



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

ESPECIALIZACIÓN INSTRUMENTACIÓN ELECTRÓNICA

TRABAJO DE GRADO

MARÍA ALEJANDRA CELY ORDUZ

RENÉ PLAZAS PINTO

Bogotá, enero 2019

**PROPUESTA DE DISEÑO DE AUTOMATIZACIÓN PROCESO JOULE
THOMSON PARA GAS**

RENÉ PLAZAS PINTO
MARÍA ALEJANDRA CELY ORDUZ

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
BOGOTÁ
2019

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|---|-----|
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 5 |
| 2. OBJETIVOS | 6 |
| 3. MARCO TEÓRICO | 7 |
| 4. DESCRIPCIÓN PROCESO | 9 |
| 5. CRONOGRAMA DE TRABAJO DE DISEÑO DE SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN DE PLANTA | 9 |
| 6. FILOSOFÍA DE CONTROL | 10 |
| 6.1 PRODUCTOS Y CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN..... | 10 |
| 6.2 NORMATIVA Y REGULACIÓN..... | 11 |
| 7. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN..... | 14 |
| 8. CLASIFICACIÓN ZONAS PELIGROSAS | 14 |
| 9. CLASIFICACIÓN NEMA..... | 15 |
| 10. ESTIMACIÓN ECONÓMICA | 16 |
| 11. INGENIERÍA BÁSICA..... | 18 |
| 11.1 LISTA DE INSTRUMENTOS | 18 |
| 11.2 PLANOS P&ID Y PDF..... | 20 |
| 12. INGENIERÍA DETALLADA..... | 20 |
| 12.1 INSTRUMENTO MEDICIÓN PRESIÓN..... | 20 |
| 12.2 INSTRUMENTO MEDICIÓN TEMPERATURA..... | 21 |
| 12.3 INSTRUMENT DE NIVEL..... | 23 |
| 12.4 INSTRUMENTO DE FLUJO..... | 24 |
| 13. ARQUITECTURA DE CONTROL..... | 24 |
| 14. LENGUAJE Y HMI..... | 24 |
| 15. CONCLUSIONES | 28 |
| 16. BIBLIOGRAFÍA | 29 |
| 17. ANEXOS..... | 30. |

LISTA DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Asignación de tareas, duración y área responsable..... | 10 |
| Tabla 2. Clasificación de material peligroso NEC 500/503 | 14 |
| Tabla 3. Clasificación NEMA | 15 |
| Tabla 4. Estimación de costos de instrumentos | 17 |
| Tabla 5. Lista de instrumentos a utilizar..... | 17 |
| Tabla 6. Lista de válvulas a utilizar | 18 |
| Tabla 7. Lista de alarmas necesarias | 19 |
| Tabla 8. Rango de presión durante el proceso | 21 |
| Tabla 9. Rangos de temperatura durante el proceso | 22 |
| Tabla 10. Rangos de nivel durante el proceso | 23 |
| Tabla 11. Rangos de flujo durante el proceso | 24 |

LISTA DE ILUSTRACIONES

| | |
|---|----|
| Ilustración 1. Normativa y Regulación en Colombia..... | 13 |
| Ilustración 2. Tipos de presión según presión de referencia | 21 |
| Ilustración 3. Pantalla 1 | 25 |
| Ilustración 4. Pantalla 2..... | 26 |
| Ilustración 5. Pantalla 3 | 27 |

1. INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo de grado se dará a conocer a través del estudio de la ingeniería necesaria la automatización del proceso de Joule Thomson para gas.

Se presentará una descripción básica del proceso, relacionando las principales variables y el comportamiento de este, también se definirá la filosofía de control más apropiada para el proceso, así mismo se realizará una descripción básica de las fases de ingeniería que se deben tener en cuenta para el desarrollo del proyecto y se relaciona la documentación que se genera en cada fase, se hará la correspondiente selección de instrumentos para las principales variables del proceso. Se presentará una propuesta de HMI y se definirá la tecnología y la arquitectura de control más apropiada. Por último, se presentará una estimación de horas hombre ingeniería asociadas a la puesta en marcha en cada una de las fases propuestas para el proyecto y un estimado global de los costos de este.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

- ❖ Diseñar la automatización del proceso de joule Thomson para una planta de producción de gas.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ❖ Optimizar la producción de gas.
- ❖ Establecer un sistema de seguridad funcional de producción de planta.
- ❖ Implementar tecnología limpia durante el proceso.

3. MARCO TEÓRICO

Después que el gas es extraído, es necesario tratarlo de tal manera que cumpla con las mínimas condiciones y estándares para su uso final. Cada yacimiento de gas hace que este recurso tenga una composición única. En general el procedimiento consta de remover el agua, remover partículas sólidas e hidrocarburos pesados, azufre, nitrógeno y dióxido de carbono.

El tratamiento del gas consta de cinco operaciones generales, las cuales se describirán a continuación:

- Separación Inicial:

Debido a que los yacimientos pueden tener gas, petróleo y agua, se hace necesario la separación de estas tres sustancias, esta operación se hace aprovechando la diferencia de densidades que hay entre ellas. Como el gas es la sustancia menos densa sales por la parte superior del separador, el agua como es la sustancia más densa queda en la parte inferior del separador donde posteriormente es retirada. El petróleo flota sobre el agua y es retirado por la mitad del separador

- Filtrado

Se usan filtros para eliminar todos los sólidos que pueda contener el gas.

- Endulzamiento

Es usual encontrar en los yacimientos otra clase de sustancias como dióxido de carbono y ácido sulfhídrico. Estas sustancias deben ser removidas principalmente porque el dióxido de carbono en presencia de agua líquida produce corrosión y en condiciones de bajas temperatura taponamientos, y el ácido sulfhídrico en altas concentraciones es altamente tóxico.

- Deshidratación

Cuando el contenido de agua es muy alto, hay riesgo de formación de hidratos de metano sólidos en las zonas donde hay alta presión y baja temperatura, dicha condición dificulta el transporte, por esta razón se hace necesario retirar el vapor usando glicol para absorber el agua y permitir la salida de gas seco. Dentro de la operación de deshidratación está el proceso de Joule Thomson para el cual se propone el estudio de la automatización necesaria para que esta parte del proceso sea mucho más óptima y segura.

- Extracción de hidrocarburos pesados

Según sea la composición del gas, en esta operación se remueven hidrocarburos líquidos valioso como: etano, propano, GLP y gasolina natural. El gas procesado debe cumplir con especificaciones de dew point (temperatura a la cual un hidrocarburo o cualquier mezcla de hidrocarburo rica en gas comienza a condensarse) y de poder calorífico.

- Compresión

La presión del gas debe ser la apropiada, por esta razón debe incrementarse para poderse realizar el correspondiente transporte del gas.

4. DESCRIPCIÓN PROCESO JOULE THOMSON PARA GAS

Darle al gas el estado necesario para poder ser tratado para ponerlo en condiciones preestablecidas para su venta.

Entra el gas proveniente de otra planta que utiliza el gas para generación de energía, este gas entra al subsistema Joule Thompson con una presión de 2000 psig y un rango de temperatura entre 80°F a 150°F por los intercambiadores de calor gas-gas, gas-gas líquido, en donde se busca iniciar la disminución de la temperatura del gas, este gas posteriormente ingresa a las válvulas que por efecto Joule Thomson para llevar el gas a la temperatura ideal para su tratamiento. El efecto Joule Thomson busca un cambio de temperatura cuando un gas se expande mientras fluye a través de una restricción sin que ningún calor entre en el sistema ni salga de él. Posteriormente el gas entra al separador frío con se alacena con temperatura de -6°F a una presión 910 psig, en este punto se monitorea la temperatura para no afectar el punto de rocío del producto. El separador frío cuenta con dos salidas, una de gas que se utilizará para tratamiento y gas ventas, el cual entra al intercambiador gas- gas, como componente enfriador del gas que está alimentando el sistema. La segunda salida del separador frío lleva condensados, el cual entra a otro intercambiador como componente enfriador del gas que alimenta el sistema, los condensados que proviene de este último intercambiador ingresa a un separador trifásico, en nuestro proceso tambor de condensados, en el que se almacena a una temperatura de -20°F y una presión 610 psig, en donde se separa gas, agua y Meg (monoetilenglicol) usado para evitar la corrosión en las tuberías y formación de hidratos. Finalmente, lo que se obtiene del separador trifásico se dirige a tres subsistemas, generación, unidad de regeneración de glicol y condensados.

5. CRONOGRAMA DE TRABAJO DE DISEÑO DE SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN DE PLANTA.

Para la ejecución del proyecto se recurre al sistema físico existente y a las facilidades que tiene la planta existente para la integración de los equipos a aplicar para la automatización del proceso de producción en cuestión, además de tener claro el funcionamiento del mismo, las variables y los rangos que maneja cada una de ellas, es por esto, que las primeras tareas a desarrollar es el estudio de planta y del proceso de producción, información necesaria para el desarrollo del diagrama de flujo de proceso (PFD), el diagrama de tubería e instrumentos (P&ID), selección de instrumentación y el sistema de supervisión y control, entre otros que son también de importancia como el sistema de seguridad funcional del sistema.



| |  | Nombre | Duración | Inicio | Terminado | Predecesores | Responsable |
|----|---|-----------------------------|----------|-------------------|-------------------|--------------|--------------------|
| 1 |  | Estudio planta | 15 days | 18/11/19 08:00 AM | 6/12/19 05:00 PM | | Ing Procesos |
| 2 |  | Estudio proceso | 25 days | 9/12/19 08:00 AM | 10/01/20 05:00 PM | 1 | Ing Procesos |
| 3 |  | Elaboración plano PFD | 20 days | 9/12/19 08:00 AM | 3/01/20 05:00 PM | 2SS | Técnico procesos |
| 4 |  | Aprobación plano PFD | 15 days | 13/01/20 08:00 AM | 31/01/20 05:00 PM | 3 | Ing Procesos |
| 5 |  | Elaboración plano P&ID | 50 days | 3/02/20 08:00 AM | 10/04/20 05:00 PM | 4 | Técnico procesos |
| 6 |  | Aprobación plano P&ID | 30 days | 20/04/20 08:00 AM | 29/05/20 05:00 PM | 5 | Ing Procesos |
| 7 |  | Listado hardware y software | 15 days | 1/06/20 08:00 AM | 19/06/20 05:00 PM | 6 | Ing control |
| 8 |  | Filosofía de control | 30 days | 22/06/20 08:00 AM | 31/07/20 05:00 PM | 7 | Ing Automatización |
| 9 | | Especificación de equipos | 32 days | 3/08/20 08:00 AM | 15/09/20 05:00 PM | 8 | Ing Automatización |
| 10 | | Estudio económico | 15 days? | 3/08/20 08:00 AM | 21/08/20 05:00 PM | 9SS | |

Tabla 1. Asignación de tareas, duración y área responsable

6. FILOSOFÍA DE CONTROL

La filosofía que se utilizará durante todo el proceso es de tipo regulatorio, en donde se implementara controladores PID para controlar las variables como presión temperatura y nivel, ya que se busca minimizar cualquier perturbación que pueda afectar el proceso. A continuación, se hará una descripción de las fases de ingeniería que se deben tener en cuenta para el desarrollo del proyecto y se relacionarán los documentos que asociados a cada una de ellas.

7. INGENIERÍA CONCEPTUAL

7.1 Productos y capacidad de producción.

La planta está en la capacidad de producir GLP (Gas Licuado de Petróleo), NGL (líquidos del gas natural) y C5 (pentano) con una capacidad de producción de 30.000 barriles equivalentes por día.

