

**PROPUESTA PARA IMPLEMENTAR EL MONTAJE DE UN COMPRESOR DE  
CO<sub>2</sub> EN LA UNIDAD DE GENERACIÓN DE HIDROGENO U-2600 DE LA  
REFINERIA DE ECOPETROL EN BARRANCABERMEJA, SANTANDER.**

**ALEXANDER BACCA MACHADO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS  
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA DEL GAS  
BUCARAMANGA  
2012**

**PROPUESTA PARA IMPLEMENTAR EL MONTAJE DE UN COMPRESOR DE  
CO<sub>2</sub> EN LA UNIDAD DE GENERACIÓN DE HIDROGENO U-2600 DE LA  
REFINERIA DE ECOPETROL EN BARRANCABERMEJA, SANTANDER.**

**ALEXANDER BACCA MACHADO**

**Trabajo de grado para optar al título de  
Especialista en Ingeniería del Gas**

**Director  
KELLY VIVIANA VERGEL  
Esp. Química Ambiental**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD INGENIERÍAS FISCOQUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS  
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA DEL GAS  
BUCARAMANGA  
2012**

## **AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIAS**

Este trabajo de monografía es el requisito con el que concluye mi paso por la Especialización en Ingeniería del Gas, Octava Promoción, agradezco a Dios y a la Virgen de Torcoroma por hacer realidad este sueño. Le dedico este triunfo a mis padres por llevarme en sus oraciones, a mi esposa e hijos, por su amor, cariño y comprensión y porque sé que disfrutaban cada triunfo mío como propio y aquí, una dedicación muy especial a mis hijos Breiner y su hermanito que con la bendición de Dios nacerá el próximo año, quiero compartir este triunfo con ellos en particular, mostrarles que todos los sueños que queremos alcanzar, por más difíciles que parezcan, los podemos lograr, ya que solo “depende de mí”, así de sencillo..., depende de mi esfuerzo personal, de mis motivaciones personales, familiares y quizás lo más importante, dependen del amor y la pasión con que las hagamos, eso facilita enormemente alcanzar el logro, alcanzar la meta y realizar los sueños.

Finalmente un muchas gracias y “Dios le pague” al Ing. Jorge Forero por el apoyo brindado en el transcurso de la Monografía, a doña Vicky por su entrega y consejos y a María Isabel Archila por toda su colaboración.

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
1. INTRODUCCIÓN.....	14
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	14
3. JUSTIFICACIÓN .....	15
4. OBJETIVOS.....	16
5. ESTUDIOS DETALLADOS Y VERIFICACIONES .....	17
6. DATOS DEL SITIO, DATOS METEOROLÓGICOS Y SISTEMA DE UNIDADES DE MEDIDAS 17	
7. SALUD, SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE .....	19
7.1 SALUD .....	20
7.1.1 PELIGROS QUÍMICOS .....	20
7.1.2 PELIGROS FÍSICOS .....	20
7.1.3 RESULTADOS DEL PHA DE LA PROPUESTA .....	20
7.1.4 MEDIDAS PARA EVITAR INCENDIOS .....	20
7.2 MANEJO AMBIENTAL.....	21
8. ERGONOMÍA Y MANTENIBILIDAD .....	21
9. ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL .....	21
10. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO.....	22
11. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ALCANCE .....	23
11.1 ALCANCE ESPECIALIDAD PROCESOS .....	23
11.1.1 REQUERIMIENTOS DE EQUIPOS .....	23
11.1.2 DEFINICIÓN DE CANTIDADES Y ESPECIFICACIONES DEL PROCESO .....	24
11.1.3 DEFINICIÓN DE CAPACIDADES DE EQUIPOS, FACILIDADES COMPLEMENTARIAS Y SERVICIOS INDUSTRIALES .....	25
11.1.4 DIMENSIONAMIENTO PRELIMINAR DEL ÁREA PARA DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS 25	
11.1.5 ANÁLISIS DE SERVICIOS INDUSTRIALES Y DE LOS ELEMENTOS EXTERNOS ....	26
11.1.6 RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD INDUSTRIAL.....	26
11.1.7 CAPACIDADES Y CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS OPERACIONALES.....	26
11.1.8 REQUERIMIENTOS DE MEDICIÓN .....	26
11.1.9 APLICACIÓN DE PRÁCTICAS DE INCREMENTO DE VALOR (PIV (VIP)) .....	26
11.1.10 DIAGRAMAS DE BLOQUES.....	27
11.1.11 DIAGRAMA DE BANDERAS (FLUJOS, PRESIONES Y TEMPERATURAS).....	28

11.1.12	DIAGRAMAS DE FLUJO SIMPLIFICADOS (PFD: PROCESS FLOW DIAGRAM).....	29
	29	
11.1.13	DIAGRAMA PRELIMINAR DE INSTRUMENTACIÓN Y PROCESO (P&ID) DE LA PLANTA	29
11.1.14	GRADO DE AUTOMATIZACIÓN REQUERIDO .....	29
11.1.15	PLAN DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA INVOLUCRADA AL PROYECTO.....	29
11.1.16	JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA .....	30
11.1.17	ESTUDIOS PRELIMINARES DEL IMPACTO AMBIENTAL.....	30
11.1.18	PLAN PRELIMINAR DE EJECUCIÓN Y ESTRATEGIAS DE CONTRATACIÓN .....	31
11.1.19	ANÁLISIS DE RIESGOS.....	32
11.1.20	FILOSOFÍA DE OPERACIÓN.....	32
11.2	ALCANCE ESPECIALIDAD INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL.....	33
11.2.1	ALCANCE Y REQUERIMIENTOS DE INSTRUMENTACIÓN, CONTROL Y/O MEDICIÓN .....	34
11.2.1.1.	FILOSOFÍA DE CONTROL.....	34
11.2.1.2.	FILOSOFÍA DE PROTECCIÓN .....	34
11.2.1.3.	GRADO DE AUTOMATIZACIÓN .....	34
11.2.1.4.	CAPACIDADES Y CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DE CONTROL OPERACIONAL (NUEVOS Y EXISTENTES).....	35
11.2.1.5.	PROGRAMA DE CONSTRUCTIBILIDAD INICIAL .....	35
11.2.1.6.	LISTADO DE INSTRUMENTOS CON ASIGNACIÓN DE TAG'S (FORMATO ESTÁNDAR).....	35
11.2.1.7.	DESCRIPCIÓN DE INTERFASES O COMUNICACIONES CON OTROS SISTEMAS Y ESPECIALIDADES .....	35
11.2.1.8.	DEFINIR LAS PAUTAS PARA ASEGURAR Y CONTROLAR LA CALIDAD DE LA INSTALACIÓN DEL INSTRUMENTO, A SÍ MISMO PARA REALIZAR EL MANTENIMIENTO PREDICTIVO Y PREVENTIVO DEL EQUIPO.....	35
11.3	ALCANCE ESPECIALIDAD ELÉCTRICA.....	35
11.3.1	RETROFIT DE CASILLAS DE MCC.....	36
11.3.2	SISTEMA DE CANALIZACIONES ELÉCTRICAS.....	37
11.3.3	CABLEADO Y CONEXIONADO DE FUERZA Y CONTROL .....	37
11.3.4	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TABLERO ELÉCTRICO TIPO EXTERIOR.....	39
11.3.5	DESMANTELAMIENTO DE CABLEADO ELÉCTRICO .....	39
11.3.6	SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.....	39
11.4	ALCANCE ESPECIALIDAD CIVIL.....	39

11.4.1	PLANO DE LOCALIZACIÓN DE LA PROPUESTA, VÍA DE ACCESO, ÁREA GEOGRÁFICA.....	40
11.4.2	PROGRAMA DE CONSTRUCTIBILIDAD INICIAL .....	40
11.4.3	DISTRIBUCIÓN DE ÁREAS Y EQUIPOS (PLOT PLAN) .....	41
11.4.4	CONDICIONES DEL LUGAR (CLIMATOLÓGICAS, HIDROLÓGICAS Y SÍSMICAS)..	41
11.4.5	DEFINIR LAS PAUTAS PARA ASEGURAR Y CONTROLAR LA CALIDAD DE LA REALIZACIÓN DE LA OBRA CIVIL .....	41
11.5	ALCANCE ESPECIALIDAD MECÁNICA .....	42
11.5.1	MECÁNICA ESTÁTICA Y TUBERÍA .....	42
11.5.2	PROGRAMA DE CONSTRUCTIBILIDAD INICIAL .....	43
11.5.3	BASES PARA LA DEFINICIÓN DE LAS FILOSOFÍAS DE MANTENIMIENTO, OPERACIÓN Y CONFIABILIDAD.....	43
11.5.4	PLOT PLAN.....	44
11.5.5	MECÁNICA ROTATIVA .....	44
11.5.6	ÁREA DISPONIBLE PARA LA INSTALACIÓN DE EQUIPOS.....	45
11.5.7	FILOSOFÍA DE MANTENIMIENTO.....	45
11.5.8	FILOSOFÍAS DE CONFIABILIDAD. ....	46
11.5.9	CONTROL DE LA CALIDAD DE LA INSTALACIÓN DEL EQUIPO ROTATIVO. ....	47
12.	LISTADO DE MATERIALES, CANTIDADES DE OBRA Y DESCRIPCIÓN DE PARTIDAS .	47
13.	CONSTRUCTIBILIDAD .....	47
14.	PRESUPUESTO.....	48
	CONCLUSIONES.....	49
	BIBLIOGRAFÍA.....	51

## LISTA DE TABLAS

TABLA 1. COMPOSICIÓN QUÍMICA CORRIENTE CO2 .....	24
TABLA 2. CONDICIONES DE OPERACIÓN C2601 .....	24
TABLA 3. LISTADO DE EQUIPOS MÍNIMOS PARA EL SISTEMA DE COMPRESIÓN <sup>(1) (2)</sup> .....	25
TABLA 4. ASPECTOS DE EVALUACIÓN DE IMPACTO SOCIO-AMBIENTALES .....	30
TABLA 5. LISTADO DE CARGAS ELÉCTRICAS DEL PROYECTO .....	36

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. HOJA DE DATOS CO <sub>2</sub> .....	52
ANEXO B. JOB INSTRUCTIONS 16-9 .....	55
ANEXO C. DATA SHEET FOR ROTARY TYPE POSITIVE DISPLACEMENT COMPRESSOR.....	56
ANEXO D. HOJA DE TRABAJO PARA ESTUDIOS HAZOP .....	64
ANEXO E. TYPICAL APPLICATIONS RANGE OF COMPRESSOR TYPES .....	71
ANEXO F. ANÁLISIS HIDRÁULICO.....	72
ANEXO G. TARJETA DE EMERGENCIA CO <sub>2</sub> .....	76
ANEXO H. MR'S PLATINAS DE ORIFICIO .....	78
ANEXO I. ESTUDIO DE CONSTRUCTIBILIDAD .....	80

## RESUMEN

**TITULO: PROPUESTA PARA IMPLEMENTAR EL MONTAJE DE UN COMPRESOR DE CO<sub>2</sub> EN LA UNIDAD DE GENERACIÓN DE HIDROGENO U-2600 DE LA REFINERIA DE ECOPETROL EN BARRANCABERMEJA, SANTANDER.**

Autor: BACCA MACHADO, Alexander

**PALABRAS CLAVES:** Compresor, refinería, inertización, venteando, gas inerte, ácido sulfúrico, unidad PTAR, presión de succión, compresor, presión de descarga.

