

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



**“PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL PARA
LA PLANTA DE INYECCIÓN DE AGUA SALADA DE LA
ESTACIÓN DE DESCARGA BARED – 8, PERTENECIENTE A
EL DISTRITO MÚCURA”**

**PRESENTADO POR:
JULIÁN ANTONIO PINO VILLARROEL**

**TRABAJO DE GRADO PRESENTADO ANTE LA UNIVERSIDAD DE
ORIENTE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO DE SISTEMAS**

BARCELONA, ABRIL DE 2009.

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



**“PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL PARA
LA PLANTA DE INYECCIÓN DE AGUA SALADA DE LA
ESTACIÓN DE DESCARGA BARED – 8, PERTENECIENTE A
EL DISTRITO MÚCURA”**

ASESORES

**PROF. LUIS FELIPE ROJAS
ASESOR ACADÉMICO**

**ING. NERIO VELASQUEZ
ASESOR INDUSTRIAL**

BARCELONA, ABRIL DE 2009.

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



**“PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL PARA
LA PLANTA DE INYECCIÓN DE AGUA SALADA DE LA
ESTACIÓN DE DESCARGA BARED – 8, PERTENECIENTE A
EL DISTRITO MÚCURA”**

JURADO

El jurado hace constar que asignó a esta tesis la calificación de:

**PROF. LUIS F. ROJAS
ASESOR ACADÉMICO**

**PROF. HECTOR MOISES
JURADO PRINCIPAL**

**PROF. MARIA GERARDINO
JURADO PRINCIPAL**

BARCELONA, ABRIL DE 2009.

RESOLUCION

De acuerdo con el artículo 44 del Reglamento de Trabajos de Grado de la Universidad de Oriente:

“LOS TRABAJOS DE GRADO SON PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE Y SÓLO PODRÁN SER UTILIZADOS PARA OTROS FINES CON EL CONSENTIMIENTO DEL CONSEJO DE NÚCLEO RESPECTIVO, EL CUAL PARTICIPARÁ AL CONSEJO UNIVERSITARIO”.

RESUMEN

En el presente trabajo se realizó un estudio del sistema actual de la Planta de Inyección de Agua Salada (P.I.A.S.) ubicada en el Centro de Operaciones Bared (C.O.B), en el estado Anzoátegui, describiendo todos los subsistemas involucrados en el proceso, así como también las variables operacionales que manejan dichos subsistemas. Luego se procedió a definir la filosofía de operación que permitió deducir la filosofía de control con que la planta operará de manera eficiente. Se propuso la arquitectura del sistema de supervisión y control asociado a la planta. Finalmente se estableció los requerimientos de equipos e instrumentos necesarios para respaldar la implantación de la arquitectura de sistema de supervisión y control de la planta expuesta anteriormente. Una vez comprendido esto se procedió a identificar los puntos problemáticos donde se encontró lo siguiente: ausencia de un sistema de control automatizado que permita supervisar las actividades operacionales de la planta así como también de Controladores Lógicos Programables (PLC); existencia de unas válvulas neumáticas obsoletas entre los tanques de almacenamiento lo cual se traducía en un proceso de transferencia de agua lento y en un alto costo de mantenimiento de la misma; y por ultimo inexistencia de una interfaz hombre-máquina que permita interactuar a los operadores de la planta con el proceso que se produce en dicha planta. De acuerdo a esto, se seleccionaron equipos satisficieran las deficiencias en proceso, de acuerdo a criterios de funcionamiento, así como que cumplieran con las Normas PDVSA y con estándares internacionales. Realizando el análisis de alternativas se seleccionaron las alternativas que mejor se adaptaran a las necesidades. De acuerdo a ello se escogió el sistema de control ControlLogix de Allen Bradley, la interfaz hombre-máquina MultiPanel 370 de Siemens y el Transmisor de doble onda guiada de Rosemount serie 3002.

DEDICATORIAS

- ✓ A mi padre Julián y a mi madre María quienes siempre estuvieron allí para darme el empuje, consejos y apoyo durante toda mi vida y carrera universitaria, y que eternamente serán el pilar fundamental de lo que hoy en día soy y de lo que he logrado en mi vida.
- ✓ A mis abuelos Evangelia y Fermín; Asteria (Maita) y Julián (desde allá arriba en el cielo) les dedico esta meta de mi vida.
- ✓ A mi esposa Jennifer, quien ha sido mi mejor amiga con la que siempre conté y quien me apoyo en este logro de mi vida.
- ✓ A mis hijos Nathalia Alejandra y Julián Alejandro, por ser motivos de inspiración en mi vida y en mi carrera universitaria.
- ✓ A todos mis panas (Alejandro López, Yoel Sánchez, María Martínez, Adriana Castillo, Patricia Salazar, Joseph Serrano, Manuel Peters, Rosmelis Machado, Franz Acosta), por estar en las buenas y malas, y por haber compartido conmigo esta etapa tan bonita de la vida la cual es ser estudiante universitario.

AGRADECIMIENTOS

- ✓ A mi asesor industrial Ing. Nerio Velásquez, por haberme brindado el apoyo y la confianza durante el tiempo que estuve realizando las pasantías en el departamento de Mantenimiento Mayor de PDVSA distrito Múcura.

- ✓ Al profesor Luis Felipe Rojas por haberme brindado sus sabios consejos y ayudado en la realización de este proyecto.

- ✓ Al profesor Pedro Dorta por ser más que un profesor que me impartió clases un amigo con el que conté durante mi carrera universitaria.

- ✓ A mi tío Jesús R. Pino M. (Chuo), quien me tendió la mano incondicionalmente en momentos difíciles de mi vida.

- ✓ A la Universidad de Oriente por haberme admitido y formarme en el profesional que hoy en día soy.

INDICE GENERAL

RESOLUCION	IV
RESUMEN	V
DEDICATORIAS	VI
AGRADECIMIENTOS	VII
INDICE GENERAL	VIII
CAPÍTULO I	12
INTRODUCCIÓN	12
CAPÍTULO II	14
EL PROBLEMA	14
2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
2.2 OBJETIVOS	17
2.2.1 <i>Objetivo General:</i>	17
2.2.2 <i>Objetivos Específicos:</i>	17
CAPÍTULO III	18
MARCO TEÓRICO	18
3.1 ANTECEDENTES	18
3.2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS	20
3.2.1 <i>Principales equipos utilizados en el proceso de tratamiento de crudo y generación de agua salada</i>	21
3.2.1.1 Separadores [6].....	21
3.2.1.2 Calentadores [6].....	22
3.2.1.3 Tanques de almacenamiento [6]	23
3.2.2 <i>Autómatas programables</i>	24

3.2.3 Unidad central de procesos (CPU)	26
3.2.3.1 Memoria del autómata	28
3.2.3.2 Memoria de programa	29
3.2.3.3 Función del autómata programable.....	29
3.2.4 Descripción general de un PLC [5]	30
3.2.4.1 Programación de un PLC.....	33
3.2.4.2 La estructura básica de cualquier autómata programable	34
3.2.4.3 Comunicaciones lógicas de un PLC	35
3.2.4.4 Técnicas de automatización en los PLC	37
3.2.4.4.1 Lógica cableada.....	37
3.2.4.4.1 .1 Estados OFF y ON.....	39
3.2.4.4.2 Lógica programada.....	40
3.2.4.5 Memoria necesaria en la automatización de procesos	40
3.2.4.5.1 Memoria RAM.....	41
3.2.4.5.2 Memoria ROM.....	42
3.2.4.6 Módulos de comunicación.....	42
3.2.4.7 Consola de programación	43
3.2.4.8 Fuente de poder	43
3.2.4.9 Bastidor de entrada y salida [6]	44
3.2.4.10 Bastidor remoto [6].....	45
3.2.4.11 Direccionamiento de casilleros y grupos [6].....	45
3.2.4.12 PLC en comparación con otros sistemas de control.....	46
3.2.4.13 Señales Analógicas y digitales.....	48
3.2.4.14 Capacidades E/S en los PLC modulares	51
3.2.5 Sistemas de control [5].....	52
3.2.5.1 Sistemas de control de lazo abierto [5]	53
3.2.5.2 Sistemas de control de lazo cerrado [5]	54
3.2.6 Automatización [9].....	54
3.2.6.1 La Parte Operativa [9]	54
3.2.6.1.1 Accionadores y Preaccionadores	55
3.2.6.2 La Parte de Mando [9].....	55
3.2.6.2.1 Tecnologías cableadas.....	56
3.2.6.2.2 Tecnologías programadas.....	56
3.2.6.3 Objetivos de la automatización.....	57
CAPITULO IV	61
RESULTADOS	61

4.1 DESCRIPCIÓN ACTUAL DEL SISTEMA DE LA PLANTA DE INYECCIÓN DE AGUA SALADA, IDENTIFICANDO LAS VARIABLES QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO.....	61
4.1.1 <i>Introducción</i>	61
4.1.2 <i>Funcionamiento de la Planta de Inyección de Agua Salada.</i>	65
4.1.2.1 Tanque de principal de agua.	67
4.1.2.2 Tanque de inyección de agua.....	68
4.1.2.3 Tanque de desnatado	69
4.1.2.4 Bombas de inyección.....	70
4.1.2.5 Suministro de electricidad	72
4.1.2.6 Sistema de medición de agua.....	72
4.1.3 <i>Resumen de los posibles interruptores y alarmas a instalar en los tanques E-177 y E-176</i>	74
4.1.4 <i>Identificación de la problemática</i>	74
4.1.4.1 Ausencia de un sistema de control automatizado	75
4.1.4.2 Obsolescencia del sistema de medición de agua en los tanques de almacenamiento.....	75
4.1.4.3 Altos Costos de Mantenimiento de operación	75
4.2 ESTABLECIMIENTO DE LA FILOSOFÍA DE CONTROL QUE CUBRIRÁ LAS NECESIDADES OPERATIVAS DEL SISTEMA DE INYECCIÓN DE AGUA SALADA.....	76
4.2.1 <i>Diagrama de Flujo referente a la Lógica de control que tendrán los PLC para la automatización y control del sistema de inyección de agua salada.</i>	83
4.3 DEFINICIÓN DE LA ARQUITECTURA DE CONTROL PARA LA PLANTA DE INYECCIÓN DE AGUA SALADA	87
4.3.1 <i>Arquitectura del sistema propuesto</i>	87
4.4 ESTABLECIMIENTO DE LOS REQUERIMIENTOS Y EQUIPOS PARA LA AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE LA PLANTA	90
4.4.1. <i>Requerimientos generales</i>	91
4.4.2 <i>Sistema de control</i>	91
4.4.2.1 Requerimientos de funcionamiento	91
4.4.3 <i>Requerimientos de seguridad</i>	92
4.4.4 <i>Interfaz hombre-máquina</i>	92
4.4.4.1 Requerimientos de funcionamiento	93
4.4.5 <i>Transmisor de doble onda guiada serie 3300 de Rosemount</i>	94
4.4.5.1 Requerimientos de funcionamiento	95
4.4.5.2 Sondas de los transmisores	96
4.4.5.3 Medición de niveles de los transmisores SERIE 3300 Rosemount.....	97
4.4.6 <i>Análisis de alternativas</i>	98
4.4.6.1 Sistemas de control (PLC).....	98

4.4.6.1.1 PLC Simatic S7 400 de Siemens	98
4.4.6.1.2 PLC ControlLogix de Allen Bradley	100
4.4.6.1.3 PLC Fanuc 90 – 70 de General Electric	101
4.4.6.2 Interfaz de operador.....	102
4.4.6.2.1 PanelView 1000 color de Allen Bradley	102
4.4.6.2.2 Multipanel 370 de Siemens	102
4.4.6.3 Transmisor de doble onda guiada serie 3300 de Rosemount	103
4.4.6.3.1 Transmisor de doble onda guiada Rosemount modelo 3301	103
4.4.6.3.2 Transmisor de doble onda guiada Rosemount modelo 3302	105
<i>4.4.7 Balance de alternativas</i>	<i>106</i>
4.4.7.1 Sistema de control	106
4.4.7.2 Interfaz del operador.....	107
4.4.7.3 Transmisor de doble onda guiada	108
<i>4.4.8 Requerimientos finales</i>	<i>110</i>
4.4.8.1 Sistema de control (PLC)	110
4.4.8.2 Interfaz del operador.....	111
4.4.8.3 Transmisor de doble onda guiada	112
CAPITULO V	113
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	113
5.1 CONCLUSIONES.....	113
5.2 RECOMENDACIONES.....	115
BIBLIOGRAFÍA	116
METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:	118

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El presente capítulo muestra un breve preámbulo sobre la gran importancia de los sistemas automatizados y el control de los procesos industriales, en un mundo que depende en su totalidad de los avances tecnológicos para ser aplicados en ciertos procesos productivos. Además se establece un contenido estructural del presente proyecto de investigación.

En los actuales momentos, la tendencia en el campo de automatización y el control de procesos están orientados a la mejora de las operaciones ejecutadas por diversas empresas de manufactura, de producción por lotes, de producción continua, entre otras.

Específicamente, las empresas petroleras que se caracterizan por una producción con procesos continuos, necesita el monitoreo y control permanente en la mayoría de sus operaciones, de tal manera de obtener beneficios optimizando dicha producción y evitando la ocurrencia de incidentes y accidentes dentro de las instalaciones que pueden causar daños materiales y humanos.

La automatización es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos.

Según la importancia de la automatización, se distinguen los siguientes grados:

- Aplicaciones en pequeña escala, como mejorar el funcionamiento de una máquina.

- Posibilidad de que un hombre trabaje con más de una máquina. Coordinar o controlar una serie de operaciones y una serie de magnitudes simultáneamente.
- Realizar procesos totalmente continuos por medio de secuencias programadas.

El proyecto se basará en realizar una propuesta de automatización para el control del proceso de inyección de agua salada, así como también la definición de una arquitectura de control que cumpla con las necesidades de la planta.

Esta investigación se encuentra conformada por cinco capítulos que explican de forma detallada la evolución de este trabajo. **Capítulo 1, Introducción** en este parte se muestra una explicación muy resumida acerca del tema central de la investigación. **Capítulo 2, El problema** en donde se expone de manera clara y explícita la problemática que origina esta investigación así como también el objetivo general y los objetivos específicos que permitirán desarrollar este proyecto de manera ordenada y sistemática. **Capítulo 3, Marco teórico** aquí se establecen algunos proyectos similares a el que se está desarrollando así como también algunos conceptos que son de gran importancia para la realización de la investigación. **Capítulo 4, Resultados** en este capítulo se desarrollan cada uno de los objetivos específicos expuestos anteriormente que permitirán llegar al resultado. **Capítulo 5, Conclusiones y Recomendaciones** aquí se procede a especificar las conclusiones que se produjeron como parte del estudio, así como el planteamiento de algunas recomendaciones para la mejora de este proyecto.

CAPÍTULO II

EL PROBLEMA

El presente capítulo describe con exactitud el problema planteado, siendo la matriz principal que origina la realización de este proyecto de investigación. De igual forma se establece el objetivo general y los objetivos específicos planteados en este proyecto.

2.1 Planteamiento del problema

PETRÓLEOS DE VENEZUELA S.A. (PDVSA), representa para la economía del país una fuente importante y confiable de generación de recursos requeridos para el desarrollo nacional. Para generar estos recursos se deben realizar una serie de procesos o pasos para la producción y comercialización de hidrocarburos, tales como: exploración, perforación, producción, deshidratación y transporte.

La Cuenca Oriental es considerada una de las mayores productoras de petróleo pesado y extrapolado en el ámbito nacional y mundial, está constituida por diversas estaciones de descarga y a su vez por un gran número de pozos para ser explotados, localizados en diferentes áreas a lo largo de dicha cuenca, cabe destacar que para estas estaciones de descarga existe un gran número de plantas de inyección de agua salada (P.I.A.S.) las cuales se encargan de distribuir el agua generada como consecuencia del proceso de producción y deshidratación del crudo.

Particularmente la P.I.A.S. de la estación BARED – 8 que se encuentra ubicada en el municipio Miranda del estado Anzoátegui, a 36 km. al sur de San Tomé; la cual está diseñada para recibir agua salada proveniente de las estaciones de descarga del área, para luego almacenar

dicha agua y bombearla por un proceso de inyección a pozos ya explotados y sin ninguna vida operativa.

Hoy en día la P.I.A.S. BARED – 8, es una de las plantas de inyección de agua salada más importantes del distrito, ya que esta maneja gran parte del agua que se genera a partir del proceso de producción de más de 3.000 barriles de petróleo diarios, y con una disposición de 107 pozos petroleros explotados por los diferentes métodos de extracción de crudo.

Actualmente, los subsistemas que integran la P.I.A.S. de BARED – 8, no han sido explotados al máximo, ya que no cuentan con la automatización de los procesos que permiten que se realicen la ejecución, control y evaluación de los mismos de una manera eficiente, principalmente el proceso de circulación de agua salada a través de las tuberías. Este proceso de inyección de agua obedece al nivel de producto total existente en los tanques que almacenan el agua, específicamente al grosor de nata que se produce a consecuencia de la deshidratación de crudo, así como también la protección del sistema de bombeo (bombas y tuberías), lo cual representa el punto de eje del sistema de control que gestione la planta. Todo esto conforma el sistema de bombeo e inyección a los pozos del área que no están operativos.

Una de las principales metas de PDVSA es ser la corporación energética de referencia mundial por excelencia, para satisfacer las necesidades de energía de la sociedad, apoyándoles en la calidad de sus trabajadores y tecnologías de vanguardias, para crear el máximo valor para la nación venezolana. Por esta razón PDVSA debe estar a la par con los avances tecnológicos de la actualidad, de ahí que el propósito de esta sea crear una propuesta de automatización y control de una planta que vaya acorde con estos avances y que permita a la empresa (inicialmente a la

P.I.A.S. de la estación BARED - 8) realizar todas las operaciones del sistema de inyección de agua salada de manera automática. Creando una interfaz hombre – máquina para que de manera coordinada se logre la eficiencia, productividad y seguridad de este sistema.

Para ello se abordarán diferentes técnicas como la revisión bibliográfica, la investigación de campo, el diagrama PI&D, control lógico de los PLC, entre otros; así como la utilización de diferentes recursos entre los cuales se pueden mencionar las computadoras personales como estaciones supervisoras, software de aplicación en el área industrial, software de supervisión y control, complementando con los diferentes tipos de instrumentos que permitirán la medición y el envío de señales, los cuales permitirán lograr los objetivos propuestos.

Con este trabajo se pretende llegar hasta la fase de diseño, la cual no contempla la ejecución ni implementación de dicha propuesta. Esta debe ser sometida a normas y estándares que tiene la empresa para la adecuación de este diseño. La propuesta pretende crear procesos netamente automatizados que le permitan a PDVSA el crecimiento tecnológico, específicamente en los procesos de inyección de agua salada pertenecientes a la P.I.A.S. de la estación BARED – 8 y así cumplir con sus obligaciones en cuanto a los procesos de inyección de agua salada requeridas por la unidad de Deshidratación de una forma efectiva y eficiente.

2.2 Objetivos

2.2.1 Objetivo General:

- Elaborar una propuesta de Automatización y control para una planta de inyección de agua salada de la estación de descarga BARED – 8, perteneciente al distrito Múcura.

2.2.2 Objetivos Específicos:

- 1.Describir el sistema actual de la planta de inyección de agua salada, identificando las variables que intervienen en el proceso.
- 2.Establecer la filosofía de control que cubra las necesidades operativas del sistema de inyección de agua salada.
- 3.Definir la arquitectura de control para la planta de inyección de agua salada.
- 4.Establecer los requerimientos y equipos que permitan la automatización y control de la planta.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

Este capítulo muestra un breve resumen de trabajos en donde la principal problemática es el área de automatización y control de procesos en los cuales se ven reflejados aspectos similares a los que se van a desarrollar en este proyecto. También se explican las bases teóricas relacionadas con el presente trabajo los cuales permitirán obtener información importante acerca de la problemática que se pretende resolver en esta investigación.

