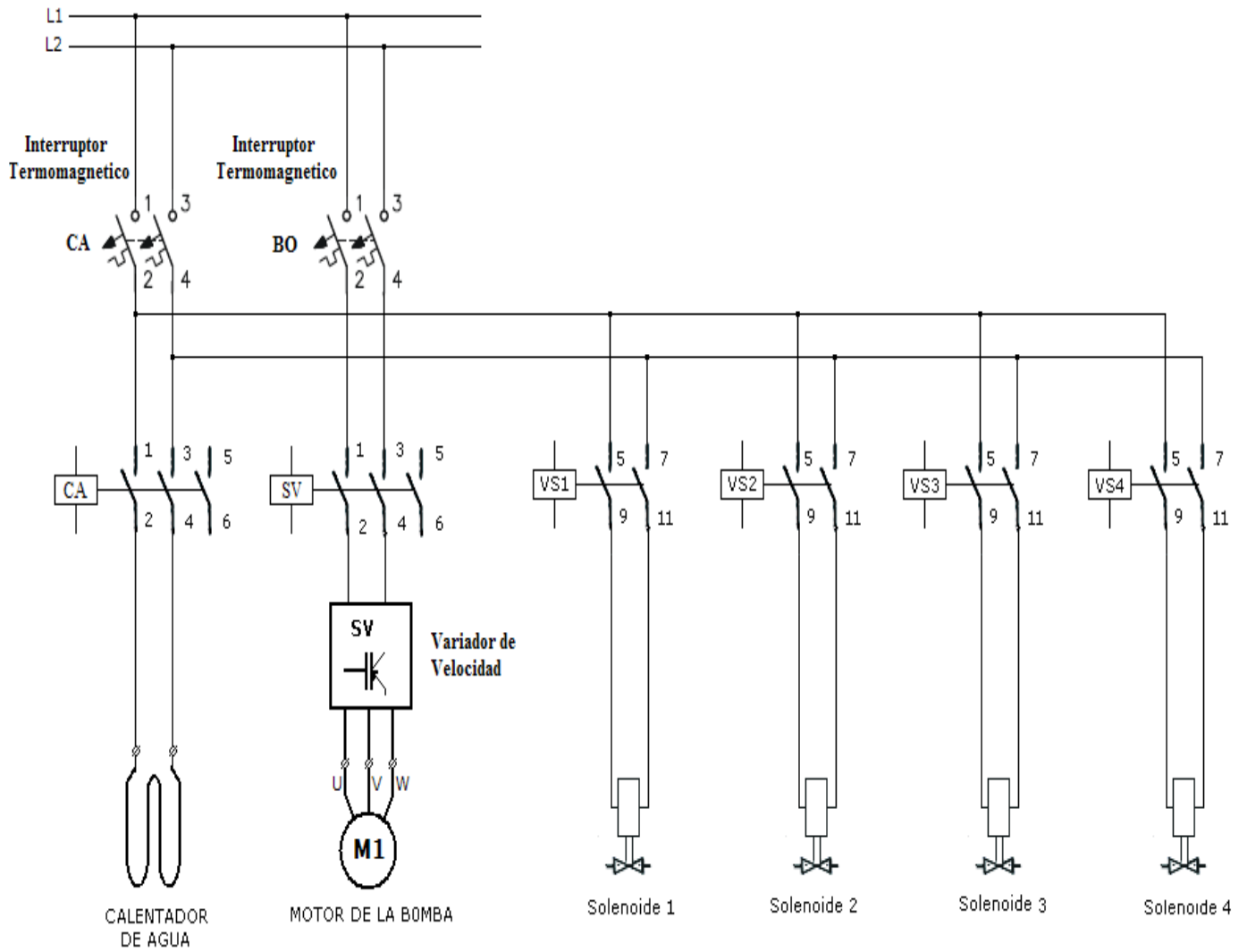
Conexión de la PT100 con el TT302 Y FI302