7.2 Normativa y regulación

Constitución Política de Colombia: En el Capítulo 5 de la Constitución Política de Colombia de 1991 se nombra la finalidad social del Estado y de los Servicios Públicos. En el Artículo 365 se plantea que "Los servicios públicos son inherentes a la finalidad social del Estado. Es deber del Estado asegurar su prestación eficiente a todos los habitantes del territorio nacional".

Congreso de la República: Artículo 150 de la Constitución Política de Colombia, en el numeral 23 se expresa que al Congreso de la República le corresponde "Expedir las leyes que regirán el ejercicio de las funciones públicas y la prestación de los servicios públicos".

Ministerio de Hacienda y Crédito Público: Su tarea principal es "Definir, formular y ejecutar la política económica del país, los planes generales, programas y proyectos relacionados con esta, así como la preparación de las leyes, y decretos y la regulación, en materia fiscal, tributaria, aduanera, de crédito público, presupuestal, de tesorería, cooperativa, financiera, cambiaria, monetaria y crediticia, sin perjuicio de las atribuciones conferidas a la Junta Directiva del Banco de la República y las que ejerza a través de organismos adscritos o vinculados para el ejercicio de las actividades que correspondan a la intervención del estado en las actividades financieras, bursátil, aseguradora y cualquiera otra relacionada con el manejo, aprovechamiento e inversión de los recursos del ahorro público y el tesoro nacional de conformidad con la Constitución Política y la Ley" Es aquí donde se direccionan todas las regulaciones del sector gas

Departamento Nacional de Planeación: Es donde se diseña y se controla todas las políticas de desarrollo económico, social y ambiental del país, en coordinación con los ministerios.

Ministerio de Minas y Energía (MME): Tiene la responsabilidad es la de administrar los recursos naturales no renovables del país asegurando su mejor y mayor utilización; Orientar el uso y regulación de los mismos, garantizar su abastecimiento y velar por la protección de los recursos naturales del medio ambiente, con el objetivo de garantizar su conservación y restauración y el desarrollo sostenible, de conformidad con los criterios de evaluación, seguimiento y manejo ambiental señalados por la autoridad ambiental competente.

Unidad de Planeación Minero Energética (UPME): su objetivo es "realizar la Planeación del desarrollo sostenible de los sectores de Minas y Energía de Colombia, para la

formulación de las políticas de Estado y la toma de decisiones en beneficio del País, mediante el procesamiento y el análisis de información". Elabora el Plan Energético Nacional y los planes subsectoriales.

Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG): es el encargado de regular los servicios públicos domiciliarios de energía eléctrica y gas combustible. Promueve el desarrollo sostenido, regulan los monopolios y atiende oportunamente las necesidades de los usuarios y las empresas de acuerdo con los la Ley.

Consejo Nacional de Operación de Gas Natural (CNO-GAS): “es un organismo asesor de la Comisión de Regulación de Energía y Gas, CREG, su principal función es buscar que la operación integrada del Sistema Nacional de Transporte de Gas Natural sea segura, confiable y económica”.

Gestor de mercados: El gestor del mercado de gas natural es el responsable de recopilar y hacer pública la información relevante del sector. A sí mismo es responsable de informar las cantidades de gas que se negocian en el mercado y los precios de dichas transacciones.



Ilustración 1. Normativa y Regulación en Colombia

Fuente: Ecopetrol S.A Normativa y Procedimientos

8. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN

La planta de gas cuenta con una capacidad de 210 millones de pies cúbicos-día, con tecnología de punta con los más altos estándares de calidad e integridad, lo cual ha permitido mantener una operación segura, sin afectaciones a personas o al medio ambiente.

9. CLASIFICACIÓN DE ZONAS PELIGROSAS

Como se mencionó anteriormente el proceso maneja presiones y temperaturas que generan riesgos para la seguridad física de planta, personal y el medio ambiente lo que hace necesario realizar un estudio para clasificación de zonas peligrosas y aplicar los equipos adecuados para esta aplicación

Para esta clasificación se tiene en cuenta las condiciones ambientales y las características inherentes del proceso, donde en algunos puntos pueden generar acumulación de gases o vapores inflamables, como son los tambores los cuales tiene gran cantidad de hidrocarburo acumulado con una presión considerable lo cual genera riesgo, así mismo como en las válvulas de efecto Joule Thomson en que se presenta cambio significativo de presión.

| | |
|--------------------|---|
| MATERIAL PELIGROSO | NEC 500. 503 |
| GAS O VAPOR | Clase I, División 1 Clase II, División 2 |
| POLVO | Clase I, División 1 Clase II, División 2 |
| FIBRAS Y PELUSAS | Clase I, División 1 Clase II, División 2 |

Tabla 2. Clasificación material peligroso NEC 500/ 503

De acuerdo a lo descrito anteriormente tenemos la siguiente clasificación de zonas:

CLASE I DIVISIÓN I

Las condiciones ambientales en donde se encuentra la planta son húmedas, temperaturas altas, concentraciones de gas o vapor mezclado con aire en cantidades suficientes para crear una atmósfera explosiva en forma continua bajo condiciones normales de operación o en la que una falla operativa de equipos o procesos pueden simultáneamente pueden causar la liberación de gases o vapores inflamables y también ocasionar la falla en el equipamiento eléctrico.

Estas condiciones se cumplen en zonas en donde se encuentran tambores, intercambiadores de calor y en las válvulas JT.

CLASE I DIVISIÓN II

Emplazamiento en la que gases o vapores pueden estar presentes, pero que normalmente se encuentran cerrados, o en caso de operación anormal de los equipos; o en lugares en donde las concentraciones peligrosas de gases o vapores son normalmente prevenidas por ventilación artificial pero que pueden llegar a ser peligrosas debido a fallas u operación anormal del equipo de ventilación o áreas adyacentes a áreas de la División 1.

10. CLASIFICACIÓN NEMA

La clasificación NEMA hace referencia a la protección de personas contra el contacto involuntario con objetos del equipo, así mismo a la protección frente a influencias externas sobre el armario o equipo.

| Grado de protección | Descripción |
|---------------------|--|
| NEMA 1 | Instalación interior, protege contra la caída de suciedad |
| NEMA 2 | Instalación interior, protege contra la caída de suciedad y el goteo de agua |
| NEMA 3 | Instalación exterior, protege contra lluvia, aguanieve y polvo transportado por el viento; además protege contra daños ocasionados por la formación de hielo exterior sobre el armario |

| | |
|---------|---|
| NEMA 3R | Instalación exterior, protege contra lluvia, aguanieve: además protege contra daños ocasionados por la formación de hielo exterior sobre el armario |
| NEMA 3S | Instalación interior o exterior, protege contra lluvia, aguanieve y polvo transportado por el viento; además, los mecanismos externos permanecen operativos a pesar de la formación de hielo |
| NEMA 4 | Instalación interior o exterior, protege contra el polvo transportado por el viento y la lluvia, salpicaduras de agua y agua proyectada; además protege contra daños ocasionados por la formación de hielo exterior sobre el armario |
| NEMA 4X | Instalación interior o exterior, protege contra el polvo transportado por el viento y la lluvia, salpicaduras de agua, agua proyectada y corrosión; además protege contra daños ocasionados por la formación de hielo exterior sobre el armario |
| NEMA 5 | Protección interior contra caída de suciedad, acumulación del polvo del aire ambiental, así como contra el goteo de líquidos no corrosivos |
| NEMA 6 | Protección interior o exterior contra caída de suciedad, chorro de agua y entrada de agua a causa de la inmersión parcial, limitada a una profundidad determinada; así como protección contra daños provocados por la formación de hielo |
| NEMA 6P | Protección interior o exterior contra proyección de agua y entrada de agua a causa de la inmersión prolongada a una profundidad determinada; así como protección contra daños provocados por la formación de hielo |
| NEMA 12 | Protección interior contra caída de suciedad, acumulación del polvo del aire ambiental, así como contra el goteo de líquidos no corrosivos. |
| NEMA 13 | Protección interior contra polvo, caída de suciedad, salpicaduras de agua y aceite, así como medios refrigerantes no corrosivos |

Tabla 3. Clasificación NEMA

Conociendo las condiciones a la que se enfrentarán los equipos durante la operación del sistema de deshidratación, se identifica el grado de protección para los equipos a implementar el cual es tipo 4x

Equipo o material que pueden ser utilizados en áreas interiores y exteriores, usado principalmente para prevenir la corrosión, entrada de polvo hacia su interior, excluye el agua por lluvia, rocío y agua aplicada directamente en forma de chorro.

ENVOLVENTE IP 66

Primer dígito 6: Totalmente protegido contra el polvo.

Segundo dígito 6: Lanzamiento de agua similar a los golpes del mar.

11. ESTIMACIÓN ECONÓMICA

| | Cantidad | Precio mensual |
|--------------------------|----------|----------------|
| Desarrollo de ingeniería | 1 | \$ 116.000.000 |
| Técnicos instrumentistas | 8 | \$ 2.600.000 |
| Profesionales | 3 | \$ 4.500.000 |
| Director | 1 | \$ 8.000.000 |
| Auxiliares de ingeniería | 3 | \$ 2.600.000 |
| Secretaría | 2 | \$ 1.200.000 |
| Transporte | 3 | \$ 3.600.000 |

Tabla 4. Estimación económica proyecto

| Instrumento | Precio USD |
|-------------------|------------|
| Rosemount 2088 | 1,568 USD |
| Rosemount 3144P | 1,965 USD |
| Rosemount 5408SIS | 3,400 USD |
| Rosemount 3051SF | 2,000 USD |
| Rosemount 3051S | 2,000 USD |

Tabla 5. Estimación costos de instrumentos

12. INGENIERÍA BÁSICA

En la ingeniería básica quedan reflejados todos los requerimientos del cliente así mismo como las especificaciones básicas del proyecto.

Luego de hacer una revisión de la ingeniería conceptual propondremos a realizar la lista de equipos necesarios para el desarrollo del proyecto así mismo en los Anexos 1 al 4 se encontrarán los planos P&ID del proceso.

12.1 Lista de Instrumentos

A continuación, se referencia los transmisores a utilizar en el proyecto de igual forma que los rangos que se manejan.

| TYPE | TIPO DE SEÑAL | RANGO |
|------|---------------|-------------------------|
| FT | Analoga | 0-108 m ³ /s |
| PDT | Analoga | 0-2000 psig |
| PT | Analoga | 0-2000 psig |
| PT | Analoga | 0-910 psig |
| PT | Analoga | 910 -2000 psig |
| PT | Analoga | 610 - 910 psig |
| TT | Analoga | 80-150°F |
| TT | Analoga | -40 - 100°F |

Tabla 6. Lista de instrumentos a utilizar

Relación de válvulas a utilizar

| TIPO | TIPO DE SEÑAL | DESCRIPCIÓN | TIPO DE ACTUADOR |
|------|---------------|--------------------|--------------------------|
| TV | Análoga | Válvula de control | Posicionador y selenoide |
| TV | Análoga | Válvula de control | Posicionador y selenoide |
| PV | Análoga | Válvula de control | Posicionador y selenoide |
| PV | Análoga | Válvula de control | Posicionador y selenoide |

| | | | |
|----|---------|--------------------|--------------------------|
| PV | Análoga | Válvula de control | Posicionador y selenoide |
| LV | Análoga | Válvula de control | Posicionador y selenoide |
| LV | Análoga | Válvula de control | Posicionador y selenoide |

Tabla 7. Lista de válvulas a utilizar

Alarmas necesarias

| TIPO | LOCALIZACIÓN |
|-------------|---------------------|
| FAHH | PLC |
| FAH | PLC |
| PAH | PLC |
| PDAH | PLC |
| PDAHH | PLC |
| PAHH | PLC |
| FAH | PLC |
| LAH | PLC |
| TAH | PLC |
| PAHH | PLC |
| PAH | PLC |
| PAH | PLC |
| LAHH | PLC |

Tabla 8. Lista de alarmas necesarias

12.2 Planos P&ID y PFD

Los respectivos planos P&ID y PFD, que describen en detalle el proceso y los instrumentos a utilizar. Ver Anexos 1-4.

