

**INGENIERIA CONCEPTUAL PARA LA AUTOMATIZACION DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUA U-800**

LUIS ANTONIO VARGAS MUÑOZ

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
INGENIERÍA ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN
BUCARAMANGA**

2009

**INGENIERIA CONCEPTUAL PARA LA AUTOMATIZACION DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUA U-800**

LUIS ANTONIO VARGAS MUÑOZ

**Proyecto de Grado para obtener el título de Especialista en Control e
Instrumentación Industrial**

Director

**JUAN CARLOS VILLAMIZAR RINCON
MsC. EN POTENCIA ELÉCTRICA**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
INGENIERÍA ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN
BUCARAMANGA**

2009

NOTA DE ACEPTACIÓN

Nota de Aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Floridablanca, 24 de Junio de 2009.

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a mi familia, por brindarme su amor y llenarme de fuerza para lograr el cumplimiento de mis metas y a todas las personas que con su apoyo, presencia, comprensión y ayuda incomparable han contribuido a avance de este proyecto

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme culminar esta labor.

Agradezco a la **Universidad Pontificia Bolivariana**, de Bucaramanga, Escuela de Electrónica por afianzarnos conceptos y por la educación recibida durante la etapa de postgrado.

Quiero agradecer a nuestro director de proyecto el Ingeniero **Juan Carlos Villamizar** por todos sus valiosos aportes y guía.

También le doy las gracias al Ingeniero **Jorge Enrique Angarita Ruiz** por su colaboración y aporte de información para el proyecto.

A mis compañeros de curso quienes me apoyaron cuando los necesité

CONTENIDO

1. GENERALIDADES

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

3. JUSTIFICACION

4. MARCO REFERENCIAL

4.1 DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA U – 800 Y ASPECTOS POR MEJORAR

4.1.1. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA U – 800

4.1.1.1. COAGULACION

4.1.1.2. FLOCULACIÓN

4.1.1.3. SEDIMENTACION

4.1.1.4. FILTRACIÓN

4.1.1.5. SUAVIZACION

4.1.1.6. DESMINERALIZACIÓN

4.1.1.7. DESCARBONATACION

4.1.1.8. AIREACIÓN

4.1.1.9. ADSORCIÓN

4.1.1.8. AIREACIÓN

4.1.2. ASPECTOS POR MEJORAR

4.2. DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

4.2.1. DISEÑO DETALLADO LA TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA

4.2.1.1. CRITERIOS DE DISEÑO

4.2.1.2. CONDICIONES AMBIENTALES

4.2.1.3. NORMAS Y CODIGOS

4.2.1.4. PLANOS Y DOCUMENTOS

4.2.2. INFORMACIÓN GENERAL

4.2.2.1 UNIDADES DE MEDIDA

4.2.2.2 LENGUAJE

- 4.2.2.3 IDENTIFICACION DE LOS INSTRUMENTOS
- 4.2.2.4 ESPECIFICACION DE INSTRUMENTOS
- 4.2.2.5 SISTEMAS DE TRANSMISIÓN DE SEÑALES
- 4.2.2.6 ALIMENTACION ELECTRICA DE INSTRUMENTOS
- 4.2.2.7 CLASIFICACION ELECTRICA DE INSTRUMENTOS
- 4.2.2.8 PLACAS DE IDENTIFICACIÓN DE INSTRUMENTOS

- 4.2.2.9 SERVICIOS

- 4.2.2.9.1 AIRE DE INSTRUMENTOS

- 4.2.3.1.1 TRANSMISORES

- 4.2.3.1.1.1 ESCALAS DE INDICACIÓN

- 4.2.3.2 INSTRUMENTOS DE FLUJO

- 4.2.3.2.1 TIPOS Y APLICACIONES DE INSTRUMENTOS DE MEDICION DE FLUJO

- 4.2.3.2.1.1 INSTRUMENTOS PARA MEDICIÓN DE FLUJO DEL TIPO PRESIÓN DIFERENCIAL

- 4.2.3.2.2 INSTALACIÓN DE INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DE FLUJO

- 4.2.3.3 INSTRUMENTOS DE NIVEL

- 4.2.3.3.1 TIPOS Y APLICACIONES DE INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DE NIVEL

- 4.2.3.3.2 INSTALACIÓN DE INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DE NIVEL

- 4.2.3.4 INSTRUMENTOS DE PRESION

- 4.2.3.4.1 TIPOS Y APLICACIONES DE INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DE PRESIÓN

- 4.2.3.4.2 INSTALACIÓN DE INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DE PRESIÓN

- 4.2.3.4.3 SELLOS DE DIAFRAGMA

- 4.2.3.5 ELEMENTOS FINALES DE CONTROL

- 4.2.3.5.1 GENERAL

- 4.2.3.5.2 ACCIÓN DE FALLA DE VÁLVULAS

- 4.2.3.5.3 CARACTERÍSTICAS DE FLUJO

- 4.2.3.5.4 TIPOS Y APLICACIONES DE LAS VÁLVULAS

- 4.2.3.5.5 DIMENSIONAMIENTO DE VÁLVULAS DE CONTROL

- 4.2.3.6 VÁLVULAS DE ALIVIO
- 4.2.3.7 SISTEMA DE CONTROL Y SISTEMA DE PARADA DE EMERGENCIA
- 4.2.3.8 PLC PLANTA DE AGUA U-800

4.2.4. MATERIALES DE INSTALACION

- 4.2.4.1 TUBERÍAS, ACCESORIOS Y TUBING
- 4.2.4.2 MATERIALES ELÉCTRICOS
 - 4.2.4.2.1 BANDEJAS
 - 4.2.4.2.2 TUBERÍA CONDUIT EN AREAS DE PROCESO
 - 4.2.4.2.3 CABLES
 - 4.2.4.2.4 CAJAS DE CONEXIÓN

4.2.5. DISEÑO DE INSTALACIONES

- 4.2.5.1 DISEÑO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS
 - 4.2.5.1.1 GENERAL
 - 4.2.5.1.2 CRITERIOS
 - 4.2.5.1.3 SISTEMA DE CABLEADO
 - 4.2.5.1.4 TIPOS DE CABLES
 - 4.2.5.1.5 CAJAS DE CONEXIÓN Y TIPOS
 - 4.2.5.1.6 IDENTIFICACIÓN

4.2.5.2 DISEÑO DE INSTALACIÓN NEUMÁTICA

- 4.2.5.2.1 ALIMENTACIÓN DE AIRE

4.2.6 GABINETES DEL PLC

4.2.7 GABINETES MARSHALLING

4.2.8 PUESTA A TIERRA

4.2.9 PARTES DE REPUESTO

4.2.10 VENDOR LIST

4.2.11 TAMAÑO DE PLANOS Y DOCUMENTOS

RECOMENDACIONES

JUSTIFICACIONES

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

TITULO: INGENIERIA CONCEPTUAL PARA LA AUTOMATIZACION DE LA PLANTA DE AGUA U-800

AUTOR: LUIS ANTONIO VARGAS MUÑOZ

FACULTAD: INGENIERIA ELECTRONICA

DIRECTOR: JUAN CARLOS VILLAMIZAR RINCON

PALABRAS CLAVES: Instrumentación, Control, Planta, Agua, Automatización, Mantenimiento, Adecuación, Interoperabilidad, Rediseñar.

El objetivo del presente proyecto es realizar la ingeniería conceptual para la automatización de la planta de Tratamiento de agua U-800 ubicada en ECOPETROL complejo de Barrancabermeja, la cual requiere adecuación de instrumentación y control ya que los equipos con los que cuenta la planta actualmente son de tecnología obsoleta, los cuales no brindan confiabilidad al proceso.

La propuesta del proyecto es especificar básicamente los parámetros que se deben tocar en el momento realizar los cambios tecnológicos, así como de las adecuaciones en infraestructura que ello conlleve.

En primera instancia, se establece el tipo de tecnología a utilizar, dada por el controlador lógico programable, en sistema redundante, el ControlLogix de la serie 5000 y un sistema de recolección, almacenamiento de datos y estrategias de control del proceso. La topología de conexión con los instrumentos, está dada por la de bus en línea.

Los parámetros estudiados van desde el sistema de transmisión de señales el cual es inherente al controlador, la instrumentación se selecciona de acuerdo a los requerimientos y magnitudes de las variables a medir, los materiales de instalación, su diseño, etc., hasta el listado de las partes de repuesto, que de igual forma se tienen en cuenta.

Le sigue en los resultados del análisis, que le conviene a la planta poseer en el cuarto de control, un sistema de visualización y operación, que refleje la actividad del controlador lo seleccionado, estableciendo un monitor para alarmas como función agregada, lo que le da la posibilidad de integrarse este control a un sistema de mayor cobertura.

V°B° DIRECTOR TRABAJO DE GRADO

TITLE: CONCEPTUAL ENGINEERING FOR THE AUTOMATIZATION OF THE WATER PLANT U-800.

AUTHOR: LUIS ANTONIO VARGAS MUÑOZ.

FACULTY: ELECTRONIC ENGINEERING

DIRECTOR: JUAN CARLOS VILLAMIZAR RINCON

KEY WORDS: Instrumentation, Control, Plant, Water, Automatization, Maintenance, Adjustment, Interoperability, Redesign.

The objective of the present project is to make the Conceptual Engineering for the Automatization of the plant of water treatment (U-800) located in ECOPETROL complex of Barrancabermeja, which requires instrumentation and control adjustment since the actual equipment of the plant is obsolete and doesn't offer trustworthiness to the process.

The main idea of the project is to basically specify the parameters that must be taken into consideration at the moment of changing the equipment's technology, as well as of the infrastructure adjustments that comes with it.

In first instance, the PLC, which should be redundant, the 5000 series ControlLogix, the recollection and data storage system, and strategies of control for the process settle down the type of technology that must be used at the project. The wiring topology of the instruments is a linear bus.

The studied parameters vary from the transmission system of signals which is inherent to the controller. The instrumentation is selected according to the requirements and magnitudes of the measured variables, the installed materials, their design, etc., the list of spare parts is also considered.

The following results of the analysis show what is more convenient to the plant at the control room, that should be a visualization and operation system that reflects the selected activity of the controller, establishing a monitor for alarms like an added function, which gives the possibility to integrate this control system to a system of greater coverture.

CHECK MARK OF DEGREE WORK'S DIRECTOR

INTRODUCCIÓN

El control automático es una de las disciplinas que se han desarrollado a una velocidad vertiginosa. El uso intensivo de las técnicas del control automático de procesos, así como del control automatizado, tiene como origen la evolución y tecnificación de las tecnologías de medición y control aplicadas al ambiente industrial. La aplicación de estos sistemas de control en la industria moderna, ha llevado al reconocimiento universal de sus ventajas y beneficios asociados al ámbito industrial, que es donde tiene una de sus mayores aplicaciones debido a la necesidad de controlar un gran número de variables, sumado esto a la creciente complejidad de los sistemas.

Como se mencionó anteriormente los nuevos procesos que se desean replantear, van de la mano con las políticas de actualización tecnológica y disminución de fallos, para lo cual el Departamento de Desarrollo Tecnológico es responsable de gestionar, operar, controlar y mantener vigentes dichos procesos de actualización. Se mantiene contacto y en algunos casos órdenes de compra abiertas, con las firmas de ingeniería clave lo que permite y asegura la vigencia de la capacidad técnica de los procesos automatizados.

