

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE ELECTRICIDAD**



**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL Y SUPERVISIÓN PARA LA
UNIDAD 770 DE UNA PLANTA DE MTBE”**

**Realizado por:
Br. Neyla Villarroel Arredondo**

**Trabajo de Grado Presentado ante la Universidad de Oriente como
Requisito Parcial para Optar al Título de:**

INGENIERO ELECTRICISTA

Barcelona, 03 de Noviembre del 2010

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE ELECTRICIDAD**



**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL Y SUPERVISIÓN PARA LA
UNIDAD 770 DE UNA PLANTA DE MTBE”**

JURADO:

El Jurado hace constar que asignó a esta Tesis la calificación de:

APROBADO

**Prof. Margarita Heraoui
Asesor Académico**

**Prof. Luis Parraguez
Jurado Principal**

**Prof. Verena Mercado
Jurado Principal**

Barcelona, 03 de Noviembre del 2010

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE ELECTRICIDAD**



**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL Y SUPERVISIÓN PARA LA
UNIDAD 770 DE UNA PLANTA DE MTBE”**

Prof. Margarita Heraoui
Asesor Académico

Ing. Romel Rodríguez
Asesor Industrial

Barcelona, 03 de Noviembre del 2010

RESOLUCIÓN

ARTÍCULO 41

REGLAMENTO DE TRABAJOS DE GRADO

“Los Trabajos de Grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente y sólo podrán ser utilizados a otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario para su autorización”

DEDICATORIA

A mis padres, Ivan Villarroel y Elia de Villarroel, por su amor, paciencia y dedicación, este logro es de ustedes.

A Noelia Villarroel por su apoyo de hermana y comprensión en todo momento.

A Pedro Ramos por estar conmigo y ayudarme cuando más lo necesité.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar a Dios, por ayudarme y tener siempre fuerzas para seguir adelante cuando sentía que no podía continuar. Gracias por enseñarme que mañana todo se puede arreglar.

A mi asesora académica Ing. Margarita Heraoui por guiarme durante todo mi trabajo, por todas las sugerencias, consejos, correcciones y por siempre estar disponible.

A mi asesor Industrial Ing. Romel Rodríguez, por brindarme la oportunidad de comenzar una carrera y seguir creciendo.

A todos los profesores que contribuyeron a mi formación personal y profesional. En especial a los profesores José B. Peña y Verena Mercado.

A todos mis compañeros que fueron grupo de estudio y ahora mis amigos: Thairis Suárez, Alejandra Arrivillaga, Vilma Caraballo, Luis Dimas, Luis Bejarano, Ransés González, Marcos Ruiz, y Luiyeni Cagua.

A las personas del departamento que de una u otra forma me ayudaron a estudiar, a despejar dudas entre otras para terminar mi carrera.

Al personal de Domótica de Venezuela. En especial a Jerald Escalona, José Ángel Sotillo, José Vicente Hernández, Pedro Bello, Juan Martínez, Antonio García entre otras personas que están conmigo día a día trabajando. Mil gracias a todos.

CONTENIDO

RESOLUCIÓN	IV
DEDICATORIA	XV
AGRADECIMIENTOS.....	XVI
CONTENIDO	XVII
ÍNDICE DE TABLAS	XVIII
RESUMEN.....	XIX
NOMENCLATURA.....	XX
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	1
1.1 GENERALIDADES	1
1.1.1 La Empresa.....	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	5
1.3 OBJETIVOS	6
1.3.1 Objetivo General	6
1.3.2 Objetivo Específicos	6
1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES	7
1.5 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	8
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	10
2.1 GENERALIDADES	10
2.2 ANTECEDENTES	10
2.3 MARCO TEÓRICO	11
2.3.1 Generalidades de las Redes Industriales.....	11
2.3.2 Controladores Lógicos Programables (PLC).....	13
2.3.3 Sistemas de Control Distribuido (DCS).....	22
2.3.4 Unidades Terminales Remotas (RTU).....	24
2.3.5 Interfaz Hombre – Máquina (HMI).....	25
2.3.6 La interfaz RS-232	26

2.3.7 Comunicación Serial	28
2.3.8 Red Ethernet.....	29
2.3.9 ControlNet.....	31
2.3.10 Modbus.....	33
CAPÍTULO 3: CRITERIOS DE DISEÑO PARA LA PLANTA DEMINERALIZADORA DE AGUA.....	35
3.1 GENERALIDADES.....	35
3.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA GENERAL PARA LA PRODUCCIÓN	35
3.3 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA GENERAL PARA LA REGENERACIÓN.....	38
3.3.1 Sistema de Dosificación del Ácido Sulfúrico (H ₂ SO ₄).....	40
3.3.2 Sistema de Dosificación de Soda Caústica (NaOH)	41
3.4 SISTEMA DE NEUTRALIZACIÓN	45
3.5 CAPACIDAD DE LA PLANTA.....	46
3.6 CARACTERÍSTICAS DEL AGUA DESMINERALIZADA.....	46
3.7 CARACTERÍSTICAS Y CONDICIONES DEL AGUA CRUDA EN LÍMITES DE BACTERIA	47
3.8 SISTEMA DE CONTROL DISTRIBUIDO (DCS).....	48
3.9 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES A CONTROLAR POR EL NUEVO SISTEMA	51
3.10 CRITERIOS DE DISEÑO DEL NUEVO SISTEMA	53
3.10.1 Filosofía de Operación del Nuevo Sistema.....	56
3.11 ARQUITECTURA GENERAL DEL PROYECTO.....	62
3.12 DISTRIBUCIÓN DE MÓDULOS DEL PLC COMPACTLOGIX.....	63
CAPÍTULO 4: DESARROLLO DEL SOFTWARE Y DISEÑO DE LA COMUNICACIÓN ENTRE EL SISTEMA Y DCS DE LA PLANTA	72
4.1 GENERALIDADES	72
4.2 SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN DEL PLC	72

4.3	DESARROLLO DEL PROGRAMA DE CONTROL	77
4.3.1	Rutina: MAINROUTINE.....	80
4.3.2	Rutina: COND_INICIALES.....	81
4.3.3	Rutina: CNTRL_BOMBA.....	81
4.3.4	Rutina: CNTRL_VALV.....	81
4.3.5	Rutina: DATA_HACIA_EL_PLC.....	82
4.3.6	Rutina: ENTRADAS_ANALOGICAS.....	88
4.3.7	Rutina: ENTRADAS_DISCRETAS.....	88
4.3.8	Rutina: STATUS PLC	90
4.3.9	Rutina: MANTENIMIENTO.....	90
4.3.10	Rutina: PAR_SEC_REG_PROD.....	90
4.3.11	Rutina: PERMANENCIA	91
4.3.12	Rutina: SALIDAS_DISCRETAS	91
4.3.13	Rutina: SEC_FALLA_VALVULA	91
4.3.14	Rutina: SEÑALES_AL_DCS	92
4.3.15	GRAFCET	93
4.4	SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN DEL HMI	101
4.5	DESCRIPCIÓN DE LA INTERFAZ GRÁFICA	105
4.5.1	Pantalla Principal del Sistema.....	107
4.5.2	Pantallas de Lechos de la Planta Desmineralizada	108
4.5.3	Pantallas de Regeneración	110
4.5.4	Pantallas de Tanques Químicos	110
4.5.5	Arquitectura CompactLogix.....	112
4.5.6	Comandos Adicionales: Comando de Regeneración y Producción ..	112
4.5.7	Operaciones Lechos: Pantalla de Producción, Regeneración y Mantenimiento	113
4.5.8	Configuración Bypass: Parámetros de Regeneración	114
4.5.9	Status de Bombas y Sopladores.....	114
4.5.11	Historial de Alarmas.....	115

4.5.12 Alarma Banner	115
4.5.13 Alarmas Activas	115
4.5.14 Leyenda	115
4.5.15 Pantallas Configuraciones de Tiempos.....	116
4.5.16 Pantalla de Mantenimiento.....	116
4.6 DISEÑO DE LA COMUNICACIÓN ENTRE EL PLC Y LA SALA DE CONTROL DE LA PLANTA	116
Figura 4.22. Rutinas para la Comunicación Modbus.	120
CAPÍTULO 5: PRUEBAS DE VALIDACIÓN y documentación referente a la interfaz hombre – máquina producto de la implementación del diseño realizado 121	
5.1 GENERALIDADES	121
5.2 PRUEBAS DE VALIDACIÓN DEL SISTEMA.....	121
5.2.1 Prueba de Software	121
5.2.2 Inspección de Pantallas del PanelView Plus1000.....	123
5.2.3 Pruebas de Comunicaciones del PLC	124
5.3 MANUAL DE LA INTERFAZ HOMBRE – MÁQUINA DIRIGIDO A OPERADORES DE LA PLANTA DE AGUA DESMINERALIZADA.....	128
5.3.2 Pantalla Filtro de Carbón Activo (770-V.10-A/B).....	130
5.3.4 Pantalla Torre Desgasificadora (770-V.13).....	131
5.3.5 Pantalla Intercambiador Aniónico (770-V.12-A/B).....	132
5.3.6 Intercambiador Lecho Mixto (770-V.15-A/B).....	132
5.3.7 Pantallas de Regeneración de los Lechos	132
5.3.8 Pantalla Tanque de Agua Desmineralizada (770-S.1)	133
Figura 5.13. Mensaje para Cerrar Válvula XY-338A	135
5.3.10 Pantalla Tanque de NaOH (770-V.17)	135
5.3.11 Pantalla Tanque de H2SO4 (770-V.16)	135
5.3.12 Pantalla Arquitectura CompactLogix.....	135
5.3.13 Pantalla Comando Adicionales	136

5.3.14 Pantalla Operaciones Lechos	138
5.3.15 Pantalla Configuración Bypass y Límites	139
5.3.16 Pantalla Status de Bombas y Sopladores	140
5.3.17 Pantallas Status de Válvulas.....	141
5.3.18 Pantalla Configuraciones de Tiempos de los Lechos	141
RECOMENDACIONES.....	144
BIBLIOGRAFÍA.....	137
ANEXOS	136
ANEXOS A	140
ANEXOS B	153
ANEXOS C	165
ANEXOS D	172
METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:.....	179

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Ubicación Geográfica de la Planta Súper Octanos.....	2
Figura 1.2. Esquema de Bloque de las Unidades de Procesos.	5
Figura 2.1. Sistema de Control en Industrias. Fuente: Escalona, 2008	12
Figura 2.2. Aspecto Físico de un PLC. Fuente: Escalona, 2008.....	15
Figura 2.3. Estructura de un Controlador Lógico Programable. Fuente: García, 2009	16
Figura 2.4. Capa CIP. Fuente: Rivera, 2006.....	33
Figura 3.1. Distribución de Lechos (SOCA). Fuente: Filosofía de Operación Planta Desmineralizadora Unidad 770	36
Figura 3.2. Diagrama de Regeneración Catiónico. Fuente: Filosofía de Operación Planta Desmineralizadora Unidad 770	42
Figura 3.3. Diagrama de Regeneración Aniónico. Fuente: Filosofía de Operación Planta Desmineralizadora Unidad 770	43
Figura 3.4. Diagrama de Regeneración Lecho Mixto. Fuente: Filosofía de Operación Planta Desmineralizadora Unidad 770	44
Figura 3.5. Unidades Óptimas Sustituibles (ORU). Fuente: Filosofía de Operación Planta Desmineralizadora Unidad 770	49
Figura 3.6. Arquitectura de Control.	62
Figura 3.7. Distribución de los módulos.	63
Figura 3.8. PLC CompactLogix.	64
Figura 3.9. Fuente de Alimentación 1769-PA4. }	65
Figura 3.10. Conexión Eléctrica 1769-PA4. Fuente: Allen B.....	66
Figura 3.11. Controlador 1769-L35E.....	67
Figura 3.12. Módulo de Entrada Analógica 1769-IF8.....	68
Figura 3.13. Módulo de Entrada Discreta 1769-IQ32. }	69
Figura 3.14. Módulo de Salidas a Discretas 1769-OW16.	69

Figura 3.15. Detalle del Panel.....	71
Figura 4.1. Búsqueda del Software RSLogix 5000.	73
Figura 4.2. Barra de New (Nuevo) en RSLogix.....	73
Figura 4.3. Ventana de Creación de un Proyecto.	74
Figura 4.4. Ventana Proyecto Definido.	74
Figura 4.5. Ventana de selección de Módulo.	75
Figura 4.6. Ventana Propiedades de los Módulos.	76
Figura 4.7. Ventana Editor de Diagrama Escalera.....	76
Figura 4.8. Rutina de Mantenimiento Cación A.	77
Figura 4.9. Rutinas Programa PLC Agua DEMI.....	78
Figura 4.10. Grafcet Programa PLC Agua DEMI.	93
Figura 4.11. Barra de herramientas para Lenguaje SFC.	95
Figura 4.12. Etapa Inicial Anión A.....	95
Figura 4.13. Transiciones Anión A.	96
Figura 4.14. Búsqueda del software FactoryTalk View Machine Edition (ME).....	101
Figura 4.15. Ventana para crear un Archivo Nuevo.	102
Figura 4.16. Ventana Explorar Aplicación.....	103
Figura 4.17. Insertar Objeto en FactoryTalk View (ME).	104
Figura 4.18. Software FactoryTalk View (ME).....	105
Figura 4.19. Arquitectura de Comunicación.....	117
Figura 4.20. Interfaz de Comunicación 1761-NET-AIC. Fuente: Allen B.	118
Figura 4.21. Conectores RS-232 y DH-485. Fuente: Allen B.	119
Figura 5.1. Ventana Propiedades de Protocolo Internet (TCP/IP).	124
Figura 5.2. Inicio del software RSLinx Classic.	125
Figura 5.3. Barra Principal del software RSLinx Classic.	125
Figura 5.4. Menú Tipos de Controladores Disponibles.	126
Figura 5.5. Ventana de Configuración de Controladores.	127
Figura 5.6. Pantalla Principal del Software RSLinx Classic.	127

Figura 5.7. Recuadro de ingreso de Clave	129
Figura 5.8. Status de Válvulas	130
Figura 5.9. Status de Lecho	131
Figura 5.10. Status de Motores.....	131
Figura 5.11. Display para Válvula 77-XY-338 ^a	134
Figura 5.12. Mensaje para Abrir Válvula XY-338A.....	134
Figura 5.14. Status del PLC.....	136
Figura 5.15. Mensaje para Forzar Producción	137
Figura 5.16. Mensaje para Agotar Lecho	137
Figura 5.17. Mensaje para Saltar Paso de Regeneración	138
Figura 5.18. Botón para Tipo de Agua	139
Figura 5.19. Botón para Bypass.....	139
Figura 5.20. Display para Tiempo	142

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Participación de las Empresas que Conforman Súper Octanos C.A.....	2
Tabla 3.1. Combinaciones Lógicas para la Regeneración.....	39
Tabla 3.2. Válvulas Habilitadas según Tipo de Agua.....	40
Tabla 3.3. Características Agua Desmineralizada. Fuente: Filosofía de Operación Planta Desmineralizadora Unidad 770	46
Tabla 3.4. Características Agua Cruda. Fuente: Filosofía de Operación Planta Desmineralizadora Unidad 770.....	47
Tabla 3.5. Alarmas del DCS (SOCA). Fuente: Filosofía de Operación Planta Desmineralizadora Unidad 770.....	51
Tabla 3.6. Variables supervisadas por el Nuevo Sistema.....	52
Tabla 3.7.Estados de los Lechos.....	56
Tabla 3.8. Combinaciones Lógicas para Producción Nuevo Sistema.....	57
Tabla 3.9. Parámetros de Agotamiento	59
Tabla 3.10.Combinaciones Lógicas para Regenerar Nuevo Sistema.....	61
Tabla 3.11. Potencia de Fuentes.....	70
Tabla 3.12. Consumo de Potencia.....	70
Tabla 4.1. Rutinas Programa PLC Agua DEMI.....	79
Tabla 4.2. Grafcet Programa PLC Agua DEMI.	93
Tabla 4.2. Grafcet Programa PLC Agua DEMI (Continuación)	94
Tabla 4.3. Funciones de los pines de los Conectores RS-232 y DH-485. ..	119
Tabla 5.1. Configuración del Puerto Ethernet y Puerto Serial (PLC).	128

RESUMEN

El presente trabajo de aplicación profesional se llevó a cabo en el Complejo Petrolero, Petroquímico e Industrial General José Antonio Anzoátegui, en la empresa Súper Octanos C.A. (SOCA), y tuvo como finalidad el desarrollo de un sistema de control y supervisión para la Unidad 770 en la planta de MTBE. Esta actividad se realizó en la parada de planta en el mes de Marzo del presente año para un mantenimiento mayor de la misma. Actividad durante la cual se reemplazó el PLC (Controlador Lógico Programable) Siemens modelo S115U, por período de obsolescencia ubicado en la Sala de Control, por el modelo Rockwell Automation 1769-L35E. Inicialmente se realizaron observaciones en el área, con el propósito de investigar las condiciones y el tiempo real en las cuales se llevaban a cabo las operaciones, por lo que el presente trabajo corresponde a una investigación de campo de tipo descriptivo y proyecto factible, y el mismo está constituido por seis etapas de gran importancia como es el estudio del funcionamiento del sistema actual, criterios de diseño del nuevo sistema, elaboración de la programación del PLC, diseño de la interfaz hombre – máquina y arquitectura de comunicación entre el sistema y la sala de control de la planta, pruebas de validación del software, interfaz y comunicación entre los equipos, y por último la elaboración de la documentación dirigido al operador.

NOMENCLATURA

AI	Señal Entrada Analógica
AO	Señal Salida Analógica
BD	Bloque Funcionales
CPU	Unidad de Procesamiento Central
DEMI	Desmineralizada
DI	Señal Entrada Discreta
DO	Señal Salida Discreta
DSC	Sala de Control Distribuido
E/S	Entrada/Salida
ENI	Ente Nazionale Idrocarburi
FAT	Prueba en Fábrica
HMI	Interfaz Hombre Máquina
I/O	Input/Output (Entrada/Salida)
IL	Texto Estructurado
LAN	Redes Locales
LD	Lenguaje de Escalera
MTBE	Metil Butil Eter
OSI	Organización Estándar Internacional
PEQUIVEN	Petroquímica de Venezuela
PID	Proporcional Integral Derivativo
PLC	Controlador Lógico Programable
RTU	Unidad Terminales Remotas
SOCA	Súper Octanos C.A.
TCP/IP	Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo de Internet
XV	Válvula de Cierre on/off

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1 GENERALIDADES

El propósito de este primer capítulo es detallar la problemática presente en la Planta Súper Octanos C.A., los objetivos, justificación e importancia que posee el proyecto, alcances, limitaciones, factibilidad de la investigación y por último la metodología.

1.1.1 La Empresa

La idea de construcción de un Complejo para la producción de Metil-Butil- Eter (MTBE), aparece como parte de una política de industrialización del gas natural, por parte de la Industria Petroquímica y Carbonífera Nacional. El MTBE es un compuesto oxigenado utilizado para elevar el octanaje en la gasolina.

En julio de 1986 se recibieron los resultados del estudio de prefactibilidad para la construcción del Complejo, que era económicamente factible, y para Marzo de 1991 se inicia las operaciones.

La empresa Súper Octanos C.A. está situada en el área adyacente al “Complejo Petrolero, Petroquímico e Industrial General José Antonio Anzoátegui” (JOSE), a 28 Km al Noroeste de Barcelona en el Estado Anzoátegui. Esta empresa es de capital mixto, integrada por PEQUIVEN (Petroquímica de Venezuela), ENI (Ente Nazionale Idrocarburi) y Banco Mercantil (Ver Tabla 1.1), produce actualmente alrededor de 600 mil

toneladas métricas anuales de MTBE, componente oxigenado que se utiliza para enriquecer las gasolinas de automóviles y que sustituye al tetra - etilo.

Tabla 1.1. Participación de las Empresas que Conforman Súper Octanos C.A.

Socios	Porcentaje de Participación %
PEQUIVEN	49
ENI	49
Banco Mercantil	2

En la figura 1.1, se muestra la ubicación geográfica de la planta Súper Octanos C.A.



Figura 1.1. Ubicación Geográfica de la Planta Súper Octanos.

El producto MTBE se obtiene por la síntesis del Iso - buteno con el metanol. El metanol es suministrado por las empresas: Metor y Supermetanol, mientras que el Iso - buteno se produce en el Complejo por la

deshidrogenación del Iso - butano. El Iso - buteno es suministrado a la planta por el Criogénico de JOSE y también es producto por la isomerización del n-butano.

El complejo está formado por las siguientes áreas principales:

Área de Procesos:

Representa el corazón del Complejo y está constituida por las siguientes unidades: Unidad de Isomerización (110), Unidad Desisobutanizadora (120), Unidad de Deshidrogenación Catalítica (200) y Unidad de Síntesis de MTBE (300).

Área de Servicios Industriales:

Todos los servicios requeridos por el complejo están localizados en ésta área, y las unidades que la conforman son: Unidad de Enfriamiento (710), Unidad de Generación de Vapor (720), Unidad de Mechurrio (730), Unidad de Compresión de Aire (740), Unidad de Agua Desmineralizada (770), Unidad de Nitrógeno (780), Unidad de Tratamiento de Aguas Efluentes (790) y Unidad de Almacenamiento (800).

Área de Almacenamiento (Insumos y Productos):

Está dedicada al almacenamiento de las alimentaciones, productos intermedios y finales del Complejo, además en ésta área se encuentra el sistema de bombeo.

Área de Edificaciones:

Está constituida por la Sala de Control de Proceso (DCS), que es donde se recibe la totalidad de las señales de procesos y controlan las variables operacionales a través de un sistema de control distribuido.

También en esta área se encuentra el laboratorio, que está equipado con el instrumental necesario para conducir el monitoreo continuo de la calidad de todos los insumos, productos y subproductos del complejo.

Área de Embarcadero:

Se encuentra instalada en el muelle existente y además consta de una red de tuberías que van desde el Complejo hasta dicho muelle.

El tonelaje producido y despachado desde el inicio de sus operaciones en 1991 hasta la fecha, tanto en el mercado nacional como en los mercados de exportaciones de Estados Unidos (Principal Cliente) y Europa, está por encima de los siete millones de toneladas métricas.

En años recientes, en el mercado de combustibles han surgido componentes de la gasolina como el Iso - Octano, con propiedades específicas distintas a MTBE.

En la figura 1.2 se muestra un esquema de todas las unidades descritas anteriormente que intervienen en la elaboración del MTBE en la planta de Súper Octanos C.A.

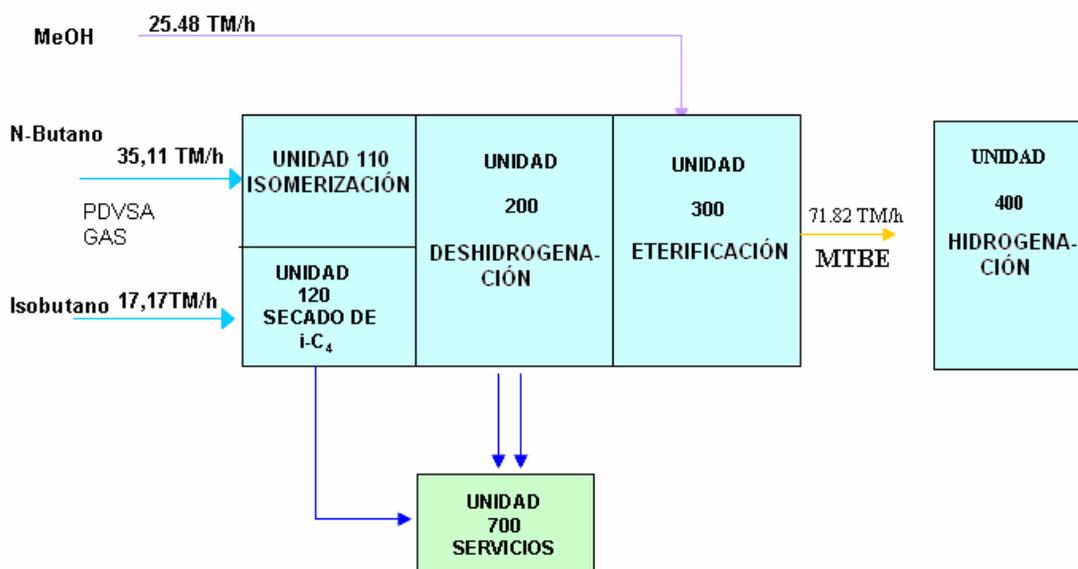


Figura 1.2. Esquema de Bloque de las Unidades de Procesos.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Para la producción del MTBE, SOCA cuenta con una planta Desmineralizadora de Agua en la Unidad 770 donde comienza con la extracción de agua cruda proveniente de PEQUIVEN, y se encuentra conformado por dos líneas idénticas (770A y 770B) y por una serie de lechos (intercambiadores iónicos) interconectados entre sí, de esta forma con una línea en servicio y la segunda en regeneración o en espera, siempre existe la producción requerida.

Actualmente la planta Desmineralizadora de Agua realiza sus operaciones de forma manual, como por ejemplo: control de apertura y cierre de válvulas, arranque y parada de bombas y sopladores, monitoreo de señales de nivel, presión, flujo y conductividad. Por esta razón se diseña un nuevo sistema de control y supervisión que cumpla con las exigencias requeridas por el

proceso, ya que el actual sistema conformado por un PLC obsoleto no cumple con los requerimientos de la planta.

El proyecto que se presenta se lleva a cabo mediante la búsqueda de información de la planta, a través de entrevistas no estructuradas con el personal que labora en la misma, observaciones directa y revisión bibliográfica que aporta información sobre el tema, y permite presentar la disposición de los equipos e instrumentos que se utilizan en el proceso, para elaborar la programación del PLC, el diseño de la interfaz hombre – máquina y la arquitectura de comunicación entre el sistema y la sala de control de la planta, y las pruebas de validación del software, interfaz y comunicación. La ejecución de todo este trabajo implica la elaboración de un manual de operación sobre los despliegues que aparecen en la pantalla del PanelView Plus1000.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

Diseñar un sistema de control y supervisión para la Unidad 770 de una planta de MTBE.

1.3.2 Objetivo Específicos

- Describir el funcionamiento del sistema actual, para el proceso de desmineralización de agua en la planta de MTBE en Súper Octanos C.A.
- Establecer los criterios de diseño inherentes al nuevo sistema.

- Elaborar la programación del PLC para el control en el proceso de desmineralización de agua.
- Diseñar la interfaz hombre - máquina y arquitectura de comunicación entre el sistema y la sala de control de la planta.
- Realizar las pruebas de validación del sistema diseñado.
- Elaborar la documentación referente a la interfaz hombre – máquina que le proporcionará al operador los conocimientos necesarios sobre el nuevo sistema, producto de la implementación del diseño realizado.

1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES

Con la incorporación de este PLC de última generación, se logra beneficiar a la empresa con mínimo espacio de ocupación, menor costo de mano de obra, mantenimiento económico, menor tiempo de puesta en funcionamiento, entre otros. También se logra, que los operadores supervisen todo el proceso desde la sala de control sin necesidad de trasladarse al área de operaciones, haciendo uso de una interfaz gráfica (HMI) que les permite interactuar con el proceso, siendo así un sistema amigable entre máquina y hombre.

Se elige la plataforma CompactLogix para mantener una uniformidad con los equipos adquiridos por la empresa, proporcionando una arquitectura de control de última generación. Dicha plataforma es compatible con varios hardwares para la comunicación entre los equipos, aceptando varios lenguajes de programación como por ejemplo: lenguaje de escalera (LD),

texto estructurado (IL), bloques funcionales (BD) y secuencia función chart (SFC). Además ofrece facilidades de integración, reduce los problemas de mantenimiento y servicio técnico con equipos de menor tamaño y costo en el mercado.

1.5 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Con una falla de gran magnitud como por ejemplo el desbordamiento de la Fosa de Neutralización, se puede ocasionar pérdidas de equipos de gran importancia, ya que la planta de Agua Desmineralizada realiza todas sus operaciones de forma manual con la desenergización de instrumentos y no se puede corregir la falla de forma inmediata, por ende la empresa pierde dinero en arreglar los equipos y por producción. Por esta razón es importante para SOCA realizar un nuevo sistema de control y supervisión, ya que el modelo Siemens S115U no cumple con las exigencias requeridas por la empresa.

El presente trabajo es de suma importancia para la empresa, ya que con la realización del nuevo diseño de control y supervisión se permite la localización de fallas de forma rápida y precisa, lo cual ayuda a los operadores y al personal involucrado a monitorear todo el proceso desde la sala de control sin necesidad de trasladarse al área de operaciones. Además el nuevo sistema es amigable entre hombre – máquina, y permite interactuar con la planta desmineralizadora de agua de una forma fácil y sencilla. También se beneficia la empresa con mínimo espacio de ocupación de los equipos.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1 GENERALIDADES

En la primera parte de este capítulo se presentan cuales fueron los estudios previos a la investigación, cuyos trabajos sirvieron como punto de partida para la realización del presente proyecto. La segunda y última parte de este capítulo explica la teoría y conceptos básicos, indispensables para la interpretación, desarrollo y avance del trabajo.

2.2 ANTECEDENTES

Escalona, J. (2008) desarrolló los Diagramas de Secuencia Funcional que facilitaron la programación del PLC 5/30 e implementó la técnica UML para elaborar los diversos casos de uso que suministraron información relevante para el diseño de las pantallas que integran el sistema de supervisión.

García, A. (2009) reemplazó el sistema de control distribuido (DCS), y su trabajo estuvo constituido por cinco etapas de gran importancia como lo fueron, el estudio del proceso de carga de buques y cisternas, elaboración de una nueva filosofía de operación, realización de la programación lógica de control, establecimiento de la comunicación con el muelle PDVSA y finalmente el diseño de la interfaz gráfica.

Morales, J. (2003) destacó la integración de los datos provenientes del Sistema de Supervisión, Control y Adquisición de Datos (SCADA) a la Base de Datos Operacional (BDO), para supervisar el proceso de producción de

gas de las áreas operativas de PDVSA Gas Anaco, para hacer posible dicha integración se estableció la comunicación entre la Base de Datos en línea y el Sistema SCADA lo cual sirvió para realizar el presente estudio.

Oca, J. (2006) realizó un sistema de supervisión y control de inyección de gas Lift a los pozos del campo Cerro Pelado que forma parte del Consorcio Quiamare – La Ceiba, y se pudo obtener a distancia parámetros de importancia tales como: presión de inyección, presión de cabezal, presión de la placa diferencial, la temperatura de la línea de producción y entre otros.

Rivera, N. (2006) presentó un trabajo sobre un sistema SCADA donde se pudo disminuir los errores en la medición de Gas y los costos de operación utilizando equipos de última tecnología.

2.3 MARCO TEÓRICO

2.3.1 Generalidades de las Redes Industriales

Las industrias, y de manera particular las más grandes, buscan la total o casi total automatización de sus procesos y actividades, desde la realización del producto hasta su distribución, obligando a sus sistemas de administrativos ser cada vez más complejos.

Una red de campo es definida como aquella que es capaz de intercambiar en forma eficiente y segura bloques de datos digitales de gran longitud entre dispositivos de campo inteligentes, los que se puede distribuir y ejecutar las funciones de control de procesos y de control de la red, sin la necesidad de usar una computadora. Las redes de campo se pueden clasificar de acuerdo a su función y tipo de equipo conectado a ellas, de la siguiente manera:

Redes para procesamiento de datos de automatización y control.
 Redes de integración de dispositivos y sensores de campo.
 Redes de información

En la Figura 2.1 se muestra en forma esquemática la estructura de control implementadas normalmente en la industria.

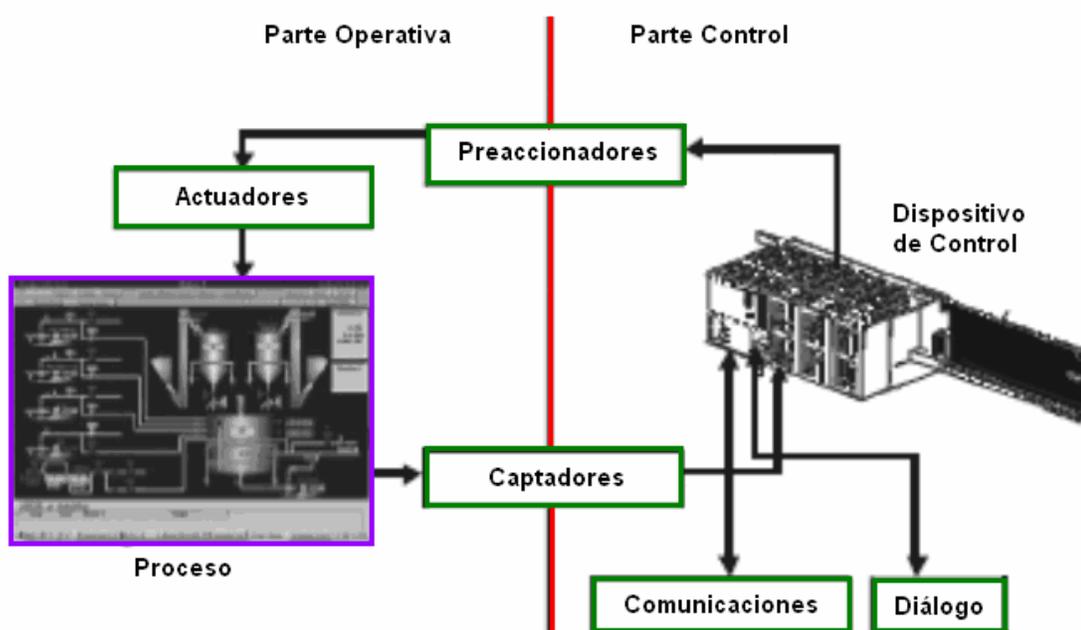


Figura 2.1. Sistema de Control en Industrias. Fuente: Escalona, 2008

Se observa en la figura dos áreas bien definidas: una es la Parte Operativa y otra la Parte de Control.

En la parte operativa se aprecian los dispositivos de hardware y software que brindan la información necesaria para llevar a cabo las operaciones de planta necesarias, con una interfase amigable y entendible para el operador. En la parte de control se muestran a los dispositivos de

control (PLC'S y/o PC industriales) que permiten llevar a cabo las acciones de control en conjunto con los actuadores.

Las redes para procesamiento de datos de automatización y control se utilizan para el intercambio de información entre equipos, y entre hombre - máquina, tales como:

Controladores Lógicos Programables (PLC)

Sistemas de Control Distribuido (DCS)

Unidades Terminales Remotas (RTU)

Interfaz Humano – Máquina (HMI)

Usando interfaces eléctricas como por ejemplo:

Interfaz RS-232

Comunicación Serial

Red Ethernet

Y enviando esta información por protocolos de comunicación, como:

ControlNet

Modbus

2.3.2 Controladores Lógicos Programables (PLC)

Se puede definir un controlador lógico programable como toda máquina electrónica diseñada para controlar en tiempo real y en medio industrial procesos secuenciales de control. Fue inventado para reemplazar los circuitos secuenciales basados en relés que eran necesarios para el control de las máquinas.

2.3.2.1 Historia de los PLC

Los primeros modelos de PLC fueron diseñados para manejar señales digitales y realizar actividades de mando, posteriormente la creación de interfaces permitió el manejo de señales analógicas y con ello la regulación o control de las variables de proceso, siendo está una de las ventajas de éste equipo, ya que con él se pueden realizar actividades de mando o accionamiento y regulación al mismo tiempo.

El primer PLC fue inventado por el ingeniero Estadounidense Dick Morley, en respuesta a las necesidades de la automatización de la industria automotriz norteamericana. Antes de los PLC, el control, las secuenciación, y la lógica para la manufactura de automóviles era realizada utilizando relés, contadores, y controladores dedicados. El proceso para actualizar dichas instalaciones en la industria año tras año era muy costoso y consumía mucho tiempo, y los sistemas basados en relés tenían que ser recableados por electricistas especializados.

La industria automotriz es todavía una de las más grandes usuarias de PLC. Los PLC son utilizados en muchas diferentes industrias y máquinas tales como máquinas de empaquetado y de semiconductores. Algunas marcas con alto prestigio son ABB Ltd., Koyo, Honeywell, Siemens, Trend Controls, Schneider Electric, Omron, Rockwell (Allen-Bradley), General Electric, entre otras. También existe un rango de PLC'S fabricados para aplicaciones en automotores, embarcaciones, ambulancias y sistemas móviles para el mercado.

En la figura 2.2 se observa un PLC de marca Allen-Bradley, con sus respectivos módulos.

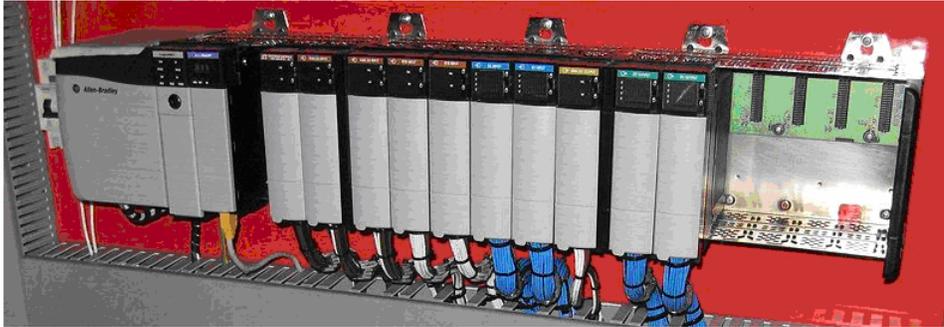


Figura 2.2. Aspecto Físico de un PLC. Fuente: Escalona, 2008

A continuación se explica los tipos de señales que poseen los PLC'S:

Señal digital

Es la manifestación física de una magnitud de la que sólo interesan dos niveles de la señal, ON o uno (1) lógico si la señal está presente y OFF o cero (0) lógico si no está presente.

Señal analógica

Manifestación física de una magnitud de la cual un señor puede captar o monitorear y reportar un gran número de valores (inicial, intermedio y final) de la magnitud en forma continua ejemplo 4 a 20 Miliamperios, 1 a 5 voltios (Escalona, 2008).

2.3.2.2 Estructura Básica de un PLC

En la figura 2.3 se muestra la estructura básica de un PLC con sus elementos más resaltantes.