El presente documento es una herramienta eficaz para asegurar el proceso de inertización en el 100% de los tanques calientes de las casa de bombas de la unidad de balance, empleando CO<sub>2</sub> como agente neutralizante e inertizante, y con un suministro continuo, mediante la reposición del compresor existente.

Con el actual sistema de compresión se está desaprovechado el CO<sub>2</sub> venteado, ocasionando emisiones directas de CO<sub>2</sub> a la atmosfera, incumpliendo las disposiciones ambientales establecidas en el decreto 1594 de 1984 Capítulo VI, referente a las normas para los vertimientos de residuos líquidos a los cuerpos de agua. Ocasiona incumplimiento a las normas de seguridad en lo referente a la inyección de gas inerte en los tanques calientes de la unidad de balance. Se generan gastos asociados al utilizar el nitrógeno en los tanques como gas inerte y el ácido sulfúrico en el proceso de control de pH de la unidad PTAR.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la ejecución de cada uno de los objetivos propuestos, tales como el diagnóstico de la situación actual de la empresa con relación al manejo de emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmosfera por año, la evaluación de la red teniendo en cuenta la presión de succión, presión de descarga, flujos y temperaturas, el análisis económico y constructivo para el cambio del compresor existente, se propone con base a los datos existentes, la alternativa acorde para implementar el montaje de un compresor que garantice el proceso de neutralización de las aguas residuales de PTAR, cumpliendo así con la legislación ambiental vigente y propendiendo por la conservación del ambiente y de los recursos naturales circundantes al área de estudio.

\*Proyecto de grado

\*Facultad Ingeniería Físicoquímicas Escuela Ingeniería de Petróleos  
Director: Kelly Viviana Vergel

## SUMMARY

**TITLE: PROPOSAL TO IMPLEMENT THE INSTALLATION OF A CO<sub>2</sub> COMPRESSOR IN THE UNIT OF GENERATION HYDROGEN U-2600 OF THE ECOPETROL REFINERY IN BARRANCABERMEJA, SANTANDER.**

Autor: BACCA MACHADO, Alexander

**KEY WORDS:** Compressor, refinery, inerting, vent, inert gas, sulfuric acid, unit PTAR, suction pressure, compressor, discharge pressure.

This document is an effective tool to ensure the inerting process in 100 % of the hot tank pump house Unit Balance, using CO<sub>2</sub> as a neutralizing agent and inerting and a continuous supply through the replacement of existing compressor.

With the current compression system is wasted CO<sub>2</sub> vented, causing direct emissions of CO<sub>2</sub> to the atmosphere, in breach of environmental provisions in Decree 1594 of 1984 Chapter VI, concerning standards for discharges of liquid waste to the bodies of water. Causing failure to safety standards regarding the injection of inert gas into hot tanks balance unit. Associated expenses are generated using the nitrogen as inert gas tanks and the sulfuric acid in the pH control process PTAR Unit.

Taking into account the results obtained in the execution of each of the objectives, such as diagnosis of the current situation of the company in relation to the management of CO<sub>2</sub> emissions to the atmosphere per year, the evaluation of the network given suction pressure, discharge pressure, flow and temperature the economic analysis and constructive change existing compressor is proposed based on existing data, the alternative to implement the assembly line of a compressor that guarantees the neutralization process wastewater from PTAR, thereby complying with current environmental legislation and work for environmental conservation and natural resources surrounding the study area.

\*Project of degree

\*Faculty of Physico-chemical Engineering Petroleum Engineering School  
Director: Kelly Viviana Vergel

## 1. INTRODUCCIÓN

En la unidad de generación de hidrógeno U 2600, de la Gerencia Refinería de Barrancabermeja (GRB) de ECOPETROL S.A., se obtiene una corriente de CO<sub>2</sub> como subproducto del proceso de la cual una parte se vende a un tercero, y el excedente de esta corriente de CO<sub>2</sub> se elimina mediante un sistema de venteo atmosférico.

De acuerdo a los resultados de pruebas de laboratorio y a los balances estequiométricos, el proceso de inertización de tanques, según la API 2000, requiere de 20-25 ton/día. La capacidad del compresor recíprocante actual no sobrepasa las 4 ton/día.

Con el actual sistema de compresión se está desaprovechado el CO<sub>2</sub> venteado, ocasionando emisiones directas de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, incumpliendo las disposiciones ambientales establecidas en el decreto 1594 de 1984 Capítulo VI, referente a las normas para los vertimientos de residuos líquidos a los cuerpos de agua. Ocasiona incumplimiento a las normas de seguridad en lo referente a la inyección de gas inerte en los tanques calientes de la unidad de balance. Se generan gastos asociados al utilizar el nitrógeno en los tanques como gas inerte y el ácido sulfúrico en el proceso de control de pH de la unidad PTAR.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El compresor existente suministra el CO<sub>2</sub> para el proceso de neutralización de las aguas residuales industriales de la GRB, que se realiza en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. La capacidad del compresor actual, según hoja de especificaciones es de 20 TPD, en las mediciones realizadas en PTAR el suministro no supera las 4 TPD, tal flujo no es suficiente para suministrar CO<sub>2</sub> al proceso de neutralización, en la actualidad la neutralización es un proceso donde se involucra CO<sub>2</sub> y ácido sulfúrico.

El proceso de inertización de tanques calientes de la unidad de balance en la actualidad no se realiza, aunque se encuentra con red de suministro de CO<sub>2</sub> y nitrógeno, no se tiene suministro de ningún gas de blanqueo

El compresor presenta un alto deterioro en su parte mecánica externa, no hay sistemas de control confiables, al igual que el sistema de lubricación y de enfriamiento.

El equipo asociado para el secado del gas CO<sub>2</sub> está fuera de servicio, el sistema de secado tiene SAS, no hay reportes de mantenimiento, no se ha cambiado sistema de secado, el horno de calentamiento de gas de regeneración no opera, el sistema de enfriamiento Inter.-etapas presenta varios tubos taponados y alta fuga sistema lubricación (enfriamiento Air fin fan).

### 3. JUSTIFICACIÓN

Esta monografía tiene su justificación en las políticas ambientales que tiene la empresa de minimizar el impacto ambiental de sus operaciones.

Cumplir con las disposiciones ambientales establecidas en el Decreto 1594 de 1984 Capítulo VI referente a las normas para los vertimientos de residuos líquidos a los cuerpos de agua, Rio Magdalena, al realizar el proceso de neutralización en PTAR con CO<sub>2</sub>.

Cumplir con las normas de seguridad en tanques, al disponer del sistema de blanqueo con gas inerte.

Ejecutar las recomendaciones de la investigación del incendio del tanque k2802 de enero de 2007.

Reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera en 7000 Toneladas por año.

Mejorar la calidad del efluente por formación de sales provenientes del proceso de neutralización con CO<sub>2</sub> como los carbonatos y bicarbonatos que tienen mayor solubilidad que los sulfatos provenientes de la neutralización con ácido sulfúrico.

En la evaluación del consumo de CO<sub>2</sub> para los procesos de inertización de tanques calientes de UBAL, y la neutralización de aguas residuales en PTAR, se tiene:

El consumo de CO<sub>2</sub> en el proceso de inertización en concordancia con la normas API se encuentra en un rango entre 30 y 45 TPD, dependiendo de los movimientos y recargas de los tanques.

El proceso de neutralización de PTAR de acuerdo a ensayos de laboratorio y balances estequiométricos se encuentra entre 14 y 20 TPD, en función del caudal de PTAR y la alcalinidad de los efluentes.

Se estima el consumo total del CO<sub>2</sub> para los procesos mencionados en un rango entre 35-45 TPD.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1. OBJETIVO GENERAL**

Elaborar una propuesta para la implementación de un proceso de inertización en los tanques calientes de las casa de bombas de la unidad de Balance, mediante el montaje de un compresor y el suministro continuo de CO<sub>2</sub> como agente neutralizante e inertizante.

### **4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar el diagnóstico de la situación actual de la empresa con relación al manejo de emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmosfera por año.
  
- Presentar la evaluación de la red teniendo en cuenta la presión de succión, presión de descarga, flujos y temperaturas.
  
- Proponer con base a los datos existentes, la alternativa acorde para implementar el montaje de un compresor que garantice el proceso de inertización en los tanques calientes de las casa de bombas de la unidad de balance, empleando el suministro continuo de CO<sub>2</sub> como agente neutralizante e inertizante, cumpliendo así con la legislación ambiental vigente y propendiendo por la conservación del ambiente y de los recursos naturales circundantes al área de estudio.

## **5. ESTUDIOS DETALLADOS Y VERIFICACIONES**

Para desarrollar la propuesta se considerarán algunas características de un equipo preliminar, que no corresponden exactamente a las del equipo definitivo, pero que se estima se aproximan a las condiciones reales que tendrá el equipo que se elija para la compra.

Expuesta esta premisa, se pretende llevar a cabo la demolición del cimiento sobre el cual se encuentra actualmente el compresor. Para lograr éste cometido se deberá ajustar a las condiciones geométricas del nuevo Compresor para finalmente llevar a cabo el respectivo montaje, y además de esto, se tendrán que adaptar algunas de las facilidades existentes y aquellas que surjan de acuerdo con las condiciones que exija el procedimiento mencionado.

Dentro de la propuesta no se recurrirá a la ejecución de estudios detallados, pero se hará una búsqueda de la información relacionada con el diseño del cimiento existente para poder asimilar las adecuaciones de acuerdo con el tipo de estructura presente en el sitio, con los sistemas de drenaje y con toda aquella información que represente una herramienta para la toma de decisiones desde el punto de vista ingenieril; de no ser posible encontrar información relevante, se hará una propuesta de ingeniería relacionada con la problemática presentada enfocándola a las condiciones actuales del lugar de los trabajos.

Una vez definido el equipo, la solución aquí planteada, será sometida obligatoriamente a verificación y validación, en donde se presentará un diseño acorde con las condiciones finalmente definidas. Es decir que es probable que se requiera llevar a cabo un estudio de suelos en el que se definan las características mecánicas del mismo y se pronuncien recomendaciones en función del tipo de equipo a emplear para efectos del respectivo diseño de la cimentación como estudio detallado necesario para ésta etapa.

## **6. DATOS DEL SITIO, DATOS METEOROLÓGICOS Y SISTEMA DE UNIDADES DE MEDIDAS**

### **6.1. DATOS DEL SITIO**

El nuevo sistema de compresión de CO<sub>2</sub> será instalado en la planta de generación de hidrógeno, U2600, de la unidad de balance, de la refinería de Barrancabermeja de Ecopetrol S.A.

### **6.2. DATOS METEOROLÓGICOS**

- Clasificación climática del área

Temperatura promedio diaria inferior a 95°F (35°C) durante periodos superiores a 24 horas, pero la temperatura promedio ambiente no es inferior a 70°F (21.1°C).

- Temperatura
  - a. Mínima temperatura de bulbo seco en invierno: 72 °F (22.22 °C).
  - b. Máxima temperatura de bulbo seco en verano: 109 °F (42.8 °C).
  - c. Temperatura de bulbo húmedo a ser tenida en cuenta para torres de enfriamiento: 95°F (35°C).
  - d. Temperatura de bulbo seco a ser usada para enfriadores de aire: 95 °F.
  - e. Temperatura de bulbo seco a ser usada para rateo de equipo eléctrico: 113°F/104°F (Interna/Externa).
  - f. Variación térmica de diseño ( $\Delta T$ ) para cálculos estructurales: 30 °F (16.7 °C).
  