La eliminación de errores y un aumento en la seguridad de los procesos es otra contribución del uso y aplicación de la técnica de control automatizado. En este punto es importante destacar que anterior a la aplicación masiva de las técnicas de control automático en la industria, era el hombre el que aplicaba sus capacidades de cálculo e incluso su fuerza física para la ejecución del control de un proceso o máquina asociada a la producción. En la actualidad, gracias al desarrollo y aplicación de las técnicas modernas de control, un gran número de tareas y cálculos asociados a la manipulación de las variables ha sido delegado a computadoras, controladores y accionamientos especializados para el logro de los requerimientos del sistema. Los sistemas redundantes de Alta Disponibilidad, que vamos a utilizar en el proyecto, mejor conocidos como sistemas "Hot Stand-by", están basados en controladores lógicos programables y se utilizan en aplicaciones industriales críticas, en términos de su sistema de control y comando. En suma la misión que se requiere cumplir es la de establecer la ingeniería conceptual la cual para la optimización de la instrumentación y el control sobre el proceso llevado a cabo en la planta.

1. GENERALIDADES

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La finalidad del proyecto de adecuación de la parte de instrumentación de la planta de tratamiento de agua U – 800, es la de entregar un informe que especifique la ingeniería conceptual que fundamente los cambios previstos que se le requieren aplicar. Los equipos con los que cuenta la planta actualmente, pertenecen a una tecnología que fue buena en su tiempo, pero que ahora tiende a estar desactualizada. Por tanto, el control que se requiere implantar, obedece a los últimos estándares que maneja la industria en la actualidad, y se fortalece con la posibilidad de expansión futura.

ECOPETROL SA, en su misión y visión de ser una empresa eficiente en sus procesos, además de competitiva con sus productos, precisa de optimizar estratégicamente el rendimiento de sus plantas, en cuanto a producción, pero se debe tener en cuenta la funcionalidad, pues está en ocasiones la afecta.

Es por ello que se requiere que a la planta de tratamiento de agua U-800 se le actualice la instrumentación que la controla, para obtener la seguridad en las características del producto de salida. El cambio propiamente dicho, tiene que ver con la actualización de los equipos de medida, sin cambiar ninguno de los componentes, puesto que operan correctamente.

La nueva tecnología por implantar queda a la vanguardia de las actuales, permitiendo que en un futuro se puedan agregar más prestaciones a la planta, previendo una posible integración a un sistema de telemetría y telecontrol.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar la ingeniería conceptual necesaria para la modernización del sistema de control automático de la planta de tratamiento de agua U - 800.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudiar la manera de aumentar el nivel tecnológico y de eficiencia de la planta de tratamiento que provea en forma continua de agua en cantidad y calidad al mayor número de usuarios.
- Simplificar la operación y mantenimiento de la planta, aumentando el nivel de abstracción frente al panel de control y alarmas.
- Lograr un alto grado de confiabilidad de los procesos.
- Aprovechar recursos económicos existentes minimizando la utilización de mano de obra para la operación.
- Incrementar el nivel de capacitación del operario de mantenimiento preventivo, para las etapas que serán controladas en forma automática.

3. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad la planta de tratamiento cuenta con un nivel de tecnología intermedia, de bajo costo, de eficiencia media y de nivel tecnológico inferior.

No existe un sistema automatizado eficiente que maneje el proceso de potabilización de agua, ya que este requiere de un control adecuado que permita la remoción de compuestos contaminantes, los formadores de dureza en ductos e inclusive toxinas, debido a que la fuente de agua es el río Magdalena. El sistema actual es antiguo del tipo neumático, con todas las ventajas y desventajas que acarrea.

Es por ello que se ha optado por practicarle el cambio de tecnología al control de la planta, ya que presenta ventajas adicionales, en cuanto a versatilidad, pues siendo un sistema con menor volumen que el actual, posee características adicionales que facilitan la labor de mantenimiento, tanto preventivo como correctivo, en un futuro, con mayor facilidad.

4. MARCO REFERENCIAL

A continuación se realiza una breve descripción de la planta y los procesos que se llevan a cabo en ella. De igual manera se especifica cuáles son los aspectos por mejorar.

Cabe aclarar, que la presente propuesta, debido a que es la fase conceptual, está sujeta a alguna modificación en la etapa de detalle, teniendo en cuenta alguna mejora en el criterio para realización.

4.1 DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA U – 800 Y ASPECTOS POR MEJORAR

4.1.1. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA U – 800

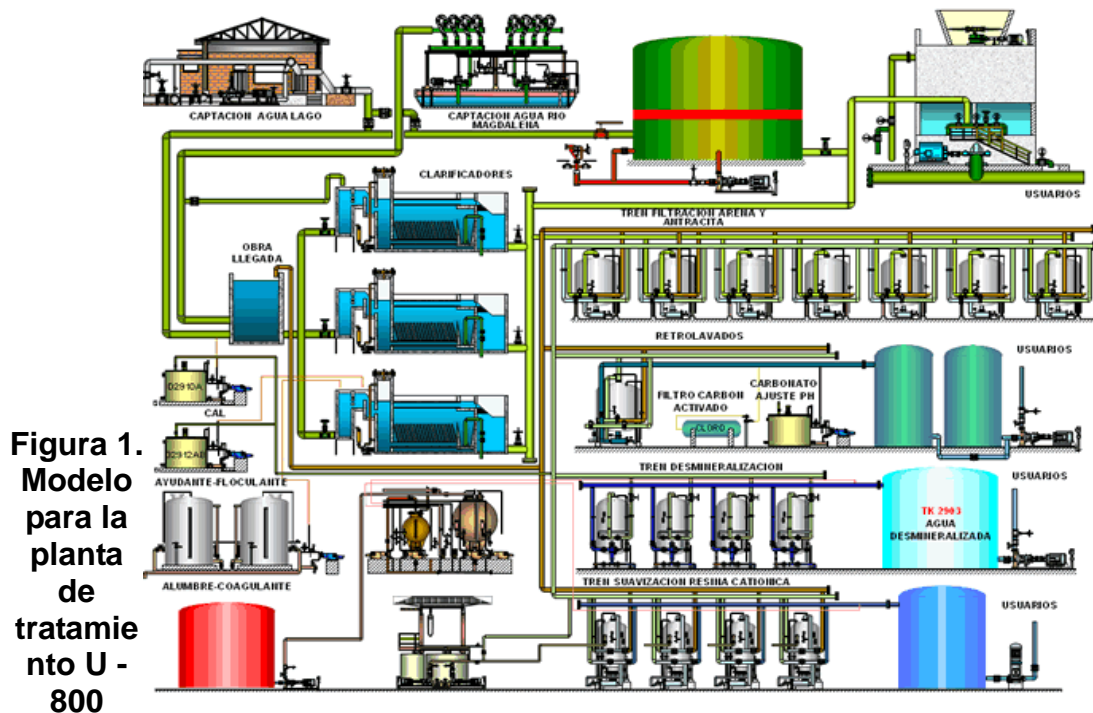


Figura 1.
Modelo
para la
planta
de
tratamiento U -
800

En la planta se llevan a cabo la purificación del agua, proveniente de fuentes como el río, principalmente, o bien puede ser de reciclaje de otros procesos. Para ello se utilizan los siguientes procesos:

4.1.1.1. COAGULACION: Proceso de desestabilización química de partículas coloidales realizadas por adición de un coagulante al agua cruda ayudado por una mezcla rápida y homogénea. Este coagulante se encarga de neutralizar las cargas responsables de la estabilidad de las partículas.

4.1.1.2. FLOCULACIÓN: Proceso hidrodinámico en el que se efectúan las colisiones de partículas desestabilizadas favoreciendo la agregación entre ellas, logrando formar aglomerados de partículas coloidales llamadas "floc", que unidas entre sí, alcanzan un peso tal que las hace sedimentables por gravedad, la floculación ocurre por un puente químico.

4.1.1.3. SEDIMENTACION: Proceso físico donde los "flocs" formados se separan del agua, por su tamaño y peso adquiridos en la floculación y se sedimentan ó decantan dentro del clarificador, dando como resultado un fluido clarificado y en el fondo una suspensión más concentrada.

4.1.1.4. FILTRACIÓN: Remoción de sólidos coloidales y suspendidos contenidos en el agua, mediante su flujo a través de lechos porosos de partículas sólidas para realizar la -adherencia y posterior evacuación de las partículas a remover.

4.1.1.5. SUAVIZACION: Proceso de remoción de los cationes responsables de la dureza, mediante la utilización de lechos de resinas de intercambio iónico.

4.1.1.6. DESMINERALIZACIÓN: Proceso de intercambio iónico por medio del cual se eliminan los iones. El intercambio iónico consiste en el intercambio reversible de iones entre un medio sólido y una solución. En el tratamiento de aguas se

emplean tanto resinas catiónicas como aniónicas para producir agua de calderas ya sea suavizada o desmineralizada. Las resinas de intercambio iónico son compuestos macromoleculares, insolubles en agua, que tienen la propiedad de intercambiar iones con el medio en que están en contacto.

4.1.1.7. DESCARBONATACION: Proceso realizado en una torre sobre la cual pasa el agua en contracorriente con el aire para extraer CO y CO₂.

4.1.1.8. AIREACIÓN: Proceso mecánico mediante el cual el agua se pone en contacto con el aire para intercambiar moléculas gaseosas (O₂, CO₂, NH₃, CH₄), reduciendo la concentración de sustancias productoras de olores y sabores (compuestos orgánicos volátiles), eliminando gases indeseables como CO₂, CH₄ y metales como el hierro y manganeso mediante la oxidación, adicionalmente oxigena el agua.

4.1.1.9. ADSORCIÓN: Proceso por el cual los átomos de un sólido atraen y retienen moléculas de otros compuestos, estas fuerzas de atracción son conocidas como "fuerzas de Van Der Waals". Es un fenómeno que ocurre en la superficie y mientras mayor área superficial disponible tenga un sólido, es mejor adsorbente.

4.1.1.8. AIREACIÓN: Es el proceso de destrucción de los organismos patógenos, constituidos por bacterias, protozoarios y virus. Tales microorganismos son capaces de sobrevivir en el agua por días o inclusive semanas, dependiendo de factores ambientales, morfológicos y fisiológicos tales como temperatura, pH, oxígeno disuelto, nutrientes existentes. Es un proceso selectivo empleado para destruir o inactivar a los organismos patógenos (capaces de producir enfermedades), particularmente las bacterias de origen intestinal.

4.1.2. ASPECTOS POR MEJORAR

Aunque el alcance del proyecto apunta hacia la modernización del sistema de control e instrumentación, no es menester puntualizar en algunos aspectos de la planta que requieren prestarle atención para que no repercuta más adelante en situaciones que afecten el normal funcionamiento de la planta.

- ☞ Construcción de nuevo cuarto de control
- ☞ montaje de tren de 5 filtros y 5 suavizadores de 740 gpm cada uno, para producir 2200 gpm con 3 suavizadores operando, uno en regeneración y uno disponible.
- ☞ Montaje de válvulas automáticas, medidores de flujo, pi's y sistema de control para operar el proceso en automático como la U-800.
- ☞ Un nuevo tanque para almacenamiento de agua potable.
- ☞ Dos bombas de agua desmineralizada P-812A Turbina con arranque automático y P-812B con motor eléctrico.
- ☞ Reposición de tres filtros de arena y antracita y tres de carbón activado de 740 gpm para potabilización, por deterioro física, y cuya operación también sea en automático.

4.2. DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

A continuación se realiza una exposición de los conceptos básicos de transferencia tecnológica, de igual forma se realizan recomendaciones teniendo en cuenta los criterios de diseño y las condiciones ambientales.

Cabe aclarar, que la presente propuesta debida a que es la fase conceptual, está sujeta a alguna modificación en la etapa de detalle, teniendo en cuenta alguna mejora para el criterio de realización.

4.2.1. DISEÑO DETALLADO LA TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA

4.2.1.1. CRITERIOS DE DISEÑO

Para los casos en los que el diseño involucra áreas nuevas y/o modificadas, serán generados nuevos documentos, si son requeridos.