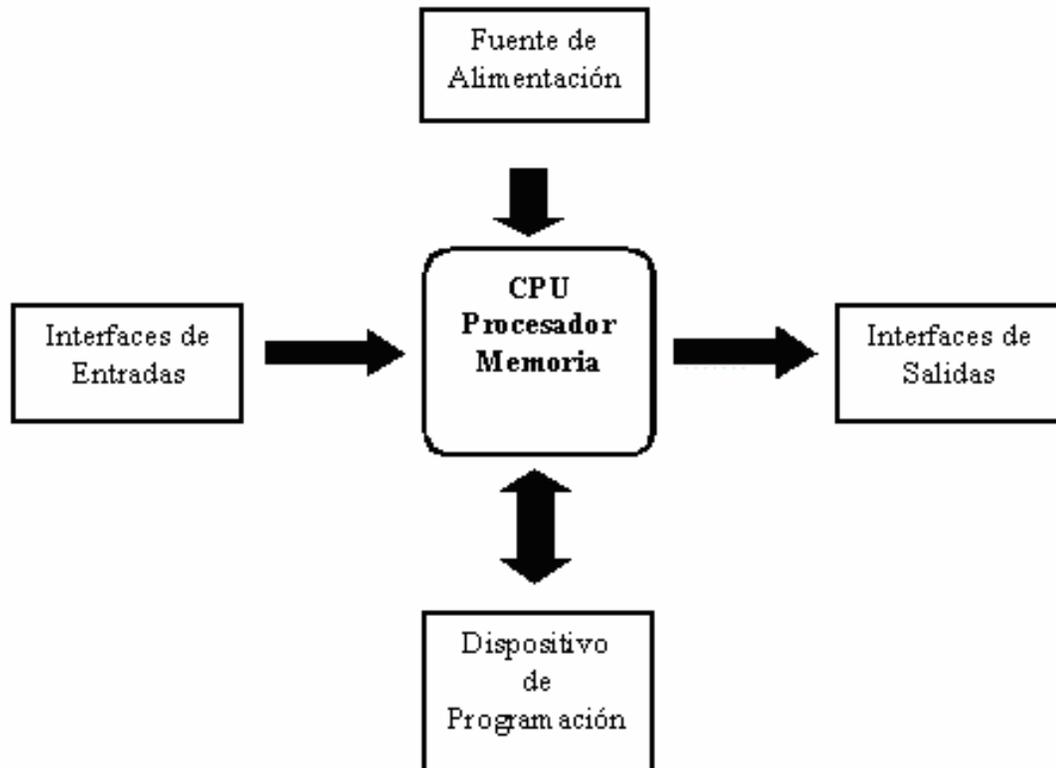


Figura 2.3. Estructura de un Controlador Lógico Programable. Fuente: García, 2009

A continuación se detallan cada una de las partes:

Fuente de Alimentación

Este sistema juega uno de los mayores roles de operación total de controlador programable ya que su papel fundamental no es solamente la de suministrar los requerimientos de voltaje DC a los componentes del PLC, es decir, al procesador, a la memoria y a las Entradas/Salidas; sino también al

monitor. Además debe regular el voltaje suministrado y debe alertar al CPU si todo marcha bien.

CPU (La Unidad de Proceso Central)

El CPU es el corazón del PLC. Es el encargado de ejecutar e interpretar el programa de usuario con el programa del sistema. Sus funciones son vigilar que el tiempo de ejecución del programa de usuario no exceda un determinado tiempo máximo (tiempo de ciclo máximo). También se encarga de crear una imagen de las entradas, ya que el programa de usuario no debe acceder directamente a dichas entradas. Otra función es renovar el estado de las salidas en función de la imagen de las mismas obtenida al final del ciclo de ejecución del programa de usuario. Por último, también se encarga de realizar el chequeo del sistema.

Memoria

Permite el almacenamiento de datos y/o programas del sistema. La memoria consta de la circuitería electrónica capaz de almacenar el programa y los datos. La memoria de datos tiene las variables de entrada de la máquina, las variables intermedias (por ejemplo producto de un cálculo) y las variables de salida a ser transmitidas por las unidades E/S (Entrada/Salida). Desde el punto de vista del CPU, la memoria es una unidad de E/S que puede ser leída, escrita ó ambas. Generalmente las memorias están organizadas en arreglos de 1 byte u 8 bits cada una, aunque recientemente se fabriquen arreglos de 16 a 32 bits. Cuanto mayor sea la palabra o longitud del arreglo de memoria, mayor capacidad aritmética y precisión digital se obtiene y por lo tanto mayor resolución en las señales discretas. Existen dos tipos de memoria y se clasifican de la manera siguiente:

Memoria RAM: En general puede estar constituida por diversos medios físicos. Desde el punto de vista de los PLC, la memoria RAM semiconductora es la más importante. En este tipo de memoria, la información (en binario) puede ser escrita o leída en número indefinido de veces. Al suprimir la fuente de alimentación, la memoria se borra. Por ello la RAM de tipo semiconductora es una memoria volátil. Para evitar esto puede añadirse al sistema de memoria RAM semiconductora un respaldo de batería que supla la energía suficiente como para mantener la información de memoria cuando falle la alimentación principal.

Memoria ROM: La memoria ROM semiconductora sólo puede ser leída (no escrita). Viene en diferentes modalidades:

ROM: Memoria con los datos grabados de fábrica.

PROM: Inicialmente "Vacía", el usuario programa una vez los datos en la memoria y estos ya no pueden borrarse o cambiarse más.

EPROM: Es un tipo de chip de memoria ROM no volátil y se programan mediante un dispositivo electrónico que proporciona voltajes superiores a los normalmente utilizados en los circuitos electrónicos.

EEPROM: Los datos son grabados y borrados eléctricamente (García, 2009).

Interfaces de Entradas y Salidas

Evidentemente, las interfaces de entrada y salida se encargan de

adaptar las señales internas a niveles del CPU. Por ejemplo, cuando el CPU ordena la activación de una salida, la interfaz adapta la señal y acciona un componente (transistor, relé, etc.) para que la acción sea realizada.

2.3.2.3 Funciones Básicas y Nuevas de un PLC

Funciones Básicas

- **Detección:** Realiza la lectura de la señal de los captadores distribuidos por el sistema de fabricación.
- **Mando:** Elabora y envía las acciones al sistema mediante los accionadores y preaccionadores.
- **Diálogo Hombre - Máquina:** Mantiene un diálogo con los operarios de producción, obedeciendo sus consignas e informando del estado del proceso.
- **Programación:** Introduce, elabora y cambia el programa de aplicación del autómatas. El diálogo de programación debe permitir modificar el programa incluso con el autómatas controlando la máquina.

Nuevas Funciones

- **Redes de Comunicación:** Permite establecer comunicación con otras partes de control. Las redes industriales permiten la comunicación y el intercambio de datos entre autómatas a tiempo real.
- **Sistemas de Supervisión:** También los autómatas permiten

comunicarse con ordenadores provistos de programas de supervisión industrial. Esta comunicación se realiza por una red industrial o por medio de una simple conexión por el puerto serie del ordenador.

- Control de Procesos Continuos: Además de dedicarse al control de sistemas de eventos discretos, los PLC`S llevan incorporadas funciones que permiten el control de procesos continuos. Disponen de módulos de entradas y salidas analógicas y la posibilidad de ejecutar reguladores PID (Proporcional Integral Derivativo) que están programados en el PLC.

- Entradas - Salidas distribuidas: Los módulos de entrada salida no tienen porqué estar en el armario del PLC. Pueden estar distribuidos por la instalación, se comunican con la unidad central del autómeta mediante un cable de red.

- Buses de campo: Mediante un sólo cable de comunicación se pueden conectar al bus captadores y accionadores, reemplazando al cableado tradicional. El PLC consulta cíclicamente el estado de los captadores y actualiza el estado de los accionadores.

2.3.2.4 Módulos de Entradas y Salidas (I/O)

Los módulos son aquellos que reciben y/o envían señales al proceso o planta que se están monitoreando, y sirven de interfaz entre el PLC y los equipos que se encuentran en campo.

Entradas Analógicas (AI)

Los módulos analógicos, permiten convertir señales analógicas en señales numéricas digitales y viceversa. La resolución de la conversión es

una función digital del número de bits usados en la parte numérica. También la rapidez de conversión es una característica esencial.

Por ejemplo, en un módulo de conversión de 8 bits ($2^8=256$ valores posibles), y un voltaje analógico máximo de $10V/256=0,39V$.

Salidas Analógicas (AO)

La salida analógica es un producto de la conversión de un valor numérico digital a través de una tarjeta. Los módulos de salida analógicos permiten realizar salidas de comandos y regulación. Cada salida está definida por la naturaleza de la corriente o voltaje usado Ejemplo: (0-5 V ó 4 - 20 mA).

Entradas Digitales (DI)

La tensión de control (Tensión de alimentación del emisor o del actuador) en la mayor parte de los casos de + 24 V o 220 V. Estas tensiones no las puede proporcionar directamente el procesador central, para ello éste necesita los adaptadores de señal apropiados. Las tarjetas de entrada digital adaptan el nivel externo de la señal al nivel interno (+5 V). Adicionalmente se filtran las señales de entrada, es decir, se eliminan las interferencias de las líneas de señal y se recorta los picos de sobretensión de breve duración. Condicionadas por este filtraje, las entradas de señal sufren un retraso; que según las tarjetas, se encuentra entre 1.4 ms y 25 ms. Si se tienen que captar las modificaciones de las señales de entrada muy rápidamente, se aconseja la utilización de tarjetas de entrada con formación de alarmas de

procesos, en las que el filtro de entrada tiene un tiempo de retardo máximo de 1.5 ms.

Salidas Digitales (DO)

Para poder realizar acciones de control sobre el proceso, el procesador central necesita de adaptación de la señal, que transforme el estado interno de la señal en las correspondientes tensiones y corrientes del proceso. Las tarjetas de salida digital contienen una memoria de datos sobre la que se escriben los estados de señal enviados a la tarjeta, conduciéndose posteriormente a un amplificador, en donde se dispone de la potencia necesaria de conmutación. La protección contra cortocircuitos se realiza electrónicamente en los amplificadores de corriente continua y en las salidas de corriente alterna mediante un fusible de precisión. En la selección de tarjeta de la salida digital hay que tener en cuenta la frecuencia de conmutación, la carga total y la corriente residual. La frecuencia de conmutación más alta permitida depende de la tarjeta y la clase de aparato a controlar (Morales, 2003).

2.3.3 Sistemas de Control Distribuido (DCS)

El desarrollo del control distribuido en la industria va paralelo al de las comunicaciones. Cada vez es más necesario disponer de dispositivos inteligentes para realizar el control o la supervisión remota, tanto de procesos de fabricación, como de almacenamiento o distribución.

Un sistema de control por lo general es un sistema de fabricación, proceso o cualquier tipo de sistema dinámico, en el que los elementos del tratamiento no son centrales en la localización (como el cerebro), sino que se distribuyen en todo el sistema con cada componente supervisado por uno o más

controladores. Todo el sistema de los controladores está conectada por redes de comunicación y de monitoreo.

2.3.3.1 Historia

El primer sistema de control distribuido, el TDC-2000, fue desarrollado por la firma Honeywell. Aunque otras compañías como Bristol y Process Systems Inc., desarrollaron controladores digitales basados en microprocesadores previos al TDC-2000, dichos dispositivos eran autónomos. La introducción de la computadora al control de procesos implicó el desarrollo de convertidores de señales, transductores AD (Analógico - Digital) y DA (Digital - Analógico), que permitieran la comunicación con los dispositivos de campo (sensores, transmisores y actuadores).

Los DCS han sido un componente básico en las aplicaciones de automatización de procesos. Ejecutan escaneos de E/S y calculan algoritmos de manera constante y por lo tanto, están clasificados como dispositivos basados en tiempo.

Como resultado los sistemas basados en DCS responden más lentamente y generalmente proporcionan control para procesos de fabricación que requieren una precisión superior en lugar de alta velocidad (Oca, 2006).

2.3.4 Unidades Terminales Remotas (RTU)

También conocida como UTR o Estaciones Externas, son dispositivos que usualmente se instalan en sitios lejanos al lugar desde donde se realiza el control del proceso. Permiten la interconexión con múltiples dispositivos como sensores, interruptores, señales digitales o analógicas y almacenan datos y programas que permiten tomar decisiones localmente.

Otra de sus características importantes es su capacidad para conectarse con dispositivos de comunicación como lo son sistemas de radio, que en el caso de este proyecto son utilizados en un radio enlace que ya está en funcionamiento y permite la transmisión de voz y de datos.

Permiten varios modos de operación como los son: modo MODBUS, que es un protocolo ampliamente utilizado en la industria en aplicaciones de control y que permite a la unidad terminal principal comunicarse con todas las terminales remotas.

La RTU se conecta al equipo físicamente y lee los datos de estado como los estados abierto/cerrado desde una válvula o un interruptor, lee las medidas como presión, flujo, voltaje o corriente. Por el equipo el RTU puede enviar señales que pueden controlarlo: abrirlo, cerrarlo, intercambiar la válvula o configurar la velocidad de la bomba, ponerla en marcha, pararla.

La RTU puede leer el estado de los datos digitales o medidas de datos analógicos y envía comandos digitales de salida o puntos de ajuste analógicos.

2.3.5 Interfaz Hombre – Máquina (HMI)

Una interfaz hombre-máquina o HMI (Human Machine Interface) es un software que presenta datos a un operador (humano) y a través del cual éste controla el proceso.

La industria de HMI nació esencialmente de la necesidad de estandarizar la manera de monitorear y de controlar múltiples sistemas remotos, PLC's y otros mecanismos de control.

La interfaz primaria al operador es un monitor que muestra una representación de la planta o del equipamiento en forma gráfica. Los datos vivos (dispositivos) se muestran como dibujos o esquemas en primer plano (foreground) sobre un fondo estático (background). Mientras los datos cambian en campo, el foreground es actualizado (una válvula se puede mostrar como abierta o cerrada, etc.). Los datos analógicos se pueden mostrar como números o gráficamente (esquema de un tanque con su nivel de líquido almacenado). El sistema puede tener muchos de tales monitores, y el operador puede seleccionar los más relevantes en cualquier momento (Oca, 2006).

2.3.5.1 Funciones de un Software HMI

Monitoreo: tiene la habilidad de obtener y mostrar datos de la planta en tiempo real. Estos datos se pueden mostrar como números, textos o gráficos que permiten una lectura más fácil de interpretar.

Supervisión: esta función permite junto con el monitoreo la posibilidad

de ajustar las condiciones de trabajo del proceso directamente desde la computadora.

Alarmas: tiene la capacidad de reconocer eventos excepcionales dentro del proceso y reportar estos. Las alarmas son reportadas basadas en límites de control preestablecidos

Control: posee la capacidad de aplicar algoritmos que ajustan los valores del proceso y así mantener valores dentro de ciertos límites. El control va más allá del control de supervisión removiendo la necesidad de la interacción humana. Sin embargo la aplicación de esta función desde un software ejecutado en un PC puede quedar limitado por la confiabilidad que quiera obtener el sistema.

Históricos: tiene la capacidad de muestrear y almacenar en archivos, datos del proceso a una determinada frecuencia. Este almacenamiento de datos es una poderosa herramienta para la optimización y corrección de procesos.

2.3.6 La interfaz RS-232

Se puede definir al RS-232 como un sistema sencillo de transmisión de datos en serie, universalmente extendido y bien considerado. Dicha interfaz tiene algunas limitaciones como por ejemplo: los cables RS-232 estándar sólo transmiten hasta 256 kbps y son de una longitud máxima de 15 metros. Sin embargo, hoy se pueden ver puertos de alta velocidad hacia nuestros PC'S de casa por los que circulan datos provenientes de lugares muy lejanos y a muy alta velocidad. La regla básica para la longitud de un cable de datos depende de la velocidad de transmisión y de la calidad de dicho cable.

2.3.6.1 Historia

RS-232 se introdujo por primera vez en 1962, When electronic terminals (smart and dumb) began to be used, they were often designed to be interchangeable with teletypes, and so supported RS-232. cuando las terminales electrónicas comenzaron a ser utilizados. SThe C revision of the standard was issued in 1969 in part to accommodate the electrical characteristics of these deviSSSSJNJFNe publica una norma en 1969, en parte para dar cabida a las características eléctricas de este dispositivo.

Since application to devices such as computers, printers, test instruments, and so on was not considered by the standard, designers implementing an RS-232 compatible interface on their equipment often interpreted the requirements idiosyncratically.

Dado que dispositivos tales como ordenadores, impresoras, instrumentos de prueba, entre otros, no fueron considerados por dicha norma, se diseñó la aplicación de un interfaz RS-232 compatible con estos equipos, pero con algunos inconvenientes. Common problems were non-standard pin assignment of circuits on connectors, and incorrect or missing control signals Los problemas más comunes fueron: no asignarle los pines estándar de los circuitos en los conectores y las señales de control; el desacato de algunas normas de seguridad, The lack of adherence to the standards produced a thriving industry of breakout boxes, patch boxes, test equipment, books, and other aids for the connection of disparate equipmeuna desviación de la norma fue el de hacer las señales con un voltaje reducido a la norma que exige que el transmisor use de +12 V y -12 V.

2.3.6.2 Niveles de Tensión

El RS-232 estándar define los niveles de tensión que corresponden a una lógica y lógica cero, niveles de transmisión de datos y las líneas de control de la señal que son más o menos 3 a 15 voltios, y la gama cerca de cero voltios no es válida para RS-232. La norma especifica un máximo de tensión en circuito abierto de 25 voltios: la señal de los niveles de ± 5 V, ± 10 V, ± 12 V, y ± 15 V son comúnmente vistos en función de las fuentes de alimentación. EIRS-232 drivers and receivers must be able to withstand indefinite short circuit to ground or to any voltage level up to ± 25 volts. RS-232 de los conductores y los receptores deben ser capaces de soportar un cortocircuito a tierra, por tiempo indefinido a cualquier nivel de tensión de hasta ± 25 voltios. The slew rate , or how fast the signal changes between levels, is also controlled. La velocidad de subida, o la rapidez de los cambios de la señal entre los niveles, también deben estar controladas.

2.3.7 Comunicación Serial

La forma más común de comunicación entre dispositivos electrónicos es la Comunicación Serial, Communicating serially involves sending a series of digital pulses back and forth between devices at a mutually agreed-upon rate.que se incluye de manera estándar en prácticamente cualquier computadora.

La comunicación serial consiste en el envío de una serie de impulsos digitales de ida y vuelta entre dispositivos. The sender sends pulses representing the data to be sent at the agreed-upon data rate , and the receiver listens for pulses at that same rate.El remitente envía pulsos que representan los datos que se enviarán a la velocidad de datos acordada, y el

receptor escucha los pulsos en ese mismo ritmo This is what's known as asynchronous serial communication ..

Uno de los defectos de los puertos serie iniciales era su lentitud en comparación con los puertos paralelos, sin embargo, con el paso del tiempo, están apareciendo multitud de puertos serie con una alta velocidad que los hace muy interesantes ya que tienen la ventaja de un menor cableado y solucionan el problema de la velocidad, además son más baratos ya que usan la técnica del par trenzado. Por ejemplo, la especificación IEEE 488 para la comunicación en paralelo determina que el largo del cable para el equipo no puede ser mayor a 20 metros, con no más de 2 metros entre cualquiera de dos dispositivos; por el otro lado, utilizando comunicación serial el largo del cable puede llegar a los 1200 metros.

2.3.8 Red Ethernet

Ethernet es un estándar de redes de computadoras de área local con acceso al medio por CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection, en español "Acceso Múltiple por Detección de Portadora con Detección de Colisiones"). El nombre viene del concepto físico de ether. Ethernet define las características de cableado y señalización de nivel físico y los formatos de tramas de datos del nivel de enlace de datos del modelo OSI (International Standards Organization). Ethernet es la capa física más popular de la tecnología LAN (Redes Locales) usada actualmente.

La Ethernet se tomó como base para la redacción del estándar internacional IEEE 802.3. Usualmente se toman Ethernet e IEEE 802.3 como sinónimos. Ambas se diferencian en uno de los campos de la trama de datos. Las tramas Ethernet e IEEE 802.3 pueden coexistir en la misma red.

2.3.8.1 Elementos de una Red Ethernet

La traducción de las normas y tecnologías que hemos descrito anteriormente se convierten en productos específicos que los administradores de las redes usan para construirlas. Los elementos que constituyen la capa física de Ethernet son de dos tipos:

Activos (transceptores, repetidores y repetidores multipuertos): Generan y/o modifican señales.

Pasivos (cables, conectores y paneles): Estos simplemente transmiten.

2.3.8.2 Principio de Transmisión

Todos los equipos de una red Ethernet están conectados a la misma línea de transmisión y la comunicación, y se lleva a cabo por medio de la utilización del protocolo CSMA/CD. Con este protocolo cualquier equipo está autorizado a transmitir a través de la línea en cualquier momento y sin ninguna prioridad entre ellos. Esta comunicación se realiza de manera simple:

Cada equipo verifica que no haya ninguna comunicación en la línea antes de transmitir.

Si dos equipos transmiten simultáneamente, entonces se produce una colisión (es decir, varias tramas de datos se ubican en la línea al mismo tiempo).

Los dos equipos interrumpen su comunicación y esperan un período de tiempo aleatorio, luego una vez que el primero ha excedido el período de tiempo, puede volver a transmitir.

Este principio se basa en varias limitaciones:

Los paquetes de datos deben tener un tamaño máximo.

Debe existir un tiempo de espera entre dos transmisiones.

2.3.9 ControlNet

ControlNet es un protocolo de red abierto para aplicaciones automáticas de industrias, también es conocido como bus de campo.

ControlNet proporciona ancho de banda para E/S, enclavamiento en tiempo real, mensajes entre dispositivos similares y programación en el mismo vínculo. Su naturaleza determinista ayuda a asegurar el envío de los datos. Su rendimiento repetible no cambia cuando se añaden o eliminan dispositivos de la red. La red ControlNet está diseñada para aumentar la productividad durante la transmisión de información de aplicaciones con tiempos críticos, proporcionando la automatización del proceso y de la fabricación.

Este tipo de red proporciona control y servicios de mensajes en tiempo real para comunicación entre dispositivos similares. ControlNet proporciona el vínculo entre el controlador y los dispositivos de E/S, los variadores, las interfaces de operador, los PC, etc., y también combina las capacidades de redes.

2.3.9.1 Capa Física

ControlNet define una única capa física basada en cable coaxial RG-6 con conectores BNC (Bayonet Neill-Concelman, conocido en español por Cierre en Bayoneta). Las características que distinguen a ControlNet de otros buses de campo incluyen el soporte incorporado para cables totalmente redundantes y el hecho de que toda comunicación en ControlNet es estrictamente planificada y altamente determinista.

La capa física está basada en un código Manchester a 5 mbps. La capa de aplicación de ControlNet está basada en la capa CIP (Protocolo Industrial Común) que también se utiliza en DeviceNet y EtherNet/IP (Rivera, 2006).

En la figura 2.4 se muestra más detalladamente la capa del Protocolo Industrial Común, con las tres capas descritas anteriormente.

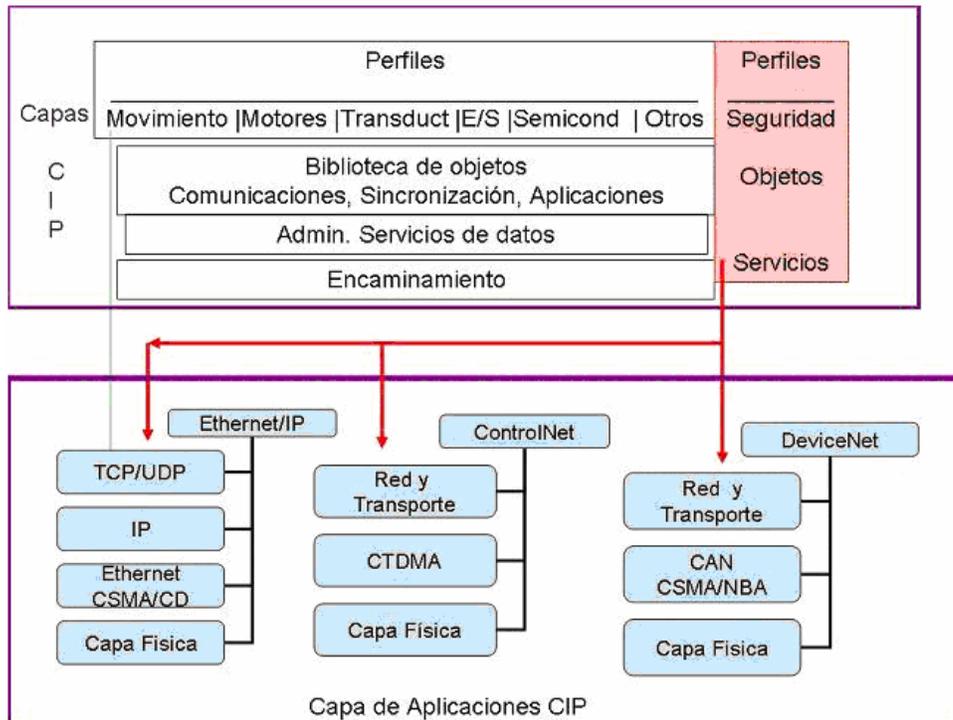


Figura 2.4. Capa CIP. Fuente: Rivera, 2006

2.3.10 Modbus

Modbus es un protocolo de comunicaciones desarrollado por Modicon (ahora Schneider Automation) y fue inicialmente para su uso con sus propios controladores de lógica programable PLC.

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).

2.3.10.1 Medio Físico

El medio físico de conexión puede ser un bus semidúplex (half duplex) (RS-485 o fibra óptica) o dúplex (full duplex) (RS-422, BC 0-20mA ó fibra óptica). La comunicación es asíncrona y las velocidades de transmisión previstas van desde los 75 baudios a 19.200 baudios. La máxima distancia entre estaciones depende del nivel físico, pudiendo alcanzar hasta 1200 m sin repetidores.

CAPÍTULO 3: CRITERIOS DE DISEÑO PARA LA PLANTA DEMINERALIZADORA DE AGUA

3.1 GENERALIDADES

En este capítulo, se analiza el funcionamiento del sistema para la desmineralización de agua en la planta de MTBE, con el propósito de identificar las variables que se van a supervisar, desarrollar la arquitectura de control y configurar el hardware del PLC, es decir, marca el inicio de las actividades orientadas al alcance del objetivo general del proyecto a presentar.

3.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA GENERAL PARA LA PRODUCCIÓN

En el proceso de tratamiento de Agua se describen las cantidades y características de todo el consumo de la planta, para la alimentación de calderas y otros consumos que requieren gran pureza del agua.

El proceso de Producción es el intercambio iónico (Cationes y Aniones) debido a la mezcla de algunas sustancias químicas. El sistema de producción de agua desmineralizada, comienza con la extracción de agua cruda proveniente de PEQUIVEN, y está conformado por dos líneas idénticas (770A y 770B) y por una serie de filtros y lechos de intercambio iónicos, interconectados entre sí. Estos filtros y lechos son los siguientes:

770-V-10A Filtro de Carbón Activado "A"

770-V-10B Filtro de Carbón Activado "B"

770-V-11A Lecho de Resina Catiónica “A”
 770-V-11B Lecho de Resina Catiónica “B”
 770-V-12A Lecho de Resina Aniónica “A”
 770-V-12B Lecho de Resina Aniónica “B”
 770-V-15A Lecho de Resina Mixta “A”
 770-V-15B Lecho de Resina Mixta “B”
 770-V-13 Tanque Desgasificador

En la figura 3.1, se muestra como se encuentran ubicados los lechos en la planta de Agua Desmineralizada en la Unidad 770 (SOCA).

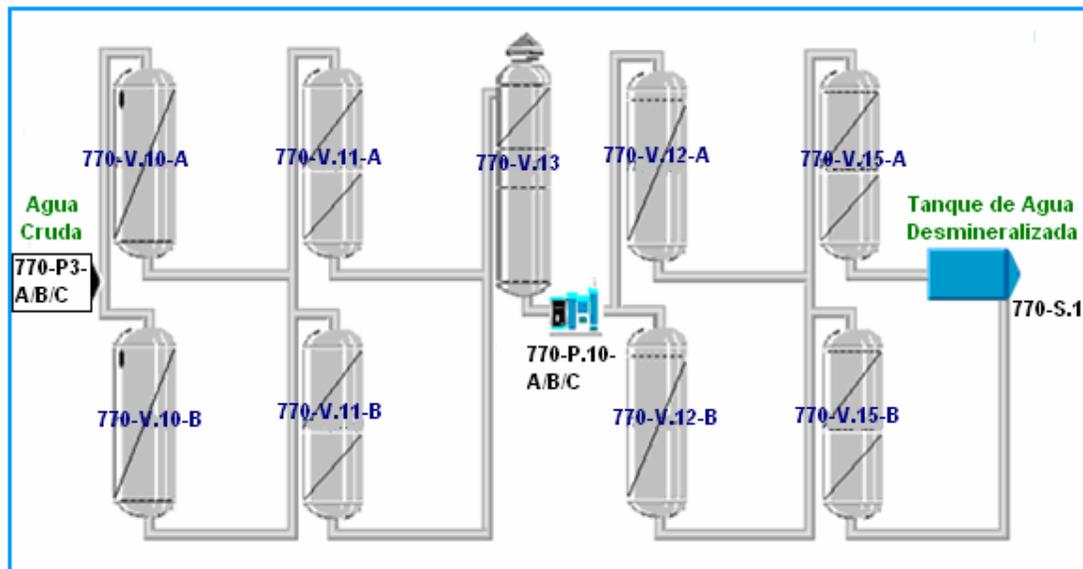


Figura 3.1. Distribución de Lechos (SOCA). Fuente: Filosofía de Operación Planta Desmineralizadora Unidad 770

Para éste sistema, se debe tener una línea trabajando, es decir, en producción y la otra línea libre ó en regeneración. Y posee una duración de 20 horas aproximadamente. La ubicación de los lechos descritos

anteriormente se pueden apreciar gráficamente en la sección de los anexos (Ver Anexo A-1).

A continuación se describirá el proceso de producción para toda la planta, para hacerlo más fácil, se tratará sólo una línea (línea "A"):

Se inicia alimentando el Filtro de Carbón 770-V-10A de agua cruda a través del flujo 77-FI-300A por medio de la válvula de entrada. Se coloca carbón por la eficiencia de este componente y por su bajo costo comparado con otros, las partículas de carbón se mueven hacia arriba y hacia abajo, restregándose entre sí y logrando de esta manera una mejor limpieza de la superficie. También se le inyecta otras sustancias como Cloro (Cl) para eliminar las sales que posea el agua.

Estando el agua en el Filtro de Carbón, pasa al Lecho de Cation 770-V-11A a través del sensor de flujo métrico 77-FQS-301A y por la válvula de entrada 77-XV-300A. El flujo atraviesa una cama de resina catiónica que atrae los minerales metálicos de carga positiva, y realiza un intercambio iónico con sustancias como Sodio (Na), Potasio (K), Magnesio (Mg) y Calcio (Ca). Después el agua va hacia la válvula de salida 77-XV-308A, para entrar a la Torre Desgasificadora 770-V-13.

La válvula 77-LV-300 establece la ruta del flujo para la desgasificación en función del sensor de nivel bajo (77-LSL-301). El agua descationada entra al desgasificador 770-V-13 a través del sistema de tubos, y aquí dos sopladores 770-K.10A/B inyectan aire para expulsar todos los gases que contenga las moléculas de agua, para luego ir a la bomba intermedia 770-P-10A.

Esta bomba envía el agua desgasificada al Filtro de Anión 770-V-12A, aquí el agua entra por la válvula 77-XV-309A. El flujo de agua atraviesa una cama de resina aniónica para atraer los minerales no metálicos de carga negativa y trata de realizar un intercambio iónico con las moléculas de Cloruro (CaCO_3), Nitrato (HNO_3), Sulfato (Na_2SO_4) entre otras, mediante la supervisión del sensor de conductividad (77-ASH-300A). Luego esta agua desionizada sale por la válvula 77-XV-317A.

Ya en el Lecho Mixto 770-V-15A pasa a través del indicador de flujo 77-FQS-303A y conductividad 77-ASH-301A. En este tanque se trata los dos tipos de resinas (Cationes y Aniones) para manipular las impurezas que no se eliminaron en los primeros lechos.

El agua pulida o desmineralizada del Lecho Mixto pasa a la válvula de salida 77-XV-330A, y es enviada al tanque almacenador 770-S-1. La producción finaliza cuando el flujo y la conductividad de cada tanque llega al mismo nivel que el set point que se encuentra en el DCS.

3.3 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA GENERAL PARA LA REGENERACIÓN

Se entiende por Regeneración como el mantenimiento que se realiza al lecho después de la producción, y mejora las condiciones químicas de las resinas. Los lechos poseen cualidades muy similares a la hora de realizar el proceso de regeneración, y por esta razón poseen características parecidas como: los mismos pasos para regenerar, el factor tiempo, permisivos para pasar a otra etapa, instrumentos (válvulas, bombas, sopladores, etc.), entre otras.

En la tabla 3.1, se muestran las posibles regeneraciones que se pueden realizar.

Tabla 3.1. Combinaciones Lógicas para la Regeneración.

N-	Catiónico	Aniónico	Mixto	Descripción
1	A	-----	A	Regeneración Catiónico A - Mixto A
2	B	-----	B	Regeneración Catiónico B - Mixto B
3	-----	A	A	Regeneración Aniónico A - Mixto A
4	-----	B	B	Regeneración Aniónico B - Mixto B

Fuente: Filosofía de Operación Planta Desmineralizadora Unidad 770

Las regeneraciones se pueden realizar con dos tipos de agua, estas son:

Agua Desmineralizada (770-S.1): extraída del tanque para realizar las regeneraciones de forma más eficiente, con agua limpia y libre de contaminantes.

Agua Normal: se reutiliza el agua expulsada por lechos cuando alguno se encuentra en el proceso de producción.

Dependiendo del tipo de agua se abrirán las válvulas para cada lecho, sólo en el paso de Retrolavado Total. En la tabla 3.2 se muestran las válvulas que se deben de abrir para dicha etapa.

Tabla 3.2. Válvulas Habilitadas según Tipo de Agua.

Lecho	Agua DEMI	Agua Normal
Catión A/B	77-XV-307 A/B	77-XV-306 A/B
Anión A/B	77-XV-316A/B	77-XV-317A/B
Mixto A/B	77-XV-324A/B	77-XV-325A/B

Fuente: Filosofía de Operación Planta Desmineralizadora Unidad 770

Las regeneraciones de los lechos se realizan a través de dos sistemas de dosificación: Dosificación de Ácido Sulfúrico (H_2SO_4) y Soda Caústica ($NaOH$).

3.3.1 Sistema de Dosificación del Ácido Sulfúrico (H_2SO_4)

El sistema contiene tres bombas de dosificación 770-P-13A/B/C, dos (A y B) conectadas solamente al Filtro de Catión, mientras la tercera bomba (C) está solamente conectada con el Lecho Mixto.

La regeneración para los Filtros de Catión es realizada en dos pasos, el primer paso es la regeneración con el ácido sulfúrico al 2% y el segundo paso con una concentración al 4% de la capacidad del tanque. Y en la regeneración de los Lecho Mixto al 1%. Dicho ácido proviene del tanque 770-V-16 (Tanque de Ácido Sulfúrico)

Con el ácido sulfúrico al 98% en el tanque 770-V-16 se diluye con agua desmineralizada proveniente de las bombas 770-P-12 A/B (Tanque Agua Desmineralizada 770-S.1) para bajar el porcentaje de concentración antes de la inyección del ácido (Ver Anexo A-2).

3.3.2 Sistema de Dosificación de Soda Caústica (NaOH)

Este sistema posee dos bombas de dosificación 770-P-14A/B, la primera (A) es usada para la regeneración de los Filtros de Anión, la segunda (B) es usada para la regeneración del Lecho Mixto.

La soda Caústica al 46% proviene de la sección 770-V-17 (Tanque de NaOH) es succionada por las bombas 770-P-14A/B/C para luego ser diluida con agua desmineralizada proveniente de las bombas de regeneración 770-P-12A/B. Gracias a dicho proceso la concentración de los iones decrece de un 46% a un 4%.

Teniendo una buena eficiencia en el proceso anterior, se lleva a cabo la eliminación del SiO₂ (dióxido de silicio ó sílice) calentando la sustancia a una temperatura alrededor de los 45 °C. Para este propósito se utiliza un Intercambiador de Calor, y así es posible buscar una deseada temperatura a la solución Caústica, para la regeneración (Ver Anexo A-2).

En la figura 3.2, se muestra el diagrama de la Regeneración del Lecho de Resina Catiónica (770-V-11A/B). Dicha regeneración posee una duración de 2 horas y 45 minutos aproximadamente.

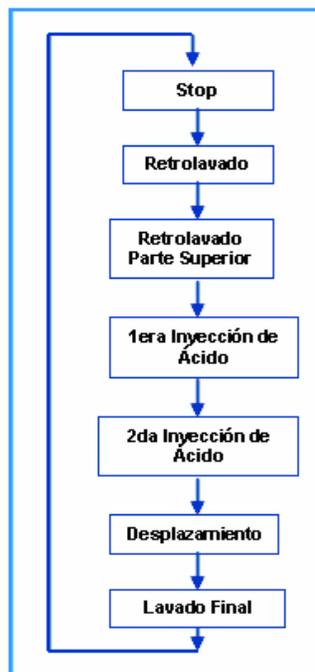


Figura 3.2. Diagrama de Regeneración Catiónica. Fuente: Filosofía de Operación Planta Desmineralizadora Unidad 770

En la figura 3.3, se muestra el diagrama de la Regeneración del Lecho de Resina Aniónica (770-V-12A/B). Esta regeneración posee una duración de 2 horas aproximadamente.

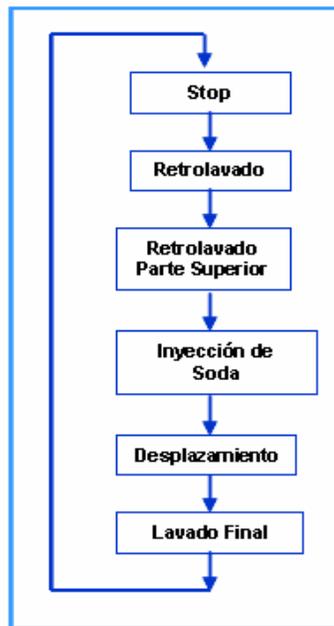


Figura 3.3. Diagrama de Regeneración Aniónico. Fuente: Filosofía de Operación Planta Desmineralizadora Unidad 770

Se entiende por Retrolavado, como el flujo del agua en sentido inverso del filtrado; subiendo, agitando y friccionando la resina, para desprender la suciedad acumulada en el tanque. El Retrolavado Parte Superior posee el mismo objetivo, pero se realiza desde la mitad del tanque hacia arriba ya que algunas partículas que se desea eliminar son más densas que otras y éstas se depositan en la superficie.

Para desplazar el Ácido o la Soda dependiendo el lecho, se inyecta agua desmineralizada para remover los sobrantes. Luego esta agua es enviada a la Fosa de Neutralización, por la válvula de salida de enjuague del lecho para retirar todo exceso (Lavado Final).

Como en el Lecho Mixto manipulan los dos tipos de resina, la resina aniónica es más ligera que la resina catiónica, se eleva hasta arriba del todo, mientras

que la resina catiónica cae hacia abajo del todo. Por esta razón son mezcladas por agitación con aire comprimido (Mezcla de Aire), de forma que todo el lecho puede considerarse como un número infinito de intercambiadores aniónicos y catiónicos en serie.

Cualquier exceso en la regeneración del Lecho Mixto es eliminado mediante el lavado final. En la figura 3.4, se muestra el diagrama de la Regeneración del Lecho Mixto (770-V-15A/B). Esta regeneración tiene una duración de 3 horas aproximadamente.

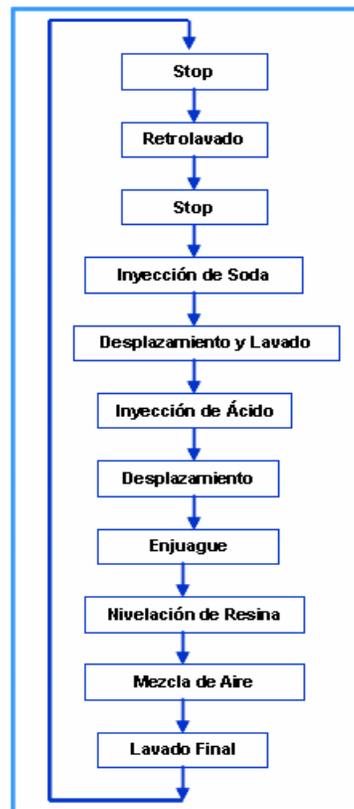


Figura 3.4. Diagrama de Regeneración Lecho Mixto. Fuente: Filosofía de Operación Planta Desmineralizadora Unidad 770

Para observar detalladamente los pasos de las Regeneraciones de los lechos explicados anteriormente y los equipos que intervienen, se pueden apreciar gráficamente una matriz Causa/Efecto en la sección de los anexos (Ver Anexo A-3).