13. INGENIERÍA DETALLADA

En la ingeniería detallada queda contemplados todos los componentes y subsistemas (forma, materiales y características principales) que hacen parte del proceso, todos los documentos que soportan su desarrollo y se realizará el dimensionamiento de conductos y tuberías a utilizar.

A continuación, se realizará una explicación detallada de cada equipo a utilizar para la automatización del proceso de igual forma se anexará hoja de especificaciones para cada instrumento y su respectivo Datasheet.

13.1 Instrumento medición presión

Cuando hablamos de presión, es importante tener en cuenta la terminología asociada a ella. Para escoger el instrumento adecuado primero fue necesario el completo entendimiento de dichos términos, los cuales se relacionarán a continuación:

Presión absoluta: Es la presión relacionada con el vacío absoluto

Presión manométrica: Es la presión referida a la presión atmosférica

Presión de vacío: Es la presión referida a la presión atmosférica, pero por debajo de ella

Presión diferencial: Es diferencia entre dos presiones

Presión atmosférica: Es la presión ejercida por el peso de la atmósfera sobre la tierra.

Presión barométrica: Es la medida de la presión atmosférica la cual varía levemente dependiendo de las condiciones climáticas.

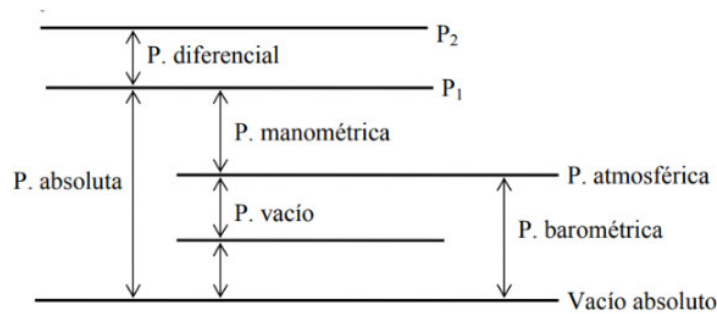


Ilustración 2. Tipos de presión según presión de referencia

Para la especificación de un instrumento de presión, se debe tener en cuenta los siguientes criterios añadiendo los propios de la planta

- La exactitud debe ser $\pm 0.5\%$ del Span o mejor, incluyendo el efecto combinado de linealidad, histéresis y repetibilidad.
- La histéresis no debe ser mayor al 0,5 % del Span.
- La banda muerta no debe exceder el 0,25 % del Span.
- Precisión: $\pm 0.075\%$ de span calibrado.
- Cambios en la temperatura del ambiente en 100°F afectarán la salida en menos de 1% del span.
- La repetibilidad será de $\pm 2\%$ del span.

Los rangos de presión que se deben tener en cuenta se relacionan a continuación:

| INSTRUMENTO | RANGO |
|-------------|---------------|
| PT | 0 - 2000 psi |
| PT | 0 - 910 psi |
| PT | 610 - 910 psi |

Tabla 9. Rangos de presión durante el proceso

Se escoge el Transmisor de presión Rosemount® 2088 ya que cumple con las condiciones generales anteriormente descritas además de las específicas del proceso. Para ver la especificación completa del instrumento ver **Anexo 6**

Para la medición de presión diferencial se elige el Transmisor Rosemount 3051s transmisor multivariable. La especificación completa del instrumento se encuentra en el **Anexo 7**

13.2 Instrumento medición temperatura

La temperatura es una de las magnitudes físicas más supervisadas cuando se habla de procesos industriales. El instrumento de temperatura debe contar con la capacidad de realizar diagnósticos avanzados, precisión y exactitud con el fin de mejorar la seguridad y cumplimiento de reglamentos gubernamentales.

Algunas de las características generales que se deben tener en cuenta a la hora de escoger un instrumento de temperatura son:

- Protección antiexplosiva
- Seguridad funcional SIL
- Señalización estandarizada
- Protocolos de comunicación

La temperatura en el proceso Joule Thomson es una de las variables críticas del proceso, de la temperatura depende que el producto cumpla con reglamentos exigidos por el gobierno en cuanto a calidad así mismo del correcto funcionamiento de todo el proceso.

Los rangos de temperatura a tener en cuenta en el proceso son los siguientes:

| INSTRUMENTO | RANGO |
|-------------|---------------|
| TT | 80°F A 150°F |
| TT | -40°F a 100°F |

Tabla 10. Rangos de temperatura durante el proceso

Se elige el Transmisor de temperatura Rosemount™ 3144P ya que cumple con las condiciones generales anteriormente descritas además de las específicas del proceso y para ambos rangos de temperatura. Para ver la especificación completa del instrumento ver *Anexo 8*

13.3 Instrumento de Nivel

Para la medida de nivel, sin importar el tipo de proceso del que se hable se hace necesario que se cumplan con las siguientes especificaciones, además de tener en cuenta el rango de nivel que se quiere mantener (este depende del proceso):

- La exactitud de la salida del transmisor (análoga o digital) debe ser de por lo menos $\pm 0.1\%$ del rango calibrado o mejor.
- La histéresis del transmisor no debe ser mayor al 0.5% del rango calibrado.
- La banda muerta del transmisor no debe exceder el 0.25% del rango calibrado.
- Cambios de 100°F (37.7°C) en la temperatura del ambiente afectarán la salida en menos de 1% del rango calibrado.
- La repetibilidad del transmisor debe ser $\pm 2\%$ del rango calibrado o mejor.

En nuestro caso en particular el nivel que se necesita mantener en el tambor de condensantes es de:

| INSTRUMENTO | RANGO |
|-------------|-------|
| LT | 2m |
| LT | 4m |

Tabla 11. Rangos de nivel durante el proceso

En el gas la velocidad a la que el sonido se propaga es mucho menor en comparación con un líquido. El transmisor Rosemount 5408 SIS, usa el principio de radar sin contacto, cuenta con dos hilos de medición de nivel continuo. El principio de medición de onda continua de frecuencia modulada y barrido rápido. Las señales del radar son transmitidas de forma continua hacia la parte superior del producto con una onda con frecuencia de microonda que es modulada sobre un span. La diferencia entre la señal recibida y la señal transmitida es proporcional al nivel. Ofrece medidas de nivel exacto y confiables en recipientes de almacenamiento metálicos y no metálicos que contengan cualquier líquido en este caso gas. La especificación completa del instrumento transmisor Rosemount 5408 SIS se encuentra en el *Anexo 9*

13.4 Instrumento medición Flujo

Los instrumentos para medir masa son comúnmente usados en líquidos de densidad variable, líquidos multi fase o gases en donde se requiera una medición directa del nivel de masa en ellos. Los diagnósticos avanzados predicen y previenen condiciones anormales del

proceso. Es importante tener en cuenta la precisión del instrumento, el tipo de conexión a proceso que utiliza y el encerramiento del instrumento teniendo en cuenta que se hace necesarios instrumentos a prueba de explosión y cumplimiento de normas como NEMA e IP.

El transmisor escogido para monitorear esta variable es el Rosemount 3051SF. La especificación completa del instrumento se encuentra en el Anexo10

14. HMI

Con el fin de hacer más fácil la coordinación y el control del proceso se propone el diseño de HMI, que consta de tres pantallas donde se monitorearán las principales variables de cada parte del proceso cabezal de entrada, intercambiadores, tanque frío y tambor de condensantes, con el fin de identificar posibles fallas y corregir errores se mostrarán las alarmas de bajo y alto según corresponda

Pantalla 1

En el cabezal de entrada será posible monitorear la presión, el flujo y la temperatura con la que el gas entra al proceso. De igual forma en los intercambiadores se podrá monitorear la temperatura, el % de apertura de la válvula, datos importantes durante esta parte del proceso.

Por medio de los botones de la parte inferior el operador podrá elegir hacia qué pantalla desea ir.

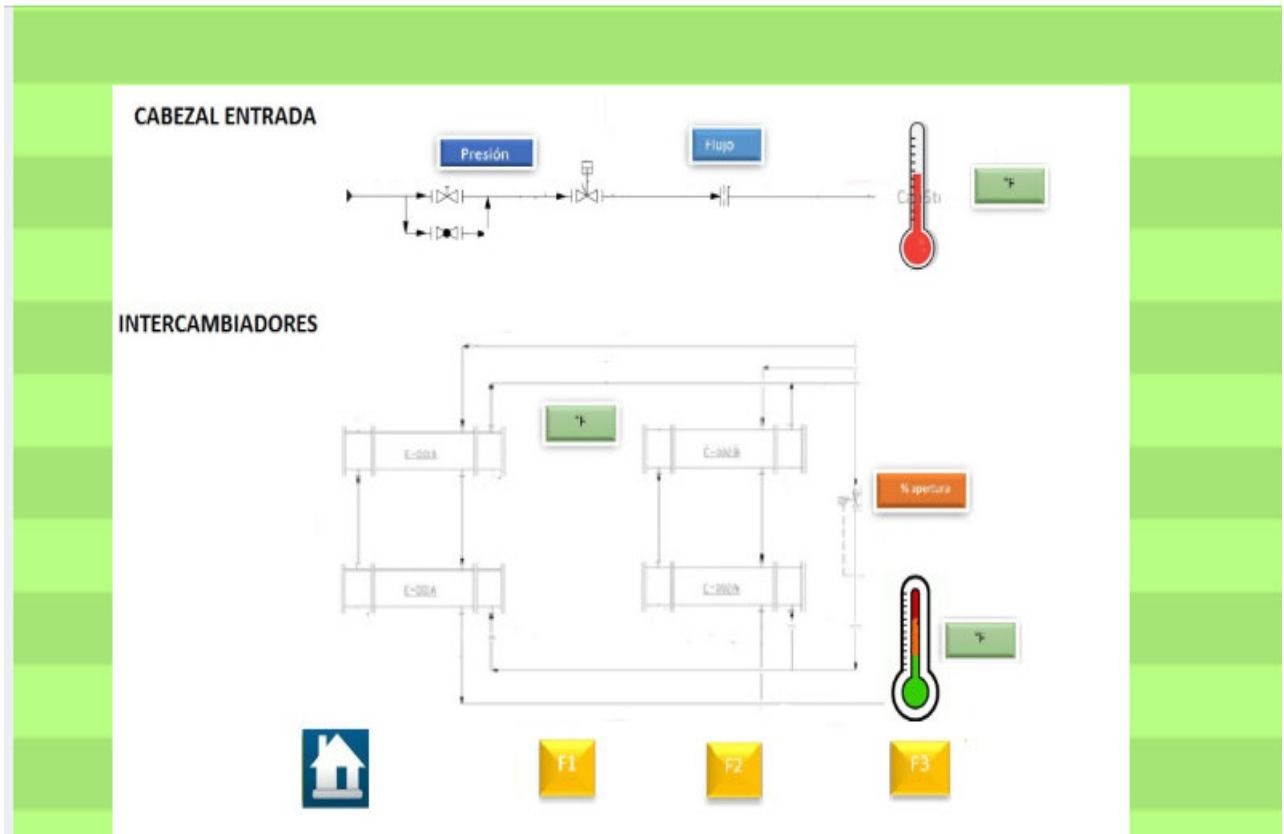


Ilustración 3. Pantalla 1 HMI

Pantalla 2

En la pantalla N°2 muestra el separador frío. Durante esta parte del proceso es importante monitorear:

