

**DISEÑO DEL SISTEMA DE MONITOREO, SUPERVISIÓN Y SELECCIÓN
DE LA INSTRUMENTACIÓN DE UNA PLANTA DE ABASTECIMIENTO DE
COMBUSTIBLE DE AERONAVES**

**ING. FRANCY FELINA FERRER POLANCO
ING. ARNOLD CAMILO DIAZ TORRES**



**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
ESPECIALIZACIÓN EN CONTROL E INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL
BUCARAMANGA
2012**

**DISEÑO DEL SISTEMA DE MONITOREO, SUPERVISIÓN Y SELECCIÓN
DE LA INSTRUMENTACIÓN DE UNA PLANTA DE ABASTECIMIENTO DE
COMBUSTIBLE DE AERONAVES**

**ING. FRANCY FELINA FERRER POLANCO
ING. ARNOLD CAMILO DIAZ TORRES**

MONOGRAFIA DE GRADO

**ING. CRISTIAN DAVID ACEVEDO LARA
DIRECTOR**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
ESPECIALIZACIÓN EN CONTROL E INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL
BUCARAMANGA
2012**

NOTA ACEPTACION

FIRMA DE PRESIDENTE DEL JURADO

FIRMA DEL JURADO

FIRMA DEL JURADO

Bucaramanga, Octubre de 2012

AGRADECIMIENTOS

Primero que todo agradecemos a Dios por permitirnos tener esta oportunidad de crecer académicamente, profesionalmente y como personas integrales que aportan para construir una mejor sociedad para nuestro país.

A nuestros padres, familias, esposa e hijo que nos apoyaron siempre para conseguir esta nueva meta de nuestras vidas.

Al Ing. Cristian Acevedo por su colaboración en el desarrollo de este proyecto. A nuestros profesores que nos acompañaron durante todas las clases de la especialización, con sus conocimientos y experiencias nos aportaron su grano de arena para profundizar más en el tema de la instrumentación y control industrial.

TABLA DE CONTENIDO

2. OBJETIVOS.....	9
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	9
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	9
3. INTRODUCCIÓN.....	12
4. FUNDAMENTACIÓN TEORICA DEL PROYECTO.....	13
4.1 INSTRUMENTACION INDUSTRIAL.....	13
4.2.1 CLASIFICACION DE LOS INSTRUMENTOS INDUSTRIALES.....	13
4.2.2 CARACTERISTICAS DE LOS INSTRUMENTOS.....	14
4.3 MEDICION DE PRESION.....	16
4.3.1 SENSORES PARA LA MEDICION DE PRESION.....	17
4.4 CLASIFICACIÓN DE LOS SENSORES.....	17
4.4.1 SENSORES ELECTROMECAÑICOS PARA MEDICIÓN DE PRESIÓN.....	17
4.4.2 INTERRUPTORES DE PRESIÓN.....	18
4.4.3 TRANSMISORES DE PRESIÓN.....	18
4.4.3.1 TRANSMISIÓN NEUMÁTICA.....	18
4.4.3.2 TRANSMISIÓN ELECTRÓNICA.....	19
4.4.3.3 TRANSMISORES INTELIGENTES.....	19
4.4.3.4 TRANSMISOR DE 4 – 20 MA.....	20
4.5 MEDICION DE NIVEL.....	21
4.5.1 TIPOS DE INSTRUMENTOS PARA MEDICIÓN DE NIVEL.....	21
4.5.1.1 MEDICIÓN DIRECTA DE NIVEL.....	22
4.5.1.2 MEDICIÓN INDIRECTA DE NIVEL.....	22
4.5.2 TÉCNICAS VISUALES.....	23
4.5.3 DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS PARA MEDICIÓN DE NIVEL.....	23
4.5.3.1 SENSOR DE NIVEL TIPO CAPACITIVO.....	23
4.5.3.2 SENSOR DE NIVEL TIPO CONDUCTIVO.....	24
4.5.3.3 SENSORES DE NIVEL TIPO FOTOELÉCTRICO.....	24
4.6 TRANSMISORES DE TEMPERATURA.....	24
4.7 SISTEMAS DE CONTROL.....	25
4.7.1 CONTROLANDO EL PROCESO.....	25
4.7.2 TIPOS DE RESPUESTAS DEL CONTROLADOR.....	26

4.7.2.1 CONTROL ON/OFF.....	27
4.6.2.2 CONTROL PROPORCIONAL	27
4.7.2.3 CONTROL INTEGRAL.....	27
4.7.2.4 CONTROL DERIVATIVO	27
4.7.3 CONCEPTO DE SINTONIZACIÓN	28
4.7.3.1 SINTONIZACIÓN DE SISTEMAS DE CONTROL.....	28
4.7.4 CONTROLADOR	28
4.8 ACTUADORES.....	30
4.8.1 VÁLVULAS DE CONTROL.....	30
4.8.2 COMPONENTES DE UNA VÁLVULA DE CONTROL.....	31
4.8.3 ELECTROVÁLVULAS	32
4.9 PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN EN LOS SISTEMAS DE CONTROL INDUSTRIAL.....	32
4.9.1 REDES DE CONTROL INDUSTRIAL.....	33
4.9.2 COMPONENTES FÍSICOS DE UNA RED	33
4.9.3 TRANSMISIÓN DE SEÑALES EN EL BUS DE CAMPO.....	33
4.9.4 PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN MÁS UTILIZADOS CON PLCS	33
4.9.4.1 HART.....	33
4.8.4.2 PROFIBUS.....	34
4.9.4.3 FOUNDATION FIELDBUS	34
4.9.4.4 MODBUS.....	35
4.9.4.5 DEVICENET	36
4.9.4.6 CONTROLNET.....	37
5.0 DESARROLLO DEL PROYECTO	37
5.1 CRITERIOS DE SELECCIÓN DE LA INSTRUMENTACIÓN.....	38
5.2 Características Instrumentos de la planta.....	39
5.3 MEJORAS EN EL PROCESO MECANICO CON LA INSTRUMENTACION INSTALADA	40
5.3.2 Funcionamiento con instrumentación asociada al proceso	41
5.4 COMUNICACIONES	42
5.5 SISTEMA SCADA	43
5.5.1 Funciones principales de un Scada	43
5.6 DESCRIPCION DEL SOFTWARE DEL SISTEMA	44

5.6.1 LABVIEW	44
5.6.2 VENTAJAS DE UTILIZAR SOFTWARE	44
5.7 HMI (INTERFAZ HUMANO-MAQUINA).....	45
5.7.1 HMI en Pantalla del Operador	46
6. Conclusiones y Recomendaciones	47
7. BIBLIOGRAFÍA	48
8. ANEXOS	49
8.1 Anexo 1. P&ID Mecánico.....	49
8.2 Anexo 2. P&ID Automatizado.....	50

Lista de Figuras

Figura 1 Zona Muerta	15
Figura 2 Histéresis	16
Figura 3 Transmisor Indicador de Presión	20
Figura 4 Transmisor Indicador de Nivel.....	21
Figura 5 Tipos de Medición de Nivel.....	22
Figura 6 Transmisor Indicador de Temperatura.....	25
Figura 7 Acción de Control proporcional	26
Figura 8 Respuesta de la Acción proporcional.....	26
Figura 9 Controlador Delta V.....	29
Figura 10 Controlador ABB.....	30
Figura 11 Válvula de Control.....	31
Figura 12 Ejemplo de sistema SCADA.....	43
Figura 13 HMI de Planta	46
Figura 14 P&ID Mecánico de Planta	49
Figura 15 P&ID de Planta Automatizado.....	50

Lista de Tablas

Tabla 1. Clasificación de los Instrumentos.....	14
Tabla 2 Especificaciones del Controlador Delta V.....	29
Tabla 3 Características controlador ABB.....	30
Tabla 4 Características Instrumentos Seleccionados	40

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

REALIZAR EL DISEÑO DEL SISTEMA DE MONITOREO, SUPERVISIÓN Y SELECCIÓN DE LA INSTRUMENTACIÓN DE UNA PLANTA DE ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE DE AERONAVES

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recopilar información acerca del abastecimiento, despacho y funcionamiento en general de una planta de combustible.
- Realizar la adecuada selección de la instrumentación electrónica para el monitoreo de todas las variables de proceso con el fin de controlar el mismo, mejorando la operación y eficiencia de la planta.
- Diseñar el sistema de control que permita monitorear y supervisar el funcionamiento de una planta de combustible, teniendo en cuenta la necesidad de abastecimiento a las aeronaves en diferentes horas del día.
- Describir de manera general los protocolos de comunicación a utilizar entre la instrumentación en campo y el cuarto de control.
- Diseñar el HMI teniendo en cuenta el P&ID de la planta, para brindar al operador un entorno amigable para la correcta operación de la misma.

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: DISEÑO DEL SISTEMA DE MONITOREO, SUPERVISIÓN Y SELECCIÓN DE LA INSTRUMENTACIÓN DE UNA PLANTA DE ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE DE AERONAVES

**AUTORES: ING. FRANCY FELINA FERRER POLANCO
ING. ARNOLD CAMILO DIAZ TORRES**

FACULTAD: ESPECIALIZACION EN CONTROL E INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL.

DIRECTOR: ING. CRISTIAN DAVID ACEVEDO

Resumen

Diseño del sistema de monitoreo y supervisión para una planta de abastecimiento de combustible de aeronaves, cuyo funcionamiento es completamente mecánico. La base principal del proyecto es la selección adecuada de la instrumentación que genere información de las variables del proceso, las cuales son necesarias para consolidar la información en el HMI y realizar supervisión del mismo. Facilidad para los operadores de la planta tener el estado de cada área del proceso y su completo monitoreo, lo cual asegura la confiabilidad de la planta, operadores e integridad de equipos y activos.

Palabras clave: HMI, P&ID, PLC, Labview

VoBo Director de Trabajo de Grado

ABSTRACT OF THESIS PROJECT

TITLE: MONITORING SYSTEM DESIGN, SUPERVISION AND SELECTION OF THE IMPLEMENTATION OF A PLANT OF AIRCRAFT FUELING

**AUTHORS: ING. FERRER FELINA FRANCY POLANCO
ING. ARNOLD DIAZ CAMILO TORRES**

FACULTY: SPECIALIZATION IN CONTROL and industrial instrumentation.

DIRECTOR: ING. CRISTIAN DAVID ACEVEDO

summary

Design of monitoring and supervision system for a plant refueling aircraft, whose operation is completely mechanical. The basis of the project is the proper selection of instrumentation that generates information process variables, which are necessary to consolidate the information in the HMI and perform supervision. Ease the plant operators have the status of each process area and comprehensive monitoring, ensuring the reliability of the plant operators and integrity of equipment and assets.

Keywords: HMI, P & ID, PLC, Labview

VoBo Thesis Director

3. INTRODUCCIÓN

La automatización de procesos en la industria es muy aplicada en los últimos días, de acuerdo a los beneficios que puede generar para una empresa o sector. Para este caso se trabajo en la automatización de una planta de abastecimiento de combustible, que podemos encontrar principalmente en aeropuertos. Las metodologías empleadas para el desarrollo de este documento se determinan de acuerdo a parámetros establecidos en trabajos similares previamente realizados, acudiendo a la experiencia y conocimientos adquiridos. Para este caso se trabajara con el diseño de una planta sencilla de forma general, sin aplicarlo a una planta en específico, ya que no se fue posible la consecución de los respectivos permisos de ninguna empresa que opere una planta de este tipo, para realizar la presente monografía. Como punto de inicio se realiza la descripción del proceso que existe para una planta de abastecimiento netamente mecánica, posteriormente se desarrolla el diseño de la supervisión y monitoreo de la planta a partir de la selección de instrumentos que garanticen medición de variables de proceso en campo, y a su vez sea el punto de partida para automatizar la operación de la misma, en algunos aspectos que son de vital importancia para la correcta manipulación del proceso. Se ataca principalmente la veracidad en cuanto a producto recibido y entregado, confiabilidad de las variables medidas, facilidades de mantenimiento y paradas de planta eficientes, autonomía de la planta en cuanto a operación segura, sistema de seguridad en situaciones de falla que mitiga los posibles daños o peligros para el operador y los equipos, monitoreo constante desde cualquier punto dependiendo las necesidades del cliente, la optimización del producto en toda su circulación y recirculación de residuos filtrados previamente en zona de proceso.