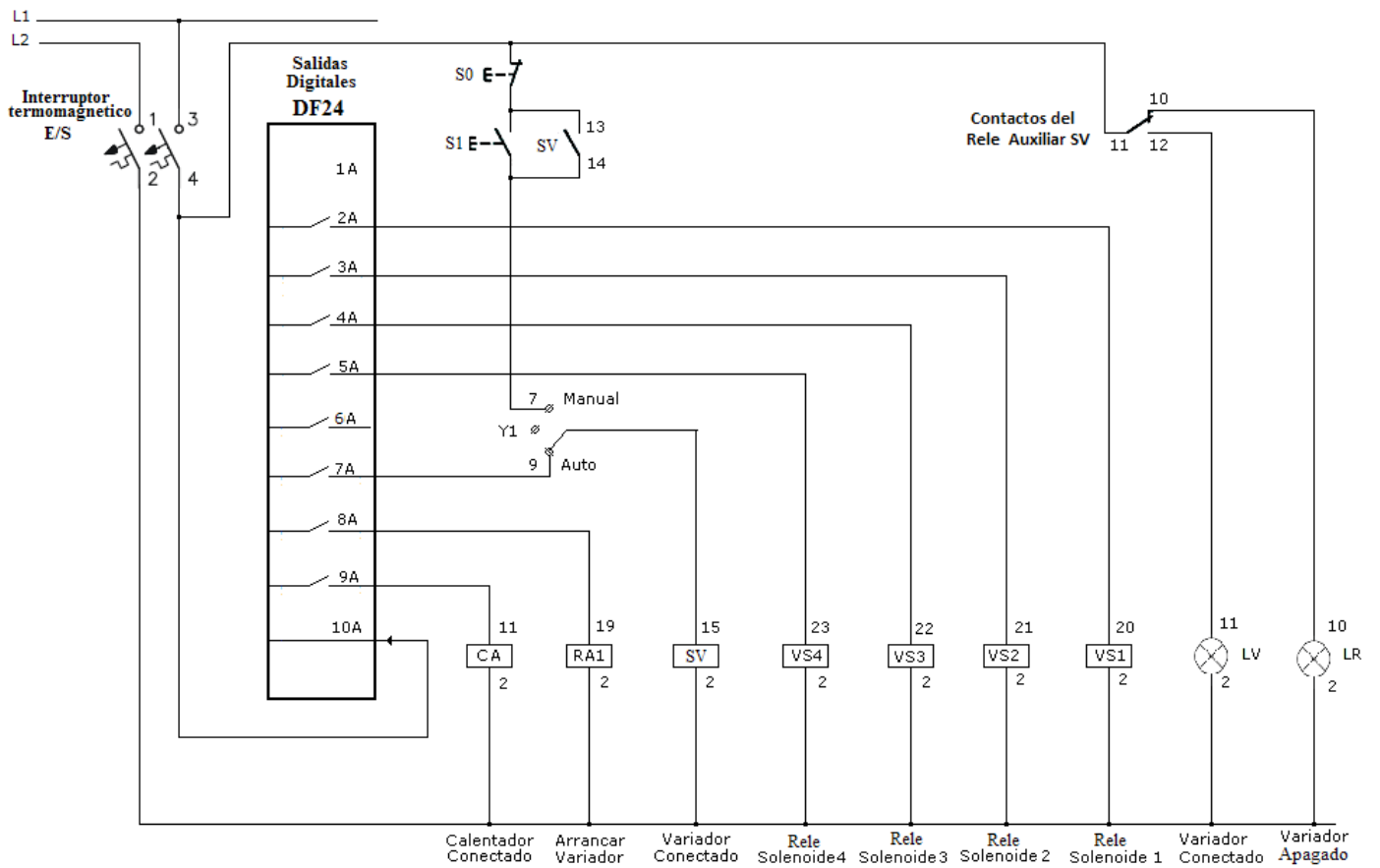
Interconexión del módulo central del a DFI302