3.1 Antecedentes

Para este proyecto se pudieron encontrar algunos trabajos previos que fueron realizados en la Universidad de Oriente – Núcleo de Anzoátegui (Venezuela), donde se implementaron sistemas automatizados destinados al control de procesos. A continuación se nombran algunos de ellos:

González, K. (2005), desarrolló un trabajo de grado titulado **“Diseño de un sistema de supervisión para los controladores lógicos programables (PLC) de una unidad mejoradora de crudo extrapesado”**, en esta investigación se desarrolló un sistema que permite el control a distancia de parámetros operacionales en tiempo real, tomando como referencia a el PLC (controlador lógico programable) que funciona en la planta, dicho controlador está ligado a los procesos que ocurren en la planta donde se mejora la calidad del petróleo, esto fue posible gracias a la utilización de herramientas tales como *RSView32*, *RSLogix5000* y *RSLinx*, estos a su vez utilizados para el monitoreo de la información que detalla el funcionamiento de PLC basada en conexiones PLC-PC de supervisión. [1]

Costas, A. (2003), desarrolló un trabajo de grado titulado “**Diseño de un sistema de supervisión para las plantas compresoras de gas de área I, área II y Morichal del distrito San Tomé**”, este trabajo de grado se basó en la actualización del sistema de supervisión a través de la instalación de equipos e instrumentación para el control de las variables operacionales de los moto compresores con la finalidad de obtener un señalización correcta y oportuna de las causas de paro de los moto compresores, mediante el monitoreo de las señales de presión y temperatura en cada una de las etapas, vibración del motor compresor y sistema de enfriamiento. [2]

Prado, N. (2003), desarrolló un trabajo titulado “**Desarrollo de ingeniería conceptual-básica para la actualización tecnológica de las plantas compresoras de gas en el centro de operaciones morichal-estado Monagas**”, en este proyecto se realizó un estudio del sistema actual de las plantas compresoras de gas JOBO 2, JOBO 3 Y PILON ubicadas en el centro de operaciones Morichal (C.O.M.) en el estado Monagas, analizando todos los subsistemas involucrados en el proceso a través del conocimiento de la filosofía de la operación y control así como también de la arquitectura de los sistemas de supervisión y control asociados a las plantas. Esto con el fin de determinar la implementación de los instrumentos que sean pertinentes para la actualización tecnológica de las plantas de acuerdo a criterios de funcionamiento. De acuerdo a esto se escogió el sistema de control *ControlLogix* de Allen Bradley. [3]

Martínez, K. (2003), desarrolló un trabajo titulado “**Mejoramiento del proceso de comunicación entre el centro de administración de energía y las sub-estaciones de PDVSA San Tomé**”, en esta investigación se realizó un estudio comparativo de las características funcionales de los protocolos MODBUS y DNP V3.0 con el fin de mejorar el proceso de comunicación entre el CADE y las Sub-estaciones de PDVSA San Tomé, se plantearon pruebas

necesarias para evaluar las características funcionales de los protocolos y determinar aquel que más se ajuste a las necesidades de la empresa eléctrica. Se obtuvo que el protocolo DNP V3.0 tiene la capacidad de interrogar los eventos por clases y de manejar mayor volumen de información en el mensaje. [4]

Gómez, M. (2001), desarrolló un trabajo titulado “**Diseño de un Sistema que permita la supervisión y control a distancia de las pruebas de pozos productores de crudo**”, en esta obra se realizó un estudio de dos propuestas para la automatización del múltiple de producción, así como también la realización de un programa en diagrama escalera mediante Software RSLogix 5 English para automatizar las pruebas de pozos de una estación de descarga de crudo. [5]

3.2 Fundamentos teóricos

Planta de agua salada: la planta de agua salada tiene como propósito recolectar, almacenar e inyectar el agua salada a pozos que ya han sido explotados, esta agua es generada como consecuencia del proceso de tratamiento de crudo que se suscita en una estación de deshidratación del petróleo.

La planta de inyección de agua salada (P.I.A.S.) cuenta con 3 áreas bien definidas para el cumplimiento de los objetivos de producción y calidad. Estas áreas son:

Área de tratamiento de crudo: en esta área ocurren los procesos de separación, calentamiento, deshidratación del crudo; esto es con la finalidad de poder separar el crudo del gas y el agua salada. En esta área intervienen

elementos importantes para el proceso de tratamiento como: múltiples de producción, separadores, calentadores, tanques de lavado.

Área de almacenamiento: luego de haber separado el agua del crudo, el agua es transferida por medio de tuberías a los tanques existentes en la (P.I.A.S.), para posteriormente mandar esa agua hacia el área de bombeo.

Área de bombeo: consta de motores – bombas utilizadas para la transferencia de agua salada almacenada en el patio de tanques, donde finalmente será inyectada a pozos que ya han sido explotados y rehabilitados para la recepción de dicha agua.

3.2.1 Principales equipos utilizados en el proceso de tratamiento de crudo y generación de agua salada

3.2.1.1 Separadores [6]

Son aquellos que permiten disgregar los componentes y contaminantes con el fin de optimizar el procesamiento y comercialización de alguno de ellos (crudo y gas).

Los separadores forman parte de un gran grupo de equipos que involucran los procesos físicos de separación de fases: líquidas y gaseosas. Se diseñan equipos para separar mezclas de diferentes fases, a saber: gas-líquido, gas-sólido. Líquido-líquido, líquido-sólido, sólido-sólido y sólido-líquido-gas.



Figura 3.1: Tanque separador BARED-8.

Fuente: [Propia].

El propósito esencial de todo separador es liberar la fase deseada tan completamente de la(s) otras que como sea posible, y para esto hay que seleccionar el proceso físico adecuado. Existen varios procesos físicos de separación los equipos utilizados en la industria petrolera los principios más utilizados son los tres primeros: gravedad, inercia y choque. De este amplio universo de separadores, solamente se concentrara la atención en los separadores gas-líquido, los cuales son utilizados frecuentemente en las áreas de producción para separar el gas del petróleo y el agua.

3.2.1.2 Calentadores [6]

Son aquellos que poseen un número de dispositivos en los cuales el calor liberado por la combustión del combustible dentro de un cercano aislado internamente se transfiere al fluido que fluye dentro de los sistemas tubulares. Generalmente los elementos tubulares de calentadores son

instalados a lo largo de las paredes y techo de la cámara de combustión, donde ocurren altas transferencias de calor, principalmente por radiación. Además, si se justifica económicamente, también se debe agregar una bancada de tubos, donde se produce transferencia de calor principalmente por convección.

La función principal de un calentador es proveer una cantidad específica de calor a niveles de temperaturas relativamente altos, con el fin de calentar el fluido. El calentador debe ser capaz de ejecutar esta actividad sin producir sobrecalentamiento de sus componentes estructurales y del fluido. [6]



Figura 3.2: Tanques calentadores de crudo BARED-8.

Fuente: [Propia].

3.2.1.3 Tanques de almacenamiento [6]

Los tanques son utilizados para almacenar dependiendo de su condición agua salada o crudo. En este caso hacemos referencia a los

tanques que se encargan de almacenar agua salada proveniente de la estación de tratamiento de crudo extraído de los pozos directamente.



Figura 3.3: Tanque de almacenamiento de crudo BARED-8.

Fuente: [Propia].

Una vez descritos los principales procesos donde se realizara la investigación, hay que establecer y definir los equipos que permitían el logro de los objetivos propuestos.

3.2.2 Autómatas programables

“Son equipos electrónicos, en general basados en microprocesadores, que aceptan señales de entrada para evaluar y generar salidas apropiadas para controlar máquinas o procesos. Los controladores programables son de control lógico y su función lógica queda determinada por un programa introducido por el usuario en el que se indica el modo en que los dispositivos

de salida funcionan en respuestas a los de entrada. El programa se almacena en una memoria de lectura-escritura, por lo que puede introducirse una modificación en el proceso controlado mediante la programación”. [7]

Para NEMA (*The Nacional Electrical Manufactures Association*), un autómata programable es un aparato electrónico que opera digitalmente y usa una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones, para implementar funciones específicas tales como lógica, secuencia, temporalización, conteo y aritmética para controlar máquinas o procesos por medio de módulos de entradas o salidas, analógicas o digitales.



Figura 3.4: Allen Bradley PLC.

Fuente [www.tcgroupinc.com/.../Refinery%20PLC%20Rack.JPG].

Los primeros autómatas pretendían, básicamente, sustituir a los sistemas convencionales con relés o circuitos lógicos, con las ventajas evidentes que suponía tener un hardware estándar. Por ello nacieron con prestaciones muy similares a las que ofrecían dichas tecnologías convencionales y sus lenguajes de programación eran muy próximos a los esquemáticos empleados en las mismas.

Estas limitaciones eran aconsejadas solo por limitaciones de mercado y no respondían a limitaciones tecnológicas de aquel momento, ya que las

posibilidades que podían ofrecer eran realmente mayores.

Los autómatas actuales han mejorado sus prestaciones respecto a los primeros en muchos aspectos, pero fundamentalmente a base de incorporarse un juego de instrucciones más potente, mejorar la velocidad de respuesta y dotar al autómata de capacidad de comunicación. Los juegos de instrucciones incluyen actualmente, aparte de las operaciones lógicas con bits, temporizadores y controladores, otra serie de operaciones lógicas con palabras, operaciones aritméticas, tratamiento de señales analógicas, funciones de comunicación y una serie de funciones de control no disponibles en la tecnología clásica de relés, todo ello a potenciado su aplicación masiva al control industrial.

3.2.3 Unidad central de procesos (CPU)

La CPU (*Central Processing Unit*), construida alrededor de un sistema microprocesador, es la encargada de ejecutar el programa de usuario y de ordenar la transferencia de información en el sistema de entradas/salidas.

Adicionalmente, puede también establecer comunicación con periféricos externos, como son la unidad de programación, monitores LED/LCD o TRC, otros autómatas u ordenadores, etc. Para ejecutar el programa, CPU adquiere sucesivamente las instrucciones una a una desde memoria, y realiza las operaciones especificadas en las mismas.



Figura 3.5: Unidad central de procesos.

Fuente [www.tinglado.net/.../puzle_cpu/cpu.jpg].

Esta decodificación puede realizarse mediante un sistema de lógica estándar con microprocesador más memoria, o puede estar programada por hardware (cableada) en el propio procesador, según diseño propio del fabricante utilizando tecnologías custom o personalizadas. La primera solución, más barata, es la más frecuente en autómatas de gama baja, mientras que la segunda, con mayores costos de diseño y desarrollo, es propia de autómatas de gama media y alta, donde el incremento de precios queda compensado por los bajos tiempos de ejecución de las instrucciones, muchos menores que en la solución estándar (décimas de microsegundos frente a decenas de microsegundos). En cualquier caso, esta decodificación interna de instrucciones, es transparente al usuario, que no puede modificarla en ninguna forma. Al ser además específica de cada fabricante, que elige el lenguaje de programación que soportara su autómata (instrucciones, contactos o símbolos gráficos), y la forma en que se interpretan sus instrucciones, la decodificación no solo limita los lenguajes

disponibles de programación, sino que es la responsable de que no todas la CPU pueden ejecutar los mismos programas, aunque hayan sido escritos en el mismo lenguaje, impidiendo, en definitiva, el intercambio de programas entre autómatas diferentes.

3.2.3.1 Memoria del autómata

La memoria de un trabajo es el almacén donde el autómata guarda todo cuanto necesita para ejecutar la tarea de control.

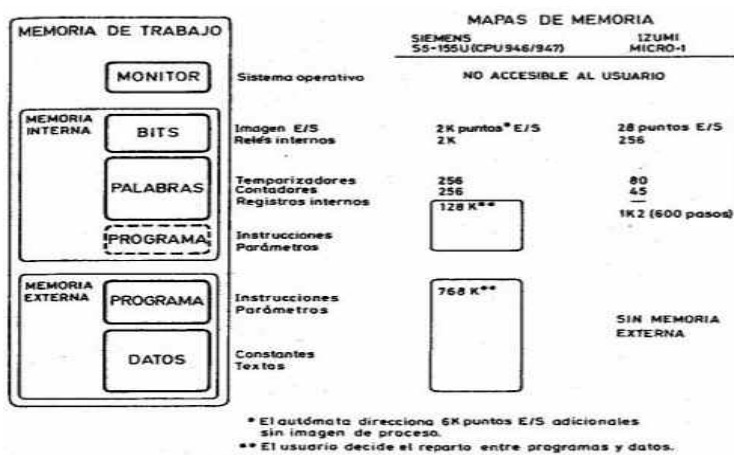


Figura 3.6: Memoria del autómata programable.

Fuente [www.sc.ehu.es/.../MEMORIA/ap73.jpg].

Una memoria de semiconductor es un dispositivo electrónico capaz de almacenar datos binarios (señales de niveles altos y bajos “unos” y “ceros”, denominadas bits), que pueden ser leídos posición a posición (bit a bit), o por bloques de ocho (byte) o dieciséis posiciones (Word).

La memoria ideal para el autómata debería ser simultánea rápida, pequeña, barata y de bajo consumo de energía. Como ninguna de las memorias del mercado reúne todas las condiciones, los autómatas combinan distintos tipos de ellas.

3.2.3.2 Memoria de programa

La memoria de programa, normalmente externa y enchufable a la CPU, almacena el programa escrito por el usuario para su aplicación. Adicionalmente puede contener datos alfanuméricos y textos variables, y también información parametrizada sobre el sistema, por ejemplo nombre o identificador del programa escrito, indicaciones sobre la configuración de E/S o sobre la red de autómatas, si existe, etc.

Cada instrucción de usuario ocupa un paso o dirección del programa y necesita, normalmente, para ser almacenada, dos posiciones de memoria de semiconductor (dos bytes). La capacidad total del programa de usuario depende del tipo de CPU utilizada, y puede oscilar entre los 1 K pasos de un autómata compacto hasta algún centenar de K instrucciones en un autómata de gama alta.

La ejecución del programa en el módulo es siempre prioritaria, de modo que si se da tensión al autómata con un módulo conectado, la CPU ejecuta su programa y no el contenido en la memoria RAM interna.

3.2.3.3 Función del autómata programable

El Autómata Programable es un dispositivo de control principal de los sistemas automatizados en la industria. Controla las secuencias de arranque, operación y parada. Mediante el almacenamiento de los programas de control del equipo lógico y los datos del monitoreo de la condición de funcionamiento y los datos solicitados por el operador, el controlador envía comando a los dispositivos de control para regular la velocidad, la temperatura, la carga, el nivel y otras condiciones del sistema.

3.2.4 Descripción general de un PLC [5]

Los **PLC** (*Programmable Logic Controller*) son dispositivos electrónicos muy usados en Automatización Industrial. Es un hardware industrial, que se utiliza para la obtención de datos. Una vez obtenidos, los pasa a través de bus (por ejemplo por *Ethernet*) en un servidor.

Su historia se remonta a finales de la década de 1960 cuando la industria buscó en las nuevas tecnologías electrónicas una solución más eficiente para reemplazar los sistemas de control basados en circuitos eléctricos con relés, interruptores y otros componentes comúnmente utilizados para el control de los sistemas de lógica combinatorial.

Básicamente un PLC es el cerebro de un proceso industrial de producción o fabricación, reemplazando a los sistemas de control de relés y temporizadores cableados. Se puede pensar en un PLC como una computadora desarrollada para soportar las severas condiciones a las que puede ser sometida en un ambiente industrial, auto que usted conduce, el diario que usted lee, las bebidas que usted consume, etc.

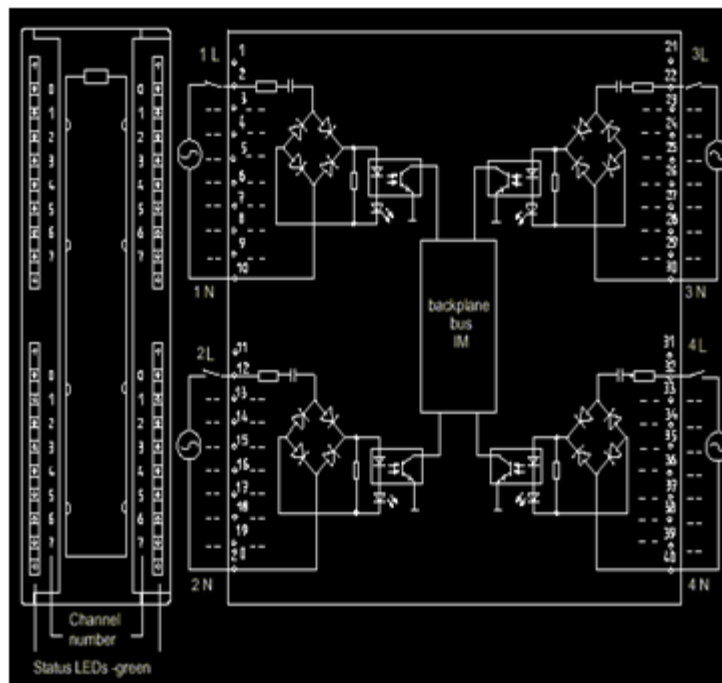


Figura 3.7: Esquemático de un PLC (2008).

Fuente [www.mx.geocities.com/.../td/EntradaDiscretaAC.gif].

Hoy en día, los **PLC** no sólo controlan la lógica de funcionamiento de máquinas, plantas y procesos industriales, sino que también pueden realizar operaciones aritméticas, manejar señales analógicas para realizar estrategias de control, tales como controladores proporcional integral derivativo (PID).

Los PLC actuales pueden comunicarse con otros controladores y computadoras en redes de área local, y son una parte fundamental de los modernos sistemas de control distribuido.

Existen varios lenguajes de programación, tradicionalmente los más utilizados son el diagrama de escalera (Lenguaje *Ladder*), preferido por los electricistas, lista de instrucciones y programación por estados, aunque se han incorporado lenguajes más intuitivos que permiten implementar algoritmos complejos mediante simples diagramas de flujo más fáciles de

interpretar y mantener. Un lenguaje más reciente, preferido por los informáticos y electrónicos, es el FBD (Function *Block Diagram*) que emplea compuertas lógicas y bloques con distintas funciones conectados entre sí.

En la programación se pueden incluir diferentes tipos de operandos, desde los más simples como lógica booleana, contadores, temporizadores, contactos, bobinas y operadores matemáticos, hasta operaciones más complejas como manejo de tablas (recetas), apuntadores, algoritmos PID y funciones de comunicación multiprotocolo que le permitirían interconectarse con otros dispositivos.

Los PLC fueron inventados en respuesta a las necesidades de la automatización de la industria automotriz norteamericana por el ingeniero Estadounidense *Dick Morley*. Antes de los PLC, el control, la 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, y Modicon todavía numera algunos de sus modelos de controladores con la terminación ochenta y cuatro. 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*, *fraz max*, *Tesco Controls*, *Panasonic* (*Matsushita*), *Mitsubishi* e *Isi Matrix machines*.

3.2.4.1 Programación de un PLC

Los primeros PLC, en la primera mitad de los 80, eran programados usando sistemas de programación propietarios o terminales de programación especializados, que a menudo tenían teclas de funciones dedicadas que representaban los elementos lógicos de los programas de PLC. Los programas eran guardados en cintas. Más recientemente, los programas PLC son escritos en aplicaciones especiales en un ordenador, y luego son descargados directamente mediante un cable o una red al PLC. Los PLC viejos usan una memoria no volátil (*magnetic core memory*) pero ahora los programas son guardados en una RAM con batería propia o en otros sistemas de memoria no volátil como las memoria flash.

Los primeros PLC fueron diseñados para ser usados por electricistas que podían aprender a programar los PLC en el trabajo. Estos PLC eran programados con “lógica de escalera” (*ladder logic*). Los PLC modernos pueden ser programados de muchas formas, desde la lógica de escalera hasta lenguajes de programación tradicionales como el “*BASIC*” o “*C*”. Otro método es usar la Lógica de Estados (*State Logic*), un lenguaje de programación de alto nivel diseñado para programas PLC basándose en los diagramas de transición de estados.

Recientemente, el estándar internacional IEC 61131-3 se está volviendo muy popular. IEC 61131-3 define cinco lenguajes de programación para los sistemas de control programables: FBD (*Function block diagram*), LD (*Ladder diagram*), ST (*Structured text*), similar al Lenguaje de programación Pascal), IL (*Instruction list*) y SFC (*Sequential function chart*).