4. FUNDAMENTACIÓN TEORICA DEL PROYECTO

4.1 INSTRUMENTACION INDUSTRIAL

Para la automatización de cualquier proceso en diferentes tipos de industrias, es indispensable contar con elementos confiables y seguros a la hora de medir variables de proceso que interactúan con el entorno del mismo y que son utilizadas para controlar y verificar el correcto funcionamiento de dicho proceso. Hay que tener en cuenta que de acuerdo a la complejidad de las variables existen instrumentos de medida capaces de entregar los valores en los puntos que previamente se determinan para realizar un control completo de la variable y como interviene en la confiabilidad y seguridad de la operación de un planta o proceso.

Los instrumentos industriales pueden realizar las siguientes funciones:

- Sensar o captar una variable
- Acondicionar una variable dada
- Transmitir una variable
- Controlar una variable
- Indicar la magnitud de una variable
- Registrar una variable
- Convertir una variable
- Interrumpir o permitir una secuencia dada
- Transmitir una señal Amplificar una señal
- Manipular una variable del proceso, etc.

4.2.1 CLASIFICACION DE LOS INSTRUMENTOS INDUSTRIALES

Clasificar los instrumentos industriales, implica entrar a un tema muy amplio, ya que se requiere un conocimiento tanto teórico como práctico en la aplicación industrial de estos equipos.

De acuerdo a lo investigado se tratará de hacer algunas clasificaciones en forma breve y explícita.

POR SU APLICACION	POR SU LOCALIZACION	POR SU TECNOLOGIA
Eléctricos	Instalados en tablero principal	Sistemas de supervisión
Electrónicos	Instalados remotamente	Sistemas de control supervisorio
Hidráulicos	Instalados localmente	Sistemas de control digital directo
Neumáticos	Instalados en campo	Sistemas Discretos
Electromecánicos	Instalados en campo	Sistemas análogos
Mixtos	Instalados en campo	Sistemas análogos

Transductores	Instalados en campo	Sistemas Discretos
Amplificadores	Instalados en campo/cuarto control	Sistemas análogos
Indicadores	Instalados en campo/cuarto control	Sistemas análogos/digitales
Estaciones de control	Instalados en campo/cuarto control	Sistemas discretos

Tabla 1. Clasificación de los Instrumentos

4.2.2 CARACTERISTICAS DE LOS INSTRUMENTOS

Actualmente en la industria encontramos variedad de instrumentos de medida que poseen diferentes capacidades y características, las cuales son de vital importancia a la hora de elegir que instrumento debemos utilizar dependiendo la necesidad del cliente, presupuesto y lo más importante su operabilidad y mantenimiento.

- **CAMPO DE MEDIDA O RANGO (RANGE)**
Es el conjunto de valores dentro de los límites superior e inferior de medida, en los cuales el instrumento es capaz de trabajar en forma confiable.
- **ALCANCE (SPAM)**
Es la diferencia entre el valor superior e inferior del campo de medida del instrumento.
- **ERROR**
Es la diferencia que existirá entre el valor que el instrumento indique que tenga la variable de procesos y el valor que realmente tenga esta variable en ese momento.

Existen varios tipos de errores:

- **Gross Errors:** Son general de origen Humano, como la mala lectura, ajuste incorrecto, aplicación incorrecta, etc.
- **Errores Sistemáticos:** Se deben a fallas de los instrumentos, como partes defectuosas o efectos ambientales sobre el equipo del usuario.
- **Errores Aleatorios:** Generalmente son la acumulación de un gran número de errores muy pequeños cuyo orígenes son difícil de identificar.
- **EXACTITUD**
Es la razón máxima de la desviación de un valor representado por el instrumento con respecto al valor ideal. Normalmente este valor se da en %.
- **PRECISIÓN**
Es la tolerancia mínima de medida que permitirá indicar, registrar o controlar el instrumento; generalmente se expresa en porcentajes del spam.

- **ZONA MUERTA (DEAD BAND)**

Es el máximo campo de variación de la variable en el proceso real, para el cual el instrumento no registra ninguna variación en su indicación, registro o control.

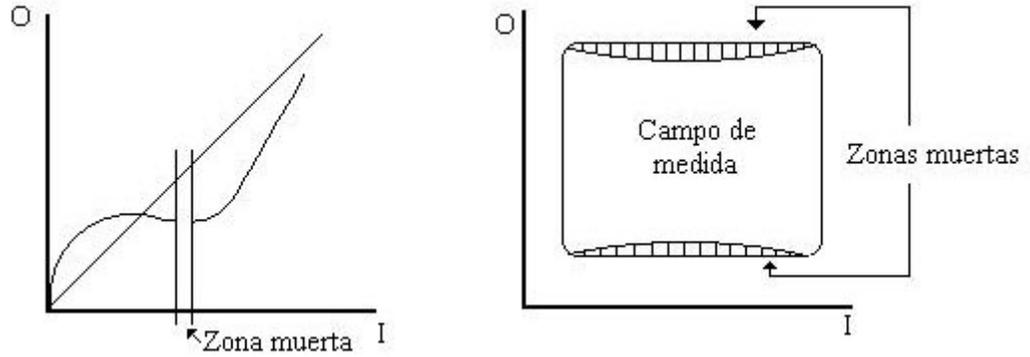


Figura 1 Zona Muerta

- **SATURACIÓN**

Es el área en el cual el instrumento ha sobrepasado su capacidad máxima de operación por lo que se presenta un comportamiento distinto a la operación normal y por lo tanto no confiable.

- **SENSIBILIDAD**

Es la relación entre la variación de la lectura del instrumento y el cambio en el proceso que causa este efecto.

- **REPETIBILIDAD**

Es la capacidad de un instrumento de repetir el valor de una medición, de un mismo valor de la variable real en una única dirección de medición.

- **HISTERESIS**

Similar a la histéresis pero en este caso el proceso de medición se efectuara en ambas direcciones. Un error de histéresis es la desviación de la señal en un punto específico de la señal de entrada. Cuando se le aproxima al punto desde direcciones opuestas.

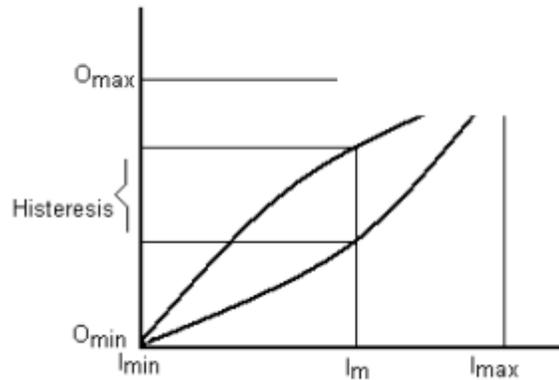


Figura 2 Histéresis

- **CAMPO DE MEDIDA CON SUPRESIÓN DE CERO**
Es aquel rango de un instrumento cuyo valor mínimo se encuentra por encima del cero real de la variable.
- **CAMPO DE MEDIDA CON ELEVACIÓN DE CERO**
Es aquel rango de un instrumento cuyo valor mínimo se encuentra por debajo de cero de las variables.

4.3 MEDICION DE PRESION

La variable presión encierra una gran cantidad de análisis matemáticos y físicos que nos permiten conocer la dimensión esta variable en cierto punto de un proceso, ya sea para supervisión o tomar una acción para protección y seguridad del mismo.

La presión puede definirse como una fuerza por unidd de area o superficie, en donde para la mayoría de los casos se mide directamente por su equilibrio con otra fuerza.

$$P = \frac{F}{A}$$

En donde:

P= Presión

F= Fuerza

A= Área

4.3.1 SENSORES PARA LA MEDICION DE PRESION.

Los sensores utilizados para medir presión pueden clasificarse de la siguiente manera:

4.4 CLASIFICACIÓN DE LOS SENSORES.

Los sensores son dispositivos que convierten fuerzas ejercidas por fluidos en movimiento o en una señal eléctrica y que luego pueda ser cuantificada. Algunos transductores mecánicos sirven como elementos sensores en manómetros o transmisores.

Los sensores mecánicos utilizados para medir presión pueden clasificarse en:

- Manómetros de Presión absoluta
- Columnas de Líquidos
- Manómetro de Tubo en U
- Manómetro de Pozo
- Elementos Elásticos:
 - Tubos Bourdon:
 - EL tubo C
 - El tubo helicoidal
 - El tubo espiral
- Fuelles
- Diafragmas

4.4.1 SENSORES ELECTROMECAÑICOS PARA MEDICIÓN DE PRESIÓN

Una desventaja común que presenta los sensores mecánicos es el método utilizado para transmitir el movimiento del elemento de medición de presión a un indicador, tal como puntero o plumilla.

Los avances en la tecnología electrónica han dado la respuesta a este problema detectando eléctricamente el movimiento del elemento de medición de presión. El resultado de esto es, respuesta más rápida, menor desgaste e histéresis, mejor compensación de temperatura y una salida que es una señal eléctrica proporcional al movimiento del elemento de presión, Esta señal luego es amplificada y acondicionada para que reúnan los requerimiento del sistema de control.

La mayoría de los sensores electromecánicos de presión incorporan uno de los elementos primarios de medición de presión. El cual transforma la energía del proceso en una señal eléctrica, a partir de un movimiento mecánico, hace que estos elementos se les den el nombre de transductores.

A continuación se presenta la clasificación de los diferentes tipos de transductores:

- Transductores de Presión Resistivos

- Transductores de Presión Capacitivos
- Transductores de Presión Magnéticos
- Transductores de Inductancia Variable
- Transductores de Reluctancia Variable
- Transductores de Presión Piezoeléctricos.

4.4.2 INTERRUPTORES DE PRESIÓN

Los interruptores de presión se utilizan para energizar o desenergizar circuitos eléctricos en sistemas de alarmas, para realizar funciones de control, o ajustes de presión.

Están sujetos a las mismas consideraciones de diseño que los instrumentos para medición o transmisión de presión, existen dos tipos mecánicos y electrónicos.

- **Interruptores de presión electrónicos:**
Los interruptores de presión electrónicos activan cambios de estado de conmutación con ayuda de interruptores semiconductores electrónicos, los cuales procesan las señales del sensor más delicadas. Están disponibles en versión monocanal y bicanal. Los puntos de conmutación y la histéresis se pueden ajustar. Se pueden realizar funciones especiales como reguladores de 2 puntos o ventanas de conmutación.
- **Interruptores de presión mecánicos**
En los interruptores de presión mecánicos, se transfiere el cambio de forma o posición de una membrana de conmutación, resorte de tubo o un émbolo de presión en uno o varios microinterruptores que están integrados en la carcasa y que asumen el proceso real de conmutación; la histéresis de conmutación es fija o ajustable.

4.4.3 TRANSMISORES DE PRESIÓN

Son instrumentos o dispositivos que interpretan fenómenos físicos y los traducen en señales de ingeniería, utilizando diferentes tecnologías de comunicación con otros instrumentos o directamente con un controlador que dependiendo la necesidad del proceso actúa sobre una válvula u otro elemento de control para asegurar la confiabilidad del proceso.