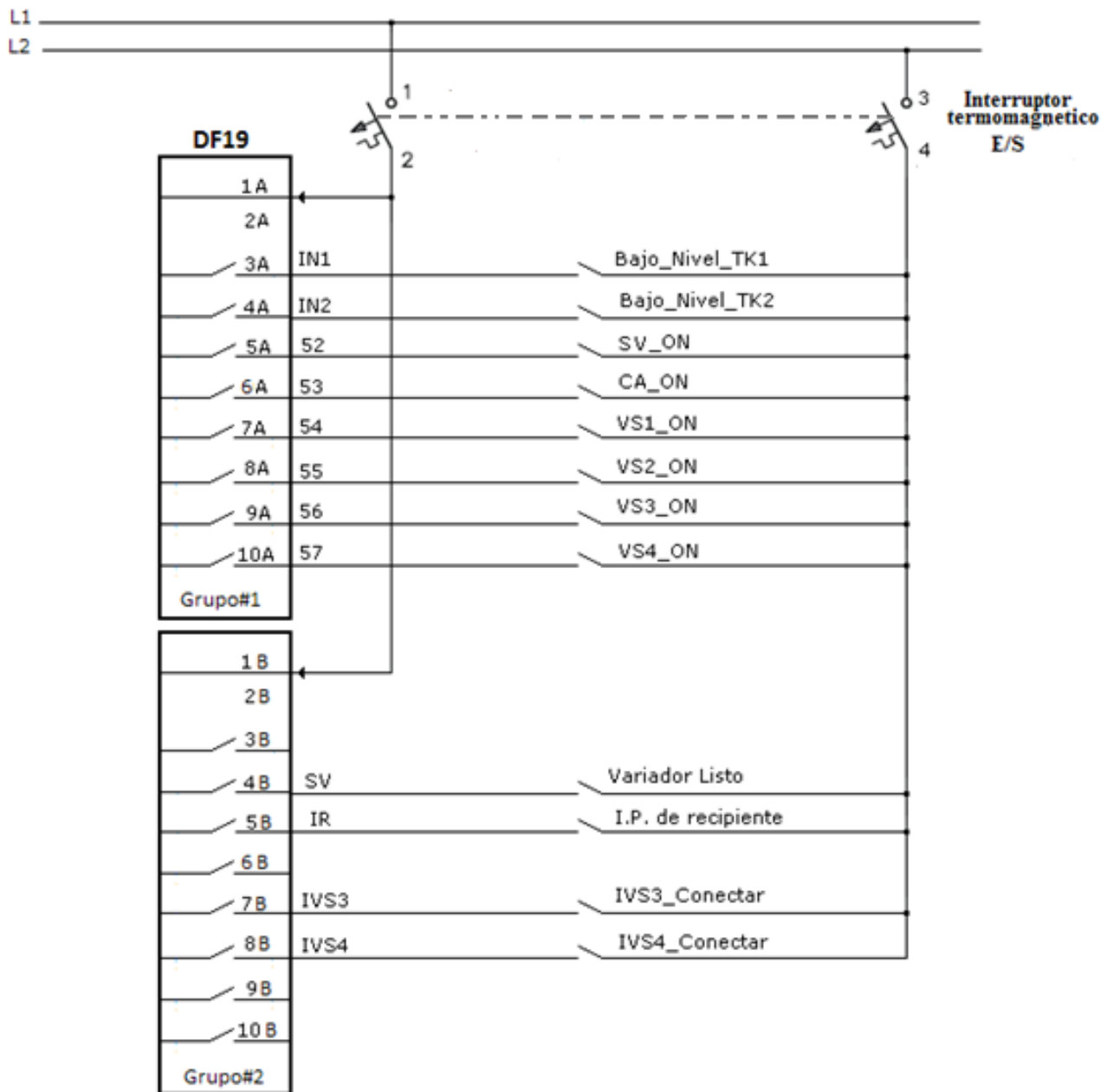
Esquema de Fuerza Electrico



Esquema de Control Electrico con Salidas Digitales

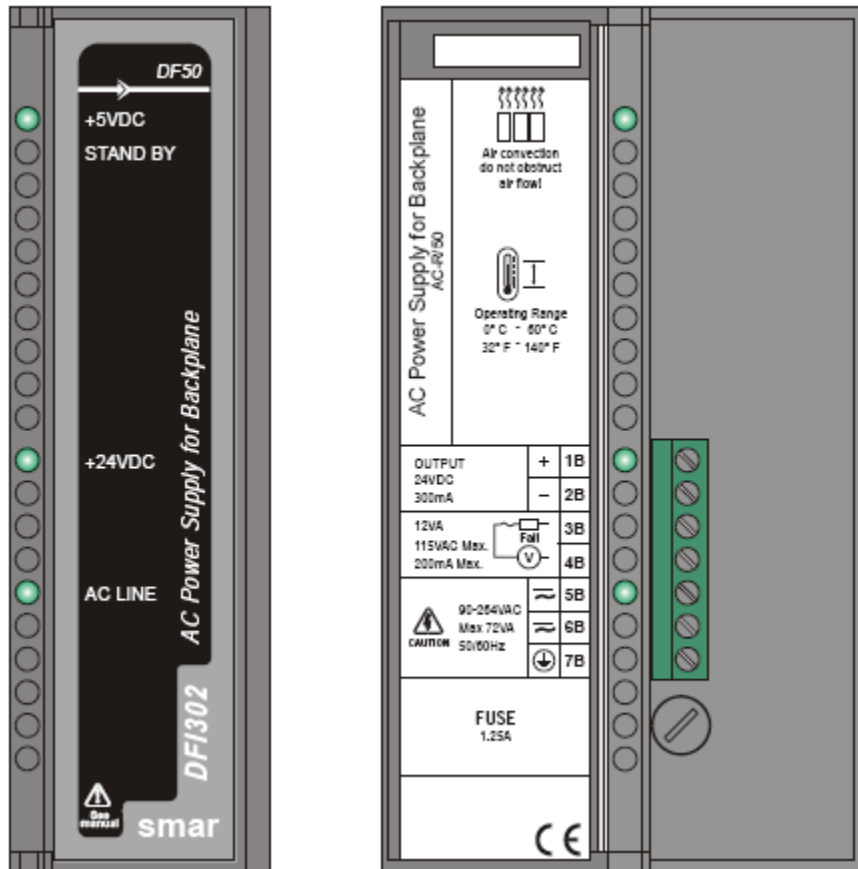


Esquema eléctrico de Entradas Digitales.



CARACTERISTICAS DE LA DFI302 CON SUS MODULOS PRINSIPALES.

DFI50 (Modulo de Fuente de Alimentación)



Especificações Técnicas

ENTRADAS	
DC	127 a 135 Vdc
AC	90 a 264 VAC, 50/60 Hz (nominal), 47 a 63 Hz (faixa)
Máxima Corrente de "Rush" (<i>Inrush Current</i>)	< 36 A @ 220 Vac. [$\Delta T < 740 \mu s$]
Tempo até o "Power Fail"	6 ms @ 102 Vac (120 Vac – 15%) [Carga Máxima]
Tempo até o "Shutdown"	> 27 ms @ 102 Vac; > 200ms @ 220 Vac [Carga Máxima]
Consumo Máximo	72 VA
Indicador	AC LINE (LED verde)

SAÍDAS	
a) Saída 1 (uso interno)	5,2 Vdc +/-2%
Corrente	3 A Máximo
<i>Ripple</i>	100 mVpp Máximo
Indicador	+5Vdc (LED verde)
<i>Hold up Time</i>	> 40 ms @ 120 Vac [Carga Máxima]
b) Saída 2 (uso externo)	24 Vdc +/- 10%
Corrente	300 mA Máximo
<i>Ripple</i>	200 mVpp Máximo
Corrente de Curto-circuito	700 mA
Indicador	+24Vdc (LED verde)