- Humedad relativa
  - a. Valor mínimo: 86%.
  - b. Valor máximo: 88%.
  - c. Valores de diseño para:
    - Ventiladores de aire, compresores y sopladores: 80%.
    - Cálculos de aislamiento térmico mínimo 80°F (26°C).
  
- Presión barométrica
  - a. Mínima: 739 mm Hg (14.2 psia).
  - b. Máxima: 746 mm Hg (14.5 psia).
  - c. Promedio: 14.3 psia.
  
- Viento
  - a. Dirección prevalente del viento: S.E.
  - b. Velocidad a ser usada para cálculos de aislamiento: 4.7 mph.
  - c. Máxima velocidad registrada a una altura de 10 m del suelo: 100 km/h.
  - d. Velocidad básica del viento a ser usada en cálculos estructurales: 100 km/h.
  
- Lluvia
  - a. Caída pluviométrica 10 minutos: 101.6 mm.
  - b. Caída pluviométrica 1 hora: 101.6 mm.

- c. Caída pluviométrica 12 horas: 203.2 mm.
- d. Caída pluviométrica promedio anual: 2718 mm.
- e. Intensidad pluviométrica de diseño: 101.6 mm.

- Sismicidad

Región 4 Zona intermedia NSR-10.

- Corrosividad del aire

Debe tenerse en cuenta debido a presencia de H<sub>2</sub>S, CO<sub>2</sub>, RSH, SO<sub>x</sub>, CO, NO<sub>x</sub>, partículas sólidas (76 µg/m).

- Datos climáticos de diseño de interiores para aire acondicionado

- a. Temperatura de bulbo seco: 71.6 °F (22 °C).
- b. Humedad relativa: 45% ± 5%.
- c. Rango diario de exteriores: De acuerdo a ASHRAE.

- Se Requiere tropicalización para instrumentación.

### 6.3. SISTEMA DE UNIDADES DE MEDIDAS A UTILIZAR

El sistema de unidades a utilizar es el sistema inglés como principal y el sistema internacional como complementario. En el diseño se utilizará el sistema de medidas usual en ECOPETROL S.A., que en parte es en unidades métricas y parte en unidades inglesas ( ). Ejemplos:

Diámetro	mm (Pulg)
Espesor	mm (Pulg), schedule
Temperatura	°C (°F)
Volumen	m <sup>3</sup> (pie <sup>3</sup> )
Longitud	m (pie)
Caudal	gpm, BPD
Densidad	kg/m <sup>3</sup> , Gr. Sp., (lb/Pie <sup>3</sup> )
Masa	kg (lb)
Superficie	m <sup>2</sup> , (Pie <sup>2</sup> )
Potencia	HP

## 7. SALUD, SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE

## **7.1 SALUD**

### **7.1.1 Peligros químicos**

Los riesgos que el CO<sub>2</sub> representa a la salud, principalmente se refieren a asfixia, irritación, náuseas, y en el evento de una larga exposición puede causar la muerte (Ver anexo A. Hoja de datos CO<sub>2</sub>). Actualmente el exceso de CO<sub>2</sub> es venteado a la atmósfera, mediante el PIC26005, el cual cumple con los requerimientos de diseño en cuanto a ubicación y altura para evitar los riesgos inherentes a la emisión de CO<sub>2</sub>. El nuevo compresor C2601 contará con sistemas de relevo conectados a la línea de venteo del PIC26005.

### **7.1.2 Peligros físicos**

El nuevo sistema de compresión contará con las guardas de seguridad respectivas en los sistemas de acoples, a fin de evitar el atrapamiento del personal por piezas en movimiento. Adicionalmente, el diseño de los sistemas se realizará de acuerdo a la clasificación de área respectiva a fin de garantizar que los elementos y equipos instalados cumplan con los requerimientos de seguridad necesarios.

Los sistemas calientes contarán con su respectivo aislamiento térmico a fin de eliminar el riesgo de quemaduras. Los cabezales de CO<sub>2</sub> no contarán con revestimiento térmico, teniendo en cuenta que la máxima temperatura de estos no superará los 150 °F, valor máximo permitido para líneas sin revestimiento térmico (Ver anexo B. Job instructions 16-9, Especificaciones técnicas para aislamiento de tuberías y equipos calientes).

Para manejo del ruido inherente al funcionamiento del sistema de compresión se ha establecido en el data sheet del equipo el parámetro de nivel de presión sonora máximo, a fin de que el proveedor suministre los elementos de mitigación de ruido requeridos para cumplir con los niveles de presión sonora establecidos (Ver anexo C. Data Sheet for Rotary Type Positive Displacement Compressor (API 619-4th edition)).

### **7.1.3 Resultados del PHA de la Propuesta**

Ver anexo D, Hoja de Trabajo para Estudios HAZOP.

### **7.1.4 Medidas para evitar incendios**

No se requerirá modificar ninguno de los elementos existentes del sistema contra incendio en la planta. En el área definida para la instalación del C2601 ya se cuenta con monitores contra incendio instalados.

## **7.2 MANEJO AMBIENTAL**

La instalación del nuevo compresor C2601 contribuirá a eliminar el venteo directo de 45 ton/día de CO<sub>2</sub>. Parte de esta corriente ingresará al proceso de neutralización de la planta PTAR.

Los sistemas de relevo del C2601 se conectarán al sistema de venteo atmosférico asociado a la PICV26005. La gestión del proyecto deberá definir la disposición final de escombros generados durante los trabajos, ya sea en las zonas internas de la refinería designadas para tal fin, o en los rellenos sanitarios municipales, previo trámite para esto.

## **8. ERGONOMÍA Y MANTENIBILIDAD**

Dentro de los diseños propuestos para el nuevo sistema de compresión, se debe tener en cuenta que los sistemas y componentes del equipo garanticen que, tanto en operación como en mantenimiento, se puedan mantener posiciones y posturas que no generen incomodidad o lesiones al personal.

Además la caseta del C2601 cuenta con puente grúa con una capacidad de 3 toneladas, a fin de facilitar el movimiento de las piezas del compresor durante los procesos de mantenimiento.

La ubicación que se propone brinda las facilidades necesarias para llevar a cabo el montaje y movimiento de los componentes del compresor en las etapas de instalación y posteriores mantenimientos que se pretendan ejecutar, esto de acuerdo con las facilidades existentes para tal fin (Estructura de cubierta y puente grúa).

## **9. ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL**

La corriente de CO<sub>2</sub>, generada como subproducto del proceso de la planta de generación de hidrógeno U2600, es enviada al D2607, de donde se toma una parte para ser vendida a un tercero, y parte del excedente se aprovecha como producto de neutralización en la unidad de PTAR, mediante el compresor reciprocante C2631, cuya capacidad actual no sobrepasa las 4 ton/día.

El sistema de CO<sub>2</sub> cuenta con el PICV26005, el cual controla la presión del D2607, mediante venteos a la atmósfera del CO<sub>2</sub> sobrante. De acuerdo a los resultados de pruebas de laboratorio y a los balances estequiométricos, el proceso de neutralización de PTAR requiere de 15-20 ton/día, y el proceso de inertización de tanques, de acuerdo al API 2000, requiere de 20-25 ton/día.

Actualmente el C2631 se encuentra fuera de servicio y desmantelado, razón por la cual el proceso de neutralización en la unidad de PTAR se viene realizando mediante inyección de ácido sulfúrico, con los consabidos riesgos e impactos ambientales que implica la utilización de este producto.

Para el sistema de inertización de tanques calientes de la unidad de balance, se cuenta con facilidades de suministro de nitrógeno, pero este sistema no se encuentra en operación.

## **10. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO**

Se propone instalar en la U2600, un sistema de compresión cuyo equipo compresor es del tipo tornillo lubricado. El sistema de compresión succionará del D2607 y su descarga se conectará los cabezales de CO<sub>2</sub> hacia la planta PTAR y hacia el sistema de gas de inertización de los tanques calientes de la unidad de balance.

La operación del nuevo sistema de compresión deberá tener en cuenta que se debe garantizar el nivel de presión en el D2607, de acuerdo a las condiciones establecidas para la estabilidad de la planta y para el suministro de CO<sub>2</sub> a terceros. Teniendo en cuenta la gráfica de “Rangos de aplicación típica de los tipos de compresor”, resulta viable la aplicación del compresor tipo tornillo lubricado para las condiciones de operación del sistema (Ver anexo E. Typical applications ranges of compressor types).

Además, de acuerdo a la información contenida en la publicación de Ohama, Kurioka, Tanaka y Koga (2006), el compresor de tornillo lubricado resulta ser una muy buena opción para esta aplicación, teniendo en cuenta:

- La posibilidad de variación de flujo, aspecto clave en la operación del sistema.
- El ahorro energético que se logra mediante el uso de la válvula de corredera para el control de flujo.

Los condensados generados en el proceso de compresión serán enviados al sistema de condensados de proceso de la U2600, asociado a las P2604 A/B. El nuevo compresor C2601 contará con un PLC para su sistema de control, el cual llevará información al DCS de la planta Unibon, mediante comunicaciones.

La filosofía de control del C2601 se basará en un lazo de control de presión asociado al PT26005A, a fin de garantizar la estabilidad en el drum D2607 sin que se afecte la operación de toda la unidad ni el suministro de CO<sub>2</sub> a terceros. El

control de las variables se realizará mediante acción de la válvula de corredera interna del C2601. La PICV26005 continuará operando de manera independiente controlando las condiciones de presión del D2607.

Como sistema de protección del sistema, se instalará una facilidad de nitrógeno, el cual será utilizado para purgar los equipos cada vez que salgan de servicio.

## **11. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ALCANCE**

### **11.1 ALCANCE ESPECIALIDAD PROCESOS**

El alcance de la especialidad de proceso contempla la definición del tipo de compresor y las condiciones operacionales del C2601 y sus sistemas anexos, teniendo como premisa mantener la estabilidad de la U2600 y del cabezal de venta de CO<sub>2</sub> a terceros. En general, el alcance de la especialidad de proceso contempla:

- Definir tipo de compresor para la aplicación.
- Especificar diámetros líneas de succión y descarga del C2601. (Ver Anexo F- Análisis Hidráulico).

#### **11.1.1 Requerimientos de equipos**

El sistema de compresión de CO<sub>2</sub> contará como mínimo con los siguientes componentes:

- Compresor de tornillo lubricado (C2601) fabricado bajo API 619, con su correspondiente sistema de recuperación y acondicionamiento de aceite lubricante. El compresor deberá contar con sistema de válvula de corredera para regulación de flujo. El compresor contará con su correspondiente motor eléctrico.
- Drum de separación de condensados, con su correspondiente sistema de control de nivel y sistema de bombeo para el envío de líquido hacia el sistema de condensados asociado a las bombas P2604. Este drum se instalará aguas arriba del compresor.
- Separador de aceite tipo coalescente para el retiro de trazas de aceite de la corriente de CO<sub>2</sub>. Este separador se ubicará aguas abajo del compresor.
- Post enfriador para la corriente de CO<sub>2</sub>, a fin de lograr las condiciones de seguridad en las líneas de transporte hacia las unidades usuarias. Este

intercambiador de calor se ubicará aguas abajo del separador de aceite coalescente.