4.4.3.1 TRANSMISIÓN NEUMÁTICA

El funcionamiento de estos transmisores se basa en producir un movimiento proporcional a la presión, el cual puede ser utilizado para mover el dial de un indicador, la plumilla de un registro o interruptores eléctricos sencillos. Este mismo

movimiento puede ser transformado en una señal de 3 – 15 psi para transmisión remota y los componentes básicos son:

- Elemento primario de medición
- Sistema Tobera-Obturador
- Amplificador neumático

4.4.3.2 TRANSMISIÓN ELECTRÓNICA

Este tipo de transmisores está basado en un transductor capacitivo. La presión del proceso se transmite a través de diafragmas separadores y un fluido de sello a un diafragma sensor en el centro de la celda. El diafragma sensor se defleca en respuesta a la diferencia a través de él.

El desplazamiento del diafragma es proporcional a la diferencia de presión. La diferencia en capacitancia entre el diafragma sensor y las placas del capacitor se convierten electrónicamente en una señal de 4-20 mA de dc o 10-15 mA de dc.

Los beneficios que se tienen en este tipo de control son: mayor precisión, mejora el proceso, eliminación de parte del consumo de aire entre otros.

4.4.3.3 TRANSMISORES INTELIGENTES

Hasta hace poco, los transductores y transmisores había sido de tipo analógico, convirtiendo movimientos mecánicos y cambios en propiedades eléctricas en señales normalizadas de 3-15 PSI. O 4-20 mA DC. Un nuevo tipo de transmisores, basado en microprocesadores, ofrece una mayor capacidad y confiabilidad que sus antecesores.

El microprocesador incorporado en el transmisor mejora la precisión y la capacidad de comunicación. La exactitud total es mejorada eliminando las fuentes principales de error en transductor; como lo son aquellas debido a los cambios de temperatura y presión estática. Con el poder del microprocesador es posible ahora medir los efectos de la temperatura y la presión estática sobre cada sensor, individualmente. Esto caracteriza a cada sensor utilizando formulas complejas. El resultado es que se obtiene una exactitud aproximada de 0.1 %, comparada con 0.3 % para transmisores analógicos. Este tipo de transmisores ofrece además un modo de comunicación digital. Otra de las ventajas de este tipo de transmisores, es la posibilidad de poder verificar a distancia la calibración del transmisor, ajustar el cero y cambiar la calibración, utilizando un dispositivo conectado a los dos cables de transmisión de señal.

Transmisor de presión Rosemount 3051

PROTOCOLOS HART® Y FOUNDATION™ FIELDBUS

- El mejor rendimiento de su tipo, opción de alta exactitud de 0,04%
- Mejor estabilidad de la industria después de cinco años bajo las condiciones actuales de proceso
- Rendimiento dinámico único
- La plataforma Coplanar™ permite soluciones de presión, flujo y nivel integradas
- Funcionalidad avanzada de PlantWeb®

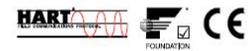


Figura 3 Transmisor Indicador de Presión

4.4.3.4 TRANSMISOR DE 4 – 20 MA

En la industria se utilizan este tipo de transmisores que son los encargados de proveer la corriente DC en este rango y de comunicar la información análoga sobre pares de alambres.

Convierten la señal de proceso a señal eléctrica, el valor análogo es representado por una corriente continua que va de 4 mA para un nivel cero de la señal, a 20 mA pa un nivel completo de la señal. El limite más bajo, 4 mA asegura que la corriente del lazo este siempre disponible aun para el caso de cero valor de la variable medida..

Las razones principales de este tipo de transmisor son las siguientes:

- Inmunidad al ruido
- Detección fácil de falla de rotura de lazo
- Capaz de proveer energía al transductor
- Inmunes a las caídas de voltaje debido a las conexiones pobres.

4.5 MEDICION DE NIVEL

En cualquier industria la variable nivel es muy utilizada para medir la cantidad de producto o materia prima que se tiene almacenada y de aporte a cualquier tipo de proceso. Para medición de nivel existen varios instrumentos que con diferentes métodos entregan valores exactos de líquidos, sólidos y otros contenidos en vasijas, tanques, piscinas etc.

Rosemount 5400 Series Two-Wire Radar Level Transmitter



Figura 4 Transmisor Indicador de Nivel

4.5.1 TIPOS DE INSTRUMENTOS PARA MEDICIÓN DE NIVEL

Existen dos métodos para realizar la medición del nivel:

- Métodos directos
- Métodos Indirectos

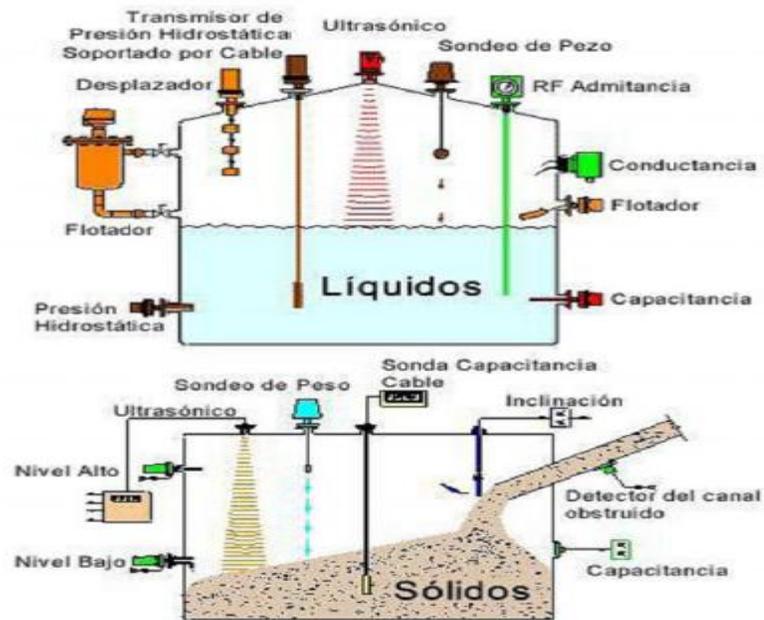


Figura 5 Tipos de Medición de Nivel

4.5.1.1 MEDICIÓN DIRECTA DE NIVEL

Este método emplea propiedades físicas como el burbujeo, luidos en movimiento y flotación. Para medir directamente el nivel se supervisa la posición de la interface visualmente a través de un vidrio o flotadores. No se requieren compensadoras de temperatura y presentan siempre el nivel real de la interface. El nivel es simplemente la altura, en forma directa, solo muestra la interface real.

4.5.1.2 MEDICIÓN INDIRECTA DE NIVEL

La medición indirecta conlleva conversiones de medidas como presión a nivel. Las sustancias poseen peso y ejercen una fuerza, que se puede medir sobre un área determinada. Determinando la presión y conociendo la densidad del fluido se puede determinar la altura, utilizando la siguiente fórmula:

$$P = A * D$$

Donde:

P= Presión

D= Densidad

A= Altura de nivel

La temperatura puede afectar la exactitud de la medición de nivel indirecta. Una sustancia puede expandirse o contraerse, por los cambios de temperatura.

4.5.2 TÉCNICAS VISUALES

Las técnicas visuales para medición de nivel son las más antiguas y simples. No tienen partes móviles, por lo tanto no están sujetas a fallas mecánicas.

Los transmisores de presión manométrica o diferencial, utilizados para medir el nivel de líquido, miden la presión hidrostática. Esta presión es igual a la altura del líquido sobre la conexión o toma, multiplicada por la gravedad específica del líquido y es independiente del volumen o forma del recipiente.

4.5.3 DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS PARA MEDICIÓN DE NIVEL

Las técnicas electrónicas o los dispositivos electrónicos para medición de nivel están basados en los principios de capacitancia, conductividad y resistencia.

Estos principios pueden ser aplicados para nivel de líquidos o sólidos. La selección del principio de medición depende del medio a ser medido, de las condiciones de operación, de la configuración del avance y del tipo de funcionamiento requerido.

4.5.3.1 SENSOR DE NIVEL TIPO CAPACITIVO

La base de este método de medición radica en las características físicas de un condensador. La capacitancia de un condensador depende de la separación “d” entre los electrodos o placas de superficie “A” y de la constante dieléctrica del material entre las placas “E”.

$$C = \frac{A * E}{d}$$

En donde:

d= Separación entre los electrodos o placas

A= Área

E= Constante dieléctrica del material entre las placas

El condensador que generalmente se utiliza en la medición de nivel está formado por el tanque y una sonda situada en su interior. En este caso, los dos electrodos constituyen la sonda y las paredes del recipiente. La separación de los electrodos y su superficie permanece constante, lo único que cambia es la constante dieléctrica del material. El aire o el vacío tienen una constante dieléctrica diferente a la del material en el recipiente. La capacidad del condensador depende de la cantidad del material entre la sonda y las paredes del recipiente o sea, de la altura del nivel. Esta capacidad se mide aplicando a los dos electrodos una tensión de frecuencia elevada y constante.

La corriente que pasa por el condensador es proporcional a su capacidad. Esta corriente se transforma en una señal de corriente continua proporcional al nivel que puede utilizarse como una indicación del nivel o para señal un valor diferente.

Los sensores de nivel capacitivos se emplean para medición continua de nivel, tanto de líquidos como de sólidos, conductores eléctricos o no conductores.

4.5.3.2 SENSOR DE NIVEL TIPO CONDUCTIVO

Este tipo de sensores pueden ser empleados para detección del límite de nivel. Su aplicación está limitada a líquidos altamente conductores tales como materiales a base de agua. El sistema consiste en instalar en el tanque electrodos verticalmente en los puntos de detección de nivel, aislados eléctricamente del tanque y alimentados con una fuente de bajo voltaje. Cuando el líquido en el recipiente se pone en contacto con el electrodo, fluye una corriente de bajo voltaje entre la pared del tanque y los electrodos.

Este flujo de corriente es utilizado para operar un dispositivo. Los sensores de nivel tipo conductivo pueden aplicarse para medir nivel de interface entre los líquidos, uno de los cuales deben ser conductor y el otro no.

4.5.3.3 SENSORES DE NIVEL TIPO FOTOELÉCTRICO

La detección del nivel está basada en el cambio de refracción que ocurre cuando el extremo cónico de un conductor lumínico de cuarzo es sumergido en el líquido. Una luz infrarroja desde un diodo emisor de luz pasa a través de un conductor de luz y es reflejada por su extremo cónico si está rodeado de aire, gas o vapor. La luz es reflejada por un fototransistor. Cuando el conductor de luz es sumergido en el líquido, la refracción en el extremo cambia y la luz es dispersada en el líquido, de esta forma el fotoreceptor no recibe la luz produciéndose un cambio en la resistencia del circuito, la cual es utilizada para dar una señal de nivel.

Estos sensores son capaces de operar en casi todos los líquidos; la medición no es afectada por cambios en la viscosidad, densidad, conductividad o color.

4.6 TRANSMISORES DE TEMPERATURA

La toma de temperatura se realiza por medio de RTD's que muestran la variación de la temperatura en resistencia (ohmios), también se tiene las Termocuplas que nos presentan la variación de la temperatura en milivoltios, este voltaje es llevado al transmisor para hacer un arreglo y llevarlo al control en dimensiones de temperatura Fahrenheit o Celsius dependiendo el proceso.

Rosemount 644 Temperature Transmitter

- *Communicates easily using either 4-20 mA/HART® or FOUNDATION™ fieldbus protocol*
- *Meets NAMUR NE 21 recommendation ensuring reliable transmitter performance for head mount products*
- *The Transmitter-Sensor Matching feature improves temperature measurement accuracy by up to 75% when compared to unmatched assemblies*
- *The integral LCD Display conveniently displays the primary sensor input, and diagnostics of the transmitter*
- *An installation-ready solution that provides a variety of mounting options, transmitter configurations, and sensors/thermowells*



Figura 6 Transmisor Indicador de Temperatura

4.7 SISTEMAS DE CONTROL

Un sistema de control es un tipo de sistema que se caracteriza por la presencia de una serie de elementos que permiten influir en el funcionamiento del sistema. La finalidad de un sistema de control es conseguir, mediante la manipulación de las variables de control, un dominio sobre las variables de salida, de modo que estas alcancen unos valores deseados de acuerdo al diseño y proceso que se esté controlando.