- La temperatura dentro del tanque, este indicador cuenta con una alarma por alta temperatura
- Nivel del tanque
- Presión del gas dentro del tanque con sus respectivas alarmas tanto de baja presión como de alta presión
- Temperatura de salida del gas

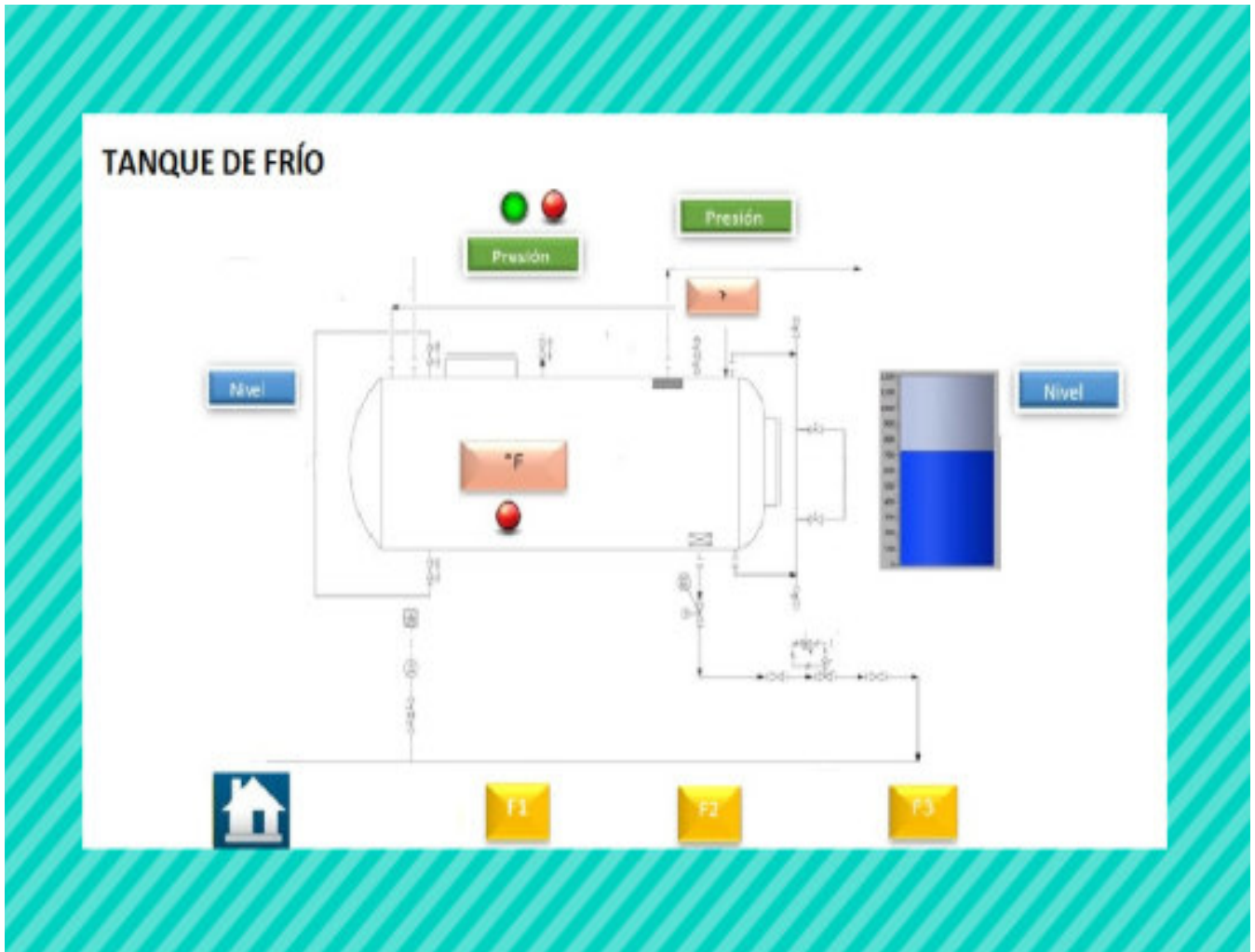


Ilustración 4. Pantalla 2 HMI

Pantalla 3

En la pantalla N°3 el operador podrá ver la presión con la que entra el gas a tambor de condensantes, con sus respectivas alarmas por bajo o alta presión. De igual forma podrá verificar el nivel gas, agua y glicol que hay almacenado dentro del tanque y se podrá monitorear la temperatura actual dentro del tanque

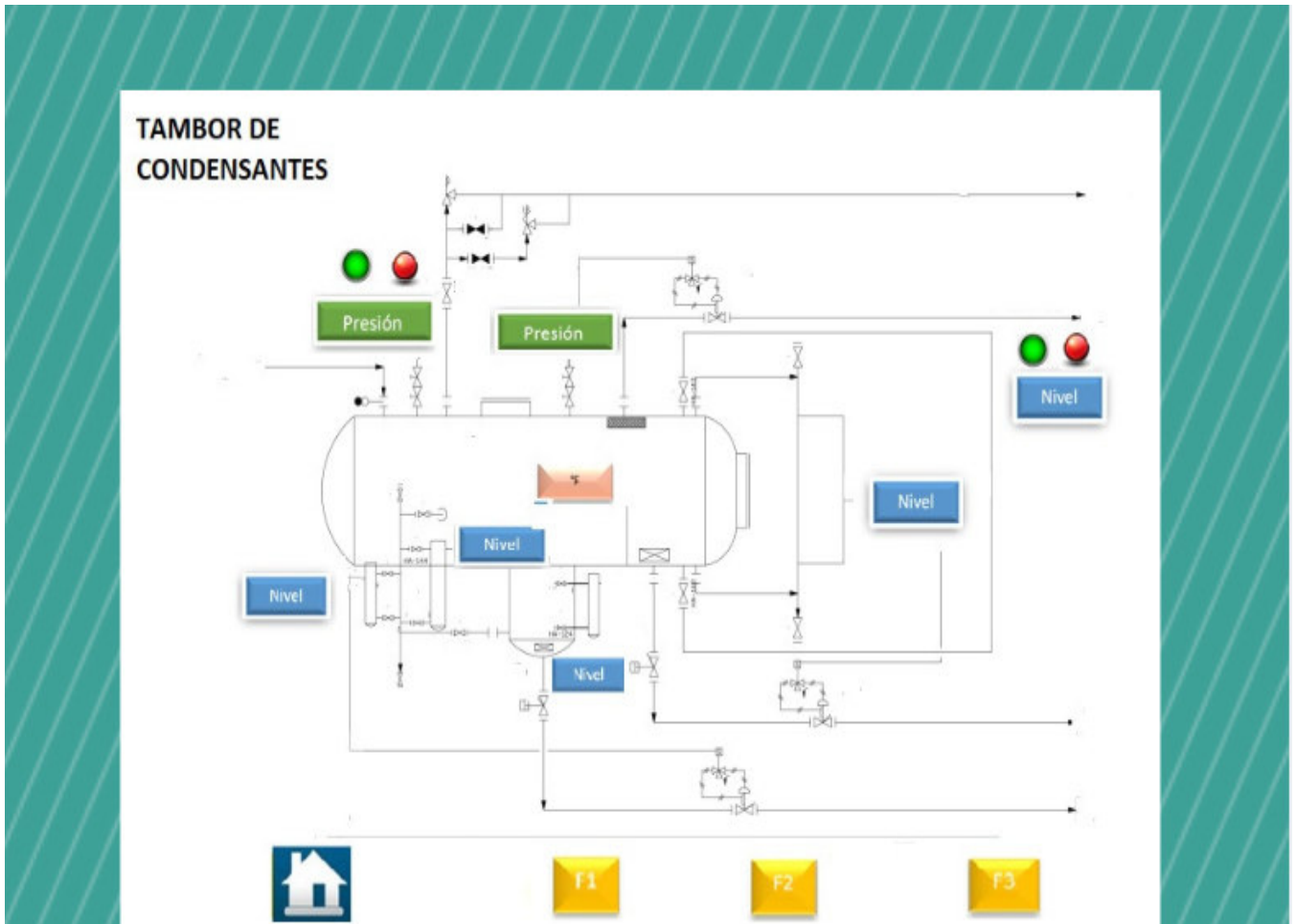


Ilustración 5. Pantalla 3 HMI

El lenguaje de programación que se propone es por funciones secuenciales, en el cual se realiza una secuencia de instrucciones que son programadas, al leerse las entradas las salidas son modificadas. En este caso en específico hay constante flujo de información y la estructura del lenguaje hace posible entrelazar diferentes subsistemas y crear una relación directa entre las partes principales del sistema

15. CONCLUSIONES

- ❖ La correcta elaboración del cronograma de actividades permite definir acertadamente cada una de las actividades en la que se divide el proyecto, así mismo que facilita el seguimiento en las fechas de inicio y finalización de cada una de ellas y la persona responsable de dicha actividad.

- ❖ Al momento de escoger la instrumentación necesaria es importante tener en cuenta los diferentes rangos a los que trabaja el proceso, esto con el fin de disminuir costo, mejorar rendimiento y la eficiencia del proceso .

- ❖ En el desarrollo del diseño notamos la necesidad de tener una buena comunicación con los interesados del proyecto para tener un buen rendimiento de los recursos evitando retrabajos y errores que pueden generar sobrecostos y atrasos.

- ❖ Es importante tener diferentes referencias de equipos junto con los que existen en planta de para no incrementar los costos de stock de repuestos siempre y cuando los existentes no sean obsoletos.

- ❖ Con el fin de mejorar la seguridad tanto del proceso como del personal que trabaja en él, se hace necesario implementar instrumentos para zonas peligrosas para así reducir los riesgos por generación de chispas.