Mientras que los conceptos fundamentales de la programación del PLC son comunes a todos los fabricantes, las diferencias en el

direccionamiento E/S, la organización de la memoria y el conjunto de instrucciones hace que los programas de los PLC nunca se puedan usar entre diversos fabricantes. Incluso dentro de la misma línea de productos de un solo fabricante, diversos modelos pueden no ser directamente compatibles.

3.2.4.2 La estructura básica de cualquier autómata programable

Fuente de alimentación: convierte la tensión de la red, 110 ó 220V ac a baja tensión de cc (24V por ejemplo) que es la que se utiliza como tensión de trabajo en los circuitos electrónicos que forma el autómata.

CPU: la Unidad Central de Procesos es el auténtico cerebro del sistema. Es el encargado de recibir órdenes del operario a través de la consola de programación y el módulo de entradas. Después las procesa para enviar respuestas al módulo de salidas.

Módulo de entradas: aquí se unen eléctricamente los captadores (interruptores, finales de carrera...). La información que recibe la envía al CPU para ser procesada según la programación. Hay 2 tipos de captadores conectables al módulo de entradas: los pasivos y los activos.

Módulo de salida: es el encargado de activar y desactivar los actuadores (bobinas de contactores, motores pequeños...). La información enviada por las entradas a la CPU, cuando está procesada se envía al módulo de salidas para que estas sean activadas (también los actuadores que están conectados a ellas). Hay 3 módulos de salidas según el proceso a controlar por el autómata: relés, triac y transistores.

Terminal de programación: la terminal o consola de programación es el que permite comunicar al operario con el sistema. Sus funciones son la transferencia y modificación de programas, la verificación de la programación y la información del funcionamiento de los procesos.

Periféricos: ellos no intervienen directamente en el funcionamiento del autómatas pero sí que facilitan la labor del operario.

3.2.4.3 Comunicaciones lógicas de un PLC

Las formas como los PLC intercambian datos con otros dispositivos son muy variadas. Típicamente un PLC puede tener integrado puertos de comunicaciones seriales que pueden cumplir con distintos estándares de acuerdo al fabricante. Estos puertos pueden ser de los siguientes tipos:

- **RS-232:** (también conocido como *Electronic Industries Alliance RS-232C*) es una interfaz que designa una norma para el intercambio serie de datos binarios entre un DTE (Equipo terminal de datos) y un DCE (*Data Communication Equipment*, Equipo de Comunicación de datos), aunque existen otras en las que también se utiliza la interfaz RS-232. En particular, existen ocasiones en que interesa conectar otro tipo de equipamientos, como pueden ser computadores. Evidentemente, en el caso de interconexión entre los mismos, se requerirá la conexión de un DTE (*Data Terminal Equipment*) con otro DTE.
- **RS-485:** está definido como un sistema en bus de transmisión multipunto diferencial, es ideal para transmitir a altas velocidades sobre largas distancias (35 Mbps hasta 10 metros y 100 Kbps en 1.200 metros) y a través de canales ruidosos, ya que reduce los ruidos que aparecen en los voltajes producidos en la línea de transmisión. El

medio físico de transmisión es un par entrelazado que admite hasta 32 estaciones en 1 solo hilo, con una longitud máxima de 1.200 metros operando entre 300 y 19200 bps y la comunicación *half-duplex* (semiduplex). Soporta 32 transmisiones y 32 receptores. La transmisión diferencial permite múltiples *drivers* dando la posibilidad de una configuración multipunto. Al tratarse de un estándar bastante abierto permite muchas y muy diferentes configuraciones y utilizaciones.

- **RS-422:** su función es conectar dispositivos en forma serial, junto con el RS-423, son los reemplazantes del estándar RS-232, pues soportan mayores velocidades de transferencia. También permiten compatibilidad hacia atrás, pues es posible conectar dispositivos RS-232 en ellos.
- **Ethernet:** es un estándar de redes de computadoras de área local con acceso al medio por contienda CSMA/CD. 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.
- **Modbus:** es un protocolo de comunicaciones situado en el nivel 7 del Modelo OSI, basado en la arquitectura maestro/esclavo o cliente/servidor, diseñado en 1979 por *Modicon* para su gama de controladores lógicos programables (PLCs). Convertido en un protocolo de comunicaciones estándar de facto en la industria es el que goza de mayor disponibilidad para la conexión de dispositivos electrónicos industriales.
- **Bus CAN:** es un protocolo de comunicaciones desarrollado por la firma alemana Robert Bosch GmbH, basado en una topología bus para la transmisión de mensajes en ambientes distribuidos, además ofrece una solución a la gestión de la comunicación entre múltiples CPUs (unidades centrales de proceso).

- **Profibus:** (*Process Field Bus*) es un bus de campo industrial utilizado en ámbito de automatización industrial. Se trata de una red abierta, estándar e independiente de cualquier fabricante y cuenta con varios perfiles.
- **Devicenet:** consiste en una rama o bus principal -de hasta 500 mts con múltiples derivaciones -de hasta 6 mts. cada una- donde se conectan los diferentes dispositivos de la red. En cada red *Device Net* se pueden conectar hasta 64 nodos y cada uno puede soportar un número infinito de E/S aunque lo normal son 8, 16 ó 32.
- **Ethernet I/P:** Protocolo para la comunicación en una red a través de paquetes conmutados, es principalmente usado en Internet. Los datos se envían en bloques conocidos como paquetes (datagramas) de un determinado tamaño (MTU). El envío es no fiable (conocido también como *best effort* o mejor esfuerzo); se llama así porque el protocolo IP no garantiza si un paquete alcanza o no su destino correctamente. Un paquete puede llegar dañado, repetido, en otro orden o no llegar. Para la fiabilidad se utiliza el protocolo TCP de la capa de transporte.

Muchos fabricantes además ofrecen distintas maneras de comunicar sus PLC con el mundo exterior mediante esquemas de hardware y software protegidos por patentes y leyes de derecho de autor.

3.2.4.4 Técnicas de automatización en los PLC

Básicamente existen dos tecnologías que se emplean en la fabricación de automatismo.

3.2.4.4.1 Lógica cableada

Denominamos conexión cableada a todos los controladores cuya función se determina mediante la conexión (cableado) de sus elementos individuales de conexión. Así, por ejemplo, se determina la función de control de un contactor mediante la selección de los elementos de conexión (abrir o cerrar) y por las características de su conexión, (conexión en serie o conexión en paralelo).

En sistemas mayores se emplea la conexión cableada en autómatas programables, entre los que se encuentran los PLC controlador lógico programable, la RTU Unidad Terminal Remota o los relés programables, o computadoras o servidores de uso industrial. Estos autómatas no se programan en lenguajes tradicionales como cualquier computador, se programan en *Ladder*, lenguaje en el cual las instrucciones no son otra cosa que líneas de lógica cableada. Así el conocimiento de la lógica cableada es de fundamental importancia para quien programa un autómata programable o PLC. La lógica cableada más que una técnica, hoy en día constituye una filosofía que permite estructurar circuitos en forma ordenada, prolija y segura, sea en circuitos cableados o programados. La práctica de la lógica cableada ha sido asimilada por otras ramas de la tecnología como las telecomunicaciones y la informática, con la introducción del cableado estructurado en edificios, oficinas y locales comerciales, lugares donde es poco usual el manejo de esquemas y dibujos de las instalaciones eléctricas, excepto la de potencia, la elaboración de proyectos de detalle y el cableado en forma ordenada mediante el uso borneras y regletas, que pasaron a llamarse “patcheras” en el caso de las redes de datos y telefonía. La estructura mecánica así como el cableado en el armario de distribución depende de la función del controlador. El montaje y cableado de un controlador programable puede efectuarse recién después de que se conozca su programa es decir, sus documentaciones de conexión. Cada cambio posterior de las funciones del controlador requiere un cambio de la

estructura y del cableado. Estos cambios son muchas veces costosos y exigen mucho tiempo.

3.2.4.4.1 .1 Estados OFF y ON

Desde un punto de vista teórico la lógica cableada opera de igual forma que la lógica tradicional, donde las variables solamente pueden tener dos estados posibles, “verdaderos” o “falsos”. En la lógica cableada “verdadero” es igual a un relé energizado o en ON, en el caso de los contactos el estado “verdadero” es el contacto CERRADO. En la lógica cableada un “falso” es igual a un relé desenergizado o en OFF, para los contactos el estado “falso” es el contacto ABIERTO o estas puedes ser todas las estradas que cruzan por el circuito primario las abiertas.





Lógica	Circuito Digital	Lógica Cableada	Neumática / Óleo-Hidráulica
FALSE <i>falso</i>	0 <i>cero</i>	OFF  <i>contacto abierto</i>  <i>relé desenergizado</i>	 <i>válvula cerrada</i>
TRUE <i>verdadero</i>	1 <i>uno</i>	ON  <i>contacto cerrado</i>  <i>relé energizado</i>	 <i>válvula abierta</i>

Figura 3.8: Estados de la lógica cableada.

Fuente [www.upload.wikimedia.org/wikipedia/domus.23.jpg].

En los circuitos electrónicos digitales o compuerta lógica, se utiliza el sistema numérico binario; donde verdadero es igual a “1” y falso es igual a “0”. Si se trata de un sistema neumático u óleo-hidráulico, “verdadero” es igual a una válvula ABIERTA y “falso” es igual a una válvula CERRADA. Si se trata del mando de la válvula, “verdadero” corresponde al mando accionado y “falso” corresponde al estado no accionado del mando.

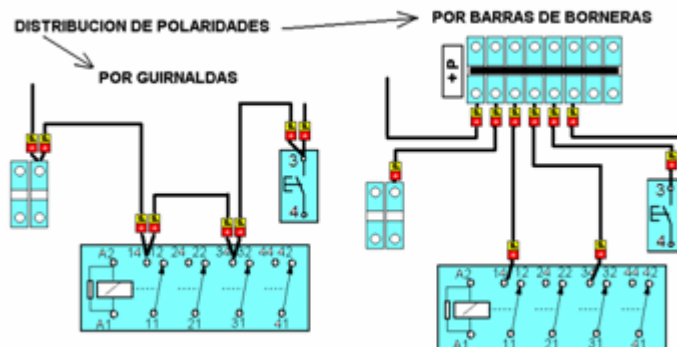


Figura 3.9: lógica cableada.

Fuente [upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/75/L].

3.2.4.4.2 Lógica programada

En cambio la estructura y el cableado son ampliamente independientes de la función deseada del controlador. Al aparato de automatización se conecta todos los contactos emisores requeridos para la función del controlador (interruptores, pulsadores, barras de luz, etc.) y todos los aparatos activadores sujetos al controlador (contactores, válvulas, etc.).



Figura 3.10: Lenguaje de contactores programada.

Fuente [www.yoreparo.com/.../images/319_image009.gif].

3.2.4.5 Memoria necesaria en la automatización de procesos

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. Desde el punto de vista del C.P.U., la memoria es una unidad de E/S que puede ser leída, escrita o ambas. Generalmente la memoria está organizada en arreglos de un 1 Byte u 8 Bits cada una.

La memoria programa contiene las instrucciones del programa que maneja el A.P. Parte de este programa está en la zona del monitor, que se encarga de mantener los recursos del sistema, teclado, pantalla, botones, señales luminosas, video, programación de memorias externas, etc. La cantidad de memoria en un controlador programable viene expresada en unidades de "Kilobytes" (Kb) $1\text{Kb}=2^{10}-1024$ bytes.

3.2.4.5.1 Memoria RAM

La 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, y la memorización está garantizada mientras exista memorización eléctrica. 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 suplante la energía suficiente como para mantener la información de memoria cuando falle la alimentación principal.

La celda básica de una memoria RAM está constituida por un *Flip-Flop* con su circuitería de control de lectura y escritura. Internamente la memoria consta de celdas básicas capaces de almacenar un bit de información ("1" o "0" lógico). El conjunto de estas celdas constituye una matriz que es accesada (o direccionada) por líneas externas bajo el control del CPU.

3.2.4.5.2 Memoria ROM

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

- a) ROM: Memoria con los datos grabados de fábrica.
- b) PROM: Inicialmente "Vacía", el usuario programa una vez los datos en la memoria y estos ya no pueden borrarse o cambiarse más.
- c) EPROM: El usuario programa los datos de la memoria, sin embargo éstos pueden borrarse sometiendo el integrado a una dosis de luz ultravioleta, según especificación del fabricante.
- d) EEPROM: Los datos son grabados y borrados eléctricamente.

La ventaja de las memorias EPROM y EEPROM es que pueden usarse para prototipos que deben someterse a correcciones. Una vez que el programa sea definido, puede parecerse a una memoria ROM o PROM, que fabricado en grandes cantidades resulta más económicas. Las memorias de tipo ROM son no volátiles, la información que contiene no se borra al quitar la alimentación del integrado. Las memorias EPROM, no pueden borrarse y grabarse indefinidamente sino sólo un número limitado de veces que por lo general oscila entre 10.000 y 100.000.

3.2.4.6 Módulos de comunicación

La comunicación más usada entre el PLC y su periférico (Terminales, consolas teclados, impresoras) es la del tipo serial asincrónico. Este modo de

comunicación permite el intercambio de caracteres alfanuméricos (generalmente en código ASCU) compuesto de una secuencia de bits transmitidos uno detrás del otro. La velocidad de transmisión se expresa en baudios (bits /seg.). Las interfaces se rigen por normas estándar como RS 232C.

3.2.4.7 Consola de programación

Su función es la de registrar en la memoria del controlador las instrucciones para el funcionamiento del programa. El código usado para la programación (Booleano, redes de contactos, *Grafcet*, Lenguaje de alto nivel) debe ser transformado al código binario entendible por el C.P.U. La consola de programación contiene un procesador de traducción (Compilador). La consola puede estar integrada en el controlador programable o estar separada. En algunos casos puede simularse un programa por medio de la consola colocándole en un modo especial. Existe también un control de ejecución de programa paso a paso o en bloque, con la inserción de "break-point". El programa puede ser almacenado en otros medios como cassette, discos, etc. La consola contiene a veces programadores de EPROM que permite guardar el contenido del programa en forma no volátil.

3.2.4.8 Fuente de poder

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 que permitirá operar al C.P.U.



Figura 3.11: Descripción esquemática de un PLC.

Fuente [www.proton.ucting.udg.mx/.../image005.gif].

3.2.4.9 Bastidor de entrada y salida [6]

El bastidor de Entrada / Salida comprende el cableado del plano posterior y los conectores de borde del módulo que se requiere para dirigir la alimentación eléctrica y las señales de datos de hacia y desde los módulos instalados. La determinación del tamaño se refiere al número de módulos de Entradas / Salidas que pueden ser instalados en el bastidor además del módulo del PLC, el cual ocupa una ranura especial en la posición izquierda máxima del bastidor.



Figura 3.12: Entradas y salidas de un PLC.

Fuente [www.ecom.coastal.com/.../PLC003-XXX-ENG.jpg].

3.2.4.10 Bastidor remoto [6]

Si el número necesario de canales de Entradas / Salidas sobrepasa el cupo máximo de un solo bastidor, puede instalar un segundo bastidor remoto. En este caso el bastidor remoto debe incluir ya sea otro PLC en un modo de ADPTADOR, o un modulo adaptador de Entradas / Salidas remotas. En el bastidor remoto, la ranura mas a la izquierda se reserva para el PLC o adaptador de Entradas / Salidas, mientras que en el resto de las ranuras son para los módulos de alimentación eléctricas o de Entradas / Salidas.

3.2.4.11 Direccionamiento de casilleros y grupos [6]

A cada modulo de Entradas / Salidas se les asigna un número de casillero / grupo de acuerdo con su posición en el bastidor de Entradas / Salidas. Este número pasa a formar parte de la dirección lógica de cada Terminal de Entradas / Salidas.

La dirección lógica es una designación del “Software” que se utiliza para identificar y almacenar los datos en la memoria del PLC, y para adquirir o enviar datos hacia y desde dispositivos externos.

Con el sistema de Direccionamiento de una sola ranura, un bastidor local de 16 ranuras contiene dos casilleros (“Racks”) numerados casillero 1 y casillero 2. Cada casillero consta de ocho grupos de terminales de Entradas / Salidas, numeradas 00 hasta 07. Con el método de Direccionamiento de una sola ranura, cada ranura es equivalente a un grupo. Con el direccionamiento de dos ranuras, cada grupo comprende dos ranuras. Con el direccionamiento de media ranura, cada grupo sería equivalente a media ranura.

Con el método de direccionamiento de una sola ranura, cada grupo de Entradas / Salidas puede contener hasta 16 terminales de entradas y 16 terminales de salida. En la sección de módulos de Entradas / Salidas discreta de este cuaderno de trabajo se discutirán mayores detalles del direccionamiento lógico.

3.2.4.12 PLC en comparación con otros sistemas de control

Los PLC están adaptados para un amplio rango de tareas de automatización. Estos son típicos en procesos industriales en la manufactura donde el coste de desarrollo y mantenimiento de un sistema de automatización es relativamente alto contra el coste de la automatización, y donde van a existir cambios en el sistema durante toda su vida operacional. Los PLC contienen todo lo necesario para manejar altas cargas de potencia; se requiere poco diseño eléctrico y el problema de diseño se centra en expresar las operaciones y secuencias en la lógica de escalera (o diagramas de funciones). Las aplicaciones de PLC son normalmente hechos a la

medida del sistema, por lo que el costo del PLC es bajo comparado con el costo de la contratación del diseñador para un diseño específico que solo se va a usar una sola vez. Por otro lado, en caso de productos de alta producción, los sistemas de control a medida se amortizan por sí solos rápidamente debido al ahorro en los componentes, lo que provoca que pueda ser una buena elección en vez de una solución "genérica".

Sin embargo, debe ser notado que algunos PLC ya no tienen un precio alto. Los PLC actuales tienen todas las capacidades por algunos cientos de dólares.

Diferentes técnicas son utilizadas para un alto volumen o una simple tarea de automatización, Por ejemplo, una lavadora de uso doméstico puede ser controlada por un temporizador a levas electromecánico costando algunos cuantos dólares en cantidades de producción.

Un diseño basado en un micro controlador puede ser apropiado donde cientos o miles de unidades deben ser producidas y entonces el coste de desarrollo (diseño de fuentes de alimentación y equipo de entradas y salidas) puede ser dividido en muchas ventas, donde el usuario final no tiene necesidad de alterar el control. Aplicaciones automotrices son un ejemplo, millones de unidades son vendidas cada año, y pocos usuarios finales alteran la programación de estos controladores. (Sin embargo, algunos vehículos especiales como son camiones de pasajeros para tránsito urbano utilizan PLC en vez de controladores de diseño propio, debido a que los volúmenes son pequeños y el desarrollo no sería económico.)

Algunos procesos de control complejos, como los que son utilizados en la industria química, pueden requerir algoritmos y características más allá de

la capacidad de PLC de alto nivel. Controladores de alta velocidad también requieren de soluciones a medida; por ejemplo, controles para aviones.

Los PLC pueden incluir lógica para implementar bucles analógicos, “proporcional, integral y derivadas” o un controlador PID. Un bucle PID podría ser usado para controlar la temperatura de procesos de fabricación, por ejemplo. Históricamente, los PLC’s fueron configurados generalmente con solo unos pocos bucles de control analógico y en donde los procesos requieren cientos o miles de bucles, un Sistema de Control Distribuido (DCS) se encarga. Sin embargo, los PLC se han vuelto más poderosos, y las diferencias entre las aplicaciones entre DCS y PLC han quedado menos claras.

Resumiendo, los campos de aplicación de un PLC o autómatas programables en procesos industriales son: cuando hay un espacio reducido, cuando los procesos de producción son cambiantes periódicamente, cuando hay procesos secuenciales, cuando la maquinaria de procesos es variable, cuando las instalaciones son de procesos complejos y amplios, cuando el chequeo de programación se centraliza en partes del proceso.