4.7.1 CONTROLANDO EL PROCESO

Al llevar a cabo la función de control, el controlador automático usa la diferencia entre el valor de consigna y las señales de medición para obtener la señal de salida hacia la válvula. La precisión y capacidad de respuesta de estas señales es la limitación básica en la habilidad del controlador para controlar correctamente la medición. El transmisor no envía una señal precisa, o si existe un retraso en la medición de la señal, la habilidad del controlador para manipular el proceso será degradada. Al mismo tiempo, el controlador debe recibir una señal de valor de consigna precisa (set-point).

En controladores que usan señales de valor de consigna neumática o electrónica generadas dentro el controlador, una falla de calibración del transmisor de valor de consigna resultara necesariamente en que la unidad de control automático llevará a la medición un valor erróneo. La habilidad del controlador para posicionar correctamente la válvula es también otra limitación. Si existe fricción en la válvula, el controlador puede no estar en condiciones de mover la misma a una posición de

vástago específica para producir un caudal determinado y esto aparecerá como una diferencia entre la medición y el valor de consigna.

Para controlar el proceso, el cambio de salida del controlador debe estar en una dirección que se oponga a cualquier cambio en el valor de medición. Como se puede observar en la FIG.7 una válvula conectada a un control de nivel en un tanque a media escala. A medida que el nivel del tanque se eleva, el flotador es accionado para reducir el caudal entrante, así, cuanto más alto sea el nivel del líquido mayor será el cierre del ingreso de caudal. De la misma manera, a medida que el nivel cae, el flotante abrirá la válvula para agregar más líquido al tanque.

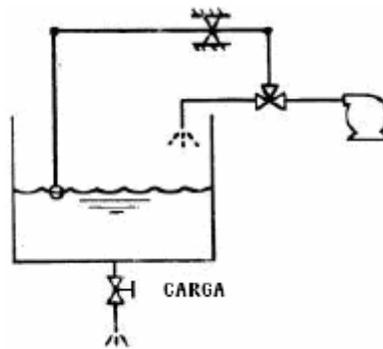


Figura 7 Acción de Control proporcional

La respuesta de este sistema es mostrado gráficamente a continuación.

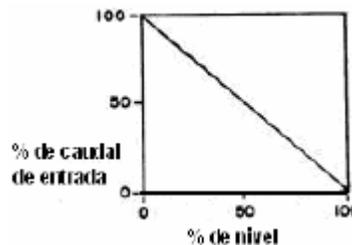


Figura 8 Respuesta de la Acción proporcional

A medida que el nivel va desde el 0% al 100%, la válvula se desplaza desde la apertura total hasta cerrarla totalmente. La función del controlador automático es producir este tipo de respuesta opuesta sobre rangos variables.

4.7.2 TIPOS DE RESPUESTAS DEL CONTROLADOR

Existen varios tipos de respuestas que pueden ser usadas para controlar un proceso, y son las siguientes:

- Control On/Off
- Control Proporcional
- Acción Integral
- Acción derivativa

4.7.2.1 CONTROL ON/OFF

La salida del controlador ON-OFF, o de dos posiciones, solo puede cambiar entre dos valores al igual que dos estados de un interruptor. El controlador no tiene la capacidad para producir un valor exacto en la variable controlada para un valor de referencia dado pues el controlador produce una continua desviación del valor de referencia.

La acción del controlador de dos posiciones tiene un simple mecanismo de construcción, por esa razón este tipo de controladores es de los de más amplio uso, los controladores mecánicos de dos posiciones normalmente posee algo de histéresis, por el contrario los controladores electrónicos usualmente funcionan sin histéresis. El usar un controlador de acción de dos posiciones da como resultado una oscilación de la variable controlada.

4.6.2.2 CONTROL PROPORCIONAL

La respuesta proporcional es la base de los tres modos de control, si los otros dos, control integral y control derivativo están presentes, éstos son sumados a la respuesta proporcional. "Proporcional" significa que el cambio presente en la salida del controlador es algún múltiplo del porcentaje del cambio en la medición.

Este múltiplo es llamado "ganancia" del controlador. Para algunos controladores, la acción proporcional es ajustada por medio de tal ajuste de ganancia, mientras que para otros se usa una "banda proporcional". Ambos tienen los mismos propósitos y efecto.

4.7.2.3 CONTROL INTEGRAL

Cuando es necesario que no haya una diferencia de estado estable entre la medición y el valor de consigna bajo todas las condiciones de carga, una función adicional deberá ser agregada al controlador proporcional, esta función es llamada acción integral.

4.7.2.4 CONTROL DERIVATIVO

La tercera respuesta encontrada en controladores es la acción derivativa. Así como la respuesta proporcional responde al tamaño del error y el Integral responde al tamaño y duración del error, el modo derivativo responde a cuán rápido cambia el error.

4.7.3 CONCEPTO DE SINTONIZACIÓN

El controlador con realimentación es solo una pieza del equipo en el bucle completo, hay otros dispositivos del equipo conectados para establecer el equilibrio del bucle. Para propósitos de ajustes del controlador con realimentación, es conveniente y suficiente ver todo dentro del bucle con realimentación. Realmente esta es la manera en la que el controlador con realimentación ve el equilibrio

Básicamente, la situación del controlador representa el ajuste de los parámetros individuales en la ecuación que representa al controlador. Cuando se ajusta estos para la ecuación del controlador, se modifica la solución para el juego simultáneo.

4.7.3.1 SINTONIZACIÓN DE SISTEMAS DE CONTROL

La necesidad de un controlador es el de determinar los valores de la ganancia del controlador, el tiempo de reset y el tiempo derivativo. Los métodos de sintonización están basados en estudios experimentales de la respuesta al escalón de diferentes tipos de sistemas, razón por la cual los parámetros del controlador que se determinan utilizando estas metodologías podrían dar como resultado una respuesta medianamente indeseable. Es por ello que dichos parámetros se utilizan como punto de partida para la definitiva sintonización de los mismos, lo cual se realizará ajustándolos finamente de forma tal que se logre obtener la respuesta deseada.

4.7.4 CONTROLADOR

El controlador es la parte fundamental de todo el montaje de automatización de un proceso, ya que es el que concentra todas las señales de campo, las procesa y nuevamente retorna los comandos para ejercer el control de válvulas y actuadores donde se requiere. Para este proyecto se buscaron dos marcas de controladores que son bastante utilizados para este tipo de procesos y en la industria de Hidrocarburos, ya que son de alta confiabilidad en el control de plantas y procesos.

Se muestran los controladores de ABB y Delta V y sus características.

- **Controlador Delta V**



Figura 9 Controlador Delta V

Especificaciones Básicas	
Alimentación	+24 V DC (19.2-30 V DC)
Condiciones Ambientales	Industrial
Temperatura	+5 to +55°C (+41 to +131°F)
Humedad Relativa	5 to 95%, No-Condensación
Clase de Protección	IP20
Aprobaciones	CE-marked Meets EMC directive 89/336/EEC

Tabla 2 Especificaciones del Controlador Delta V

Características

- Su diseño está orientado a buses
- Tiene como buses nativos: Foundation Fieldbus, AS-i bus, Profibus DP, HART y DeviceNet, además de sus entradas/salidas básicas
- Soporta el estándar IEC 1804-3, o EDDL (Electronic Device Description Language), que permite que todos los parámetros de un dispositivo electrónico estén accesibles al sistema
- Puede configurarse para unas pocas entradas/salidas hasta más de 30.000
- Conectividad con otros sistemas utilizando OPC y XML

- Técnicas avanzadas de control, como son: control difuso (fuzzy), control con redes neuronales, control predictivo, sintonización de lazos PID o controles Fuzzy, detección de mal funcionamiento de lazos, control estadístico multivariable, optimizador de tiempo real, monitoreo de funcionamiento de equipos, simulación, y otros.
- **AC 800M CONTROLLER**



Figura 10 Controlador ABB

Especificaciones Básicas	
Alimentación	+24 V DC (19.2-30 V DC)
Condiciones Ambientales	Industrial
Temperatura	+5 to +55°C (+41 to +131°F)
Humedad Relativa	5 to 95%, No-Condensación
Clase de Protección	IP20
Aprobaciones	CE-marked Meets EMC directive 89/336/EEC

Tabla 3 Características controlador ABB

4.8 ACTUADORES

4.8.1 VÁLVULAS DE CONTROL

La operación de un sistema de control de bucle cerrado depende del buen funcionamiento de cada uno de los componentes del bucle, incluyendo el elemento final de control, bien sea si este es una bomba de velocidad variable, relé o una válvula.

Una válvula de control es el elemento final de control más usado para regular la alimentación de material o energía, a un proceso ajustando la abertura a través de la cual el material fluye comportándose como un orificio variable en una línea

Se espera que una válvula de control module en respuesta a una señal de control, para mantener la variable de un proceso estable, debido a la gran variedad de diseños de válvulas de control, hay una considerable flexibilidad en la selección de su tamaño.

Para definir una válvula de control, aplicaremos la definición de ISA, que es la sociedad que abaliza las normas, procedimientos y definiciones, que se refieren a los procesos industriales.

ISA define una válvula de control como: Un dispositivo operado por una fuerza, la cual modifica la rata de fluido, en un proceso o sistema de control. En sistemas automáticos de control la señal de salida del controlador actúa sobre la válvula a través de un actuador, el cual provee la potencia mecánica para operar la válvula de control.

En otras palabras, una válvula de control responde automáticamente a una retroalimentación desde el elemento que mide la variable, en el bucle de control de un proceso. La variable puede ser temperatura, presión, flujo o nivel. El elemento sensor envía una señal, directamente o a través de un control intermedio al actuador.

Algunas veces puede existir un mecanismo auxiliar tal como un posicionador, utilizando en conjunto con el actuador. El actuador de una válvula de control puede ser neumático o manual.

4.8.2 COMPONENTES DE UNA VÁLVULA DE CONTROL



Figura 11 Válvula de Control

Como puede observarse, una válvula de control está formada por dos partes principales que son: el actuador y el cuerpo de la válvula, el tapón de asiento y el vástago forman lo que se denomina como arreglo de la válvula.

Las dimensiones de la válvula están determinadas por el tamaño del cuerpo y de su correspondiente arreglo. El tamaño del cuerpo se especifica por las condiciones del proceso en el cual la válvula debe ser instalada. El diámetro del arreglo está determinado por las condiciones de operación de la válvula para manejar un determinado flujo.

4.8.3 ELECTROVÁLVULAS

Estas válvulas se utilizan cuando la señal proviene de un temporizador eléctrico, un final de carrera eléctrico, presostato o mandos moderados. En general, se elige el accionamiento eléctrico para mando con distancias extremadamente largas y cortos tiempos de conexión.

Las electroválvulas o válvulas electromagnéticas se dividen en válvulas de mando directo o indirecto. Las de mando directo solamente se utilizan para un diámetro de luz pequeña, puesto que para diámetros mayores los electroimanes necesarios resultarían demasiado grandes.

Las válvulas de control neumático son sistemas que bloquean, liberan o desvían el flujo de aire de un sistema neumático por medio de una señal que generalmente es de tipo eléctrico, razón por la cual también son denominados electroválvulas. Las válvulas eléctricas se clasifican según la cantidad de puertos de entrada y salida de aire, la cantidad de posiciones de control que poseen.