3.4 SISTEMA DE NEUTRALIZACIÓN

Como parte del sistema de producción de agua desmineralizada la planta también cuenta con un sistema de neutralización, que ayuda a controlar el pH de las aguas que se produce en la regeneración.

Los residuos son enviados a la Fosa de Neutralización (77-S.10) gracias a las bombas 770-P-11A/B, para luego los sopladores de aire 770-K-11A/B comiencen a mezclar los ácidos y alcalinos.

Durante la recirculación, el pH es chequeado por el sensor 77-AIT-303 y en función de éste, el ácido sulfúrico ó la soda Caústica es añadido, para lograr el cambio en el caudal de neutralización del alcantarillado cuando la válvula 77-XV-339 es abierta y es enviada al mar.

El sensor del pH es conectado con el actuador de esta válvula:

Válvula de Inyección de Soda Caústica 77-XV-338A

Válvula de Inyección de Ácido Sulfúrico 77-XV-338B

Y en función de la válvula de pH el sensor comanda las operaciones de abierto o el cerrado de estas válvulas.

En conclusión, este proceso es el encargado de recoger las aguas empleadas en las regeneraciones, mezclarlas, neutralizarlas y disponerlas bajo control del pH.

La ubicación de los tanques químicos, la fosa de neutralización y los instrumentos que los conforman se pueden apreciar gráficamente en la sección de los anexos (Ver Anexo A-2).

3.5 CAPACIDAD DE LA PLANTA

La planta produce continuamente 65 m³/hr de agua desmineralizada en cada proceso; es decir, en producción y el otro en regeneración; y los dos procesos pueden producir al mismo tiempo 130 m³/hr.

3.6 CARACTERÍSTICAS DEL AGUA DESMINERALIZADA

Las características de agua pulida cuando se termina el proceso deben ser:

Tabla 3.3. Características Agua Desmineralizada. Fuente: Filosofía de Operación Planta Desmineralizadora Unidad 770

Características del Agua DEMI	Máxima Concentración
Conductividad	menos de 0.2 uS/cm
Silicio (SiO ₂)	menos de 0.02 ppm
pH	7 ± 0.5

3.7 CARACTERÍSTICAS Y CONDICIONES DEL AGUA CRUDA EN LÍMITES DE BACTERIA

Las siguientes características de agua cruda o agua de la calle se muestran en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4. Características Agua Cruda. Fuente: Filosofía de Operación Planta Desmineralizadora Unidad 770

Características del Agua Cruda	Máxima Concentración
Caudal Disponible	200 m ³ /hr
Presión (normal/diseño)	5/6 kg/cm ² g
Rango de Temperatura	15÷37 °C
Temperatura de Diseño	60 °C
pH	8
Cloruros (CaCO ₃)	6 ppm
Dureza Total (CaCO ₃)	144 ppm
Sulfato (Na ₂ SO ₄)	22 ppm
Alcalino Total Sulfato de Calcio (CaCO ₃)	138 ppm
Dióxido de Carbón Libres (CO ₂)	3 ppm
Nitrato (HNO ₃)	1 ppm
Silica (SiO ₂)	10 ppm

Hierro (Fe)	0.15/0.05 ppm
Calcio (Ca)	128 ppm
Magnesio (Mg)	17 ppm
Conductividad (25°C)	329 micro Siemens/cm
Sodio (Na) y Potasio (K)	22 micro Siemens/cm

3.8 SISTEMA DE CONTROL DISTRIBUIDO (DCS)

Las acciones de monitoreo, indicación y control de la planta Súper Octanos, se llevan a cabo por medio del sistema (DCS) Honeywell TDC-3000, sistema distribuido a gran escala.

Este sistema distribuido realiza las siguientes funciones: Operación y monitoreo, Supervisión de controladores, Control de secuencias, entre otras señales visto en la pantalla de visualización.

La composición de cada sala de control individual depende de las necesidades del usuario. Se compone de lo que se llama Unidades Óptimas Sustituibles (ORU). En la planta de Súper Octanos posee una disposición típica, y se muestra en la Figura 3.5.

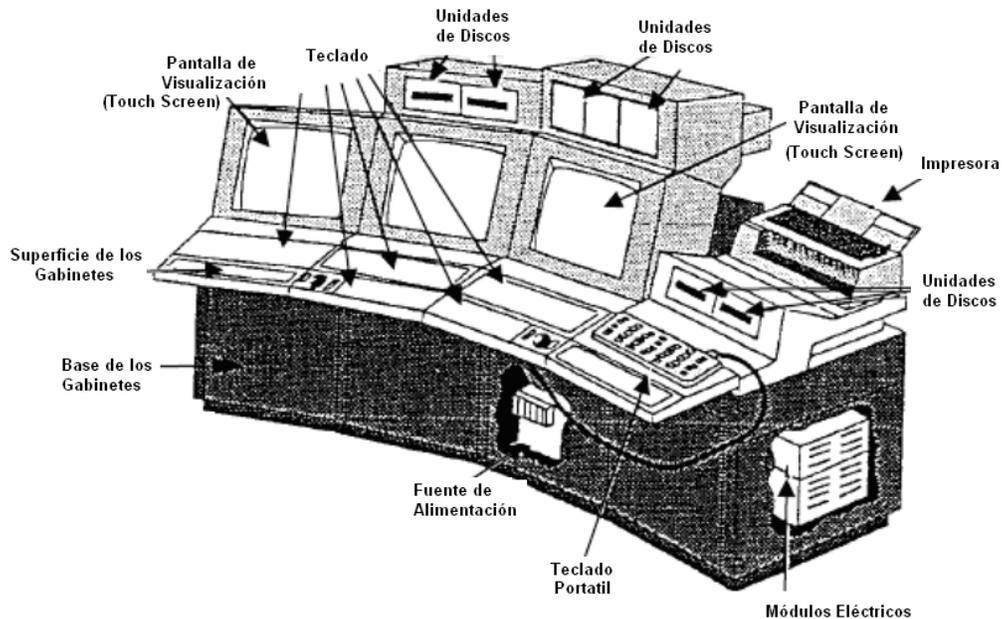


Figura 3.5. Unidades Óptimas Sustituibles (ORU). Fuente: Filosofía de Operación Planta Desmineralizadora Unidad 770

A continuación se describen algunos de los componentes que conforman el ORU:

Pantalla de visualización y teclado: Estos también llamados Estación Universal.

Impresoras.

- El historiador (Módulo de Historia): Contiene un sistema redundante de disco duro que almacena información operativa a fin de que los procesos, fallas, entre otros, se puedan imprimir o se muestran.

Los procesos de Producción y Regeneración no poseen comunicación con el sistema de control distribuido (DCS) de Súper Octanos C.A. (Sistema Honeywell TDC-3000), sólo son enviadas vía hardware algunas alarmas. Se entiende por vía hardware a todas las partes físicas y tangibles[]de una computadora, con sus componentes eléctricos, electrónicos, electromecánicos y mecánicos; cables, gabinetes ó cajas, periféricos de todo tipo y cualquier otro elemento físico involucrado.

Los operadores de la planta deben controlar los equipos manualmente, es decir, deben estar al tanto de todo lo que ocurre en el sistema para poder pasar de un proceso a otro, desenergizando equipos como: switches de control para apertura y cierre de válvulas, encendido y apagado de bombas y sopladores, monitorear señales de nivel, presión, flujo y conductividad, visualizar status de válvulas, sopladores y bombas, entre otros factores, para llevar a cabo los procesos. Las alarmas que se envían de campo hacia Sala de Control (DCS) se observan en la tabla 3.5.

Tabla 3.5. Alarmas del DCS (SOCA). Fuente: Filosofía de Operación
Planta Desmineralizadora Unidad 770

Alarmas del DCS	Máxima Unidad
Set Point de Flujo: - 77-FQS-301A/B - 770-FQS-303A/B	18000 tm 30000 tm
Set Point Conductividad : - 77-ASH-300A/B - 77-ASH-301A/B	18 micro Siemens/cm 13 micro Siemens/cm
Switches de pH en Fosa Neutralizadora 77-AIT-303	0 - 7
Switches de Nivel en Fosa Neutralizadora 77-LSL-306 (Nivel Bajo) 77-LSH-306 (Nivel Alto)	0 - 410 m ³ /hr
Switches de Nivel Bajo en Torre Desgasificadora 77-LSL-301	0 - 105 m ³ /hr

3.9 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES A CONTROLAR POR EL NUEVO SISTEMA

Una vez descritos los procesos que realiza la planta de Agua Desmineralizada, se procede a identificar todas las variables provenientes de campo que van hacer supervisadas por el nuevo PLC. Estas variables son: nivel, flujo, conductividad, status de válvulas, bombas y sopladores. Se

presentan en la tabla 3.6 las variables que el PLC debe monitorear y controlar desde sala de control.

Tabla 3.6. Variables supervisadas por el Nuevo Sistema.

Descripción	Variables
Válvulas de Lechos	<ul style="list-style-type: none"> - Lecho Catiónico A/B: 770-XV-301; 770-XV-302; 770-XV-303; 770-XV-304; 770-XV-305; 770-XV-306; 770-XV-307; 770-XV-308. - Lecho Aniónico A/B: 770-XV-309; 770-XV-310; 770-XV-311; 770-XV-312; 770-XV-313; 770-XV-314; 770-XV-315; 770-XV-316; 770-XV-317; - Lecho Mixto A/B: 770-XV-318; 770-XV-319; 770-XV-320; 770-XV-321; 770-XV-322; 770-XV-323; 770-XV-324; 770-XV-325; 770-XV-326; 770-XV-327; 770-XV-328; 770-XV-329; 770-XV-330.
Válvulas de Tanques Químicos	<ul style="list-style-type: none"> - 770-XV-333 770-XV-334 - 770-XV-335 - 770-XV-336 - 770-XV-337
Válvulas Fosa Neutralizadora	770-XV-338A/B
Status de Sopladores	<ul style="list-style-type: none"> - 770-K.10-A/B - 770-K.11-A

Status de Bombas	- 770-P.10-A/B/C - 770-P.12-A/B - 770-P.13-A/B/C - 770-P.14-A/B
Switches de Nivel Bajo en Torre Desgasificadora	77-LSL-301
Switches de Conductividad	- 77-ASH-300A/B - 77-ASH-301A/B
Switches de Nivel en Fosa Neutralizadora	- 77-LSL-306 - 77-LSH-306
Switches de Flujo	- 77-FQS-301A/B - 770-FQS-303A/B

3.10 CRITERIOS DE DISEÑO DEL NUEVO SISTEMA

El nuevo diseño de control y supervisión debe suplir el actual y obsoleto sistema. El desarrollo de este sistema se debe realizar bajo la Plataforma Logix de Allen Bradley para mantener una uniformidad con los equipos adquiridos por la empresa, proporcionando una arquitectura de control de última generación, considerado capaz de ejecutar la lógica necesaria para el control de la planta.

Se requiere que los nuevos equipos posean facilidades de comunicación vía MODBUS RTU y ETHERNET para integrarse a la red existente en la planta de MTBE, proporcionando una alta velocidad simultanea para E/S y facilidades de conexión.

El sistema debe garantizar espacio en los módulos I/O y CPU para futuras expansiones del sistema. La fuente de alimentación debe tener una capacidad mayor de por lo menos el 33% de la requerida actualmente para garantizar futuro crecimiento.

El sistema debe incluir una interfaz hombre – máquina (HMI), es decir una pantalla para visualizar el proceso en el DCS. Los despliegues o pantallas de la interfaz contendrán las siguientes especificaciones:

Incluir despliegues de alarmas para: cambios de operación, históricos de alarmas, paros de secuencia, entre otros.

Velocidad de repuesta para el refrescamiento de valores no mayor a 1 seg.

Contener pantallas con los estados de las válvulas, bombas, sopladores y PLC.

Monitorear las variables de flujo, conductividad y nivel de los lechos. Además incluir alarmas cuando estas excedan los límites requeridos por el proceso.

Se debe permitir por medio de los despliegues la manipulación manual del sistema (Mantenimiento).

El ingreso de datos por ejemplo: modificación de tiempos. Con claves de acceso de acuerdo a una jerarquía de acceso al sistema. Respaldándose todas las modificaciones en históricos de alarmas.

Debe ser en idioma español, y con letra de un tamaño considerable para la visualización.

Amigable y de fácil manipulación para el desplazamiento de pantallas entre otras actividades.

Gráficos a color del sistema para animar pantalla.

Se debe garantizar un circuito de seguridad interna y de protección contra fallas de manera tal que un desperfecto de un equipo o subsistema, no cause una interrupción o caída de toda la secuencia de salida. Sólo en caso de que el sistema amerite por razones de seguridad detenerse.

Se debe realizar una nueva filosofía de operación y así cumplir con las exigencias de la planta. Los lechos intercambiadores de iones tendrán la capacidad de realizar los procesos de forma autónoma.

Los softwares a utilizar deben ser de la Plataforma CompactLogix, cuya licencia suministrada por la empresa Domótica de Venezuela C.A., va permitir realizar la programación del PLC en el software RSLogix 5000 v.16 empleando el lenguaje escalera y grafcet, y para la programación del HMI en el software FactoryTalk Studio (ME) v.5.0. El programa del PLC debe contener: direccionamiento del hardware de los módulos I/O, desarrollo de la base de datos interna del sistema, entre otras rutinas.

EL nuevo sistema de control debe cumplir con las siguientes normas de diseño:

IEC 61511 e ISA 84.00.01. Aplica para el desarrollo del software como medio de verificación de cada paso del sistema.

Normas PDVSA

PDVSA K-360. Aplica Control Lógico Programable.

PDVSA K-343. Aplica para el diseño de las alarmas del sistema.

PDVSA K-362. Aplica para el control de las redes.

3.10.1 Filosofía de Operación del Nuevo Sistema

El PLC de control es el encargado de realizar toda la lógica que controla la planta de agua desmineralizada. El mismo debe contar con una interfaz hombre - máquina que sirva de medio de comunicación entre el operador y el sistema. A través de esta interfaz se muestran los lechos de intercambio iónico, estos pueden tener diferentes estados según sea su condición de operación, dependiendo su condición el lecho cambiará de color, estos estados y colores se observan en la tabla 3.7.

Tabla 3.7.Estados de los Lechos.

Estado	Indicación
Lecho en PRODUCCIÓN	PRODUCCIÓN (VERDE)
Lecho en ESPERA PARA PRODUCIR	ESPERA DE PRODUCCIÓN (AMARILLO)
Lecho ESPERA PARA REGENERACIÓN	ESPERA DE REGENERACIÓN (AZUL)
Lecho en STOP	STOP (ROJO)

Lecho en REGENERACIÓN	REGENERACIÓN (NARANJA)
Lecho en MANTENIMIENTO	MANTENIMIENTO (GRIS)

El nuevo estado de “Mantenimiento” indica que el lecho se encuentra en parada y bajo las acciones de apertura o cierre de las válvulas desde el HMI, esto para verificar si todas las válvulas no poseen ningún problema. Un lecho puede entrar en mantenimiento sólo si está en “Espera para Producir”.

En el nuevo sistema el estado “Stop” se presenta cuando el lecho está fuera de servicio por alguna condición anormal de operación, bien sea durante la regeneración o durante la producción. Si la condición de stop se origina durante la regeneración, una vez corregida la condición, el lecho deberá continuar con la regeneración, y en caso que la condición de stop haya sido generada durante el lecho de producción, el lecho pasará al estado de “Espera de Producción”.

3.10.1.1 Proceso de Producción

En la actualidad sólo se pueden realizar la producción por tren, es decir un tren debe estar en producción y el otro en regeneración o en parada, por esta razón se implementa en el nuevo sistema las siguientes combinaciones lógicas para la producción mostradas en la tabla 3.8.

Tabla 3.8. Combinaciones Lógicas para Producción Nuevo Sistema

Opciones de operación de los filtros											
	Catiónico	Aniónico	Mixto		Catiónico	Aniónico	Mixto		Catiónico	Aniónico	Mixto
1	A	A	A	10	A	B	A y B	19	A y B	A y B	B
2	A	A	B	11	B	A	A	20	A	A y B	A
3	A	A	A y B	12	B	A	B	21	A	A y B	B
4	B	B	B	13	B	A	A y B	22	B	A y B	A
5	B	B	A	14	A	A y B	A y B	23	B	A y B	B
6	B	B	A y B	15	B	A y B	A y B	24	A y B	A	A
7	A y B	A y B	A y B	16	A y B	A	A y B	25	A y B	A	B
8	A	B	A	17	A y B	B	A y B	26	A y B	B	A
9	A	B	B	18	A y B	A y B	A	27	A y B	B	B

Se implementa un estado transitorio “Espera de Producción”, el cual se origina una vez que el lecho ha sido regenerado y se quiera realizar la producción. Este estado no posee tiempo para poder pasar al otro proceso, es decir, sólo el operador puede cambiar el estado del lecho cuando lo desee y cuando las condiciones químicas del agua estén dadas.

Los parámetros que va a decidir el agotamiento de los lechos, es decir la salida del proceso de producción, van hacer directamente de la

combinación de lechos en producción tal como se pueden ver en la tabla 3.9, a través de los sensores de flujo y conductividad.

El operador puede presionar un bypass para alguna de las condiciones de agotamiento, el mismo debe ser reportado en el panel de alarma, y así seguir con el proceso de producción.

Tabla 3.9. Parámetros de Agotamiento

Combinación de Lechos	Parámetros de Agotamiento	Descripción
770-V-11A y 770-V-12A	77-FQS-301A y 77-ASH-300A	Total de flujo que ingresa al lecho catiónico A Alarma por alta conductividad del lecho aniónico A
770-V11B y 770-V-12B	77-FQS-301B y 77-ASH-300B	Total de flujo que ingresa al lecho catiónico B Alarma por alta conductividad del lecho aniónico B
770-V11A y 770-V-12B	77-FQS-301A y 77-ASH-300B	Total de flujo que ingresa al lecho catiónico A Alarma por alta conductividad del lecho aniónico B
770-V11B y 770-V-12A	77-FQS-301B y 77-ASH-300A	Total de flujo que ingresa al lecho catiónico B Alarma por alta conductividad del lecho aniónico A
770-V-15A	77-ASH-301 y	Alarma por alta conductividad del lecho mixto A

	77-FQS-303A	Total de flujo que ingresa al lecho Mixto A
770-V-15B	77-ASH-301B y 77FQ303B	Alarma por alta conductividad del lecho mixto A Total de flujo que ingresa al lecho catiónico B

3.10.1.2 Proceso de Regeneración

Al igual que la producción, para la regeneración de los lechos se puede realizar por trenes (A ó B), el nuevo sistema tiene las siguientes posibilidades de combinaciones de regeneración como se observa en la tabla 3.10.

Tabla 3.10. Combinaciones Lógicas para Regenerar Nuevo Sistema

	Catiónico	Aniónico	Mixto	Descripción
1	A	A	-----	Regeneración Mixta Catiónico A y Aniónico A
2	B	B	-----	Regeneración Mixta Catiónico B y Aniónico B
3	A	B	-----	Regeneración Mixta Catiónico A y Aniónico A
4	B	A	-----	Regeneración Mixta Catiónico B y Aniónico A
5	A	-----	-----	Regeneración única Catiónico A
6	B	-----	-----	Regeneración única Catiónico B
7	-----	A	-----	Regeneración única Aniónico A
8	-----	B	-----	Regeneración única Aniónico B
9	-----	-----	A	Regeneración única Mixto A
10	-----	-----	B	Regeneración única Mixto B

También se realiza el estado transitorio “Espera de Regeneración”, es un estado temporal en el cual el lecho queda bloqueado hasta que el operador inicie la regeneración. Éste se origina una vez que el lecho ha finalizado su ciclo de producción. La función básica de este paso es indicarle al operador que debe ejecutar la regeneración del lecho sin límites de tiempo.

3.11 ARQUITECTURA GENERAL DEL PROYECTO

La arquitectura de control propuesta se encuentra conformada por dos bancos, compuesto por un controlador, nueve módulos de entradas discretas, diez módulos de salidas discretas, un módulo de entradas analógicas (100% disponible para futuras ampliaciones), y dos fuentes. Esta arquitectura está basada en el diseño de una red Ethernet para comunicar el PLC con el PanelView Plus1000, y Modbus para comunicar el PLC con el DCS. En la figura 3.6 se muestra la arquitectura del sistema, con todos los elementos, equipos antes mencionados, entre otros.

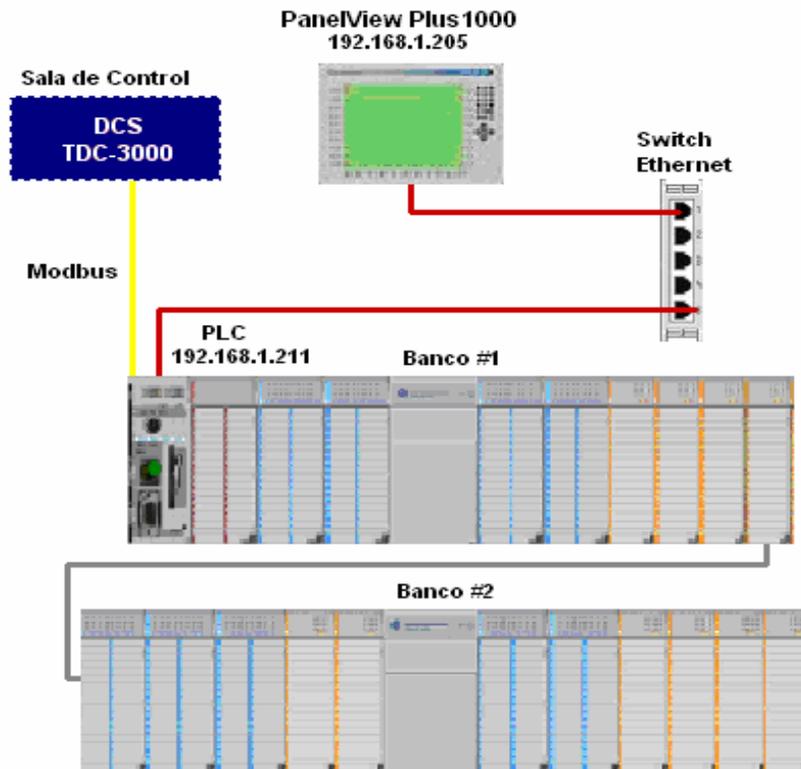


Figura 3.6. Arquitectura de Control.

La arquitectura de control descrita anteriormente, se puede apreciar en la sección de los anexos (Ver Anexo A-4).

3.12 DISTRIBUCIÓN DE MÓDULOS DEL PLC COMPACTLOGIX

En la figura 3.7 se observa la distribución del PLC CompactLogix con respecto a la posición de slot que ocupan los módulos en panel.

Banco

#1

SLOT	SLOT	SLOT	SLOT		SLOT	SLOT	SLOT	SLOT	SLOT	SLOT
00	01	02	03		04	05	06	07	08	09
1769- L35E	1769- IF8	1769- IQ32	1769- IQ32	1769- PA4	1769- IQ32	1769- IQ32	1769- OW16	1769- OW16	1769- OW16	1769- OW16

Banco

#2

SLOT	SLOT	SLOT	SLOT	SLOT		SLOT	SLOT	SLOT	SLOT	SLOT	SLOT
10	11	12	13	14		15	16	17	18	19	20
1769- IQ32	1769- IQ32	1769- IQ32	1769- OW16	1769- OW16	1769- PA4	1769- IQ32	1769- IQ32	1769- OW16	1769- OW16	1769- OW16	1769- OW16

Figura 3.7. Distribución de los módulos.

Las señales provenientes de campo se han distribuido en los módulos de E/S por lecho, es decir, un módulo contiene todas las señales de un lecho, por esta razón los primeros módulos de E/S poseen dicha distribución con el propósito de facilitar la búsqueda de señales en una futura expansión.

3.13 CARACTERÍSTICAS DEL PLC COMPACTLOGIX

El PLC CompactLogix ofrece toda la potencia y facilidades para aplicaciones que requieren soluciones de control, usando una memoria de hasta 1.5 Mb, con puerto serial, Ethernet/IP o Controlnet, comunicaciones modulares Devicenet y una capacidad de E/S locales de hasta 30 módulos de E/S. La plataforma CompactLogix posee todas las características avanzadas de última generación.

Los componentes del sistema están diseñados para trabajar en conjunto, manteniendo al mínimo los costos de integración y operación, con un acceso transparente e inmediato a toda la información actualizada del sistema. Los objetos de software y hardware simplifican la expansión y el mejoramiento del sistema y el flujo de información en tiempo real. En la figura 3.8 se muestra un PLC CompactLogix de Allen Bradley.



Figura 3.8. PLC CompactLogix.

Fuente: Allen B.

A continuación se describen brevemente cada uno de los módulos que conforman el PLC CompactLogix.

Fuente de Alimentación 1769-PA4: Esta fuente de alimentación suministra el voltaje y la corriente necesarios que requieren todos los módulos que conforman el PLC. Para alimentar esta fuente es necesario un suministro de 120/240 Vac.

En la figura 3.9 se aprecia la fuente de alimentación 1769-PA4 de CompactLogix.



Figura 3.9. Fuente de Alimentación 1769-PA4. }

Fuente: **Allen B.**

El conexionado eléctrico a utilizar se puede observar en la figura 3.10

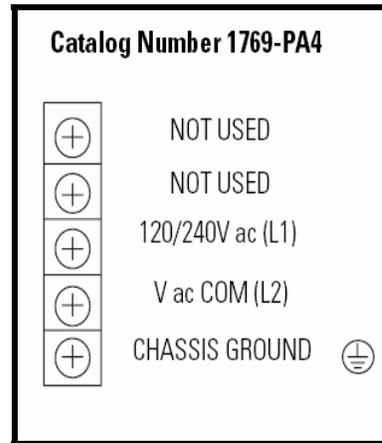


Figura 3.10. Conexión Eléctrica 1769-PA4. Fuente: Allen B.

Controlador 1769-L35E: El controlador 1769-L35E acepta hasta 30 módulos de E/S en un máximo de 3 bancos de E/S, usando 2 cables de expansión. Cada banco de E/S requiere su propia fuente de alimentación eléctrica. Posee una memoria de usuario de 1536 Kbytes. La máxima distancia que debe de estar el procesador de la fuente son de 4 módulos.

El 1769-L35E ofrece un puerto en serie robusto RS-232 que permite la conexión por medio de los protocolos DH-485, DF1 ó ASCII a dispositivos como los terminales de programación, módems, lectores de códigos de barra, básculas o impresoras. El controlador también se comunica con otras computadoras o procesadores a través DeviceNet, ControlNet y EtherNet/IP. En la siguiente figura 3.11 se muestra el controlador 1769-L35E.



Figura 3.11. Controlador 1769-L35E.

Fuente: Allen B.

Módulo de Entrada Analógica 1769-IF8: Los rangos de las señales a utilizar con estos módulos son de corriente de 4 a 20 mA, y voltaje de 1 a 5 Vdc y 0 - 10 Vdc. Estos módulos realizan una conversión analógico/digital, de modo que una variable física obtenida a través de un sensor pueda ser representada como un número binario y así realizar las operaciones necesarias. Los módulos de entrada analógicas tienen integrado un conjunto de convertidores analógico/digital y lo que entregan al CPU del PLC es un número binario. Las representaciones típicas de este procesador es de 16 bits. A continuación en la figura 3.12 se muestra el módulo de entrada analógica.



Figura 3.12. Módulo de Entrada Analógica 1769-IF8.

Fuente: Allen B.

Módulo de Entrada Discreta 1769-IQ32: Las señales eléctricas provenientes de algún sensor o detector, de un botón pulsador o interruptor; serán indicio de la necesidad de una entrada de tipo discreto o digital.

El módulo de entradas discretas posee 32 puntos. Las señales de tipo discreto sólo tienen dos estados, presencia o no presencia de voltaje. El valor a utilizar para el nuevo sistema es de 0 – 24 Vdc que es el más utilizado a nivel industrial. La distancia máxima que deben poseer los módulos de entradas discretas con respecto a la fuente de alimentación es de 8 módulos de separación. En la figura 3.13 se observa el módulo 1769-IQ32.



Figura 3.13. Módulo de Entrada Discreta 1769-IQ32. }

Fuente: Allen B.

Módulo de Salidas a Discretas 1769-OW16: Al igual que se explicó con las entradas discretas, el valor a utilizar para el nuevo sistema es de 0 – 24 Vdc. La distancia máxima que deben poseer los módulos de salidas discretas con respecto a la fuente de alimentación es de 8 módulos de separación. El módulo posee 16 puntos. En la figura 3.14 se muestra la apariencia de módulo.



Figura 3.14. Módulo de Salidas a Discretas 1769-OW16.

Fuente: Allen B.

A continuación se determina la potencia eléctrica que se suministra a todo el sistema y al PLC, como se muestra en la tabla 3.11, donde se realiza la suma de energía de todas las fuentes del closet.

Tabla 3.11. Potencia de Fuentes.

Tipo	Cantidad	Consumo (VA)	Consumo total (VA)
1769-PA4	2	200	400
1606XLS240E	1	240	240
Total Consumo			640

También se determina el consumo (en watts) que se distribuyen a cada uno de los módulos mencionados anteriormente, como se observa en la tabla 3.12.

Tabla 3.12. Consumo de Potencia.

Tipo	Cantidad	Disipación (W)	Disipación total (W)
Controlador L35E	1	4.74	5
1769-OW16	10	4.75	48
1769-IQ32	9	4.6	41
1769-IF8	1	3.24	3
1769-PA4	2	18	36
1606XLS240E	1	32	32
Total Disipación			165

Una de las actividades del proyecto es realizar un panel que aloje la nueva plataforma del PLC CompactLogix, ubicando todos los módulos,

fuentes, relés, borneras que recibirán las señales provenientes de campo, entre otros equipos, de una forma ordenada y aprovechando el mínimo espacio. En la figura 3.15 se muestra el producto de dicho panel.

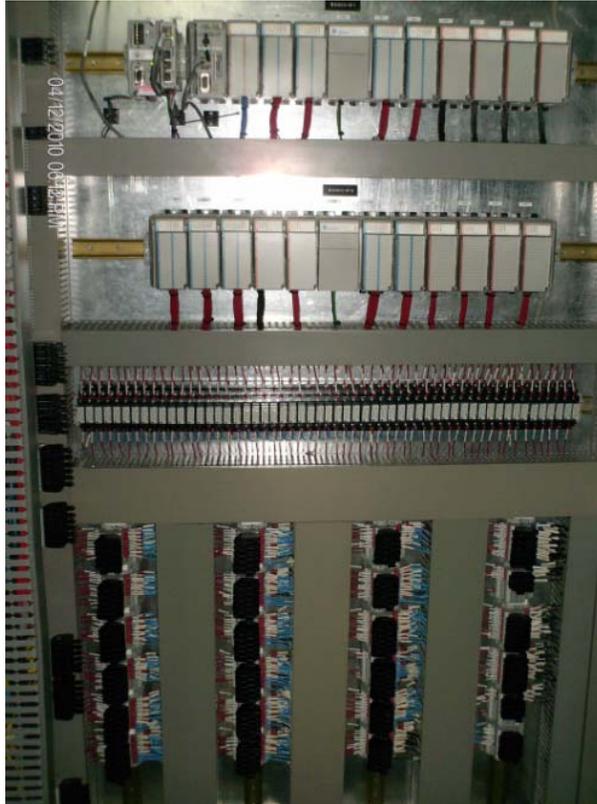


Figura 3.15. Detalle del Panel.

El panel de control mencionado anteriormente, se puede observar detalladamente en los anexos, (Ver Anexos A-5 y A-6).

CAPÍTULO 4: DESARROLLO DEL SOFTWARE Y DISEÑO DE LA COMUNICACIÓN ENTRE EL SISTEMA Y DCS DE LA PLANTA

4.1 GENERALIDADES

En este capítulo se presenta la programación del PLC, los despliegues del HMI, y el diseño de comunicación entre el nuevo sistema y sala de control para solventar la problemática de la planta Desmineralizadora de Agua.

4.2 SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN DEL PLC

Una vez analizados los requerimientos del nuevo sistema de control y considerando la plataforma asignada, se explica la programación para la planta Desmineralización de Agua. Se utiliza el software RSLogix 5000 v.16, que permite programar y hacer seguimiento en línea de todas las funciones ejecutadas por los sistemas.

El programa está constiuído por los diferentes tipos de lenguajes de programación que rige la norma IEC-61131-3, como lo son: el lenguaje de escalera (LD), texto estructurado (IL), bloques funcionales (BD) y secuencia funcion chart (SFC).

Para crear un proyecto en el software RSLogix 5000 se deben ejecutar los siguientes pasos:

Iniciar el software RSLogix 5000 desde el computador como se muestra en la figura 4.1.

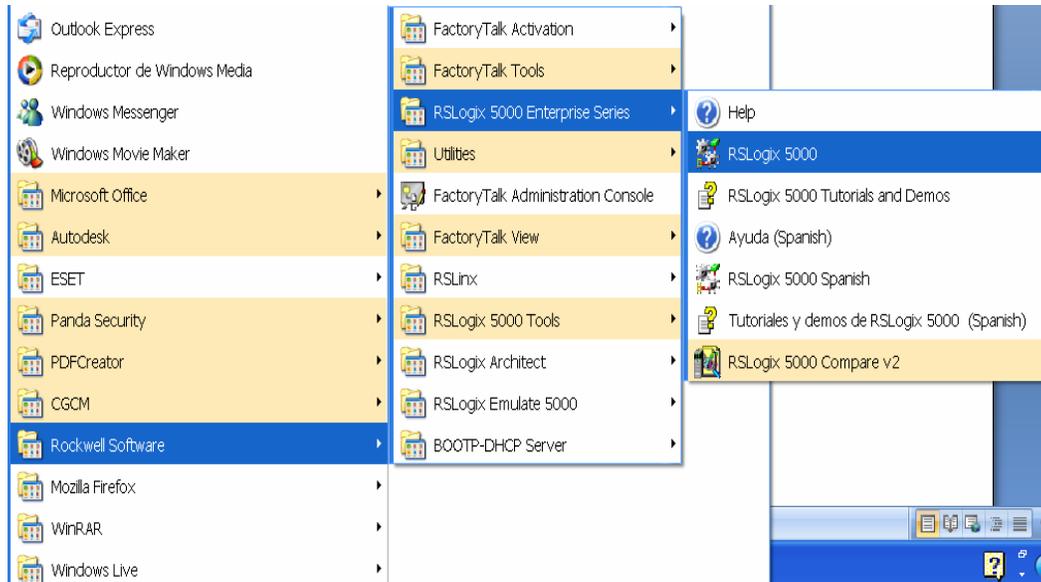


Figura 4.1. Búsqueda del Software RSLogix 5000.

Hacer clic en el botón de New (Nuevo) para crear el nuevo programa, como se observa en la figura 4.2 la barra estándar del RSLogix 5000 situada en la parte superior del área de trabajo.



Figura 4.2. Barra de New (Nuevo) en RSLogix.

Especificar la configuración general del controlador a utilizar, las cuales son: tipo de controlador, revisión, nombre, descripción, tipo de chasis, número de slot, y la carpeta que almacena el proyecto, luego presionar OK para continuar.

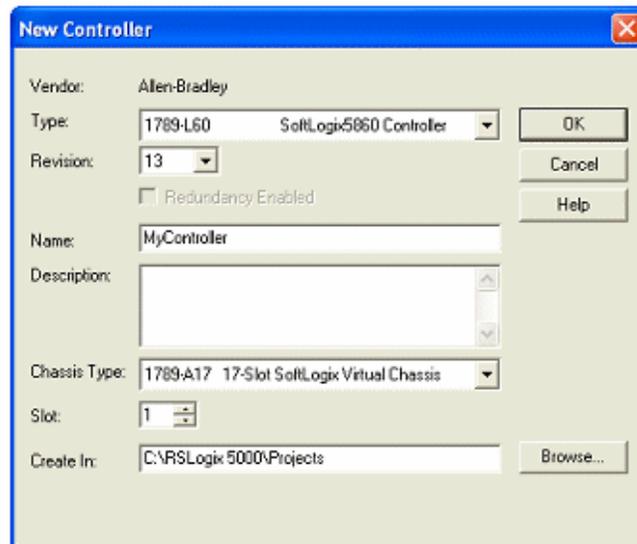


Figura 4.3. Ventana de Creación de un Proyecto.

Una vez definido el proyecto, se deben especificar las I/O. Se agregan dichos módulos en la carpeta de I/O Configuration (I/O Configuración) del Organizador de Controlador que se observa en la figura 4.4.

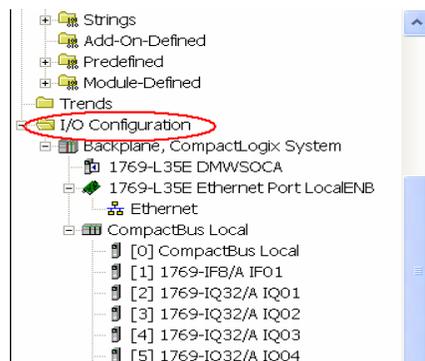


Figura 4.4. Ventana Proyecto Definido.

Para la configuración de las I/O se debe tener cuidado en elegir el módulo por su referencia, por ejemplo en el caso del módulo de entradas analógicas 1769-IF8, se escoge la carpeta de Analog (Analógicos) y se

busca el módulo deseado por sus características, como se observa en la figura 4.5.

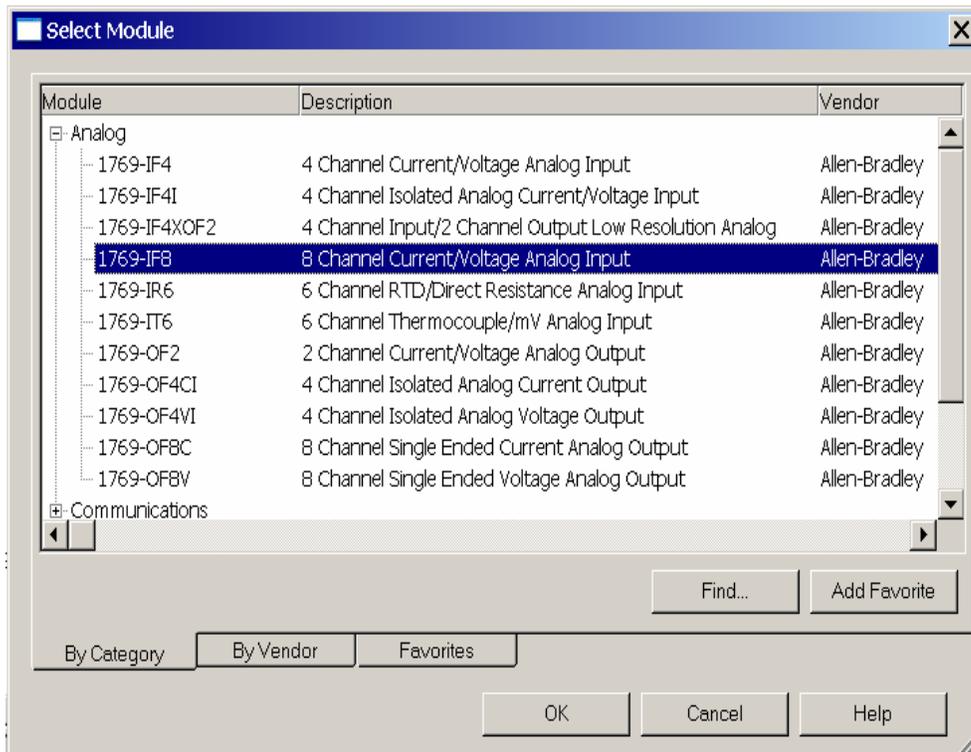


Figura 4.5. Ventana de selección de Módulo.