3.2.4.13 Señales Analógicas y digitales

Las señales digitales o discretas como los interruptores, son simplemente una señal de *On/Off* (1 ó 0, Verdadero o Falso, respectivamente). Los botones e interruptores son ejemplos de dispositivos que proporcionan una señal discreta. Las señales discretas son enviadas usando la tensión o la intensidad, donde un rango específico corresponderá al *On* y otro rango al *Off*. Un PLC puede utilizar 24V de voltaje continuo en la E/S donde valores superiores a 22V representan un *On*, y valores inferiores a 2V representan *Off*. Inicialmente los PLC solo tenían E/S discretas.

Las señales analógicas son como controles de volúmenes, con un rango de valores entre 0 y el tope de escala. Esto es normalmente interpretado con valores enteros por el PLC, con varios rangos de precisión dependiendo del dispositivo o del número de bits disponibles para almacenar los datos. Presión, temperatura, flujo, y peso son normalmente representados por señales analógicas. Las señales analógicas pueden usar tensión o intensidad con una magnitud proporcional al valor de la señal que procesamos. Por ejemplo, una entrada de 4-20 mA o 0-10 V será convertida en enteros comprendidos entre 0-32767.

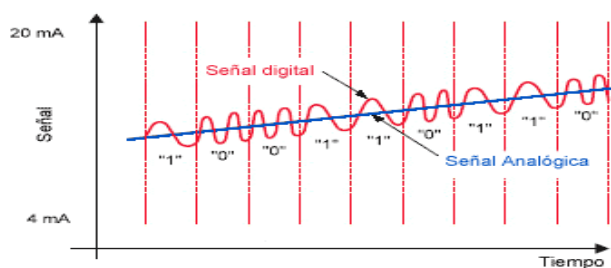


Figura 3.13: Señales digitales y analógicas comportamiento.

Fuente [www.electromatica.cl/conceptos/HART_sign.gif].

Las entradas de intensidad son menos sensibles al ruido eléctrico (como por ejemplo el arranque de un motor eléctrico) que las entradas de tensión.

Usando solo señales digitales, el PLC tiene 2 entradas digitales de dos interruptores del tanque (tanque lleno o tanque vacío). El PLC usa la salida digital para abrir o cerrar una válvula que controla el llenado del tanque.

Si los dos interruptores están apagados o solo el de “tanque vacío” esta encendido, el PLC abrirá la válvula para dejar entrar agua. Si solo el de “tanque lleno” esta encendido, la válvula se cerrara. Si ambos interruptores están encendidos sería una señal de que algo va mal con uno de los dos

interruptores, porque el tanque no puede estar lleno y vacío a la vez. El uso de dos interruptores previene situaciones de pánico donde cualquier uso del agua activa la bomba durante un pequeño espacio de tiempo causando que el sistema se desgaste más rápidamente. Así también se evita poner otro PLC para controlar el nivel medio del agua.

Un sistema analógico podría usar una báscula que pese el tanque, y una válvula ajustable. El PLC podría usar un PID para controlar la apertura de la válvula. La báscula está conectada a una entrada analógica y la válvula a una salida analógica. El sistema llena el tanque rápidamente cuando hay poca agua en el tanque. Si el nivel del agua baja rápidamente, la válvula se abrirá todo lo que se pueda, si el caso es que el nivel del agua esta cerca del tope máximo, la válvula estará poco abierta para que entre el agua lentamente y no se pase de este nivel.

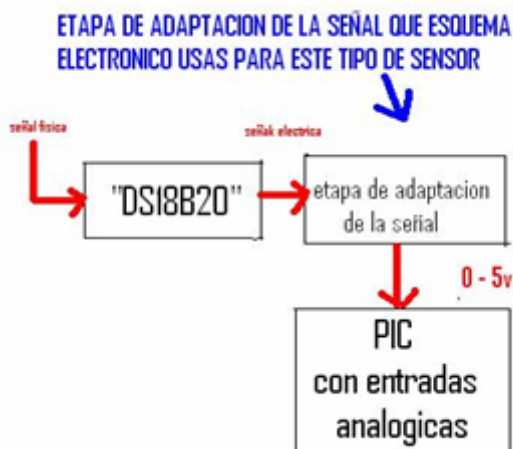


Figura 3.14: Esquemático de una señal eléctrica analógica adaptada.

Fuente [www.yoreparo.com/foros/files/adaptacion.jpg].

Con este diseño del sistema, la válvula puede desgastarse muy rápidamente, por eso, los técnicos ajustan unos valores que permiten que la válvula solo se abra en unos determinados valores y reduzca su uso.

Un sistema real podría combinar ambos diseños, usando entradas digitales para controlar el vaciado y llenado total del tanque y el sensor de peso para optimizarlos.

3.2.4.14 Capacidades E/S en los PLC modulares

Los PLC modulares tienen un limitado número de conexiones para la entrada y la salida. Normalmente, hay disponibles ampliaciones si el modelo base no tiene suficientes puertos E/S.

Los PLC con forma de rack tienen módulos con procesadores y con módulos de E/S separados y opcionales, que pueden llegar a ocupar varios racks. A menudo hay miles de entradas y salidas, tanto analógicas como digitales. A veces, se usa un puerto serie especial de E/S que se usa para que algunos racks puedan estar colocados a larga distancia del procesador, reduciendo el coste de cables en grandes empresas. Algunos de los PLC actuales pueden comunicarse mediante un amplio tipo de comunicaciones incluidas RS-485, coaxial, e incluso Ethernet para el control de las entradas salidas con redes a velocidades de 100 Mbps.

Los PLC usados en grandes sistemas de E/S tienen comunicaciones P2P entre los procesadores. Esto permite separar partes de un proceso complejo para tener controles individuales mientras se permita a los subsistemas comunicarse mediante links. Estos links son usados a menudo por dispositivos de Interfaz de usuario (HMI) como keypads o estaciones de trabajo basados en ordenadores personales.

El número medio de entradas de un PLC es 3 veces el de salidas, tanto en analógico como en digital. Las entradas “extra” vienen de la necesidad de tener métodos redundantes para controlar apropiadamente los

dispositivos, y de necesitar siempre más controles de entrada para satisfacer la realimentación de los dispositivos conectados.



Figura 3.15: PLC modular básico.

Fuente [images.industrial.omron.es/.../CJ1M400x400.jpg].

3.2.5 Sistemas de control [5]

El objetivo de un sistema de control es el de gobernar la respuesta en una planta, sin que el operador intervenga directamente sobre los elementos de salida. Dicho operador manipula únicamente las magnitudes denominadas de consigna y el sistema de control se encarga de gobernar dicha salida a través del accionamiento de los elementos finales de control.

El conjunto de sistemas de control y accionamiento se limitaría a ser un convertidor amplificador de potencia que ejecuta las órdenes dadas a través de las magnitudes de consigna. Este tipo de sistema de control se denomina en lazo abierto, por el hecho de que no recibe ningún tipo de información del comportamiento de la planta.



Figura 3.16: Esquema de un sistema de control computarizado.

Fuente [www.learn.londo/image005.gif].

Lo habitual, sin embargo, es que el sistema de control se encargue de la toma de ciertas decisiones ante determinados comportamientos de la planta, hablándose entonces de sistemas automáticos de control. Para ello se requiere la existencia de algunos sensores que detectan el comportamiento de dicha planta y de unas interfaces para adaptar las señales de los sensores a las entradas del sistema de control. Este tipo de sistema se denomina en lazo cerrado ya que poseen una estructura con una cadena directa y un retorno o realimentación, formando un lazo de control, donde la señal de salida o controlada interviene en las acciones de control.

3.2.5.1 Sistemas de control de lazo abierto [5]

Es aquel sistema en que solo actúa el proceso sobre la señal de entrada, y da como resultado una señal de salida independiente. Estos sistemas se caracterizan por:

- Sencillos y de conceptos fáciles.
- Nada asegura su estabilidad ante una perturbación.

- La salida no se compara con la entrada.
- Afectado por las perturbaciones.
- La precisión depende de la previa calibración del sistema.

3.2.5.2 Sistemas de control de lazo cerrado [5]

Son los sistemas en los que la acción de control está en función de la señal de salida. Sus características son:

- Complejos, pero amplios de parámetros.
- La salida se compara con la entrada y la afecta para el control del sistema.
- Estos sistemas se caracterizan por su propiedad de retroalimentación.

3.2.6 Automatización [9]

Es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos.

Un sistema automatizado consta de dos partes principales:

- Parte operativa.
- Parte de mando.

3.2.6.1 La Parte Operativa [9]

Es la parte que actúa directamente sobre la máquina. Son los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice la operación

deseada. Los elementos que forman la parte operativa son los accionadores de las máquinas como motores, cilindros, compresores y los captadores como fotodiodos, finales de carrera. Los dispositivos encargados de convertir las magnitudes físicas en magnitudes eléctricas se denominan transductores. Los transductores se pueden clasificar en función del tipo de señal que transmiten en:

- Transductor todo o nada: Suministran una señal binaria claramente diferenciada. Los finales de carrera son transductores de este tipo.
- Transductores numéricos: Transmiten valores numéricos en forma de combinaciones binarias. Los encoders son transductores de este tipo.
- Transductores analógicos: Suministran una señal continua que es fiel reflejo de la variación de la magnitud física medida.

3.2.6.1.1 Accionadores y Preaccionadores

El accionador es el elemento final de control que, en respuesta a la señal de mando que recibe, actúa sobre la variable o elemento final del proceso. Un accionador transforma la energía de salida del automatismo en otra útil para el entorno industrial de trabajo, pueden ser clasificados en eléctricos, neumáticos e hidráulicos. Los accionadores más utilizados en la industria son: Cilindros, motores de corriente alterna, motores de corriente continua, etc.

3.2.6.2 La Parte de Mando [9]

Generalmente suele ser un autómatas programable (tecnología programada), aunque hasta hace bien poco se utilizaban relés

electromagnéticos, tarjetas electrónicas o módulos lógicos neumáticos (tecnología cableada). En un sistema de fabricación automatizado el autómatas programable esta en el centro del sistema. Este debe ser capaz de comunicarse con todos los constituyentes de sistema automatizado.

3.2.6.2.1 Tecnologías cableadas

Con este tipo de tecnología, el automatismo se realiza interconectando los distintos elementos que lo integran. Su funcionamiento es establecido por los elementos que lo componen y por la forma de conectarlos.

Esta fue la primera solución que se utilizo para crear autómatas industriales, pero presenta varios inconvenientes. Los dispositivos que se utilizan en las tecnologías cableadas para la realización del automatismo son:

- Módulos lógicos neumáticos.
- Relés electromagnéticos.
- Tarjetas electrónicas.

3.2.6.2.2 Tecnologías programadas

Los avances en el campo de los microprocesadores de los últimos años han favorecido la generalización de las tecnologías programadas. En la realización de automatismos. Los equipos realizados para este fin son:

- Los ordenadores
- Los autómatas programables

El ordenador, como parte de mando de un automatismo presenta la ventaja de ser altamente flexible a modificaciones de proceso. Pero, al mismo tiempo, y debido a su diseño no específico para su entorno industrial, resulta un elemento frágil para trabajar en entornos de líneas de producción.

Un autómeta programable industrial es un elemento robusto diseñado especialmente para trabajar en ambientes de talleres, con casi todos los elementos del ordenador.

3.2.6.3 Objetivos de la automatización

- Mejorar la productividad de la empresa, reduciendo los costes de la producción y mejorando la calidad de la misma.
- Mejorar las condiciones de trabajo del personal, suprimiendo los trabajos penosos e incrementando la seguridad.
- Realizar las operaciones imposibles de controlar intelectual o manualmente.
- Mejorar la disponibilidad de los productos, pudiendo proveer las cantidades necesarias en el momento preciso.

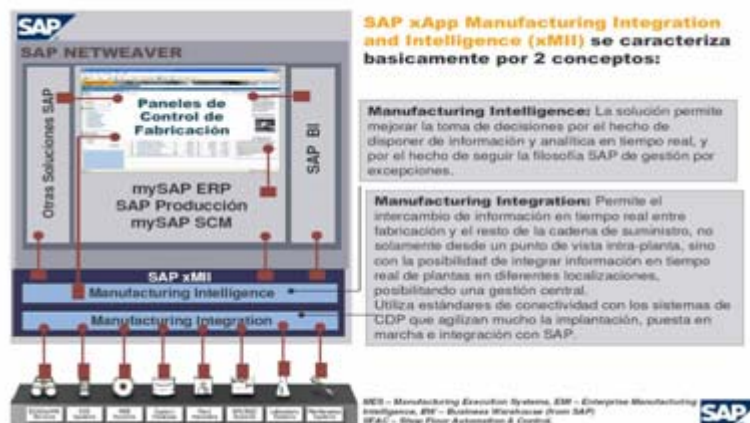


Figura 3.17: Sistema automatizado SAP.

Fuente [www.conektra.com. galería/21.jpg].

Las primeras máquinas simples sustituían una forma de esfuerzo en otra forma que fueran manejadas por el ser humano, tal como levantar un peso pesado con sistema de poleas o con una palanca. Posteriormente las máquinas fueron capaces de sustituir formas naturales de energía renovable, tales como el viento, mareas, o un flujo de agua por energía humana.

La parte más visible de la automatización actual puede ser la robótica industrial. Algunas ventajas son repetitividad, control de calidad más estrecho, mayor eficiencia, integración con sistemas empresariales, incremento de productividad y reducción de trabajo. Algunas desventajas son requerimientos de un gran capital, decremento severo en la flexibilidad, y un incremento en la dependencia del mantenimiento y reparación. Por ejemplo, Japón ha tenido necesidad de retirar muchos de sus robots industriales cuando encontraron que eran incapaces de adaptarse a los cambios dramáticos de los requerimientos de producción y no eran capaces de justificar sus altos costos iniciales.

Para mediados del siglo 20, la automatización había existido por muchos años en una escala pequeña, utilizando mecanismos simples para

automatizar tareas sencillas de manufactura. Sin embargo el concepto solamente llegó a ser realmente práctico con la adición (y evolución) de las computadoras digitales, cuya flexibilidad permitió manejar cualquier clase de tarea. Las computadoras digitales con la combinación requerida de velocidad, poder de cómputo, precio y tamaño empezaron a aparecer en la década de 1960s. Antes de ese tiempo, las computadoras industriales era exclusivamente computadoras analógicas y computadoras híbridas. Desde entonces las computadoras digitales tomaron el control de la mayoría de las tareas simples, repetitivas, tareas semi-especializadas y especializadas, con algunas excepciones notables en la producción e inspección de alimentos. Como un famoso dicho anónimo dice, "para muchas y muy cambiantes tareas, es difícil remplazar al ser humano, quienes son fácilmente vueltos a entrenar dentro de un amplio rango de tareas, más aún, son producidos a bajo costo por personal sin entrenamiento."

Existen muchos trabajos donde no existe riesgo inmediato de la automatización. Ningún dispositivo ha sido inventado que pueda competir contra el ojo humano para la precisión y certeza en muchas tareas; tampoco el oído humano. El más inútil de los seres humanos puede identificar y distinguir mayor cantidad de esencias que cualquier dispositivo automático. Las habilidades para el patrón de reconocimiento humano, reconocimiento de lenguaje y producción de lenguaje se encuentran más allá de cualquier expectativa de los ingenieros de automatización.



Figura 3.18 Interfaz hombre-máquina entre tanques de fluidos.

Fuente [www.sistemasphoenix.com.mx/FOLLETOIMEPI.jpg].

Las computadoras especializadas, referidas como Controlador lógico programable, son utilizadas frecuentemente para sincronizar el flujo de entradas de sensores y eventos con el flujo de salidas a los actuadores y eventos. Esto conduce para controlar acciones precisas que permitan un control estrecho de cualquier proceso industrial. (Se temía que estos dispositivos fueran vulnerables al error del año 2000, con consecuencias catastróficas, ya que son tan comunes dentro del mundo de la industria).

Las interfaces Hombre-Máquina (HMI) o interfaces Hombre-Computadora (CHI), formalmente conocidas como interfaces Hombre-Máquina, son comúnmente empleadas para comunicarse con los PLCs y otras computadoras, para labores tales como introducir y monitorear temperaturas o presiones para controles automáticos o respuesta a mensajes de alarma. El personal de servicio que monitorea y controla estas interfaces son conocidos como ingenieros de estación.

CAPITULO IV

RESULTADOS

En el presente capítulo se pretende presentar todos y cada uno de los resultados obtenidos basándose en el desarrollo sistemático de los objetivos específicos. Estos resultados estarán definidos por lo siguiente: en primer término se estudia el sistema actual de la planta tomando en cuenta las variables que intervienen en el proceso; posteriormente se establecerá la filosofía de operación que permitirá definir la filosofía de control de la planta, seguidamente, se procede a plantear la arquitectura de control la cual tiene que ver con los protocolos de comunicación de información que emiten todos los equipos dispuestos en la planta, finalmente se plantea los requerimientos de equipos necesarios que están directamente relacionada con la arquitectura de control propuesta anteriormente para lograr la automatización y control de la planta en cuestión.

4.1 Descripción actual del sistema de la planta de inyección de agua salada, identificando las variables que intervienen en el proceso

4.1.1 Introducción

Una planta de inyección de agua salada es un sistema que se encarga de transferir el agua que se genera del proceso de producción de crudo hacia los pozos inyectoros.

La estación principal de proceso BARED-8 separa el agua proveniente de los fluidos de los pozos y múltiples remotos en el tanque de lavado, para posteriormente tratarla en la Planta de Inyección de Agua Salada (PIAS-8), para mejorar la calidad del agua salada retirando trazas de crudo y sólidos

en suspensión antes de disponerla en el subsuelo a través de las bombas de inyección.

Es importante poder identificar y deducir los parámetros operacionales que están directamente ligados al proceso de inyección de agua salada, los cuales están presentes en los elementos que integran el sistema.

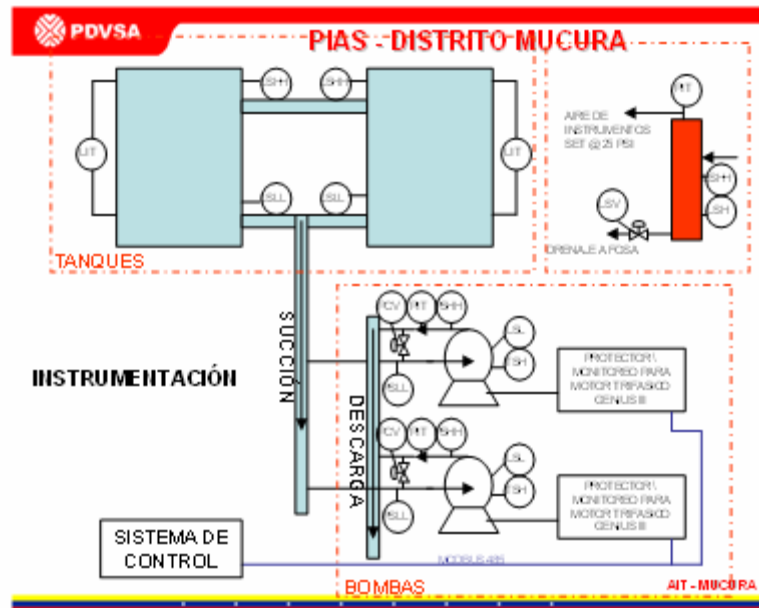


Figura 4.1: DTI de la planta de inyección de agua salada.

Fuente: [PDVSA AIT. Múcura].

Hay que tener en cuenta que las variables que se van a tomar son aquellas que pertenecen al área de almacenamiento y al área de bombeo; esto es por la razón de que éstas son las que representan importancia vital y operativa para todo el sistema de inyección de agua salada.

Por tal sentido, gran parte de la investigación y la realización de este proyecto van a estar orientados hacia esas dos partes operacionales del sistema de inyección de agua salada.

Las condiciones de operación y caudales que son manejados por la planta de inyección de agua salada se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 4.1 condiciones de operación y caudales del agua.