### 11.1.2 Definición de cantidades y especificaciones del proceso

La composición de la corriente de CO<sub>2</sub> se presenta en la tabla 1:

**Tabla 1. Composición química corriente CO2**

COMPONENTE	MÍNIMO	NORMAL	MÁXIMO
DIÓXIDO DE CARBONO (CO <sub>2</sub> )	95	97.73	97.87
METANO	0.1	0.08	0.05
NITRÓGENO	0.2	0.97	0.97
HIDROGENO	4.7	0.80	0.87
MONÓXIDO DE CARBONO		0.20	
OXIGENO		0.22	0.24
AGUA <sup>(1)</sup>	Saturada	Saturada	Saturada

Fuente: ECOPETROL S.A.

<sup>(1)</sup> El líquido contenido en la corriente se encuentra en estado saturado o a condiciones de presión entre 3.5–5 psig y temperatura entre 95–140 °F (4-15% volumen de agua).

En la tabla 2 se presentan las condiciones operacionales asociadas al C2601:

**Tabla 2. Condiciones de operación C2601**

Variable	Valor
Flujo máximo (ton/día)	45
Flujo normal (ton/día)	35-45
Flujo mínimo (ton/día)	15
P succión (psig)	4.5 <sup>(1)</sup>
T succión (°F)	95 <sup>(1)</sup>
P descarga (psig)	80 <sup>(2)</sup>
T descarga (°F)	140 <sup>(2)</sup>

Fuente: ECOPETROL S.A.

<sup>(1)</sup> Las condiciones de succión se dan en la brida de succión del sistema de compresión.

(2) Las condiciones de descarga se dan en la brida de descarga del sistema de compresión.

### 11.1.3 Definición de capacidades de equipos, facilidades complementarias y servicios industriales

En la tabla 3 se presenta el listado de equipos requeridos para la operación del sistema de compresión de CO<sub>2</sub>:

**Tabla 3. Listado de equipos mínimos para el sistema de compresión** <sup>(1) (2)</sup>

CANTIDAD	EQUIPO	CAPACIDAD	SERVICIO
1	Compresor de tornillo lubricado con su correspondiente sistema de recuperación de aceite lubricante	Flujo máximo= 45 ton/día Flujo operación = 35-45 ton/día Flujo mínimo = 15 ton/día P succión = 4.5 psig T succión = 95 °F P descarga = 80 psig	Compresión de CO <sub>2</sub>
1	Drum de separación de condensados	Remoción de líquido = 99.9%	Eliminación de condensados de la corriente de CO <sub>2</sub>
1	Enfriador de agua para CO <sub>2</sub>	T salida = 140 °F	Enfriamiento de CO <sub>2</sub>
1	Separador de aceite coalescente	Arrastre de aceite ≤ 1 ppm	Remoción de aceite lubricante de la corriente de CO <sub>2</sub>

Fuente: ECOPELROL S.A.

### 11.1.4 Dimensionamiento preliminar del área para distribución de equipos

Plot plan Bloque 2.

### **11.1.5 Análisis de servicios industriales y de los elementos externos**

Para las líneas de retorno de agua de enfriamiento de los intercambiadores de calor se requiere contar con válvulas de alivio, a fin de evitar daño de los equipos por sobre presionamiento del sistema.

### **11.1.6 Recomendaciones de seguridad industrial**

Teniendo en cuenta que el CO<sub>2</sub> no representa riesgo de inflamabilidad, dentro del alcance de la ingeniería básica no se contempla la instalación de sistema de detección y extinción de fuego en la caseta del C2601. Perimetralmente se cuenta con monitores contra incendio ya instalados en la planta, los cuales, en caso de requerirse, serán utilizados para dar cobertura a la caseta del C2601, (Ver anexo G. Tarjeta de emergencia CO<sub>2</sub>).

### **11.1.7 Capacidades y características de los sistemas operacionales**

De acuerdo a los resultados de pruebas de laboratorio y a los balances estequiométricos, el proceso de neutralización de PTAR requiere de 15-20 ton/día. El proceso de inertización de tanques, de acuerdo al API 2000, requiere de 20-25 ton/día.

En conclusión el flujo normal de operación del C2601 oscilará entre 35-45 ton/día a una presión de 80 psig. De acuerdo a estas premisas de requerimientos, la condición mínima de flujo del compresor será de 15 ton/día, aunque el equipo debe estar en capacidad de operar en valores inferiores.

El C2601 succionará del D2607 a una presión de 4.5 psig y 95 °F. Los condensados generados en el proceso de compresión serán enviados al sistema de condensados de proceso de la U2600, mediante una línea de interconexión a la línea 2"-CND-203-016.

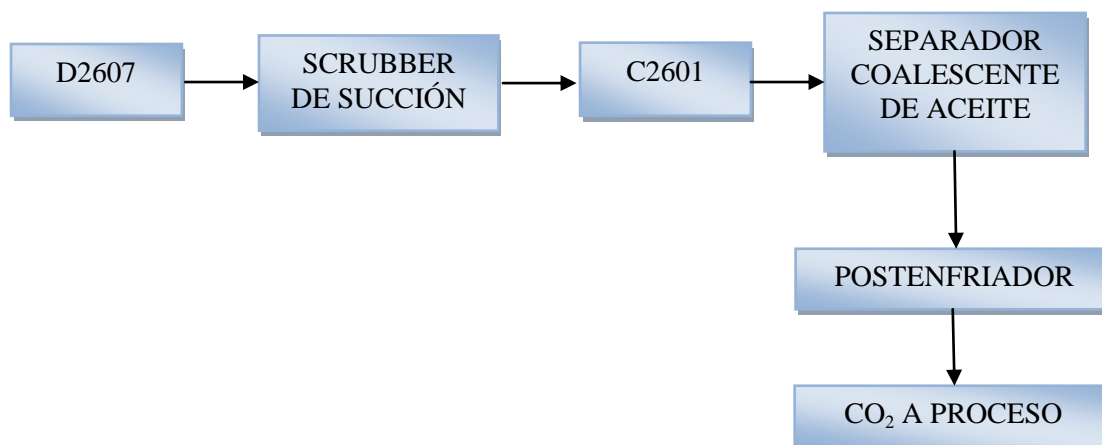
### **11.1.8 Requerimientos de medición**

Se instalará una platina de orificio en la línea de descarga del C2601 (FT26533, existente) y otra en la línea de CO<sub>2</sub> hacia la unidad PTAR (FT40018). Esta última se ubicará dentro de los límites de batería de dicha unidad y la señal de medición se llevará al DCS de la planta PTAR (Ver anexo H. MR's platinas de orificio).

### **11.1.9 Aplicación de prácticas de incremento de valor (PIV (VIP))**

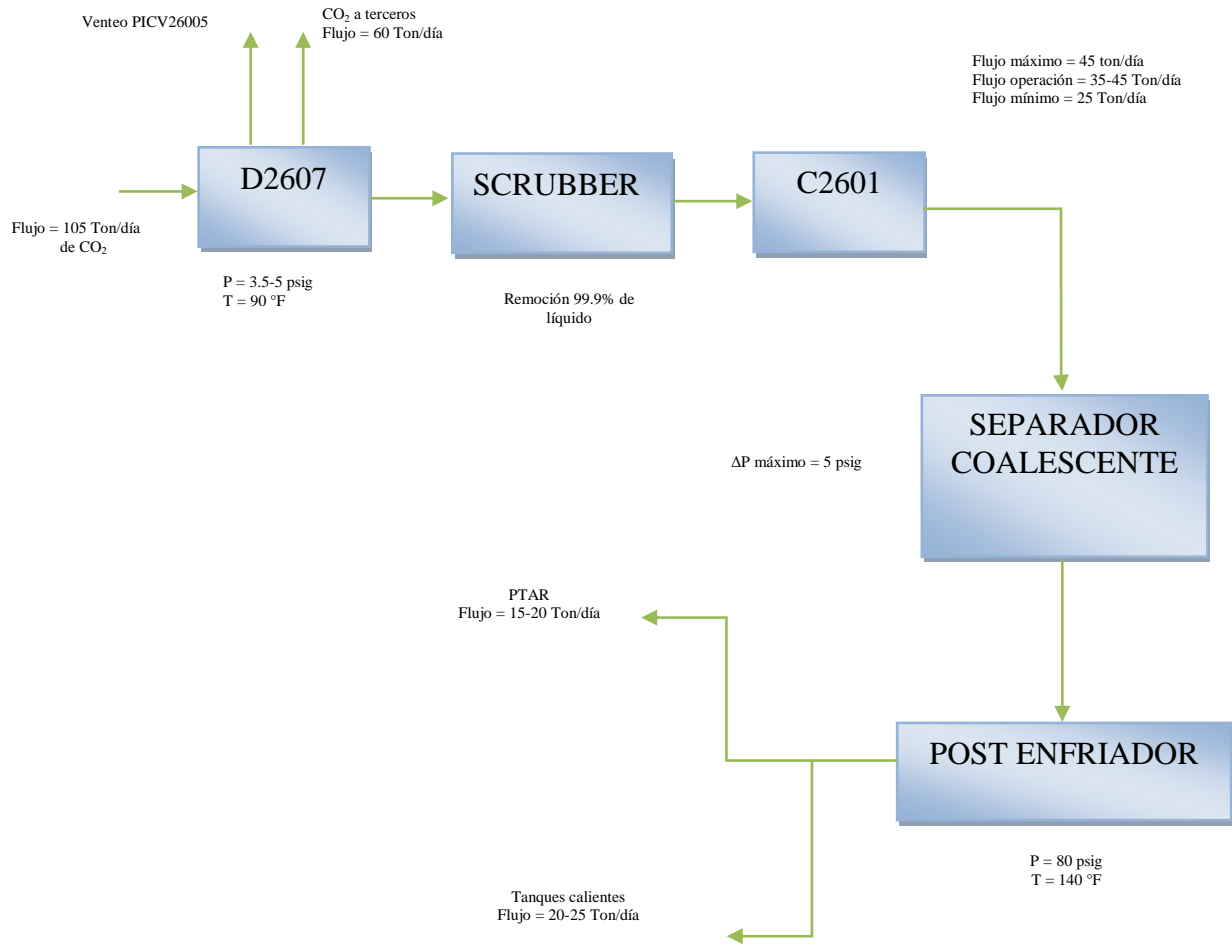
Ver anexo I. Estudio de constructibilidad.