La interface entre la nueva instrumentación y los sistemas de control de las plantas involucradas en los proyectos, serán los módulos I/O respectivos, ubicados en el cuarto de control de cada Planta. Se considera que en los sistemas de Control de las plantas asociadas al proyecto, existen reservas suficientes para la integración de la nueva instrumentación, excepto para aquellos casos donde se ha previsto la preparación de alguna especificación de hardware para algún PLC o DCS, en cuyo caso se preparará la respectiva requisición para el Hardware Adicional y los servicios de ingeniería necesarios para la integración de la nueva instrumentación al sistema de control o al sistema de parada de emergencia.

Para el Proyecto Modernización de la Planta de Agua U-800 las señales de campo llegarán a dos gabinetes concentradores de señales, los cuales harán la interface con los módulos I/O del PLC Allen-Bradley.

Todos los procedimientos que se empleen para la instalación de los equipos y material eléctrico, deberán ajustarse a lo establecido en las normas y prácticas que se enumeran en la sección 4.2.1.3. y fundamentalmente con las instrucciones que para tal efecto proveen los fabricantes para cada uno de los equipos y materiales.

Los trabajos a realizarse en áreas de riesgo deberán hacerse estrictamente de acuerdo con las normas de seguridad industrial y regulaciones específicas para

tales áreas, en coordinación con ECOPETROL y/o la Interventoría, teniendo en cuenta:

Seguridad del personal

Protección contra el fuego

Protección de los equipos y materiales

4.2.1.2. CONDICIONES AMBIENTALES

Las Plantas asociadas con los proyectos, se encuentran ubicadas en el Complejo Industrial de Barrancabermeja. Las principales condiciones ambientales del sitio son:

Altitud:	79 msnm Aprox.
Datos Meteorológicos:	
Temperatura (máx. / min.), °F:	110/80
Humedad Relativa promedio, %:	80
Presión Atmosférica	752 mm Hg
Velocidad del Viento	
Máxima	80 millas/hr
Dirección prevaleciente	SE
Atmósfera:	Tropical Húmeda

4.2.1.3. NORMAS Y CODIGOS

El diseño, la terminología y la selección de la instrumentación deberá estar en concordancia con la última emisión de los siguientes códigos y estándares.

ISA Instrument Society of America – S5.1, S5.2, S5.3, S5.4 y S.20

EXXON IP International Practices

API American Petroleum Institute

- RP-520 Sizing, Selection and Installation of Pressure-Relieving Devices in Refineries,
– Part I - Sizing and Selection, Part II - Installation.

- RP-550 Installation of Refinery Instruments and Control Systems,
– Part I - Process Instrumentation and Control, Part II - Process Stream Analyzers.

- RP-552 Transmission Systems.
- NEMA National Electrical Manufacturer's Association
- IEEE Institute of Electrical and Electronic Engineers
- NEC National Electrical Code
- NFPA National Fire Protection Association
- FM Factory Mutual Research Corporation
- ANSI American National Standards Institute
- B 2.1 Pipe threads.
- B 16.5 Steel pipes flanges and flanged fittings.
- B 16.104 Control Valve Seat Leakage.
- MC96.1 Temperature Measurement Thermocouples.
- IEC International Electro-technical Commission – IEC 529
- ASTM American Society for testing and materials
- ASME American Society of Mechanical Engineers – Boiler and Pressure Vessel Code, Section VIII

Otros códigos y estándares no específicamente mencionados en el texto podrán ser utilizados para información general si se requiere.

4.2.1.4. PLANOS Y DOCUMENTOS

El listado mínimo de planos y documentos que deberán entregar la empresa contratada para realizar la ingeniería detallada son:

- Lista de Instrumentos
- Planimetría de Instrumentos y Recorrido Principal de Cables y Ductos
- Planimetría Cuartos de Control
- Diagrama de Interbloqueo
- Lista de Cables
- Lista de Bandejas y Accesorios
- Listas de Conduits y Accesorios
- Diagramas Instrumentos Montados sobre Equipos (Vessel Sketch)
- Diagrama Unifilar de Instrumentos
- Diagramas de Lazos de Control e Instrumentación
- Diagramas Cajas de Conexión
- Diagrama de Conexión Gabinetes
- Típicos de Montaje (Eléctrico, Neumático, Mecánico, otros)
- Listado de Materiales de Conexión al Proceso
- Especificaciones Técnicas para el Montaje
- Base de Datos Sistema de Control
- Diagramas de Flujo Sistema de Control (Esquemáticos)
- Hojas de Especificaciones (Data Sheet)
- Requisición de Materiales(MR 'S)
- Arquitectura General del Sistema de Control
- Descripción de Partidas y Cantidades de Obra

4.2.2. INFORMACIÓN GENERAL

4.2.2.1 UNIDADES DE MEDIDA

A continuación se listan las unidades de medida para las principales variables:

Temperatura	°F
Presión	psig
Presión absoluta	psia, in H ₂ O
Presión diferencial	psid
Presión de Vacío	psia, in H ₂ O
Peso	lb.
Volumen líquidos	bbl, US Gal.
Volumen gases	ft ³
Flujo líquidos	bbl/d, gpm, lb/h
Flujo gases	ft ³ /h, lb/h, SCFH, SCFM
Flujo vapor	lb/h
Densidad	lb/ft ³
Calor	BTU
Potencia	HP, Watt
Viscosidad	cP
Longitud	ft, in
Tamaño de boquillas de recipientes	in
Medición de ruido, sonido	dbA
Vibración	mils
Tiempo	horas (h), minutos (m) y segundos (s)

4.2.2.2. LENGUAJE

Todos los planos y documentos de la Ingeniería de Instrumentación deben ser escritos en español. Las especificaciones y requisiciones que requieran procura internacional serán escritas en inglés. Las especificaciones y requisiciones que requieran procura local serán escritas en español.

4.2.2.3 IDENTIFICACION DE LOS INSTRUMENTOS

En general, la simbología de instrumentos estará de acuerdo con el estándar ISA S5.1 "Instrument Symbols and Identification" y con el documento guía para asignación de nombres de instrumentación de ECOPETROL

4.2.2.4. ESPECIFICACION DE INSTRUMENTOS

Los instrumentos serán especificados en formatos basados en las formas de especificación de instrumentos del estándar ISA S20 "Specification Forms for Process Measurement and Control Instruments, Primary Elements and Control Valves".

4.2.2.5. SISTEMAS DE TRANSMISIÓN DE SEÑALES

En general, las señales de transmisión y control a utilizar por los sistemas de control y por la instrumentación de campo asociada serán:

- Señales de salida analógicas en 4-20mA DC.
- Señales de entrada discretas utilizando contactos secos, en un circuito 24VDC.

- Señales de salida discretas en 24VDC.
- Señales analógicas de transmisores de 4-20mA y/o con protocolo según requerimiento de integración digital con el sistema de control de la planta correspondiente.

4.2.2.6. ALIMENTACION ELECTRICA DE INSTRUMENTOS

Los instrumentos que por sus características requieran alimentación eléctrica en corriente alterna serán especificados para ser alimentados a una tensión de 120 VAC desde los sistemas “UPS”.

Los Sistemas de UPS serán redundantes y estar compuestos por: dos (2) UPS con sus respectivos bancos de baterías, switches de transferencia externos, sincronizador externo entre las dos UPS, gabinete DC y tableros de distribución tipo PPC (Precision Power Center).

La UPS debe ser del tipo regulado electrónico, en lo posible con fuente conmutada (*switching*).

Los instrumentos que por sus características requieran alimentación eléctrica en corriente continua serán especificados para ser alimentados a una tensión de 24 VDC desde una fuente confiable. No se aceptarán baterías de Nickel-Cadmio

4.2.2.7. CLASIFICACION ELECTRICA DE INSTRUMENTOS

El método de protección preferible para las instalaciones eléctricas de la nueva instrumentación de campo, instalada dentro de las áreas clasificadas peligrosas, es la Seguridad Intrínseca.

Las barreras de seguridad intrínseca serán especificadas del tipo activo, aisladas galvánicamente y suministrando la fuente para los transmisores de 2-hilos sobre el lazo de señal, de acuerdo con la clasificación eléctrica de área que aplique.

La clasificación eléctrica de las áreas de la planta a considerar por Instrumentación será la indicada en los planos de clasificación de área.

La instrumentación será diseñada para ser instalada en una planta de Refinación, con un ambiente de gases ácidos y clima tropical, compatible con el servicio y demás condiciones ambientales del sitio (ver punto 1.1).

La Instrumentación de campo será especificada con las certificaciones respectivas de acuerdo con el código CENELEC / NEC a través de la autoridad apropiada, para protección de instrumentos electrónicos en áreas clasificadas y peligrosas según el siguiente detalle:

- Transmisores Electrónicos y Convertidores I/P : Exi
- Contactos para Alarmas y Cortes : Exi o Exe
- Válvulas Solenoides : Exi o Exe

4.2.2.8. PLACAS DE IDENTIFICACIÓN DE INSTRUMENTOS

Los instrumentos deberán ser provistos de placas de identificación de acero inoxidable, indicando como mínimo la siguiente información:

- Identificación del Instrumento (Tag No.).
- Nombre del fabricante, modelo y número de serie del instrumento.
- Información relevante, tal como tipo de señal, capacidad de voltaje y corriente, frecuencia, rango, materiales, etc.

4.2.2.9. SERVICIOS

4.2.2.9.1. Aire de Instrumentos

Para la especificación e instalación de instrumentos con requerimiento de aire, se tomarán las siguientes condiciones de servicio de aire de Instrumentos:

Presión mínima	45 psig
Presión normal	50 psig
Presión de diseño	120 psig
Temperatura normal	100 °F
Temperatura de diseño	200 °F
Punto de rocío	10 °F

La instrumentación, será principalmente del tipo electrónica inteligente. La instrumentación para indicación y para control local, que no requiera modificaciones y ajustes periódicos de sus puntos de operación será de tipo mecánico o neumático.

Para los instrumentos de campo, el grupo de Tuberías debe prever la instalación de una válvula de aislamiento o bloqueo en la conexión a proceso que, generalmente es de tipo Compuerta o Bola. El tamaño de la válvula dependerá de cada aplicación y de la especificación de tuberías.

En principio la válvula de aislamiento diseñada por tubería será como sigue:

Instrumentos de Presión:	¾ NPT-F
Instrumentos de Nivel Tipo Desplazador externo:	2" Bridada
Instrumentos de Nivel por Presión diferencial en tanques:	2" Bridada
Instrumentos de Nivel tipo flotador externo	1" Bridada
Visores de Nivel	¾" Bridada

Los transmisores e interruptores ubicados en campo serán especificados para ser montados en un soporte de tubo de acero de 2", exceptuando aquellos instrumentos a ser montados directamente en equipos y recipientes.

Los interruptores eléctricos conectados a proceso (interruptores de presión, nivel, etc.) serán de tipo acción rápida (*snap action*), con contacto DPDT.

La conexión de proceso estándar en el instrumento será de 1/2" NPTM.

Las conexiones eléctricas estándar en el instrumento serán de 1/2" NPTF.

Las conexiones neumáticas estándar en el instrumento serán de 1/4" NPTF.

Las líneas de Venteo y Drenaje para cualquier servicio deberán tener una válvula de compresión de cierre clase V y un tapón tipo compresión. Frecuentemente se utilizan válvulas de aguja, porque éstas además tienden a cierre clase V.

4.2.3.1.1 TRANSMISORES

En general, los transmisores serán electrónicos "inteligentes" con salida de 4-20mA, o digitales, compatibles con la selección del sistema de control y DCS de la planta correspondiente, cuando operan en modo inteligente. El encerramiento será NEMA 4X y 7.