DESCRIPCIÓN	ENTRADA TANQUE E-176	ENTRADA TANQUE E-177	AGUA SALADA HACIA BOMBAS DE INYECCIÓN	AGUA SALADA HACIA CABEZAL DE DESCARGA	AGUA SALADA HACIA POZO INYECTOR	AGUA ACEITOSA HACIA FOSA
CORRIENTE TOTAL	LIQUIDO	LIQUIDO	LIQUIDO	LIQUIDO	LIQUIDO	LIQUIDO
FLUJO MASICO (Lb/hr)	38233,486	38235,952	38235,952	38235,952	19117,976	76,416
FLUJO VOL. (BPD)	2635,000	2635,000	2635,000	2635,000	1317,500	5,456
DENSIDAD ESTANDAR (LB/pie3)	62,019	62,023	62,023	62,023	62,023	59,862
TEMPERATURA (°F)	140,000	140,000	140,000	140,000	140,000	140,000
PRESIÓN (PSIG)	26,700	15,200	15,960	850,000	850,000	14,700
HIDROCARBUROS	LIQUIDO	LIQUIDO	LIQUIDO	LIQUIDO	LIQUIDO	LIQUIDO
FLUJO MASICO (Lb/hr)	76,416	0,420	0,420	0,420	0,210	81,370
FLUJO VOLUMETRICO (BPD)	5,456	0,030	0,030	0,030	0,015	5,810
DENSIDAD ESTANDAR (LB/pie3)	59,862	59,862	59,862	59,862	59,862	59,862
GRAVEDAD ESPECIFICA	0,959	0,959	0,959	0,959	0,959	0,959

Fuente: [PDVSA AIT. Múcura].

La tabla 4.1 contiene información concerniente a las características que posee el fluido cuando este pasa por cada uno de los subsistemas (en un momento determinado) que integran la planta de inyección de agua salada, estos fluidos son el agua salada y la nata que se genera en el proceso de inyección. El agua salada presenta las siguientes características: flujo másico (expresada en libras por horas), flujo volumétrico (expresado en Barriles de Petróleo Diarios), densidad estándar (expresada en Libras por Pie Cúbico), temperatura (expresada en grados Fahrenheit), y presión. Mientras que la nata presenta las siguientes características: flujo másico, flujo volumétrico,

densidad estándar, gravedad específica, gravedad API promedio, concentración.

4.1.2 Funcionamiento de la Planta de Inyección de Agua Salada.

El propósito del sistema de la planta de agua (PIAS-8) es tratar el agua de formación producida en la estación de descarga BARED-8 para alcanzar una calidad que permita la re-inyección en el subsuelo como disposición final. El sistema de agua de la PIAS-8 consiste de los siguientes subsistemas:

- Tanque de principal de agua.
- Tanque de inyección de agua.
- Tanque de desnatado.
- Bombas de inyección.

A continuación se presenta una figura en la cual se explica de manera general el funcionamiento del sistema de deshidratación de crudo, así como también el proceso de generación de agua salada.

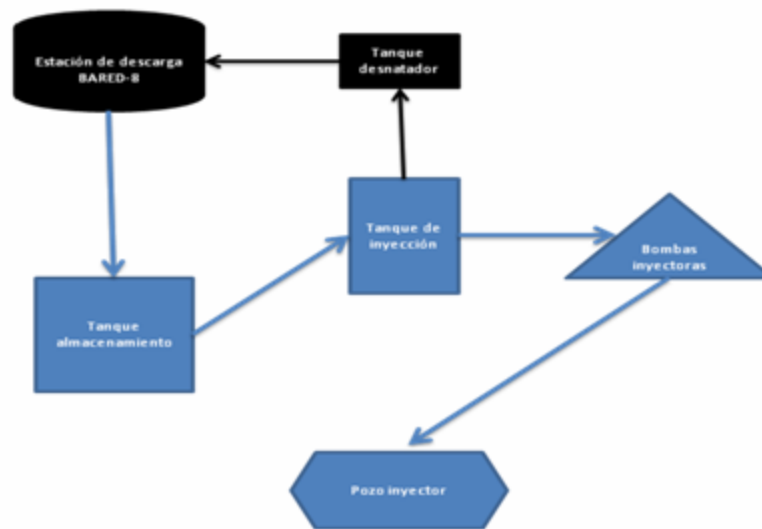


Figura 4.2: Esquema del proceso de deshidratación de crudo.

Fuente: [Levantamiento de campo. Julián Pino].

Según la figura 4.2 el recorrido del agua es de manera sistemática siguiendo patrones de operación de deshidratación de crudo por disposición de la estación de descarga BARED-8. El crudo que llega a la estación de descarga BARED-8 es tratado con el fin de obtener el producto en las mejores condiciones posibles, de este proceso de limpieza del crudo se origina gas y agua salada. El gas es destinado a plantas compresoras de gas mientras que el agua es transferida a la Planta de Inyección de Agua Salada (P.I.A.S.), con el fin de hacer un ajuste en las propiedades físicas y químicas de dicha agua para su posterior re-inyección a los pozos inyectoros. Es importante mencionar que la función principal de las P.I.A.S. es re-inyectar el agua originada del proceso de producción de crudo, estas logran dicho cometido con una serie de procesos internos dentro la P.I.A.S. esto con el fin de obtener las características necesarias para que el agua salada pueda ser transferida a los pozos inyectoros cumpliendo con estándares de protección ambiental dispuestas en las leyes.

Otro de los objetivos de la P.I.A.S. es la recuperación de crudo ya que en ocasiones el fluido proveniente de la estación de descarga hacia la P.I.A.S. viene contaminado con restos de petróleo (Nata), de allí radica la importancia de la interacción existente entre los tanques de inyección, almacenamiento de agua con el tanque desnatador, esta relación permite recuperar el crudo y re-enviarlo a la estación de descarga para tratarlo nuevamente y así aprovechar de manera racional la producción total de petróleo de la zona BARED-8.

A continuación se explicarán de forma breve todos y cada uno de los subsistemas que integran este proceso de inyección de agua salada, así como también se identifican las variables que intervienen en cada uno de dichos sub-sistemas.

4.1.2.1 Tanque de principal de agua.

El agua producida en el tanque de lavado (E-363) es transferida al tanque principal de agua de capacidad 1.500 barriles, donde la nata (producto del crudo y sólidos suspendidos en el agua), es enviada por rebose al tanque de desnatado E-178. El agua del tanque principal es enviada al tanque de inyección a través del sifón de agua.



Figura 4.3: Tanque principal de agua.

Fuente: [Propia].

El tanque principal de agua esta instrumentado de la siguiente manera:

1 LT: transmisor de nivel

1 LSSL: switch de nivel muy bajo.

1 TSHL: switch de nivel de alta temperatura.

1 TSHH: switch de temperatura muy alto.

4.1.2.2 Tanque de inyección de agua

El agua tratada en el tanque principal mediante procesos de sedimentación, clarificación y desnatado es enviada, mediante una interconexión tipo sifón, hacia el tanque de inyección de capacidad 1500 BIs con el propósito de maximizar el tiempo de residencia y llevarla a las especificaciones de calidad preestablecidas. El agua contenida en el tanque de inyección es enviada a los pozos de disposición final mediante las bombas de inyección de agua.



Figura 4.4: Tanque de inyección de agua.

Fuente: [Propia].

El tanque de inyección de agua estará instrumentado de la siguiente manera:

1 LR: switch de caudal.

1 LSSL: switch de nivel muy bajo.

1 TSHL: switch de nivel de alta temperatura.

1 TSHH: switch de temperatura muy alto.

Tabla 4.2 Variables a controlar en los tanques de almacenamiento.

Variable	Descripción	Terminación
NIVEL DE PRODUCTO TOTAL	Se refiere al nivel de producto total dentro del tanque la cual está integrada por el agua almacenada en el tanque y la nata (mezcla de sedimentos, agua y petróleo recuperado).	NPT
NIVEL DEL AGUA	Se refiere al nivel de agua dentro del tanque, es decir, el volumen que ocupa el agua salada dentro del tanque en un momento operacional determinado.	NA
GROSOR DE NATA	Se refiere al nivel grosor de nata existente en el tanque, es decir, el volumen que ocupa la nata dentro del tanque en un momento operacional determinado.	NG

Fuente: [Propia].

4.1.2.3 Tanque de desnatado

El crudo recuperado del desnate de los tanques principal y de inyección de la P.I.A.S., es enviado al tanque de desnatado E-178, esto con el fin de

aprovechar al máximo la producción de petróleo que se origina en el bloque BARED-8, para luego ser re-circulado hacia la entrada de el sistema de deshidratación de crudo existente en la estación de descarga BARED-8, la cual comprende primeramente la entrada a los calentadores de la estación BARED-8 y sucesivamente a los tanques de lavado y almacenamiento de crudo. Este tanque tendrá una capacidad de 100 Barriles.



Figura 4.5: Tanque desnatador BARED-8.

Fuente: [Propia].

4.1.2.4 Bombas de inyección

El agua proveniente del tanque de inyección es impulsada por la bomba de inyección hacia los pozos dedicados, como disposición final de el tratamiento de agua.

Las bombas de inyección tendrán una potencia de 100 HP, con una capacidad de diseño de 100 BAPD y con una presión máxima de descarga de 1500 psi.



Figura 4.6: Bombas de inyección de agua.

Fuente: [Propia].

Las bombas de inyección estarán instrumentadas de la siguiente manera:

1 PSL: swith de nivel de presión baja.

1 TSHL: swith de nivel de alta temperatura.

1 TSHH: swith de temperatura muy alto.

Tabla 4.3 Variables a controlar en las bombas de inyección.

Variable	Descripción	Unidad de medida
PRESIÓN	Es la fuerza ejercida por un elemento con el fin de atraer o comprimir otro elemento.	PSI
PRESIÓN MÚLTIPLE	Es la fuerza ejercida por varios elementos con el fin de atraer o comprimir a uno o varios elementos.	PSI
PRESIÓN DE SUCCIÓN	Es la fuerza ejercida por un elemento con el fin de extraer o atraer a otro elemento.	PSI
TEMPERATURA	Es la cantidad de calor máxima o mínima en la cual los instrumentos puedan operar óptimamente.	Grados centígrados

Fuente: [Propia].

En la tabla 4.3 se definen y se le dan terminaciones a las variables que permiten la transferencia de agua de los tanques de almacenamiento hasta los pozos inyectoros, las cuales vienen dadas por las presiones que en el subsistema de bombeo existen (múltiple y succión), al igual que la temperatura con que operan los equipos de bombeo.

4.1.2.5 Suministro de electricidad

Es indispensable pensar en una fuente de energía confiable y suficiente la cual pueda satisfacer las necesidades energéticas de la planta, en tal sentido mantenimiento operacional de PDVSA Distrito Múcura basado en estudios de requerimientos eléctricos de la planta de inyección de agua salada, implementó una estación de servicio compuesta por un transformador capaz de suministrar 480 vac ubicada en la parte exterior de la planta y una caseta de control eléctrico dentro de la planta. Ese sistema eléctrico tiene que ser capaz de mantener en funcionamiento:

- Las bombas inyectoras de agua.
- El sistema de iluminación de la planta.
- La instrumentación necesaria para los equipos que van a operar en la planta.

4.1.2.6 Sistema de medición de agua

Para medir los volúmenes de agua salada que se separa del proceso del tratamiento de crudo hacia la PIAS-8, se instalará un dispositivo de medición de flujo de agua en la tubería de entrada del tanque principal de agua. El medidor de **agua es del tipo magnético** (transmisor de nivel de doble onda guiada), el cual tiene un compartimiento ambientalmente sellado

que lo hace ideal para las instalaciones de ambiente donde sea posible la infiltración de la humedad y contaminantes.



Figura 4.7: Transmisor de nivel de doble onda guiada.

Fuente:[<http://www.magnetrol.com/mx/html/products.image?family=1&product=89>].

Tabla 4.4 Características del agua inyectada a los pozos.

DESCRIPCIÓN	AGUA SALADA HACIA POZO INYECTOR
CORRIENTE TOTAL / FASE	LIQUIDO
FLUJO MASICO (Lb/hr)	19117,976
FLUJO VOLUMETRICO (BPD)	1317,500
DENSIDAD ESTANDAR (LB/pie3)	62,023
TEMPERATURA (°F)	140,000
PRESIÓN (PSIG)	850,000

Fuente: [Levantamiento de campo. Julián Pino].

En la tabla 4.4 se detalla las características con que el agua debería transferirse por disposición de la P.I.A.S. hacia su etapa final, que son los pozos inyectores, estas características vienen dadas por: flujo másico, flujo volumétrico, densidad estándar, temperatura y presión.

4.1.3 Resumen de los posibles interruptores y alarmas a instalar en los tanques E-177 y E-176

A continuación se presenta una tabla en donde se muestran las diferentes alarmas e interruptores de la P.I.A.S. los cuales vienen detallados por su tipo, descripción, terminación y en el lugar de donde se pueda generar dichas alarmas e interruptores dentro del sistema de inyección de agua salada.

Tabla 4.5 Elementos que permitirán controlar la planta.

TIPO	Descripción	Terminación	Procedencia
ALARMA	Alerta al operador de riesgo en el proceso	LAH_300110	Tanque principal E-177
INTERRUPTOR	Interruptor de muy alto nivel	LSHH_300110	Tanque principal E-177
ALARMA	Alerta al operador de alto nivel en el tanque	LAHH_300110	Tanque principal E-177
INTERRUPTOR	Interruptor de muy bajo nivel	LSLL_300110	Tanque principal E-177
ALARMA	Alerta al operador de bajo nivel en el tanque	LALL_300110	Tanque principal E-177
ALARMA	Alerta al operador que GN mayor a 1 pie	LAH_300220	Tanque de inyección E-176
ALARMA	Alerta al operador que NPT mayor a 21 pies	LAH_300110	Tanque de inyección E-176
INTERRUPTOR	Interruptor de muy alto nivel	LSHH_300210	Tanque de inyección E-176

Fuente: [Levantamiento de campo. Julian Pino].

4.1.4 Identificación de la problemática

Una vez conocido el sistema, identificando cada uno de sus

componentes y sus variables operacionales; a través de entrevistas de campo sostenidas con el personal que opera en la planta (instrumentistas, ingenieros, etc.), se logró visualizar, en líneas generales, lo siguiente:

4.1.4.1 Ausencia de un sistema de control automatizado

De acuerdo a la información suministrada por el personal que opera en la planta, los cuales son los encargados de velar por el buen desempeño de todos los instrumentos y válvulas que intervienen en el proceso, han dejado en evidencia, que la manera como los operadores de la planta controlan los procesos son netamente neumáticos, es decir, es un sistema compuesto por varias válvulas, las cuales se manejan de forma manual, al igual que el funcionamiento de las bombas que allí operan se controlan de manera eléctrica por medios de paradas y arranques los cuales son inspeccionados directamente por una persona.

4.1.4.2 Obsolescencia del sistema de medición de agua en los tanques de almacenamiento

El sistema con que se rige los tanques de almacenamiento para la transferencia de agua es de tipo neumático (válvulas con actuadores neumáticos), derivando así que la transferencia de agua dentro de la planta se realice con un flujo de caudal pausado, esto trae como consecuencia un proceso de inyección de agua salada lento. Este control neumático hace que la intervención del hombre en la planta sea activa e indispensable, en vista de esto obliga al hombre a exponerse a situaciones riesgosas que se puedan suscitar en la planta, lo cual provoca accidentes, situación que debe evitarse.

4.1.4.3 Altos Costos de Mantenimiento de operación

Lo expuesto anteriormente son parámetros para evaluar esta variable,

es importante mencionar que la ausencia de un sistema de control automatizado y la obsolescencia de equipos que se usan en esta planta son claros indicadores de un excesivo costo de mantener en operación la planta en cuestión. En el primer caso la rapidez de generar los reportes para hacer un mantenimiento a tiempo, se disminuye por la inexistencia de un sistema de control automatizado, que podría generar información a través de reportes impresos o en línea, lo que repercutiría en un cuidado a tiempo de los equipos y a su vez evita su degradamiento por un mantenimiento hecho en un momento no prudente. En el segundo caso aumentan los costos debido a que un equipo o repuesto fabricado, que se encuentre obsoleto tiene mayor costo en el mercado, que uno vigente que se fabrica en serie y en mayores cantidades. También se puede acotar que al momento de hacer un mantenimiento mayor Nivel V (Mantenimiento de tanques), existe un incremento en el costo ya que PDVSA debe contratar mano de obra especializada para poder cubrir las necesidades operacionales de los tanques de almacenamiento existentes dentro de la planta.

4.2 Establecimiento de la filosofía de control que cubrirá las necesidades operativas del sistema de inyección de agua salada

Normalmente se describe por separado la filosofía de operación de la de control, ya que son dos conceptos distintos. La filosofía de operación describe paso a paso todos y cada uno de los procesos y subprocesos de un sistema, incluyendo como, porque, en qué momento y bajo qué circunstancias debe realizarse una determinada operación; por su parte, la filosofía de control describe la manera en que el sistema automatizado manipula los equipos para mantener el proceso estable en el caso de sistema manual o el modo en que un conjunto de instrumentos interactúan con un software para lograr el mismo objetivo cuando es el caso de sistemas automatizados.

Debido a que la P.I.A.S. es totalmente manual, las operaciones de control deben ser realizadas por el operador como una rutina mas del procedimiento operacional, es decir, la filosofía de operación incluye las instrucciones de control a ser ejecutadas por el operador para que dicha unidad logre su objetivo.

La planta en condiciones normales está recibiendo el agua de formación producida en BARED-8 en el tanque principal de agua E-177. Este tanque posee un transmisor de nivel de doble onda guiada LIT_300110 que permite medir el nivel de agua del tanque y nivel de producto total. Este último viene dado por la formula 1:

$$NPT = NA + GN \quad [Ec. 1]$$

NPT: Nivel de producto total.

NA: Nivel de agua.

GN: Grosor de la nata.

El agua, luego de alcanzar un nivel de 17 pies en el tanque principal de agua E-177 debido al sifón invertido que se encuentra ubicado aguas abajo, pasa al tanque de inyección E-176 a través de la válvula de control de nivel LCV_3001, que en condiciones de operación normales se encuentra 100% abierta. Esta condición le permite al agua tener un tiempo mínimo de residencia de 24 horas en el tanque principal con lo que se logra una máxima separación de la nata del agua.

Cuando el grosor de la nata acumulada alcanza los 3 pies, que puede ser calculado al despejar GN de la ecuación 1, comienza el proceso de desnatado. Inmediatamente la válvula LCV_3001 se debe cerrar hasta un

80% para restringir el flujo hacia el tanque de inyección y lograr que el NPT del tanque de agua principal alcance los 18 pies permitiendo que la nata que se encuentra suspendida en el agua comience a drenar hacia el tanque de desnatado por la bandeja de rebose hasta que el GN se reduzca 6 pulgadas. En caso de que el NA del tanque supere los 17 pies 10 pulgadas la válvula LCV_3001 incrementará su apertura en un 10% progresivamente hasta lograr que el NA se mantenga en 17 pies 6 pulgadas. Una vez el GN se haya reducido a 6 pulgadas la válvula LCV_3001 vuelve a una apertura de 100% hasta que comience el próximo ciclo de desnatado. Si el NPT en este tanque alcanza los 21 pies se activará la alarma LAH_300110 para alertar al operador de la condición de riesgo del proceso.

Si el NPT en el tanque de agua principal alcanza una altura de 23 pies el producto comenzará a rebosarse por la línea 6"-NW-28002-1CS2501 y se activará el interruptor de muy alto nivel LSHH_300110 y la condición de alarma LAHH_300110. Este interruptor comandará el arranque de la bomba de inyección disponible con el menor número de horas de funcionamiento.

Si el NPT en el tanque de agua principal desciende a una altura de 6 pies se activará el interruptor de muy bajo nivel LSSL_300110 y la condición de alarma LALL_300110. Este interruptor comandará el paro de la bomba de inyección disponible con el mayor número de horas de funcionamiento.

El agua tratada en el tanque de agua principal mediante procesos de sedimentación, clarificación y desnatado es enviada, mediante una interconexión de sifón invertido, pasa hacia el tanque de inyección. A pesar de que el agua proveniente del tanque de agua principal ya está tratada, existe la posibilidad de que contenga trazas de crudo y sedimentos que se acumularán en la parte superior del tanque. Por esta razón este tanque posee un transmisor de nivel de doble onda guiada LIT_300110 que permite medir

el nivel de agua del tanque y nivel de producto total. Este último viene dado por la formula 1:

$$GN= NPT - NA \quad [Ec. 2]$$

NPT: Nivel de producto total.