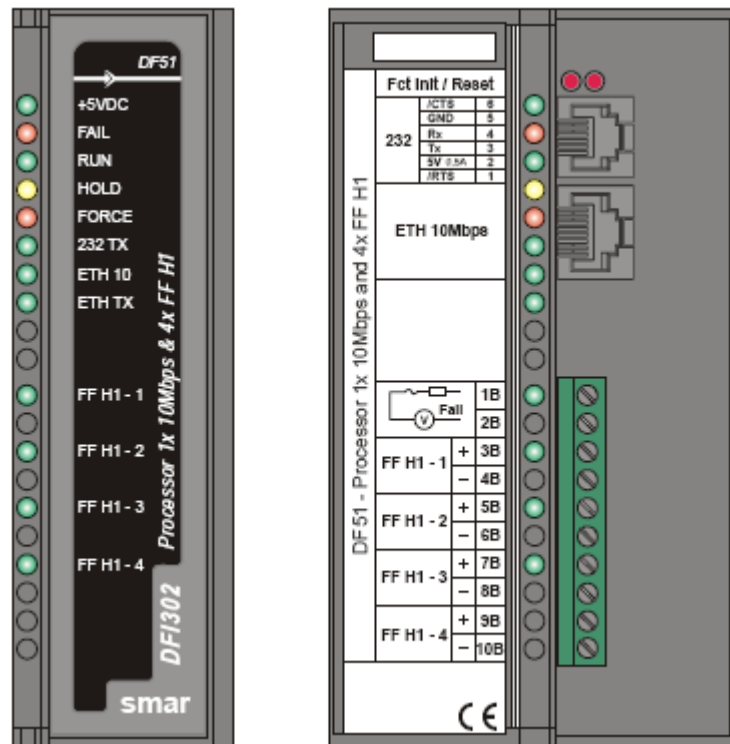
ISOLAÇÃO	
Sinal de entrada, saídas internas e a saída externa são isoladas entre si	
Entre as saídas e o terra	1000 Vrms
Entre a entrada e a saída	2500 Vrms

PROTEÇÃO	
Tipo de Saída	Relé de Estado Sólido, Normalmente Fechado (NF)
Limites	12 VA, 115Vac Máx, 200mA Máx.
Resistência de Contato Inicial Máxima	<13 Ω
Proteção à Sobrecarga	Deve ser prevista externamente
Tempo de Operação	5 ms máximo
Tempo de Descarga	5 ms máximo
Isolação Óptica	3750 Vrms, 60 segundos

DIMENSÕES E PESO	
Dimensões (A x L x P)	39,9 x 137,0 x 141,5 mm; (1,57 x 5,39 x 5,57 pol.)
Peso	0,450 kg

CABOS	
Um fio	14 AWG (2 mm ²)
Dois fios	20 AWG (0,5 mm ²)

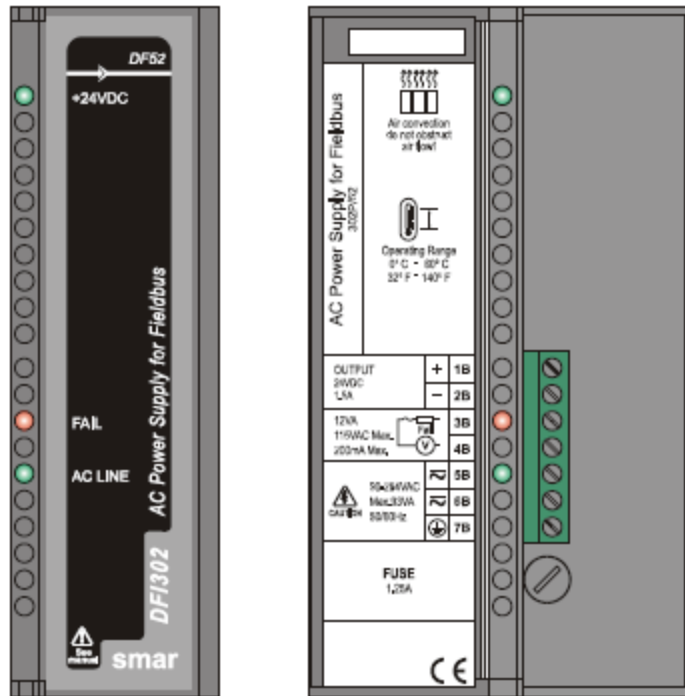
DF51 (Procesador con un Puerto de 10 Mbps Ethernet de 4 Canales H1)