Una vez elegido el módulo se coloca un nombre para diferenciarlo de otros, una breve descripción y el slot que ocupa dentro del banco del nuevo sistema.

Para el módulo de entradas analógicas 1769-IF8 se elige el slot 01 (descrito anteriormente en la distribución de los módulos) como se observa en la figura 4.6.

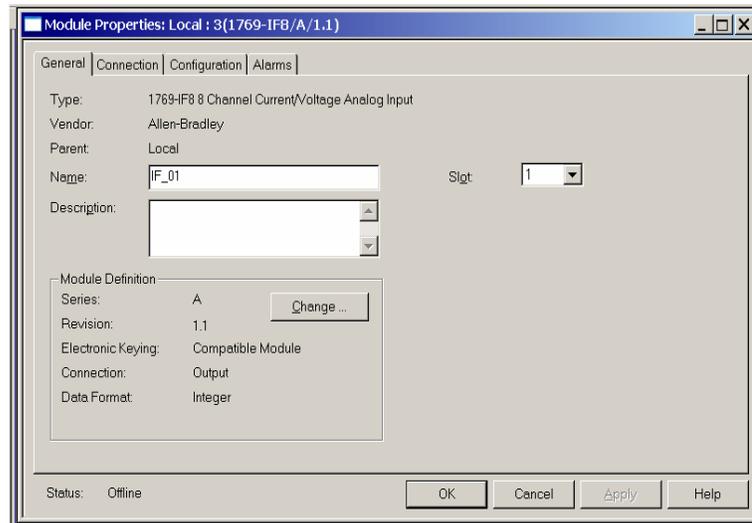


Figura 4.6. Ventana Propiedades de los Módulos.

Una vez creado y configurado el proyecto, se accede al área de trabajo, también denominado editor de diagrama de relés para comenzar a programar, como se muestra en la figura 4.7

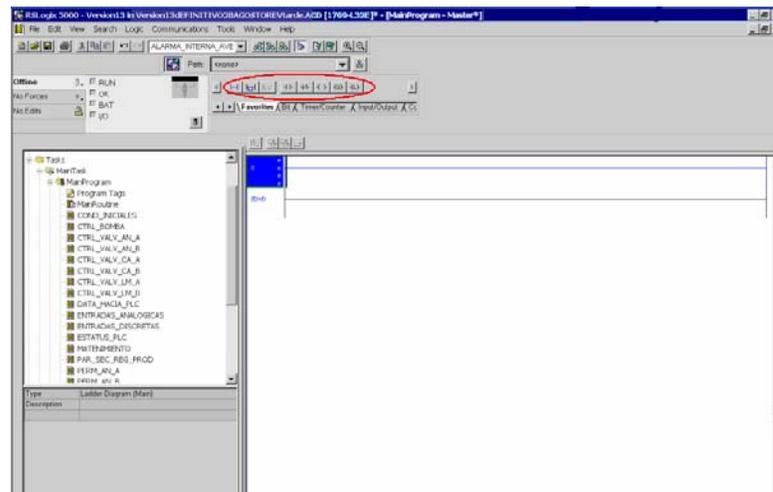


Figura 4.7. Ventana Editor de Diagrama Escalera.

Estando en esta ventana se procede a colocar todos los elementos necesarios para realizar la rutina. En la parte superior se encuentra la Barra

de Herramientas Language Element (Elemento de lenguaje) que contiene los elementos de programación, agrupado por pestañas (cada lenguaje tiene su propia Barra de Herramientas).

Se toma como ejemplo la Rutina Mantenimiento Cati3n A. Primero se presiona en la Barra de Herramientas el comando a utilizar: XIO (verifica s3 la direcci3n asociada se encuentra activa) y se arrastra hacia el 3rea de trabajo, se repite este paso para todas las instrucciones como se muestra en la figura 4.8.

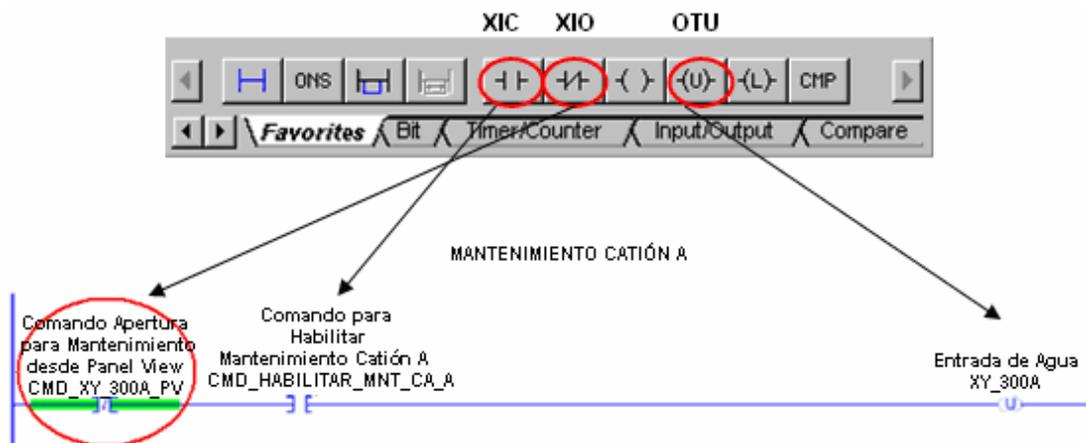


Figura 4.8. Rutina de Mantenimiento Cati3n A.

Para colocar las etiquetas o nombres, se debe realizar doble clic al comando e inmediatamente aparecen las propiedades que 3ste posee.

4.3 DESARROLLO DEL PROGRAMA DE CONTROL

Para la programaci3n se realizan 24 rutinas en lenguaje de escalera y 6 en lenguaje grafcet (Gr3ficas de Control de Etapas de Transici3n). En la figura 4.9, se observan dichas rutinas en el 3rbol del Organizador de Control

donde se muestran todas las áreas principales del proyecto y la jerarquía de los componentes.

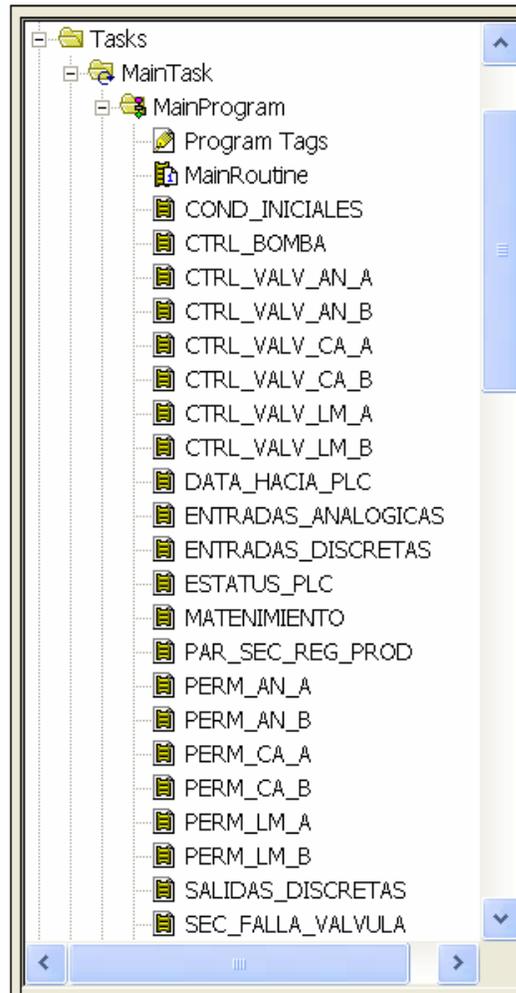


Figura 4.9. Rutinas Programa PLC Agua DEMI.

Las rutinas están conformadas por subrutinas, que es una manera ordenada de separar pasos o etapas del proceso. En la tabla 4.1, se muestran los nombres de todas las rutinas y el lenguaje con las cuales se desarrollaron.

Tabla 4.1. Rutinas Programa PLC Agua DEMI.

Rutina	Lenguaje de Programación
MainRoutine	Ladder
COND_INICIALES	Ladder
CTRL_BOMBA	Ladder
CTRL_VALV_AN_A	Ladder
CTRL_VALV_AN_B	Ladder
CTRL_VALV_CA_A	Ladder
CTRL_VALV_CA_B	Ladder
CTRL_VALV_LM_A	Ladder
CTRL_VALV_LM_B	Ladder
DATA_HACIA_PLC	Ladder
ENTRADAS_ANALOGICAS	Ladder
ENTRADAS_DISCRETAS	Ladder
STATUS_PLC	Ladder
MANTENIMIENTO	Ladder
PAR_SEC_REG_PROD	Ladder
PERM_AN_A	Ladder
PERM_AN_B	Ladder
PERM_CA_A	Ladder
PERM_CA_B	Ladder
PERM_LM_A	Ladder
PERM_LM_B	Ladder
SALIDAS_DISCRETAS	Ladder
SEC_FALLA_VALVULA	Ladder
SENALES_AL_DCS	Ladder

A continuación se describen brevemente cada una de las rutinas y subrutinas del programa del PLC (Ver Anexo B-1).

4.3.1 Rutina: MAINROUTINE

Esta es la rutina principal de la programación y comienza desde el rung 0 al 27, esto significa que todas las demás rutinas que conforman el programa de control son “llamadas” desde la principal para que se puedan ejecutar, dicho llamado se realiza por medio de la instrucción JSR (Jump To Sub Routine). Adicionalmente establece el orden en que se deben ejecutar cada rutina para llevar el control adecuado de la Planta de Agua Desmineralizada.

4.3.1.1 SUBROUTINA: Forzar Producción

Los rung del 28 al 33 de la rutina principal, permite que en el PanelView Plus1000 se pueda retornar desde la etapa de Espera de Regeneración (ESPERA_REG_CA_A) hasta la Espera de Producción (INICIAL_CA_A), cuando el operador pulse el botón Forzar Producción. También permite que cuando se ejecute la etapa de Producción (PROD_CA_A) y el operador decida detenerla desde el PanelView Plus1000 automáticamente pase a la etapa de Espera de Producción (INICIAL_CA_A). Los cambios de etapa mencionados anteriormente se ejecutan con la instrucción SFR, que se encarga de colocar el Graficet en la etapa de Espera de Producción, cuando el operador pulse forzar la producción o detenga la misma. En la rutina DATA_HACIAL_PLC se encuentra diseñada la lógica de confirmación que le permite al operador activar el comando detener o forzar la producción del recipiente.

4.3.1.2 SUBROUTINA: Inyección de Ácido o Soda Caústica

Los rungs del 34 al 41, se encargan de permitir la inyección y el desplazamiento de Ácido Sulfúrico o Soda Caústica a un determinado tanque, siempre y cuando ningún otro lecho se encuentre en estas etapas.

4.3.2 Rutina: COND_INICIALES

Esta rutina comienza en el rung 0 al 82, y se encarga de asignar las condiciones iniciales del sistema durante el primer escáner de la programación, es decir cuando el modo del PLC pasa de Program a Run o de apagado a encendido. Básicamente consiste en garantizar que los tiempos de duración de cada etapa comiencen en sus parámetros iniciales y que todas las válvulas se encuentren cerradas al momento de que el operador decida arrancar las operaciones nuevamente.

4.3.3 Rutina: CNTRL_BOMBA

Los rungs 0 al 56, contienen los comandos de arranque y parada para las bombas y sopladores de acuerdo al proceso que se esté ejecutando en un determinado momento.

4.3.4 Rutina: CNTRL_VALV

Estas rutinas se encargan de marcar las pautas de apertura y cierre de todas las válvulas que pertenecen a los Lechos: Anión A/B, Cation A/B y Mixto A/B, durante el proceso de producción o regeneración del recipiente.

4.3.4.1 SUBROUTINA: PROCESO DE PRODUCCIÓN

Estas subrutinas comienzan en el rung 0 al 1 para todos los lechos, y son para abrir las válvulas en producción. Es necesario que el lecho se encuentre en dicha etapa y que no exista ninguna condición de parada. Para

el cierre de las válvulas que intervienen en este proceso se deben cumplir cualquiera de las siguientes condiciones: alta conductividad, flujo total alcanzado o la condición de parada de secuencia.

4.3.4.2 SUBROUTINA: PROCESO DE REGENERACIÓN

Estas subrutinas son para abrir las válvulas en regeneración, y comienzan en el rung 2 al 13 para los lechos Anión A/B y Cación A/B, y para el Mixto A/B en el rung 2 al 32. Es necesario que el lecho se encuentre en dicha etapa y que no exista ninguna condición de parada del lecho. Para el cierre de las válvulas existen temporizadores para cada etapa de regeneración, que al culminar dicho tiempo y estar deshabilitado el comando de mantenimiento se activa el comando de cierra de estas válvulas y continua al paso siguiente. Otra de las condiciones para el cierre de las válvulas es habilitar el comando de saltar paso de regeneración o tener una alarma de parada del lecho. Es importante destacar que algunas válvulas se abren dependiendo el tipo de agua (Agua DEMI o Agua Normal) habilitado en la rutina DATA_HACIA_PLC.

4.3.5 Rutina: DATA_HACIA_EL_PLC

Esta sección de la lógica de control se encarga de recibir todas las acciones emitidas por el operador a través del PanelView Plus1000 y de desplegar gran parte de las variantes en pantalla, para que el operador conozca en tiempo real el estado de la proceso. Entre los datos o acciones que se encarga de recibir esta rutina se encuentran los siguientes:

4.3.5.1 SUBROUTINA: TIEMPO DE ETAPAS

Esta lógica comienza en el rung 0 y finaliza en el rung 77. Esta se encarga de almacenar el nuevo tiempo en minutos ingresado por los operadores desde el PanelView Plus1000. Cada unos de estos tiempos ingresados en minutos son convertidos a milisegundos con el uso de la instrucción CPT y el resultado se guarda en Preset del temporizador de etapas de Regeneración de cada lecho.

4.3.5.2 SUBROUTINA: Habilitar y Deshabilitar Producción

Esta lógica comienza en el rung 78 hasta el rung 113, y se encarga de habilitar y deshabilitar el comando de producción para cada lecho por medio del pulsador que se encuentra en el PanelView Plus1000. Al presionar dicho botón se activa en el PanelView Plus1000 el mensaje de habilitar producción, y se deben cumplir algunos permisos para que el Comando de Producción sea habilitado y estos son: que el comando de regeneración y mantenimiento no estén activos, entre otros. Para deshabilitar el comando de producción, se debe presionar el pulsador en el PanelView Plus1000 para que se despliegue el mensaje de confirmación, y cumplir con algunos permisos como: encontrarse en la etapa de producción, entre otros.

4.3.5.3 SUBROUTINA: Habilitar y Deshabilitar Regeneración

Esta lógica comienza en el rung 114 y finaliza en el rung 149, se encarga de habilitar y deshabilitar el comando de regeneración para cada lecho por medio del pulsador que se encuentra en el PanelView Plus1000. Al presionar dicho botón se activa el mensaje de habilitar regeneración, y se deben cumplir algunos permisos para que el Comando de Regeneración sea

habilitado como lo son: que el comando de producción y mantenimiento no estén activos, entre otros. Para deshabilitar el comando de regeneración, se debe presionar el pulsador en el PanelView Plus1000 para que se despliegue el mensaje de confirmación, y cumplir con algunos permisos como: encontrarse en cualquiera de las etapas de regeneración, entre otros.

4.3.5.4 SUBROUTINA: Habilitar y Deshabilitar Mantenimiento

Esta lógica comienza en el rung 150 y finaliza en el rung 185, se encarga de habilitar y deshabilitar el comando de mantenimiento para cada lecho por medio del pulsador que se encuentra en el PanelView Plus1000. Al presionar dicho botón se activa el mensaje de habilitar regeneración, y se deben cumplir algunos permisos para que el Comando de Mantenimiento sea habilitado como lo son: que el comando de producción y regeneración no estén activos, entre otros. Para deshabilitar el comando de mantenimiento, se debe presionar el pulsador en el PanelView Plus1000 para que se despliegue el mensaje de confirmación, y cumplir con algunos permisos como: encontrarse en dicha etapa, entre otros.

4.3.5.5 SUBROUTINA: Habilitar y Deshabilitar Bypass de Conductividad y Flujo

Esta lógica comienza en el rung 186 y termina en el rung 249, se encarga de habilitar y deshabilitar el comando de bypass para cada lecho cuando los switches de conductividad y flujo se encuentren en alarma. Se activa desde el PanelView Plus1000 por medio de pulsadores, que al presionarlos se despliega un mensaje de confirmación.

4.3.5.6 SUBROUTINA: Forzar Producción

Esta etapa comienza en el rung 250 y termina en el rung 267, y se encarga de permitir que el proceso retorne a espera de producción sin haber pasado por el proceso de regeneración del lecho. Para ello el operador debe presionar el botón Forzar Producción, y cumplir con el único permisivo (el lecho debe estar en Espera de Regeneración) para que se despliegue el mensaje de confirmación en el PanelView Plus1000 que le permitirá activar el comando.

4.3.5.7 SUBROUTINA: Saltar Paso En Regeneración

Esta rutina comienza en el rung 268 y termina en el 279, se encarga de realizar una interrupción en el paso que se está ejecutando en ese instante y saltar al próximo. Se debe presionar el pulsador en el PanelView Plus1000, para que se despliegue el mensaje de confirmación, siempre y cuando el lecho no posea una alarma de parada de secuencia. Al momento de ejecutar el salto de etapa de regeneración se cierran las válvulas y finaliza el tiempo del que se estaba ejecutando e inmediatamente arranca el temporizador del siguiente paso y se abren todas las válvulas relacionada con esta etapa.

4.3.5.8 SUBROUTINA: Indicador de Etapa EN TEXTO

Esta subrutina comienza en el rung 280 y finaliza en el rung 387. Con la instrucción MOV (Mover dato) se asignaron valores representativos para el momento que se esté dando cada etapa del lecho y así poder reflejar en el PanelView Plus1000 la etapa en que se encuentre el lecho en determinado momento.

4.3.5.9 SUBROUTINA: Indicador de Color

Esta subrutina comienza desde el rung 388 hasta el rung 423. Con la instrucción MOV se asignan valores para representar el estado del lecho por colores. Cada etapa posee un determinado color y eso se refleja en el PanelView Plus1000.

4.3.5.10 SUBROUTINA: Agua Desmineralizadora

Esta sección comienza en el rung 424 hasta el rung 426, se trata de activar el comando de Agua Desmineralizada, para realizar las regeneraciones de los lechos, esta opción es habilitada a través del PanelView Plus1000. Se debe presionar el pulsador e inmediatamente se despliega el mensaje de confirmación que permite habilitar el comando.

El comando CMD_TIPO_REG, se encarga de discriminar en la rutina de control de válvulas (CTR_VALV_X_X) cuales son las válvulas que intervienen en la regeneración con Agua DEMI, para todos los lechos que se encuentren en regeneración.

4.3.5.11 SUBROUTINA: Agua Normal

Esta sección comienza en el rung 427 hasta el rung 429, se trata de activar el comando de Agua Normal para realizar las regeneraciones de los lechos, habilitando este a través del PanelView Plus1000. Se debe presionar el pulsador y se despliega el mensaje de confirmación.

El comando CMD_TIPO_REG, se encarga de discriminar en la rutina de control de válvulas (CTR_VALV_X_X) cuales son las válvulas que

intervienen en la regeneración con Agua Normal, para todos los lechos que se encuentren en regeneración.

4.3.5.12 SUBROUTINA: Agotar Lecho

Esta subrutina comienza en el rung 430 hasta el rung 447. Y permite que el operador saque el lecho del proceso de Producción sin que se haya agotado, para ello el operador debe presionar los pulsadores destinados para tal fin en el PanelView Plus1000 e inmediatamente se despliega el mensaje para confirmar la acción de Agotar Lecho.

4.3.5.13 SUBROUTINA: ABRIR VÁLVULA XV-338A

Esta subrutina comienza en el rung 448 y finaliza en el rung 450, y se encarga de abrir la válvula de Inyección de Ácido Sulfúrico XV-338A en la Fosa de Neutralización. El operador debe colocar el tiempo que necesita y pulsar el botón de apertura en el PanelView Plus1000. El tiempo transcurre hasta lo definido por el operador y cierra automáticamente la válvula.

4.3.5.14 SUBROUTINA: Cerrar Válvula XV-338A

Esta subrutina comienza en el rung 451 y finaliza en el rung 453, y se encarga de detener la inyección de Ácido Sulfúrico de la válvula XV-338A antes del tiempo definido por el operador en el rung 448 en DATA_HACIA_PLC. Se pulsa el botón de cierre de la válvula XV-338A en el PanelView Plus1000 y se despliega el mensaje de confirmación.

4.3.5.15 SUBROUTINA: Abrir Válvula XV-338B

Esta subrutina comienza en el rung 454 y finaliza en el rung 456, y se encarga de abrir la válvula de Inyección de Soda Caústica XV-338B en la Fosa de Neutralización. El operador debe colocar el tiempo que necesita y pulsar el botón de apertura en el PanelView Plus1000. El tiempo transcurre hasta alcanzar lo definido por el operador y cierra automáticamente la válvula.

4.3.5.16 SUBROUTINA: Cerrar Válvula XV-338B

Esta subrutina comienza en el rung 457 y finaliza en el rung 459, y se encarga de detener la inyección de Soda Caústica de la válvula XV-338B antes de que finalice el tiempo definido por el operador en el rung 454 en DATA_HACIA_PLC.

Se pulsa el botón de cierre de la válvula XV-338A en el PanelView Plus1000 y se despliega el mensaje de confirmación.

4.3.6 Rutina: ENTRADAS_ANALOGICAS

Esta sección se encuentra disponible para que en un futuro se pueda transferir el direccionamiento físico de las señales de entradas analógicas hacia las etiquetas.

4.3.7 Rutina: ENTRADAS_DISCRETAS

Esta sección comienza en el rung 0 al 141, y se encarga de transferir el direccionamiento físico de los módulos de entradas discretas hacia las etiquetas de la instrumentación de campo, para su uso en las diferentes rutinas de la programación.

4.3.7.1 SUBROUTINA: Retardo para las Bombas 770-P.10.A/B/C LUEGO DE DETECCIÓN DE BAJO NIVEL EN EL DESGASIFICADOR

Esta subrutina comienza desde el rung 142 hasta 144, y se encarga de darle un tiempo de retardo (1,5 minutos), para que las bombas 770-P.10-A/B/C puedan arrancar después de haber transcurrido dicho tiempo, esto con la finalidad de permitirle al Tanque Desgasificador recuperar el nivel después de haberse detectado Bajo Nivel mismo.

4.3.7.2 SUBROUTINA: Activar switch e Indicador de Conductividad

Esta subrutina comienza en el rung 145 hasta el rung 158. Se encarga de transferir el direccionamiento físico proveniente desde DCS hacia las siguientes etiquetas del PLC, como lo son: ASH_300A, ASH_300B, ASH_301B. Estos rungs tienen la particularidad de bifurcar la señal proveniente desde el DCS, para evitar que el lecho salga de producción al momento de que se requiera realizar una prueba de funcionamiento de estas señales, para ello el operador debe activar la señal a través del botón que se encuentra en el PanelView Plus1000.

4.3.7.3 SUBROUTINA: Activar switch e Indicador de Flujo

Esta subrutina comienza en el rung 159 hasta el rung 162. Se encarga de transferir el direccionamiento físico proveniente desde DCS hacia las siguientes etiquetas del PLC, como lo son: FQS_301A, FQS_301B, FQS_303A. Estos rungs tienen la particularidad de bifurcar la señal proveniente desde el DCS, para evitar que el lecho salga de producción al momento de que se requiera realizar una prueba de funcionamiento de estas

señales, para ello el operador debe activar la señal a través del botón que se encuentra en el PanelView Plus1000.

4.3.8 Rutina: STATUS PLC

Esta rutina comienza en el rung 0 al 44, y se encarga de extraer los status del sistema a través de la instrucción GSV (Obtener Valor del Sistema) del software RSLogix5000 para que se puedan monitorear el estado del sistema CompactLogix a través del PanelView Plus1000. Con esta rutina se puede precisar fallas como: batería, problemas con los módulos de entradas y salidas y el modo de operación del PLC.

4.3.9 Rutina: MANTENIMIENTO

Esta lógica se utiliza para abrir o cerrar las válvulas de los lechos Cación A/B (rung 0 al 32), Anión A/B (rung 33 al 67), y Mixto A/B (rung 68 al 119). Para ello se debe activar el comando de mantenimiento desde el PanelView Plus1000 e inmediatamente se harán visibles los botones que permitirán la apertura y cierre de cada una de las válvulas del lecho que se ha colocado en mantenimiento.

4.3.10 Rutina: PAR_SEC_REG_PROD

Esta sección comienza en el rung 0 al 5, y se encarga de parar la secuencia de Producción o Regeneración de todos los lechos cuando se registra una alarma por: falla de válvula, baja presión de aire y que se deshabilite la producción o regeneración del lecho.

4.3.11 Rutina: PERMANENCIA

Esta rutina se encarga de iniciar el conteo de los temporizadores al momento de que se vayan activando cada uno de los pasos de la Regeneración en el Cation A/B (rung 0 al 8), Anion A/B (rung 0 al 8) y Mixto A/B (0 al 20). Una vez que el conteo finalice el sistema pasa automáticamente al siguiente paso. En caso de producirse una parada de secuencia el temporizador detiene su conteo y el acumulado del temporizador retornara a cero.

4.3.12 Rutina: SALIDAS_DISCRETAS

Esta lógica comienza en el rung 0 al 150, y se encarga de transferir los comandos: apertura o cierre de válvulas, arranque o parada de bomba, entre otros, derivados de la aplicación hacia los direccionamiento físico correspondientes en el módulo de salida discreta, con la finalidad de activar o desactivar los dispositivos en campo. Adicionalmente posee una opción que permite abrir o cerrar cada válvula cuando su lecho correspondiente se encuentre en la modalidad de mantenimiento.

4.3.13 Rutina: SEC_FALLA_VALVULA

Estas rutinas contienen todas las posibles condiciones de falla por secuencia de válvulas, y si alguna de estas se cumple el proceso se detiene de inmediato y se despliega una alarma en el PanelView Plus1000.

4.3.13.1 SUBROUTINA: FALLA POR VÁLVULAS

Esta lógica comienza en el rung 0 hasta el rung 68, y se encarga de indicar una alarma en el sistema supervisorio del PanelView Plus1000

causado por falla de válvula en todos los lechos. Para que se presente Falla de Válvula, se debe cumplir alguna de estas condiciones:

Al enviarle el comando de apertura a la válvula, y el switch de posición abierto no retorne la activación del mismo, por la entrada discreta designada en el PLC.

Al enviarle el comando de cierre a la válvula, y el switch de posición cerrado no retorne la activación del mismo, por la entrada discreta designada en el PLC.

Al estar activado los dos switches de posición (abierto y cerrado).

Después que se efectúa una de las condiciones pasadas y transcurra un tiempo de 10 segs, se activa el comando que despliega la alarma en el PanelView Plus1000.

4.3.13.2 SUBROUTINA: PARADA DE PROCESO POR FALLA DE VÁLVULA

Esta lógica comienza en el rung 69 hasta el rung 140, y se encarga en parar el proceso de producción o el paso en la regeneración que se está ejecutando en un determinado momento, esto se debe a la falla de una de las válvulas que intervenga en la etapa que se ejecuta.

4.3.14 Rutina: SEÑALES_AL_DCS

Esta sección comienza en el rung 0 al 12, y se encarga de activar en el PLC los comandos para variar los switches set point de flujo y conductividad en determinados pasos de las regeneraciones en los lechos: Cati3n A/B,

Anión A/B y Mixto A/B, para luego ir por vía hardware dichas variaciones en forma de alarmas al DSC (Ver tabla 3.5).

4.3.15 GRAFCET

En la figura 4.10, se muestran los 6 grafcet para el sistema de Agua Desmineralizada en el árbol del Organizador de Control.

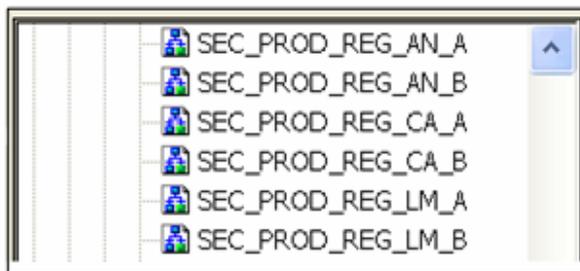


Figura 4.10. Grafcet Programa PLC Agua DEMI.

En la tabla 4.2, se muestran los nombres de los grafcet y el lenguaje de la programación.

Tabla 4.2. Grafcet Programa PLC Agua DEMI.

Grafcet	Leng. Program
SEC_PROD_REG_AN_A	Sequential Function Chart

Tabla 4.2. Grafcet Programa PLC Agua DEMI (Continuación)

Grafcet	Leng. Program
SEC_PROD_REG_AN_B	Sequential Function Chart
SEC_PROD_REG_CA_A	Sequential Function Chart
SEC_PROD_REG_CA_B	Sequential Function Chart
SEC_PROD_REG_LM_A	Sequential Function Chart
SEC_PROD_REG_LM_B	Sequential Function Chart

4.3.15.1 SEC_PROD_REG_AN_A/B

Estas rutinas se realizan en el Diagrama de Secuencia (SFC o Grafcet), y se encargan de mostrar un esquema de los procesos de producción y regeneración de los lechos Anión A y B, teniendo en cuenta las etapas a realizar y las transiciones para pasar al siguiente paso.

Se debe ubicar en la parte superior del área de trabajo la Barra de Herramientas para Lenguaje SFC, como se muestra en la figura 4.11

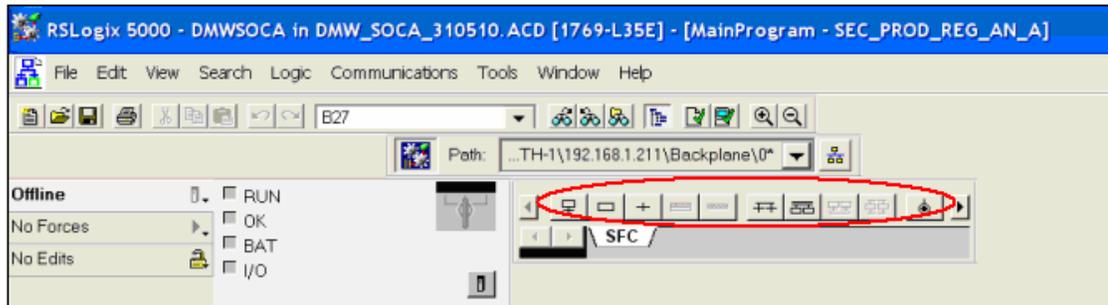


Figura 4.11. Barra de herramientas para Lenguaje SFC.

Se empieza con la llamada Etapa Inicial del Grafcet, que indica el comienzo del esquema. Se arrastra la instrucción Step (Paso) hacia el área de trabajo y con doble clic se coloca la etiqueta. En dicha etapa el lecho se encuentra en Espera de Producción, como lo muestra la figura 4.12.

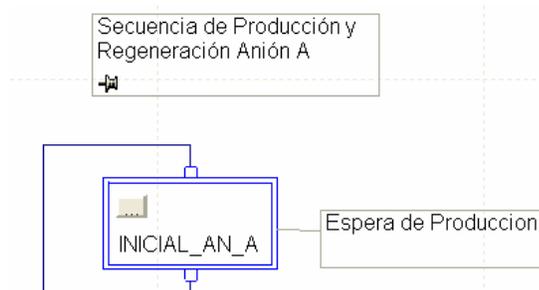


Figura 4.12. Etapa Inicial Anión A.

Las transiciones del Grafcet (SFC) son condiciones o permisos que conjuntamente con la etapa anterior, hacen cambiar de una etapa a la siguiente, por ejemplo: un pulsador, switch de flujo o conductividad, temporizador, entre otros, dependiendo el paso en que se encuentre el lecho en ese momento. Se debe arrastrar la instrucción Transition (Transición) y con doble clic colocar la etiqueta, como se observa en la figura 4.13. Se repiten estos pasos hasta completar todo el diagrama.

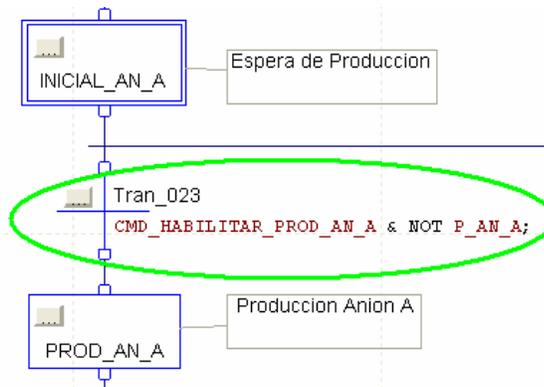


Figura 4.13. Transiciones Anión A.

Los procesos o etapas definen el estado del lecho. Los diagramas de los lechos Aniónicos A/B poseen 10 etapas, las cuales son:

- Producción

En esta etapa se abren las válvulas XV-309A/B, XV-317A/B, XV-331A/B. Y deben de prender las bombas 77-P.10-A/B, sí estas bombas tienen problemas prende la bomba 77-P.10-C.

- Espera de Regeneración

En este paso no existe apertura de válvulas.

Etapas de Regeneración:

Paso 0: Cierre del Lecho

En esta etapa no existe apertura de válvulas.

Paso 1: Retrolavado Parcial

En este paso se abren las válvulas XV-311A/B y XV-312A/B.

Paso 2: Retrolavado Total

En dicha etapa se abren las válvulas XV-312A/B. Si se realiza la regeneración con Agua Normal se deben de abrir las válvulas XV-317A/B. En el caso de Agua DEMI se abren las válvulas XV-316A/B.

Paso 3: Stop

No se realiza ninguna apertura de válvula.

Paso 4: Calentamiento de Resina

En este paso se abren las válvulas XV-310A/B, XV-313A/B, XV-316A/B.

Paso 5: Inyección de NaOH

En esta etapa se abren las válvulas XV-310A/B, XV-313A/B, XV-316A/B y XV-334.

Paso 6: Desplazamiento de NaOH

Se abren las válvulas XV-310A/B, XV-313A/B, y XV-316A/B.

Paso 7: Lavado Final

Se efectúa la apertura de las válvulas XV-309A/B y XV-315A/B.

Paso 8: Cierre para Producción

No se realiza ninguna apertura de válvula.

4.3.15.2 SEC_PROD_REG_CA_A/B

Los diagramas de los lechos Catiónicos A/B poseen 10 etapas, las cuales son:

- Producción

En esta etapa se deben abrir las válvulas XV-300A/B y XV-308A/B. Y prender el soplador 77-K.10-A/B.

- Espera de Regeneración

No se efectúa la apertura de ninguna válvula.

- Etapas de Regeneración:

Paso 0: Cierre del Lecho

En esta etapa no se abre ninguna válvula.

Paso 1: Retrolavado Parcial

En este paso se abren las válvulas XV-302A/B y XV-303A/B.

Paso 2: Retrolavado Total

Se realiza la apertura de las válvulas XV-303A/B. Si se hace la regeneración con Agua Normal se abren las válvulas XV-307A/B. En el caso de Agua DEMI se abren las válvulas XV-308A/B.

Paso 3: Stop

No se realiza la apertura de ninguna válvula.

Paso 4: 1era Inyección de H₂SO₄

En este paso se deben de abrir las válvulas XV-301A/B, XV-303A/B, XV-304A/B y XV-307A/B.

Paso 5: 2da Inyección de H₂SO₄

En esta etapa se deben de abrir las válvulas XV-301A/B, XV-303A/B, XV-304A/B y XV-307A/B.

Paso 6: Desplazamiento de H₂SO₄

En dicho paso se deben de abrir las válvulas XV-301A/B, XV-303A/B, XV-304A/B y XV-307A/B.

Paso 7: Lavado Final:

Se deben abrir las válvulas XV-300A/B y XV-306A/B.

Paso 8: Cierre para Producción

En este paso no se efectúa ninguna apertura de válvulas y es el fin de la regeneración.

4.3.15.3 SEC_PROD_REG_LM_A/B

Los diagramas de los lechos Mixtos A/B poseen 22 etapas, las cuales son:

- Producción

En esta etapa se realiza la apertura de las válvulas XV-318A/B y XV-300A/B.

- Espera de Regeneración

En dicha etapa no se realiza la apertura de ninguna válvula.

- Etapas de Regeneración:

Paso 0: Cierre del Lecho

En esta etapa no se abre ninguna válvula.

Paso 1: Retrolavado

En este paso se abren las válvulas XV-321A/B y XV-325A/B.

Paso 2: Drenaje

Se realiza la apertura de las válvulas XV-329A/B.

Paso 3: Soplado de Estratificación

En este paso se abren las válvulas XV-326A/B, y se debe prender el soplador 77-K.11-A.

Paso 4: Stop

No se realiza ninguna apertura de válvula.

Paso 5: Calentamiento de Resina

En dicho paso se abren las válvulas XV-322A/B y XV-324A/B.

Paso 6: Inyección de H₂SO₄

En esta etapa se abren las válvulas XV-322A/B y XV-324A/B.

Paso 7: Desplazamiento de H₂SO₄

Se abren las válvulas XV-322A/B y XV-324A/B.

Paso 8: Lavado de Resina

En dicha etapa se deben abrir las válvulas XV-318A/B y XV-329A/B.

Paso 9: Inyección de H₂SO₄

En este paso se abren las válvulas XV-323A/B y XV-328A/B.

Paso 10: Desplazamiento de H₂SO₄

En esta etapa se abren las válvulas XV-323A/B y XV-328A/B.

Paso 11: Lavado

En dicho paso se realiza la apertura de las válvulas XV-318A/B y XV-328A/B.

Paso 12: Stop

No se realiza ninguna apertura de válvulas.

Paso 13: Nivelación de Resina

En esta etapa se abren las válvulas XV-319A/B y XV-327A/B.

Paso 14: Mezcla de Aire

Se abren las válvulas XV-319A/B y XV-326A/B.

Paso 15: Stop

No se realiza ninguna apertura de válvulas.

Paso 16: Llenado

En esta etapa se abren las válvulas XV-318A/B y XV-319A/B.

Paso 17: Lavado Final

Se abren las válvulas XV-318A/B y XV-329A/B.

Paso 18: Stop

No se realiza ninguna apertura de válvulas.

Paso 19: Enjuague

En dicho paso se realiza la apertura de las válvulas XV-318A/B y XV-329A/B.

Paso 20: Cierre del Lecho

No se realiza ninguna apertura de válvulas.

4.4 SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN DEL HMI

Se utiliza en la programación de la interfaz hombre – máquina (HMI) el software FactoryTalk View Studio Machine Edition (ME) v.5.0, que es compatible con la arquitectura integrada de Rockwell Automation y con las plataformas Microsoft® Windows® CE, Microsoft Windows Vista y XP.