### 11.1.10 Diagramas de bloques



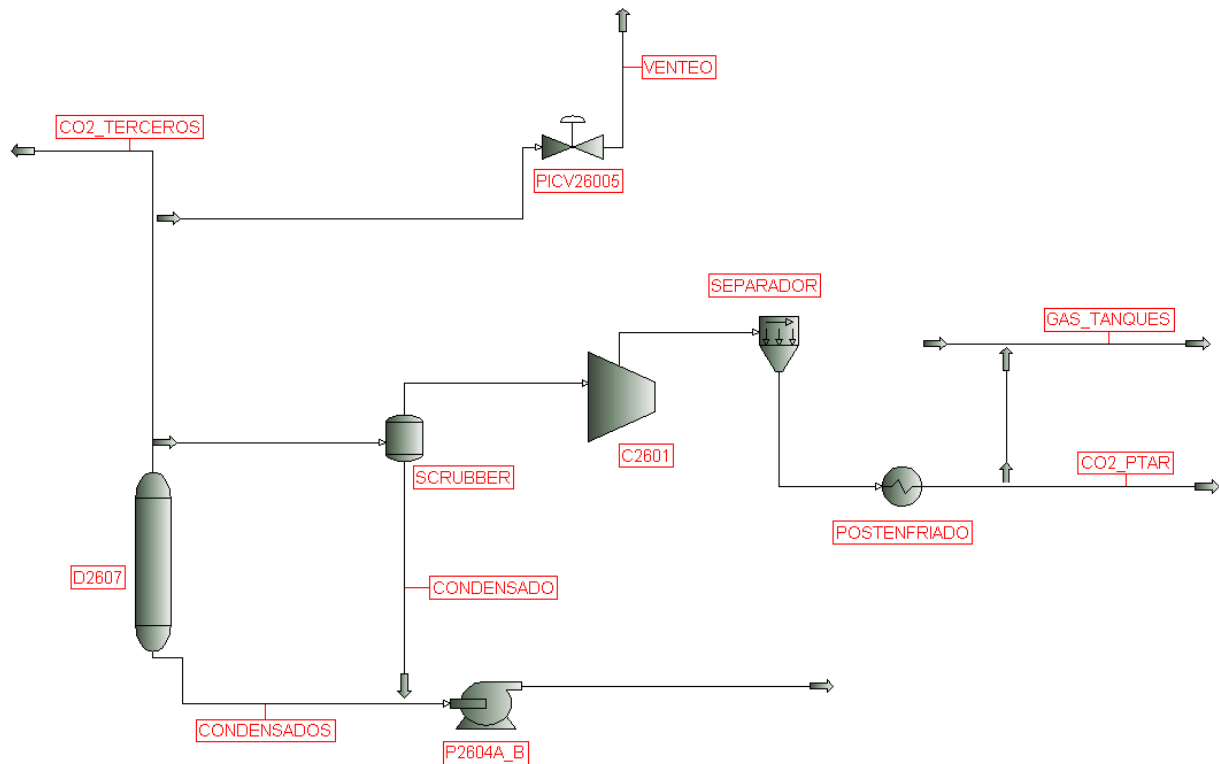
FUENTE: El autor

### 11.1.11 Diagrama de banderas (Flujos, Presiones y Temperaturas)



Fuente: Hysys

### 11.1.12 Diagramas de flujo simplificados (PFD: Process Flow Diagram)



Fuente: Hysys

### 11.1.13 Diagrama preliminar de instrumentación y proceso (P&ID) de la planta

P&ID Unidad planta de hidrógeno.

### 11.1.14 Grado de automatización requerido

Alcance especialidad instrumentos y control.

### 11.1.15 Plan de transferencia tecnológica involucrada al proyecto

En las etapas posteriores (ingeniería de detalle, gestión de compras, contratación, montaje y puesta en marcha) se debe asegurar que las nuevas tecnologías, métodos, procedimientos de operación y mantenimiento, etc., sean transmitidos al personal que acompañará la operación y el soporte de las facilidades propuestas (mantenimiento, PTB y operaciones).

Igualmente, debe cumplirse el proceso de Gestión Documental y gestión de activos, garantizando que dicho conocimiento sea adecuadamente asegurado por la organización (Actualización de planos, documentos técnicos, archivos, caracterización, catalogación, listado de partes y repuestos, inventarios mínimos para mantenimiento, data sheet, etc.).

#### 11.1.16 Justificación económica

Esta iniciativa es considerada de impacto ambiental, por lo tanto no se requiere realizar justificación económica.

#### 11.1.17 Estudios preliminares del impacto ambiental

**Tabla 4. Aspectos de evaluación de impacto socio-ambientales.**

Aspectos considerados	Aspectos evaluados	Resultados
Ambientales	Impacto Ambiental del proyecto	La Propuesta está localizada dentro de las instalaciones de la Gerencia Refinería Barrancabermeja.
		La Propuesta mejorará las condiciones ambientales en cuanto a la disminución en las emisiones al ambiente de CO <sub>2</sub> .
		Los impactos ocasionados al medio ambiente por la Propuesta deben ser manejados de acuerdo al plan de manejo ambiental del complejo industrial.
		Una vez esté en marcha la Propuesta, se debe realizar una revisión y actualización de los impactos ambientales, a fin de incluir aspectos que posiblemente genere el proceso de ejecución y puesta en marcha del C2601.
	Disponibilidad de la tierra	La Propuesta se realizará en la planta de generación de hidrógeno en la GRB.
Acceso a servicios	Se tiene disponibilidad de los servicios	

<b>Aspectos considerados</b>	<b>Aspectos evaluados</b>	<b>Resultados</b>
	públicos	internos de la GRB.
	Manejo de residuos y/o efluentes peligrosos	El manejo y disposición de residuos sólidos y/o efluentes peligrosos generados por parte del proyecto en su construcción y operación serán controlados según lo establecido en el plan de manejo ambiental de la GRB. Durante de fase de ejecución y operación aplica el Manual del Manejo y Disposición de Residuos Sólidos Industriales en la GCB No. GPB-RMG-M-001.
Sociales	Población	Actividad económica de la población gira alrededor de la actividad industrial de la GRB. Generación de expectativas de trabajo por la construcción la Propuesta.
	Mano de obra	Existencia en la zona de mano de obra calificada y no calificada para la ejecución la Propuesta, aunque debido a la simultaneidad de proyectos en la GRB puede llegar a presentarse dificultad para la consecución de esta.
	Aspectos gremiales	Existen tres sindicatos de influencia en la empresa: USO, ADECO y Sindispetrol. La influencia de los sindicatos en el complejo industrial ya no es tan marcada.
	Aspectos socio-políticos	Pocos problemas de orden público en la zona.

Fuente: El Autor

### **11.1.18 Plan preliminar de ejecución y estrategias de contratación**

Esta propuesta se realiza como input para la estructuración, asignación y posterior ejecución de la Propuesta. La gestión de compra de los equipos será realizada por Ecopetrol S.A., y la firma contratista deberá realizar la compra de tuberías, accesorios, cables, etc., y demás consumibles requeridos para el proyecto. Adicionalmente deberán ser tenidos en cuenta los aspectos y conclusiones

emitidos en el estudio de constructibilidad (Ver anexo I. Estudio de constructibilidad).

#### **11.1.19 Análisis de Riesgos**

Ver anexo D. Hoja de Trabajo para Estudios HAZOP.

#### **11.1.20 Filosofía de operación.**

Dentro del proceso de la unidad de generación de hidrógeno de la unidad de balance, U2600, se genera una corriente de CO<sub>2</sub>, de la cual una parte es manejada por la unidad de compresión asociada al C2601.

Este equipo opera de manera continua las 24 horas del día, durante corridas aproximadas de nueve (9) meses, con tiempos de parada de aproximadamente veintiún (21) días.

Durante estos periodos de parada programada de la unidad se requiere realizar en el sistema un proceso de inertización con nitrógeno, a fin de proteger los equipos de ataque químico debido a la formación de ácido carbónico. Este sistema de inertización no cuenta con ningún tipo de sistema de control automático.

La succión del compresor C2601 se encuentra conectada al drum de separación de líquidos D2607. A este drum se encuentran asociados las PICV26005 y PICV26005A, los cuales controlan la presión del sistema de relevo de CO<sub>2</sub> de la planta y del suministro de CO<sub>2</sub> para venta, respectivamente.

En la succión del C2601 se instalará un scrubber para la separación de condensados de la corriente de CO<sub>2</sub>. Para el retiro de condensados del scrubber, se instalará una bomba de tipo centrífugo, cuya operación se encontrará asociado al control de nivel del scrubber.

De igual forma el scrubber contará con un corte por alto nivel, asociado al C2601. Para el control en la variación de flujo de CO<sub>2</sub> el compresor C2601 contará con una válvula de corredera interna, la cual permite un control de capacidad entre el 10% y el 100%. De igual forma el compresor C2601 contará con una válvula de by pass, la cual operará en condiciones de no flujo, garantizando la no sobrepresión en la descarga del equipo. El actuador de esta válvula será del tipo diafragma, y operará con aire de instrumentos a una presión de 50 psig. Esta válvula hace parte del paquete de compresión suministrado por el proveedor del C2601.

Teniendo en cuenta que el compresor C2601 será del tipo tornillo lubricado, este contará con un sistema de lubricación conformado por un par de bombas, de las cuales una estará en operación y la otra en stand by. De igual forma, el sistema de

lubricación contará con un sistema de enfriamiento por agua.

En la descarga del C2601 se contará con un sistema de separación de aceite de tipo coalescente, el cual tendrá un sistema de medición de presión diferencial, para monitoreo de su condición operacional. Para el retiro de calor de la corriente de CO<sub>2</sub>, se instalará un post enfriador por agua. Para la medición del flujo de CO<sub>2</sub>, se reinstalará el FT26533 (Existente) en límites de batería de la U2600, y el FT40018 en límites de batería de PTAR.

## **11.2 ALCANCE ESPECIALIDAD INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL**

El alcance de la especialidad de instrumentación y control incluye completar la especificación del compresor C2601 para que incluya el PLC que realizará el control del mismo y también asegurar que el sistema de compresión incluya toda la instrumentación y la lógica necesaria para cumplir con la filosofía de operación propuesta en este documento de ingeniería.

La instrumentación será especificada en la propuesta del fabricante del compresor de acuerdo a sus requerimientos internos, sin embargo se deberá tener en cuenta el cumplimiento del presente alcance y de los detalles en instrumentación, alarmas y cortes especificados en la MR del compresor y su Data Sheet.

Cada uno de los recipientes del sistema de compresión deberá contar con medidor de nivel; en el caso del scrubber de la succión, el bajo nivel del recipiente apagará la bomba y el alto nivel será un corte para el compresor C2601.

El sistema de compresión contará con dos bombas de lubricación para el compresor de tornillo lubricado, donde una operará de forma constante y la otra será su respaldo; el arranque de la segunda bomba será automático en caso de que la primera falle. También se requerirá el apagado automático de las bombas por bajo nivel de aceite en el Bulk Oil Separator y un transmisor de presión en la descarga de las mismas.

El devanado principal del motor contará con monitoreo de temperatura a través de una RTD y a su vez se contará con una alarma por alta temperatura.

En cuanto a las válvulas de control, se prevé que se cuente con una válvula para el control del bypass del flujo de aceite, otra para el control de temperatura del aceite, una tercera para el control de bypass de flujo de carga y finalmente la válvula de corredera.

El alcance incluye la instalación de un cable de fibra óptica multimodo de 12 hilos desde el sistema de compresión hasta el cuarto de control de Demex de acuerdo

al plano para comunicar el nuevo compresor C2601 a través de protocolo Modbus y/o Ethernet con el sistema de control distribuido Honeywell existente en la planta.

El compresor C2601 deberá contar con un arranque/paro en campo y también desde el cuarto de control a través del DCS.

Adicionalmente se debe especificar dos platinas de orificio con su transmisor de flujo, una para medir el flujo en la descarga del compresor FT-26533 y la otra se instalará en la entrada de PTAR FT-40018, el cual se cableará al DCS Foxboro existente en el cuarto de control de PTAR, para monitoreo del flujo de CO<sub>2</sub> que reciben.