4.9 PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN EN LOS SISTEMAS DE CONTROL INDUSTRIAL

A principio de la década de los 90 empezó la efervescencia de una nueva modalidad de control industrial que dio origen a la comunicación de los componentes de control de procesos con el controlador central y que dejó atrás los esquemas tradicionales de alambrado. Así, con la necesidad de disponer de controladores con amplia conectividad, se dio el mayor avance del controlador programable con la proliferación de los protocolos abiertos de comunicación.

Un protocolo es abierto cuando ha sido ofrecido para su uso público. En un sistema abierto, los productos de distintos fabricantes deben contar con un hardware eléctricamente compatible, y deben tener un software capaz de entender y comunicarse con el mismo lenguaje de los otros dispositivos. Esto da a su vez la posibilidad de escoger entre diferentes fabricantes y productos, aumentando la eficacia del sistema.

Las redes abiertas ofrecen nuevas posibilidades por medio del uso de computadoras personales empleadas como controladores del sistema, como por ejemplo, la transferencia de datos a través de redes Internet, aprovechando una red de comunicaciones mundial con un protocolo e infraestructura instalada actualmente.

Pero a pesar del vertiginoso progreso en esta área, los buses de campo no han llegado a ser la solución total para todos los sistemas de control. Aun no es posible la integración total de los procesos de una planta debido a la necesidad de emplear redes distintas, que aunque son compatibles entre sí, usualmente requieren controladores separados.

4.9.1 REDES DE CONTROL INDUSTRIAL

Actualmente, para el control industrial, se encuentran los buses de datos en dispositivos de campo, tales como sensores, actuadores, arrancadores, reguladores de frecuencia, válvulas, entre otros. Con los buses de campo se elimina el alambrado directo de los equipos de control de proceso al controlador, ya que la comunicación se realiza en el formato de un mensaje serial.

4.9.2 COMPONENTES FÍSICOS DE UNA RED

Por lo general, las redes de control se basan en un microprocesador que es el encargado de realizar una secuencia algorítmica. Dependiendo de su función, este envía, a través de la red, los comandos que deben ser ejecutados por los diferentes elementos del sistema.

El cable por utilizar es de gran importancia y depende del tipo de red. Este contiene conductores para la transmisión de las señales de información y en algunos casos hasta de alimentación, según el tipo de protocolo en uso, parámetro que también especificará las sendas o “resistencias de fin de línea” que debe tener cada hilo conductor en los extremos de la red, para balancear y ajustar su impedancia. Otros elementos usados en una red para extender la longitud de esta son: repetidores, puentes de enlace, enrutadores e interfaces de redes.

4.9.3 TRANSMISIÓN DE SEÑALES EN EL BUS DE CAMPO

La transmisión de datos es una secuencia de señales binarias originadas por uno de los nodos de la red, y recibidos por uno o más de los nodos receptores. El protocolo define el formato del mensaje que contiene información como el número del nodo transmisor y receptor, tiempo de permanencia del mensaje, banderas operacionales, tamaño, contenido del mensaje, entre otros. En general, el protocolo descifra el significado del tren de pulsos leído del bus serial.

4.9.4 PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN MÁS UTILIZADOS CON PLCS

Con el gran desarrollo en el área de los sistemas de control industrial y los protocolos de comunicación en los años 90, surgieron gran cantidad de protocolos abiertos de buses de campo. Aunque actualmente se utiliza una diversidad de protocolos de comunicación, los más importantes en el área de procesos, son HART, Modbus, DeviceNet, Profibus-PA, Foundation Fieldbus y ControlNet.

4.9.4.1 HART

El protocolo HART (Highway Addressable Remote Transducer) fue introducido en 1986 por Rosemount (Universidad de Alcalá) para aprovechar las ventajas de la comunicación a través del bus de campo pero sin renunciar bruscamente a las comunicaciones analógicas tradicionales. Este protocolo preserva la señal analógica pero le superpone una señal digital de dos vías, de manera que la señal de proceso

se transmite a través de una señal analógica, mientras que la información adicional como lo son: parámetros, calibración, rangos de datos, información del producto, datos de diagnóstico, entre otras, se transmite simultáneamente a través de la línea digital. HART se basa en el estándar Bell 202. HART es el más ampliamente usado de los protocolos de comunicación digital en las industrias de proceso, con más de ocho millones de instrumentos de campo HART instalados en más de 100,000 plantas alrededor del mundo.

4.8.4.2 PROFIBUS

Profibus (Process Field Bus) es un protocolo para un bus de campo digital desarrollado por el Ministerio Federal de Investigación y Tecnología de Alemania y 18 empresas alemanas, que se encuentra presente en multitud de plantas alrededor del mundo.

Profibus ofrece 3 variantes que se adaptan a necesidades concretas de comunicación en planta:

- Profibus-FMS (Fieldbus Message Specification) que se utiliza para la comunicación entre células de proceso y equipos de automatización el cual está perdiendo relevancia en los últimos tiempos.
- Profibus-DP (Decentralized Periphery) que se emplea en la comunicación de sensores y actuadores con PLC y terminales; su fortaleza está en las aplicaciones de control discreto como por ejemplo, el arranque de motores.
- Profibus-PA (Process Automation) que se usa para control de procesos y cumple normas especiales de seguridad para la industria química, es decir, lo que se conoce como seguridad intrínseca.

Profibus tiene una alta difusión en Europa y cuenta con un mercado importante en América y Asia.

4.9.4.3 FOUNDATION FIELDBUS

Foundation Fieldbus es un protocolo que persigue la estandarización de los protocolos de comunicación digital, al menos esa fue la idea de la organización Fieldbus Foundation, creada en 1994 para desarrollar un bus de campo universal. Sin embargo, aunque el número de usuarios del pretendido estándar se ha incrementado en los últimos años, los resultados obtenidos hasta el momento distan grandemente de lo esperado. Foundation Fieldbus es un protocolo de comunicación digital bidireccional. Está orientado principalmente a las industrias de procesos continuos.

A diferencia de HART, que se aplica solo a los dispositivos de campo, Fieldbus se extiende al DCS (Distributed Control System). Fieldbus nació como una idea “conéctelo y úselo”: permite conectar equipos sin necesidad de una configuración

previa en la red. Fieldbus admite la conexión de hasta 32 dispositivos a un único par de cables en contraposición con los sistemas DCS convencionales que requieren que cada dispositivo se conecte a un par de cables. Esto reduce los requerimientos de cableado y accesorios para equipo de control. Fieldbus facilita el mantenimiento puesto que los dispositivos Foundation Fieldbus tienen la capacidad de realizar su propio autodiagnóstico y pueden determinar el estado de su medición de salida y alertar al sistema de control sobre problemas de dispositivos; asimismo, tienen la capacidad de analizar las señales ruidosas filtradas en un proceso y utilizar la información obtenida para detectar problemas de proceso y dispositivos (Scout y Felts, 2004).

Como ya se mencionó, la interoperabilidad es otra de las ventajas que proporcionan los sistemas Fieldbus; un instrumento que es certificado Fieldbus puede ser conectado y utilizado en cualquier sistema Fieldbus, sin importar el fabricante. Los dispositivos Fieldbus pueden operar bajo condiciones de seguridad intrínseca. Debido a que la comunicación entre los diferentes protocolos no es posible, se desarrolló OPC (OLE for Process Control) basado en la tecnología de objetos de Microsoft, que permite la comunicación horizontal y vertical entre los diferentes protocolos. OPC es un estándar abierto que permite intercambiar datos entre dispositivos de campo y aplicaciones de computadora de diferentes fabricantes.

4.9.4.4 MODBUS

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; industrialmente es el que goza de mayor disponibilidad para la conexión de dispositivos electrónicos industriales. Las razones por las cuales se usa Modbus como protocolo de comunicaciones son:

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

Modbus permite el control de una red de dispositivos, por ejemplo un sistema de medida de temperatura y humedad, y comunicar los resultados a un ordenador. Modbus también se usa para la conexión de un ordenador de supervisión con una unidad remota (RTU) en sistemas de supervisión adquisición de datos (SCADA). Existen versiones del protocolo Modbus para puerto serie y Ethernet (Modbus/TCP).

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

Modbus Plus (Modbus+ o MB+) es una versión extendida del protocolo que es de Modicon. Dada la naturaleza de la red, necesita un coprocesador dedicado para su control con una velocidad de 1 Mbit/s en un par trenzado.

Cada dispositivo de la red Modbus posee una dirección única. Cualquier dispositivo puede enviar órdenes Modbus, aunque lo habitual es permitirlo solo a un dispositivo maestro. Cada comando Modbus contiene la dirección del dispositivo destinatario de la orden. Todos los dispositivos reciben la trama pero únicamente el destinatario la ejecuta (salvo un modo especial denominado "Broadcast"). Cada uno de los mensajes incluye información redundante que asegura su integridad en la recepción. Los comandos básicos Modbus permiten controlar un dispositivo RTU para modificar el valor de alguno de sus registros o bien solicitar el contenido de dichos registros.

Existe gran cantidad de "modems" que aceptan el protocolo Modbus. Algunos están específicamente diseñados para funcionar con este protocolo. Hay implementaciones para conexión por cable, sin cable (wireless), SMS o GPRS. La mayoría de problemas presentados por este protocolo hacen referencia a la latencia y a la sincronización.

4.9.4.5 DEVICENET

La red de comunicación DeviceNet proporciona una conexión de menor costo que el cableado punto a punto tradicional, para dispositivos industriales simples, además de que es una red abierta y flexible que tiene lo siguiente:

- Acceso a dispositivos complejos y simples de varios proveedores
- Capacidad de comunicación productor/consumidor y maestro/esclavo.

La red DeviceNet se ha diseñado para que suministre los servicios básicos requeridos por los sistemas de control actuales, basados en dispositivos inteligentes como el transporte de datos en tiempo real, orientados al control que usa mensajes de entrada/salida y el transporte de información de baja prioridad como parámetros de configuración, datos para localización y corrección de fallos menores. Las velocidades de esta red están alrededor de los 500 kbps a 100 m, 250 kbps a 200 m y 125 Kbps a 500 m.

Las ventajas de DeviceNet radican en que otros proveedores no necesitan comprar hardware, software o derechos de licencia para conectar dispositivos a la red DeviceNet, además reduce costos de mantenimiento ya que la red brinda mensajes explícitos de tipos de errores y su localización y los dispositivos pueden reemplazarse sin desactivar la red o interferir con otros dispositivos. Por otra parte, este permite la obtención de datos adicionales del proceso y de los equipos, "sensores discretos inteligentes", entre otras ventajas.

4.9.4.6 CONTROLNET

La tecnología ControlNet fue originalmente desarrollada por Rockwell Automation en 1995, con el objetivo de mantenerse a la vanguardia en las actuales tendencias tecnológicas. Las especificaciones y protocolo de la red son abiertos. Con más de medio millón de nodos instalados, ControlNet es actualmente la red de control de más rápido crecimiento en el mundo.

ControlNet proporciona ancho de banda para Entrada/Salida, enclavamiento en tiempo real, mensajes entre dispositivos similares y programación en el mismo vínculo. Su naturaleza determinista ayuda a asegurar el envío de los datos. Su rendimiento repetible no cambia cuando se añaden o eliminan dispositivos de la red.

Asimismo, proporciona eficiencia ya que los datos se producen una sola vez independientemente del número de consumidores, y una sincronización precisa puesto que los datos llegan a todos los nodos simultáneamente.

Se puede programar controladores programables PLC y configurar dispositivos al momento del inicio.

Los componentes del cableado ControlNet proporcionan flexibilidad en el diseño de una red de comunicación para un uso concreto. Una red ControlNet típica consta de uno o más de los siguientes componentes: cables troncales, tomas, repetidores, terminaciones y puentes.