Este software posee una gran variedad de aplicaciones para el diseño de sistemas de monitoreo y control.

A continuación se describen los pasos generales para crear una aplicación en el software FactoryTalk View Machine Edition (ME):

Iniciar el software FactoryTalk View Machine Edition (ME) desde el computador, seguir la ruta como se muestra en la figura 4.14.

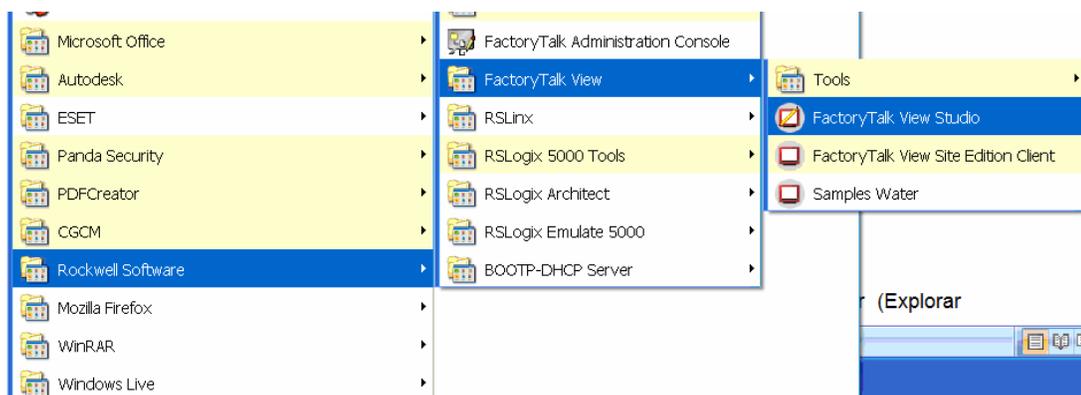


Figura 4.14. Búsqueda del software FactoryTalk View Machine Edition (ME).

Al abrir el programa FactoryTalk View Machine Edition (ME) inmediatamente se despliega la pantalla de New/Open (Nuevo/Abrir); en esta pantalla se coloca el nombre, una breve descripción al archivo que se va a crear, y el idioma (Ver figura 4.15).

El software posee al lado izquierdo un árbol llamado Application Explorer (Explorar Aplicación) que permite seleccionar diferentes objetos en la librería, pantallas predeterminadas, servidor HMI, directorio local, comunicación con los equipos y otros componentes para el desarrollo del HMI, como se muestra en la figura 4.16.

Se toma como ejemplo la Pantalla de Menú Principal de la interfaz Hombre – Máquina para realizar paso a paso.

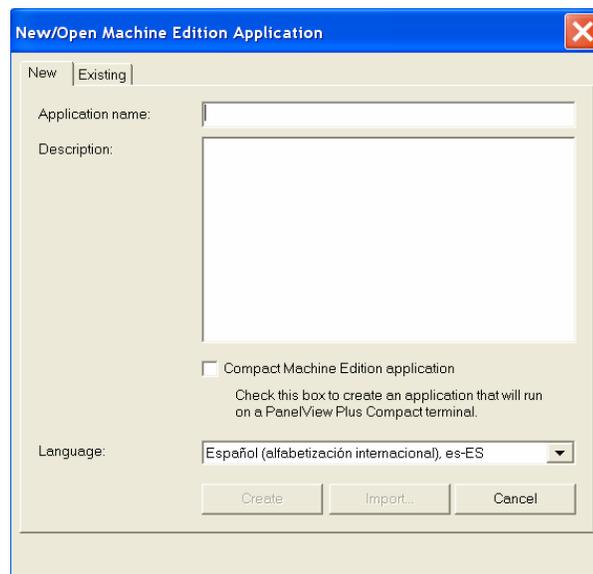


Figura 4.15. Ventana para crear un Archivo Nuevo.

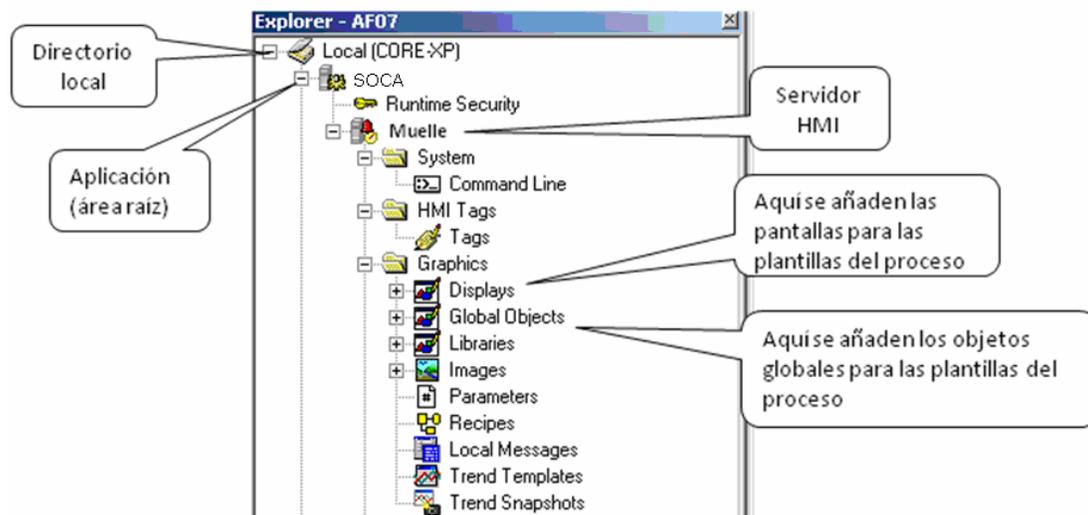


Figura 4.16. Ventana Explorar Aplicación.

Pantallas estándar: La carpeta Displays (Pantalla del Sistema) son las pantallas que el operador ve en el tiempo de ejecución. En dicha carpeta es donde se guarda la Pantalla de Menú Principal.

Pantallas Libraries (Librería): Las pantallas de biblioteca contienen objetos gráficos listos para usar en otros despliegues. Y es donde se deben buscar las figuras de los tanques y bombas para colocarlas en la Pantalla de Menú Principal.

Se deben buscar los indicadores de estados que posee la Pantalla de Menú Principal. Se pulsa en la barra superior Objets (Objetos)/Pushbotton(Botón Pulsador)/Multistate(Multiestado) como se muestra en la figura 4.17, y se expande el indicador en el área de trabajo. Se hace doble clic para configurar las propiedades de éste.

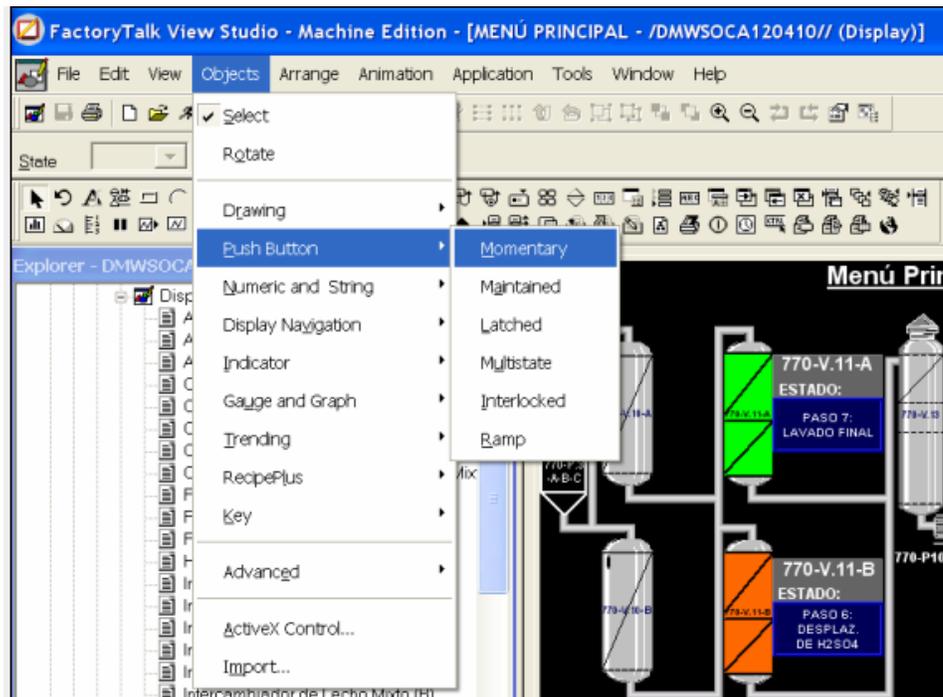


Figura 4.17. Insertar Objeto en FactoryTalk View (ME).

En la opción Objects (Objetos) se encuentran todos los tipos de pulsadores tales como: Displays, Maintained (Botón Mantenido), entre otros. El botón de Go to (Ir para) se utiliza para trasladarse hacia otras pantallas, como se muestra en la parte inferior de Pantalla de Menú Principal.

De esta manera se va diseñando la Pantalla de Menú Principal con los requerimientos descritos anteriormente en la nueva filosofía de operación (Ver sección 3.10.1).

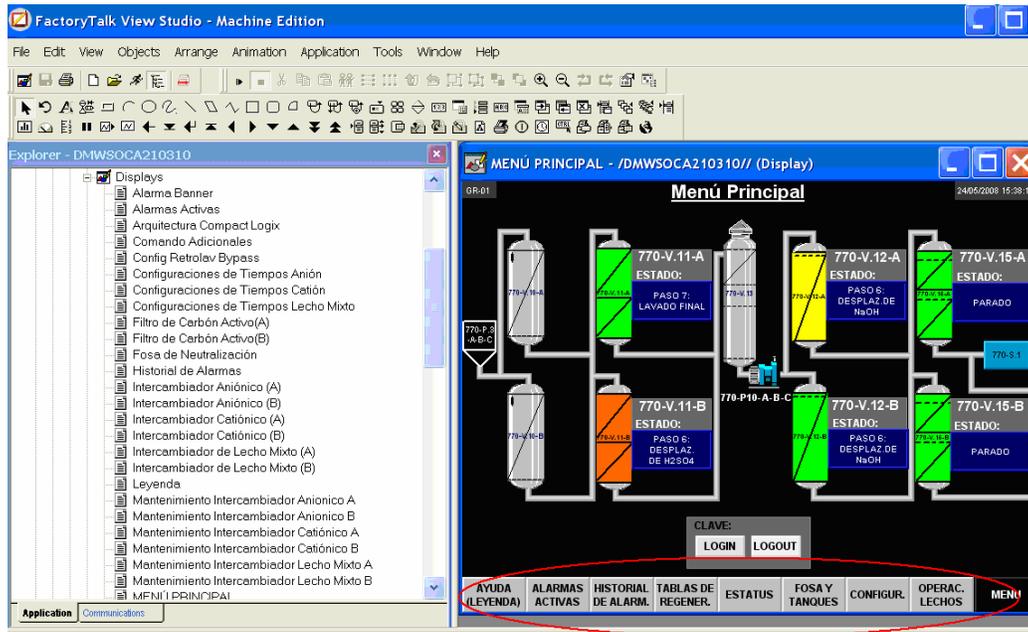


Figura 4.18. Software FactoryTalk View (ME).

4.5 DESCRIPCIÓN DE LA INTERFAZ GRÁFICA

El sistema supervisorio se encuentra constituido por un conjunto de pantallas o despliegues gráficos, que muestran las distintas áreas del proceso. Estos despliegues permiten al usuario ingresar datos, variables del proceso o simplemente visualizar una información de su interés relacionada con la operación de la Planta. También posee un sistema de acceso limitado para la seguridad de ingreso de datos al sistema, es decir, contiene un usuario y clave para restringir la entrada a determinadas pantallas. Todas las pantallas tienen botones de desplazamientos para ir otras pantallas de una forma más fácil.

Este sistema está compuesto por cuarenta y una (41) pantallas. Las pantallas que conforman el sistema de supervisión y monitoreo son las siguientes:

Pantalla Principal del Sistema (Menú)

Pantallas de los Lechos de la Planta Desmineralizada:

Filtro de Carbón Activo (770-V.10-A)

Filtro de Carbón Activo (770-V.10-B)

Intercambiador Catiónico (770-V.11-A)

Intercambiador Catiónico (770-V.11-B)

Torre Desgasificadora (770-V.13)

Intercambiador Aniónico (770-V.12-A)

Intercambiador Aniónico (770-V.12-B)

Intercambiador Lecho Mixto (770-V.15-A)

Intercambiador Lecho Mixto (770-V.15-B)

Pantallas de Regeneración:

Intercambiador Aniónico A

Intercambiador Aniónico B

Intercambiador Catiónico A

Intercambiador Catiónico B

Intercambiador Lecho Mixto A

Intercambiador Lecho Mixto B

Pantallas de Tanques Químicos que interviene en el proceso de Desmineralización:

Tanque de Agua Desmineralizada (770-S.1)

Fosa de Neutralización (770-S.10)

Tanque de NaOH (770-V.17)

Tanque de H₂SO₄ (770-V.16)

Arquitectura CompactLogix

Comandos Adicionales

Operaciones Lechos: Pantalla de Producción, Regeneración y Mantenimiento.

Configuración Bypass: Parámetros de Regeneración

Status de Bombas y Sopladores

Status de Válvulas:

Cación (770-V.11-A/B)

Anión (770-V.12-A/B)

Mixto (770-V.15-A/B) y Tanques Químicos

Historial de Alarmas

Alarma Banner

Alarmas Activas

Leyenda

Pantallas de Configuraciones de Tiempos:

Intercambiador Catiónico 770-V.11-A/B

Intercambiador Aniónico 770-V.12-A/B

Intercambiador Lecho Mixto 770-V.15-A/B

Pantallas de Mantenimiento:

Intercambiador Catiónico A

Intercambiador Catiónico B

Intercambiador Aniónico A

Intercambiador Aniónico B

Intercambiador Lecho Mixto A

Intercambiador Lecho Mixto B

A continuación se describirán las pantallas mencionadas anteriormente de una forma breve.

4.5.1 Pantalla Principal del Sistema

En la pantalla del Menú Principal del sistema, se observa la disposición de los equipos que forman parte de la planta de tratamiento de Agua Desmineralizada; el orden en el cual se encuentran todos los equipos mayores, es decir la ubicación física en campo, y estos son: Filtro de Carbón

Activo (770-V.10-A/B), Intercambiador Catiónico (770-V.11-A/B), Torre Desgasificadora (770-V.13), Bombas (770-P.10-A/B/C), Intercambiador Aniónico (770-V.12-A/B) e Intercambiador Lecho Mixto (770-V.15-A/B) permitiendo el desplazamiento a cada pantalla individual (Ver Anexo C-1).

4.5.2 Pantallas de Lechos de la Planta Desmineralizada

En estas pantallas se visualizan todos los lechos que forman parte de la Planta de Agua Desmineralizadora por individual (Cación A/B, Anión A/B, Misto A/B y Torre Desgasificadora). Se pueden observar instrumentos como válvulas, sensores de flujo o de conductividad, motores, entre otros que estarán animados de acuerdo su estado. También se puede decir que el tren A y el tren B actúan de la misma forma y poseen los mismos equipos, es por eso que se realiza la misma arquitectura y filosofía de operación para estos lechos.

4.5.2.1 Filtro de Carbón Activo (770-V.10-A/B)

Estas pantallas son netamente para mostrar los instrumentos que forman parte del Filtro de Carbón A y B, ya que estos poseen una serie de válvulas que sólo se pueden abrir o cerrar manualmente por el operador en campo, y es importante señalar que no tienen señal en el PLC y por lo tanto no se pueden mostrar sus status. También poseen una barra inferior para ingresar a todos los lechos de la planta de una forma más fácil (Ver Anexo C-2).

4.5.2.2 Intercambiador Catiónico (770-V.11-A/B)

En estas pantallas se observan todas las válvulas que poseen cada lecho, mostrando su status en tiempo real dependiendo el color que tengan. Y también a través de los switches (77-FQS-301A/B) se monitorea el flujo.

Por otra parte, también contienen un indicador ubicado en la parte izquierda que permite visualizar la etapa por el cual está pasando el lecho, o a través del color que dibuja todo el tanque (Ver Anexo C-3).

4.5.2.3 Torre Desgasificadora (770-V.13)

Se muestran los instrumentos que forman parte de la Torre Desgasificadora como válvulas, bombas (770-P.10-A/B/C), sopladoras (770-K.10-A/B) y sensores de arranque y parada de las bombas (770-HS-300-A/B/C), que permiten observar su estado. También por medio del switch (77-LSL-301) se puede monitorear el nivel de la Torre Desgasificadora.

La pantalla contiene indicadores ubicados en la parte inferior izquierda, que le permite visualizar la etapa por el cual está pasando cada lecho (770-V.11-A/B;770-V.12-A/B;770-V.15-A/B) (Ver Anexo C-4).

4.5.2.4 Intercambiador Aniónico (770-V.12-A/B)

En las pantallas se observan las válvulas y los switches (77-ASH-300A/B) que monitorean la conductividad en los lechos. También contienen un indicador ubicado en la parte izquierda que le permite al operador visualizar la etapa por el cual está pasando el lecho, además del color que dibuja todo el tanque (Ver Anexo C-5).

4.5.2.5 Intercambiador Lecho Mixto (770-V.15-A/B)

Las pantallas de los Intercambiadores Mixtos A y B, muestran las válvulas, switches de flujo (77-FQS-303A/B) y conductividad (77-ASH-301A/B) de los tanques. Al igual que los otros lechos poseen un indicador ubicado en la parte izquierda que permite visualizar la etapa por el cual está pasando, o a través del color que este posea (Ver Anexo C-6).

4.5.3 Pantallas de Regeneración

Estas pantallas contienen una matriz Causa/Efecto para cada lecho que conforma la planta de Agua Desmineralizada (Cación A/B, Anión A/B y Mixto A/B); estas matrices poseen todos los equipos que intervienen en las etapas de regeneración y producción con la finalidad de que se conozcan con certeza el status de los lechos.

4.5.4 Pantallas de Tanques Químicos

4.5.4.1 Tanque de Agua Desmineralizada (770-S.1)

En esta pantalla se muestran los instrumentos que forman parte del Tanque de Agua Desmineralizada como válvulas, bombas (770-P.12-A/B) que se encuentran en la parte inferior del tanque y poseen indicadores de status. También contienen indicadores ubicados en la parte inferior izquierda que permiten observar las etapas por el cual están pasando los lechos: 770-V.11-A/B;770-V.12-A/B;770-V.15-A/B.

4.5.4.2 Fosa de Neutralización (770-S.10)

En la pantalla de la Fosa de Neutralización se observan instrumentos como válvulas, bombas (770-P.11-A/B), switches de status para los motores (770-HS-301-A/B), sopladores (77-K.11-A/B/C) y switches de status para sopladores (77-HS-304-A/B/C). También contienen indicadores de nivel alto (77-LSH-306) y nivel bajo (77-LSL-306) que monitorean la Fosa. Por medio de esta pantalla se realiza la apertura y el cierre de las válvulas XY-338A (Válvula del Tanque de Ácido) y XY-338B (Válvula del Tanque de NaOH) dependiendo del pH requerido en el sistema.

4.5.4.3 Tanque de NaOH (770-V.17)

En la pantalla del Tanque de NaOH se presentan las bombas (770-P.14-A/B), y los switches de status para las bombas (770-HS-302-A/B). Al igual que todos los tanques químicos poseen indicadores ubicados en la parte izquierda de los lechos: 770-V.11-A/B;770-V.12-A/B;770-V.15-A/B.

4.5.4.4 Tanque de H₂SO₄ (770-V.16)

En dicha pantalla se muestran las válvulas (XY-77-335; XY-77-336; XY-77-337), bombas (770-P.13-A/B/C), swiches de status de las bombas (770-HS-303-A/B/C) que permiten observar su estado dependiendo del color que estos posean.

4.5.5 Arquitectura CompactLogix

En esta pantalla se muestra la Arquitectura de control de todo el sistema diseñado para la Planta de Agua Desmineralizada. Esta pantalla se encarga de mostrar el Status del PLC a través de indicadores. También por medio de esta se puede observar si algún módulo del PLC se encuentra en falla dando una alarma en todo el sistema.

4.5.6 Comandos Adicionales: Comando de Regeneración y Producción

A través de esta pantalla se pueden realizar las siguientes operaciones:

Procedimiento para Forzar Producción:

Por medio de esta pantalla se tiene la opción de realizar otra producción cuando se termine dicho proceso, bien sea por las características del agua u otros factores que intervengan.

Procedimiento para Agotar Lecho:

También se tiene la opción de agotar los lechos, es decir se puede sacar los lechos del proceso de producción.

Procedimiento para Saltar Paso de Regeneración:

A través de esta pantalla se puede saltar de paso de Regeneración, siempre y cuando esté activo dicho proceso, y no exista ninguna alarma de parada.

4.5.7 Operaciones Lechos: Pantalla de Producción, Regeneración y Mantenimiento

A continuación se describen las operaciones que se pueden realizar por medio de esta pantalla:

Procedimiento para Regenerar:

A través de esta pantalla se tiene la opción de regenerar cada lecho, siguiendo las combinaciones lógicas descrita en la nueva filosofía de operación (Ver Sección 3.10.1.2).

Procedimiento para Producir:

También se puede llevar a cabo el proceso de producción de cada lecho con las combinaciones lógicas explicadas en la nueva filosofía de operación (Ver Sección 3.10.1.1).

Procedimiento para Mantenimiento:

Por medio de esta pantalla se puede realizar el mantenimiento de cada lecho. Este proceso sólo se activa cuando los procesos de producción y regeneración no se encuentren activos. El mantenimiento sólo se puede realizar cuando el lecho se encuentre en Espera de Producción y se debe asegurar que todas las válvulas se encuentren CERRADAS al finalizar el Mantenimiento.

Procedimiento para Activar el Tipo de Agua:

También se puede escoger el tipo de agua a utilizar en la regeneración para todos los trenes (Agua DEMI o Agua Normal).

4.5.8 Configuración Bypass: Parámetros de Regeneración

Esta pantalla muestra la posibilidad de activar un bypass que permita continuar la producción en dado caso que los switches de flujo o de conductividad estén en alarma o activados. En esta se encuentran todos los lechos que forman parte de la planta de Agua Desmineralizada con sus pulsadores para activar el bypass e indicadores de estados.

Esta pantalla posee un control de acceso, es decir sólo se puede ingresar a esta colocando el usuario y la clave en el Menú Principal.

4.5.9 Status de Bombas y Sopladores

Esta pantalla muestra el estado de cada uno de los sopladores y bombas del sistema, es decir sí están activados o desactivado. También se puede colocar estos en modo manual o automático para realizar pruebas de funcionamiento o ser manipulados desde campo o sala de control, cada equipo posee un pulsador para realizar esta operación.

4.5.10 Status de Válvulas

En estas pantallas se aprecian todas las válvulas que poseen los tanques y las que intervienen en el proceso de Agua Desmineralizada. Se pueden conocer a través de éstas el status de las válvulas, es decir sí se encuentran activadas, desactivadas o en falla.

Es importante saber si los comandos enviados por el PLC hacia las válvulas son los correctos es por eso que se coloca un indicador del PLC al lado de cada válvula.

4.5.11 Historial de Alarmas

Este registra y guarda todas las alarmas ocurridas, hora cuando se generó la alarma, fecha de reconocimiento, y el mensaje respectivo que permite una mejor y más rápida ubicación de la falla ó el problema. Esta pantalla puede guardar un máximo de 10.000 alarmas sin ser borradas.

4.5.12 Alarma Banner

En esta pantalla se pueden visualizar las alarmas generadas en el sistema. Se tiene un despliegue en la parte superior de cualquier pantalla que se esté observando en el momento en que se produzca la falla, y se mantiene permanente hasta que se presionen los botones de: RECONOCER ó RECONOCER TODAS.

4.5.13 Alarmas Activas

Se puede visualizar todas las alarmas que aún se encuentran activas en el sistema. Cada falla se puede detallar con el disparador respectivo que genera la alarma, el valor de dicho disparador, la cantidad de veces que se ha producido una alarma en el sistema, el tiempo que tiene como alarma activa en el sistema y el mensaje correspondiente para una mejor indicación y ubicación para el operador.

4.5.14 Leyenda

En esta pantalla se muestran todos los equipos que forman parte del proceso, sin ningún orden específico se observan la lista de nombres, y así se puede reconocer cada elemento más fácilmente. Se colocaron todos los

lechos que intervienen en el proceso, bombas y sopladores para servir como guía a todas las personas que trabajen en el área.

4.5.15 Pantallas Configuraciones de Tiempos

En las pantallas de Configuraciones de Tiempo, cada paso de regeneración posee un display numérico para colocar el tiempo que se requiera en ese momento. Este tiempo se toma como condición inicial para dar comienzo al proceso, hasta que dicho valor sea modificado. Y este tiempo se guarda y se refleja también en las pantallas de Regeneraciones de los lechos descrita anteriormente. Estas pantallas poseen un control de acceso, ya que la variable de tiempo para cada proceso es un factor de suma importancia para realizar el proceso de Agua Desmineralizada.

4.5.16 Pantalla de Mantenimiento

En las pantallas de Mantenimiento se muestran una arquitectura muy similar a las pantallas de los lechos, y el tren A y el tren B actúan de la misma manera. Estas pantallas tienen como objetivo verificar la apertura y cierre de todas las válvulas de los lechos a través de los botones ubicados en la parte izquierda de la pantalla, siempre y cuando los lechos se encuentren en mantenimiento.

4.6 DISEÑO DE LA COMUNICACIÓN ENTRE EL PLC Y LA SALA DE CONTROL DE LA PLANTA

Con el objetivo de realizar una arquitectura de comunicación entre el PLC del nuevo sistema y el TDC 3000 ubicado en sala de control (DCS), se propuso la red Modbus ya que la empresa desea unificar los protocolos de los equipos existentes en la planta, y por las ventajas que éste posee a la hora de transmitir datos.

La finalidad de dicho protocolo es establecer una conexión entre equipos, asegurando que todos los mensajes se transfieran correctamente, realizando un chequeo de errores en cada mensaje que transmite, y por esta razón se detecta rápidamente si un mensaje enviado no llega correctamente a su destino.

Por requerimientos de SOCA no se implanta dicha comunicación, es decir, sólo se debe instalar todos los equipos y adaptar las rutinas Modbus en la programación, ya que la planta tiene planes de cambiar la arquitectura de control del TDC-3000 para que en un futuro pueda monitorear variables de importancia para el personal. La arquitectura propuesta para el establecimiento de la comunicación es la que a continuación se muestra:

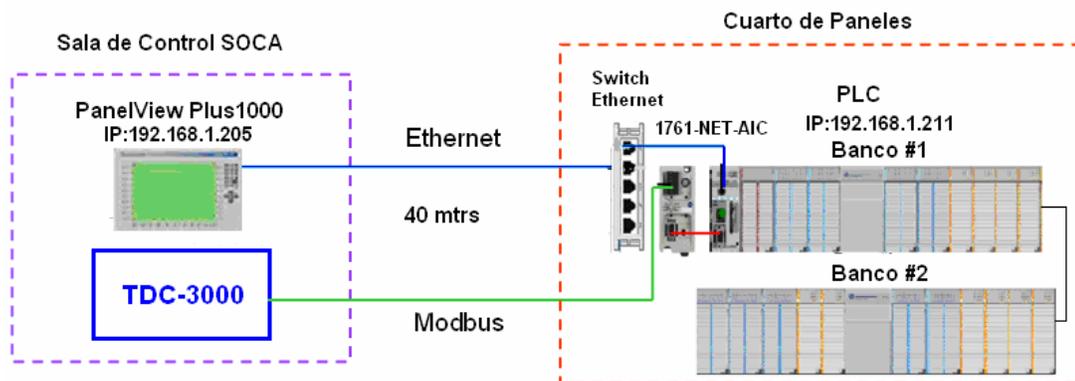


Figura 4.19. Arquitectura de Comunicación.

Para que el PLC CompactLogix pueda interactuar con el TDC-3000 de la planta, se debe conectar un convertidor de Interfaz 1761-NET-AIC de la plataforma Rockwell Automation. Esta interfaz es un módulo que permite realizar un enlace de comunicación entre varios dispositivos de red.

El convertidor puede usarse de dos modos: como punto a punto, y como convertidor RS-232 a RS-485. Para la conexión de la planta de Agua Desmineralizada se utiliza como convertidor RS-232 a RS-485, ya que el TDC 3000 posee este tipo de conector.

La interfaz de comunicación dispone de tres puertos, los cuales puede acoplarse tanto PLC'S y otros dispositivos periféricos como PanelView, etc. A continuación se presenta la distribución de los puertos en la interfaz:

El puerto 1 se utiliza para conectar el TDC-3000 de la planta con dicha interfaz que se encuentra en el panel a una distancia de 40 mtrs a través del conector RS-485 vía Modbus.

El puerto 2 se deja disponible.

El puerto 3 se usa para comunicar la interfaz con el PC CompactLogix por medio de un conector RS-232 (DB-9).

En la figura 4.20 se muestra una imagen de este acoplador de interfaz.

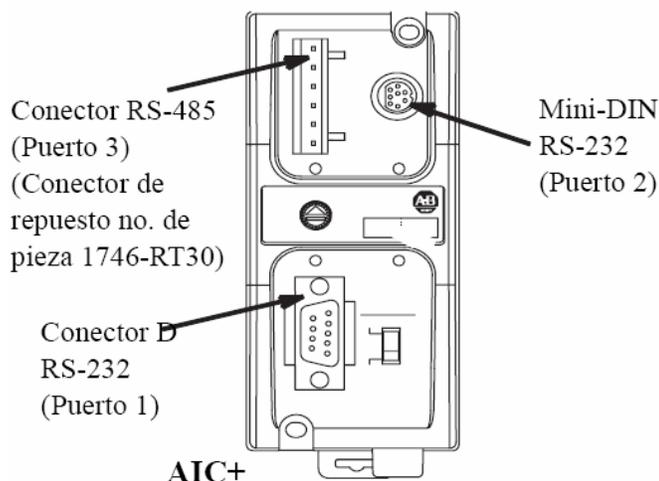


Figura 4.20. Interfaz de Comunicación 1761-NET-AIC. Fuente: Allen B.

Para la conexión entre la interfaz y el PLC se debe construir e instalar un conector RS-232 y DH-485 con las siguientes características mostradas de la tabla 4.3.

Tabla 4.3. Funciones de los pines de los Conectores RS-232 y DH-485.

N-Pin	DB-9 (RS-232) Puerto 1	(DH-485 Connetor) Puerto 3
1	Detección de portadora (DCD)	Tierra del Chasis
2	Recibir datos (RXD)	Blindaje del Cable
3	Transmitir datos (TXD)	Señal de Tierra
4	Terminal de datos listo (DTR)	DH-485 data B
5	Señales Comunes (GRD)	DH-485 data A
6	Equipo de datos listo (DSR)	Terminal
7	Solicitud de envío (RTS)	No Aplica
8	Libre para envío (CTS)	No Aplica
9	No Aplica	No Aplica

En la figura 4.21 se muestran físicamente los conectores para el puerto 1 y 3.

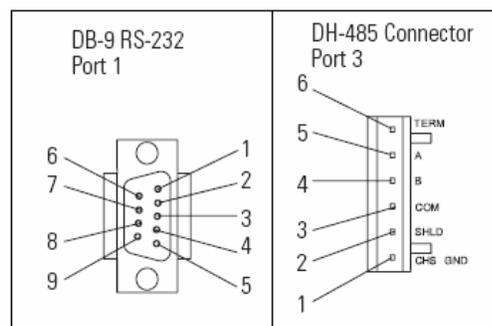


Figura 4.21. Conectores RS-232 y DH-485. Fuente: Allen B.

Para la arquitectura de comunicación se deben adaptar las rutinas Modbus a la programación del sistema. Estas rutinas son las mismas para

todos los equipos de la plataforma de Rockwell Automation, utilizando el modo ASCII con una programación en escalera, y se encuentran ubicadas en los archivos de ejemplo del software RSLogix 5000, llamadas Modbus Slave. En la figura 4.22 se muestran las rutinas en RSLogix 5000 para realizar dicha comunicación (Ver Anexo B-1).

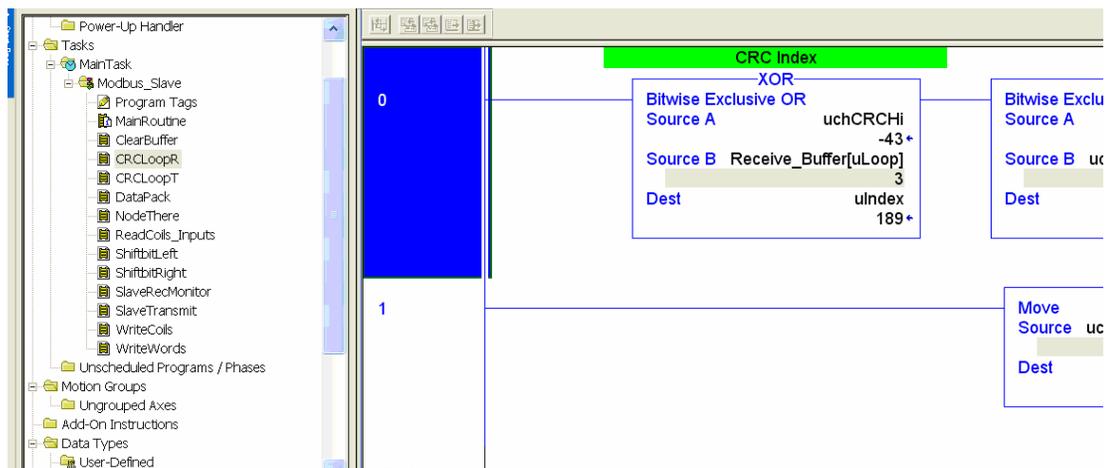


Figura 4.22. Rutinas para la Comunicación Modbus.

CAPÍTULO 5: PRUEBAS DE VALIDACIÓN Y DOCUMENTACIÓN REFERENTE A LA INTERFAZ HOMBRE – MÁQUINA PRODUCTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL DISEÑO REALIZADO

5.1 GENERALIDADES

En este capítulo se explican las pruebas realizadas al nuevo sistema, validando que el diseño cumpla con todas las expectativas planteadas. Además se presenta la documentación concerniente a la interfaz hombre – máquina que le suministra al operador los conocimientos indispensables para el manejo del sistema.

5.2 PRUEBAS DE VALIDACIÓN DEL SISTEMA

El objetivo de las Pruebas de Aceptación en Fábrica (FAT) es comprobar el buen funcionamiento del sistema antes de ponerlo en marcha en la planta. Estas pruebas realizadas en la empresa Domótica de Venezuela C.A., comprenden la verificación del software, interfaz hombre - máquina y la comunicación del PLC. A continuación se explican las pruebas de validación FAT:

5.2.1 Prueba de Software

El propósito de esta sección es asegurar que el programa del PLC en el software RSLogix 5000 se encuentre correctamente direccionado. Para esto se realizan una serie de pruebas, las cuales son:

5.2.1.1 Pruebas de las Señales de Entradas Discretas y Salidas Discretas

En esta prueba se verifica de forma visual si las direcciones físicas son iguales al direccionamiento de los canales en la programación del PLC para las señales de Entradas Discretas y Salidas Discretas. Se verifica dicho direccionamiento con las rutinas del programa del PLC llamadas: ENTRADAS_DISCRETAS y SALIDAS_DICRETAS (Ver Sección 4.3.7 y 4.3.12).

El formato de prueba refleja el TAG y la Dirección del PLC en la que se encuentran conectadas las señales. Para las entradas discretas se verifica desde el módulo IQ01 hasta IQ09. Y para las salidas discretas desde el módulo OW01 hasta OW10 (Ver Anexo D-1).

5.2.1.2 Prueba de Lógica de Control Programada

Esta prueba consiste en verificar el buen funcionamiento de las rutinas programadas en el PLC, diseñadas para la supervisión y control del proceso. Estas se llevan a cabo a través de las siguientes etapas:

Regeneración Cación A/B

Regeneración Anión A/B

Regeneración Mixto A/B

Se evalúa cada uno de los permisivos que se deben cumplir para realizar toda la regeneración. Una vez que la etapa se encuentre en ejecución, se verifica en los módulos de salida del PLC (de forma visual) la activación de los relés que simulan la apertura de las válvulas, el arranque de bombas o sopladores, entre otros.

Para esta prueba se utiliza una matriz Causa/Efecto para los lechos: Cation A/B, Anion A/B y Mixto A/B, donde se muestran todos los equipos que intervienen en las regeneraciones con la finalidad de que se conozca el status de cada lecho (Ver Anexo D-2).

5.2.1.3 Pruebas de Alarmas y Condiciones de Parada

Esta prueba se basa en simular la activación de cada una de las alarmas, y éstas a su vez accionan una parada de proceso. Se deben forzar en la programación del PLC las señales de alarmas para activar la parada de secuencia cuando el lecho se encuentre en producción o en regeneración. Estas alarmas son: switches de apertura y cierre de las válvulas, switches de conductividad y flujo entre otros.

Para esta prueba se especifica en una tabla todas las alarmas del sistema para ser activadas, donde se describen los tag's o los disparadores de alarmas, y además los mensajes de alerta que se reflejan en el PanelView Plus1000 (Ver Anexo D-3).

5.2.2 Inspección de Pantallas del PanelView Plus1000

En esta sección se valida la interfaz hombre - máquina (HMI) diseñada en el software FactoryTalk View (ME), con la finalidad de que se encuentren acorde a las especificaciones dadas. Básicamente consiste en visualizar todas las pantallas diseñadas desde el PanelView Plus1000, y describir sus funciones.

5.2.3 Pruebas de Comunicaciones del PLC

En esta prueba se comprueba la comunicación del PLC a través del software RSlinx Classic. Este software se encarga de conectar el PLC, entre otros dispositivos, con la computadora de prueba utilizando Microsoft XP de Windows. Proporciona el acceso de los controladores Allen-Bradley a una gran variedad de aplicaciones de Rockwell Software, tales como: RSLogix 5000 y FactoryTalk View utilizados para este sistema.

Primero se debe configurar o asignar la dirección IP al PLC en el puerto Ethernet con su respectiva máscara como se muestra en la figura 5.1, siguiendo la ruta: Panel de Control/Conexiones de red/Conexión en área local/Propiedades/Protocolo Ethernet (TCP/IP)/General.

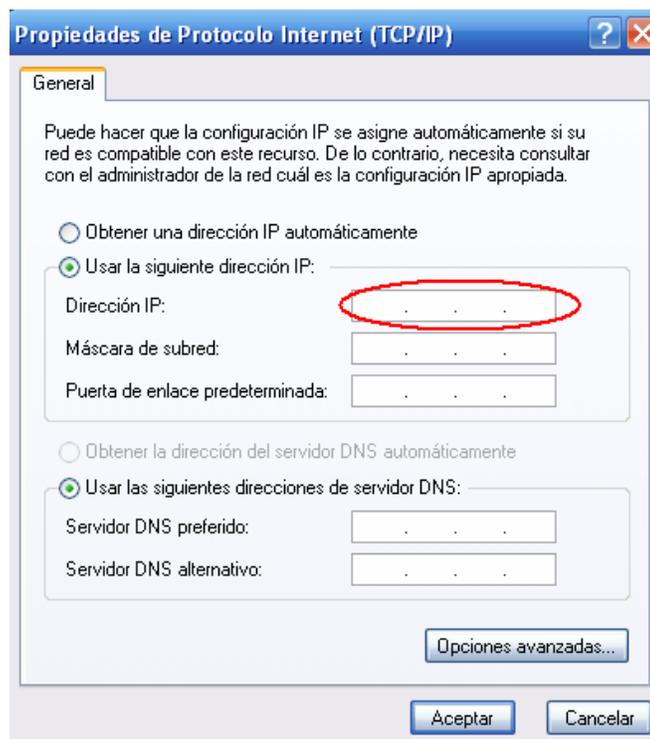


Figura 5.1. Ventana Propiedades de Protocolo Internet (TCP/IP).