## **11.2.1 Alcance y requerimientos de Instrumentación, Control y/o Medición**

### **11.2.1.1. Filosofía de control**

La lazo de control propuesto para el aprovechamiento del CO<sub>2</sub>, operaría de la siguiente manera: en el caso de la ramificación hacia terceros, el venteo y el nuevo compresor C2601, se tomará la medición de presión existente hacia terceros PT26005A, con la cual se garantizarán siempre 4,5 psig, de tal manera que cuando se supere esta presión, en lugar de ventearse a través de la válvula PICV26005, el PLC del sistema de compresión desviará el CO<sub>2</sub> hacia el nuevo compresor C2601, el cual ajustará la presión a través de la válvula de corredera del compresor, descrita anteriormente.

### **11.2.1.2. Filosofía de protección**

El compresor C2601 estará protegido a través de los cortes y alarmas especificados en la hoja de datos, adicionalmente el sistema propone una válvula de bypass para cuando la carga sea cero.

Se protegerán las bombas de lubricación del compresor con un apagado por bajo nivel del drum aguas arriba de ellas.

### **11.2.1.3. Grado de automatización**

El compresor operará de manera automática teniendo en cuenta la carga suministrada, así mismo contará con encendido/apagado local y remoto.

El sistema prevé dos bombas de lubricación, una respaldo de la otra y el arranque será de manera automática por falla.

El PLC será instalado en campo y operará de manera autónoma al nuevo

compresor C-2601 y a su vez podrá monitorearse desde el DCS Honeywell existente en la planta.

#### **11.2.1.4. Capacidades y características de los sistemas de control operacional (nuevos y existentes)**

El nuevo PLC que operará el compresor C2601 será de marca Allen Bradley o Siemens y contará con procesador sencillo y comunicaciones sencillas hacia el DCS Honeywell existente en planta.

Se estima que cuando se instale el sistema de compresión, el sistema DCS habrá sido actualizado a la serie Experion de Honeywell.

#### **11.2.1.5. Programa de constructibilidad inicial**

Ver anexo I. Estudio de constructibilidad.

#### **11.2.1.6. Listado de instrumentos con asignación de TAG's (formato estándar)**

Los Tags serán asignados por Ecopetrol una vez se cuente con la propuesta del proveedor donde se incluya un listado de instrumentos previstos en el sistema de compresión.

#### **11.2.1.7. Descripción de interfases o comunicaciones con otros sistemas y especialidades**

Las comunicaciones entre el nuevo PLC para el compresor C2601 y el DCS Honeywell existente en planta serán Modbus y/o Ethernet.

#### **11.2.1.8. Definir las pautas para asegurar y controlar la calidad de la instalación del instrumento, a sí mismo para realizar el mantenimiento predictivo y preventivo del equipo**

Documento estándar de Ecopetrol.

### **11.3 ALCANCE ESPECIALIDAD ELÉCTRICA**

A continuación se presenta la descripción de alcance de la especialidad eléctrica para el montaje del nuevo compresor C-2601, de la propuesta relacionada.

El objeto de la propuesta en la especialidad eléctrica, comprende las acometidas

eléctricas de los siguientes equipos y accesorios:

**Tabla 5. Listado de cargas eléctricas del proyecto**

<b>Acometida No.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Potencia estimada <sup>(1)</sup></b>	
1	Motor principal MC-2601 (150 HP)	140	kVA
2	Alimentador para distribución en campo de los siguientes motores: - Motor de lubricación principal (5 HP) - Motor de lubricación respaldo (5 HP) - Motor de condensados (5 HP)	19	kVA
3	PLC controlador del compresor	1	kVA
4	Space Heater del motor MC-2601	1	kVA
	<b>CARGA TOTAL</b>	<b>161</b>	<b>kVA</b>

Fuente: ECOPETROL S.A

**Nota:**

1. Para la elaboración de la propuesta se estiman las potencias debido a que aún no se han adquirido los equipos. Se deberán ajustar todos los cálculos una vez se tengan los valores finales de los equipos.

No se consideran otras facilidades como iluminación o tomas de servicio ya que el nuevo equipo se instalará en la misma ubicación del compresor C-2631.

**11.3.1 Retrofit de casillas de MCC**

La alimentación eléctrica del motor MC-2601 se propone tomar desde la casilla 3F del MCC 2.4. Dicha casilla se encuentra desmantelada, por tanto es necesario equiparla con los elementos de protección y control necesarios para el arrancador del motor.

El alimentador que llevará la energía para los motores de las bombas de lubricación y el motor de la bomba de condensados se propone llevar desde la casilla 4B del MCC 2.1 de la subestación ET-192 de la planta de Unibón, la cual actualmente se encuentra disponible.

Se deberán adecuar estas casillas con los dispositivos de protección adecuados de acuerdo a los diagramas de control y conexionado que emita la ingeniería de detalle.

### **11.3.2 Sistema de canalizaciones eléctricas**

Se debe realizar el suministro y la instalación de la tubería rigid metal conduit ANSI C80.1 en banco de ductos subterráneo y aéreo para la alimentación eléctrica de las nuevas cargas del compresor (relacionadas en la Tabla 1), conforme a la ruta establecida en la Planimetría de bancos de ductos.

La ruta de canalizaciones inicia con un banco de ductos que se propone realizar a la salida de la subestación eléctrica ET-192 con una longitud aproximada de 8m.

Este banco se estima en la ruta trazada por ser paralela al banco de ductos existente y no constituye interferencia con el banco de ductos de instrumentación existente. Posteriormente la tubería conduit aflora en la columna indicada en el plano y continúa el recorrido aéreo a través del rack de tubería existente.

La longitud aproximada de este tramo es de 80 m y termina con un pequeño tramo enterrado de 2.5m de longitud para aflorar cerca al nuevo equipo. Toda la tubería en la mencionada ruta debe ser nueva y de los diámetros de establecidos, Memoria de Cálculo de Cables y Conduits” y según el diseño detallado.

Adicionalmente, se debe reutilizar la tubería conduit existente que alimenta el equipo MC-2631, para la alimentación eléctrica de los motores auxiliares del compresor.

Se deberá realizar el levantamiento que permita ubicar los conduits y obras a construir en el sitio exacto.

### **11.3.3 Cableado y conexión de fuerza y control**

El contratista deberá realizar el suministro e instalación de las acometidas, para la alimentación eléctrica, desde el MCC de la subestación ET-192 hasta las cargas del nuevo compresor.

Las cargas correspondientes a motores deberán llevar cableado de control desde los respectivos arrancadores hasta el PLC que controlará los arranques y paros. No se utilizarán estaciones de arranque y paro locales.

La alimentación del PLC de control del equipo C-2601 se propone realizar desde el circuito 27 del tablero de cargas críticas de la UPS A ubicado en la subestación ET-192, como se muestra en el diagrama unifilar.

El cableado en el sótano de la subestación se realizará a través de las bandejas

portacables existentes.

Se deben realizar los cálculos finales para la selección de conductores y conduits una vez sean adquiridos los equipos.

Se deberá realizar el suministro e instalación, conexionado, pruebas y puesta en servicio de acometidas de fuerza y control.

Se debe realizar el suministro e instalación de todo el cable multiconductor en todos los calibres que requiera de acuerdo con la memoria de cálculo de cables y conduits.

Todos los conductores suministrados tendrán aislamiento XHHW-2, 600 VAC, 90 °C. La instalación en tubo conduit, subterráneo o aéreo, incluye terminales, conexiones, pruebas, accesorios de instalación y conexiones a la malla de tierra según Diagramas Típicos.

Se deberá realizar el montaje de la llegada de fuerza y de la puesta a tierra, conforme a los típicos de montaje anexos y a las especificaciones del fabricante de los equipos y tableros.

Se deberá realizar el cableado a través del banco de ductos nuevo desde la subestación ET-192 hasta cada uno de los puntos de afloramiento de los conduit indicados en el plano, Planimetría de Bancos de ductos”.

Se deberá realizar el levantamiento en campo de las distancias definitivas y la realización de los cálculos detallados de los conductores, para la elaboración final de las órdenes de compra del cable. Se deberá elaborar las requisiciones de materiales indicando las longitudes y despachos de carretes para cada circuito, asegurando la instalación sin empalmes de los cables.

Se deberá realizar todas las tareas y procedimientos relacionados con el pre-alistamiento, alistamiento, pruebas en Stand By y demás procedimientos recomendados por el fabricante de los cables y equipos a instalar.

Será deberán elaborar las listas de Chequeo y Protocolos de Pruebas para la puesta en servicio de los equipos. Tales documentos deben ser elaborados según los formatos utilizados en ECOPETROL S.A. y en caso de que alguno no exista debe ser elaborado y sujeto a la Aprobación correspondiente por parte de un ingeniero Electricista de ECOPETROL S.A.

#### **11.3.4 Suministro e instalación de tablero eléctrico tipo exterior**

Se requiere el diseño detallado, fabricación, pruebas de fábrica, empaque, transporte, traslado, descargue e instalación de un tablero con sus equipos y accesorios complementarios que incluya:

- Breaker totalizador de 100A y tres interruptores termomagnéticos de 3x20A para las salidas a los motores auxiliares.
- Tres (3) arrancadores de 5HP 480V: Para los motores auxiliares del compresor.

El tablero al igual que cada uno de sus componentes deberá estar sometidos a pruebas en sitio de acuerdo con los protocolos que ECOPETROL exija.

#### **11.3.5 Desmantelamiento de cableado eléctrico**

En el plano se muestra la ruta de alimentación existente del actual compresor a través de una tubería conduit de 2". El cableado existente en dicha canalización deberá desmantelarse hasta el CCM de la subestación ET-192.

#### **11.3.6 Sistema de puesta a tierra**

Todos los equipos eléctricos, carcasas y tableros deberán aterrizar por medio de un conductor de cobre desnudo calibre No. 2 AWG, conectado a la malla existente de la planta.

### **11.4 ALCANCE ESPECIALIDAD CIVIL**

El alcance principal de la presente propuesta consiste en instalar el nuevo sistema de compresión asociado al compresor C2601 en la misma posición del actual compresor C2631, mediante la construcción de una nueva cimentación adaptada al nuevo equipo. Ésta propuesta presenta un pre diseño de la fundación para el nuevo equipo, con datos aproximados suministrados por proveedores, tales como geometría, peso, accesorios, etc. Esto debido a que no se cuenta con las especificaciones finales del sistema a instalar. De acuerdo con la razón expuesta anteriormente, el diseño definitivo deberá llevarse a cabo durante el desarrollo de la alternativa seleccionada una vez se tengan las especificaciones definitivas del compresor a instalar.

Las actividades que se contemplan para el cambio del compresor y construcción de la nueva cimentación, son entre otras, la demolición del cimiento existente, excavación de acuerdo con las nuevas dimensiones, instalación de acero de refuerzo, vaciado de concreto, instalación de pernos de anclaje, vaciado de grout

para nivelación del equipo y adecuación de la soportería asociada al equipo y a las tuberías de proceso necesaria. Por otro lado, se deberá tener en consideración si existe una afectación directa de los sistemas de aguas lluvias y aceitosas durante la ejecución de los trabajos de la instalación del nuevo compresor C2601.