Especificações Técnicas

DF51		
Tipo	32-bit RISC.	
Desempenho sustentado	50 MIPS	
Memória para código	2MB, Memória <i>flash</i> de 32-bit (<i>firmware</i> atualizável)	
Memória para dados	2MB, NVRAM de 32-bit (Retenção de dados e configuração)	
Interface para Fieldbus	Número de Portas	4, independentes com DMA
	<i>Physical Layer Standard</i>	ISA-S50.02-1992
	<i>Baud Rate</i>	31,25 Kbps (H1)
	Tipo de MAU	Passivo (barramento não energizado)
	Segurança Intrínseca	Não compatível
	Isolação canal	500 Vac (cada canal)
Operação Tensão/Corrente	+5V ± 5% / 0,95 A (típico)	
Conector Ethernet	RJ-45	
Conector EIA-232	RJ-12	

DF52 (Modulo de Fuente de Alimentación para Fieldbus).



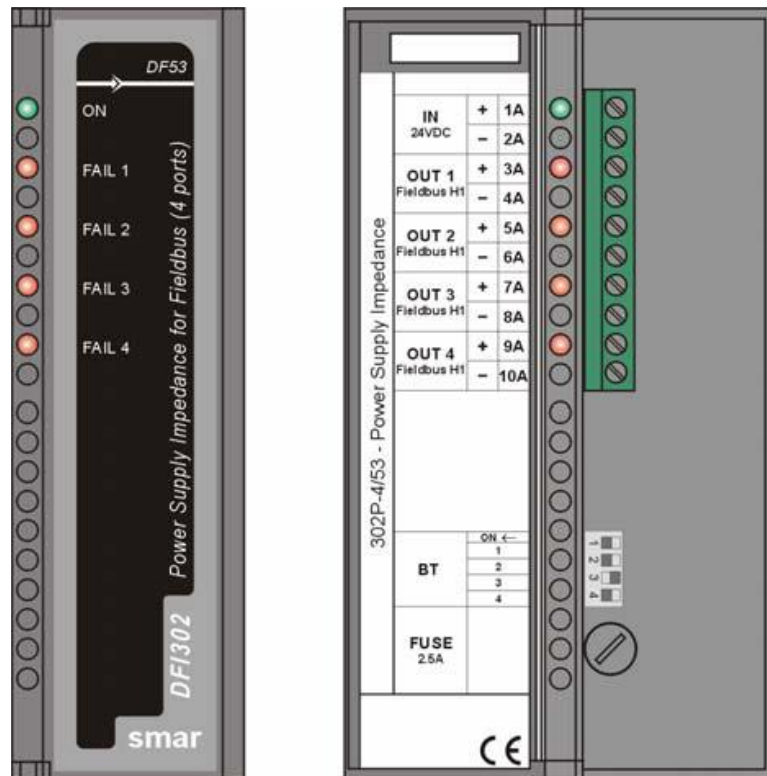
Especificações Técnicas

ENTRADAS DF52	
DC	127 a 135 Vdc
AC	90 a 264 VAC, 50/60 Hz (nominal), 47 a 63 Hz (faixa)
Máxima Corrente de "Rush" (Inrush Current)	< 30 A @ 220 Vac [ΔT < 640 us]
Consumo Máximo	93 VA
Indicador	AC LINE (LED verde)

SAÍDAS		
Saída	+24 Vdc ± 1%	
Corrente	DF52	DF60
	1,5 A Máximo	850 mA Máximo
Ripple	20 mVpp Máximo	
Indicadores	+24 VDC (LED Verde)	
	Fail (LED Vermelho)	

ISOLAÇÃO		
Sinal de entrada, entradas internas e a saída externa estão isoladas entre si.	DF52	DF60
Entre as saídas e o terra	1000 Vrms	500 Vrms
Entre a Entrada e a Saída	2500 Vrms	1500 Vrms