16. BIBLIOGRAFÍA

- ❖ Ecopetrol.(2014).Normatividad y producción.Recuperado de <https://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/es>

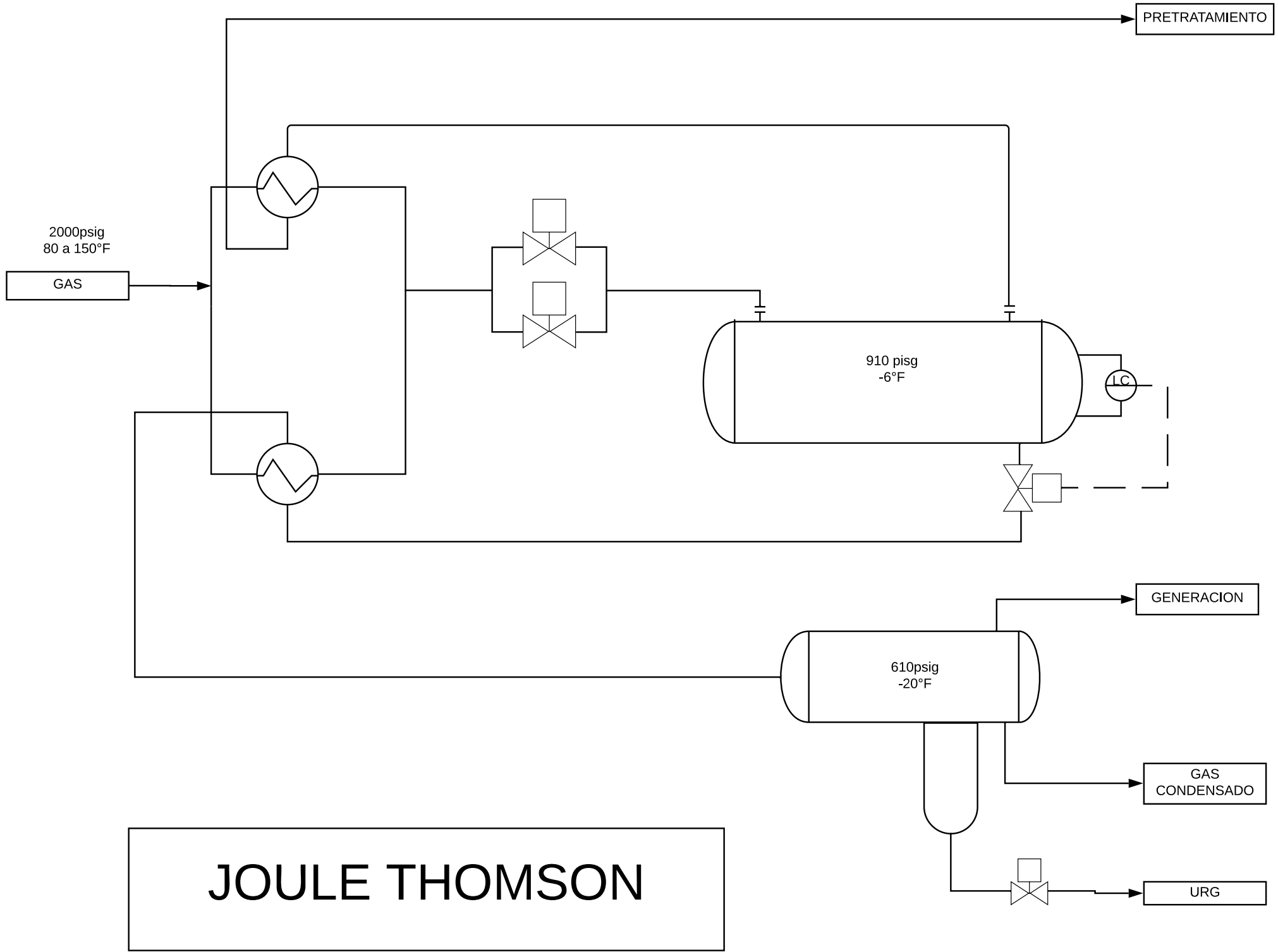
- ❖ Emerson.(S.f).Consider It solved. Recuperado de <https://www.emerson.com/en-us>.

- ❖ Rittal, D.Clasificación NEMA.(2018).

- ❖ Recuperado de https://www.rittal.com/eses/content/es/support/technischeswissen/qminformiert/schutzarten/nema/nema_1.jsp

ANEXOS

ANEXO 1
DIAGRAMA DE FLUJO PROCESO



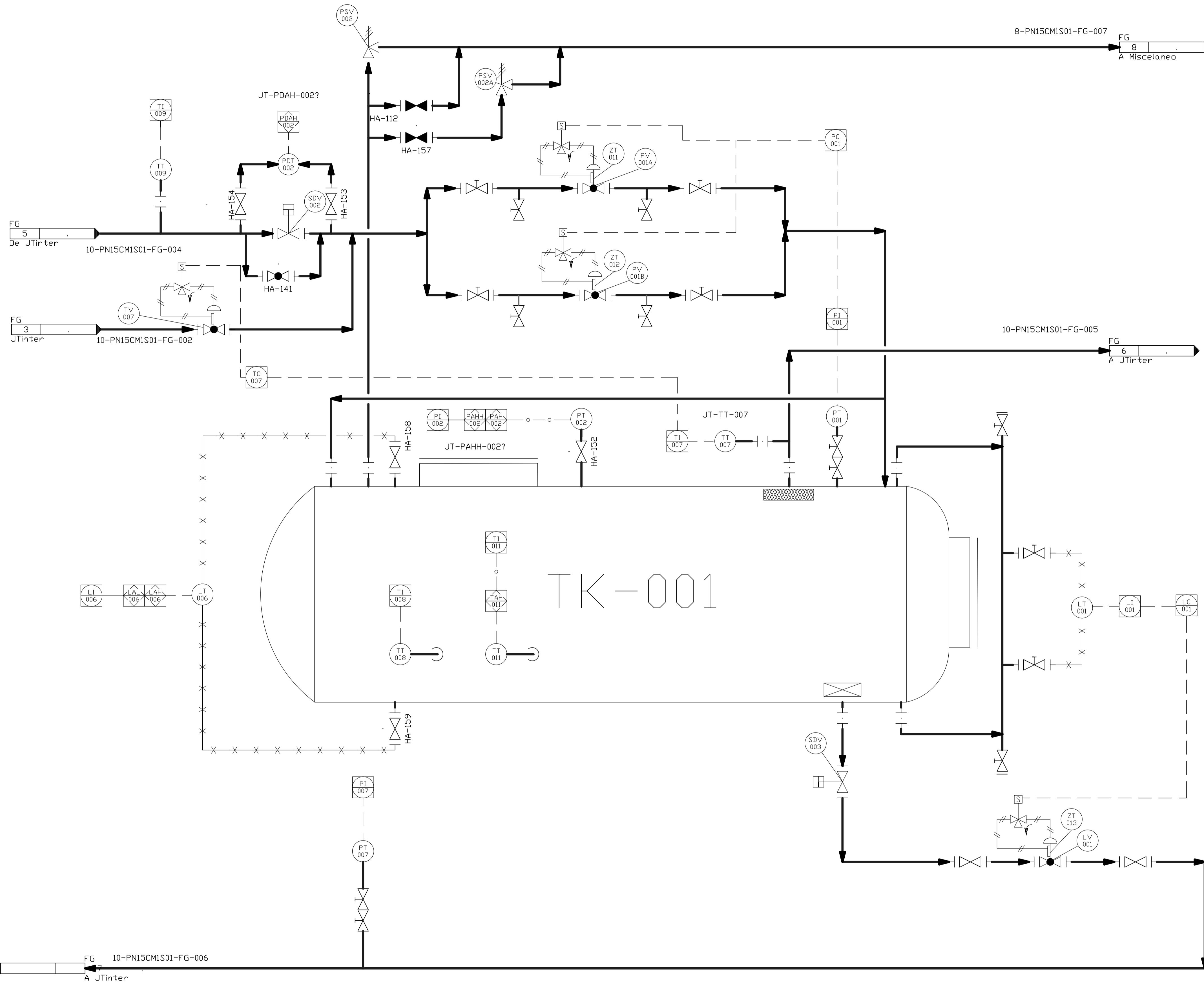
JOULE THOMSON

ANEXO 2

DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTOS

INTERCAMBIADORES DE CALOR

ANEXO 3
DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTOS
SEMPARADOR 1



General Notes

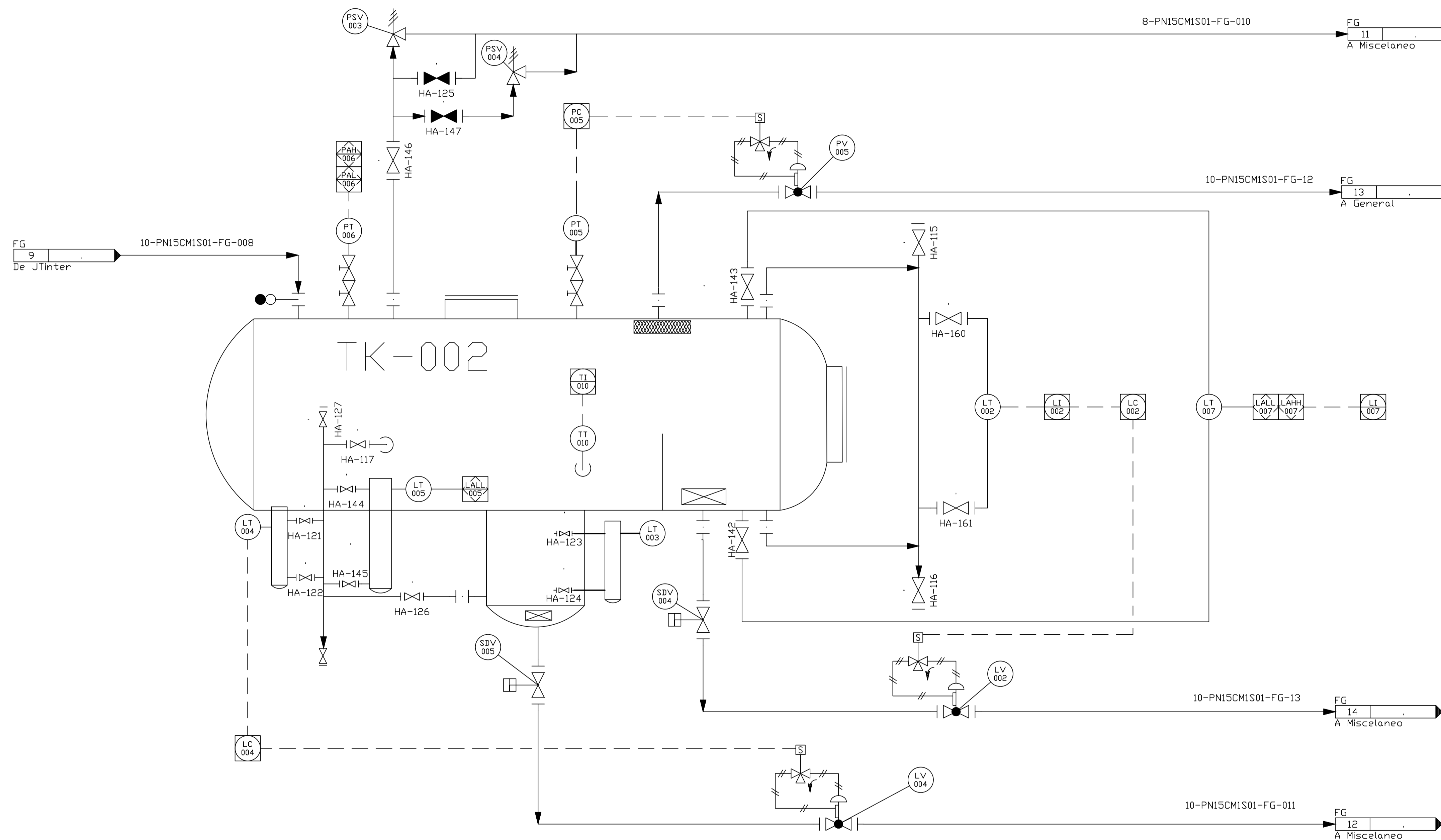
| No. | Revision/Issue | Date |
|-----|----------------|------|
| | | |

Drawing Name
JTdrum
TAMBOR
SEPARADOR
FRIO

Project Name and Address
SISTEMA DE
DESHIDRATACION

| | |
|------------------------|-------|
| Area SEPARADOR FRIO | Stamp |
| Drawing Number 002 | |
| Author PROYECTOS | |