Para llevar las señales de control se requiere la construcción de un banco de tubería desde el sistema de compresión asociado al C2601 hasta el cuarto satélite S-4 a fin de suplir las necesidades asociadas a la especialidad de instrumentación y control.

Adicionalmente se deben contemplar los desmantelamientos parciales que se deben llevar a cabo en el costado sur de la estructura de cubierta existente, donde actualmente se encuentra instalado el compresor C2631; esto con el fin de poder llevar a cabo la maniobra de izamiento y montaje del nuevo compresor C2601, para posteriormente dejarla habilitada y en las mismas condiciones en las que se encontraba inicialmente.

#### **11.4.1 Plano de localización de la Propuesta, vía de acceso, área geográfica**

Para efectos de representación del área a intervenir, se presentan los siguientes planos a fin de visualizar en forma clara y adecuada la ubicación del nuevo sistema de compresión asociado al compresor C2601:

- Donde se encuentra el levantamiento planimétrico del compresor C2631 (A ser reemplazado).
- PLOT PLAN U-2600, el cual corresponde al plot plan del bloque II de la U-2600 donde se ubicara el nuevo equipo C2601.
- Donde se encuentra la solución propuesta, desde el punto de vista civil, para la solución propuesta.

#### **11.4.2 Programa de constructibilidad inicial**

Desde el punto de vista de constructibilidad, la actividad más relevante está relacionada con la construcción del nuevo cimiento que se generara por el cambio del equipo de acuerdo con las nuevas características geométricas y físicas (Carga total del equipo sobre la cimentación). Esto de acuerdo con lo propuesto que para efectos de esta etapa se considerara de 4 veces el peso del equipo tomado como referencia ( $W=70000 \text{ lb}$  ( $314 \text{ KN}$ )) y manteniendo unas equivalentes a  $8.40 \text{ m} \times 3.50 \text{ m}$  para el sitio donde ira el equipo.

Las actividades para el montaje del nuevo compresor y construcción de la nueva cimentación se podrán realizar con la planta parada o en operación y se deberán realizar de acuerdo con el cronograma de actividades que impliquen izamientos y montajes de las partes del equipo (desmantelamiento y posterior instalación de la cubierta sobre el sitio donde se ubica el compresor – costado sur de la Estructura “E” sitio en el que actualmente se encuentra el C2631). Se afectará la circulación en las vías aledañas al sitio de montaje del equipo en la planta según la logística estipulada para tal fin, debido necesariamente al empleo de una grúa para llevar a cabo éste procedimiento.

El resto de Actividades como excavaciones, rellenos, montajes menores, etc., no tienen mayor complejidad, lo cual no implica que se deban dejar de contemplar los lineamientos de seguridad industrial relacionados con la naturaleza de todas y cada una de las labores a ejecutar durante la ejecución de las labores inmersas dentro del proyecto.

#### **11.4.3 Distribución de áreas y equipos (Plot Plan)**

Plot plan Bloque 2.

#### **11.4.4 Condiciones del lugar (climatológicas, hidrológicas y sísmicas)**

Ver numeral 2.2 de este documento.

#### **11.4.5 Definir las pautas para asegurar y controlar la calidad de la realización de la obra civil**

Se deberá asegurar el control de calidad durante la ejecución de las obras teniendo en cuenta los estándares de Ecopetrol que apliquen para cada actividad en particular, particularmente teniendo en cuenta lo consignado en el Job Instruction 16-6-3 “Especificaciones técnicas para construcción de obras civiles”.

Para el caso del concreto utilizado en la ejecución de los trabajos de construcción del cimiento del compresor, se debe alcanzar o superar 28 Mpa a los 3 días, de acuerdo con los ensayos de compresión correspondientes para el tipo de concreto que se propone utilizar. Igualmente se exige que los aceros de refuerzo tengan un  $F_y=420$  Mpa y un recubrimiento mínimo de acuerdo con lo estipulado en la NSR-10 para el tipo de elemento estructural. Si se llegara a trabajar el concreto mezclado en obra, se debe velar por controlarlo de acuerdo con los diseños de

mezclas adecuados para los efectos pertinentes relacionados con los agregados, el agua, las dosificaciones, aditivos y demás variables que de acuerdo con el procedimiento se estimen relevantes en el control de la calidad del producto.

Se deberán tomar las muestras de concreto fresco correspondientes, de acuerdo con la NTC 454, para los elementos estructurales que sean vaciados. Esta actividad se realizará de acuerdo con el plan de vaciado que se estipule para la actividad.

## **11.5 ALCANCE ESPECIALIDAD MECÁNICA**

### **11.5.1 Mecánica estática y tubería**

#### **Desmantelamiento.**

Para la adecuación del nuevo compresor de CO<sub>2</sub> se requiere el desmantelamiento del compresor C-2631 y de las tuberías asociadas mostradas de acuerdo a lo indicado en los planos M1. Este desmantelamiento deberá realizarse según lo indicado en Job Instruction 16-5-5 Especificaciones técnicas para desmantelamiento de tubería.

#### **Nuevas Tuberías de Servicios.**

La instalación de las tuberías de servicios para la operación del nuevo compresor de CO<sub>2</sub> se hará de acuerdo con lo indicado en los planos y Job Instruction 16-5-4 Especificaciones técnicas para la prefabricación y montaje de tuberías.

Se utilizará el mismo trazado y soportería de las líneas de succión al compresor C2631 y la línea de CO<sub>2</sub> que va hacia PTAR que serán desmanteladas para el recorrido de las nuevas líneas de diámetro mayor.

#### **Especificaciones de Diseño y Construcción.**

El diseño y construcción de las tuberías se hará con base en la norma ASME B31.3 Process Piping y Job Instruction 16-5-4 Especificaciones técnicas para la prefabricación y montaje de tuberías.

### **Piping Class.**

Se utilizará la Clase de tubería M1A1 para la líneas de succión al compresor de CO2 y de condensado de proceso; para las líneas de CO2 hacia PTAR, nitrógeno, aire de instrumentos, agua de enfriamiento y retorno se utilizará la clase A1A2 de acuerdo al Piping Class de ECOPETROL S.A.

### **Soportes de Tubería.**

Se aprovechará los trazados de la mayoría de las líneas existentes y que debido a las nuevas condiciones de servicio serán reemplazadas por tuberías de mayor diámetro.

Los planimétricos muestran la propuesta de soportes adicionales donde se consideró que son requeridos de acuerdo al trazado considerado.

### **Limpieza y Pintura.**

Las nuevas tuberías de la clase A1A2 deberán ser protegidas de acuerdo con lo indicado en Job Instruction 16-10-1 Especificaciones técnicas para pintura de superficies de equipos y tuberías. El color de la pintura de acabado será el correspondiente al indicado en el documento Especificación Técnica de Código de Colores y Señales Industriales de la GCB.

### **11.5.2 Programa de constructibilidad inicial**

Ver anexo I. Estudio de constructibilidad.

### **11.5.3 Bases para la definición de las filosofías de mantenimiento, operación y confiabilidad**

La propuesta detallada debe contemplar dentro de sus diseños el fácil acceso para operar y mantener las válvulas, así como las consideraciones para que las tuberías estén debidamente protegidas de la corrosión del ambiente y las condiciones de operación que puedan causar el deterioro de las mismas.

Una vez los sistemas de tuberías estén en servicio la Coordinación de Inspección e Integridad de Equipo Estático de la Refinería desarrolla los programas de inspección y emite las recomendaciones necesarias para mantener los sistemas

en buen estado.

#### **11.5.4 Plot plan**

Plot plan Bloque 2.

#### **11.5.5 Mecánica rotativa**

Durante la fase de desarrollo de la propuesta, se elaboró la MR de compra del compresor (Alcances y condiciones específicas de compra) en conjunto con la demás especialidades involucradas, y selecciono las especificaciones aplicables para la compra del equipo de compresión y sus sistemas periféricos.

El fabricante de los compresores deberá estar dentro de las siguientes marcas de fabricantes para equipos de compresión de tipo tornillo lubricado:

- Mycom\*
- Kobelco (Kobelco EDTI process compressors)\*
- Man Turbo

\*Durante el desarrollo de la propuesta se realizó el contacto con estos fabricantes, quienes adicionalmente se encuentran en capacidad de suministrar el paquete de compresión, sin embargo se puede contactar los fabricantes relacionados anteriormente para solicitar cotización y el fabricante final del paquete será el resultado del proceso de selección que se adelante y que cumpla con todos los requerimientos establecidos por la MR.

- Se debe realizar la inspección de tercera parte para la compra del paquete de compresión, de acuerdo con lo definido en data sheet del equipo y el documento de inspección y plan de pruebas (ITP, Inspection and Test Plan, M6), se elaborará un plan de control de calidad (Quality Control Plan, QCP).
- Elaboración de MR de compra, especificaciones técnicas para compra de una bomba para manejo de condensados la cual será instalada en el drenaje del scrubber del paquete de compresión, la selección del equipo deberá realizarse teniendo en cuenta las siguientes características mínimas:
  - Caudal: 0.25 GPM.
  - Cabeza de descarga: 3 PSIG.
  - Presión de succión: 2 PSIG.
  - Fluido: Agua, con trazas de ácido carbónico.

- Desmantelamiento del compresor C-2651, actualmente instalado en el área de donde se realizará la instalación del compresor C-2601.
- Instalación del sistema de compresión de acuerdo a las recomendaciones del fabricante, es posible que el sistema completo de compresión no pueda ser enviado ensamblado completamente sobre el skid, por lo que se deberá instalar todos aquellos elementos suministrados sueltos (Scrubber, post enfriador etc.) y realizar el montaje de las tuberías e interconexiones entre los diferentes componentes.
- Realizar la instalación del sistema de bombeo para manejo de condensados.
- Precommissioning y commissioning del sistema de compresión.
- Catalogación y caracterización del sistema de compresión y sus respectivos repuestos.

#### **11.5.6 Área disponible para la instalación de equipos.**

El equipo se instalara en el área del antiguo compresor C-2631, el cual será desmantelado a fin de disponer de esta área para la instalación del nuevo compresor.

El área útil disponible para la instalación del equipo tiene las siguientes dimensiones Longitud: 8m, Ancho: 3.5 m, Alto: 4m, esto considerando espacios disponibles para mantenimiento de 1.2 m perimetral del equipo, el área de instalación se encuentra principalmente limitada por la ubicación de las columnas que soportan la cubierta de la caseta de compresores, y la altura al puente grúa, por el costado norte se la limitación se presenta con las plataformas de mantenimiento del compresor C-2653A.

De acuerdo con los fabricantes consultados en esta etapa de desarrollo, lo equipos ofrecidos se acomodan a estas dimensiones.

El peso del equipo oscilaría entre 12 ton y 14 ton que contempla el peso de todo el sistema de compresión.

#### **11.5.7 Filosofía de mantenimiento.**

La filosofía de mantenimiento del equipo de compresión está basada en un

mantenimiento predictivo, para lo cual equipo deberá incluirse en las rondas de monitoreo de vibraciones de la planta, adicionalmente el equipo contara con elementos de alarma y protección (shut down) los cuales monitorearan variables criticas del funcionamiento del sistema (temperatura de descarga del compresor, temperatura de lubricante y presiones de descarga del compresor, presiones del sistema de lubricación, estado de las bombas principal y auxiliar del sistema de lubricación). Todos los anteriores sistemas de monitoreo se especificaron en la hoja de datos del equipo (DATA SHEET FOR ROTARY TYPE POSITIVE DISPLACEMENT COMPRESSOR, API 619-4Th EDITION).