Todos los trasmisores serán especificados con LCD. Los transmisores y otros dispositivos analógicos tales como indicadores, controladores y convertidores, serán especificados con una precisión de $\pm 0.075\%$ del span, en el modo (análogo o digital) que vaya a operar normalmente el transmisor.

El efecto de un cambio de 38 °C (100 °F) en la temperatura ambiente sobre la señal de salida de un instrumento no deberá exceder el 1% de la gama (*span*).

Los transmisores que sean especificados para ESD deben ser certificados TÜV para aplicaciones de *shutdown*.

Los transmisores serán especificados con manifold Anderson Greenwood de 2 ó 3 válvulas, integrado con válvulas de bloqueo y purga de 316SS. No se aceptarán válvulas o arreglos de válvulas como manifolds.

MODOS DE CONTROL

Los modos de control deberán ser seleccionados de acuerdo al siguiente criterio:

CONTROL	MODO
CONTROL DE FLUJO	P + I
CONTROL DE NIVEL	P ó P + I
CONTROL DE PRESIÓN	P + I
CONTROL DE TEMPERATURA	P + I + D

Donde:

P: Proporcional.

I: Integral.

D: Derivativo.

Todos los lazos y funciones de control deberán incluir indicaciones de la variable de proceso, *set-point* y salida del controlador.

4.2.3.1.1.1. ESCALAS DE INDICACIÓN

Para instrumentos de medición de variables de proceso, la graduación de escalas a utilizar para indicación y/o registro serán:

<u>Variable</u>	<u>Tipo de Escala</u>
Flujo	Lectura directa; 0-100% de Flujo, DP.
Nivel	Lectura directa; 0-100% nivel.
Presión	Lectura directa.
Temperatura	Lectura directa.

4.2.3.2 INSTRUMENTOS DE FLUJO

4.2.3.2.1 TIPOS Y APLICACIONES DE INSTRUMENTOS DE MEDICION DE FLUJO

4.2.3.2.1.1. Instrumentos para medición de flujo del tipo presión diferencial

El principio de medición por presión diferencial será utilizado para la mayoría de los casos. En general, el elemento sensor será la placa de orificio. Otros tipos de elementos (venturi, toberas, annubar, etc.) serán utilizados cuando se requiera menor caída de presión o cuando sean expresamente solicitados por el cliente.

El mínimo diámetro de la línea de tubería para la instalación de placas de orificio debe ser de 2" (DN 50). En los casos en que la línea sea menor de 2", serán utilizados medidores de orificio integral, pre ensamblado.

En general, los transmisores serán electrónicos "inteligentes" con salida de 4-

20mA, o digitales, compatibles con la selección del sistema de control y DCS de la planta correspondiente, cuando operan en modo inteligente. El encerramiento será NEMA 4X y 7.

Para los transmisores, el material del cuerpo será el estándar del fabricante y el diafragma será de acero inoxidable 316, salvo los casos en los cuales las condiciones de proceso requieran otro tipo de material.

El sensor de presión diferencial será capaz de soportar un rango de presión superior al valor de presión máximo de operación.

Los valores del rango de presión diferencial para las placas de orificio serán: 20, 25, 50, 100, o 200 in H₂O. El valor preferido será de 100 in H₂O.

El rango calibrado del transmisor será seleccionado de forma tal que el flujo máximo corresponda al límite superior del rango.

El valor de la relación BETA (β) para las placas de orificio (Diámetro del orificio / Diámetro interno de la tubería) será de 0.30 a 0.70.

Las placas de orificio serán del tipo Paleta. La siguiente información deberá estar troquelada en la cara aguas arriba de la paleta:

- Tag del instrumento
- Diámetro del orificio
- Tamaño de la línea y *rating* de la brida
- Material de la placa de orificio
- Relación Beta

En general, las placas de orificio serán construidas de acero inoxidable 304, salvo alguna otra especificación o requerimiento.

El espesor de la placa será el valor recomendado en el API "Manual of Petroleum Measurement Standards" Cap. 14.3 excepto para los Diámetros 6" y 8" (150 y 200 mm) cuando la temperatura de operación sea superior a 750 °F (400°C), en cuyo caso el espesor de la placa de orificio será de 1/4 in. (6 mm).

El tipo de conexión a proceso de las tomas de presión será en concordancia con los detalles típicos de conexiones para instrumentos definidos en la Especificación de Conexionado de Instrumentos a Tubería.

Las bridas porta placas estarán de acuerdo con **ANSI B16.36**. El material de las bridas, anillos y algún otro accesorio será en concordancia con la Especificación de Materiales de Tubería del proyecto.

El *rating* de presión y las dimensiones de las bridas para placas de orificio serán determinadas en concordancia con la Especificación de Materiales de Tubería (el *Rating* mínimo será de ANSI 300#).

4.2.3.2.2 INSTALACIÓN DE INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DE FLUJO

La localización de cualquier medidor de flujo será determinada de forma tal que el fluido a ser medido permanezca en una sola fase cuando fluya a través del medidor, no vaporizado para el caso de líquido, no condensado para gas, vapor o vapor de agua

Instalación de instrumentos de medición de flujo por presión diferencial

Los elementos primarios serán localizados de forma tal que las válvulas asociadas a las conexiones a proceso sean fácilmente accesibles. Entre el transmisor de presión diferencial y el elemento primario de medición se deberá prever espacio disponible y próximo para las tuberías de conexión a proceso.

Los elementos primarios de medición de flujo serán localizados donde se permita al fluido fluir libremente y con pocas pulsaciones. Deben ser localizados donde la línea este completamente llena de fluido. Por esta razón; para líquidos debe evitarse la localización en líneas verticales con dirección de flujo hacia abajo o líneas horizontales en el punto más alto; para gas o vapor debe evitarse la localización en líneas verticales con dirección de flujo hacia arriba o líneas horizontales en el punto más bajo; para vapor la localización ideal es en línea horizontal en su punto más alto.

Los elementos de medición serán localizados en tuberías que posean adecuada longitud de tramos rectos aguas arriba y aguas abajo del elemento de medición, y la superficie interna de la tubería sea suficientemente lisa, y en los casos de bridas soldadas, se deberá tener cuidado adicional para remover las protuberancias o irregularidades originadas por el material de la soldadura

Para medidas precisas de flujo se requiere una suficiente longitud de tramo recto de tubería sin ningún tipo de obstrucción aguas arriba y aguas abajo del elemento de medición.

Se deberán contemplar las mínimas longitudes de tubería recta aguas arriba y aguas abajo del elemento de flujo según las normas aplicables. Cuando la longitud de tubería disponible, no es suficiente, se deberá considerar el uso de "straightening vanes".

Donde aplique, se deberá tener especial cuidado en la correcta posición de las tomas de proceso y de los orificios de venteo y drenaje de las placas de orificio.

La localización de las tomas para medidores de presión diferencial será como se indica

- Para vapor en líneas horizontales: En plano horizontal; el instrumento debe ser localizado por debajo del elemento y las tomas provistas con arreglo del tipo de “pierna húmeda”.
- Líquidos en línea horizontal: En plano horizontal; el instrumento debe ser localizado por debajo del elemento de medición.
- En líneas verticales: para vapor el instrumento debe localizarse por debajo de las tomas con arreglo de “pierna húmeda”. Para líquidos el instrumento debe ser localizado por debajo de las tomas.
- Para gases en líneas horizontales: Las tomas serán verticales; el instrumento debe ser localizado por encima de la línea.
- Para gases en líneas verticales: Las tomas serán verticales; el instrumento debe ser localizado por encima de las tomas.

Los instrumentos de flujo (presión diferencial) serán especificados con un *manifold* de tres válvulas.

Instalación de otros tipos de instrumentos de medición de flujo

Los medidores de flujo serán instalados de manera tal que permitan fácilmente el retiro y mantenimiento de éstos, contemplando las longitudes de tubería recta

aguas arriba y aguas abajo del elemento de flujo según las normas aplicables.

Deberá contemplarse suficiente espacio en la parte superior e inferior del medidor para limpieza y reparación

4.2.3.3 INSTRUMENTOS DE NIVEL

4.2.3.3.1 TIPOS Y APLICACIONES DE INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DE NIVEL

Instrumentos de medición de nivel del tipo presión diferencial

En general, serán utilizados instrumentos de nivel del tipo diferencial de presión, a menos que las condiciones de proceso dictaminen el uso de otro tipo más apropiado.

Los instrumentos de nivel del tipo diferencial de presión serán electrónicos “inteligentes” con salida de 4-20mA, o digitales, compatibles con la selección del sistema de control y DCS de la planta correspondiente, cuando operan en modo inteligente. El encerramiento será NEMA 4X y 7.

Para los casos de presiones internas altas, los recipientes deberán estar provistos de bridas para montaje.

El material del cuerpo será el estándar del fabricante, el diafragma será de acero inoxidable 316, a menos que las condiciones de proceso requieran otro material, o cuando el material estándar del fabricante sea apropiado para la aplicación.

Donde sea necesario evitar taponamiento en la boquilla, el instrumento tendrá un diafragma extendido, que soporte la temperatura del proceso, como mínimo.

Los instrumentos bridados serán provistos de anillos para drenaje (*drip rings*).

El *rating* de presión y las dimensiones serán en concordancia con la Especificación de Materiales de Tubería.

Cuando el instrumento es instalado por debajo del nivel mínimo de líquido deberá poseer ajuste de cero en el rango.

Instrumentos de medición de nivel del tipo Desplazador

Serán utilizados instrumentos de medición de nivel del tipo Desplazador en los siguientes servicios:

- a) Para medición de interfaz líquido-líquido.
 - 1. Donde existen niveles neumáticos tipo Desplazador. (En este caso se cambian el brazo de torsión y el cabezote).

Visores de nivel

Para indicación local de nivel serán utilizados visores de nivel, a menos que las condiciones de proceso, dimensiones físicas o requerimientos de precisión requieran otros instrumentos más apropiados.

Los visores de nivel serán generalmente armados del tipo transparente o *Reflex*. Cuando se use en conjunto con instrumentos de nivel, la porción visible del visor de vidrio deberá cubrir el rango de operación asociado al instrumento de nivel.

Los visores del tipo *Reflex* serán utilizados en servicios de líquidos limpios, excepto en las interfaces de nivel de líquido.

Los visores de nivel del tipo transparente serán utilizados para los siguientes servicios:

- a) Medición de interfaz líquido-líquido.
- b) Medición de líquidos opacos.
- c) Medición de líquidos muy viscosos (10 cP).
- d) Medición de líquidos los cuales pueden corroer o erosionar el material del visor, en estos casos, los visores de nivel serán de tipo *Mica-seal plate*.

Los visores de nivel del tipo transparente serán especificados con iluminación a 120 V AC.

Los visores de nivel serán suministrados con bridas para la conexión a proceso. El *rating* de presión será igual o mayor al *rating* del recipiente.

El tamaño de la brida del recipiente será de 3/4", a menos que el recipiente requiera de un tamaño de brida mayor.

Los visores de nivel serán instalados con válvulas de aislamiento del tipo *check - bola* y válvulas de venteo / drenaje (*gage cocks*).

Los visores de nivel con chaquetas serán utilizadas para líquidos que puedan congelarse o vaporizarse fácilmente.

El tamaño de la sección para los visores de nivel del tipo *Reflex* o *Transparente* será de aproximadamente 321 mm de longitud visible.

Se utilizará un máximo de 3 secciones para un visor de nivel simple.

Cuando 2 o más visores sean requeridos, el rango de operación deberá ser

cubierto con los visores, permitiendo una superposición mínima entre uno y otro de 25 mm de longitud visible.