El cable troncal ControlNet es el bus o parte central del sistema. Puede usarse el cableado coaxial o de fibra. La decisión se basa en los factores ambientales asociados con el servicio y el lugar de instalación.

También hay varios tipos de cables de uso especial que pueden utilizarse, dependiendo del ambiente de instalación del cable. Un conector de cable BNC conecta las secciones de cable troncal a las tomas. Esto produce un nodo en la red.

Las terminaciones se colocan en la toma, a cada extremo de un segmento de cable. Los repetidores se usan para aumentar el número de tomas, para extender la longitud total del segmento o para crear una configuración de anillo, estrella o árbol (flujo del cable en múltiples direcciones desde un punto). El número de repetidores y la longitud total del cable dependen de la topología de la red.

5.0 DESARROLLO DEL PROYECTO

En la actualidad el funcionamiento de determinadas plantas de abastecimiento de combustible para aeronaves en diferentes aeropuertos y pistas del país se realiza completamente mecánico, desde la llegada del combustible en el carro cisterna y el posterior bombeo de éste a través tubería con la apertura o cierre de las válvulas de manera manual, en la línea de flujo pasa por los filtros de Arcilla y Filtro separador donde se limpia de impurezas que puede haber adquirido el fluido en el transporte y

descarga. Continúa para el tanque de recibo, el cual tiene una capacidad de 5.300 galones, donde se realiza la medición del nivel de combustible a través de una varilla con plomada, lo cual obliga al operador a subirse al tanque a realizar dicho procedimiento.

Alternadamente se bloquean las válvulas de entrada del tanque de recibo, las válvulas de entrada y salida del tanque despacho, las válvulas de salida del tanque de captación y se abren las válvulas de salida del tanque de recibo, para que el combustible sea bombeado por una presión aproximada de 30 psi en dirección a los filtros y al tanque de captación con sus válvulas de entrada desbloqueadas, este tiene una capacidad de 5.000 galones; al llenarse es medido visualmente con la varilla y la plomada.

Seguidamente son bloqueadas las válvulas de entrada y salida del tanque de recibido así como las válvulas de entrada del tanque de captación para continuar con apertura de las válvulas de salida del tanque de captación en la que el combustible sale a la misma presión obtenía por la única bomba que posee la planta a través de las líneas de red hasta los filtros y al tanque de Despacho, que tienen una capacidad de 5.300 galones. Este tanque de Despacho también es medido visualmente igual que los tanques de recibido y captación.

El combustible es bombeado del tanque de Despacho hacia el gabinete pasando por los filtros separadores a una presión aproximada de 25 psi. Este proceso representa en muchas ocasiones perdidas en diferentes puntos del proceso de recepción, almacenamiento y posterior despacho del combustible.

Lo que se plantea es la opción de automatizar dicho proceso para superar las falencias y desventajas de la operación de una planta en forma mecánica. La automatización ofrece las bondades de eficiencia y mejoras de los procesos, ya que por medio de instrumentos de medida de las diferentes variables que se encuentran en el proceso podemos tener supervisión y control del mismo, reduciendo costos en pérdida de materia prima y personal de operación de la planta.

5.1 CRITERIOS DE SELECCIÓN DE LA INSTRUMENTACIÓN

Para realizar una correcta selección de los instrumentos que se deben utilizar en la automatización de una planta de abastecimiento de combustible para aeronaves, se deben tener en cuenta varios aspectos, que son de gran importancia para la seguridad y confiabilidad de la operación. Como primera medida sabemos que el producto a utilizar es combustible y que es altamente inflamable, lo cual lo hace muy peligroso en el momento de tener agentes externos o elementos que nos puedan generar combustión y una posible explosión e incendio de la planta.

De acuerdo a todo lo anteriormente nombrado, debemos tener en cuenta que los sensores e instrumentos a utilizar, tienen que tener un mínimo nivel de seguridad intrínseca o barreras de protección, para garantizar la integridad de personas y equipos en caso de una emergencia se mitiga al máximo el riesgo de incendio o explosión.

En el desarrollo de nuestro trabajo no se realiza un detalle de este tema, ya que el alcance del mismo no lo contempla, pero se tienen las pautas básicas para la selección de la instrumentación de acuerdo a las áreas de instalación y operación.

Para definir el tipo de instrumentación y realizar la selección adecuada debemos remitirnos a las normas internacionales que rigen las instalaciones de plantas y atmosferas donde presenten peligros en mezclas de sustancias, gases y materiales con chispas o sistemas de ignición que pueden ser detonantes para un incendio o explosión. En este caso nos referimos a las normas ⁽²⁾NFPA 70, NFPA 497, las cuales nos describen el código eléctrico y sus características en todas las instalaciones de motores, cableado, elementos electrónicos etc, que pueden estar expuestos a zonas de presencia de combustibles, gases y vapores que puedan tener una reacción peligrosa al mezclarse con chispas generadas por los equipos. La norma NFPA 497 nos clasifica los gases, vapores y líquidos inflamables presentes en procesos químicos e instalaciones eléctricas, todas las precauciones y recomendaciones a seguir para tener una planta segura y libre de atmosferas explosivas y peligrosas.

De acuerdo a todo lo anterior se determina que las hojas de datos de toda la instrumentación a requerir, para realizar la automatización de la planta de abastecimiento de combustible para aeronaves, debe cumplir las siguientes características:

- Clase 1: Áreas donde gases inflamables, vapor o líquidos están presentes.
- Grupo D: Acetona, butano, gas natural y fuel oil (combustibles)
- División 1: (probabilidad de atmosfera riesgosa) Áreas donde existen concentraciones inflamables bajo condiciones de operación normales o tienen alta probabilidad de presencia.

5.2 Características Instrumentos de la planta

TAG Instrumento	Rango de operación	Servicio	Alarma Bajo-Bajo	Alarma Alto-Alto
PIT-001A	0-25 PSI	Succión Bomba P-001	15psi	23psi
PIT-001B	0-35 PSI	Descarga P-001	16psi	33psi
FIT-301	0-200gpm	Medición Flujo en planta	20gpm	180gpm
PCV-301	Válvula %	Control presión antes de tanques	-	-
LIT-401	0-5mts	Nivel TK-400	70cm	460cm
LSH-401	-	Switch de protección por alto nivel TK-400	-	470cm
LSL-401	-	Switch de protección por bajo nivel TK-500	50cm	-
TIT-401	0-100°C	Temperatura en TK-400	-	90°C
PIT-401	0-30psi	Presión en TK-400	-	28psi
PSV-401	0-60psi	Alivio presión y vacío TK-400	-	50psi
SV-401	ON/OFF	Flujo a tanque TK-400	-	-

LIT-501	0-5mts	Nivel TK-500	70cm	460cm
LSH-501	-	Switch de protección por alto nivel TK-500	-	470cm
LSL-501	-	Switch de protección por bajo nivel TK-500	50cm	-
TIT-501	0-100°C	Temperatura en TK-500	-	90°C
PIT-501	0-30psi	Presión en TK-500	-	28psi
PSV-501	0-60psi	Alivio presión y vacío TK-500	-	50psi
SV-501	ON/OFF	Flujo a tanque TK-500	-	-
LIT-601	0-5mts	Nivel TK-600	70cm	460cm
LSH-601	-	Switch de protección por alto nivel TK-600	-	470cm
LSL-601	-	Switch de protección por bajo nivel TK-600	50cm	-
TIT-601	0-100°C	Temperatura en TK-600	-	90°C
PIT-601	0-30psi	Presión en TK-400	-	28psi
PSV-601	0-60psi	Alivio presión y vacío TK-400	-	50psi
SV-601	ON/OFF	Flujo a tanque TK-600	-	-
SV-801A	ON/OFF	Flujo a gabinete despacho	-	-
SV-801B	ON/OFF	Flujo a gabinete despacho	-	-
SV-701	ON/OFF	Permite flujo al foso drenaje	-	-

Tabla 4 Características Instrumentos Seleccionados

5.3 MEJORAS EN EL PROCESO MECANICO CON LA INSTRUMENTACION INSTALADA

La operación de la planta de abastecimiento de combustible para aeronaves teniendo un funcionamiento completamente mecánico, posee varias falencias que no permiten el mejor desempeño de la misma y a su vez genera mayores costos en mantenimiento y confiabilidad en el producto recibido.

5.3.1 Funcionamiento Mecánico

El recibo del combustible se realiza por medio de la válvula principal de entrada a la planta, que se abre para permitir el ingreso de flujo de producto al cabezal de la bomba de succión de la planta. Por medio de un arreglo de válvulas de globo los operadores pueden decidir hacia que tanque dirigen el producto, que a su vez deben confiar en el dato que le entrega el carro cisterna ya que no se tiene un sistema de medición combustible, lo cual puede ocasionar diferencias en lo almacenado con lo entregado, generando así pérdidas y desconfianza en la operación de la planta. La medición del nivel en los tanques de recibo, captación y

despacho se realiza con una varilla y una plomada, cuyo procedimiento es que el operador debe subir al techo del tanque, abrir mirilla de toma de nivel, introducir plomada y tomar la lectura visual, la cual puede ser errónea en algunos casos donde el operador no verifica exactamente el nivel y puede equivocarse generando datos errados, adicionalmente analizando el caso desde la parte de seguridad para el operador, este estará expuesto a caída del tanque, vértigo en alturas etc, que se traduce en riesgos y pérdidas para el proceso y para la empresa operadora del sistema.

Por otra parte la planta no posee seguridad en el proceso, ya que no se tiene un sistema que alerte y mitigue un incidente debido a incrementos en presión en líneas y tanques, temperatura, rebose de tanques por exceso de producto. La propuesta que se realiza en este trabajo es de suplir todas estas falencias nombradas anteriormente y definir un proceso estable y seguro de cualquier anomalía que se pueda presentar en el mismo, salvaguardando la integridad de personal operativo, equipos y elementos de la planta. También se brinda la posibilidad de realizar paradas de planta efectivas, teniendo certeza del producto que se tiene y ejecutando rutinas de mantenimiento preventivo a instrumentos y válvulas, para garantizar su vida útil y eficiencia en el trabajo diario.

5.3.2 Funcionamiento con Instrumentación Asociada al Proceso

Tener un monitoreo y supervisión de un proceso es muy importante a la hora de operar una planta de abastecimiento de combustible para aeronaves, ya que no solo se tiene la obligación de entregar el producto a tiempo cuando se requiere abastecer aeronaves, sino que también garantizar la seguridad y confiabilidad en el proceso del mismo. Para ello se planteo en este trabajo realizar el diseño y selección de la instrumentación adecuada para tener la información exacta y precisa de las variables que comandan este proceso, que a su vez entregan los datos tomados en campo y se transmiten hacia el cuarto de control donde el operador de la planta supervisa el proceso, de acuerdo a un entrenamiento previo basándose en la filosofía de funcionamiento y control de la planta.

En la entrada de combustible a la planta se adiciona un filtro para atrapar impurezas y residuos que pueden estar en el carro tanque, que pueden ocasionar daños en la instrumentación y mala operación en válvulas. En el funcionamiento mecánico no existían protecciones para la bomba de transferencia del combustible a toda la planta, se diseñó tener dos transmisores de presión para garantizar que la bomba no entre en cavitación por baja presión en la succión y alta presión en la descarga ocasionando sobrepresión la tubería de descarga, en tuberías de proceso y recipientes de la planta. Su funcionamiento se determina con unos niveles de alarma de baja presión en el PT-001A y alta presión en el PT-001B, alertando al operador que debe tener precaución con el trabajo de la bomba y que debe llevarla a disminución de revoluciones por minuto o apagado total de la misma.

Al pasar producto por los filtros de separación y arcilla se tiene el medidor de flujo FIT-301 tipo vortex, para tener una medida exacta de cuanto combustible ingreso a la planta desde el carro tanque, y así poder comparar el dato entregado por el

suministro y lo que entra a la planta. La información de este transmisor de flujo se puede tener como un monitoreo constante para tener exactitud en la medida exacta que están recibiendo y lo que están entregando a las aeronaves en su abastecimiento en el gabinete de despacho.