ANEXO 4
DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTOS
SEMPARADOR 2



General Notes

| No. | Revision/Issue | Date |
|-----|----------------|------|
| | | |
| | | |

Drawing Name
 JTdrum1
SEPARADOR TRIFASICO

Project Name and Address
 SISTEMA DE DESHIDRATACION

| | |
|-----------------------------|-------|
| Area SEPARADOR TRIFASICO | Stamp |
| Drawing Number 003 | |
| Author PROYECTOS | |



ANEXO 5

Especificación Instrumento Presión Rango 0 – 2000 psi

| | | |
|-----------------|---|---|
| GENERAL+A1:AX71 | 1. Tag N°: <u>JT-PT-003,JT-PT-004</u> 2. Function 3. Case 4. Mounting 5. Enclosure Class 6. Power Supply 7. Type 8. Indicator | Service: <u>Medición de presión</u> Indicate <input checked="" type="checkbox"/> Control <input type="checkbox"/> Transm. <input checked="" type="checkbox"/> Other: _____ MFR STD <input checked="" type="checkbox"/> Nom. Size: _____ Color: MFR STD <input type="checkbox"/> Other: _____ Direct Mounting <input checked="" type="checkbox"/> 2" Pipe <input type="checkbox"/> Other: _____ General purpose <input type="checkbox"/> Weather proof <input type="checkbox"/> Explosion proof <input checked="" type="checkbox"/> Class: <u>Class I Div II</u> For use Intrin. Safe system <input type="checkbox"/> Other: <u>Ignition proof, NEMA 4X, IP66</u> <input type="checkbox"/> AC <input checked="" type="checkbox"/> DC <u>10.5 - 42.4</u> Volts Smart _____ Protocol: <u>hart</u> Type: <u>LCD</u> Scale: <u>Config</u> Mounting: Integral <input checked="" type="checkbox"/> Remote <input type="checkbox"/> |
| TRANSMITTER | 9. Output 10. Electrical Connection | 4-20 mA <input checked="" type="checkbox"/> 3-15 psig <input type="checkbox"/> Other: <u>digital hart protocol</u> 1/2 in. NPT <input checked="" type="checkbox"/> 3/4 in NPT <input type="checkbox"/> Power: _____ Wire Connc: _____ |
| ELEMENT | 17. Service 18. Element type: 19. Material 20. Range 21. Process Data 22. Process Connection | Gage Press. <input checked="" type="checkbox"/> Vacuum <input type="checkbox"/> Absolute <input type="checkbox"/> Compound <input type="checkbox"/> Diaphragm <input checked="" type="checkbox"/> Helix <input type="checkbox"/> Bourdon <input type="checkbox"/> Belows <input type="checkbox"/> Other _____ 316 S.S. <input checked="" type="checkbox"/> Ber. Copper <input type="checkbox"/> Other _____ Fixed <input type="checkbox"/> Adj. Range: <input checked="" type="checkbox"/> _____ Set at: <u>menos 14.7 a 150 psi</u> Overrange Protection to: <u>150% F.S</u> Press: Normal: <u>2000 psi</u> Max: _____ Pressure Range: <u>0 a 2000 psi</u> Temp.: Normal: <u>80° F</u> Max: <u>150° F</u> Fluid: <u>gas</u> 1/4" NPT <input type="checkbox"/> 1" NPT <input type="checkbox"/> Other: <u>1/2 -14 NPT FEMALE</u> |
| OPTIONS | 23. Alarm Switches 24. Transcient Protection: 25. Diaphragm Seal 26. Syphon. (pigtail) 27. Two Valve Manifold 28. Mounting Bracket 29. Pulsation Dampener | Quantity: _____ Form: _____ Rating: _____ Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Diaphragm Seal Type: Threaded <input type="checkbox"/> Flanged <input checked="" type="checkbox"/> Connection: _____ Size: _____ Rating: _____ Mounting Seal: Direct Mounting <input type="checkbox"/> Capillary <input type="checkbox"/> Capillary Lenght per leg: _____ Capillary material: _____ Instrument Connection: 1/4" NPT <input type="checkbox"/> 1" NPT <input type="checkbox"/> Other: _____ Yes <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Material: <u>316 LSST</u> Manufacturer: _____ Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Model: <u>SST BOLTS</u> Yes <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> |
| | 30. Manufacfer 31. Model | <u>ROSEMOUNT</u> <u>2088</u> |



ANEXO 5

Especificación Instrumento Presión Rango 610 – 910 psi

| | | |
|-----------------|---|---|
| GENERAL+A1:AX71 | 1. Tag N°: <u>JT-PT-006, JT-PT-008</u> 2. Function 3. Case 4. Mounting 5. Enclosure Class 6. Power Supply 7. Type 8. Indicator | Service: <u>Medición de presión</u> Indicate <input checked="" type="checkbox"/> Control <input type="checkbox"/> Transm. <input checked="" type="checkbox"/> Other: _____ MFR STD <input checked="" type="checkbox"/> Nom. Size: _____ Color: MFR STD <input type="checkbox"/> Other: _____ Direct Mounting <input checked="" type="checkbox"/> 2" Pipe <input type="checkbox"/> Other: _____ General purpose <input type="checkbox"/> Weather proof <input type="checkbox"/> Explosion proof <input checked="" type="checkbox"/> Class: <u>Clase I Div II</u> For use Intrin. Safe system <input type="checkbox"/> Other: <u>Ignition proof, NEMA 4X, IP66</u> <input type="checkbox"/> AC <input checked="" type="checkbox"/> DC <u>10.5 - 42.4</u> Volts Smart _____ Protocol: <u>hart</u> Type: <u>LCD</u> Scale: _____ Config _____ Mounting: Integral <input checked="" type="checkbox"/> Remote <input type="checkbox"/> |
| TRANSMITTER | 9. Output 10. Electrical Connection | 4-20 mA <input checked="" type="checkbox"/> 3-15 psig <input type="checkbox"/> Other: <u>digital hart protocol</u> 1/2 in. NPT <input checked="" type="checkbox"/> 3/4 in NPT <input type="checkbox"/> Power: _____ Wire Connc: _____ |
| ELEMENT | 17. Service 18. Element type: 19. Material 20. Range 21. Process Data 22. Process Connection | Gage Press. <input checked="" type="checkbox"/> Vacuum <input type="checkbox"/> Absolute <input type="checkbox"/> Compound <input type="checkbox"/> Diaphragm <input checked="" type="checkbox"/> Helix <input type="checkbox"/> Bourdon <input type="checkbox"/> Belows <input type="checkbox"/> Other _____ 316 S.S. <input checked="" type="checkbox"/> Ber. Copper <input type="checkbox"/> Other _____ Fixed <input type="checkbox"/> Adj. Range: <input checked="" type="checkbox"/> _____ Set at: <u>menos 14.7 a 4000 psi</u> Overrange Protection to: <u>150% F.S</u> Press: Normal: _____ Max: <u>910 psi</u> Pressure Range: <u>610 a 910 psi</u> Temp.: Normal: _____ Max: _____ Fluid: <u>gas</u> 1/4" NPT <input type="checkbox"/> 1" NPT <input type="checkbox"/> Other: <u>1/2 -14 NPT FEMALE</u> |
| OPTIONS | 23. Alarm Switches 24. Transcient Protection: 25. Diaphragm Seal 26. Syphon. (pigtail) 27. Two Valve Manifold 28. Mounting Bracket 29. Pulsation Dampener | Quantity: _____ Form: _____ Rating: _____ Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Diaphragm Seal Type: Threaded <input type="checkbox"/> Flanged <input checked="" type="checkbox"/> Connection: _____ Size: _____ Rating: _____ Mounting Seal: Direct Mounting <input type="checkbox"/> Capillary <input type="checkbox"/> Capillary Lenght per leg: _____ Capillary material: _____ Instrument Connection: 1/4" NPT <input type="checkbox"/> 1" NPT <input type="checkbox"/> Other: _____ Yes <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Material: <u>316 LSST</u> Manufacturer: _____ Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Model: <u>SST BOLTS</u> Yes <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> |
| | 30. Manufacturer 31. Model | <u>ROSEMOUNT</u> <u>2088</u> |



ANEXO 5

Especificación Instrumento Presión Rango 0 – 910 psi

| | | |
|-----------------|---|---|
| GENERAL+A1:AX71 | 1. Tag N°: <u>JT-PT-001, JT-PT-007</u> <u>JT-PT-002</u> 2. Function 3. Case 4. Mounting 5. Enclosure Class 6. Power Supply 7. Type 8. Indicator | Service: <u>Medición de presión</u> Indicate <input checked="" type="checkbox"/> Control <input type="checkbox"/> Transm. <input checked="" type="checkbox"/> Other: _____ MFR STD <input checked="" type="checkbox"/> Nom. Size: _____ Color: MFR STD <input type="checkbox"/> Other: _____ Direct Mounting <input checked="" type="checkbox"/> 2" Pipe <input type="checkbox"/> Other: _____ General purpose <input type="checkbox"/> Weather proof <input type="checkbox"/> Explosion proof <input checked="" type="checkbox"/> Class: <u>Clase I Div II</u> For use Intrin. Safe system <input type="checkbox"/> Other: <u>Ignition proof, NEMA 4X, IP68</u> <input type="checkbox"/> AC <input checked="" type="checkbox"/> DC <u>10.5 - 42.4</u> Volts Smart _____ Protocol: <u>hart</u> Type: <u>LCD</u> Scale: _____ Config _____ Mounting: Integral <input checked="" type="checkbox"/> Remote <input type="checkbox"/> |
| TRANSMITTER | 9. Output 10. Electrical Connection | 4-20 mA <input checked="" type="checkbox"/> 3-15 psig <input type="checkbox"/> Other: <u>digital hart protocol</u> 1/2 in. NPT <input checked="" type="checkbox"/> 3/4 in NPT <input type="checkbox"/> Power: _____ Wire Conect: _____ |
| ELEMENT | 17. Service 18. Element type: 19. Material 20. Range 21. Process Data 22. Process Connection | Gage Press. <input checked="" type="checkbox"/> Vacuum <input type="checkbox"/> Absolute <input type="checkbox"/> Compound <input type="checkbox"/> Diaphragm <input checked="" type="checkbox"/> Helix <input type="checkbox"/> Bourdon <input type="checkbox"/> Belows <input type="checkbox"/> Other _____ 316 S.S. <input checked="" type="checkbox"/> Ber. Copper <input type="checkbox"/> Other _____ Fixed <input type="checkbox"/> Adj. Range: <input checked="" type="checkbox"/> _____ Set at: <u>menos 14.7 a 4000 psi</u> Overrange Protection to: <u>150% F.S</u> Press: Normal: _____ Max: <u>2000 psi</u> Pressure Range: <u>0 a 910 psi</u> Temp.: Normal: _____ Max: _____ Fluid: <u>gas</u> 1/4" NPT <input type="checkbox"/> 1" NPT <input type="checkbox"/> Other: <u>1/2 -14 NPT FEMALE</u> |
| OPTIONS | 23. Alarm Switches 24. Transcient Protection: 25. Diaphragm Seal 26. Syphon. (pigtail) 27. Two Valve Manifold 28. Mounting Bracket 29. Pulsation Dampener | Quantity: _____ Form: _____ Rating: _____ Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Diaphragm Seal Type: Threaded <input type="checkbox"/> Flanged <input checked="" type="checkbox"/> Connection: _____ Size: _____ Rating: _____ Mounting Seal: Direct Mounting <input type="checkbox"/> Capillary <input type="checkbox"/> Capillary Lenght per leg: _____ Capillary material: _____ Instrument Connection: 1/4" NPT <input type="checkbox"/> 1" NPT <input type="checkbox"/> Other: _____ Yes <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Material: <u>316 LSST</u> Manufacturer: _____ Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Model: <u>SST BOLTS</u> Yes <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> |
| | 30. Manufacturer 31. Model | <u>ROSEMOUNT</u> <u>2088</u> |