NA: Nivel de agua.

GN: Grosor de la nata.

En caso de que el GN supere 1 pie de grosor se activará la alarma LAH_300220 para alertar al operador que debe realizar un proceso de desnatado manual en el tanque de inyección. Si el NPT en este tanque supera los 21 pies se activará la alarma LAH_300110 para alertar al operador de la condición de riesgo del proceso.

Si el NPT del tanque de inyección alcanza una altura de 23 pies el producto comenzará a rebosarse por la línea 6"-NW-28002-1CS2501 y se activará el interruptor de muy alto nivel LSHH_300210 y la condición de alarma LAHH_300210. Este interruptor comandará el arranque de la bomba de inyección disponible con el menor número de horas de funcionamiento.

Si el NPT del tanque de inyección desciende a una altura de 6 pies se activará el interruptor de muy bajo nivel LSLL_300210 y la condición de alarma LALL_300210. Este interruptor comandará el paro de la bomba de inyección disponible con el mayor número de horas de funcionamiento.

El agua tratada en el tanque de inyección es succionada por tres bombas de inyección **Bomba 1, Bomba 2, Bomba 3** y enviada a los pozos inyectoros a una presión nominal de operación de 850 psi. También existe

una cuarta bomba (**bomba 4**) la cual funciona como contingencia de rebose de la nata en los tanques de almacenamiento.

Si la presión de succión en el múltiple es menor a 25 pulgadas de agua el interruptor de baja presión PSL_0B0110 comandará el paro de las tres bombas y activará la alarma PAL_0B0110, adicionalmente, si la presión de la línea de succión de la **bomba 1** desciende por debajo de 20 pulgadas de agua, el interruptor de baja presión PSL_020110 comandará el paro de la bomba y activará la alarma PAL_020110. Si la presión de la línea de succión de la **bomba 2** desciende por debajo de 20 pulgadas de agua, el interruptor de baja presión PSL_020210 comandará el paro de la bomba y activará la alarma PAL_020210. Si la presión de la línea de succión de la **bomba 3** desciende por debajo de 20 pulgadas de agua, el interruptor de baja presión PSL_020310 comandará el paro de la bomba y activará la alarma PAL_020310.

Si la presión de descarga de la bomba inyección **1** supera los 900 psi, se abrirá la válvula de recirculación PCV_020110 que enviará el agua nuevamente al tanque de inyección. Si la presión se sigue incrementando y alcanza los 950 psi el interruptor de presión PSH_020110 comandará el paro de la bomba y activará la alarma PAH_020110. Si a pesar de esto la presión sigue subiendo debido a que el comando de paro falló se abrirá la válvula de alivio PSV_020110 que enviará el agua nuevamente al tanque de inyección a través de la línea 4"-NW28014-EA2.

Si la presión de descarga de la bomba inyección **2** supera los 900 psi, se abrirá la válvula de recirculación PCV_020210 que enviará el agua nuevamente al tanque de inyección. Si la presión se sigue incrementando y alcanza los 950 psi, el interruptor de presión PSH_020210 comandará el paro de la bomba y activará la alarma PAH_020210. Si a pesar de esto la

presión sigue subiendo debido a que el comando de paro falló se abrirá la válvula de alivio PSV_020210 que enviará el agua nuevamente al tanque de inyección a través de la línea 4"-NW28014-EA2.

Si la presión de descarga de la bomba inyección **3** supera los 900 psi, se abrirá la válvula de recirculación PCV_020310 que enviará el agua nuevamente al tanque de inyección. Si la presión se sigue incrementando y alcanza los 950 psi, el interruptor de presión PSH_020310 comandará el para de la bomba y activará la alarma PAH_020310. Si a pesar de esto la presión sigue subiendo debido a que el comando de paro falló se abrirá la válvula de alivio PSV_020310 que enviará el agua nuevamente al tanque de inyección a través de la línea 4"-NW28014-EA2.

La descarga de cada bomba puede ser alineada de forma independiente a los pozos MFB-202, MFB-443 o MFB-443 gracias a un arreglo de válvulas ubicada en el múltiple de inyección. Si la presión de inyección hacia el pozo MFB_443 supera los 900 psi, el transmisor/indicador de presión PIT_1C0110 activará la alarma PAH_1C0110. Si la presión de inyección hacia el pozo MFB-202 supera los 900 psi, el transmisor/indicador de presión PIT_1C0210 activará la alarma PAH_1C0210. Si la presión de inyección hacia el pozo MFB_443 supera los 900 psi, el transmisor/indicador de presión PIT_1C0310 activará la alarma PAH_1C0310.

El arranque y paro manual de la **bomba 1** se hace de forma local desde el interruptor HS_020110. El sistema de control llevará una cuenta de las horas en operación de la bomba en el indicador KI_020110 que permitirá programar mantenimientos preventivos y hacer un mejor uso del activo. Este valor podrá ser reiniciado desde el sistema de control según el nivel de autoridad del operador.

El medidor de flujo magnético FIT_020110 instalado en la línea de descarga de la **bomba 1** permitirá acumular volumen de agua inyectada por esta bomba en el sistema de control. Este valor también podrá ser reiniciado desde el sistema de control según el nivel de autoridad del operador.

El arranque y paro manual de la **bomba 2** se hace de forma local desde el interruptor HS_020310. El sistema de control llevará una cuenta de las horas en operación de la bomba en el indicador KI_020210 que permitirá programar mantenimientos preventivos y hacer un mejor uso del activo. Este valor podrá ser reiniciado desde el sistema de control según el nivel de autoridad del operador.

El medidor de flujo magnético FIT_020210 instalado en la línea de descarga de la **bomba 2** permitirá acumular volumen de agua inyectada por esta bomba en el sistema de control. Este valor también podrá ser reiniciado desde el sistema de control según el nivel de autoridad del operador.

El arranque y paro manual de la **bomba 3** se hace de forma local desde el interruptor HS_020310. El sistema de control llevará una cuenta de las horas en operación de la bomba en el indicador KI_020310 que permitirá programar mantenimientos preventivos y hacer un mejor uso del activo. Este valor podrá ser reiniciado desde el sistema de control según el nivel de autoridad del operador.

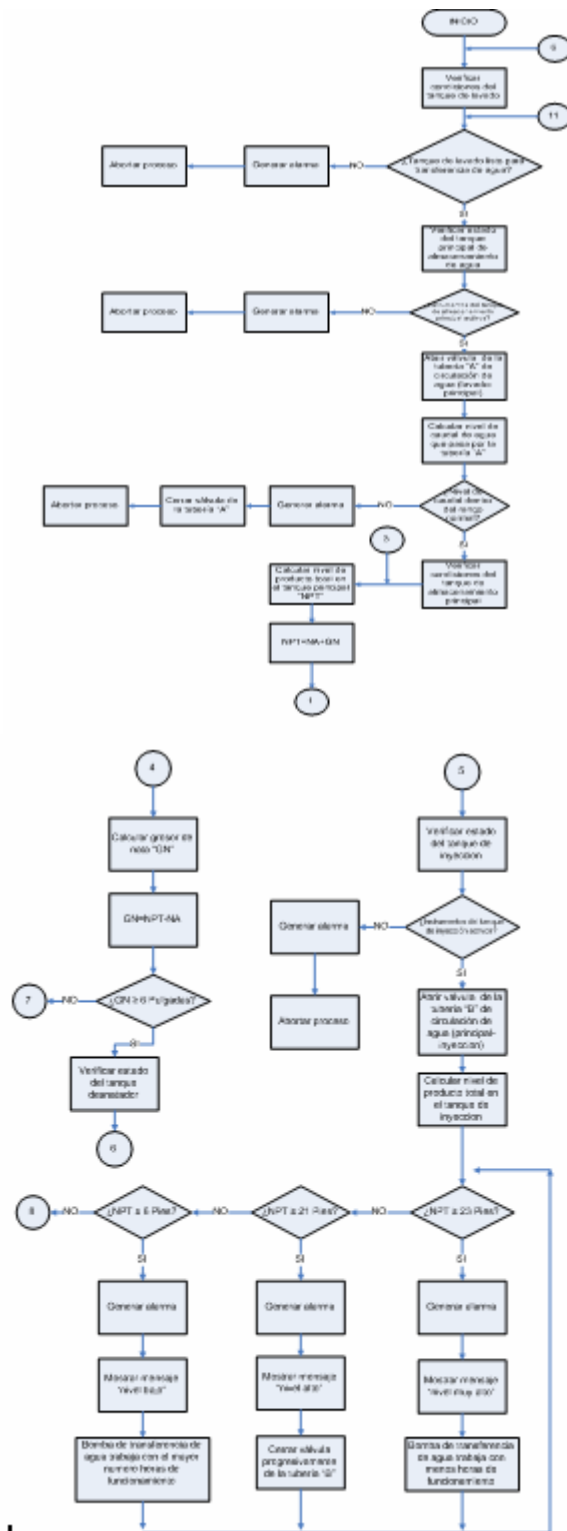
El medidor de flujo magnético FIT_020310 instalado en la línea de descarga de la **bomba 3** permitirá acumular volumen de agua inyectada por esta bomba en el sistema de control. Este valor también podrá ser reiniciado desde el sistema de control según el nivel de autoridad del operador.

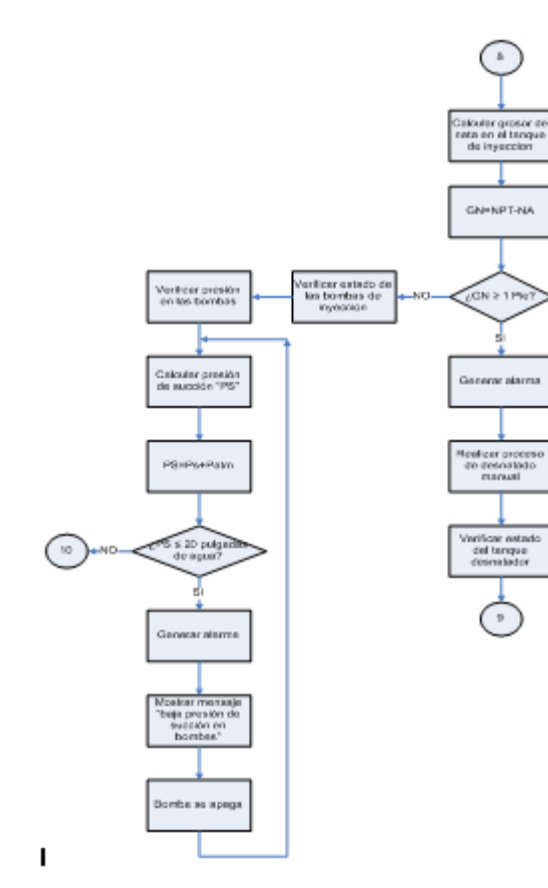
La nata recuperada del proceso de desnatado pasa al tanque de desnate E-178. Cuando el nivel de la nata en el tanque alcanza los 6 pies 5 pulgadas el interruptor de nivel LSH_300310 comandará el arranque de la **bomba 4**. En caso que el nivel continúe subiendo la nata desbordara el tanque por la línea de rebose 6"-NW-28002-1CS2501 hacia la fosa de recolección.

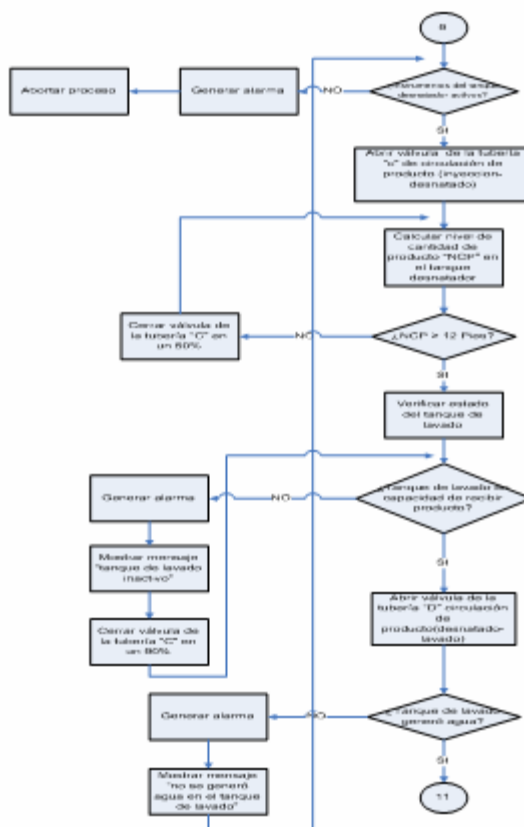
Esta bomba reincorpora esta nata al proceso de deshidratación de la estación BARED-8 y permanecerá encendida hasta que el nivel de nata del tanque de desnatado descienda hasta 3 pies 2 pulgadas donde el interruptor de nivel LSL_300310 comandará el paro de la bomba.

Si la presión de descarga de la **bomba 4** supera los 950 psi el interruptor de presión PSH_020410 comandará el paro de la bomba y activará la alarma PAH_020410.

4.2.1 Diagrama de Flujo referente a la Lógica de control que tendrán los PLC para la automatización y control del sistema de inyección de agua salada.









4.3 Definición de la arquitectura de control para la planta de inyección de agua salada

A continuación se presenta la arquitectura propuesta y las especificaciones técnicas de acuerdo a las exigencias de las necesidades del sistema de Inyección de Agua Salada en instrumentación y equipos así como también las normas de PDVSA e internacionales para la selección de equipos que serán instalados en áreas peligrosas.

4.3.1 Arquitectura del sistema propuesto

Para la arquitectura propuesta se implantará el tipo de comunicación con el sistema de control de estado de las bombas y sistema de control de

nivel de agua, a través de líneas de conexión MODBUS.

Existirá un transmisor de doble onda guiada, el cual se comunicará con el PLC a través de señales analógicas de 4-20 mA, para el control de nivel de agua existente en los tanques de almacenamiento de agua salada, mientras que los estatus de funcionamiento lo hará a través de señales discretas.

La interfaz hombre – máquina será a través de un monitor industrial con protocolo de comunicación Ethernet conectado a la red de PDVSA, a la estación de descarga BARED-8 y a su vez al departamento de Automatización, Informática y Telecomunicaciones (A.I.T.), con el fin de poder monitorear de forma local y dejar registro de data correspondiente a los procesos que se originan en la P.I.A.S. de Estación de descarga BARED-8.

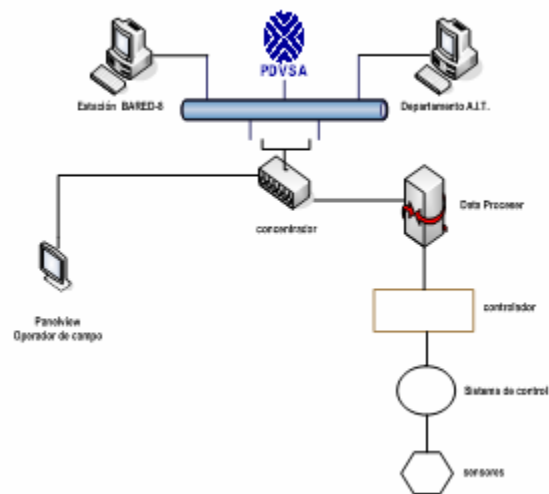


Figura 4.8: Esquema general de la Arquitectura propuesta.

Fuente [Propia]

Según la arquitectura propuesta para la Planta de Inyección de Agua Salada (P.I.A.S.), existirán dos sensores que permitirá generar señales de información de lo que está ocurriendo operacionalmente en la planta, estos dos sensores serán:

- Un transmisor de doble onda guiada serie 3000 de Rosemount.
- Un Monitor trifásico.

El transmisor se encargará de generar las señales eléctricas respectivas a los niveles de producto existentes en los tanques de almacenamiento E-177 y E-176, estos niveles son importantes mantenerlos en el rango ideal ya que esto permitirá que el proceso de inyección se haga de manera eficiente. El Monitor trifásico se encargará de mantener los niveles de energía que son necesarios para el funcionamiento ideal de las bombas inyectoras y generará la señal necesaria para informar al sistema de control del funcionamiento de las bombas.

Ambos sensores generarán señales eléctricas que pasarán a su respectivos sistemas de control por líneas de comunicación MODBUS RS-485, y a su vez los sistemas de control asociados, estarán conectados un módulo de el controlador de once entradas respectivamente, por líneas de comunicación MODBUS RS-232 (esta disposición de protocolos de comunicación vienen dadas por el ordenamiento de los sistemas de control dentro de la planta).

Luego este controlador de once módulos comunicará la señal a otro controlador de 16 entradas; es importante mencionar que el uso de este controlador adicional de 16 entradas, es con el fin de poder soportar futuras expansiones y adiciones de equipos e instrumentos requeridos para hacer actualizaciones tecnológicas a la planta en cuestión. Este último controlador pasará la señal a un Data Proceser, el cual servirá como Gateway de

comunicación con el concentrador.

El concentrador recibirá los datos del Data Proceser y a su vez recibirá y enviará información del Panelview que actuará como la interfaz de usuario, en donde el operador de la planta fijará los rangos normales de operación de funcionamiento de la planta con respecto a los sensores que son de vital importancia en el proceso.

Este concentrador debe llevar la información a la red de PDVSA, en esta red se encuentra la Estación de Descarga BARED-8 la cual se encargará de hacer los reportes locales de las situaciones operacionales que se generen en la P.I.A.S.

En dicha red PDVSA, se encuentra el Departamento de Automatización, Informática y Telecomunicaciones (A.I.T.) el cual se encargará de generar la data correspondiente de los reportes locales generados por la Estación de Descarga BARED-8.

4.4 Establecimiento de los requerimientos y equipos para la automatización y control de la planta

Actualmente la PIAS de BARED-08 se encuentra en mantenimiento Mayor, en donde se está reconstruyendo bajo el esquema de la P.I.A.S. de Dación (DED-1), en donde con la instrumentación y esquema de control propuestos se logrará mejorar la calidad del agua de inyección llevándola a los parámetros de calidad requeridos.

El uso de instrumentación de alta precisión permitirá obtener mediciones confiables que podrán utilizarse para la detección de desviaciones de operación en tiempo real y para la toma de decisiones oportunamente. Finalmente, al tener acceso de forma remota a los datos la información podrá

ser almacenada para su posterior análisis en caso de que se requiera.

La P.I.A.S. de BARED-08 se está consolidando como un nuevo esquema de proceso dentro de la disposición de agua para el Distrito, con lo que se espera masificar su implantación a las otras cinco P.I.A.S. existentes como parte de un plan agresivo de mejora de la infraestructura de manejo de agua.

4.4.1. Requerimientos generales

- 1) Se requiere que el fabricante de el adiestramiento necesario, para las operaciones de instalación y mantenimiento de cada uno de los equipos requeridos, al personal de PDVSA involucrado con las instalaciones.
- 2) Debe ser suministrado, por parte del fabricante, toda la documentación relacionada con el equipo correspondiente, necesario para las operaciones de mantenimiento e instalación.
- 3) Soporte Técnico por parte del fabricante a nivel nacional.

4.4.2 Sistema de control

4.4.2.1 Requerimientos de funcionamiento

Todo el hardware propuesto en el proyecto para este punto en especial debe cumplir con los siguientes criterios:

Arquitectura abierta

El sistema de control debe ser capaz de conectarse con dispositivos suministrados por otros fabricantes a través de una amplia variedad de protocolos de comunicación. Particularmente, el mismo debe proveer

comunicación Modbus lo cual permitirá el intercambio de información con el Sistema de Control de presión en las bombas inyectoras y con el Sistema de control de nivel de agua.

Escalabilidad

El sistema de control debe brindar la facilidad de expansiones futuras, en cuanto a señales de entrada y/o salidas, hardware, programación, etc.

No obsolescencia del Producto

El hardware seleccionado no debe estar obsoleto o en periodo de obsolescencia y garantizar el suministro de respuestas por lo menos durante los próximos diez años. El control lógico debe ser escrito en lógica escalera y lenguajes de alto nivel (Norma K-308 **[10]**) para facilidades de mantenimiento y reparación. El sistema de control debe operar con voltaje de alimentación de 24 Vdc. El PLC deberá suministrar alimentación de 24 Vdc a transmisores electrónicos u otros dispositivos externos que lo requiera.