Se incluyó una válvula de control proporcional de presión, que por medio de un lazo de control en cascada que toma los valores del transmisor PT-401 ubicado en el tanque de recibo, esta señal pasa a un controlador que ejerce acción sobre la válvula PCV-301 variando su actuador en porcentajes de 0, 25%, 50%, 75% y 100%, los cuales regulan la presión en la tubería de entrada al tanque para controlar la presión aguas arriba de la válvula, previniendo un incidente por sobrepresión en los tanques. La anterior situación se repite para los transmisores PT-501 y PT-601.

Para los tanques de recibo, captación y despacho se trabajaron los mismos instrumentos y funcionamiento. Se tienen transmisores de nivel en cada tanque LIT-401, LIT-501 y LIT-601, los cuales son tipo radar y su señal se lleva al cuarto de control y se visualizan valores de nivel en centímetros en el visor de campo. Como protección secundaria del nivel de los tanques se incluyeron switches de nivel LSH, el cual actúa apagando la bomba de transferencia para evitar que ingrese más producto a la planta y se rebosen los tanques. Por otro lado el switch LSL actúa prendiendo la bomba en caso de que estén vacíos los tanques y no haya suministro de combustible.

Como protección adicional para los tanques y el producto almacenado en ellos se tienen transmisores de temperatura TIT, los cuales se diseñaron para evitar el calentamiento excesivo en el interior de los tanques, lo cual puede generar una atmósfera explosiva y peligrosa para la operación de la planta. Su señal es llevada al cuarto de control y monitoreada con las alarmas de alta temperatura en 90°C.

El drenaje de los tanques es llevado a un foso de drenaje, el cual deposita por decantación los residuos sólidos que pueden haber quedado después de la recirculación y paso por los filtros. Se tiene una válvula ON/OFF que cierra el paso del fluido hacia el foso, evitando un rebose del mismo debido a fluido de los drenajes de cada tanque y filtros. Adicionalmente se instala un switch de nivel, que dispara por alto nivel LSH y envía señal a la válvula para que cierre. De igual manera si la bomba de transferencia se encuentra en funcionamiento tomará combustible del foso para seguir recirculándolo, pero si se encuentra apagada, debe encenderse e iniciar la succión del combustible hacia la planta.

5.4 COMUNICACIONES

La parte de comunicaciones es muy importante para control y supervisión de procesos, ya que de esta depende el traslado de señales y datos de campo al cuarto de control y Scada. Los instrumentos que se seleccionaron para este trabajo tienen protocolo de comunicación HART, las señales son transmitidas al cuarto de control por medio de cable para instrumentación 2x2x18 pero que no se detalla debido al alcance del proyecto. En el cuarto de control se reciben y se adecuan a los rangos y variables dependiendo de los arreglos de datos del Scada para visualizarlas en el HMI, donde finalmente el operador puede realizar monitoreo y

supervisión del proceso y todas sus variables, de igual manera el operador es autónomo de llevar la planta a una parada o realizar cambios en el control de la misma dependiendo de sus necesidades y situaciones que lo requieran.

5.5 SISTEMA SCADA

Los sistemas SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) son aplicaciones de software, diseñadas con la finalidad de controlar y supervisar procesos a distancia. Se basan en la adquisición de datos de los procesos remotos.[10].



Figura 12 Ejemplo de sistema SCADA

5.5.1 Funciones principales de un Scada

Supervisión remota de instalaciones y equipos: Permite al operador conocer el estado de desempeño de las instalaciones y los equipos alojados en la planta, lo que permite dirigir las tareas de mantenimiento y estadística de fallas.

Control remoto de instalaciones y equipos: Mediante el sistema se puede activar o desactivar los equipos remotamente (por ejemplo abrir válvulas, activar interruptores, prender motores, etc.), de manera automática y también manual. Además es posible ajustar parámetros, valores de referencia, algoritmos de control, etc.

Procesamiento de datos: El conjunto de datos adquiridos conforman la información que alimenta el sistema, esta información es procesada, analizada, y comparada con datos anteriores, y con datos de otros puntos de referencia, dando como resultado una información confiable y veraz.

Visualización gráfica dinámica: El sistema es capaz de brindar imágenes en movimiento que representen el comportamiento del proceso, dándole al operador la impresión de estar presente dentro de una planta real. Estos gráficos también pueden corresponder a curvas de las señales analizadas en el tiempo.

Generación de reportes: El sistema permite generar informes con datos estadísticos del proceso en un tiempo determinado por el operador.

Representación de señales de alarma: A través de las señales de alarma se logra alertar al operador frente a una falla o la presencia de una condición perjudicial o fuera de lo aceptable. Estas señales pueden ser tanto visuales como sonoras.

Almacenamiento de información histórica: Se cuenta con la opción de almacenar los datos adquiridos, esta información puede analizarse posteriormente, el tiempo de almacenamiento dependerá del operador o del autor del programa.

Programación de eventos: Esta se refiere a la posibilidad de programar subprogramas que brinden automáticamente reportes, estadísticas, gráfica de curvas, activación de tareas automáticas, etc.

5.6 DESCRIPCION DEL SOFTWARE DEL SISTEMA

5.6.1 LABVIEW

LabView es un lenguaje de programación gráfica, que usa objetos visuales en lugar de líneas de texto para crear aplicaciones. En contraste con los lenguajes de programación tradicionales, donde las instrucciones determinan ejecuciones en el programa, LabView usa datos flotantes de programación, donde los datos determinan ejecuciones.

Una de las importancias que representa usar LabView, es que se encuentra integrado para comunicarse con hardware como GPIB, VXI, PXI, RS-232, RS 485, y tarjetas de adquisición de datos. También tiene bibliotecas incorporadas para usarse en software standard tal como TCO/IP, networking y activX.

Dicho programa, facilita la creación de aplicaciones previamente compiladas que se pueden ejecutar a la velocidad necesaria para adquisición de datos, pruebas, mediciones y soluciones de control

5.6.2 VENTAJAS DE UTILIZAR SOFTWARE

LabView proporciona las herramientas para crear soluciones a sistemas científicos e ingenieriles. Esto provee la flexibilidad y desempeño del lenguaje de programación sin estar asociadas a dificultades ni complejidades.

LabView proporciona miles de formas eficientes y rápidas para programar instrumentación, adquisición de datos, y sistemas de control. Cuando se utiliza para diseñar, crear prototipos, realizar pruebas, e implementar sistemas de

instrumentación, se puede reducir a tiempo de desempeño del sistema y aumentar la productividad por un factor de 4 a 10.

Por último LaView también proporciona los beneficios del soporte técnico de la National Instruments Corporation.

5.7 HMI (INTERFAZ HUMANO-MAQUINA)

Para el desarrollo de la aplicación en Labview se tuvieron en cuenta los P&ID automatizado y mecánico, ya que con el flujo del proceso se puede ordenar y elaborar el mímico que se muestra en el cuarto de control en la pantalla del operador de la planta.

Se utilizaron las librerías del DCS Module donde encontramos tanques, instrumentos y elementos necesarios para elaborar el HMI, donde se configuraban las alarmas y set point de instrumentos para garantizar el monitoreo y supervisión del proceso.

En el HMI tenemos un lazo de control en cascada que tiene la función de realizar la acción en la válvula de control de presión PCV-301, la cual se calibra de acuerdo a los porcentajes de apertura y cierra, cuando los transmisores de presión de los tanques de recibo, captación y despacho llegan a su set point, el lazo debe actuar de acuerdo a unos parámetros previamente introducidos en el PID (controlador para este lazo), el cual debe hacer mover el actuador de la válvula para que esta se cierre y no permita el flujo hacia los tanques, de esta forma la presión en el tanque que presente la sobrepresión pueda aliviar por medio de la PSV (válvula de presión y vacío) y retorne el proceso a la normalidad.

El operador de la planta tiene la opción de verificar niveles de tanques, cantidad de fluido en las tuberías y drenajes, lo cual le facilita el análisis y operación de la planta.

En el caso que se presente un mantenimiento programado o de emergencia, el sistema tiene la opción de forzar señales o realizar un by pass para realizar el cambio de una válvula, re calibración de instrumentos, mantenimiento de bombas etc.

El sistema presta la opción de un futuro proyecto utilizar modulos de expansión para incluir nueva instrumentación, válvulas y dispositivos electrónicos, adicionalmente se tiene la opción de llevar la información y despliegues a estaciones remotas en la misma ciudad o cualquier lugar del país por medio de la red.

5.7.1 HMI en Pantalla del Operador

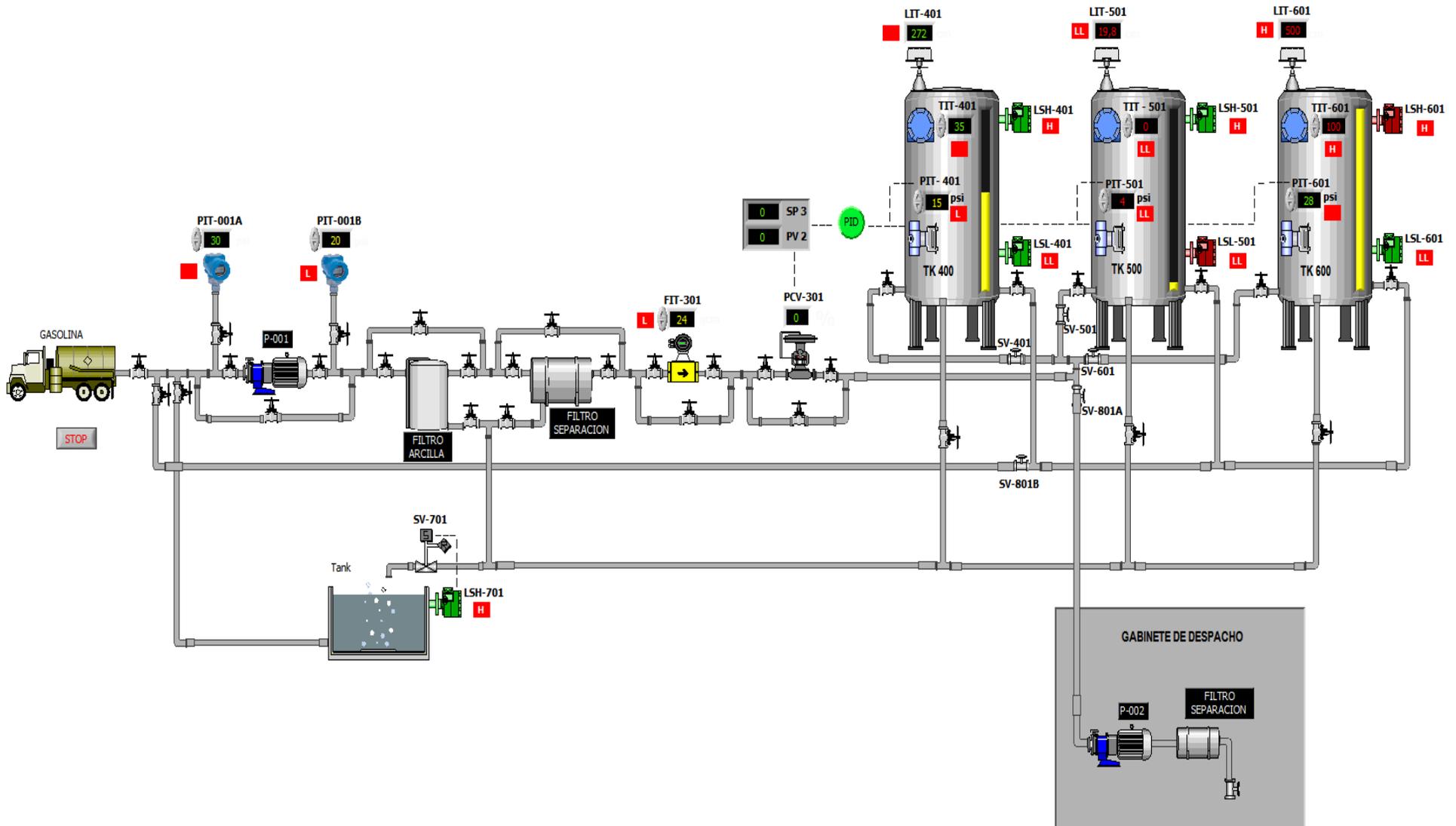


Figura 13 HMI de Planta

6. Conclusiones y Recomendaciones

La automatización de procesos se hace más fácil y manejable cuando se escogen correctamente los instrumentos y dispositivos que permiten realizar el control del mismo, teniendo en cuenta todas las variables de proceso que son indispensables para conocer el funcionamiento completo de cada sistema o subsistema de la planta.