ANEXO 7

Especificación Instrumento presión diferencial Rango 610-910 psi

| | | |
|-----------------|--|---|
| GENERAL+A1:AX71 | 1. Tag N°: <u>JT-LT-002, JT-LT-007</u> 2. Function 3. Case 4. Mounting 5. Enclosure Class 6. Power Supply 7. Type 8. Indicator | Service: <u>Medición de nivel</u> Indicate <input checked="" type="checkbox"/> Control <input type="checkbox"/> Transm. <input checked="" type="checkbox"/> Other: _____ MFR STD <input checked="" type="checkbox"/> Nom. Size: _____ Color: MFR STD <input type="checkbox"/> Other: _____ Direct Mounting <input checked="" type="checkbox"/> 2" Pipe <input type="checkbox"/> Other: _____ General purpose <input type="checkbox"/> Weather proof <input type="checkbox"/> Explosion proof <input checked="" type="checkbox"/> Class: <u>Class I Div II</u> For use Intrin. Safe system <input type="checkbox"/> Other: <u>Ignition proof, NEMA 4X, IP66</u> <input type="checkbox"/> AC <input checked="" type="checkbox"/> DC <u>10.5 a 42.4</u> Volts <u>Smart</u> Protocol: <u>wireless hart</u> Type: <u>LCD</u> Scale: _____ Config: _____ Mounting: Integral <input checked="" type="checkbox"/> Remote <input type="checkbox"/> |
| TRANSMITTER | 9. Output 10. Electrical Connection | 4-20 mA <input checked="" type="checkbox"/> 3-15 psig <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Other: <u>digital hart protocol</u> 1/2 in. NPT <input checked="" type="checkbox"/> 3/4 in NPT <input type="checkbox"/> Power: _____ Wire Connc: _____ |
| ELEMENT | 17. Service 18. Element type: 19. Material 20. Range 21. Process Data 22. Process Connection | Gage Press. <input checked="" type="checkbox"/> Vacuum <input type="checkbox"/> Absolute <input type="checkbox"/> Compound <input type="checkbox"/> Diaphragm <input checked="" type="checkbox"/> Helix <input type="checkbox"/> Bourdon <input type="checkbox"/> Belows <input type="checkbox"/> Other _____ 316 S.S. <input checked="" type="checkbox"/> Bar. Copper <input type="checkbox"/> Other _____ Fixed <input type="checkbox"/> Adj. Range: <input checked="" type="checkbox"/> _____ Set at: <u>0 a 2000 psi</u> Overrange Protection to: <u>150% F.S</u> Press: Normal: _____ Max: <u>910 psi</u> Pressure Range: <u>610 a 910 psi</u> Temp.: Normal: _____ Max: _____ Fluid: <u>gas</u> 1/4" NPT <input type="checkbox"/> 1" NPT <input type="checkbox"/> Other: <u>1/2 -14 NPT FEMALE</u> |
| OPTIONS | 23. Alarm Switches 24. Transient Protection: 25. Diaphragm Seal 26. Syphon. (pigtail) 27. Two Valve Manifold 28. Mounting Bracket 29. Pulsation Damperer | Quantity: _____ Form: _____ Rating: _____ Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Diaphragm Seal Type: Threaded <input type="checkbox"/> Flanged <input checked="" type="checkbox"/> Connection: _____ Size: _____ Rating: _____ Mounting Seal: Direct Mounting <input type="checkbox"/> Capillary <input type="checkbox"/> Capillary Lenght per leg: _____ Capillary material: _____ Instrument Connection: 1/4" NPT <input type="checkbox"/> 1" NPT <input type="checkbox"/> Other: _____ Yes <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Material: <u>316 LSST</u> Manufacturer: _____ Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Model: <u>SST BOLTS</u> Yes <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> |
| | 30. Manufacturer 31. Model | <u>ROSEMOUNT</u> <u>3051S Sistema de transmisores remotos (ERS)</u> |



ANEXO 6

Especificación Instrumento presión diferencial Rango 0-2000 psi

| | | |
|-----------------|---|--|
| GENERAL+A1:AX71 | 1. Tag N°: <u>JT-LT-001, JT-LT-008</u> 2. Function 3. Case 4. Mounting 5. Enclosure Class 6. Power Supply 7. Type 8. Indicator | Service: <u>Medición de nivel por presión diferencial</u> Indicate <input checked="" type="checkbox"/> Control <input type="checkbox"/> Transm. <input checked="" type="checkbox"/> Other: _____ MFR STD <input checked="" type="checkbox"/> Nom. Size: _____ Color: MFR STD <input type="checkbox"/> Other: _____ Direct Mounting <input checked="" type="checkbox"/> 2" Pipe <input type="checkbox"/> Other: _____ General purpose <input type="checkbox"/> Weather proof <input type="checkbox"/> Explosion proof <input checked="" type="checkbox"/> Class: <u>Class I Div II</u> For use Intrin. Safe system <input type="checkbox"/> Other: <u>Ignition proof, NEMA 4X, IP66</u> <input type="checkbox"/> AC <input checked="" type="checkbox"/> DC <u>10.5 a 42.4</u> Volts <u>Smart</u> Protocol: <u>hart</u> Type: <u>LCD</u> Scale: <u>Config</u> Mounting: Integral <input checked="" type="checkbox"/> Remote <input type="checkbox"/> |
| TRANSMITTER | 9. Output 10. Electrical Connection | 4-20 mA <input checked="" type="checkbox"/> 3-15 psig <input type="checkbox"/> Other: <u>digital hart protocol</u> 1/2 in. NPT <input checked="" type="checkbox"/> 3/4 in NPT <input type="checkbox"/> Power: _____ Wire Connc: _____ |
| ELEMENT | 17. Service 18. Element type: 19. Material 20. Range 21. Process Data 22. Process Connection | Gage Press. <input checked="" type="checkbox"/> Vacuum <input type="checkbox"/> Absolute <input type="checkbox"/> Compound <input type="checkbox"/> Diaphragm <input checked="" type="checkbox"/> Helix <input type="checkbox"/> Bourdon <input type="checkbox"/> Belows <input type="checkbox"/> Other _____ 316 S.S. <input checked="" type="checkbox"/> Ber. Copper <input type="checkbox"/> Other _____ Fixed <input type="checkbox"/> Adj. Range: <input checked="" type="checkbox"/> _____ Set at: <u>menos 14.7 a 10000 psi</u> Overrange Protection to: <u>150% F.S</u> Press: Normal: _____ Max: <u>2000</u> Pressure Range: <u>0 a 2000 psi</u> Temp.: Normal: _____ Max: _____ Fluid: <u>gas</u> 1/4" NPT <input type="checkbox"/> 1" NPT <input type="checkbox"/> Other: <u>1/2 -14 NPT FEMALE</u> |
| OPTIONS | 23. Alarm Switches 24. Transcient Protection: 25. Diaphragm Seal 26. Syphon. (pigtail) 27. Two Valve Manifold 28. Mounting Bracket 29. Pulsation Dampener | Quantity: _____ Form: _____ Rating: _____ Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Diaphragm Seal Type: Threaded <input type="checkbox"/> Flanged <input checked="" type="checkbox"/> Connection: _____ Size: _____ Rating: _____ Mounting Seal: Direct Mounting <input type="checkbox"/> Capillary <input type="checkbox"/> Capillary Lenght per leg: _____ Capillary material: _____ Instrument Connection: 1/4" NPT <input type="checkbox"/> 1" NPT <input type="checkbox"/> Other: _____ Yes <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Material: <u>316 LSST</u> Manufacturer: _____ Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Model: <u>SST BOLTS</u> Yes <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> |
| | 30. Manufacturer 31. Model | <u>ROSEMOUNT</u> <u>3051S Sistema de transmisores remotos</u> |



ANEXO 7

Especificación Instrumento Temperatura Rango 80° – 150°F

| | | |
|-------------|---|--|
| GENERAL | 1. Tag N°: <u>JT-TT-001, JT-TT-008</u> <u>JT-TT-008</u> 2. Function 3. Case 4. Mounting 5. Enclosure Class 6. Power Supply 7. Type 8. Indicator | Service: <u>Medición de Temperatura</u> Indicate <input checked="" type="checkbox"/> Control <input type="checkbox"/> Transm. <input checked="" type="checkbox"/> Other: _____ MFR STD <input checked="" type="checkbox"/> Nom. Size: _____ Color: MFR STD <input type="checkbox"/> Other: _____ Direct Mounting <input checked="" type="checkbox"/> 2" Pipe <input type="checkbox"/> Other: _____ General purpose <input type="checkbox"/> Weather proof <input type="checkbox"/> Explosion proof <input checked="" type="checkbox"/> Class: _____ For use Intrin. Safe system <input type="checkbox"/> Other: <u>Ignition proof</u> <input type="checkbox"/> AC <input checked="" type="checkbox"/> DC <u>12.0 A 42.4</u> Volts <u>Smart</u> Protocol: <u>hart</u> Type: <u>LCD</u> Scale: _____ Config _____ Mounting: Integral <input checked="" type="checkbox"/> Remote <input type="checkbox"/> |
| TRANSMITTER | 9. Output 10. Electrical Connection | 4-20 mA <input checked="" type="checkbox"/> 3-15 psig <input type="checkbox"/> Other: <u>digital hart protocol</u> 1/2 in. NPT <input checked="" type="checkbox"/> 3/4 in NPT <input type="checkbox"/> Power: _____ Wire Connc: _____ |
| ELEMENT | 17. Type 18. Reference 19. Material 20. Range 21. Process Data 22. Process Connection | <u>RTD</u> <u>IEC 751</u> 316 S.S. <input checked="" type="checkbox"/> Ber. Copper <input type="checkbox"/> Other _____ Fixed <input type="checkbox"/> Adj. Range: <input checked="" type="checkbox"/> _____ Set at: <u>menos 58 °F a 572 °F</u> Overrange Protection to: <u>150% F.S</u> Temperature Range <u>80°F a 150°F</u> Temp.: Normal: _____ Max: <u>150° F</u> Fluid: <u>gas</u> 1/4" NPT <input type="checkbox"/> 1" NPT <input type="checkbox"/> Other: <u>1/2 -14 NPT FEMALE</u> |
| OPTIONS | 23. Alarm Switches 24. Transcient Protection: 25. Diaphragm Seal 26. Syphon. (pigtail) 27. Two Valve Manifold 28. Mounting Bracket 29. Pulsation Dampener | Quantity: _____ Form: _____ Rating: _____ Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Diaphragm Seal Type: Threaded <input type="checkbox"/> Flanged <input checked="" type="checkbox"/> Connection: _____ Size: _____ Rating: _____ Mounting Seal: Direct Mounting <input type="checkbox"/> Capillary <input type="checkbox"/> Capillary Lenght per leg: _____ Capillary material: _____ Instrument Connection: 1/4" NPT <input type="checkbox"/> 1" NPT <input type="checkbox"/> Other: _____ Yes <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Material: <u>316L SST</u> Manufacturer: _____ Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Model: <u>SST BOLTS</u> Yes <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> |
| | 30. Manufacturer 31. Model | <u>ROSEMOUNT</u> <u>3144P</u> |