La interfaz de operador y los computadores deberán tener acceso a la data de datos los PLC's y dispositivos de entrada/salida conectados a la red de comunicación.

4.4.3 Requerimientos de seguridad

Dado que la instalación donde se encuentra el cuarto de control de cada una de las plantas es una instalación metálica a prueba de explosiones o "Bunker", el sistema de control y todos sus componentes pueden ser de propósito general o atmósferas no peligrosas.

4.4.4 Interfaz hombre-máquina

4.4.4.1 Requerimientos de funcionamiento

La interfaz hombre-máquina debe cumplir lo siguiente:

Compatibilidad de software

El software debe ser capaz de operar bajo ambiente Windows.

Protocolo de comunicación

El protocolo de comunicación utilizado por la interfaz debe ser tipo universal, es decir, el mismo debe ser capaz de comunicarse con cualquier dispositivo de una manera abierta y no bajo protocolos propietarios.

Robustez

El equipo debe ser robusto desde el punto de vista que pueda operar de manera óptima en el tiempo, bajo ambientes industriales.

Capacidad de almacenamiento

La interfaz de operador debe tener memoria suficiente de manera que pueda almacenar los despliegues necesarios para la supervisión del proceso. Adicionalmente debe proveer facilidad para la supervisión del proceso y facilidad para futuras expansiones de memoria de almacenamiento.

Seguridad

Debe proporcionar funciones de control de acceso por contraseña o niveles de seguridad, con el fin de evitar la intervención de terceros.

Voltaje de operación

El voltaje de operación nominal debe ser 24 VDC, pudiendo operar en un rango de 19 – 32 VCD.

Pantalla grafica a color

La pantalla de la interfaz debe ser gráfica con resolución de al menos 800 x 600 pixeles y a 256 colores (norma K-308 **[10]**) con el fin de brindar mayor ergonomía a los operadores y demás personal involucrado con el proceso.

Todos los despliegues deben ser accesibles desde cualquier interfaz de operador o computador llamado el o los despliegues por nombre, por zona o a través de clave configurada.

4.4.5 Transmisor de doble onda guiada serie 3300 de Rosemount

La serie 3300 de Rosemount consta de transmisores Inteligentes de interface y nivel alimentados por Lazos basados en la tecnología de radar de onda Guiada. Estos instrumentos proporcionan notables mediciones fiables de líquidos y lodos, incluso para condiciones rigurosas, gracias al avanzado procesamiento de señales con muestreo digital y una alta relación de señal con respecto al ruido. El primer transmisor de interface y nivel alimentado por el lazo. La señal de salida multivariable de un sólo dispositivo reduce las penetraciones al proceso y los costos de instalación. Gracias a que la medición de nivel se efectúa directamente, no se requiere compensación en los cambios de temperatura, presión o densidad, ni en los de coeficiente de conductividad o de coeficiente dieléctrico. Virtualmente no es afectado por polvo, vapor, turbulencias y obstáculos interferentes. Incluso es adecuado para depósitos pequeños o de forma extraña. La certificación de seguridad intrínseca o a prueba de explosiones permite utilizarlo en áreas peligrosas. El software de configuración de PC con asistente de instalación proporciona una fácil configuración. El alojamiento del transmisor de compartimiento doble (electrónica y cableado separados) se puede quitar sin abrir el

depósito. Sondas cubiertas de acero inoxidable, Hastelloy®, Monel® y teflón. Se tienen disponibles sondas para alta temperatura y alta presión para condiciones de procesos exigentes.

4.4.5.1 Requerimientos de funcionamiento

De acuerdo a las condiciones en las cuales debe operar el transmisor se deben tomar en cuenta los siguientes requerimientos:

Capacidad de autodiagnóstico

El transmisor debe tener la propiedad de diagnosticar su propio funcionamiento y generar señales necesarias al PLC con el fin de que este pueda tomar las acciones respectivas de acuerdo una lógica preestablecida

Configurable para el usuario

El transmisor debe ser configurable por los operadores o cualquier personal involucrado con el proceso.

Señal de estado del instrumento

Debe tener capacidad de comunicación con controladores lógicos programables a través de señales análogas de 4 – 20 mA según las normas PDVSA K-300 [14] y K-307 [15].

Fuente de alimentación eléctrica

El suministro de voltaje hacia el transmisor deberá estar en un rango de 17 a 30 Vdc. Según la norma K-307 [15].

Área de clasificación

El transmisor deberá estar clasificado para operar en áreas clase I, división 1, grupo D y, son intrínsecamente seguras y a prueba de explosión.

4.4.5.2 Sondas de los transmisores

Se tienen disponibles varias versiones de sondas: coaxial, sonda doble rígida, sonda simple rígida, sonda doble flexible y sonda simple flexible. Las sondas coaxial y de sonda simple rígida están disponibles en tres versiones; estándar (Std), alta presión (HP), alta temperatura y alta presión (HTHP). Para obtener asistencia en la selección de sondas, ver la tabla 4.7. La longitud total de la sonda se define desde el punto de referencia superior al extremo de la sonda (se incluye contrapeso si corresponde). La siguiente tabla muestra qué tipos de sonda están disponibles para diferentes materiales de construcción y para las opciones HP y HTHP.

Tabla 4.6 Características presentes en las sondas.

TIPOS	Coaxial	Doble rígida	Doble flexible	Simple rígida	Simple flexible
Sonda de acero inoxidable	X	X	X	X	X
Sonda de Hastelloy	X			X	
Sonda de Monel	X			X	
Sonda cubierta de teflón				X	X
Sonda HTHP	X			X	
Sonda HP	X			X	

Fuente: levantamiento de campo. Julián Pino

En la siguiente tabla (G=Bueno, NR=No se recomienda, AD=Depende de la aplicación), se describen algunas características de relevancia que debe de poseer la sonda para poder evaluar los líquidos que estarán dentro de los tanques de almacenamiento

Tabla 4.7 Comparación de los tipos de sondas.

Características del fluido de proceso	coaxial	Doble rígida	Doble flexible	Simple rígida	Simple flexible
Densidad cambiante	G	G	G	G	G
Coeficiente dieléctrico cambiante (3)	G	G	G	G	G
Grandes variaciones de PH	G	G	G	G	G
Cambios de presión	G	G	G	G	G
Cambios de temperatura	G	G	G	G	G
Vapores condensantes	G	G	G	G	G
Superficies con burbujas /ebullición	G	G	AD	G	AD
Espuma (anulación mecánica)	AD	NR	NR	NR	NR

Fuente: levantamiento de campo. Julián Pino

4.4.5.3 Medición de niveles de los transmisores SERIE 3300 Rosemount

El modelo 3302 de la serie 3300 de Rosemount, es la mejor opción para medir niveles de agua y otros líquidos con diferencias dieléctricas significativas, también es posible medir niveles con el modelo 3301 de Rosemount en aplicaciones donde la sonda esté sumergida totalmente en el líquido, esto es de gran importancia ya que en los tanques de almacenamiento que están en la P.I.A.S. Aparte de existir agua salada, hay presencia de la nata generada del proceso de producción de crudo, en virtud de esto es necesario que el transmisor sea capaz de operar en presencia de distintos líquidos. Las sondas coaxiales, dobles rígidas, dobles flexibles y simples rígidas se pueden utilizar para medir niveles. Cuando la sonda no está sumergida totalmente, se recomienda utilizar sonda coaxial. En aplicaciones con sonda sumergida totalmente, se recomiendan las sondas dobles para instalaciones de boquilla, y la sonda simple rígida para montaje con brida.

Para medir el nivel de líquido, el transmisor utiliza la onda residual de la primera reflexión. Parte de la onda, que no se reflejó en la superficie del producto superior, continúa hasta que se refleja en la superficie del producto inferior. La velocidad de esta onda depende de la constante dieléctrica del producto superior. Si se va a medir la interface, se deben tener en cuenta los siguientes criterios: Se debe conocer la constante dieléctrica del producto superior y ésta no debe variar. El software de herramientas de configuración de radar tiene una constante dieléctrica integrada para ayudar al usuario a determinar la constante dieléctrica del producto superior. La constante dieléctrica del producto superior debe ser menor que la constante dieléctrica del producto inferior para que tenga una reflexión distinta.

4.4.6 Análisis de alternativas

De acuerdo a toda la información recabada anteriormente, se darán a conocer las distintas alternativas, para luego seleccionar aquella que cumpla con los requisitos mencionados.

4.4.6.1 Sistemas de control (PLC)

En este punto se describirán las características de los PLC seleccionados como alternativas, con el fin de dar una idea amplia de las bondades que ofrecen cada una de ellas.

4.4.6.1.1 PLC Simatic S7 400 de Siemens

El S7-400 es el PLC de la familia de controladores de SIMATIC, que permite a los sistemas en la industria manufacturera y de procesos soluciones de automatización. A ellos pueden añadirse los módulos de E/S y

otros sin necesidad de respetar reglas de asignación de ranuras. A continuación se presentan las características del mismo:

Tabla 4.8 Características generales del Sistema de control S7-400.

Componentes	Características
Controlador	CPU 417-4 con capacidad de procesar hasta 16 KB en entradas y salidas (cualquier combinación)
Memoria no volátil: <ul style="list-style-type: none"> • Integrada • En instrucciones • Para programas • Para datos. 	<ul style="list-style-type: none"> 4 Mbytes 1335 Kbytes 2 Mbytes 2 Mbytes
Memoria RAM: <ul style="list-style-type: none"> • Integrable • Ampliable a 	<ul style="list-style-type: none"> 256 Kbytes. 64 Kbytes.

Tabla 4.9 Características Físicas del Sistema de control S7-400

Componentes	Características
Numero de ranuras por chasis o bastidor y dimensiones (ancho x alto x prof.)	<ul style="list-style-type: none"> 4 (130 x 290 x 27.5 mm) 9 (257.5 x 290 x 27.5 mm) 18 (242.5 x 290 x 27.5 mm)
Voltaje de Operación	24 Vdc
Normas y Certificaciones	<ul style="list-style-type: none"> • DIN, EN, IEC. • Certificado UL. • Certificado CSA. • FM clase 1, División 2, Grupos A, B, C Y D. • Grupo de temperatura T4 (<135 °C) • Homologaciones para aplicaciones navales de: <ul style="list-style-type: none"> – American Bureau of Shipping – Bureau Veritas – Germanischer Lloyd – Des Norske Veritas – Lloyds Register of Shipping • Temperatura ambiente admisible para todos los componentes: 60 °C • Sismo resistencia.

Fuente: Siemens S7 400. [11]

4.4.6.1.2 PLC ControlLogix de Allen Bradley

La arquitectura integrada Logix de Allen Bradley ofrece un equipo de control, un entorno de programación y compatibilidad para comunicaciones común a través de varias plataformas de hardware. Todos los controles Logix funcionan con un sistema operativo de multitarea y multiprocesamiento y admite el mismo conjunto de instrucciones en varios lenguajes de programación. A continuación se mencionan los componentes característicos como lo son el controlador, memoria RAM, módulos de entradas y salidas del sistema ControlLogix:

Tabla 4.10 Características del Sistema de Control ControlLogix.

Componente	Características
Controlador	Controlador capaz de direccionar una gran cantidad de puntos de E/S simultáneamente (128.000 digitales máx./4.000 analógicas máx.)
Memoria RAM del controlador	Controladores con memoria RAM de 750 Kbytes, 1.5 Mbytes, 3.5 Mbytes, 7.5 Mbytes y 8 Mbytes.
Memoria no volátil Controlador	750 Kbytes, 1.5 Mbytes y 3.5 Mbytes.
Módulos de entradas Analógicas	Módulos de 2, 4, 6, 8, 16 entradas de: Voltaje: (Configurable por el usuario) ± 10.25 V, 0 – 5.125 V, 0 – 10.250 V Corriente: 0 – 20.5 Ma, 0 – 21 Ma
Módulos de Entradas de RTD's	Detectores RTD's compatibles: 100, 200, 500, 1000 Ω Platino, alfa = 385 100, 200, 500, 1000 Ω Platino, alfa = 3916 120 Ω Níquel, alfa = 672 100, 120, 200, 500 Ω Níquel, alfa = 618 10 Ω Cobre.
Módulos de Salidas Analógicas	Módulos de 4, 6 y 8 salidas de: Voltaje: ± 10.4 V Corriente: 0 – 21 Ma
Módulos de Entradas Digitales	Módulos de 16 y 32 entradas aisladas y no aisladas.
Módulos de Salidas Digitales	Módulos de 8, 16 y 32 salidas aisladas y no aisladas.

Fuente: Guía de selección ControlLogix. [12]

4.4.6.1.3 PLC Fanuc 90 – 70 de General Electric

La serie 90 – 70 de General Electric es un PLC muy versátil y está ensamblado para una variedad de componentes. Por consiguiente, eligiendo los componentes correctos y desarrollando un programa apropiado, el PLC puede ser usado en casi una variedad ilimitada de aplicaciones.

A continuación se presenta una tabla con las especificaciones técnicas del sistema de control Fanuc 90-70.

Tabla 4.11 Características del PLC FANUC 90 – 70.

Componentes	Características
Módulos de entradas Analógicas	16 ENTRADAS DE: Voltaje: (configurable por el usuario) ± 10 V, 0 – 10 V, ± 5 V, 0 – 5 V Corriente: 4 – 20 Ma.
Módulos de Entradas de Termocuplas	Tarjeta de 4 y 8 entradas compatibles con termocuplas tipo J, K, T, E, R, S, B, N, W-Re.
Módulos de Entradas de RTD´s	Tarjeta de 8 entradas de RTD´s
Módulos de Salidas Analógicas	Módulos de 4 salidas de Voltaje: ± 10 V Corriente: 0 – 22.5 Ma (4 – 20 Ma por defecto)
Módulos de Entradas Digitales	Módulos de 14 (4 grupos aislados de 4 puntos cada uno) y 32 (4 grupos aislados de 8 puntos cada uno) entradas
Módulos de Salidas Digitales	Módulos de 16 salidas (4 grupos aislados de 4 puntos cada uno) y 32 salidas (4 grupos aislados de 8 puntos cada uno) digitales.
Módulos de Salidas de Contacto	Modulo 16 salidas.
Protocolos de Comunicación	Ethernet, Modbus RS-442/485 o RS- 232.
Números de ranuras por chasis o bastidor y dimensiones (alto x ancho x prof.)	5 slots (283 x 320 x 190 mm) 9 slots (283 x 483 x 190 mm)
Voltaje de Operación	19.2 – 32 Vdc (típico) 24 Vdc (nominal)
Software de Programación	Logicmaster 90 – 70: editor de lógica de escalera.

Fuente: Series 90_70 Programmable Controller Data Sheet Manual. [17]

4.4.6.2 Interfaz de operador

A continuación se describirán las especificaciones técnicas de cada una de las interfaces hombre – máquina que fueron seleccionadas como alternativas con la finalidad de analizarlas de acuerdo a los requerimientos realizados.

4.4.6.2.1 PanelView 1000 color de Allen Bradley

En la siguiente tabla se dan a conocer las especificaciones técnicas en cuanto a sus características eléctricas y mecánicas, de la interfaz de Operador PanelView 1000 Color.

Tabla 4.12 Especificaciones Técnicas PanelView 1000 Color.

Eléctricas	
Limites de voltaje de alimentación	18 a 32 Vdc (24 Vdc nominales)
Consumo de Potencia	50 Watts máx. (2.1 mA 24 Vdc)
Mecánicas	
Envolvente	NEMA tipo 12, 13, 4X, IP54, IP65.
Indicadores LED COMM Fallo	Verde Rojo
Peso PanelView de teclado PanelView de pantalla táctil	3.72 Kg. (8.2 lbs) 3.58 Kg. (7.9 lbs)
Dimensiones Mm Pulgadas	282 (alto) x 423 (ancho) x 112 (profundidad) 11.11 (alto) x 16.64 (ancho) x 4.40 (profundidad)

Fuente: terminales de operador estandar Allen Bradley. [16]

4.4.6.2.2 Multipanel 370 de Siemens

En la siguiente tabla se dan a conocer las especificaciones técnicas bajo las cuales se estudiará para tener información relevante que permita

evaluar la operatividad de la interfaz de Operador MultiPanel 370 dentro de la planta de inyección de agua salada.

Tabla 4.13 Especificaciones Técnicas Multipanel 370 de siemens.

Características	Descripción
Tamaño	15.1"
Resolución (píxeles)	800 x 600
Colores	256
Elemento de Control	Pantalla táctil
Tipo de memoria	Flash/RAM
Memoria para data de usuario	12 MB (de la cual 7.1 MB para configuración)
Interfaz	Ethernet, RS-232, RS422/485, USB (Universal Serial Bus)
Conexión a PLC's	Siemens (S5, S7-200, S7-300/400, 505, WinAC, SINUMERIK, SIMOTION), Allen Bradley (DF1 y DH485), Mitsubishi (FX), Telemecanique (ADJUST), Modicom
Voltaje de suministro	24 Vdc
Rango de voltaje	+18 a +30 Vdc
Protección por contraseña (niveles)	10
Dimensiones (ancho x largo x profundidad)	368 mm x 290 mm x 69 mm
Peso	5.7 Kg.

Fuente: simatic MP 270B/MP 370. [13]

4.4.6.3 Transmisor de doble onda guiada serie 3300 de Rosemount

A continuación se presenta una descripción de los dos modelos de sensores (3301 y 3302), que serán objeto de estudio.

4.4.6.3.1 Transmisor de doble onda guiada Rosemount modelo 3301

El Transmisor de radar 3301 de Rosemount es un transmisor de nivel continuo inteligente de dos conductores que se basa en los principios de

reflectometría en el dominio del tiempo (TDR, por sus siglas en inglés). Los pulsos de nanosegundos de baja potencia son guiados hacia abajo en una sonda sumergida en el fluido del proceso. Cuando un pulso alcanza la superficie del material que está midiendo, parte de la energía es reflejada de regreso al transmisor, y la diferencia de tiempo entre el pulso generado y el reflejado es convertida en una distancia a partir de la cual se calcula el nivel total o el nivel de interfase.

La reflexividad del producto es un parámetro clave para el rendimiento de la medición. Una alta constante dieléctrica del fluido proporciona mejor reflexión y un mayor rango de medición. Una superficie tranquila proporciona mejor reflexión que una turbulenta.

El programa del Transmisor de radar de la serie 3301 de Rosemount está equipado para mediciones de nivel total en la mayoría de los líquidos, semi-líquidos e interfaces líquido/líquido. La tecnología de microonda guiada ofrece la mayor fiabilidad y precisión que garantizan que las mediciones casi no son afectadas por la temperatura, presión, mezclas de gas vapor, densidad, turbulencia, burbujas y ebullición, nivel bajo, fluidos de constante dieléctrica variante, pH y viscosidad.

La tecnología de radar de onda guiada, en combinación con el procesamiento avanzado de señales hace que los transmisores 3301 sean adecuados para una amplia gama de aplicaciones, entre las cuales está la dar expresiones exactas de condiciones de un tanque en cuanto a niveles de líquidos existentes en el mismo en un momento determinado.

4.4.6.3.2 Transmisor de doble onda guiada Rosemount modelo 3302

El transmisor 3302 de Rosemount mide tanto el nivel total como el nivel de interfase, es una buena elección para depósitos subterráneos debido a que se instala en la parte superior del depósito con el pulso de radar concentrado cerca de la sonda. Puede estar equipado con sondas que no son afectadas por aberturas altas y estrechas o por objetos cercanos. Tiene un alojamiento de aluminio que contiene la electrónica avanzada para el procesamiento de señales.

La electrónica del radar produce un pulso electromagnético que es guiado por la sonda. Es alimentado por el lazo, lo que significa que utiliza los mismos dos conductores tanto para la fuente de alimentación como para la señal de salida. La salida es una señal analógica de 4.20 mA súper puesta con una señal digital HART.

Al utilizar el convertidor opcional Tri-loop de HART, es posible convertir la señal HART y obtener hasta tres señales analógicas de 4.20 mA adicionales. Con el protocolo HART es posible utilizar configuración Multidrop. En este caso la comunicación es sólo digital debido a que la corriente se fija al valor mínimo de 4 mA.