La selección de instrumentos se debió realizar con la previa consulta y análisis de la clasificación de áreas, esto nos permitió verificar el tipo de instrumentos que se debían seleccionar para la planta de abastecimiento de combustible.

Para un tipo de planta como esta es necesario implementar un sistema contra incendio y emergencias, ya que los fluidos que se manejan son altamente volátiles e inflamables, no fue del alcance de nuestro trabajo pero sería un complemento para un futuro proyecto.

La inversión que se realiza para la ejecución de este proyecto es elevada, pero que a corto y mediano plazo se verá reflejado en la eficiente operación, mantenimiento y confiabilidad de la planta, se reducen costos de operadores y se verifica la cantidad de combustible que se recibe y despacha hacia las aeronaves.

Con la implementación de un sistema Scada se amplía la posibilidad de tener la información en tiempo real de la operación, todos los datos pueden ser llevados a sitios remotos para verificar sus indicadores, que sirven para controlar y evaluar mejoras en la producción de las directivas de la empresa operadora.

7. BIBLIOGRAFÍA

- [1]. CREUS SOLE Antonio, INSTRUMENTACION INDUSTRIAL, Editorial Macombo
SEGLEAU EARLE, John. Redes de automatización industrial: DeviceNet. Universidad de Costa Rica. Escuela de Ingeniería eléctrica. Julio 1999.
- [2]. NFPA 497-Classification of Flammable Liquids, Gases, or Vapors and of Hazardous (Classified) Locations for Electrical Installations in Chemical Process Areas. NFPA 70, National Electrical Code.
- [3].KATSUHIKO T ogata, INGIENIERIA DE CONTROL MODERNA. 4ª ed. Edit. Pearson Education. S.A., Madrid. 2003.
- [4]. <http://biblioteca.upbbga.edu.co/material.php?idmaterial=16678> 15/07/2012
- [5]. <http://cicunexpo-instrumentacion1.blogspot.com/> 15/07/2012
- [6].<http://www.cantuss.info/a/industria/2010/08/Que-son-los-interruptores-de-presion.html> 16/07/2012
- [7]. http://www.array.com/ES/docs/Valvulas_de_compuerta_API_6A.pdf 16/07/2012
- [8].<http://es.scribd.com/doc/57220854/SIMBOLOGIA-Y-DIAGRAMAS-DE-INSTRUMENTACION> 15/07/2012
- [9].<http://www.xuletas.es/ficha/transmisores-neumaticos-electronico-inteligentes-y-convertidores> /16/07/2012
- [10] <http://www.galeon.com/hamd/pdf/scada.pdf>"
- [11] Vega F. A, Corzo L.E. Especialización en Control e Instrumentación Industrial. Sexta Cohorte. Facultad de Ingeniería Electrónica. UPB - Bucaramanga. Febrero / 2011.

8. ANEXOS

8.1 Anexo 1. P&ID Mecánico

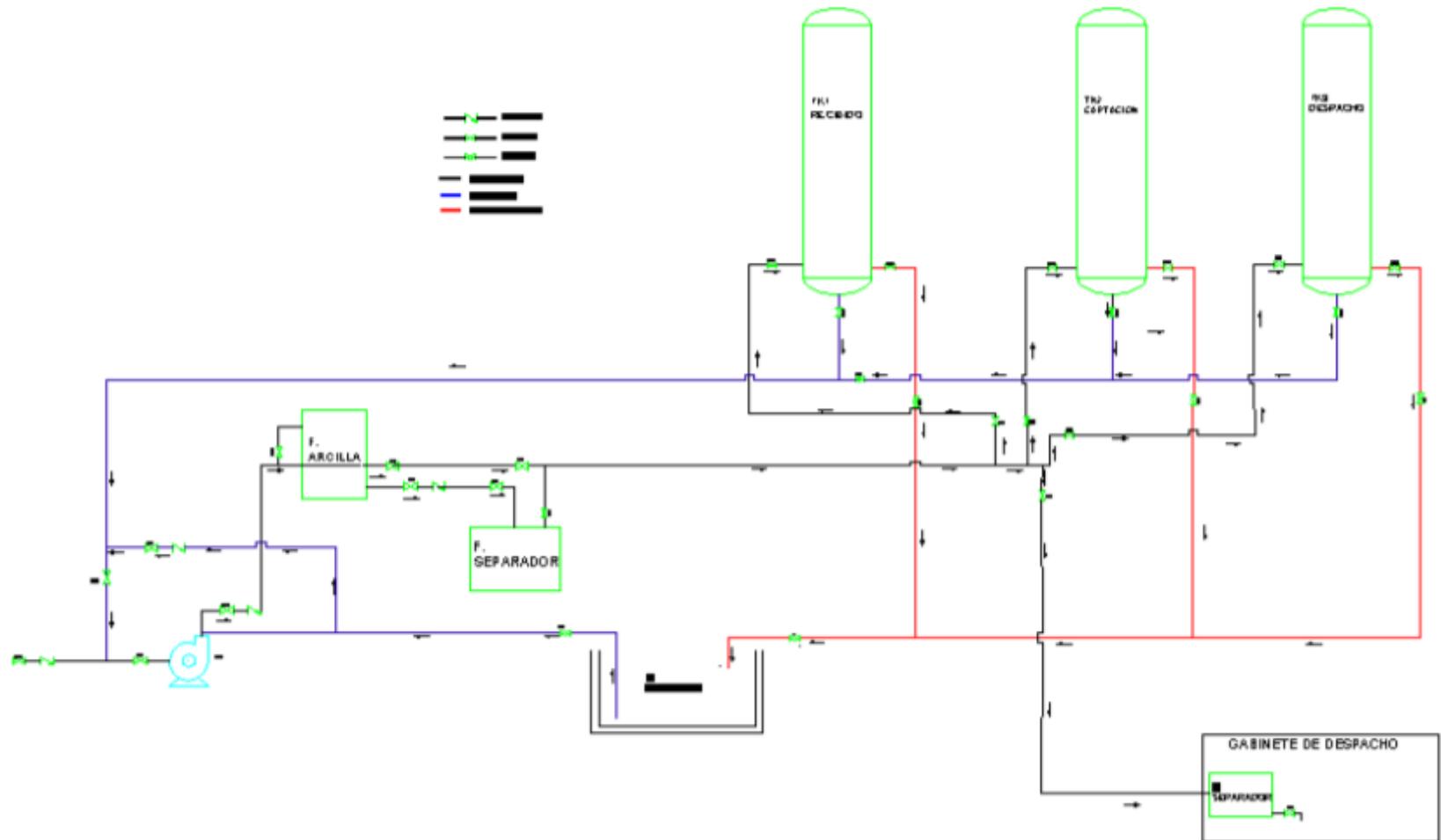


Figura 14 P&ID Mecánico de Planta

8.2 Anexo 2. P&ID Automatizado

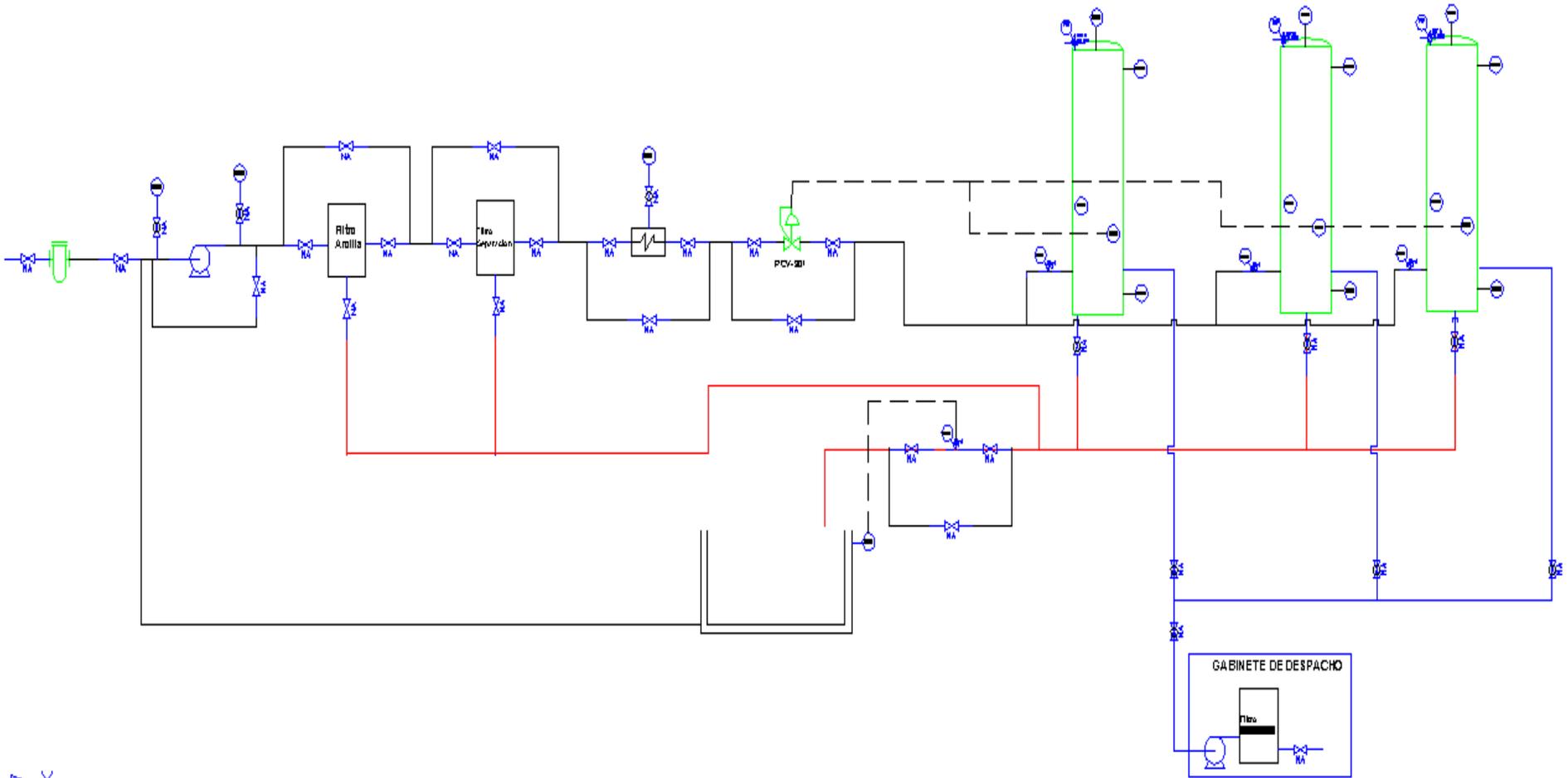


Figura 15 P&ID de Planta Automatizado