Cuando un visor de nivel es instalado en conjunto con otro instrumento de nivel, la localización y orientación de este visor será de manera tal que permita la verificación de ambos instrumentos.

Interruptores de nivel

Los interruptores de nivel serán utilizados para los siguientes servicios:

- a) Para detectar nivel de líquido permitiendo el uso de contactos para ser conectados a sistemas de monitoreo y enclavamiento.
- b) Suministrando contactos para operación y circuitos de control de arranque y parada de equipos.

Otros instrumentos de nivel

Instrumentos de nivel de tipo especial podrían ser considerados para aplicaciones especiales tales como: tipo sensor capacitivo, sensor por conductividad, etc.

4.2.3.3.2 INSTALACIÓN DE INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DE NIVEL

En general, los instrumentos de nivel deben ser instalados de manera que su rango medio coincida con el nivel normal de líquido y los valores del nivel mínimo y máximo deben estar cubiertos por el rango del instrumento.

Medidores de Nivel Tipo Desplazador

Para transmisores de nivel tipo Desplazador externo, se deberá proveer una válvula entre el instrumento y el recipiente. Esta válvula debe ser suministrada por el grupo de Tuberías.

La especificación de la válvula debe estar de acuerdo con la especificación del recipiente.

Para los interruptores de nivel externos, el grupo de Tuberías deberá proveer válvulas entre el instrumento y el recipiente. Adicionalmente, se requerirán válvulas de drenaje y materiales en concordancia con la especificación del recipiente.

Serán utilizados elementos del tipo *Stand-Pipe* donde se requiera de largos tramos de medición de nivel. Estos elementos serán de 3" de diámetro y con conexiones a los recipientes del tipo bridado con *rating* de presión igual o mayor al *rating* del recipiente.

Instrumentos de Nivel tipo presión diferencial

Estos instrumentos serán suministrados con una toma para balance de presión, la toma de presión seca (pierna seca) será localizada lo más cerca posible y por debajo del nivel cero de medición, permitiendo ajuste de éste último sin necesidad de requerir de algún Kit de elevación del cero.

Para los instrumentos de nivel del tipo de presión diferencial bridados, las válvulas de aislamiento entre el instrumento y el recipiente, serán suministradas por el grupo de tuberías.

Cuando se requiera la medición de nivel para recipientes con sistemas de sello, purga o sistemas presurizados, el instrumento se instalará por debajo de la toma más baja del recipiente o por encima de la toma más elevada del recipiente, dependiendo del sistema de purga o sellado, permitiendo así el llenado rápido del sello líquido.

4.2.3.4 INSTRUMENTOS DE PRESION

4.2.3.4.1 TIPOS Y APLICACIONES DE INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DE PRESIÓN

Transmisores de presión:

Serán utilizados para la medición continua, control y/o registro de presión. Los transmisores de presión serán electrónicos “inteligentes” con salida de 4-20mA, o digitales, compatibles con la selección del sistema de control y DCS de la planta correspondiente, cuando operan en modo inteligente. El encerramiento será NEMA 4X y 7.

En general, el material del elemento sensor de presión será acero inoxidable 316, a menos que las condiciones de proceso requieran otro material, o cuando el material estándar del fabricante sea apropiado para la aplicación.

El rango del transmisor será seleccionado tal que la presión normal de operación se encuentre entre un 40% y un 75% del rango, y que la presión máxima no exceda el tope del rango.

Para medición de presión de vacío se utilizarán unidades de in Hg.

Indicadores de presión (manómetros):

Se utilizarán para indicación local. En general, los manómetros serán de caja fenólica ó de aleación de aluminio. El elemento será tubo *bourdon* ó fuelle, de acero inoxidable 316, a menos que las condiciones de proceso requieran otro material.

Los manómetros serán generalmente de dial de 4-1/2". La escala será indicada en negro sobre fondo blanco. Para presión de vacío será indicada en rojo sobre fondo blanco.

En general, la conexión a proceso será roscada, de 1/2" NPT-M. En servicios pulsantes tales como presión en bombas y compresores, los manómetros serán de tipo rellenos de líquido. Todos los manómetros tendrán protección de sobre-rango de un 30% como mínimo, de acuerdo con Exxon IP 15.3.1.

Los manómetros deben ser provistos con sifón tipo *pigtail* para los servicios con temperaturas mayores a 212 °F.

El rango de indicación o escala del manómetro será seleccionado tal que la presión normal de operación se encuentre entre un 30% y un 70% de la escala, y que la presión máxima no exceda el tope de la escala. El grado de precisión debe ser Grado 2 A. En general los rangos estándar a utilizar para manómetros serán:

0 - 15	0 - 300
0 - 30	0 - 600
0 - 60	0 - 800
0 - 100	0 - 1600
0 - 160	0 - 2000
0 - 200	0 - 3000

(Unidades: psi)

Estos rangos pueden variar de acuerdo a los estándares de los proveedores.

Para manómetros en servicio de presión de vacío se utilizarán los valores anteriores en unidades de in Hg.

Para manómetros en servicio viscoso se utilizarán indicadores con diafragma de sello, con toma de proceso de $\frac{3}{4}$ ".

Reguladores de presión

Se utilizarán sólo para aplicaciones simples tales como reducción de presión en aire de instrumentos, en servicios de purga, gas inerte de sello, etc.

4.2.3.4.2 INSTALACIÓN DE INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DE PRESIÓN

Las conexiones de presión deberán estar ubicadas en la parte superior de la tubería o en el espacio de vapor o gas en los recipientes. El instrumento deberá estar ubicado lo más cerca posible de la toma de presión, tal que sea posible el ajuste de cero debido a la columna de líquido.

Para servicio de vapor, el instrumento será localizado por debajo de la toma de proceso, y ser provisto de "pierna húmeda".

La ubicación de los manómetros y en general, instrumentos con indicación local deberá ser de forma tal que facilite la visibilidad de la indicación para operadores a nivel de piso o plataforma. La ubicación debe seleccionarse para permitir funciones tales como la operación de la válvula manual a la descarga de una bomba observando la indicación del manómetro.

Cuando en un mismo recipiente o tubería estén ubicados un instrumento de presión y un manómetro, estos deben ser ubicados de forma tal que la lectura de uno de ellos pueda ser utilizada para verificar fácilmente el otro.

Los instrumentos de presión diferencial en equipos tales como torres de destilación, deberán ser ubicados por encima de ambas tomas de presión, para evitar error por condensación de líquidos y taponamiento de las líneas de medición.

El punto de medición de presión debe ser ubicado donde exista flujo uniforme sin condiciones pulsantes. Por ello deben evitarse mediciones de presión en codos o Tee's. Para medición de presión bajo condiciones pulsantes debe proveerse el instrumento de un amortiguador de pulsaciones (*damper*).

Los instrumentos de presión serán especificados con *manifold* de dos vías que tengan válvulas de bloqueo y venteo en 316 SS o en otro material apropiado al servicio, excepto para productos viscosos.

4.2.3.4.3 SELLOS DE DIAFRAGMA

Los instrumentos de presión deberán ser provistos con sello de diafragma para la conexión a proceso en los siguientes servicios:

- Ácidos o bases fuertes, o fluidos muy corrosivos.
- Líquidos pastosos (*slurry*) ó que contengan sedimentos.
- Fluidos altamente viscosos.

El material y el tipo de conexión del diafragma deberán ser compatibles con el fluido de proceso, de acuerdo a la especificación de tuberías.

4.2.3.5 ELEMENTOS FINALES DE CONTROL

4.2.3.5.1. GENERAL

Los elementos finales son aquellos dispositivos en un lazo de control que ejecutan la manipulación del proceso, tales como las válvulas de control.

La selección de tipos y modelos de las válvulas de control deberá hacerse con un criterio de mínima diversidad, con miras a facilitar su compra y minimizar la variedad de partes de repuesto.

En general, las válvulas de control serán con actuador de tipo diafragma o pistón, con posicionador electroneumático. Para válvulas de apertura / cierre se utilizarán actuadores de tipo pistón, diafragma o motorizado, dependiendo de la aplicación.

El posicionador de cada válvula de control será especificado del tipo inteligente con funciones de auto-diagnóstico.

El conjunto actuador-posicionador de las válvulas de control deberá operar en un rango de señal neumática de 3 - 15 psi para el desplazamiento total de la válvula. La velocidad de apertura o cierre deberá ser evaluada en aquellos casos que haya un requerimiento específico del proceso.

Todas las válvulas serán provistas de bridas. Sólo serán consideradas las válvulas sin bridas y tipo *wafer* si la especificación de tuberías permite la utilización de pernos largos.

Los materiales y el *rating* de las válvulas de control serán determinados por la especificación de tuberías correspondiente a la línea. El *rating*, en todo caso, no será menor que ANSI 300#, excepto para las válvulas de control *On-off*, las cuales

se acepta que sean especificadas ANSI 150#. En los casos donde la especificación de tubería correspondiente a la línea sea superior a acero al carbono, el cuerpo de la válvula será en acero inoxidable. El asiento será generalmente de acero inoxidable tipo 316 ó 304 como mínimo.

En caso de requerirse materiales muy especiales, se podrán considerar construcciones alternas como recubrimientos internos de teflón o *stellite*, que cumplan igualmente con las exigencias del fluido.

No se utilizarán válvulas de control en tamaños menores de 1". Igualmente, no se utilizarán válvulas en tamaños de 1-1/4", 2-1/2" ni 5".

En general, no se utilizarán válvulas de control de un tamaño de cuerpo nominal menor a la mitad del diámetro de la tubería. En caso de necesitarse capacidades menores a este mínimo, deberá especificarse la válvula con *trim* reducido.

El requerimiento de volante para operación manual de válvulas de control será determinado por la disciplina de Procesos, en base a consideraciones de mantenimiento y de operación en casos de falla de la válvula. Las válvulas que requieran la opción de volante serán indicadas en los P&IDs.

Para servicios a temperaturas extremas (altas o bajas) deberán considerarse válvulas de control con bonetes provistos de extensores y/o aletas disipadoras.

Para todas las válvulas, especialmente en servicio de gas, será verificado el cumplimiento del nivel de ruido permisible de acuerdo a las normas aplicables, calculado por los métodos recomendados por ISA y por el proveedor específico. En caso de que el ruido exceda el límite permisible deberán aplicarse los métodos correctivos apropiados.

4.2.3.5.2 ACCIÓN DE FALLA DE VÁLVULAS

La acción de falla de la válvula FC (*Fail Closed*) o FO (*Fail Open*) se considera para pérdida de la alimentación. La acción del posicionador debe ser directa.

La acción de fallas de las válvulas es clasificada de la siguiente manera:

- Falla Abierta o *Fail Open*: La válvula abre en falla de aire.
- Falla Cerrada o *Fail Closed*: La válvula cierra en falla de aire.
- Falla Bloqueada o *Fail Lock-up*: La válvula mantiene su última posición

La acción de falla de la válvula deberá ser seleccionada tal que el actuador coloque a la válvula en la posición más segura para la operación de la planta en caso de falla de alimentación.

La falla de la válvula será la indicada en los P&IDs por la disciplina de Procesos.

4.2.3.5.3 CARACTERÍSTICAS DE FLUJO

La característica de flujo de las válvulas de control será determinada de acuerdo a cada aplicación específica. En general:

a) Característica lineal:

- Para fluctuaciones pequeñas de las condiciones de carga,
- Cuando la caída de presión en la válvula de control representa, más de 2/3 de la caída total de presión en la línea (o la diferencia de presión con la válvula cerrada).
- Para aplicaciones que requieran operación suave.

b) Característica igual porcentaje:

- Para aplicaciones con fluctuaciones grandes de presión y flujo.
- Para caídas de presión en la válvula pequeñas en comparación con la caída de presión en el resto del sistema.

c) Característica de apertura rápida:

- Para servicio *On-Off*

4.2.3.5.4 TIPOS Y APLICACIONES DE LAS VÁLVULAS

Como regla general se utilizarán válvulas de control tipo globo o tapón rotativo, hasta un tamaño de 6". Para tamaños mayores, y en aquellos casos en que la aplicación lo requiera, se considerarán otros tipos de válvula más apropiados.