ANEXO 8

Especificación Instrumento Temperatura Rango -40° – 100°F

| | | |
|-------------|---|---|
| GENERAL | 1. Tag Nº: <u>JT-TT-0013, JT-TT-007</u> <u>JT-TT-008</u> 2. Function 3. Case 4. Mounting 5. Enclosure Class 6. Power Supply 7. Type 8. Indicator | Service: <u>Medición de Temperatura</u> Indicate <input checked="" type="checkbox"/> Control <input type="checkbox"/> Transm. <input checked="" type="checkbox"/> Other: _____ MFR STD <input checked="" type="checkbox"/> Nom. Size: _____ Color: MFR STD <input type="checkbox"/> Other: _____ Direct Mounting <input checked="" type="checkbox"/> 2" Pipe <input type="checkbox"/> Other: _____ General purpose <input type="checkbox"/> Weather proof <input type="checkbox"/> Explosion proof <input checked="" type="checkbox"/> Class: _____ For use Intrin. Safe system <input type="checkbox"/> Other: <u>Ignition proof</u> <input type="checkbox"/> AC <input checked="" type="checkbox"/> DC <u>12.0 A 42.4</u> Volts Smart _____ Protocol: <u>hart</u> Type: <u>LCD</u> Scale: _____ Config _____ Mounting: Integral <input checked="" type="checkbox"/> Remote <input type="checkbox"/> |
| TRANSMITTER | 9. Output 10. Electrical Connection | 4-20 mA <input checked="" type="checkbox"/> 3-15 psig <input type="checkbox"/> Other: <u>digital hart protocol</u> 1/2 in. NPT <input checked="" type="checkbox"/> 3/4 in NPT <input type="checkbox"/> Power: _____ Wire Connc: _____ |
| ELEMENT | 17. Type 18. Reference 19. Material 20. Range 21. Process Data 22. Process Connection | RTD IEC 751 316 S.S. <input checked="" type="checkbox"/> Ber. Copper <input type="checkbox"/> Other _____ Fixed <input type="checkbox"/> Adj. Range: <input checked="" type="checkbox"/> _____ Set at: <u>menos 58 °F a 572 °F</u> Overrange Protection to: <u>150% F.S</u> Temperature Range: <u>menos 40°F a 100°F</u> Temp.: Normal: _____ Max: <u>150° F</u> Fluid: <u>gas</u> 1/4" NPT <input type="checkbox"/> 1" NPT <input type="checkbox"/> Other: <u>1/2 -14 NPT FEMALE</u> |
| OPTIONS | 23. Alarm Switches 24. Transcient Protection: 25. Diaphragm Seal 26. Syphon. (pigtail) 27. Two Valve Manifold 28. Mounting Bracket 29. Pulsation Dampener | Quantity: _____ Form: _____ Rating: _____ Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Diaphragm Seal Type: Threaded <input type="checkbox"/> Flanged <input checked="" type="checkbox"/> Connection: _____ Size: _____ Rating: _____ Mounting Seal: Direct Mounting <input type="checkbox"/> Capillary <input type="checkbox"/> Capillary Length per leg: _____ Capillary material: _____ Instrument Connection: 1/4" NPT <input type="checkbox"/> 1" NPT <input type="checkbox"/> Other: _____ Yes <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Material: <u>316L SST</u> Manufacturer: _____ Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Model: <u>SST BOLTS</u> Yes <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> |
| | 30. Manufacturer 31. Model | <u>ROSEMOUNT</u> <u>3144P</u> |

ANEXO 9

Especificación Instrumento Nivel Rango 2m

| | | | |
|--------------------|-------------|-------------------------------|--------------------------------------|
| GENERAL | 1 | Tag N° | JT-LT-001, JT-LT-002 |
| | 2 | Description of service | Medición nivel |
| | 3 | PP&ID Number | 001 y 002 |
| | 4 | Vessel Number | TK-002 |
| | 5 | Unidad | metros |
| | 6 | Service | Tambor condensantes |
| | 8 | Height Tank | 2 m |
| | 9 | Antenna Type | 2" cónica |
| | BODY | 10 | Antenna Material |
| 11 | | Process Connection | 3" bridado |
| 12 | | Accuracy | 0.5% |
| TRANSMITTER | 13 | Principle | Onda continua de frecuencia modulada |
| | 14 | Operating Frequency | 24,05 a 27,0 GHz |
| | 15 | Supply voltage | 24 V |
| | 16 | Output | HART 4-20 mA |
| | 17 | Range | 40 m |
| | 18 | Cable Entry | 1/2" NPT |
| | 19 | Enclosure | waterproof Nema 4x Explosion proof |
| | | | |
| | | | |
| OPTIONS | 23 | Local indicator | LCD digital |
| | 24 | Cer/ Approval type | Clase 1 Div 2 |
| | 25 | Manufacturer | Rosemount |



| | | | |
|--|--------|-------|----------|
| | 2 6 | Model | 5408:SIS |
|--|--------|-------|----------|

ANEXO 10

Especificación Instrumento Nivel Rango 4m

| | | | |
|--------------------|-------------|------------------------|--------------------------------------|
| GENERAL | 1 | Tag N° | JT-LT-005 |
| | 2 | Description of service | Medición nivel |
| | 3 | Description of service | 003 |
| | 4 | Vessel Number | TK-002 |
| | 5 | Unidad | metros |
| | 6 | Service | Tambor condensantes |
| | 8 | Height Tank | 4 m |
| | 9 | Antenna Type | 2" cónica |
| | BODY | 10 | Antenna Material |
| 11 | | Process Connection | 3" bridado |
| 12 | | Accuracy | 0.5% |
| TRANSMITTER | 13 | Principle | Onda continua de frecuencia modulada |
| | 14 | Operating Frequency | 24,05 a 27,0 GHz |
| | 15 | Supply voltage | 24 V |
| | 16 | Output | HART 4-20 mA |
| | 17 | Range | 40 m |
| | 18 | Cable Entry | 1/2" NPT |
| | 19 | Enclosure | waterproof Nema 4x Explosion proof |
| | | | |
| OPTIONS | 23 | Local indicator | LCD digital |
| | 24 | Cer/ Approval type | Clase 1 Div 2 |
| | 25 | Manufacturer | Rosemount |
| | 26 | Model | 5408:SIS |



ANEXO 9

Especificación Instrumento nivel por presión diferencial Rango 610-910 psi

| | | |
|-----------------|--|---|
| GENERAL+A1:AX71 | 1. Tag N°: <u>JT-LT-992, JT-LT-997</u> 2. Function 3. Case 4. Mounting 5. Enclosure Class 6. Power Supply 7. Type 8. Indicator | Service: <u>Medición de nivel</u> Indicate <input checked="" type="checkbox"/> Control <input type="checkbox"/> Transm. <input checked="" type="checkbox"/> Other: _____ MFR STD <input checked="" type="checkbox"/> Nom. Size: _____ Color: MFR STD <input type="checkbox"/> Other: _____ Direct Mounting <input checked="" type="checkbox"/> 2" Pipe <input type="checkbox"/> Other: _____ General purpose <input type="checkbox"/> Weather proof <input type="checkbox"/> Explosion proof <input checked="" type="checkbox"/> Class: <u>Class I Div II</u> For use intrin. Safe system <input type="checkbox"/> Other: <u>ignition proof, NEMA 4X, IP66</u> <input type="checkbox"/> AC <input checked="" type="checkbox"/> DC <u>10.5 a 42.4</u> Volts <u>Smart</u> Protocol: <u>wireless hart</u> Type: <u>LCD</u> Scale: _____ Config: _____ Mounting: Integral <input checked="" type="checkbox"/> Remote <input type="checkbox"/> |
| TRANSMITTER | 9. Output 10. Electrical Connection | 4-20 mA <input checked="" type="checkbox"/> 3-15 psig <input type="checkbox"/> Other: <u>digital hart protocol</u> 1/2 in. NPT <input checked="" type="checkbox"/> 3/4 in NPT <input type="checkbox"/> Power: _____ Wire Connec: _____ |
| ELEMENT | 17. Service 18. Element type: 19. Material 20. Range 21. Process Data 22. Process Connection | Gage Press. <input checked="" type="checkbox"/> Vacuum <input type="checkbox"/> Absolute <input type="checkbox"/> Compound <input type="checkbox"/> Diaphragm <input checked="" type="checkbox"/> Helix <input type="checkbox"/> Bourdon <input type="checkbox"/> Belows <input type="checkbox"/> Other _____ 316 S.S. <input checked="" type="checkbox"/> Bar. Copper <input type="checkbox"/> Other _____ Fixed <input type="checkbox"/> Adj. Range: <input checked="" type="checkbox"/> _____ Set at: <u>0 a 2000 psi</u> Overrange Protection to: <u>150% F.S.</u> Press: Normal: _____ Max: <u>910 psi</u> Pressure Range: <u>610 a 910 psi</u> Temp.: Normal: _____ Max: _____ Fluid: <u>gas</u> 1/4" NPT <input type="checkbox"/> 1" NPT <input type="checkbox"/> Other: <u>1/2 -14 NPT FEMALE</u> |
| OPTIONS | 23. Alarm Switches 24. Transient Protection: 25. Diaphragm Seal 26. Syphon. (pigtail) 27. Two Valve Manifold 28. Mounting Bracket 29. Pulsation Damper | Quantity: _____ Form: _____ Rating: _____ Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Diaphragm Seal Type: Threaded <input type="checkbox"/> Flanged <input checked="" type="checkbox"/> Connection: _____ Size: _____ Rating: _____ Mounting Seal: Direct Mounting <input type="checkbox"/> Capillary <input type="checkbox"/> Capillary Length per leg: _____ Capillary material: _____ Instrument Connection: 1/4" NPT <input type="checkbox"/> 1" NPT <input type="checkbox"/> Other: _____ Yes <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Material: <u>316 LSST</u> Manufacturer: _____ Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Model: <u>SST BOLTS</u> Yes <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> |
| | 30. Manufacturer 31. Model | <u>ROSEMOUNT</u> <u>3051S Sistema de transmisores remotos (ERS)</u> |

ANEXO 10

 Especificación Instrumento flujo Rango 0 – 108m³/2

| | | | |
|--------------------|-------------|-------------------------------|------------------------------------|
| GENERAL | 1 | Tag N° | JT-FT-001, JT-FT-002 |
| | 2 | Description of service | Medición Flujo |
| | 3 | PID N° | 001 |
| | 4 | loop Number | 001 - 002 |
| | 5 | Unidad | m ³ /s |
| | 6 | Service | Flujo de entrada cabezal |
| | 8 | Height Tank | 108 m ³ /s |
| | 9 | Antenna Type | wireless antenna |
| | BODY | 10 | Antenna Material |
| 11 | | Process Connection | NPT female |
| 12 | | Accuracy | 0.5% |
| | | | |
| TRANSMITTER | 14 | Operating Frecuency | 2.4 GHz |
| | 15 | Supply voltage | 9 a 32 Vdc |
| | 16 | Output | HART 4-20 mA |
| | 17 | Range | |
| | 18 | Cable Entry | 1/2" NPT |
| | 19 | Enclosure | waterproof Nema 4x Explotion proof |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| OPTIONS | 23 | Local indicator | LCD |
| | 24 | Cer/ Approval type | Clase 1 Div 2 |
| | 25 | Manufacturer | Rosemount |
| | 26 | Model | 3051SF DP Flowmeters |