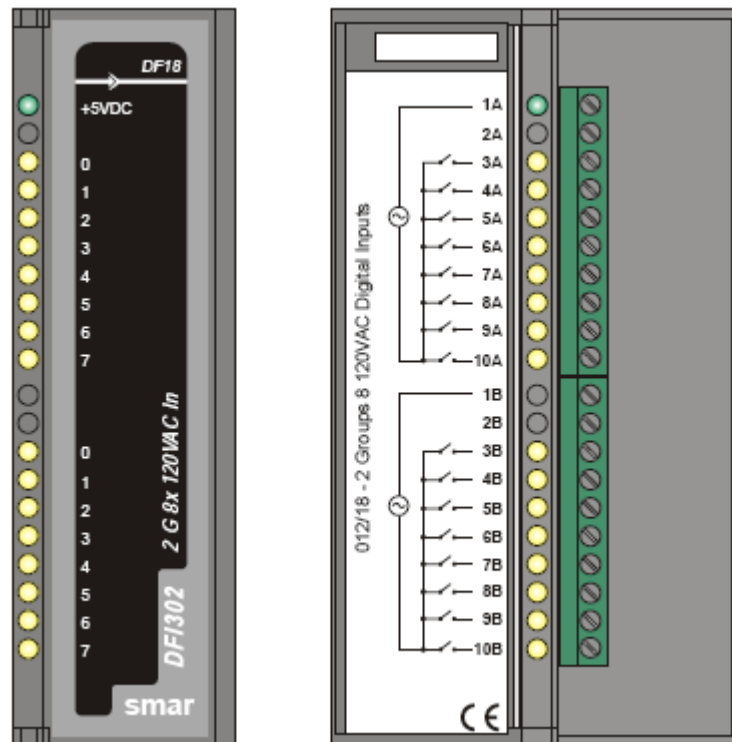
DF53 (Modulo de Impedancia de la Red)



Especificações Técnicas

ENTRADA	
DC	24 a 32 Vdc +/- 10%
SAÍDA	
Corrente	340 mA por canal
FILTRO DE ENTRADA	
Atenuação	10dB no <i>ripple</i> de entrada @60 Hz
DIMENSÕES E PESO	
Dimensões (L x A x P)	39,9 x 137,0 x 141,5 mm ; (1,57 x 5,39 x 5,57 pol.)
Peso	0,300 kg
TEMPERATURA	
Operação	0 °C a 60 °C
Armazenamento	-30 °C a 70 °C

DF19 (Entradas Digitales de CA de 220)



Especificações Técnicas

ARQUITETURA	
Número de entradas	16
Número de grupos	2
Número de pontos por grupo	8

ISOLAÇÃO	
Grupos são individualmente isolados.	
Isolação Óptica até 5000Vac	

POTÊNCIA EXTERNA	
Fonte de Tensão para Entradas	120 Vac (DF18) 240 Vac (DF19)
Consumo Típico por Ponto	10 mA
Indicador de Fonte	Nenhum

POTÊNCIA INTERNA	
Fornecida pelo Barramento IMB	5 Vdc @ 87 mA Máximo
Dissipação Máxima Total	0,435 W
Indicador de fonte	LED Verde