Las válvulas tipo globo serán especificadas tipo *balanced cage-guided*.

Otros tipos de válvulas tales como de sección de bola, etc. deberán ser considerados donde exista una aplicación específica que así lo requiera.

4.2.3.5.5 DIMENSIONAMIENTO DE VÁLVULAS DE CONTROL

Todas las válvulas de control serán dimensionadas utilizando los métodos recomendados por ISA. Los actuadores serán seleccionados para cumplir con los requerimientos de máxima caída de presión. Se tomarán en consideración igualmente, aquellos métodos de dimensionamiento recomendados por el fabricante para casos específicos.

4.2.3.6 VÁLVULAS DE ALIVIO

Las válvulas de alivio serán seleccionadas y dimensionadas de acuerdo a las normas aplicables a recipientes y líneas (ASME, API, etc.) o para el caso de Fuego, según lo determine la disciplina de Procesos.

El tipo de válvula (*Safety, Relief, Safety-Relief, Thermal Relief, Pressure and Vacuum Break*) y el diseño de la válvula (Resorte cargado u operada por Piloto, sellos blandos o metálicos, balanceada) será seleccionado dependiendo del servicio y la función requerida por el proceso.

En general la capacidad y el *set-pressure* de las válvulas serán establecidos por los requerimientos de la Disciplina de Procesos.

4.2.3.7 SISTEMA DE CONTROL Y SISTEMA DE PARADA DE EMERGENCIA

Los Sistemas de Control Distribuido (DCS) y los Sistemas de Parada de Emergencia (ESD) asociados a los proyectos del contrato Marco son existentes, excepto en el caso del proyecto de la Modernización de la U-800, en el cual se implementará el control de la planta a través de un PLC Allen-Bradley.

La instrumentación de campo asociada a ESD será utilizada exclusivamente para ser conectada a este sistema.

En general, las señales de I/O y la lógica de interbloqueo asociadas con ESD serán diseñadas bajo criterios de falla segura (*fail-safe*), utilizando circuitos normalmente energizados. El sistema deberá permitir señales de campo de tipo analógicas (4-20 mA) y discretas, como iniciadores de secuencias de parada de emergencia.

Las condiciones y acciones de parada de emergencia serán determinadas por la disciplina de Procesos, en función de las normas aplicables.

Para los DCS, éstos deben ser capaces de recibir los siguientes tipos de señales provenientes de campo:

- ☞ Señales de 4 - 20 mA, 24 VDC
- ☞ Señales digitales con protocolo compatible con el DCS correspondiente
- ☞ Señales de contacto seco, a 24 VDC
- ☞ Señales de comunicación basadas en protocolos industriales (ModBus RTU, DH+, etc.)

Cada DCS debe ser capaz de suministrar a campo los siguientes tipos de señal:

- Señales de 4 - 20 mA, 24 VDC
- Señales de contacto seco, a 24 VDC

4.2.3.8 PLC PLANTA DE AGUA U-800

El sistema de control de la U-800 estará basado en controladores Allen-Bradley, ControlLogix de la serie 5000 en configuración redundante en CPU y en fuente.

Los controladores estarán conformando una red *ControlNet* que permitirá integrar los módulos de I/O requeridos.

El sistema será supervisado por medio de un software de *Allen-Bradley* que permitirá monitorear la Unidad por medio de dos estaciones de trabajo basadas en PC, las cuales estarán ubicadas en la sala de operación de la U-800.

Los enlaces entre equipos ubicados en la U-800 y los equipos ubicados en la U-850 se harán por FO y serán redundantes.

El sistema tendrá la capacidad de integrarse en el futuro al sistema existente en la U-850.

El sistema hará interfaz con la base de datos en tiempo real PI RTDB y con la red corporativa (LAN) existentes en la GCB.

4.2.4. MATERIALES DE INSTALACION

4.2.4.1 TUBERÍAS, ACCESORIOS Y TUBING

Los tipos, dimensiones, diámetros y *rating*, de las conexiones de los instrumentos, válvulas y demás accesorios para su montaje serán los definidos en:

- ASME B16.5 para todas las conexiones bridadas.
- ASME B1.20.1 (rosca tipo NPT) para todas las conexiones roscadas.

Los materiales de tuberías, válvulas y accesorios a escoger para el diseño de la instalación de instrumentos deberán ser compatibles y apropiados para el servicio o fluido de proceso. Los materiales serán compatibles y equivalentes a la especificación de tuberías aplicable en el punto de conexión del instrumento.

En general, se utilizará *tubing* de acero inoxidable 316 para la conexión a proceso de los instrumentos. El *tubing* será de 1/2" de diámetro externo y los "accesorios" y válvulas de compresión asociados deberán ser de acero inoxidable 316 y de tipo doble *ferrule*.

El *tubing* para conexión a proceso tendrá un espesor de pared no menor de 0.049".

Cuando las características del servicio impiden el uso de *tubing*, los materiales y accesorios a utilizar estarán de acuerdo a la especificación de materiales de tubería aplicable.

El *tubing* para las conexiones neumáticas de los instrumentos será de acero inoxidable 316 de diámetro 3/8" (0.035" de espesor de pared) para alimentación de aire. Los accesorios de conexión asociados deberán ser acordes con este material.

4.2.4.2 MATERIALES ELÉCTRICOS

4.2.4.2.1 BANDEJAS

La canalización del cableado entre las cajas de conexión y los instrumentos de campo se realizará en un primer tramo mediante bandejas portacables. En el tramo final saliendo de la bandeja al instrumento se protegerá el cable empleando conduit abierto.

Se utilizarán bandejas portacables para todas las rutas aéreas principales de canalización de instrumentación.

Las bandejas portacables serán del tipo escalera o canaleta de fondo ranurado de aluminio o acero galvanizado, serie pesada, para instalación horizontal o vertical, con fondo tipo escalera o sólido, en tramos rectos con sus respectivos accesorios. Su diseño debe cumplir las exigencias del artículo 318 del NEC.

Los tramos rectos y las curvas deberán tener provisiones para la instalación de cubiertas o tapas, las cuales protegerán los cables contra objetos extraños o líquidos corrosivos.

Podrán utilizarse barreras metálicas internas (separadores) en tramos de bandeja, para segregar cableado de circuitos de distinta índole

La soportería será fabricada en perfiles de hierro galvanizado en caliente con acabado en pintura, el color de la pintura será definido en obra. Toda la tornillería será resistente a la corrosión (Acero inoxidable). Si es necesario realizar perforaciones o cortes sobre elementos terminados o reparar pequeñas áreas dañadas del galvanizado, las áreas afectadas se deben reparar con pinturas enriquecidas con zinc para galvanizado en frío siguiendo el procedimiento recomendado por el fabricante.

Los soportes, los tramos rectos y los accesorios que conforman el sistema de bandejas se localizarán e instalarán según se indica en los planos respectivos.

4.2.4.2.2 TUBERÍA CONDUIT EN AREAS DE PROCESO

En las áreas en donde las canalizaciones eléctricas son con tubería conduit, esta será en acero galvanizado del tipo extra-pesado de Colmena o equivalente previamente aprobada por ECOPETROL, soldada longitudinalmente, burilada internamente, galvanizada en caliente de acuerdo con ANSI C80.1, con roscas cónicas NPT. El tamaño mínimo será de 3/4".

Los materiales y accesorios asociados a la canalización tipo conduit serán del tipo apropiado para instalación en plantas petroquímicas, de acuerdo al ambiente y a la clasificación de área correspondiente.

En general la tubería debe tenderse en tramos horizontales o verticales, con una pendiente mínima del 0.5% para permitir el desagüe de la condensación atrapada en la misma. Debe soportarse y fijarse como mínimo cada 2 metros. Los tramos cortos de llegada a equipos, tableros o cajas que en conjunto con la tubería conduit de llegada pueden ser rígidos, no tendrán soportes o fijaciones suplementarias.

En todas las conexiones necesarias para tender los tramos de tubos, conectar accesorios de tubería y terminaciones en los equipos se deben enroscar como mínimo 7 filetes de rosca. El sistema de conduit no se soportará de los equipos ni de las válvulas de proceso. Tampoco se instalará conduit sobre superficies calientes a más de 55° C.

Los soportes especiales se indicarán en los típicos respectivos de montaje. Entre puntos de halado no se harán curvas sucesivas que sumen más de 270°, de lo contrario se instalarán conduletas y/o cajas de paso. En general, se usarán acoples rectos (uniones simples). En los casos en los cuales no se pueda girar ninguno de los tramos que se intenta conectar se usarán uniones universales.

Los radios de curvatura para los conduit, estarán de acuerdo con la tabla 346-10 del Código Eléctrico Nacional, esto es seis veces el diámetro nominal del tubo medidos sobre el borde interno del mismo.

4.2.4.2.3 CABLES

Los cables serán especificados como UL listados y certificados. Dentro del listado de documentos requeridos con la oferta, se solicitará a cada proveedor incluir con su cotización la certificación UL de los modelos, referencias y tipos de cables propuestos.

La clasificación y especificación básica de cables será como se indica a continuación:

Tipo A: Cable de instrumentación y control para señales analógicas de entrada y de salida, de 4 a 20 mA dc y discretas de entrada y de salida a 24 V dc en circuitos intrínsecamente seguros (sin incluir suministro de voltaje a solenoides), aislamiento interno termoplástico de PVC o CPE de color, apto para temperaturas de 105°C. Conductores tipo haz concéntrico clase B de 7 hilos de cobre electrolítico recocido blando sin estañar, pantalla electrostática tipo envoltura externa con cinta metalizada aplicada en forma helicoidal con traslape mínimo del 25% para asegurar completo cubrimiento en las curvas (para cables multipar o multitríada). Cubierta intermedia termoplástica PVC o CPE de color, apta para temperaturas de 105°C. Armadura de alambres redondos de acero galvanizado con cubrimiento nominal del 90% de la superficie: Served Steel Wire Armor, SWA. Cubierta exterior termoplástica de PVC o CPE de color azul (color negro para cableado a ESD), resistente a abrasión y ácidos, apta para temperaturas de 105°C y retardante a la llama. Los cables deben cumplir con una especificación de voltaje de 300 voltios / 105°C. Los conductores de cada par deben ser negro y blanco con identificación consecutiva de los pares mediante impresión del número en uno de los conductores.

Tipo B: Cable de control para circuitos a 24 V dc intrínsecamente seguros. Aislamiento individual termoplástico de PVC o CPE de color, apto para temperaturas de 105°C. Conductores tipo haz concéntrico clase B de 7 hilos de cobre electrolítico recocido blando sin estañar. Armadura de alambres redondos de acero galvanizado con cubrimiento nominal del 90% de la superficie: Served Steel Wire Armor, SWA. Cubierta exterior termoplástica de PVC o CPE de color azul (color negro para cableado a ESD), resistente a abrasión y ácidos, apta para temperaturas de 105°C y retardante a la llama. Los cables deben cumplir con una especificación de voltaje de 300 voltios / 105°C. Los conductores deben ser

identificados de acuerdo con el método 4 de la norma ICEA.

Tipo C: Cable de control (para alimentación). Cubierta interna de PVC resistente al calor, llama y humedad. Armadura de alambres redondos de acero galvanizado con cubrimiento nominal del 90% de la superficie: Served Steel Wire Armor, SWA. Cubierta exterior de PVC color negro, retardante a la llama, resistente a abrasión y ácidos. Los cables deben cumplir con una especificación de voltaje de 600 voltios / 105°C.