Luego se inicia el software RSLinx Classic con la siguiente ruta como se muestra la figura 5.2.

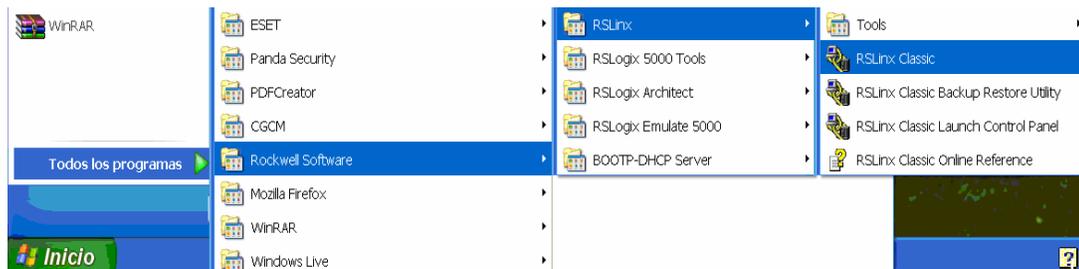


Figura 5.2. Inicio del software RSLinx Classic.

Después se procede a configurar la red existente a través de la barra superior de la ventana principal, se debe dar clic en Communications (Comunicaciones)/Configure Drivers (Configuración de Controladores), como se muestra en la figura 5.3.

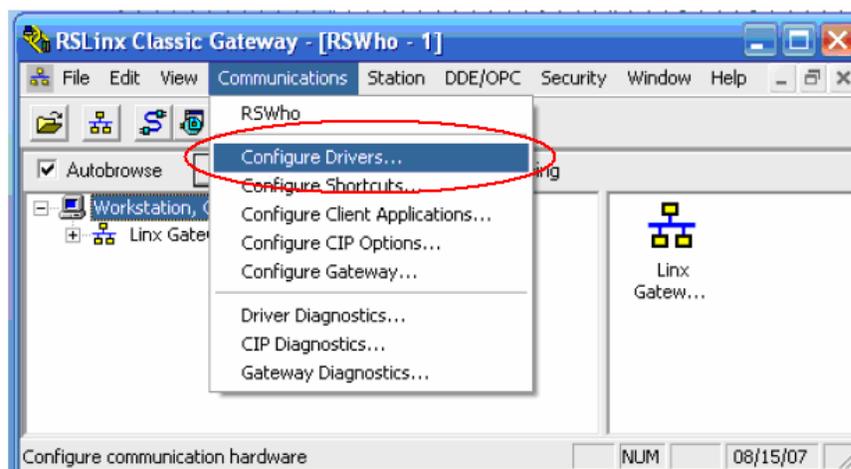


Figura 5.3. Barra Principal del software RSLinx Classic.

Del menú desplegable Available Driver Types (Tipos de Controladores Disponibles) se selecciona el driver (controlador). El controlador a utilizar es Ethernet Devices (Dispositivos Ethernet) como se muestra en la figura 5.4.

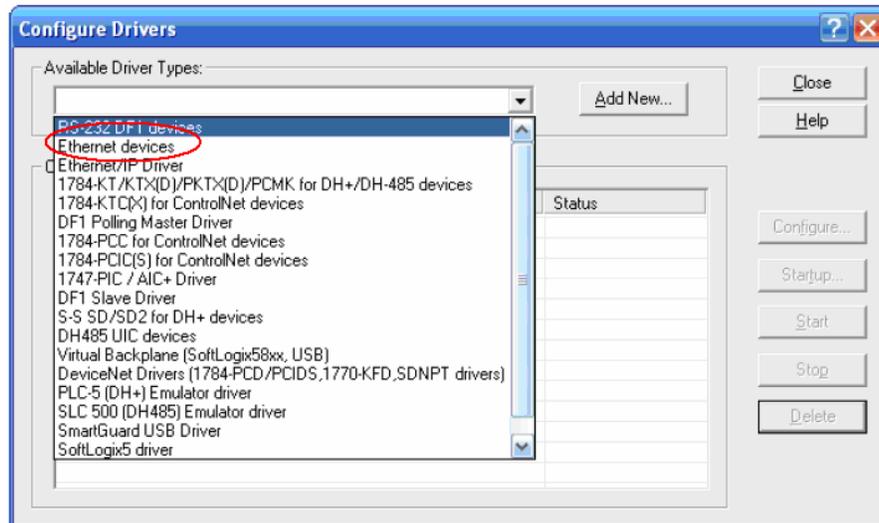


Figura 5.4. Menú Tipos de Controladores Disponibles.

Se asigna un nombre predeterminado por el software (AB_ETH-1) y la dirección IP del controlador o módulo de Comunicación del PLC a utilizar en el nuevo sistema (192.168.1.211), como se muestra en la figura 5.5.

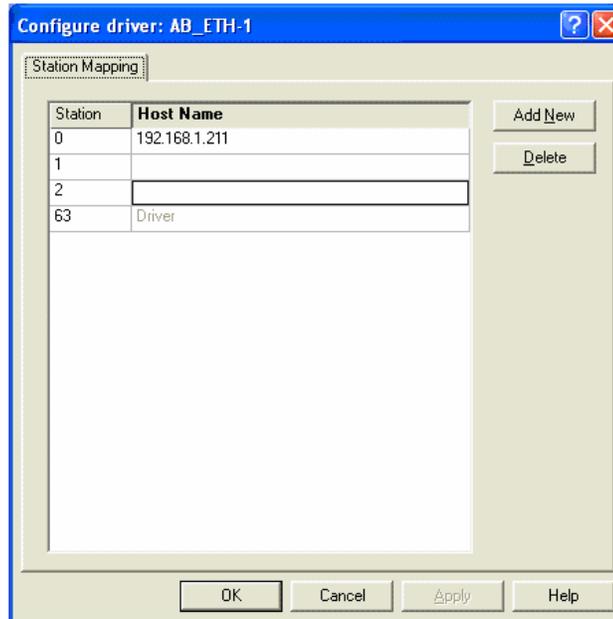


Figura 5.5. Ventana de Configuración de Controladores.

Ahora se pueden ver los equipos que están conectados al computador, para este caso el Controlador 1769-L35E con su dirección IP (192.168.1.211), todos los módulos y las rutas para acceder a éste, como se visualiza en la Figura 5.6.

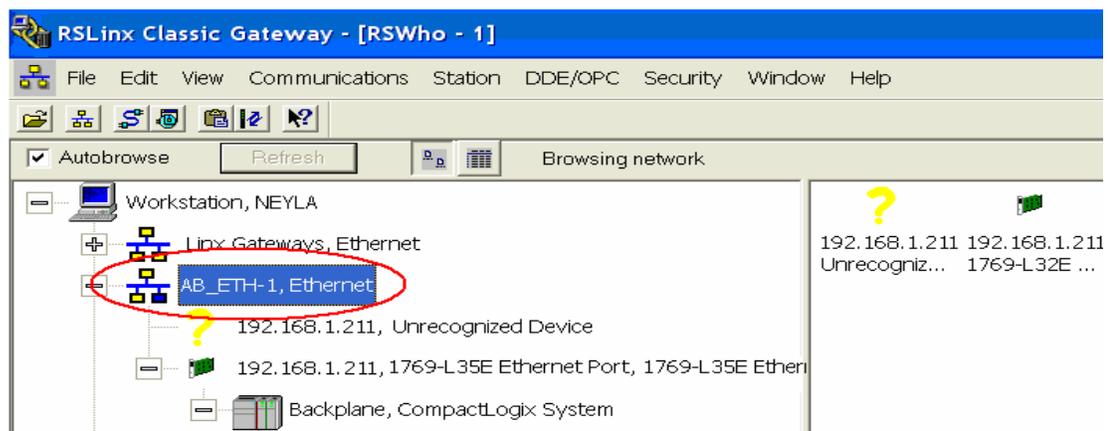


Figura 5.6. Pantalla Principal del Software RSLinx Classic.

En la tabla 5.1 se observan las configuraciones realizadas en el puerto Ethernet y el puerto serial del PLC.

Tabla 5.1. Configuración del Puerto Ethernet y Puerto Serial (PLC).

Medio de Comunicación	Parámetros Configurados	
Procesador 1769-L35E (Puerto Ethernet)	192.168.1.211	
Procesador 1769-L35E (Puerto Serial)	Baudios:	19200
	Bit de Datos:	8
	Bit de Parada:	1
	Paridad:	Ninguna

5.3 MANUAL DE LA INTERFAZ HOMBRE – MÁQUINA DIRIGIDO A OPERADORES DE LA PLANTA DE AGUA DESMINERALIZADA

Este documento describe la manera correcta de manipular el nuevo sistema a través de las pantallas de la interfaz hombre - máquina, y le permite al operador supervisar a distancia el proceso de Desmineralización de Agua ubicado en la planta Súper Octanos C.A.

5.3.1 Pantalla Principal del Sistema

Al iniciar la aplicación del HMI el operador puede visualizar la pantalla del Menú Principal del sistema donde tiene la opción de entrar a todos los despliegues a través de la barra inferior: Leyenda, Alarmas Activas, Historial de Alarmas, Tablas de Regeneración, Status (Estados), Fosa Neutralizadora y Tanques Químicos, Configuración y Operaciones de Lechos.

Esta pantalla contiene indicadores ubicados al lado derecho de cada tanque, que le permite al operador visualizar el status por el cual está pasando el recipiente. También se puede saber su status por el color que dibuja todo el tanque (Verde: Producción; Amarillo: Espera de Producción; Azul: Espera de Regeneración; Rojo: Parada; Naranja: Regeneración; Gris: Mantenimiento)

El operador puede apreciar el cambio de color de las letras (A ó B ó C) de las Bombas (770-P.10-A/B/C), el cual está relacionado con el status de estos equipos. Cuando una de estas bombas se encuentre arrancada se coloca la letra de color verde y en rojo apagada.

En la parte inferior de Menú Principal se localiza un recuadro “CLAVE” donde se encuentra un control de acceso para las pantallas de “Configuraciones” (Ver figura 5.7). Para ingresar se debe pulsar el botón de LOGIN (Iniciar sesión) y escribir el usuario y la clave. Para salir de este usuario se debe ir de nuevo a la pantalla de Menú Principal y pulsar el botón de LOGOUT (salir sesión), sólo de esta manera el usuario vuelve a estar bloqueado, de lo contrario se tiene acceso a todas las pantallas.

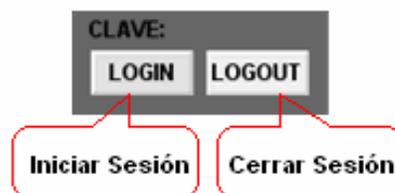


Figura 5.7. Recuadro de ingreso de Clave

5.3.2 Pantalla Filtro de Carbón Activo (770-V.10-A/B)

Si el operador ingresa a la pantalla de Filtro puede ubicar físicamente las válvulas que pertenecen a dicho tanque, ya que al no poseer señales con el PLC no tiene ninguna animación.

5.3.3 Pantalla Intercambiador Catiónico (770-V.11-A/B)

El operador puede observar el color de las válvulas dependiendo su status, es decir, verde sí se encuentran abiertas, rojo sí están cerradas, y amarillo (titilante) cuando ocurren una falla (Ver figura 5.8).



Figura 5.8. Status de Válvulas

Por medio de la señal (77-FQS-301A/B) proveniente del totalizador (77-FQ-301A/B) el operador debe monitorear el flujo desde el TDC-3000, la cual se activa una vez completado el set point de flujo del mismo para cambiar el estado de producción del lecho hacia la condición de agotamiento. Cuando se encuentre en estado Normal está en color verde, y rojo titilando en Alarma.

También contiene un indicador situado en la parte izquierda, que le permite al operador visualizar el status del lecho además del color que dibuja todo el tanque; todas las pantallas de los lechos poseen estos indicadores (Ver Figura 5.9).

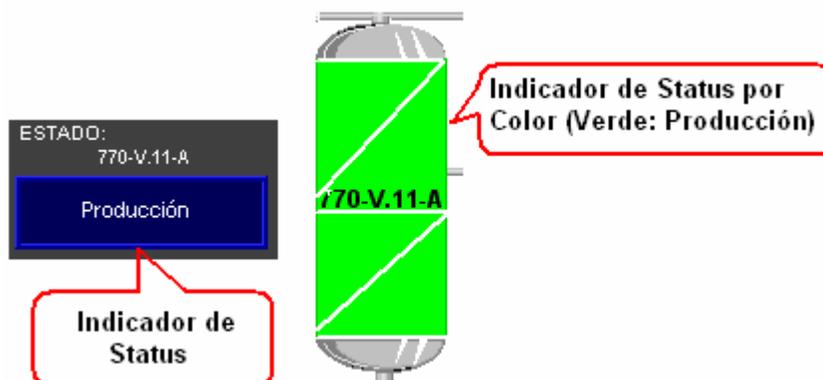


Figura 5.9. Status de Lecho

5.3.4 Pantalla Torre Desgasificadora (770-V.13)

El operador puede ubicar en la parte inferior de la torre los sopladores (770-K.10-A/B), y así observar el status de acuerdo el color de estos (arrancados de color verde, y rojo en parada). Las bombas (770-P.10-A/B/C) cambiaran de color de la misma manera que las bombas (Ver Figura 5.10).



Figura 5.10. Status de Motores

Por medio del switch (77-LSL-301) se puede monitorear el nivel de la Torre Desgasificadora (770-V.13), cuando se encuentre en un nivel apropiado se debe de colocar de color verde y rojo titilando en Alarma, es decir en bajo nivel.

Por otra parte, contiene indicadores ubicados en la parte inferior izquierda, que le permite al operador visualizar la etapa por el cual está pasando cada lecho (770-V.11-A/B;770-V.12-A/B;770-V.15-A/B).

5.3.5 Pantalla Intercambiador Aniónico (770-V.12-A/B)

En estas pantallas las válvulas muestran sus status de la misma forma que en los otros despliegues.

Por medio de la señal (77-ASH-300A/B) se monitorea la conductividad del agua desde el TDC-3000. Cuando se encuentre en los parámetros permitidos se coloca de color verde, y rojo titilando en Alarma. Cuando se activa la condición de alarma del PLC automáticamente pasa el lecho a condición de agotamiento.

5.3.6 Intercambiador Lecho Mixto (770-V.15-A/B)

En estas pantallas las válvulas reflejan sus status de la misma forma que en los otros despliegues.

Como condición de agotamiento del lecho (77-FQS-303A/B) y (77-ASH-301A/B) proveniente del TDC-3000 se monitorea el flujo y la conductividad, cuando se encuentre en los parámetros permitidos se coloca de color verde, y rojo titilando en Alarma.

5.3.7 Pantallas de Regeneración de los Lechos

A través de la matriz Causa/Efecto el operador puede visualizar el proceso que se está ejecutando en ese instante, mediante el recuadro verde titilante que refleja el nombre del paso situado en la parte izquierda de la pantalla; los otros recuadros quedan inactivos, es decir, sin titilar ó sin animación alguna. También se determina el status de las válvulas y equipos involucrados en dicha etapa, cuando los puntos (de color blanco) posean los siguientes colores:

Verde: cuando se encuentran en estado de Arranque ó Abierto.

Rojo: sí los equipos están en estado de Parada ó Cerrar.

Amarillo titilando: cuando se encuentran en Falla.

Adicionalmente se puede apreciar el tiempo (en segundo) que se ha configurado para la duración de cada etapa, esto se puede apreciar en los displays azules al lado de cada etapa. Estos displays llevan un conteo regresivo hasta llegar a cero (cuando el proceso haya culminado).

5.3.8 Pantalla Tanque de Agua Desmineralizada (770-S.1)

Las bombas (770-P.12-A/B) de la parte inferior del tanque poseen indicadores (770-HS-301-A/B) asociados a los selectores que se encuentran físicamente en la consola del operador (DCS), estas bombas cambian de color mientras el operador posicione el selector en arrancar (Verde) o parar (Rojo).

5.4.9 Pantalla Fosa de Neutralización (770-S.10)

Las bombas (770-P.11-A/B) poseen switches de status (770-HS-301-A/B), cuando estos se encuentran de color rojo están en Parada y cuando están de color verde Arrancados. Al igual que las bombas, los sopladores (77-K.11-A/B/C) también poseen switches (77-HS-304-A/B/C) que actúa de la misma manera, y los selectores se encuentran físicamente en la consola del TDC-3000.

Por medio de los indicadores de nivel alto (77-LSH-306) y nivel bajo (77-LSL-306) se monitorea la fosa. Cuando se encuentre en alto nivel (verde), y (rojo titilando) en bajo nivel.

También por medio de esta pantalla se realiza la apertura y el cierre de las válvulas XY-338A (Válvula de Inyección de H₂SO₄ a la piscina) y XY-338B (Válvula de Inyección de NaOH a la piscina). Para abrir la válvula

primero el operador debe colocar un tiempo (en segundos) en el display azul (Ver figura 5.11).



Figura 5.11. Display para Válvula 77-XY-338^a

Una vez colocado dicho tiempo debe pulsar el botón de “Abrir” que se encuentra al lado este display, y se despliega el siguiente mensaje de confirmación:



Figura 5.12. Mensaje para Abrir Válvula XY-338A

Sí presiona la opción SI la válvula sólo queda abierta por el tiempo establecido anteriormente y esta cambia a color verde, el display empieza a contar de forma regresiva hasta llegar a cero (0) segundos (la válvula se cerrará automáticamente), sí presiona la opción NO ó decide salir del mensaje presionando X, la válvula continuará cerrada y de color rojo, y desaparecerá el mensaje y la acción quedará sin efecto.

Sí el operador desea cerrar la válvula antes del tiempo definido, pulsa en el display el botón de “Cerrar”, y se despliega el mensaje de confirmación (Ver Figura 5.13).

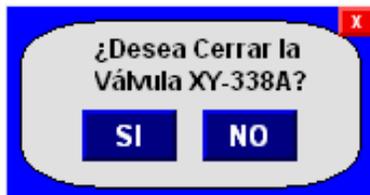


Figura 5.13. Mensaje para Cerrar Válvula XY-338A

5.3.10 Pantalla Tanque de NaOH (770-V.17)

En este despliegue se observan las bombas (770-P-14-A/B) que pueden cambiar de color según su status. Y por medio de los switches (77-LSH-302) y (77-LSL-303) se monitorea el nivel del tanque. Cuando el tanque posea bajo nivel el switch (77-LSL-303) se activará (rojo titilante) y las bombas (770-P-14-A/B) se pararán automáticamente. De lo contrario, las bombas continuarán arrancadas y el switch (77-LSH-302) estará de color verde.

5.3.11 Pantalla Tanque de H₂SO₄ (770-V.16)

En esta pantalla se muestran las bombas (770-P-13-A/B/C) que cambian de color dependiendo su status. Y a través de los switches de alto y bajo nivel (77-LSH-304; 77-LSL-305) el operador puede supervisar el nivel del tanque. El bajo nivel del tanque inhabilita el arranque de las bombas 770-P-13-A/B/C.

5.3.12 Pantalla Arquitectura CompactLogix

A través de esta pantalla se observa el status del PLC. Este se visualiza en el recuadro del lado izquierdo de la pantalla, donde se encuentra tres (3) estados: Modo Run, Modo Program y Modo Falla (Ver Figura 5.14).

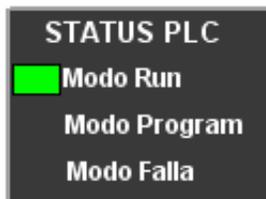


Figura 5.14. Status del PLC

También por medio de esta pantalla se observa el estado de cada módulo que conforman el PLC: Módulo de Entrada Analógica (IF), Módulos de Entradas Discretas (IQ) y Módulos de Salidas Discretas (OW). En estado Normal el módulo se encuentra de color gris (color original), y sí el módulo se encuentra en condición de falla se coloca de color rojo titilando. El módulo se puede ir a Modo Falla cuando exista un desperfecto electrónico entre otros problemas. En el lado derecho de la pantalla se encuentra una “Leyenda” que identifica todos los elementos y vías de comunicación que posee el sistema en general, y servir como ayuda para el operador.

5.3.13 Pantalla Comando Adicionales

Procedimiento para Forzar Producción:

Para activar este procedimiento el lecho debe estar en “Espera de Regeneración”, y las opciones de regeneración, mantenimiento y alarma de parada deben de estar inactivas. Cada lecho posee un botón de “Forzar Producción” al lado derecho. Al pulsarlo se despliega el mensaje de confirmación. Sí se presiona la opción SI el lecho cambia a “Espera de Producción”, sí presiona la opción NO ó decide salir del mensaje presionando X, desaparece el mensaje y la acción queda sin efecto (Ver Figura 5.15).



Figura 5.15. Mensaje para Forzar Producción

Procedimiento para Agotar Lecho:

Esta opción puede ser activada sólo cuando el lecho se encuentre en

Espera de Producción. Cada lecho tiene un pulsador "Agotar el Lecho". Y al pulsarlo se despliega el mensaje de confirmación. Sí se presiona la opción SI el lecho cambia a "Espera de Regeneración" en ese instante, sí presiona la opción NO ó decide salir del mensaje presionando X, desaparece el mensaje y la acción queda sin efecto (Ver Figura 5.16).



Figura 5.16. Mensaje para Agotar Lecho

Procedimiento para Saltar Paso de Regeneración:

Por medio de esta pantalla el operador puede saltar de paso de Regeneración, siempre y cuando esté activo dicho proceso, y no exista ninguna alarma de parada. Al lado de estos pulsadores se observa un indicador de estado, para que el operador pueda observar el status del tanque más fácilmente. Cada lecho posee un pulsador "Saltar Etapa de

Regeneración”, al presionar este se despliega el mensaje de confirmación, si se presiona la opción SI salta el paso que se está ejecutando en ese momento, si presiona la opción NO ó decide salir del mensaje presionando X, desaparece el mensaje y la acción quedará sin efecto (Ver Figura 5.17).

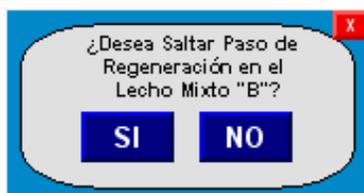


Figura 5.17. Mensaje para Saltar Paso de Regeneración

5.3.14 Pantalla Operaciones Lechos

Para llevar a cabo la regeneración, la producción o el mantenimiento de cada lecho, el operador debe ubicar los pulsadores que se encuentran al lado derecho de cada tanque. Cuando se desee activar alguna de estas opciones, se presiona el botón e inmediatamente aparece el mensaje de confirmación. Con ayuda de los indicadores que también se sitúan en el mismo lugar es más fácil visualizar el estado de cada lecho. Para estos procesos se debe tener en cuenta que:

El mantenimiento sólo se puede realizar cuando el lecho se encuentre en Espera de Producción.

Asegurarse que todas las válvulas se encuentren CERRADAS al finalizar el Mantenimiento.

Procedimiento para Activar el Tipo de Agua para Regeneración

Para determinar el tipo de agua a utilizar, primero se debe observar el recuadro que se encuentra en la parte inferior de la pantalla ¿qué tipo de agua se encuentra activa en ese momento?. Para cambiar el tipo de agua se debe presionar el botón e inmediatamente aparece el mensaje de confirmación como medida de seguridad (Ver Figura 5.18).

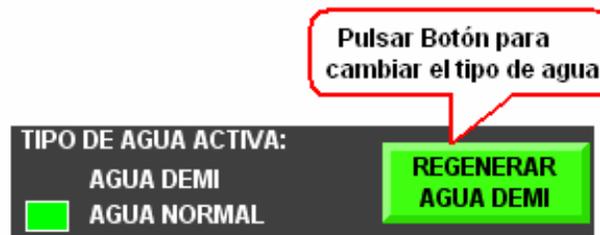


Figura 5.18. Botón para Tipo de Agua

5.3.15 Pantalla Configuración Bypass y Límites

A través de esta pantalla se puede activar un bypass que permite continuar con la producción en dado caso que los indicadores de flujo o de conductividad estén en alarma. Sí el operador desea activar el bypass, sólo debe presionar el botón “Activar” (Ver Figura 5.19).

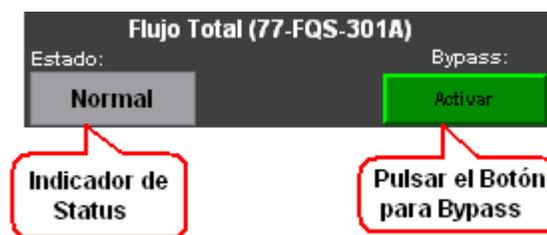


Figura 5.19. Botón para Bypass

Luego aparece el mensaje de confirmación Sí se presiona la opción SI se activa el bypass y se inhibe la condición que saca el lecho fuera de servicio, sí presiona la opción NO ó decide salir del mensaje presionando X, desaparece el mensaje y la acción quedará sin efecto. Para detener el

bypass, se debe presionar el botón “Desactivar”, e inmediatamente aparece el mensaje como medida de seguridad.

Cada indicador posee tres condiciones, las cuales son:

Normal: es cuando el recipiente se encuentra produciendo sin ningún problema, es decir cuando la condición de detener la producción no se encuentra activa.

Alarma: se acciona cuando la condición de parada se activa, es decir, cuando en el proceso ocurre una falla.

Bypass: se acciona cuando se quiere continuar la producción sin importar que se active la condición de parada, es decir cuando los indicadores de flujo ó conductividad estén en alarma.

5.3.16 Pantalla Status de Bombas y Sopladores

Esta pantalla le permite al operador conocer el status de cada uno de los Sopladores y Bombas de la planta. Estos se encuentran representados gráficamente, y en el momento en que se encuentren arrancados se colocan en color verde, y rojo apagados. Por medio de esta pantalla también se puede cambiar el modo de operación. Al lado de cada soplador o bomba se encuentra un botón que expresa el modo que se desea cambiar (Manual ó Automático); al pulsarlo éste cambia rápidamente y se visualiza el estado a través del indicador de color verde ubicado en la parte inferior.

Modo Manual

El operador puede arrancar/apagar desde Campo los sopladores o bombas siempre y cuando el modo en campo se encuentre en manual.

Sí el operador desea arrancar/apagar desde Sala de Control, el modo en campo debe estar en automático.

Modo Automático

El PLC envía el comando para arrancar/apagar los sopladores o bombas de acuerdo al proceso que se este ejecutando en ese momento. Y en campo es necesario que el modo se encuentre en automático.

5.3.17 Pantallas Status de Válvulas

Esta pantalla es netamente de indicación para el operador, a través de esta se puede conocer el status de las válvulas en un momento determinado del proceso. Cuando el PLC envía el comando de apertura hacia las válvulas, estas cambiarán a color verde al igual que el switch de posición abierta. Sí se encuentra en posición cerrada se coloca en color rojo y el switch de posición cerrada. Cuando exista una falla ambos switches; tanto el de posición abierta como el de posición cerrada, la válvula se colocará de color amarillo titilando.

5.3.18 Pantalla Configuraciones de Tiempos de los Lechos

El operador puede configurar el tiempo de cada etapa. Cada paso posee un display numérico para colocar el tiempo que se requiera en ese momento, siempre y cuando el operador esté al tanto de todo lo que está ocurriendo, ya que podrían ocurrir algunas fallas en el sistema. El operador primero debe presionar el display azul, luego se despliega una ventana simulando un teclado con números, debe introducir el tiempo en minutos y aceptar. Este tiempo promedio se toma como condición inicial para dar comienzo al proceso, hasta que dicho valor sea modificado (Ver Figura 5.20).

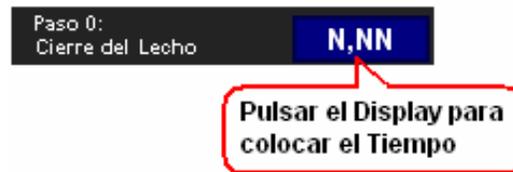


Figura 5.20. Display para Tiempo

Esta pantalla posee un control de acceso, para entrar a esta pantalla se debe ir hasta Menú Principal e ingresar el usuario y la clave.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo, se obtuvieron las siguientes conclusiones:

La descripción del proceso de la planta Desmineralizadora de Agua Unidad 770 tiene como finalidad identificar las variables que se supervisan en el nuevo diseño, y así desarrollar la arquitectura de control.

El nuevo diseño de supervisión debe sustituir el actual y obsoleto sistema proporcionando una arquitectura de control de última generación siguiendo los criterios de diseños establecidos, y así ser capaz de ejecutar la lógica necesaria para el control de la planta.

Se ha elaborado la programación del PLC tomando como base las señales internas de la planta. Siguiendo los requerimientos del nuevo sistema de control, se realiza una nueva filosofía de operación para la detención de fallas, manejo de variables y procesos.

Mediante la interfaz hombre – máquina se permite al usuario ingresar datos y visualizar una información a través del conjunto de pantallas o despliegues gráficos que muestran las distintas áreas del proceso.

La arquitectura de comunicación vía Modbus entre el nuevo sistema y sala de control de la planta va a permitir en un futuro unificar protocolos y apreciar variables de interés por los operadores.

Los resultados de las pruebas de validación han confirmado el buen funcionamiento del software del nuevo sistema, el cumplimiento de las especificaciones dadas para realizar la interfaz hombre – máquina, y corrobora la comunicación del PLC vía Ethernet.

Para el manejo del nuevo sistema a través de la interfaz hombre – máquina se realizó una documentación que va dirigido a los operadores de la planta que comprenden de varios pasos que se deben llevar a cabo para hacer algún proceso o actividad asociada a la planta Desmineralizadora de Agua.

RECOMENDACIONES

Para el buen funcionamiento del sistema se recomienda:

Analizar las especificaciones del fabricante para cada equipo a instalar, y así saber el voltaje que estos consumen, entre otras características para el desarrollo del sistema.

Estudiar los estándares y normas para realizar la programación, implementación de protocolos, interfaces, etc., de esta manera tendremos una sistema sin problemas.

Integrar al sistema los Filtros de Carbón Activo (770-V.10-A/B), ya que estos no se encuentran en el sistema de supervisión, y así tener un total control de todos los tanques de la planta de Agua Desmineralizada.

En el momento en que la planta cambie la arquitectura de control del TDC-3000, se debe poner en marcha el diseño de comunicaciones del PLC del nuevo sistema con el DCS vía Modbus, con el fin de monitorear variables de importancia para el personal.

Realizar un mantenimiento a todos los equipos en general para un buen funcionamiento, y no parar el proceso por alguna falla de este tipo.

BIBLIOGRAFÍA

ALLEN B., "Compact I/O 1769-IF8 Analog Input Module". Publicación 1769-IN067B-EN-P - Septiembre 2005.

ALLEN B., "Compact 32-point 24Vdc Sink/Source Input Module". Publicación 1769-IN032A-EN-P - Abril 2003.

ALLEN B., "Compact™ 16-Point AC/DC Relay Output Module". Publicación 1769-IN062A-EN-P - Diciembre 2001.

ALLEN B., "CompactLogix Controller 1769-L32E, 1769-L35E". Publicación 1769-IN020D-EN-P - Octubre 2008.

ALLEN B., "AIC+ Advanced Interface Converter Catalog Number 1761-NET-AIC". Publicación 1761-UM004B-EN-P - Junio 2006.

Escalona, J., "Diseño de un Sistema de Supervisión y Control para el Horno Calentador de Crudo H1 Basado en la Integración de un Panel View y un PLC 5/30. Estación Ored-5 Distrito Sur San Tomé". Trabajo de Grado. Universidad de Oriente. Universidad de Oriente. (2008).

Escalona, J. (2009). "Controladores Lógicos Programables ControlLogix y Sistema de Supervisión DMW (Personal de Operaciones). Manual de Adiestramiento. Venezuela.

García, A., "Diseño de un sistema de monitoreo y control para carga de buques y cisterna en la planta Metanol de Oriente Metor, S.A. complejo Petroquímico José Antonio Anzoátegui. Edo. Anzoátegui". Trabajo de Grado. Universidad de Oriente. Universidad de Oriente. (2009).

Morales, J., "Integración del Sistema de Supervisión y Control de los Procesos de Producción de Gas a la Base de Datos Operacional de Oriente". Trabajo de Grado. Universidad de Oriente. (2003).

Oca, J., "Diseño de una Unidad Portátil de Transmisión Remota de Datos Utilizando Comunicación Inalámbrica con los Instrumentos de Monitoreo y Control". Trabajo de Grado. Universidad de Oriente. (2006).

Rivera, N. "Automatización del Sistema de Medición de Gas en una Estación de Descarga y del Separador de una Estación de Flujo en una Compañía de Exploración y Producción de Petróleo y Gas". Trabajo de Grado. Universidad de Oriente. (2006).

Súper Octanos C.A. "Libro de Data RM Súper Octanos C.A.". (2010).

Súper Octanos C.A. "Filosofía de Operación Planta Agua Desmineralizadora Unidad 770". (2010).

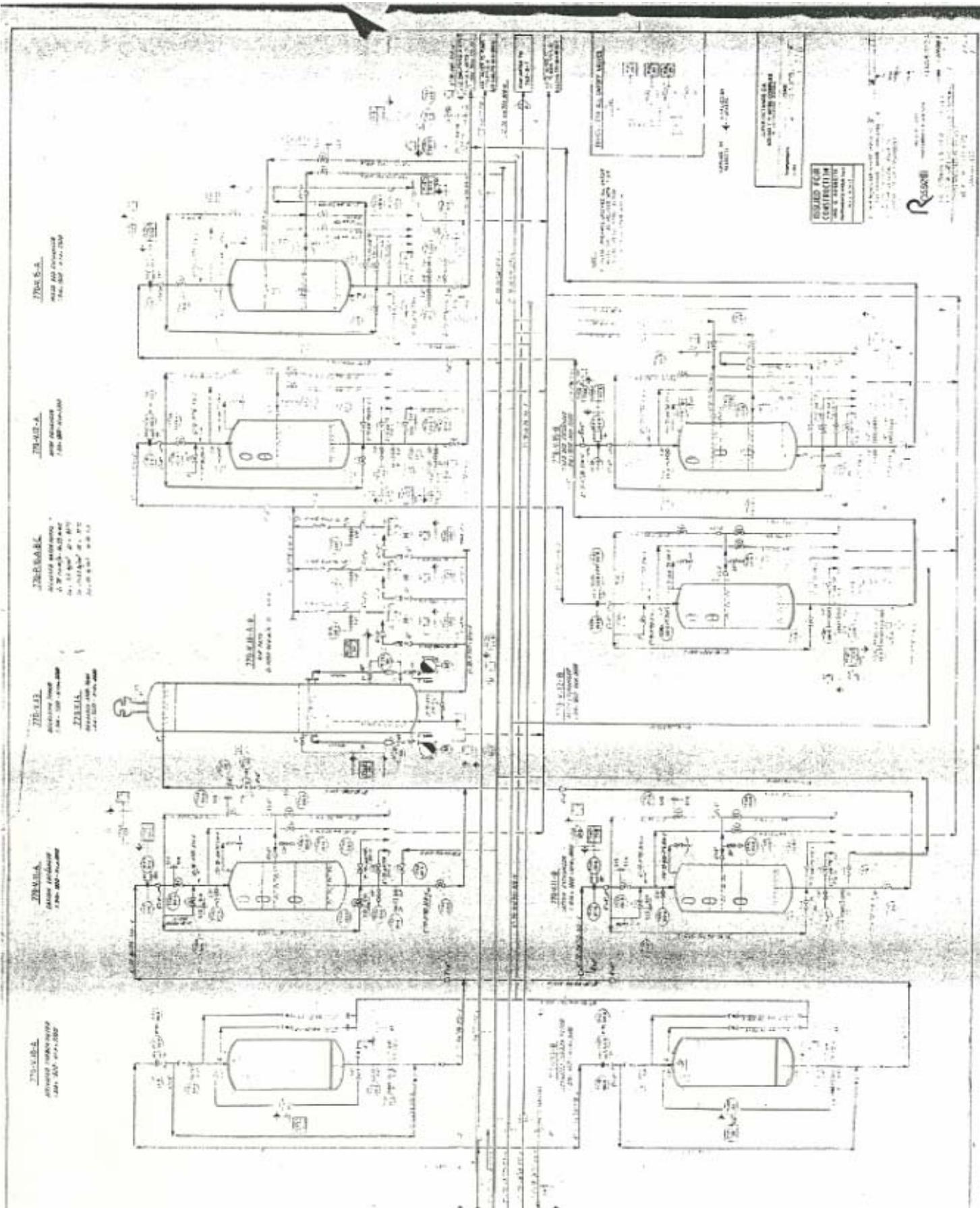
ANEXOS

ANEXOS A

PLANOS DE LA UNIDAD 770 PLANTA DESMINERALIZADORA DE AGUA

ANEXOS A-1

DISTRIBUCIÓN DE LOS LECHOS DE LA UNIDAD 770 PLANTA
DESMINERALIZADORA DE AGUA



Двигатель
 1000 В
 100 А

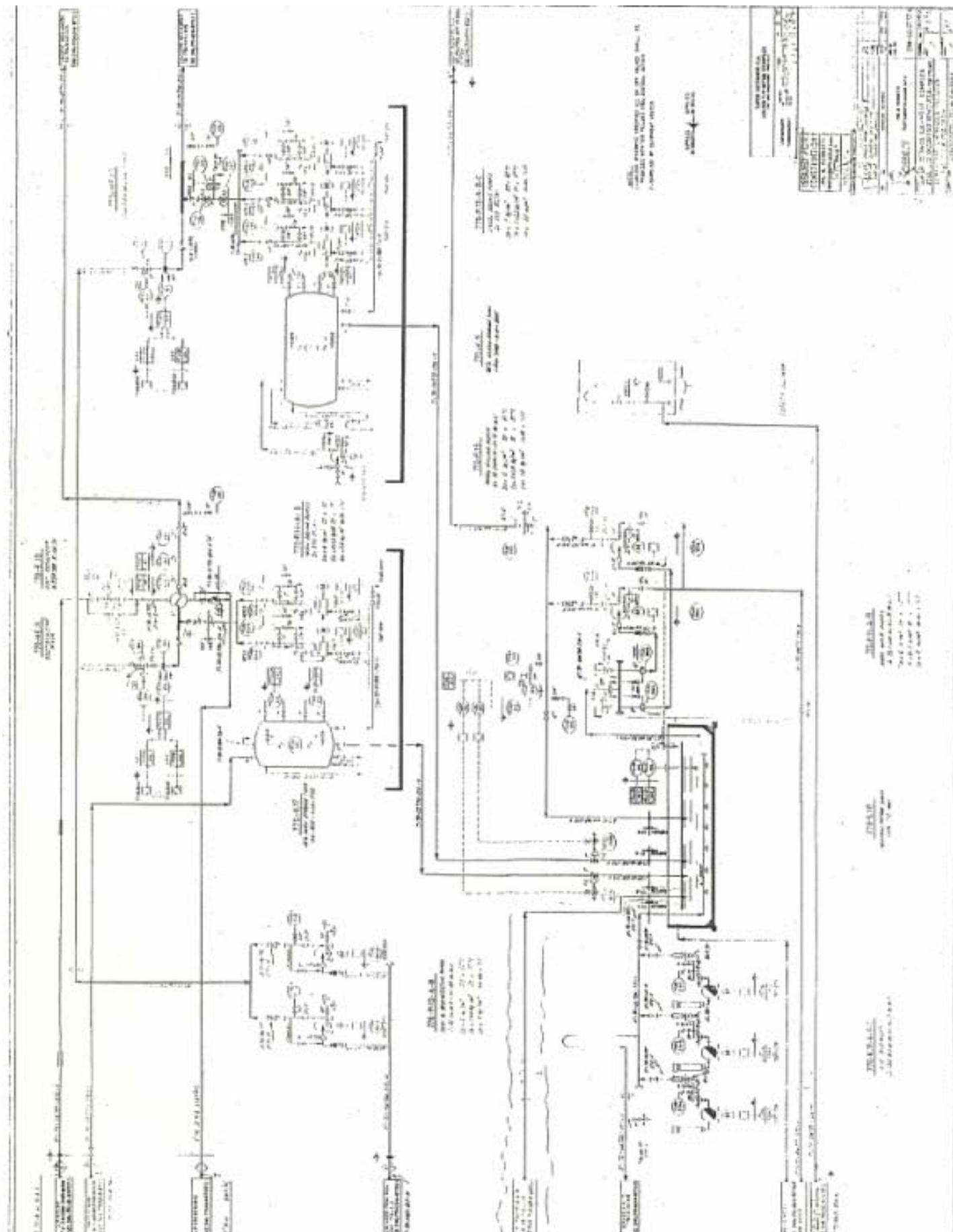
СЕРИЯ 4
 КОМПАНЬИ
 ЭЛЕКТРОМАШИНОСТРОЕНИЯ
 И ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ
 МОСКВА