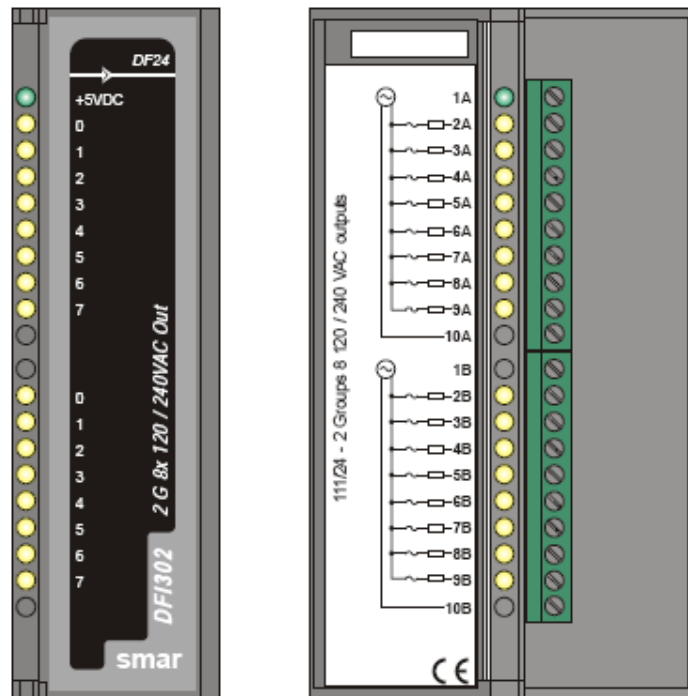
ENTRADAS	
Faixa de Tensão para nível lógico "1"	100-140 Vac (DF18) 200-264 Vac (DF19)
Faixa de Tensão para nível lógico "0"	0-30 Vac (DF18) 0-50 Vac (DF19)
Corrente de Entrada (Típica)	10 mA @ 60 Hz
Indicador de <i>Status</i>	LED amarelo

INFORMAÇÕES DE CHAVEAMENTO	
Tensão Mínima para nível lógico "1"	100 Vac (DF18), 45 a 60 Hz 200 Vac (DF19), 45 a 60 Hz
Tensão Máxima para nível lógico "0"	30 Vac (DF18), 45 a 60 Hz 50 Vac (DF19), 45 a 60 Hz
Histerese Típica	70 Vac (DF18) 150 Vac (DF19)
Tempo de resposta de "0" para "1"	5 ms
Tempo de resposta de "1" para "0"	42 ms

DIMENSÕES E PESO	
Dimensão (L x A x P)	39,9 x 137,0 x 141,5 mm; (1,57 x 5,39 x 5,57 pol.)
Peso	0,300 kg

CABOS	
Um Fio	14 AWG (2 mm ²)
Dois Fios	20 AWG (0,5 mm ²)

DF24 (Modulo de Salidas Digitales de CA 220V)



Especificações Técnicas

ARQUITETURA	
Número de Saídas	16
Número de Grupos	2
Número de Pontos por Grupo	8

ISOLAÇÃO	
Os Grupos são individualmente isolados	
Isolação Óptica até	2500 Vac

POTÊNCIA EXTERNA	
Fonte de Tensão para Saídas	20 a 240 Vac, 45 a 65 Hz
Consumo Máximo por Grupo	4 A
Indicador de Fonte	Nenhum
Proteção	Um fusível por grupo

POTÊNCIA INTERNA	
Fornecida pelo Barramento IMB	5 Vdc @ 115 mA Máximo
Dissipação Máxima Total	0,575 W
Indicador de Fonte	LED Verde

SAÍDAS	
Tensão de Saída	20 a 240 Vac, 45-65 Hz
Corrente Máxima por saída	1 A
Corrente Total Máxima por Grupo	4 A @ T_{amb} 0-40 °C (32-104 °F) 2 A @ T_{amb} 40-60 °C (104-140 °F)
Corrente de Surto Máxima	15 A / 0,5 ciclo, máximo 1 surto por minuto
Indicador de <i>Status</i>	LED Amarelo
Indicador de Lógica	Quando ativado
Corrente de Fuga (saída desligada)	500 μ A @ 100 Vac
Queda de Tensão (saída ligada)	1,5 Vac rms Máximo
Proteção contra sobrecarga por Saída	Deve ser fornecida externamente (fusível de atuação rápida de 1,5 vezes a corrente nominal)

INFORMAÇÕES DE CHAVEAMENTO	
<i>Zero cross operation</i> Ton, Toff	1/2 ciclo
Circuito de Proteção RC	62 Ω em série com 0,01 μ F

DIMENSÕES E PESO	
Dimensões (L x A x P)	39,9 x 137,0 x 141,5 mm ; (1,57 x 5,39 x 5,57 pol.)
Peso	0,330 kg

CABOS	
Um Fio	14 AWG (2 mm ²)
Dois Fios	20 AWG (0,5 mm ²)