Los cables deben tener grabada sobre la superficie exterior a lo largo de su longitud, de forma indeleble y legible en bajo relieve la siguiente información:

- PROPIEDAD DE ECOPETROL
- Nombre del Fabricante.
- Año de fabricación.
- Calibre y Numero de conductores.
- Tipo y clase de aislamiento

CLASIFICACION

TIPO DE CABLES

Señales analógicas Tipo A.

#16 AWG.

1 par de conductores, entorchados,
generales.

Señales analógicas Tipo A.

#20 AWG.

N pares de conductores, entorchados,
generales

Señales discretas Tipo A.

#16 AWG.

1 par de conductores, entorchados,

Señales discretas Tipo A. #20 AWG.
N pares de conductores, entorchados,

Señales de Tipo B. 2 conductores #14 AWG.
Control. (Solenoides)

Señales de Tipo B. 19 conductores #14 AWG.
Solenoides (24 VDC).

Alimentación Tipo C. Tres conductores # 14 AWG.
Podría usarse tres conductores #12 AWG
de instrumentos por razones de regulación.

En todo caso, los cables no tendrán un calibre menor a # 20 AWG y serán listados UL.

El número de pares / conductores de los cables multipares / multiconductores, se determinará durante el desarrollo de la ingeniería.

Para aquellas aplicaciones específicas que requieran cables distintos a los mencionados, se seleccionará el cable siguiendo los lineamientos del fabricante del equipo asociado o deberá especificarse para ser suministrado por dicho fabricante como parte del equipo. Este es el caso de los cables requeridos para ciertos sensores de flujo, sensores de nivel, sensores de analizadores, así como los cables de comunicación requeridos para analizadores, PLC, válvulas motorizadas, sistemas de medición de tanques, etc.

4.2.4.2.4 CAJAS DE CONEXIÓN

En primera instancia se utilizarán las cajas existentes para la concentración de señales, siempre y cuando manejen el tipo de señal requerido. Podrán reutilizar cajas existentes, efectuándoles las modificaciones y adecuaciones pertinentes para la nueva aplicación.

En el evento en que no pueda implementarse alguna de las alternativas anteriores, y sea necesario diseñar una nueva caja de interconexión, se especificará de acuerdo con los siguientes criterios:

Las cajas deberán ser tipo NEMA 4X y 7, fabricadas en placas de acero galvanizado (espesor > de 2 mm) o en aluminio fundido. Las cajas de conexión se dimensionarán máximo para 74 bornes, es decir dos regletas terminales de 37 bornes aislados cada una. Los bornes serán tipo atornillable, para conexión de conductores sin soldadura. Las dimensiones de las cajas a utilizar serán máximo: 16"W x 16"H x 8"D (406.4W x 406.4H x 203.2D)mm.

Todas las cajas de conexión deberán tener un grado de protección mecánico y eléctrico de acuerdo al área de clasificación en donde será instalada y serán listadas UL. Dentro del listado de documentos requeridos con la oferta, se solicitará a cada proveedor incluir con su cotización la certificación UL de los modelos, referencias y tipos de cables propuestos.

Se utilizaran prensaestopas (Cable Gland) certificados UL. Se anexará la certificación UL de los modelos, referencias, y tipo de prensaestopas (Cable Gland) ofertados y/o ofrecido.

4.2.5. DISEÑO DE INSTALACIONES

4.2.5.1 DISEÑO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS

4.2.5.1.1 GENERAL

El diseño de las instalaciones eléctricas deberá ser acorde con la clasificación de área.

4.2.5.1.2 CRITERIOS

La canalización principal, para el cableado desde cajas de conexión, paneles y otros equipos hasta la sala de control será principalmente por bandejas portacables existentes.

La canalización del cableado entre las cajas de conexión y los instrumentos de campo se realizará en un primer tramo mediante bandejas portacables. En el tramo final saliendo de la bandeja al instrumento se protegerá el cable empleando conduit abierto. La conexión del cable al instrumento o caja de conexión se realizará mediante terminadores para cable armado (tipo *cable-gland*) de tamaño apropiado para el diámetro del cable y con conexión NPT del tamaño apropiado a la conexión del instrumento o caja de conexión.

Debe evitarse soportar los bandejas portacables en las tuberías de proceso.

Se segregarán las canalizaciones y las cajas de conexión de acuerdo a la clasificación siguiente:

- Señales del sistema de control DCS o PLC.
- Señales del sistema ESD.

- Señales de potencia.
- Alimentación en 120 VAC a instrumentos.
- Cableado de Termocuplas.
- Cableado de comunicación.

Las señales analógicas y discretas de un mismo grupo serán segregadas empleando separadores metálicos en la bandeja.

4.2.5.1.3 SISTEMA DE CABLEADO

El cableado se hará tomando en cuenta los tipos de señales

El cable a utilizar será mínimo # 16 AWG para cables individuales y # 20 AWG para los multiconductores. Para la conexión de instrumentos a las cajas de conexión se utilizará cable bipolar o tripolar, mientras que la conexión entre cajas de conexión y sala de control se hará mediante cables multiconductores.

La pantalla de los cables será puesta a tierra en la sala de control, por lo tanto deberán proveerse los puntos de continuidad necesarios en las cajas de conexión entre las pantallas individuales de los cables bipolares y tripolares y la pantalla general del multiconductor.

4.2.5.1.4 TIPOS DE CABLES

Los tipos de cables a utilizar en el proyecto ya fueron especificados.

4.2.5.1.5 CAJAS DE CONEXIÓN Y TIPOS

Las cajas de conexión a ser utilizadas en el proyecto y sus tipos serán acordes a lo descrito con anterioridad.

Las cajas de conexión deberán ser instaladas de manera que se facilite su mantenimiento (1.5 m por encima del piso o las plataformas hasta el centro de la caja) y deberán estar ubicadas estratégicamente, lo más cerca posible de los instrumentos asociados a ellos. Para cajas nuevas, o reutilizadas (modificadas) se tendrá un máximo de dos (2) multiconductores por caja. La segregación de multiconductores por caja será de la siguiente manera:

- ☞ Un multiconductor dedicado a señales análogas de entrada y salida al sistema de control.
- ☞ Un multiconductor dedicado a señales discretas de entrada y salida al sistema de control.
- ☞ Un multiconductor dedicado a señales discretas de entrada al sistema de ESD.
- ☞ Un multiconductor dedicado a señales discretas de salida al sistema de ESD.

4.2.5.1.6 IDENTIFICACIÓN

Cajas de conexión

Las cajas de conexión serán codificadas de la siguiente manera:

JXX-PP-YYY-N

En donde:

JXX	Tipo de señales asociadas a la caja de conexión:
JE	Señales analógicas en general asociadas al Sistema de Control.
JD	Señales discretas en general asociadas al Sistema de Control.
JS	Señales de solenoides y válvulas VRV

JESD	Señales analógicas en general asociadas al Sistema de Parada de Emergencia (ESD).
JDESD	Señales discretas en general asociadas al Sistema de Parada de Emergencia (ESD).
JPS:	Alimentación eléctrica de instrumentos.
PPP	Código de la planta en donde será ubicada la caja de interconexión.
YYY	Consecutivo de la caja de conexión.

Cables y conductores

Los cables para conectar instrumentos de campo a cajas de conexión llevarán indicados, en sus terminaciones mediante marquillas Termoencogibles, los números de identificación de los instrumentos a los cuales se conectan.

Los cables para conectar cajas de conexión a la sala de control estarán identificados de la siguiente manera:

JXX- PP-YYY-N

En donde:

JX- PPP-YYY Identificación de la caja de interconexión asociada (Ver numeral anterior).

N Consecutivo del Multiconductor en la caja de interconexión.

Ejemplo: Cable 43-JESD-001-01. Multiconductor 1 asociado a la caja "43-JESD-001".

Bandejas portacables

La identificación de los tramos de bandejas portacables será de la siguiente manera:

Los tramos serán codificados con una identificación comenzando por el prefijo "BI" para bandejas de instrumentos, de la siguiente manera:

BI-PPP-XX-ZZZ

En donde:

PPP	Código de la planta
XX	Número consecutivo del tramo de bandeja.
ZZZ	Ancho nominal de la bandeja en mm.

4.2.5.2 DISEÑO DE INSTALACIÓN NEUMÁTICA

4.2.5.2.1 ALIMENTACIÓN DE AIRE

El diseño del cabezal principal de suministro de aire para instrumentos será responsabilidad de la disciplina de Tuberías, siguiendo los requerimientos establecidos por la disciplina de Instrumentación. El alcance del cabezal principal será hasta las válvulas de derivación inclusive, siendo este punto el límite de batería para el diseño.

El diseño de los ramales o circuitos neumáticos a partir de las válvulas de derivación será responsabilidad del grupo de Instrumentación.

El sistema debe ser aéreo, por lo tanto deberá evitarse en lo posible el uso de tuberías enterradas.

Los ramales de alimentación de aire desde la válvula de derivación hasta la válvula de aislamiento del instrumento o equipo se harán con tubería según la especificación de materiales de instrumentación para servicio de aire de instrumentos.

La instalación desde la válvula de aislamiento hasta el instrumento o equipo será hecha mediante *tubing* de acero inoxidable 316 de 3/8", según la especificación de aire para instrumentos.

Los soportes para las tuberías de aire tendrán una separación entre sí que oscilará entre 2 y 3 m.

Para el dimensionamiento y diseño de los circuitos debe seguirse la siguiente tabla:

No DE INSTRUMENTOS	TAMAÑO DE LA TUBERIA
5	1/2"
15	3/4"
25	1"
80	1 1/2"

NOTA: Cuando se utilizan instrumentos especiales (alto consumo) la tabla anterior no es válida y se deberá revisar el caso específico.

4.2.6. GABINETES DEL PLC

Los gabinetes del PLC a ser instalados en el cuarto de control de la U-800 serán tipo autosoportado. En ellos se alojarán las CPU's, los módulos I/O, las fuentes y las borneras de campo y accesorios completamente montados y alambrados.

El tamaño máximo de cada gabinete será 2000 MM h x 1800 mm W x 800 mm D, con doble puerta frontal, construido en lámina Calibre 12 como mínimo. El encerramiento debe ser NEMA 12.

El trabajo metalmecánico de los gabinetes deberá estar cuidadosamente terminado, es decir, las soldaduras previamente lijadas, no debe tener puntas sobresalientes, deberá estar correctamente pintado, etc. La superficie de los gabinetes deberá ser totalmente plana, lisa y libre de distorsiones.

Las partes removibles internas a cada gabinete deberán estar fijadas y aseguradas con tornillos de acero galvanizado, con cabeza hexagonal y su respectiva tuerca.

Las puertas tendrán una manilla de cierre con llave universal y tres puntos de cierre: arriba, en el medio y abajo. Además deberán tener una romanilla ubicada en la parte inferior de la puerta y un portaplanos plástico ubicado en el lado interior de la puerta del gabinete.

Los gabinetes deberán tener iluminación interna, una toma de 110 V AC, un interruptor para el manejo de la luz interna y un freno para la puerta.

Cada gabinete deberá suministrarse con su respectiva barra de conexión a tierra. Cada gabinete deberá ser autosoportado y contará con los dispositivos adecuados para el anclaje al piso de la sala de control y para su respectivo izamiento.

La entrada de los cables será por el lado inferior (piso removible) del gabinete

Para la alimentación de las señales de campo se dispondrá de 2 (dos) fuentes de poder redundantes de 24 V dc. Cuando una de las dos falle, la otra asumirá la carga completa del sistema sin perturbar el funcionamiento del sistema.