Р

1000 В
 100 А
 1000 В
 100 А

ANEXOS A-2

DISTRIBUCIÓN DE LOS TANQUES QUÍMICOS DE LA UNIDAD 770
PLANTA DESMINERALIZADORA DE AGUA



REVISIONS	DATE	BY	REASON
1	1953	J. J. [unclear]	INITIAL DESIGN
2	1954	J. J. [unclear]	REVISIONS
3	1955	J. J. [unclear]	REVISIONS
4	1956	J. J. [unclear]	REVISIONS
5	1957	J. J. [unclear]	REVISIONS
6	1958	J. J. [unclear]	REVISIONS
7	1959	J. J. [unclear]	REVISIONS
8	1960	J. J. [unclear]	REVISIONS
9	1961	J. J. [unclear]	REVISIONS
10	1962	J. J. [unclear]	REVISIONS
11	1963	J. J. [unclear]	REVISIONS
12	1964	J. J. [unclear]	REVISIONS
13	1965	J. J. [unclear]	REVISIONS
14	1966	J. J. [unclear]	REVISIONS
15	1967	J. J. [unclear]	REVISIONS
16	1968	J. J. [unclear]	REVISIONS
17	1969	J. J. [unclear]	REVISIONS
18	1970	J. J. [unclear]	REVISIONS
19	1971	J. J. [unclear]	REVISIONS
20	1972	J. J. [unclear]	REVISIONS
21	1973	J. J. [unclear]	REVISIONS
22	1974	J. J. [unclear]	REVISIONS
23	1975	J. J. [unclear]	REVISIONS
24	1976	J. J. [unclear]	REVISIONS
25	1977	J. J. [unclear]	REVISIONS
26	1978	J. J. [unclear]	REVISIONS
27	1979	J. J. [unclear]	REVISIONS
28	1980	J. J. [unclear]	REVISIONS
29	1981	J. J. [unclear]	REVISIONS
30	1982	J. J. [unclear]	REVISIONS
31	1983	J. J. [unclear]	REVISIONS
32	1984	J. J. [unclear]	REVISIONS
33	1985	J. J. [unclear]	REVISIONS
34	1986	J. J. [unclear]	REVISIONS
35	1987	J. J. [unclear]	REVISIONS
36	1988	J. J. [unclear]	REVISIONS
37	1989	J. J. [unclear]	REVISIONS
38	1990	J. J. [unclear]	REVISIONS
39	1991	J. J. [unclear]	REVISIONS
40	1992	J. J. [unclear]	REVISIONS
41	1993	J. J. [unclear]	REVISIONS
42	1994	J. J. [unclear]	REVISIONS
43	1995	J. J. [unclear]	REVISIONS
44	1996	J. J. [unclear]	REVISIONS
45	1997	J. J. [unclear]	REVISIONS
46	1998	J. J. [unclear]	REVISIONS
47	1999	J. J. [unclear]	REVISIONS
48	2000	J. J. [unclear]	REVISIONS
49	2001	J. J. [unclear]	REVISIONS
50	2002	J. J. [unclear]	REVISIONS
51	2003	J. J. [unclear]	REVISIONS
52	2004	J. J. [unclear]	REVISIONS
53	2005	J. J. [unclear]	REVISIONS
54	2006	J. J. [unclear]	REVISIONS
55	2007	J. J. [unclear]	REVISIONS
56	2008	J. J. [unclear]	REVISIONS
57	2009	J. J. [unclear]	REVISIONS
58	2010	J. J. [unclear]	REVISIONS
59	2011	J. J. [unclear]	REVISIONS
60	2012	J. J. [unclear]	REVISIONS
61	2013	J. J. [unclear]	REVISIONS
62	2014	J. J. [unclear]	REVISIONS
63	2015	J. J. [unclear]	REVISIONS
64	2016	J. J. [unclear]	REVISIONS
65	2017	J. J. [unclear]	REVISIONS
66	2018	J. J. [unclear]	REVISIONS
67	2019	J. J. [unclear]	REVISIONS
68	2020	J. J. [unclear]	REVISIONS
69	2021	J. J. [unclear]	REVISIONS
70	2022	J. J. [unclear]	REVISIONS
71	2023	J. J. [unclear]	REVISIONS
72	2024	J. J. [unclear]	REVISIONS
73	2025	J. J. [unclear]	REVISIONS

REVISIONS
DATE BY REASON

REVISIONS
DATE BY REASON

REVISIONS
DATE BY REASON

REVISIONS
DATE BY REASON

ANEXOS A-3

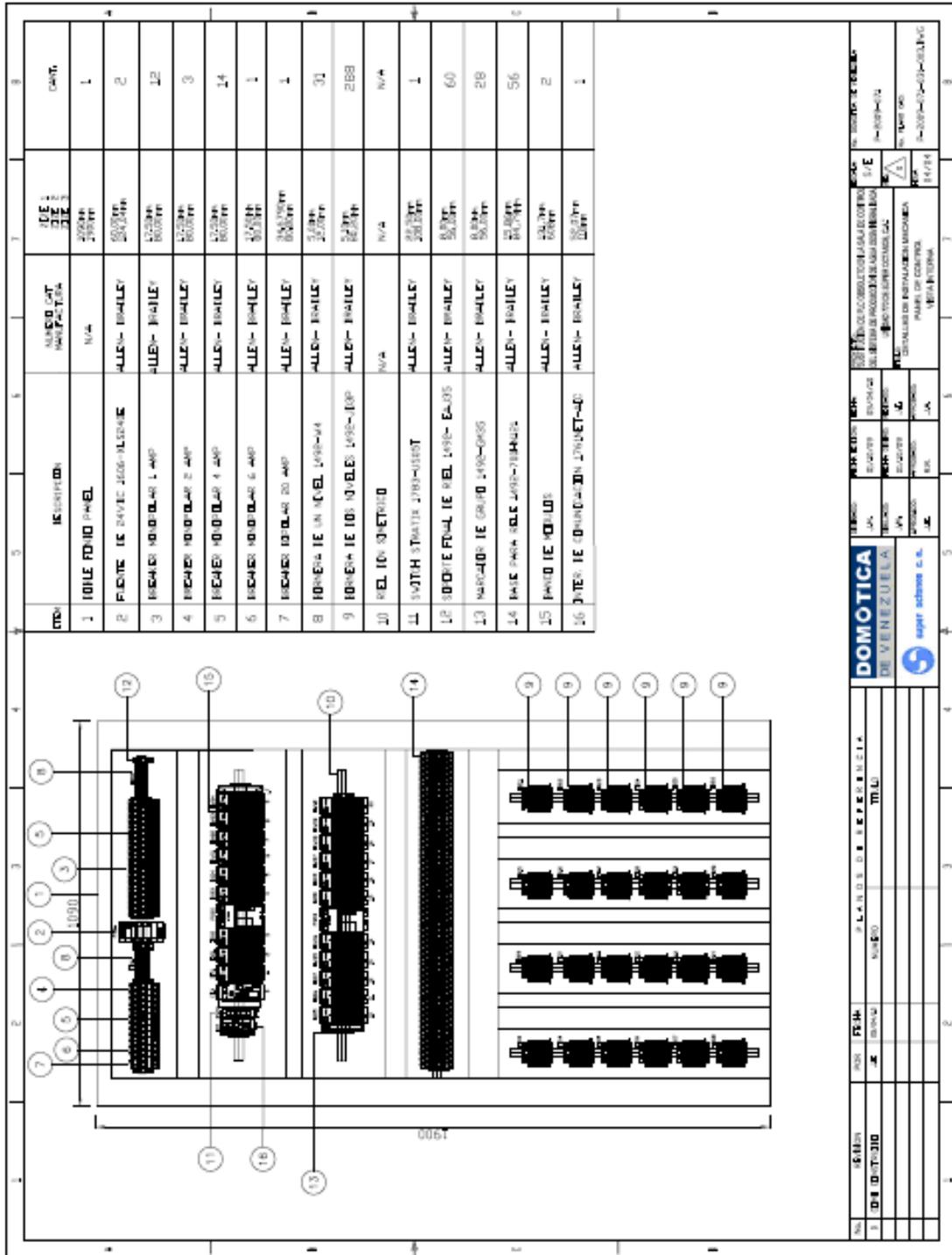
MATRIZ CAUSA/EFEECTO DE LOS LECHOS DE LA UNIDAD 770 PLANTA
DESMINERALIZADORA DE AGUA

ANEXOS A-4

ARQUITECTURA DE CONTROL

ANEXOS A-5

DETALLES DE LA INSTALACIÓN MECÁNICA DEL PANEL DE CONTROL
VISTA INTERNA



ITEM	DESCRIPTION	MANUFACTURER	QTY	UNIT
1	100V RELAY PANEL	N/A	1	1
2	FUSIBLE 24VDC 2000-ALUMINUM	ALLEN-BRADLEY	2000	2
3	HEATER 100V-0.1A 1 AMP	ALLEN-BRADLEY	1000	12
4	HEATER 100V-0.2A 2 AMP	ALLEN-BRADLEY	1000	3
5	HEATER 100V-0.4A 4 AMP	ALLEN-BRADLEY	1000	14
6	HEATER 100V-0.6A 6 AMP	ALLEN-BRADLEY	1000	1
7	HEATER 100V-0.20A 20 AMP	ALLEN-BRADLEY	1000	1
8	RELAY 100V-0.1A 100V-0.1A	ALLEN-BRADLEY	1000	31
9	RELAY 100V-0.1A 100V-0.1A	ALLEN-BRADLEY	1000	288
10	RELAY 100V-0.1A	N/A	N/A	N/A
11	SMITH SWITCH 2780-0100T	ALLEN-BRADLEY	1000	1
12	RELAY 100V-0.1A 100V-0.1A	ALLEN-BRADLEY	1000	60
13	RELAY 100V-0.1A 100V-0.1A	ALLEN-BRADLEY	1000	28
14	RELAY 100V-0.1A 100V-0.1A	ALLEN-BRADLEY	1000	56
15	RELAY 100V-0.1A	ALLEN-BRADLEY	1000	2
16	RELAY 100V-0.1A 100V-0.1A	ALLEN-BRADLEY	1000	1

		INGENIERIA DE CONTROL Y AUTOMATIZACION UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL "FEDERICO GONZALEZ MORALES" CAROLINA, VENEZUELA	
NOMBRE: DOMOTICA DE VENEZUELA DIRECCION: AV. BOLIVAR 1000 TELEFONO: 0212 9601000 CORREO: domotica@domotica.com.ve	NOMBRE: DOMOTICA DE VENEZUELA DIRECCION: AV. BOLIVAR 1000 TELEFONO: 0212 9601000 CORREO: domotica@domotica.com.ve	NOMBRE: DOMOTICA DE VENEZUELA DIRECCION: AV. BOLIVAR 1000 TELEFONO: 0212 9601000 CORREO: domotica@domotica.com.ve	NOMBRE: DOMOTICA DE VENEZUELA DIRECCION: AV. BOLIVAR 1000 TELEFONO: 0212 9601000 CORREO: domotica@domotica.com.ve

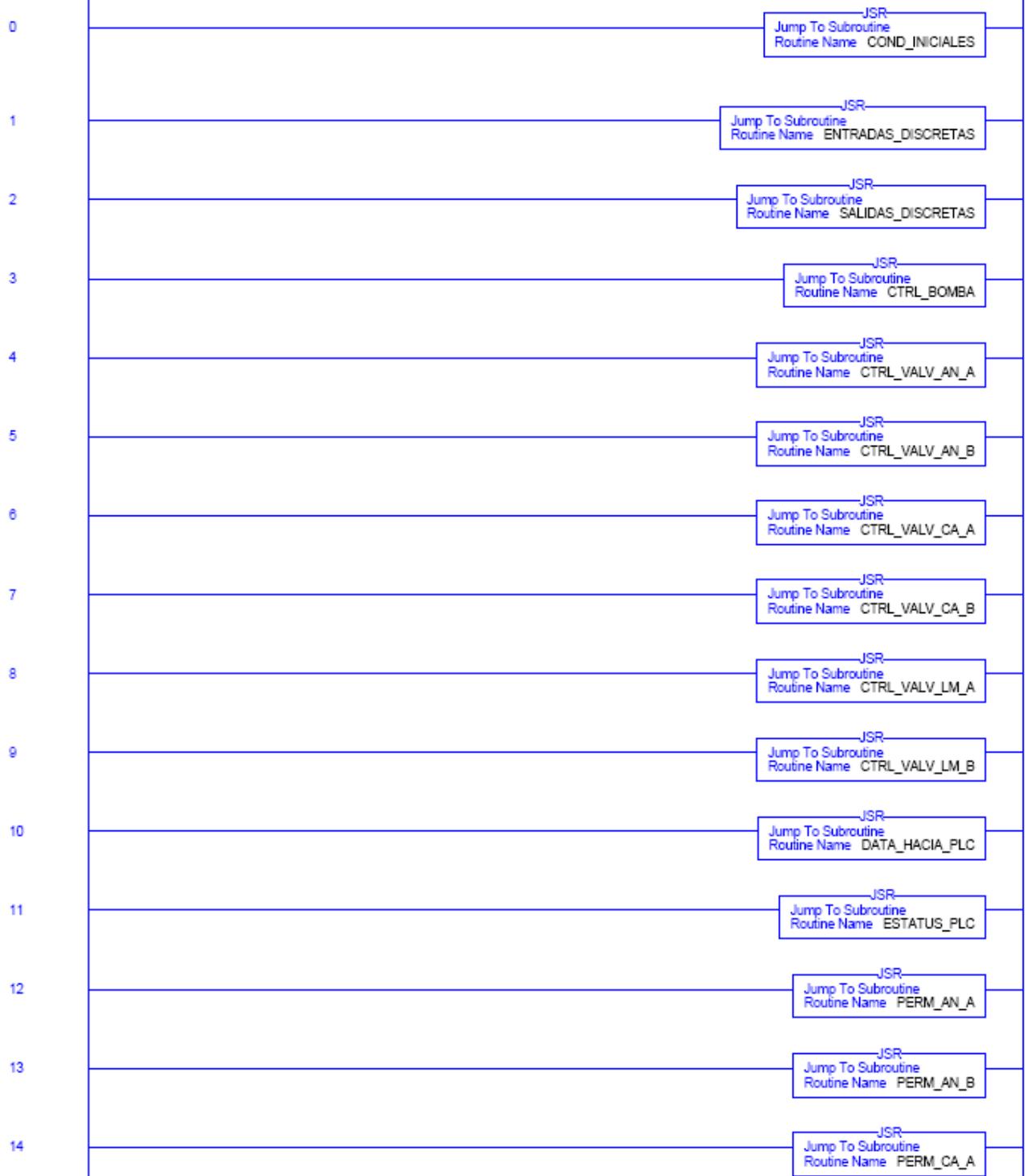
ANEXOS A-6

DETALLES DE LA INSTALACIÓN MECÁNICA DEL PANEL DE CONTROL
VISTA LATERAL IZQUIERDO Y DERECHO

ANEXOS B

PROGRAMACIÓN DEL PLC

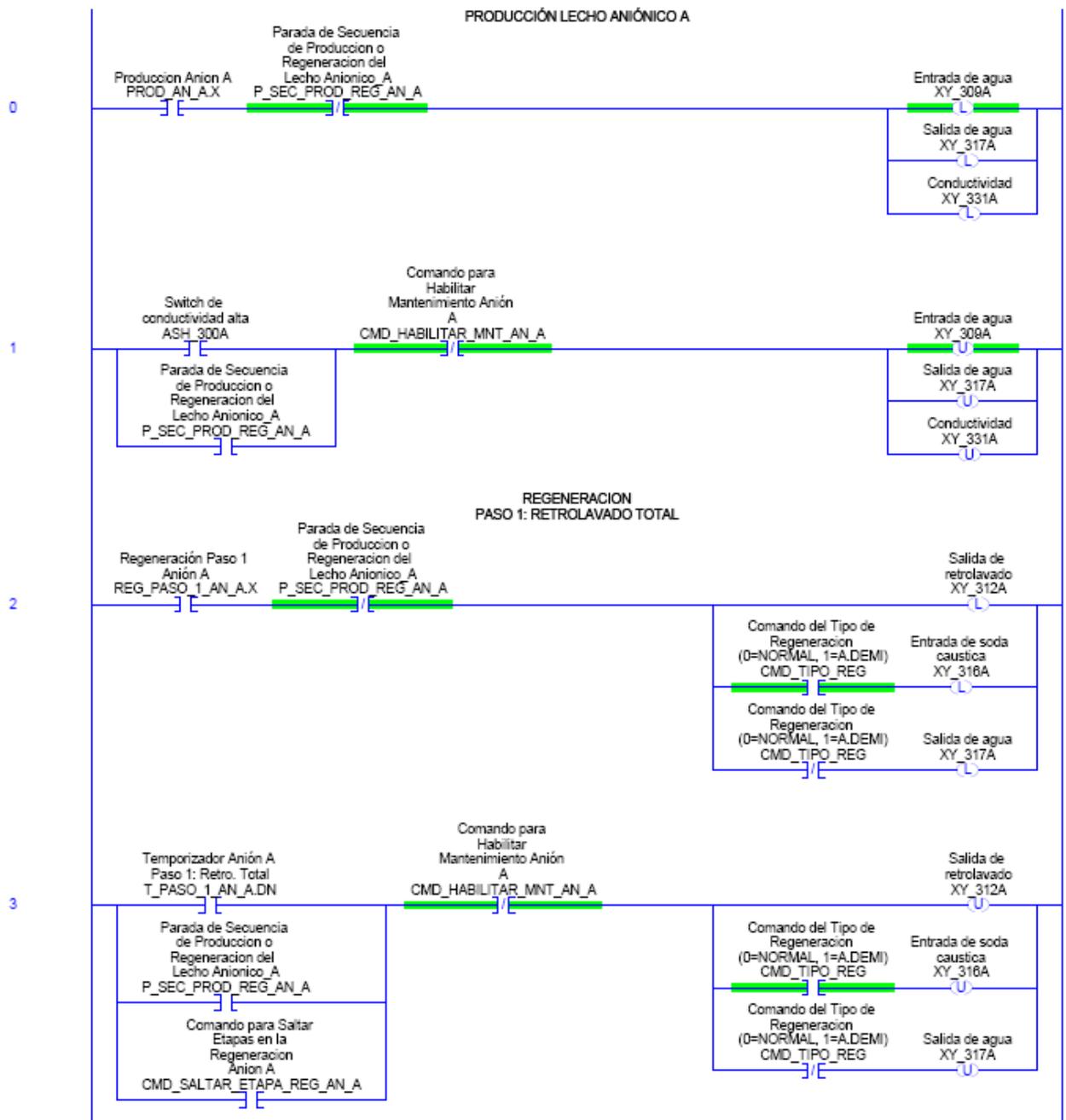
Rutina encargada de hacer el llamado a las sub-rutinas de la tarea base de datos



TIEMPO DE ESTADO INICIAL PARA CADA PASO EN LA REGENERACION DE LOS LECHOS (TODOS LOS TIEMPOS ESTAN EN MINUTOS)

CATIÓN A

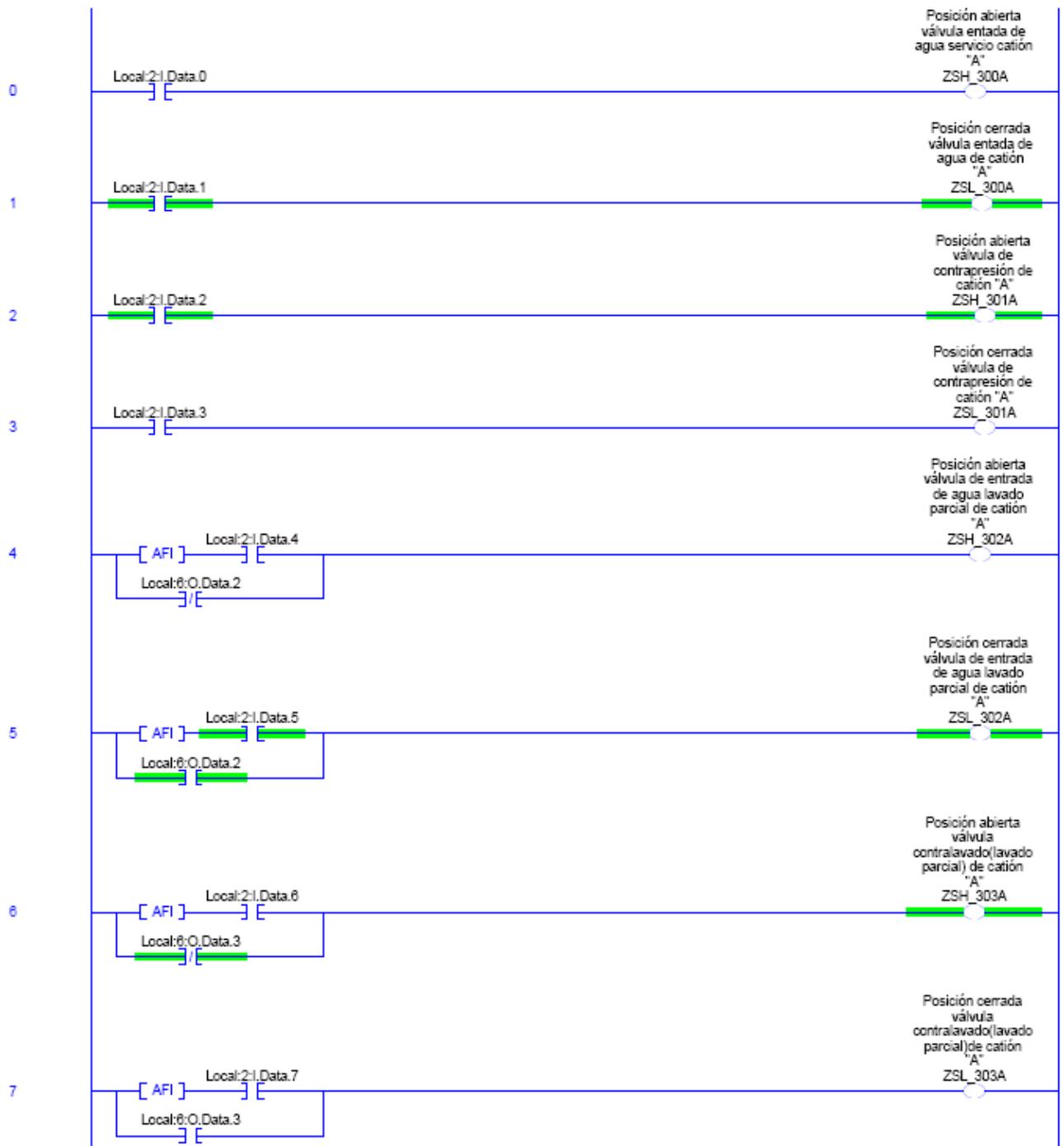
0	<p style="text-align: center;">MOV</p> <p>Move Source 1 Dest T PASO 0 CA A PV 1</p>
1	<p style="text-align: center;">MOV</p> <p>Move Source 20 Dest T PASO 1 CA A PV 15</p>
2	<p style="text-align: center;">MOV</p> <p>Move Source 2 Dest T PASO 2 CA A PV 1</p>
3	<p style="text-align: center;">MOV</p> <p>Move Source 2 Dest T_PASO_3_CA_A_PV 2</p>
4	<p style="text-align: center;">MOV</p> <p>Move Source 65 Dest T PASO 4 CA A PV 80</p>
5	<p style="text-align: center;">MOV</p> <p>Move Source 15 Dest T_PASO_5_CA_A_PV 25</p>
6	<p style="text-align: center;">MOV</p> <p>Move Source 35 Dest T PASO 6 CA A PV 35</p>
7	<p style="text-align: center;">MOV</p> <p>Move Source 25 Dest T PASO 7 CA A PV 25</p>
8	<p style="text-align: center;">MOV</p> <p>Move Source 1 Dest T PASO 8 CA A PV 1</p>

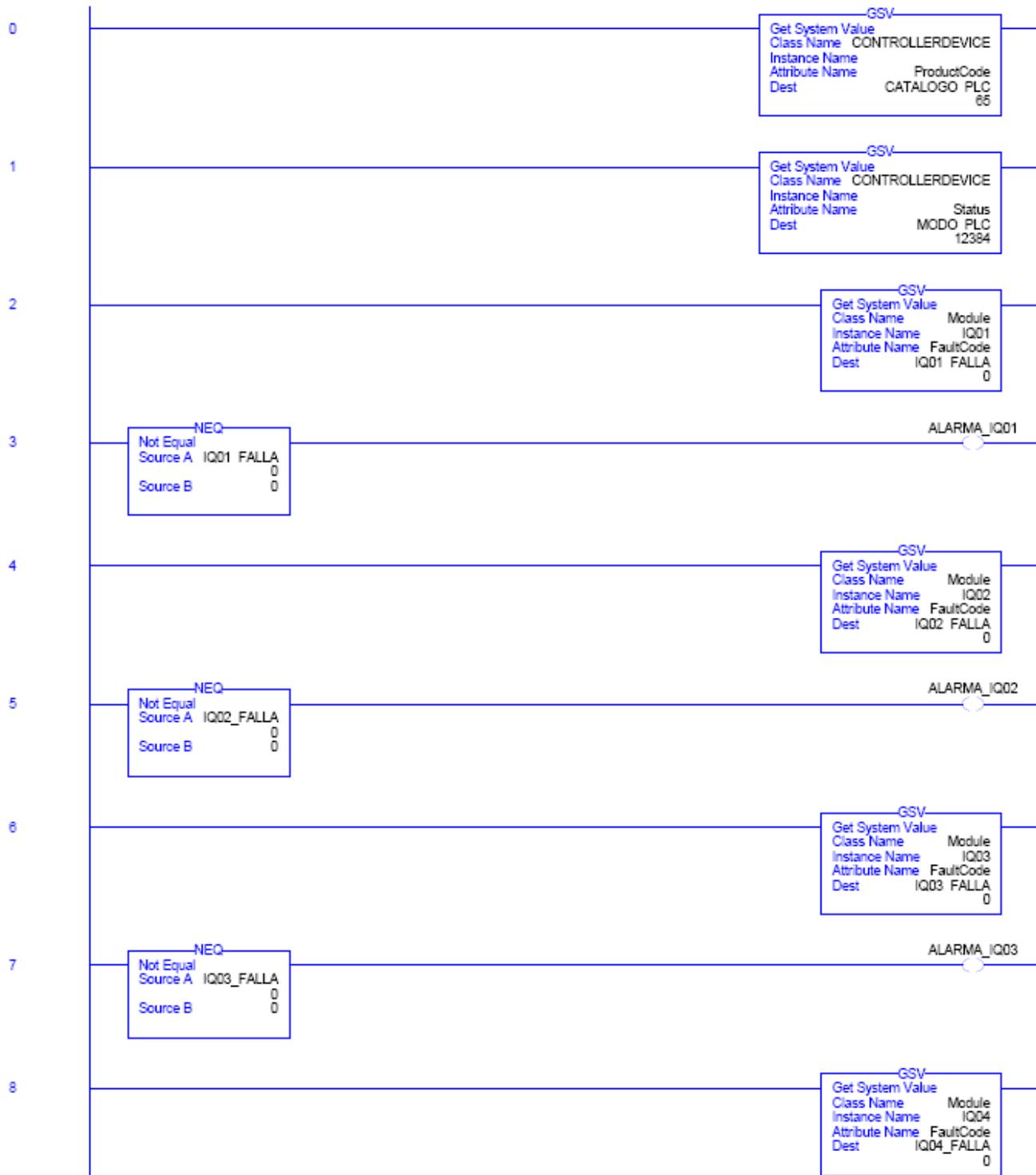


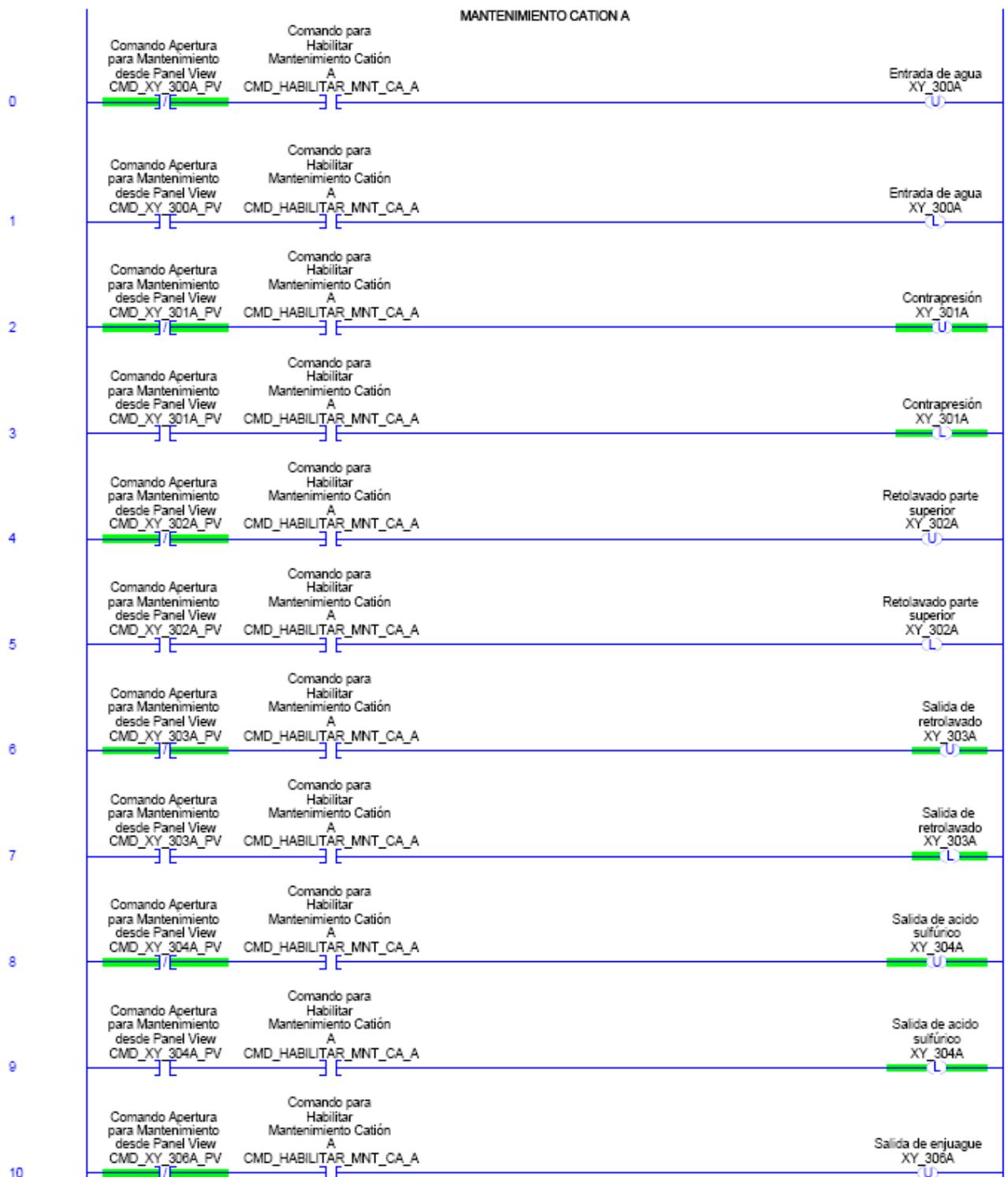
TIEMPO PARA CADA PASO EN LA REGENERACION DE LOS LECHOS

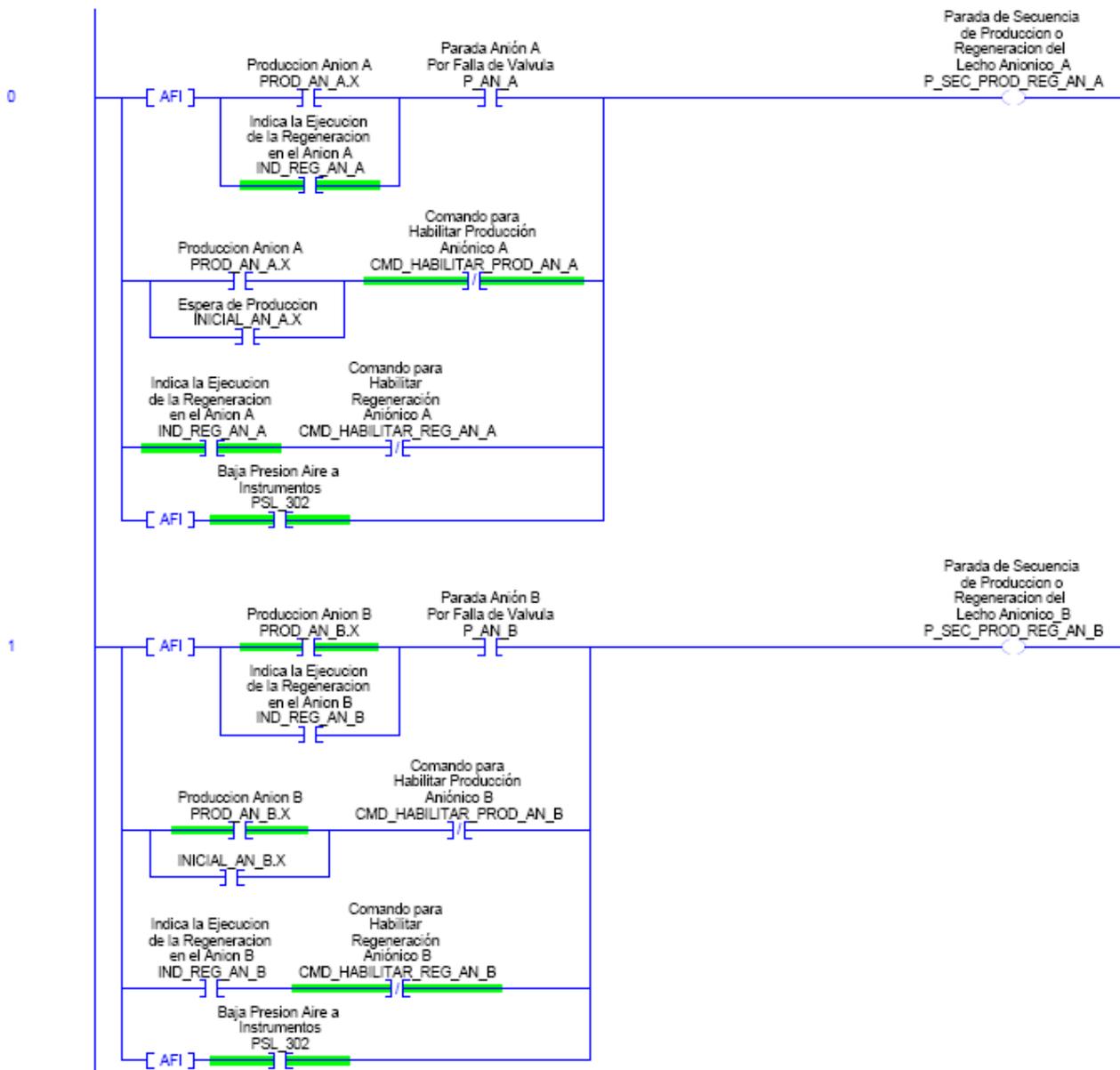
CATIÓN A

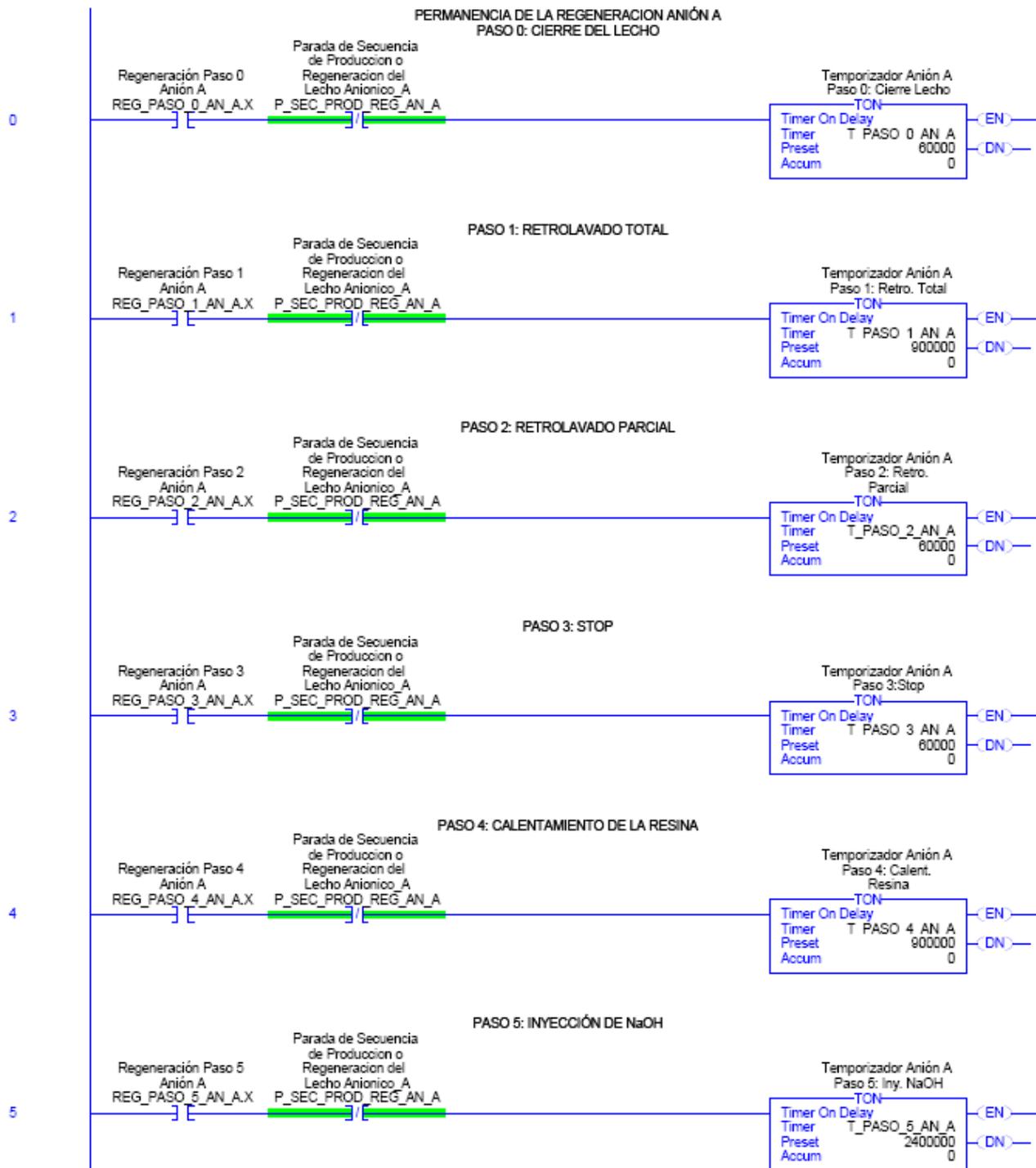
0	<p>Temporizador Catión A Paso 0: Cierre Lecho CPT</p> <p>Compute Dest T PASO 0 CA A.PRE 60000 Expression T_PASO_0_CA_A_PV*60000</p>
1	<p>Temporizador Catión A Paso 1: Retro. Total CPT</p> <p>Compute Dest T PASO 1 CA A.PRE 90000 Expression T_PASO_1_CA_A_PV*60000</p>
2	<p>Temporizador Catión A Paso 2: Retro. Parcial CPT</p> <p>Compute Dest T PASO 2 CA A.PRE 60000 Expression T_PASO_2_CA_A_PV*60000</p>
3	<p>Temporizador Catión A Paso 3: Stop CPT</p> <p>Compute Dest T_PASO_3_CA_A_PRE 120000 Expression T_PASO_3_CA_A_PV*60000</p>
4	<p>Temporizador Catión A Paso 4: 1era Iny. Acido CPT</p> <p>Compute Dest T PASO 4 CA A.PRE 480000 Expression T_PASO_4_CA_A_PV*60000</p>
5	<p>Temporizador Catión A Paso 5: 2da iny. Acido CPT</p> <p>Compute Dest T PASO 5 CA A.PRE 1500000 Expression T_PASO_5_CA_A_PV*60000</p>
6	<p>Temporizador Catión A Paso 6: Desplz. H2SO4 CPT</p> <p>Compute Dest T PASO 6 CA A.PRE 2100000 Expression T_PASO_6_CA_A_PV*60000</p>
7	<p>Temporizador Catión A Paso 7: Lav. Final CPT</p> <p>Compute Dest T PASO 7 CA A.PRE 150000 Expression T_PASO_7_CA_A_PV*60000</p>