El transmisor se puede conectar al indicador de señal de campo 751 de Rosemount ó puede estar equipado con un indicador integrado. El transmisor se puede configurar fácilmente utilizando un comunicador de campo o un PC con el software de herramientas de configuración de radar.

Los transmisores 3302 de Rosemount también son compatibles con el software AMS Suite que también se puede utilizar para la configuración. Para la comunicación HART se requiere una resistencia de carga mínima de 250 ohmios en el lazo.

4.4.7 Balance de alternativas

4.4.7.1 Sistema de control

A continuación se presentan los puntos más resaltantes utilizados para escoger las alternativas presentadas, tomando como criterios el funcionamiento de los mismos, apoyado en el cumplimiento de las Normas PDVSA K-308 [10].

Voltaje de Operaciones y alimentación a instrumentos de campo 24 Vdc

Los 3 PLC tienen la potestad de operar con alimentación de 24 Vdc y suministrar la misma cantidad a todos los instrumentos de campo.

Escalabilidad

Los 3 sistemas de control brindan la posibilidad de expansión futura en caso de requerirlo. Sin embargo el sistema de ControlLogix brinda mayor facilidad de expansión debido a que tiene la bondad de manejar una gran cantidad de puntos de entrada y salida simultáneamente (128.000 digitales máximo y 4.000 analógicas máximo).

Programación en lógica de escalera y lenguajes de alto nivel

Todos los sistemas de control (S7 400, FANUC 90-70 y ControlLogix) tienen la facultad de ser programados tanto en lógica de escalera como lenguajes de alto nivel: texto estructurado, diagramas de bloques de funciones y diagramas de funciones secuenciales.

Arquitectura Abierta

El Sistema ControlLogix además de tener la posibilidad de interconexión con otros equipos a través de los mismos protocolos de

comunicación comerciales y universales que poseen tanto el S7-400 y el FANUC 90-70 (Ethernet, Modbus RS-232), permite conectarse con otros equipos e instrumentos a través de protocolos como por ejemplo DF1, DH-485, DeviceNet, ControlNet y Fieldbus.

Capacidad de ejecución de códigos para variables críticas

La capacidad del sistema ControlLogix para la ejecución de códigos puede ser configurada en un rango de 0.2 milisegundos a 750 milisegundos y para el S7-400 es de 0.1 milisegundos, mientras que el sistema Fanuc 90-70 tienen la facultad de hacerlo en cada 400 milisegundos. Por lo tanto los PLC ControlLogix y el S7-400 son los únicos que cumplen con esta característica.

4.4.7.2 Interfaz del operador

Para la selección de la interfaz de operador se tomaron en cuenta los puntos mencionados a continuación, tomando como criterios la operatividad de los mismos y apoyados en el cumplimiento de la Norma PDVSA K-308 [10].

Voltaje de Operación

Tanto el PanelView 1000 Color de Allen Bradley como el MultiPanel 370 de Siemens pueden operar con voltaje de 24 Vdc.

Pantalla grafica a color

Ambas interfaz de operador tienen pantalla a 256 colores, sin embargo el PanelView 1000 Color de Allen Bradley tiene una resolución inferior a 800 x 600 píxeles, lo cual no cumple con los requerimientos de ergonomía exigidos por la Norma PDVSA K-308 [10].

Capacidad de memoria para configuración y aplicaciones

El PanelView 1000 color tiene memoria con capacidad de 1008 Kbytes para pantallas de aplicación, mientras que el MultiPanel 370 tiene 12 Mbytes de memoria de los cuales 7.1 son para configuración y los 4.9 para aplicaciones.

Control de Acceso por Contraseña

De ambas alternativas, el MultiPanel 370 de Siemens es el que ofrece la función por contraseña a través de sus diez niveles de seguridad. Dichos niveles a su vez restringirían el acceso del personal al sistema, dependiendo del trabajo que cada uno de ellos lleve a cabo en el mismo.

Robustez

Ambas interfaz de Operador pueden ser utilizadas en condiciones de ambientes industriales para áreas de clasificación Clase I, División 2, Grupo D y en áreas no peligrosas.

4.4.7.3 Transmisor de doble onda guiada

De igual forma, se presenta un resumen de los puntos principales que se tomaron en cuenta para la selección del transmisor de doble onda guiada, tomando como criterios el funcionamiento de los mismos apoyados en el cumplimiento de las normas PDVSA K-300 [14] y K-307 [15].

Capacidad de autodiagnóstico

Solo el transmisor Rosemount serie 3302 tiene la capacidad de auto diagnóstico; la misma tiene un relé de contacto en el controlador, el cual es des energizado para indicar la existencia de una falla.

Configurable para el usuario

Solo el transmisor 3302 puede ser configurado por el usuario a través del software incluido con cada uno de los transmisores.

Señal de estado del instrumento

Los transmisores Rosemount modelos 3302 y 3301 reciben una señal de 4-20 mA que es equivalente a la posición actual de el transmisor; esta señal es comparada con la señal del valor deseado enviada por el PLC y por último la señal es corregida y enviada al actuador de el transmisor a través de una señal de 4-20 mA.

Fuente de alimentación eléctrica

El transmisor Rosemount modelo 3302 tiene la facultad de operar con un sistema alimentado por el lazo (2 hilos), 11.42 V cc (11.30 V cc en aplicaciones IS, 16.42 V cc en aplicaciones a prueba de explosiones / antideflagrantes).

Presión de operación

El transmisor Rosemount modelo 3302 puede operar a una presión máxima de 580 Psig.

Área de clasificación

Ambos transmisores están clasificados para operar en áreas clase I, división 1, grupo D y, son intrínsecamente seguras y a prueba de explosión.

4.4.8 Requerimientos finales

4.4.8.1 Sistema de control (PLC)

Una vez realizado el balance de los requerimientos para los PLC, se considera que el sistema ControlLogix de Allen Bradley es el que más se adapta a las necesidades porque además de cumplir con todas las exigencias, tiene la cualidad adicional con respecto a los demás PLC de proveer mayor escalabilidad, es decir, en cualquier momento que se quiera expandir o hacer algún cambio al sistema, solo se necesita anexar al chasis un módulo con el protocolo de comunicación requerido.

Por otra parte, se cuenta con un procesador que es capaz de manejar gran cantidad de información simultáneamente, lo que evitaría la necesidad de anexar otros controladores en el futuro, a menos que se sobrepase la capacidad del mismo. Sin embargo, se podría decir que la capacidad del procesador está sobredimensionada en relación con la información que se maneja actualmente.

Tabla 4.14 Tabla comparativa para los Sistemas de Control (PLC's).

Características	ControlLogix	Simatic S7-400	Fanuc 90-70
Voltaje de Operación y Alimentación a Instrumentos 24 Vdc	Si	Si	Si
Escalabilidad	Si	Si(Limitada)	Si(Limitada)
Programación Lógica Escalera	Si	Si	Si
Arquitectura Abierta	Si	No	No
Capacidad de ejecución de Códigos para Variables Criticas	Si	Si	No

Fuente: [Propia]

4.4.8.2 Interfaz del operador

La interfaz seleccionada que cumple con los requerimientos exigidos por PDVSA norma K-308 en cuanto a ergonomía es el MultiPanel 370 de Siemens. Adicionalmente la misma interfaz garantiza la disponibilidad de memoria suficiente para almacenar tanto la configuración como las aplicaciones que se necesitan ejecutar, así como capacidad de expansión de memoria a futuro.

A continuación se presenta la tabla en la cual se hace una comparación entre ambas alternativas la cual va a definir la interfaz más idónea para su utilización dentro de la arquitectura.

Tabla 4.15 Tabla Comparativa para las Interfaz de Operador

Características	MultiPanel 370	PanelView 1000 Color
Voltaje de Operación 24 Vdc	Si	Si
Pantalla Grafica Color 800 x 600 píxeles	Si	No
Capacidad de Memoria para Configuración y Aplicaciones	Si	Si
Protección por Contraseña	Si	No
Interfaz Hombre – Máquina Robusta	Si	Si

Fuente: [Propia]

4.4.8.3 Transmisor de doble onda guiada

Se considera que el transmisor de doble onda guiada Serie 3302 de Rosemount es la más idónea para esta aplicación por las causas que se mencionan a continuación:

- Es la única que tiene capacidad de auto diagnóstico.
- Es configurable por el usuario, lo que repercutiría en disminución de costos de mantenimiento, ya que teniendo al personal de PDVSA capacitado, no se incurrirían en dichos gastos por contratación de personal externo.
- Teniendo una presión máxima de operación de 580 psig, se garantiza la seguridad tanto de las instalaciones como del personal que labora en ellas.

Tabla 4.16 Tabla comparativa para los transmisores de doble onda guiada

Características	Serie 3302	Serie 3301
Capacidad de autodiagnóstico	SI	NO
Configurable por el usuario	SI	SI
Señal de estado del instrumento	SI	SI
Fuente alimentación eléctrica 24 Vdc	SI	SI
Clasificación de área	SI	SI
Presión de operación	SI	NO

Fuente: [Propia]

Ya culminado esta sección en donde se escogieron los requerimientos más idóneos y siguiendo parámetros de funcionamiento y condiciones de la

planta en donde se realizó un análisis de las alternativas, se procede a presentar la arquitectura de control de la planta.

Esta arquitectura final, está basada en la arquitectura general propuesta anteriormente con la salvedad de que en esta ya están incluidos los equipos que fueron cuidadosamente seleccionados en el balance de alternativas que se hizo anteriormente y que permiten mejorar la capacidad de comunicación y respuesta de el sistema de inyección de agua salada en virtud a los procesos que se están realizando en la misma.

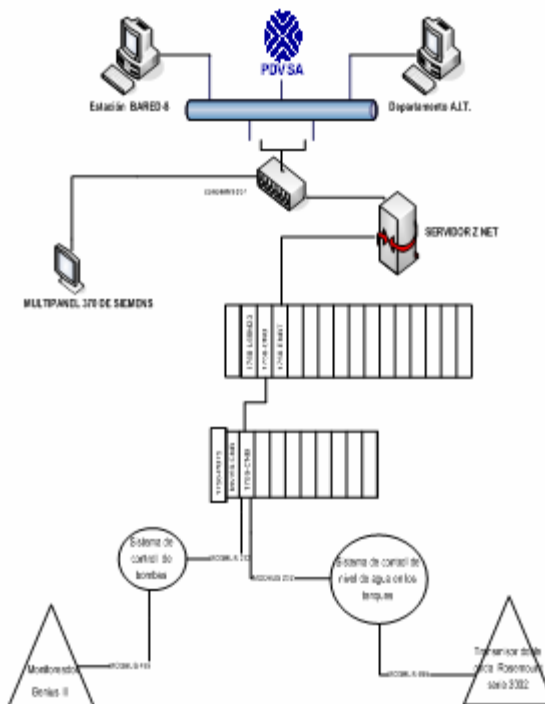


Figura 4.9: Esquema general de la Arquitectura final.

Fuente: propia.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo se darán a conocer las diferentes conclusiones y recomendaciones de este proyecto, siendo estas consecuencias de el estudio de los resultados de cada uno de los objetivos que se desarrollaron en este trabajo.

5.1 CONCLUSIONES

- ✓ La interacción con el proceso y bajo el asesoramiento del personal involucrado con la P.I.A.S. de la estación de descarga de BARED-8, se logró diagnosticar el sistema actual a través de la filosofía de operación y control de dicha planta.

- ✓ Una vez comprendido lo anterior y conociendo todos los subsistemas involucrados, se encontró lo siguiente:
 - Se encontró que la planta carece de un sistema de control automatizado el cual trae como consecuencia a la empresa altos costos de mantenimiento y de operación.

- ✓ Se realizó un análisis de varias alternativas en cuanto a sistemas de control(S7 400 de Siemens, Fanúc 90-70 de General Electric y ControlLogix de Allen Bradley), transmisores de doble onda guiada serie 3300 de Rosemount(serie 3301 y serie 3302) e interfaz hombre – máquina(Multipanel 370 de Siemens y Panelview 1000 Color DE Allen Bradley) existentes en el mercado de acuerdo a criterios y

requerimientos de funcionamiento de la planta así como también las normas de PDVSA K-300, K-307 y K-308.

- ✓ Se procedió a seleccionar los equipos e instrumentos que mejor se adapten a las necesidades operacionales que se originaron del diseño de la lógica de control para la Planta de Inyección de Agua Salada.
- ✓ Los equipos seleccionados fueron el sistema de control ControlLogix de Allen Bradley, la interfaz de operador Multipanel 370 de Siemens y el transmisor de doble onda guiada serie 3302 de la casa productora de transmisores Rosemount.
- ✓ Por último se logró definir la arquitectura de control del sistema de inyección de agua salada, tomando en cuenta parámetros y necesidades operacionales en cuanto a comunicación de datos importantes que generan los sensores presentes en los procesos que se originan en los subsistemas que integran a la planta.

5.2 Recomendaciones

- ✓ Llevar a cabo lo antes posible la implantación y puesta en marcha de este proyecto, pues de lo contrario se seguirán incurriendo en altos costos de mantenimiento y supervisión trayendo consecuencia, menor rentabilidad en el proceso de inyección de agua salada de la P.I.A.S. BARED-8 perteneciente al Centro de Operaciones BARED (C.O.B).
- ✓ El transmisor de doble onda guiada modelo 3302 Rosemount debe ser colocado en una zona segura de tal modo que se garantice su seguridad en cuanto a su clasificación de área.
- ✓ Se sugiere el uso de convertidores de RS-485 en caso de que se requiera reubicar el sistema o los sistemas de control a una distancia superior a los 50 pies y RS-232 para distancias menores a los 50 pies.
- ✓ En caso de que se requiera la instalación de algún componente o equipo del sistema de control o de la interfaz de operador fuera de la sala de control, los mismos deberán ser Clase I, División 1, Grupo D.
- ✓ Realizar con recursos humanos propios o con servicios contratados, los planos de Diagramas de tuberías e instrumentos (DTI), tanto en papel como en electrónico, de toda la planta, ya que en la actualidad está disponible solamente un plano de instrumentación de la P.I.A.S.

BIBLIOGRAFÍA

[1] González, K. (2005). **“Diseño de un sistema de supervisión para los controladores lógicos programables (PLC) de una unidad mejoradora de crudo extrapesado”**. Trabajo de Grado, Ingeniería de Sistemas. Universidad de Oriente, Anzoátegui, Venezuela.

[2] Costas, A. (2003). **“Diseño de un sistema de supervisión para las plantas compresoras de gas de área I, área II y Morichal del distrito San Tome”**. Trabajo de Grado, Ingeniería de Sistemas. Universidad de Oriente, Anzoátegui, Venezuela.

[3] Prado, N. (2003). **“Desarrollo de ingeniería conceptual-básica para la actualización tecnológica de las plantas compresoras de gas en el centro de operaciones morichal-estado Monagas”**. Trabajo de Grado, Ingeniería de Sistemas. Universidad de Oriente, Anzoátegui, Venezuela.

[4] Martínez, K. (2003). **“Mejoramiento del proceso de comunicación entre el centro de administración de energía y las sub-estaciones de PDVSA San Tome”**. Trabajo de Grado, Ingeniería de sistemas. Universidad de Oriente, Anzoátegui, Venezuela.

[5] Gómez, M. (2001). **“Diseño de un Sistema que permita la supervisión y control a distancia de las pruebas de pozos productores de crudo**. Trabajo de Grado, Ingeniería de Sistemas. Universidad de Oriente, Anzoátegui, Venezuela.

[6] **“Ingeniería de producción Nivel III”, (1998)**. Instituto de desarrollo profesional y técnico (CIED).

[7] **“Curso: controladores programables”, (1999).** Centro de formación y adiestramiento de petróleos de Venezuela y sus filiales.

[8] **“Lógica del Sistema de Control Turbotronic 2.0”, (1998).** Departamento de Capacitación Técnica de Solar, Curso No 9036.

[9] García E., **“Automatización de Procesos Industriales”, (2001).** Editorial Alfaomega. Mexico.

[10] PDVSA, **“K-308 Engineering Specification: Distributed Controls Systems”, (1999).** Caracas.

[11] WINSTONDAVID <http://www.ad.siemens.de/simatic/s7400/prd7400s.pdf>

[12] ALLEN BRADLEY <http://www.ab.com/manuals/es/cl/1756-sg001g.pdf>

[13] WINSTONDAVID http://www.ad.siemens.de/hmi270b_mp370.pdf

[14] PDVSA, **“K-300 Engineering Specification: PDVSA Instrumentation Introduction”, (1999).** Caracas, Venezuela.

[15] PDVSA, **“K-307 Engineering Specification: Electronical and Pneumatic Instrumentation”, (1999).** Caracas, Venezuela.

[16] ALLEN BRADLEY <http://www.ab.com/manuals/es/eoi/2711-um014c-es-p.pdf>

[17] GEFANUCID <http://www.gefanuc.com/infolink/manuals/gfk0600f.pdf>

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

TÍTULO	PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL PARA LA PLANTA DE INYECCIÓN DE AGUA SALADA DE LA ESTACIÓN DE DESCARGA BARED-8, PERTENECIENTE AL DISTRITO MÚCURA
SUBTÍTULO	

AUTOR (ES):

APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO CULAC / E MAIL
Pino V., Julián A.	CVLAC: 16.571.884 E MAIL: Nemesis_3@hotmail.com
	CVLAC: E MAIL:
	CVLAC: E MAIL:
	CVLAC: E MAIL:

PALÁBRAS O FRASES CLAVES:

_____Automatización_____

_____PLC_____

_____Planta_____

_____Sensores_____

_____Tanque_____

_____Bombas_____

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ÀREA	SUBÀREA
Ingeniería y Ciencias aplicadas	Ingeniería de Sistemas

RESUMEN (ABSTRACT):

En el presente trabajo se realizó un estudio del sistema actual de la Planta de Inyección de Agua Salada (P.I.A.S.) ubicada en el Centro de Operaciones Bared (C.O.B), en el estado Anzoátegui, describiendo todos los subsistemas involucrados en el proceso, así como también las variables operacionales que manejan dichos subsistemas. Luego se procedió a definir la filosofía de operación que permitió deducir la filosofía de control con que la planta operará de manera eficiente. Se propuso la arquitectura del sistema de supervisión y control asociado a la planta. Finalmente se estableció los requerimientos de equipos e instrumentos necesarios para respaldar la implantación de la arquitectura de sistema de supervisión y control de la planta expuesta anteriormente.

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

APELLIDOS Y NOMBRES	ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL				
	ROL	CA	AS x	TU	JU
Rojas, Luis F.	CVLAC:	10.945.922			
	E_MAIL	lrojas@anz.udo.edu.ve			
	E_MAIL				
Velásquez, Nerio J.	CVLAC:	11.456.765			
	E_MAIL	velasquezjk@hotmail.com			
	E_MAIL				
Moisés, Héctor	CVLAC:	8.277.670			
	E_MAIL	MbHenrique@hotmail.com			
	E_MAIL				
Gerardino, María	CVLAC:	10.953.467			
	E_MAIL	Magerardino@Yahoo.com			
	E_MAIL				

FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:

AÑO	MES	DÍA

LENGUAJE. SPA

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**ARCHIVO (S):**

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
TESIS. Propuesta de automatización y control.doc	Application/msword

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: PDVSA San Tome (OPCIONAL)

TEMPORAL: 6 meses (OPCIONAL)

TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Ingeniero de Sistemas

NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Pregrado

ÁREA DE ESTUDIO:

Departamento de Computación y Sistemas

INSTITUCIÓN:

Universidad de Oriente / Núcleo de Anzoátegui

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

De acuerdo al artículo 44 del reglamento de trabajos de grado

"Los trabajos de grado son exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente y solo podrán ser utilizadas a otros fines con el consentimiento del consejo de núcleo respectivo, quien lo participara al consejo Universitario"

AUTORPino V., Julián A.**AUTOR****AUTOR**PROF. Rojas, Luis**TUTOR**PROF. Gerardino, María**JURADO**PROF. Moisés, Héctor**JURADO****POR LA SUBCOMISION**