Los colores de los cables serán los siguientes:

- Gris para tendido eléctrico de suministro de energía operando a 120 VAC 60Hz.
- Marrón para tendido eléctrico de suministro de energía operando a 24 VDC.
- Azul claro para circuitos de señales Análogas.
- Negro para circuitos de señales Discretas.

4.2.7. GABINETES MARSHALLING

Las señales provenientes de campo y del CCM serán cableadas a tableros concentradores de señales ubicados en el cuarto técnico, dentro del Edificio de Control de la Planta de Agua U-800.

El diseño de cada gabinete se realizará con base en los siguientes lineamientos:

- ☞ El gabinete será autosoportado y tendrá las facilidades necesarias para el anclaje al piso del cuarto de control y para su respectivo izamiento.
- ☞ El acceso será por la parte frontal.
- ☞ El diseño y construcción de los conjuntos electrónico y mecánico serán de tipo modular.

Cada gabinete estará provisto con:

1. Módulos de suministro de potencia redundantes (Entrada 120 Vac -60 Hz- Salida 24 V d.c.);
 - ☞ Juego de barras de cobre de tierra y conexión de pantallas de cables
 - ☞ Sistema de enfriamiento por ventilación con termostato para control, dotado de
 - ☞ rejillas y filtros antipolvo removibles;
 - ☞ Luminaria interna accionada por interruptor de puerta;
 - ☞ Canales, guías y soportes de cables, tomacorrientes de servicio de 110 vac y rótulos.
2. Borneras y accesorios completamente ensamblados
3. Para la alimentación de las señales de campo se dispondrá de 2 (dos) fuentes de poder redundantes de 24 V dc. Cuando una de las dos falle, la otra asumirá la carga completa del sistema sin perturbar el funcionamiento del sistema. Cada fuente de 24 V dc se debe alimentar y cablear de UPS diferentes y separadas, desde el sistema redundante de UPS.

En el gabinete se proveerá un 20% de espacio disponible para expansiones futuras y un 50% de reserva en las canalizaciones internas para cables.

El gabinete será identificado con placa de baquelita asegurada con dos tornillos de acero inoxidable y con letras de 5 cm. de alto x 3 cm. de ancho grabada en la puerta del frente y su identificación será indeleble.

Las puertas tendrán una manilla de cierre con llave universal y tres puntos de cierre: arriba, en el medio y abajo. Además deberán tener un portaplanos plástico ubicado en el lado interior de la puerta del gabinete.

Los gabinetes deberán tener un freno para la puerta.

La entrada de los cables será por el lado inferior (piso removible) del gabinete

Por criterios de uniformidad y ergonomía Todos los gabinetes marshalling y los gabinetes del PLC tendrán dimensiones homogéneas en profundidad y en altura.

En el ensamble de paneles se utilizarán tuercas y pernos de tamaño y fuerza adecuada para ajustarse a la aplicación.

Las superficies de los gabinetes serán planas y libres de distorsión, marcas y rayas.

Los paneles removibles se asegurarán con pernos de cabeza hexagonal en acero inoxidable, ranurados AISI 304. Los pernos estarán separados.

Se utilizarán sellos de caucho neopreno en todas las puertas, paneles laterales y platinas de collares.

4.2.8. PUESTA A TIERRA

El sistema de puesta a tierra será diseñado de acuerdo con la última edición de la norma IEEE 80, de los artículos 200 y 250 del NEC y la norma ANSI C1. Todos los equipos, cajas de conexión, paneles y bandejas deben ser conectados al sistema general de tierra.

La Malla para el sistema de control y equipos electrónicos será dedicada, equipotencial a la malla de tierra y según los requerimientos del proveedor del sistema de control.

Los cables apantallados se conectarán al sistema general de tierra en un solo extremo cuando se trate de cables de instrumentación. Cuando se trate de cables de potencia, las pantallas estarán conectadas en sus dos extremos y todos los empalmes. La máxima resistencia admisible para la malla de puesta a tierra será de 1 Ohm para instrumentación

4.2.9. PARTES DE REPUESTO

Todas las requisiciones de materiales preparadas durante la ingeniería de detalle, consideraran ítems específicos y separados para las partes de repuesto requeridas para el arranque y puesta en servicio, y los repuestos requeridos para un año de operación de los equipos e instrumentos del proyecto.

4.2.10. VENDOR LIST

La recomendación para compra de los nuevos equipos e instrumentos especificados en la ingeniería, considerará únicamente marcas y proveedores en la categoría correspondiente, mencionados en el Vendor List entregado por ECOPETROL.

4.2.11. TAMAÑO DE PLANOS Y DOCUMENTOS

En general para la elaboración de los documentos se utilizarán los siguientes tamaños:

- Especificaciones y requisiciones en tamaño carta
- Listados en tamaño cara o doble carta
- Típicos de montaje y lazos de control en tamaño A3 (297mm x 420mm).
- Planos de ubicación de instrumentos y canalizaciones en tamaño A1 (594mm x 841mm).

RECOMENDACIONES

- Construcción de nuevo cuarto de control
- Montaje de tren de 5 filtros y 5 suavizadores de 740 gpm cada uno, para producir 2200 gpm con 3 suavizadores operando, uno en regeneración y uno disponible.
- Montaje de válvulas automáticas, medidores de flujo, PI's y sistema de control para operar el proceso en automático como la U-800.
- Un nuevo tanque para almacenamiento de agua potable.
- Dos bombas de agua desmineralizada P-831A Turbina con arranque automático y P-812B con motor eléctrico.
- Reposición de tres filtros de arena y antracita y tres de carbón activado de 740 gpm para potabilización, cuya operación, también será en automático.

JUSTIFICACIONES

- Los suavizadores tienen recomendación de cambio desde 2004 y el Z-804 han incrementado su frecuencia de rotura de 1 cada 2 años a 3 por año.
- La planta presenta alto grado de deterioro en tubería anexa a los suavizadores y al sistema de regeneración.
- Las bombas centrífugas P-800A/B, muestran baja confiabilidad mecánica, tanto en la bomba, como en la turbina para el caso de la P-800A.
- El D-800, tanque de preparación de salmuera presentó roturas múltiples en la base y el techo hace 8 meses y fue reparado pero dicha reparación garantiza una vida útil de sólo un año debido al mal estado de las paredes.
- La estructura metálica del D-800 está generando una contaminación continua con hierro a la resina de intercambio iónico de tal forma que su capacidad de intercambio se ha reducido en un 20%.
- La estructura de almacenamiento y cargue de sal es muy reducida y poco segura, prueba de ello es el accidente incapacitante de 39 días que sufrió el obrero Gustavo Marín. El nuevo sistema permite una mayor capacidad de almacenamiento y mejor espacio para circulación reduciendo el riesgo de accidentes.
- El F-800 se encuentra fuera de servicio por daño catastrófico en el piso falso.
- La operación de esta planta es totalmente manual, lo que implica un operador dedicado a este proceso.
- El monitoreo con que cuenta esta planta es mínimo, lo cual no permite realizar evaluaciones de desempeño individual de los suavizadores ni pronosticar su saturación para impedir el pase de dureza hacia el efluente.

- La capacidad total de almacenamiento de agua de potable en las plantas de tratamiento de aguas de la refinería es de 240 m³ suficiente sólo para 30 minutos de una demanda normal de 2100 gpm. La compra y montaje del nuevo tanque de agua potable aumentará el almacenamiento a 1000 m³ es decir para 2 horas de suministro.
- Cuando un suavizador se satura, este empieza a fugar dureza, si por alguna razón esta fuga que inicialmente es del orden de 0.5 ppm no se detecta a tiempo, el agua contaminada termina en las calderas afectando su integridad. Con el nuevo tanque se tendrá la posibilidad de evitar el envío de agua contaminada pues lo que se produce se envía tres horas después, dando tiempo para remediar la situación y enviar producto en especificaciones.
- El tiempo de residencia que tiene el agua suavizada en el tanque de almacenamiento permite la dilución de los picos de dureza que se presentan al saturarse un suavizador.
- En total el sistema de suavización de las plantas de tratamiento de aguas del área Refinería consta de 8 filtros y 7 suavizadores con lo que garantizan una capacidad de 1300 gpm. El nuevo sistema consta de 5 filtros y 5 suavizadores y una capacidad de 2200 gpm, lo que reducirá los costos de mantenimiento tanto preventivo como correctivo.
- La capacidad de producción actual de agua suavizada de 1300 gpm, no supe el total necesario de 2100 gpm, lo que implica que la planta de agua U-800 siempre debe estar operando. Esta situación se convierte en crítica cuando por necesidades de mantenimiento correctivo se debe parar la producción en la U-800 pues se depende del almacenamiento de 240 m³ con que se cuenta, que en el mejor de los casos supe una hora y 20 minutos, lo que es un tiempo muy corto para cualquier reparación.
- El actual cuarto de Supervisores de la Coordinación de Tratamiento de Aguas de la Refinería es un sitio muy reducido, a pesar de esto es utilizado como sala de reuniones, sala de capacitación, biblioteca de documentos, oficina de Supervisor de turno, oficina del coordinador en planta, bodega de almacenamiento de equipos e información. El nuevo cuarto de control permitirá espacio para los Supervisores, para reuniones, para el coordinador de las Plantas, para el operador, para la biblioteca y el archivo y un nuevo vestier que permite eliminar los improvisados existentes en la U-800 y U-830.

- El tamaño actual de cada suavizador sumado al estado de la resina de intercambio iónico, hacen que se tengan entre dos y tres suavizadores saturados por turno, como consecuencia, cada 3 horas se tienen pequeños pases de dureza a las calderas. Al incrementar la capacidad de operación y operar con resina nueva, la frecuencia de saturación pasará de cada 3 a cada 8 horas.
- El operador de la planta de agua U-800 tiene una carga de trabajo alta debido a que opera dos clarificadores, el proceso de agua potable, el proceso de suavización y el sistema de contraincendios; y todo esto opera manualmente. Con el nuevo tren de suavización de la U-800 es posible tener parado el proceso de suavización en la U-830.
- La reaseguradora exige que los cuartos de control deben ser presurizados, y ninguno de los de servicios industriales, cumple esta exigencia.
- Los equipos nuevos están almacenados generando un lucro cesante para nuestra empresa.

CONCLUSIONES

- La modernización de la planta obedece a la visión global, que busca a futuro poder interconectar el grupo de plantas en un complejo, el cual minimice las paradas obligatorias por fallos y/o defectos en el flujo del líquido.
- Debido a que se plantea la adecuación de la planta con el PLC Control Logix de la familia 5000 de Allen Bradley, inmersa en ella viene la posibilidad de integrar el control a una red de telemetría, basada en el estándar Control Net, permitiendo llevar los datos a una central externa al complejo.
- Se debe tener en cuenta que si el proyecto va enfocado a la modernización de la planta, no debe olvidarse para la ejecución, la revisión y diagnóstico del resto de la planta, pues de nada vale tener el mejor control, si la misma falla por fugas en una unión, o el daño de una bomba, etc.
- Este trabajo deja planteada la inquietud por profundizar, que en la solución del requerimiento más evidente de la planta, no debe dejar de lado atacar los causales clásico de parada de la misma, con lo que se pueda establecer el rediseño de alguno de sus componentes.

BIBLIOGRAFÍA

- <http://www.educoas.org/portal/es/tema/tinteres/temaint01.aspx?culture=es&navid=1>
- http://www.unsam.edu.ar/escuelas/posgrado/revista/tecnologias_economicas.pdf
- <http://www.femsa.com/es/assets/007/18232.pdf>
- Información de los operadores de la planta de agua U -800, agradecimientos especialmente a Félix Carvajal
- Información del personal de desarrollo Tecnológico, especialmente ingeniero Jorge Angarita