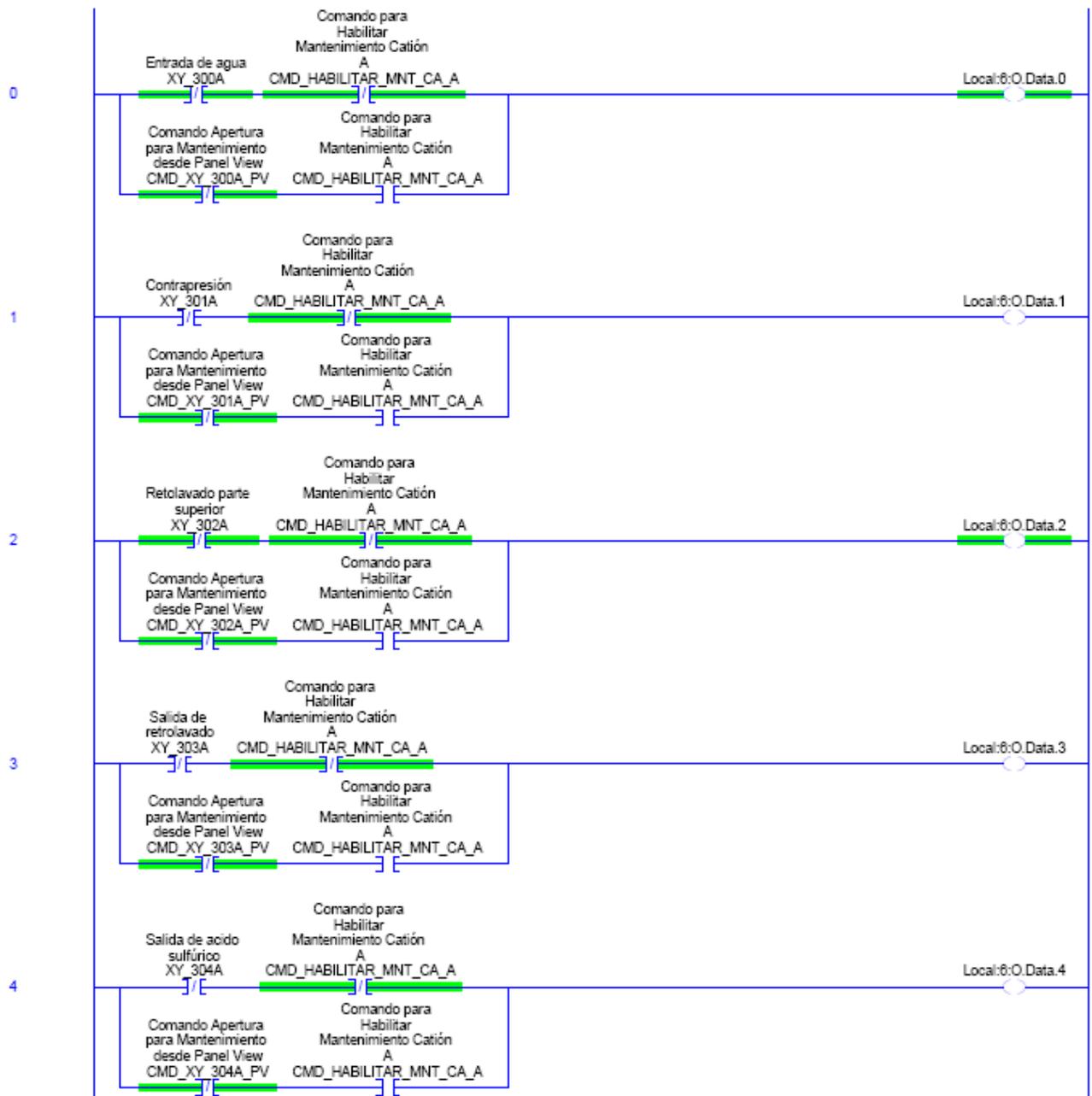




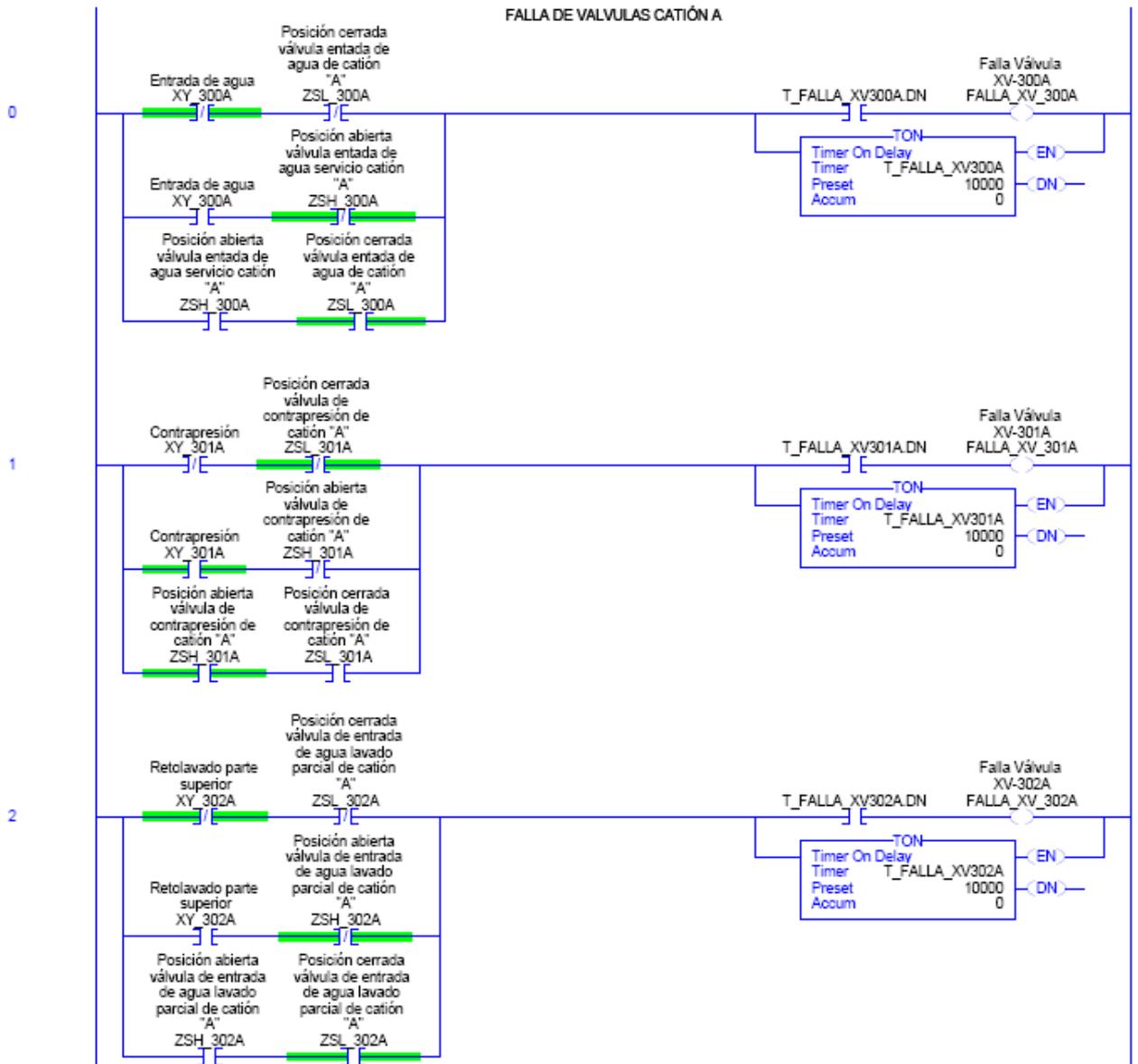








FALLA DE VALVULAS CATION A

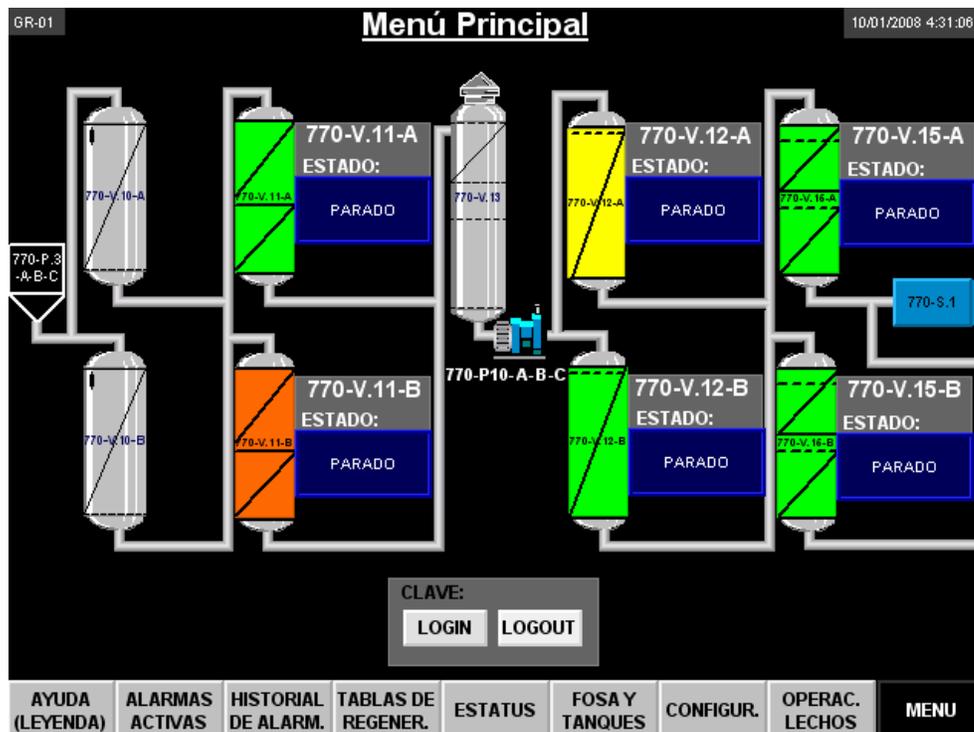


ANEXOS C

PANTALLAS DE LA INTERFAZ HOMBRE – MÁQUINA (HMI)

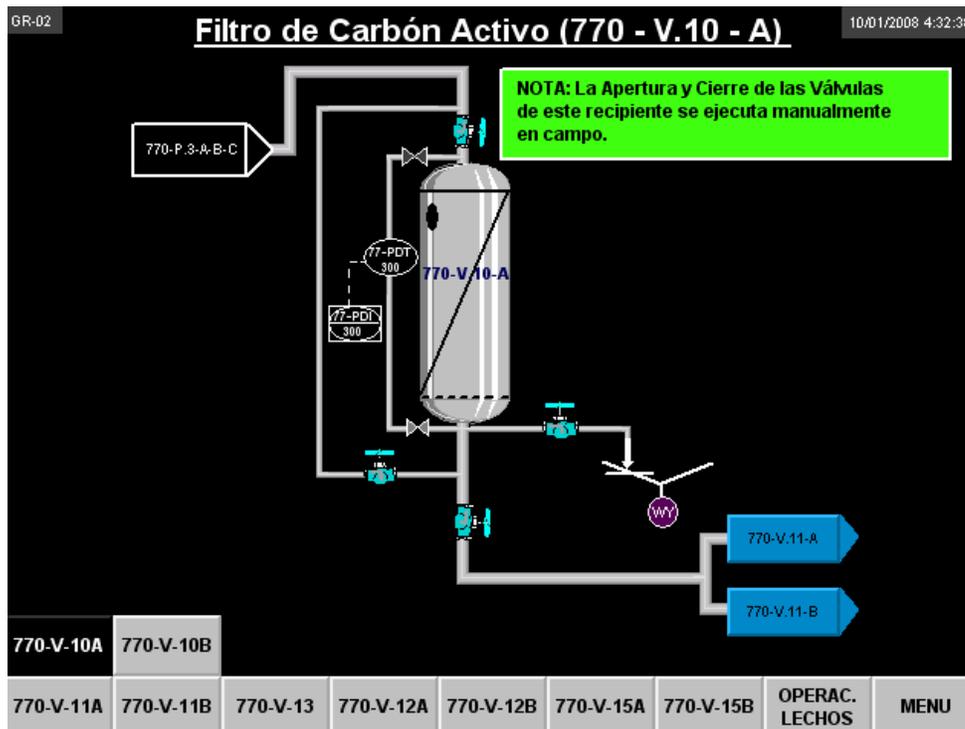
ANEXOS C-1

PANTALLA PRINCIPAL DEL SISTEMA



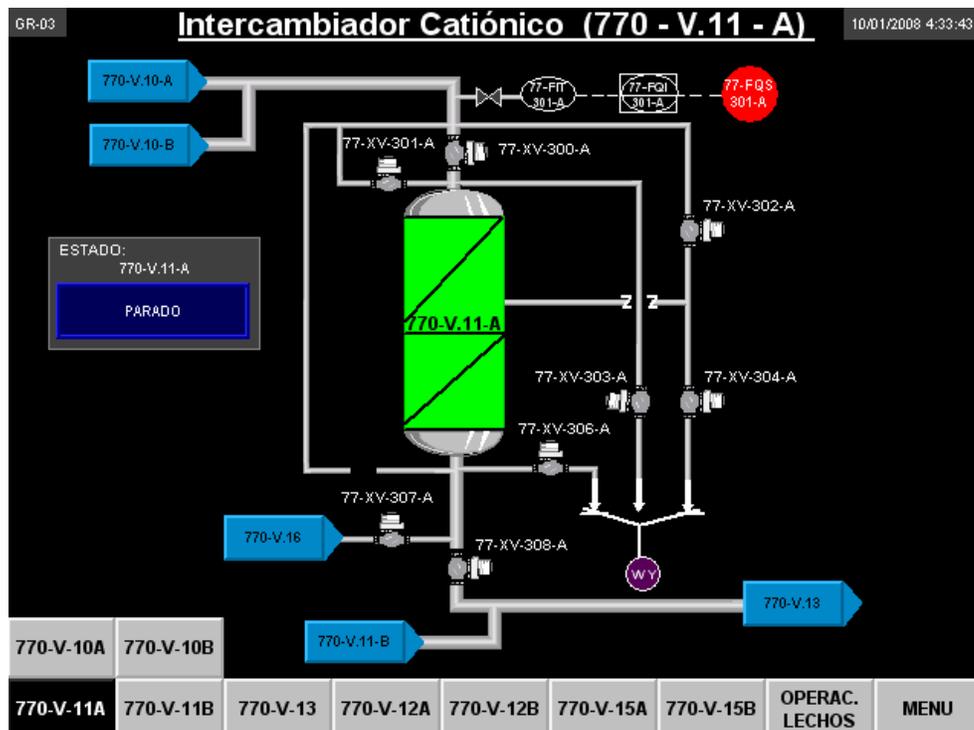
ANEXOS C-2

FILTRO DE CARBÓN ACTIVO (770-V.10-A)



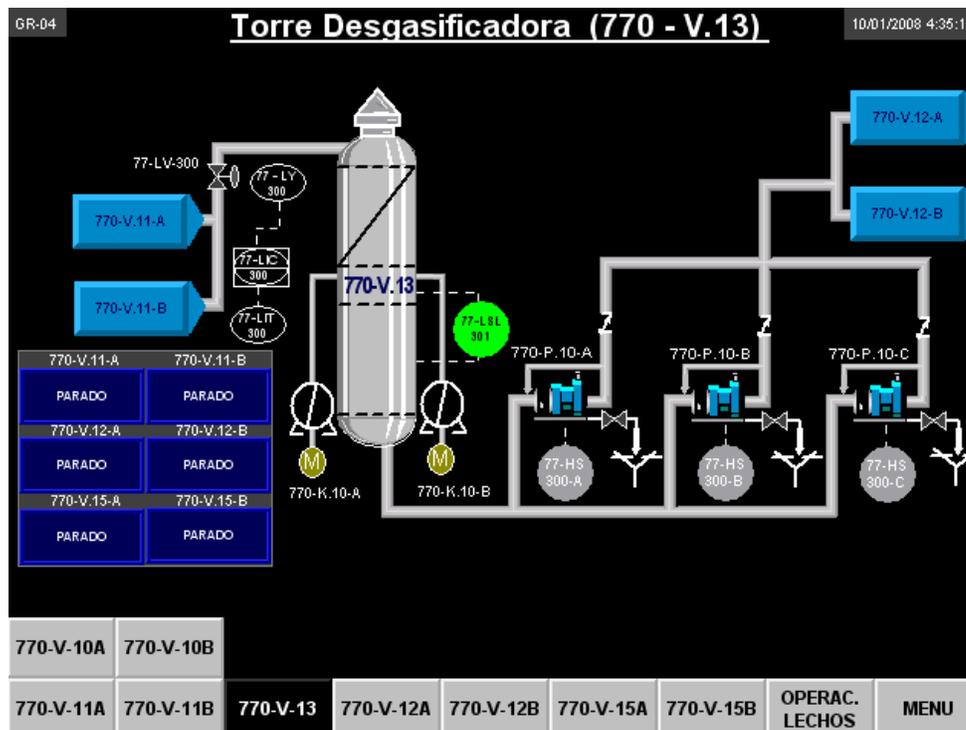
ANEXOS C-3

INTERCAMBIADOR CATIONICO (770-V.11-A)



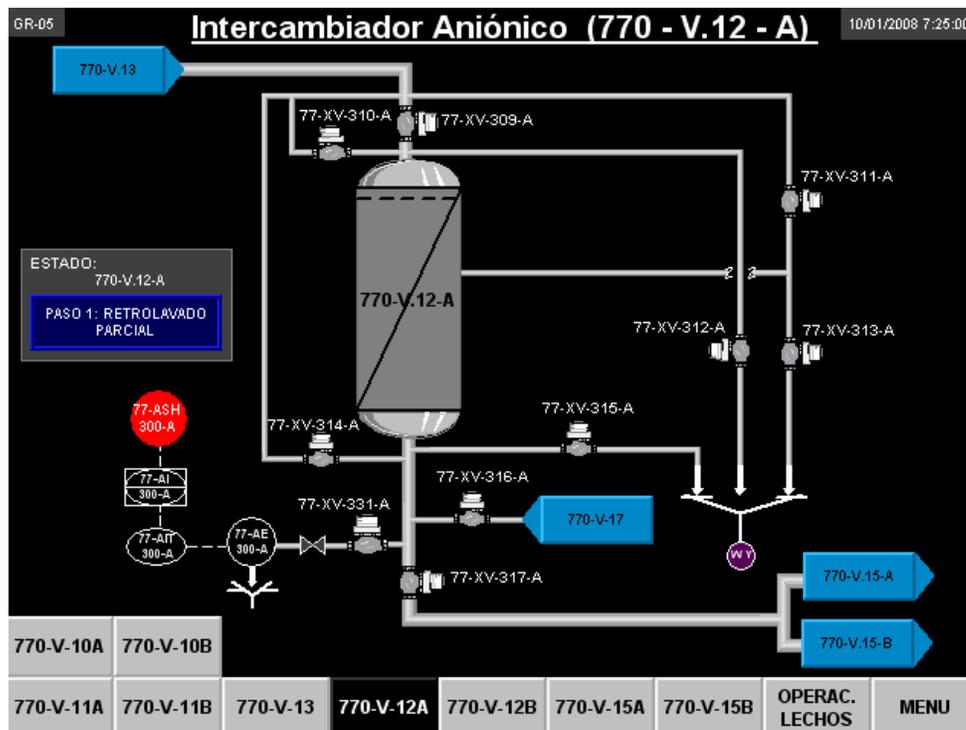
ANEXOS C-4

TORRE DESGASIFICADORA (770-V.13)



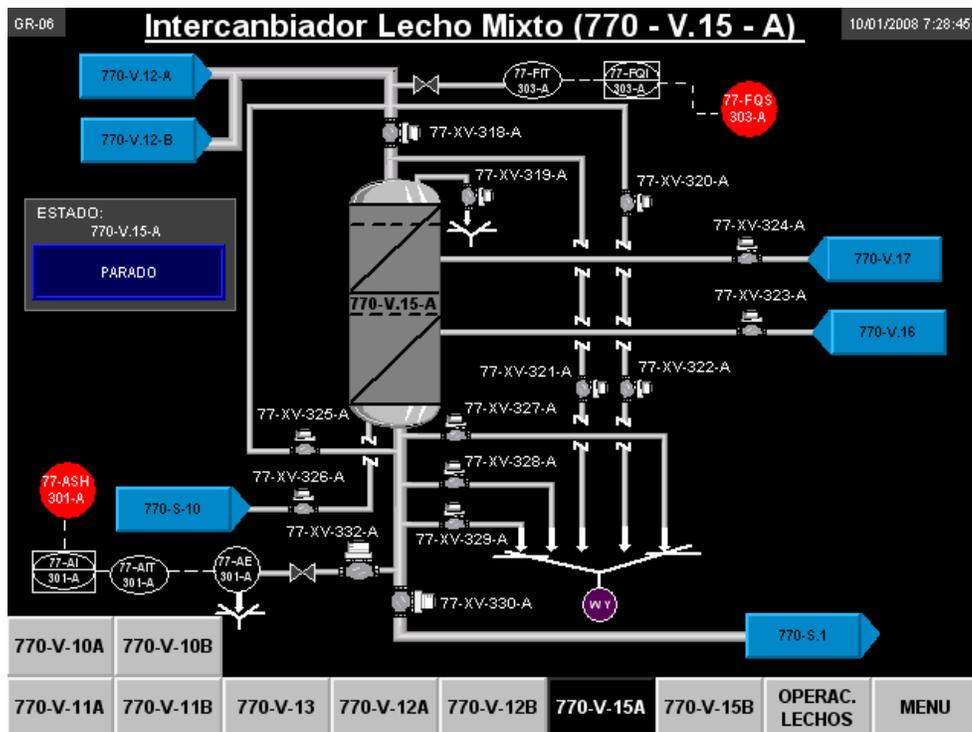
ANEXOS C-5

INTERCAMBIADOR ANIÓNICO (770-V.12-A)



ANEXOS C-6

INTERCAMBIADOR LECHO MIXTO (770-V.15-A)



ANEXOS D

PRUEBAS DE VALIDACIÓN DEL NUEVO SISTEMA

ANEXOS D-1

PROTOCOLO DE PRUEBA DE LAS SEÑALES DE ENTRADAS Y SALIDAS
DISCRETAS

	PROYECTO: SUSTITUCIÓN DEL PLC OBSOLETO EN SALA DE CONTROL DEL SISTEMA DE AGUA DESMINERALIZADA UNIDAD 770	No DOCUMENTO: P-2009-071-040-001	
	CLIENTE: SUPER OCTANOS	FECHA: 23/02/10	
	REVISADO POR: Julio Alvarado	ELABORADO POR: Neyla Vilamuel	
	APROBADO POR: Julio Alvarado	REVISADO POR: Jerald Escalona	
Super Octanos	PROTOCOLO DE PRUEBA SEÑALES SALIDAS A RELE	APROBADO POR: Romel Rodríguez	Domótica de Venezuela

Modulo OW09				Modulo OW10			
Modelo: 1789-OW18		Serial:		Modelo: 1789-OW18		Serial:	
TAG	DIRECCION	CORRECTO		TAG	DIRECCION	CORRECTO	
1 77_MP_14B_ARRANCAR	Local 19 I.data 0	* ○ *	○ ○	1 77_MBA_PARADA	Local 20 I.data 0	* ○ *	○ ○
2 77_MP_14B_PARADA	Local 19 I.data 1	* ○ *	○ ○	2 77_MBB_REGENERACION	Local 20 I.data 1	* ○ *	○ ○
3 77_FA_REGENERACION	Local 19 I.data 2	* ○ *	○ ○	3 77_MBB_PRODUCION	Local 20 I.data 2	* ○ *	○ ○
4 77_FA_PRODUCION	Local 19 I.data 3	* ○ *	○ ○	4 77_MBB_PARADA	Local 20 I.data 3	* ○ *	○ ○
5 77_FA_PARADA	Local 19 I.data 4	* ○ *	○ ○	5 77_SEQFAL	Local 20 I.data 4	* ○ *	○ ○
6 77_FB_REGENERACION	Local 19 I.data 5	* ○ *	○ ○	6 SPARE	Local 20 I.data 5	* ○ *	○ ○
7 77_FB_PRODUCION	Local 19 I.data 6	* ○ *	○ ○	7 SPARE	Local 20 I.data 6	* ○ *	○ ○
8 77_FB_PARADA	Local 19 I.data 7	* ○ *	○ ○	8 SPARE	Local 20 I.data 7	* ○ *	○ ○
9 77_MBA_REGENERACION	Local 19 I.data 8	* ○ *	○ ○	9 SPARE	Local 20 I.data 8	* ○ *	○ ○
10 77_MBA_PRODUCION	Local 19 I.data 9	* ○ *	○ ○	10 SPARE	Local 20 I.data 9	* ○ *	○ ○
11 77_MBA_PARADA	Local 19 I.data 10	* ○ *	○ ○	11 SPARE	Local 20 I.data 10	* ○ *	○ ○
12 SPARE	Local 19 I.data 11	* ○ *	○ ○	12 SPARE	Local 20 I.data 11	* ○ *	○ ○
13 SPARE	Local 19 I.data 12	* ○ *	○ ○	13 SPARE	Local 20 I.data 12	* ○ *	○ ○
14 SPARE	Local 19 I.data 13	* ○ *	○ ○	14 SPARE	Local 20 I.data 13	* ○ *	○ ○
15 SPARE	Local 19 I.data 14	* ○ *	○ ○	15 SPARE	Local 20 I.data 14	* ○ *	○ ○
16 SPARE	Local 19 I.data 15	* ○ *	○ ○	16 SPARE	Local 20 I.data 15	* ○ *	○ ○

OBSERVACIONES:

Por el Cliente

NOMBRE: Julio Alvarado FIRMA: _____ FECHA: _____

Por el Contratista

NOMBRE: Jerald Escalona FIRMA: _____

RECURSO ESTIMADO POR LAZO	HH ESTIMADAS	RECURSO REAL POR LAZO	HH REALES
01 Supervisor SOCA 01 Supervisor DOMOTICA 01 Ayudante		01 Supervisor SOCA 01 Supervisor DOMOTICA 01 Ayudante	

ANEXOS D-2

PROTOCOLO DE PRUEBA DE LA LÓGICA DE CONTROL PROGRAMADA

ANEXOS D-3

PROTOCOLO DE PRUEBA DE ALARMAS Y CONDICIONES DE PARADA

	PROYECTO: SUSTITUCIÓN DEL PLC OBSOLETO EN SALA DE CONTROL DEL SISTEMA DE AGUA DESMINERALIZADA UNIDAD 770		No DOCUMENTO: P-2009-071-040-001																																																																																																																	
	CLIENTE: SUPER OCTANOS		FECHA: 23/02/10																																																																																																																	
	REVISADO POR: Julio Alvarado		ELABORADO POR: Neyla Villamoriel																																																																																																																	
	APROBADO POR: Julio Alvarado		REVISADO POR: Jerald Escalona																																																																																																																	
Super Octanos	PROTOCOLO DE PRUEBA ALARMAS Y CONDICIONES DE PARADA	APROBADO POR: Romel Rodriguez		Domótica de Venezuela																																																																																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tag (Disparador)</th> <th>Mensaje</th> <th>SI</th> <th>NO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_301A)</td><td>Falla de Válvula 77-XV-301A</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_301B)</td><td>Falla de Válvula 77-XV-301B</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_302A)</td><td>Falla de Válvula 77-XV-302A</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_302B)</td><td>Falla de Válvula 77-XV-302B</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_303B)</td><td>Falla de Válvula 77-XV-303B</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_304A)</td><td>Falla de Válvula 77-XV-304A</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_304B)</td><td>Falla de Válvula 77-XV-304B</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_306A)</td><td>Falla de Válvula 77-XV-306A</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_306B)</td><td>Falla de Válvula 77-XV-306B</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_307A)</td><td>Falla de Válvula 77-XV-307A</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_307B)</td><td>Falla de Válvula 77-XV-307B</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_308A)</td><td>Falla de Válvula 77-XV-308A</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_308B)</td><td>Falla de Válvula 77-XV-308B</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_309B)</td><td>Falla de Válvula 77-XV-309B</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_310A)</td><td>Falla de Válvula 77-XV-310A</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_310B)</td><td>Falla de Válvula 77-XV-310B</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_311A)</td><td>Falla de Válvula 77-XV-311A</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_311B)</td><td>Falla de Válvula 77-XV-311B</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_312A)</td><td>Falla de Válvula 77-XV-312A</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_312B)</td><td>Falla de Válvula 77-XV-312B</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_313A)</td><td>Falla de Válvula 77-XV-313A</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_313B)</td><td>Falla de Válvula 77-XV-313B</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_315A)</td><td>Falla de Válvula 77-XV-315A</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_315B)</td><td>Falla de Válvula 77-XV-315B</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_316A)</td><td>Falla de Válvula 77-XV-316A</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_316B)</td><td>Falla de Válvula 77-XV-316B</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_317A)</td><td>Falla de Válvula 77-XV-317A</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>					Tag (Disparador)	Mensaje	SI	NO	::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_301A)	Falla de Válvula 77-XV-301A			::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_301B)	Falla de Válvula 77-XV-301B			::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_302A)	Falla de Válvula 77-XV-302A			::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_302B)	Falla de Válvula 77-XV-302B			::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_303B)	Falla de Válvula 77-XV-303B			::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_304A)	Falla de Válvula 77-XV-304A			::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_304B)	Falla de Válvula 77-XV-304B			::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_306A)	Falla de Válvula 77-XV-306A			::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_306B)	Falla de Válvula 77-XV-306B			::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_307A)	Falla de Válvula 77-XV-307A			::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_307B)	Falla de Válvula 77-XV-307B			::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_308A)	Falla de Válvula 77-XV-308A			::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_308B)	Falla de Válvula 77-XV-308B			::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_309B)	Falla de Válvula 77-XV-309B			::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_310A)	Falla de Válvula 77-XV-310A			::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_310B)	Falla de Válvula 77-XV-310B			::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_311A)	Falla de Válvula 77-XV-311A			::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_311B)	Falla de Válvula 77-XV-311B			::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_312A)	Falla de Válvula 77-XV-312A			::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_312B)	Falla de Válvula 77-XV-312B			::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_313A)	Falla de Válvula 77-XV-313A			::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_313B)	Falla de Válvula 77-XV-313B			::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_315A)	Falla de Válvula 77-XV-315A			::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_315B)	Falla de Válvula 77-XV-315B			::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_316A)	Falla de Válvula 77-XV-316A			::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_316B)	Falla de Válvula 77-XV-316B			::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_317A)	Falla de Válvula 77-XV-317A		
Tag (Disparador)	Mensaje	SI	NO																																																																																																																	
::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_301A)	Falla de Válvula 77-XV-301A																																																																																																																			
::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_301B)	Falla de Válvula 77-XV-301B																																																																																																																			
::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_302A)	Falla de Válvula 77-XV-302A																																																																																																																			
::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_302B)	Falla de Válvula 77-XV-302B																																																																																																																			
::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_303B)	Falla de Válvula 77-XV-303B																																																																																																																			
::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_304A)	Falla de Válvula 77-XV-304A																																																																																																																			
::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_304B)	Falla de Válvula 77-XV-304B																																																																																																																			
::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_306A)	Falla de Válvula 77-XV-306A																																																																																																																			
::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_306B)	Falla de Válvula 77-XV-306B																																																																																																																			
::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_307A)	Falla de Válvula 77-XV-307A																																																																																																																			
::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_307B)	Falla de Válvula 77-XV-307B																																																																																																																			
::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_308A)	Falla de Válvula 77-XV-308A																																																																																																																			
::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_308B)	Falla de Válvula 77-XV-308B																																																																																																																			
::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_309B)	Falla de Válvula 77-XV-309B																																																																																																																			
::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_310A)	Falla de Válvula 77-XV-310A																																																																																																																			
::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_310B)	Falla de Válvula 77-XV-310B																																																																																																																			
::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_311A)	Falla de Válvula 77-XV-311A																																																																																																																			
::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_311B)	Falla de Válvula 77-XV-311B																																																																																																																			
::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_312A)	Falla de Válvula 77-XV-312A																																																																																																																			
::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_312B)	Falla de Válvula 77-XV-312B																																																																																																																			
::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_313A)	Falla de Válvula 77-XV-313A																																																																																																																			
::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_313B)	Falla de Válvula 77-XV-313B																																																																																																																			
::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_315A)	Falla de Válvula 77-XV-315A																																																																																																																			
::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_315B)	Falla de Válvula 77-XV-315B																																																																																																																			
::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_316A)	Falla de Válvula 77-XV-316A																																																																																																																			
::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_316B)	Falla de Válvula 77-XV-316B																																																																																																																			
::[SOCA]Program:MainProgram.FALLA_XV_317A)	Falla de Válvula 77-XV-317A																																																																																																																			
OBSERVACIONES:																																																																																																																				

Por el Cliente																																																																																																																				
NOMBRE: <u>Julio Alvarado</u>		FECHA: _____																																																																																																																		

Por el Contratista																																																																																																																				
NOMBRE: <u>Jerald Escalona</u>		_____																																																																																																																		
RECURSO ESTIMADO POR LAZO 01 Supervisor SOCA 01 Supervisor DOMOTICA 01 Ayudante		H-H ESTIMADAS		RECURSO REAL POR LAZO 01 Supervisor SOCA 01 Supervisor DOMOTICA 01 Ayudante																																																																																																																

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y
ASCENSO:**

TÍTULO	““DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL Y SUPERVISIÓN PARA LA UNIDAD 770 DE UNA PLANTA DE MTBE”
SUBTÍTULO	

AUTOR (ES):

APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO CULAC / E MAIL
VILLARROEL ARREDONDO, NEYLA.	CVLAC: 18.020.624 E MAIL: neyla.villarroel@cantv.net
	CVLAC: E MAIL:
	CVLAC: E MAIL:
	CVLAC: E MAIL:

PALÁBRAS O FRASES CLAVES:

CONTROL., SUPERVISIÓN, PLANTA MTBE. PLC, AGUA
DESMINERALIZADA.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ÁREA	SUBÁREA
Ingeniería Y Ciencias Aplicadas	
	Ingeniería Eléctrica

RESUMEN (ABSTRACT):

El presente trabajo de aplicación profesional se lleva acabo en el Complejo Petrolero, Petroquímico e Industrial General José Antonio Anzoátegui, en la empresa Súper Octanos C.A. (SOCA), y tuvo como finalidad el desarrollo de un sistema de control y supervisión para la Unidad 770 en la planta de MTBE. Esta actividad se realizó en la parada de planta en el mes de Marzo del presente año para un mantenimiento mayor de la misma. Actividad durante la cual se reemplazó el PLC (Controlador Lógico Programable) Siemens modelo S115U, por período de obsolescencia ubicado en la Sala de Control, por el modelo Rockwell Automation 1769-L35E.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

CONTRIBUIDORES:

APELLIDOS Y NOMBRES	ROL / CÓDIGO CVLAC / EMAIL				
ING. MARGARITA HERAOUI	ROL	CA	AS -X	TU	JU
	CVLAC:				
	E_MAIL	mheraoui@gmail.com			
	E_MAIL				
Ing. Verena Mercado	ROL	CA	AS	TU	JU X
	CVLAC:				
	E_MAIL	verenamercado@yahoo.com			
	E_MAIL				
ING. LUIS PARRAGUEZ	ROL	CA	AS	TU	JU X
	CVLAC:				
	E_MAIL	parraguezl@cantv.net			
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				

FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:

2010	11	03
AÑO	MES	DÍA

LENGUAJE: SPA

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ARCHIVO (S):

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
Tesis. sistema de control y supervision.doc	APPLICATION/WORD

CARACTERES EN LOS NOMBRES DE LOS ARCHIVOS: A B C D E F G H I
 J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z. a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w
 x y z. 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9.

ALCANCE

ESPACIAL: Súper Octanos C.A . (Dpto. Electrico) (OPCIONAL)

TEMPORAL: 3 Meses (OPCIONAL)

TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Ingeniero Electricista

NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Pre-Grado

ÁREA DE ESTUDIO:

Departamento de Electricidad

INSTITUCIÓN:

Universidad de Oriente, Núcleo Anzoátegui.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**DERECHOS**

De acuerdo al artículo 41 del reglamento de trabajos de grado:

“Los Trabajos de Grado son de la exclusiva propiedad de la

Universidad de Oriente y sólo podrán ser utilizados para otros fines

con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien deberá

participarlo previamente al Consejo Universitario, para su Autorización”.

AUTOR 1

NEYLA VILLARROEL

AUTOR 2

AUTOR

TUTOR

MARGARITA HERAOUI

JURADO 1

VERENA MERCADO.

JURADO 2

LUIS PARRAGUEZ

POR LA SUBCOMISION DE TESIS

VERENA MERCAD