El periodo típico de mantenimiento mayor de los compresores de tornillo lubricado es de alrededor de 3 años, considerando que el tiempo de corrida de la planta es de alrededor de 6 meses no se producirían dificultades por interferencias entre los tiempos de mantenimiento de la planta y los tiempos de mantenimiento al compresor.

Dentro del sistema se han considerado facilidades para inertizar el compresor cuando este se exponga a periodos inoperativos largos y evitar la reacción de CO<sub>2</sub> con agua y formación de ácido carbónico, estas facilidades consisten de puntos de inyección de nitrógeno en las tuberías de succión y descarga del compresor.

El sitio donde se va instalar el compresor cuenta con un puente grúa con capacidad de 5 toneladas, con este se podrán cubrir las labores para realizar el retiro de partes y componentes para mantenimiento.

#### **11.5.8 Filosofías de confiabilidad.**

Partiendo de la premisa, que el servicio para el cual se ha implementado el equipo no es crítico para el funcionamiento de la planta, adicionalmente existen sistemas que suplirían las funciones que el compresor cumple (Suministro de nitrógeno para blanqueo en tanques y tratamiento de aguas con ácido sulfúrico), se ha planteado la siguiente filosofía de confiabilidad para el sistema basada desde punto de vista del equipo principal objeto de esta ingeniería que es el compresor.

La confiabilidad del sistema está fundamentada principalmente en la tecnología de compresión utilizada (lube screw compressor) la cual tiene un tiempo entre fallas promedio muy bajo (de acuerdo con algunos fabricantes MTBF: 1.5 años, en comparación con un compresor reciprocante: 0.5 años) y los periodos entre mantenimientos mayores de 3 años, adicionalmente para aumentar la confiabilidad del sistema se ha especificado, para el paquete de compresión un sistema de lubricación compuesto por equipos de bombeo dual e igualmente un sistema de filtración dúplex, los cuales permitirían incrementar la flexibilidad de la cual se dispone ante la falla de alguno de estos componentes.

### **11.5.9 Control de la calidad de la instalación del equipo rotativo.**

Para asegurar la correcta instalación del equipo se deberán seguir la recomendaciones de instalación presentadas en el documento Job Instruction 16-4-17 Especificaciones para el montaje e instalación de equipo rotativo, así como los lineamientos establecidos en estándar Recommended Practices for Machinery Installations and Installation Design API 686. Adicionalmente no se deberán superar los valores establecidos de des-alineamiento indicados en el manual del fabricante, y se deberán seguir las pautas establecidas por el fabricante en lo relacionado con la instalación del equipo.

En caso de no indicarse valores límite de vibración aceptadas por el fabricante en el manual de instalación del equipo, se deberán utilizar los valores límite establecidos por la norma API 619, 4th.

## **12. LISTADO DE MATERIALES, CANTIDADES DE OBRA Y DESCRIPCIÓN DE PARTIDAS**

Dentro de los anexos de cada especialidad se incluyen los documentos relacionados con este ítem.

## **13. CONSTRUCTIBILIDAD**

Ver anexo 10. Estudio de constructibilidad.

## 14. PRESUPUESTO

MONTAJE DE UN COMPRESOR DE CO2 C-2601 EN LA UNIDAD DE GENERACIÓN DE HIDROGENO U2600												
RESUMEN DE COSTOS												
ACTIVIDADES								PESO %				
<b>1</b>	<b>GESTION DE COMPRAS</b>											
	1,1	ESPECIALIDAD ELECTRICA							\$ 83.566.016			
	1,2	ESPECIALIDAD MECANICA							\$ 30.000.000			
	1,3	ESPECIALIDAD TUBERIA							\$ 44.538.500			
	1,3	ESPECIALIDAD INSTRUMENTACION							\$ 41.653.500			
	<b>COSTO TOTAL GESTION DE COMPRAS (1)</b>								<b>\$ 199.758.016</b>	32%		
	<b>2</b>	<b>CONSTRUCCIÓN, MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA</b>										
		2,1	ESPECIALIDAD CIVIL							\$ 141.887.738		
		2,2	ESPECIALIDAD ELECTRICA							\$ 46.040.282		
		2,3	ESPECIALIDAD MECANICA ROTATIVA							\$ 15.203.599		
		2,4	ESPECIALIDAD ESTATICO Y TUBERIA							\$ 79.342.802		
		2,5	ESPECIALIDAD INSTRUMENTACION							\$ 97.725.320		
		2,6	ACTIVIDADES GENERALES							\$ 18.600.000		
		2,7	ARRANQUE Y PUESTA EN MARCHA							\$ 34.000.000		
<b>COSTO TOTAL CONSTRUCCIÓN, MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA (2)</b>								<b>\$ 432.799.741</b>	68%			
<b>3</b>	<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS (1)+(2)+(3)</b>								<b>\$ 632.557.757</b>	100%		
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>	<b>4</b>	<b>ADMINISTRACIÓN</b>						- aplicable sobre el renglón (3) -	A	37,13%	\$ 234.868.695	
	<b>5</b>	<b>IMPREVISTOS</b>						- aplicable sobre el renglón (3) -	I	3,37%	\$ 21.317.196	
	<b>6</b>	<b>UTILIDAD</b>						- aplicable sobre el renglón (3) -	U	5,00%	\$ 31.627.888	
	<b>7</b>	<b>TOTAL COSTOS A.I.U. (4) + (5) + (6)</b>								<b>AIU</b>	<b>45,50%</b>	<b>\$ 287.813.779</b>
<b>TOTALES</b>	<b>8</b>	<b>SUB-TOTAL COSTO DEL CONTRATO PC (3) + (7)</b>								<b>\$ 920.371.536</b>		
	<b>9</b>	<b>IMPUESTO AL VALOR AGREGADO - aplicable sobre el renglón (7): Utilidad -</b>								<b>IVA</b>	<b>16%</b>	<b>\$ 5.060.462</b>
	<b>10</b>	<b>COSTO TOTAL DEL CONTRATO PC (9) + (10)</b>								<b>\$ 925.431.998</b>		
	<b>11</b>	<b>CONTRATO COMPRAS ECOPETROL EQUIPOS IMPORTADOS</b>								<b>\$ 3.137.788.800</b>		
	<b>12</b>	<b>GERENCIAMIENTO DEL PROYECTO</b>								<b>\$ 291.243.516</b>		
	<b>13</b>	<b>CONTINGENCIAS</b>								<b>\$ 217.723.216</b>		
<b>14</b>	<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>								<b>\$ 4.572.187.531</b>			

**NOTA 1:** Se presupuestó la Compra Internacional con una TRM de \$ 1800 y gastos de importación de 38 %

Fuente: El Autor

## CONCLUSIONES

A través de esta propuesta se pretende obtener beneficios sociales y ambientales, debido a que se reducirá significativamente las emisiones de gases en la ciudad y mejorará la calidad de vida de la comunidad.

Cuando hablamos de confiabilidad operacional, no solo hacemos alusión a la confiabilidad inherente del equipo y a la confiabilidad que se le puede dar a un equipo mediante las estrategias y la efectividad del mantenimiento, sino a la confiabilidad de los procesos de operación mediante el aseguramiento de la operación maniobrando los equipos en las condiciones de diseño y a la confiabilidad humana lograda mediante el involucramiento, el sentido de pertenencia y el conocimiento.

A través de esta propuesta se pretende obtener beneficios sociales y ambientales, debido a que se reducirá significativamente las emisiones de gases en la ciudad y mejorará la calidad de vida de la comunidad.

Cuando hablamos de confiabilidad operacional, no solo hacemos alusión a la confiabilidad inherente del equipo y a la confiabilidad que se le puede dar a un equipo mediante las estrategias y la efectividad del mantenimiento, sino a la confiabilidad de los procesos de operación mediante el aseguramiento de la operación maniobrando los equipos en las condiciones de diseño y a la confiabilidad humana lograda mediante el involucramiento, el sentido de pertenencia y el conocimiento.

Teniendo en cuenta que los compresores manejan altas vibraciones, como consecuencia de su sistema alternativo de esfuerzos, es conveniente contar con diagnóstico periódico de vibraciones que nos permita determinar altas vibraciones y desajustes en elementos críticos. Los equipos de diagnóstico también toman las vibraciones en los puntos críticos del compresor.

Los datos no son bueno tenerlos si no se analizan y se utilizan para tomar decisiones. Mientras que este planteamiento se da la información básica, se puede proveer de una guía completa para consultar permanentemente y soportar sus decisiones.

Un análisis de ingeniería es la mejor manera para poder cuantificar las fallas y las mejoras que haya que hacer, pero para ello necesitamos datos. El desafío para predecir el efecto del incremento de los rendimientos es en el fondo, obtener los datos.

En una tubería, el funcionamiento de una unidad no puede ser proyectado a través

de la tubería, a menos que usted esté haciendo mejoras en sitios donde haya embotellamientos para lo cual se tiene que estar seguro que el embotellamiento es en la planta y no en las líneas circundantes ya que para una tubería, es prácticamente imposible estimar el impacto de las ganancias, a no ser que se utilice un sofisticado modelo de software para tuberías.

En ciertas ocasiones en que se requiere tener una determinada cantidad de gas en un sistema, se utiliza la disminución de la presión de descarga de un rango determinado para arrancar el compresor y el incremento de la presión hasta un determinado valor para apagarlo y así sucesivamente regulación de la presión de descarga.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bravo M., Oscar y SANCHEZ C., Marleny. Gestión Integral de Riesgos. Tercera Edición, Publicado por Bravo & SANCHEZ EU. Bogotá, 2009.
- Cálculo de redes de gas, Universidad del Zulia, Marcías J. Martínez.
- CAMARGO, Faustino. Diseño, Operación y Mantenimiento de Gasoductos. Especialización en Ingeniería del Gas. Bucaramanga.
- DEL VASTO, Gustavo A. Redes de Distribución de Gas. Especialización en Ingeniería del Gas. Bucaramanga.
- Diseño y operación de tratamiento y procesamiento de gas – compresión de gas, Universidad Industrial de Santander, Ramiro Guerrero Maldonado.
- Engineering Data Book, Gas Processors Suppliers Association, Revised tenth edition, Vol. I, II.
- Handbook of Gas Natural Engineering, Chapter 7, Flow and Compression Calculation Katz.
- ICONTEC – Instituto Colombiano de Normas Técnicas. Normas Colombianas para la presentación de trabajos de investigación. Quinta actualización. Bogotá. 2003.
- LATORRE Chacón, R. Leonardo. Mantenimiento y Operación de Compresores. Especialización en Ingeniería del Gas. Bucaramanga.
- Normas Técnicas Colombianas de la Industria del Gas, Tomo I, ICONTEC.
- Operations & Maintenance Gas Pipeline Mo Mohitpour.
- Teoría Básica de Compresores, Ramiro Pérez Palacio.

## ANEXOS

### ANEXO A. Hoja de datos CO<sub>2</sub>

HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD				
DIOXIDO DE CARBONO				
				
SECCIÓN 1: PRODUCTO QUÍMICO E IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA				
<b>Nombre del Producto:</b>	DIOXIDO DE CARBONO			
<b>Sinónimos:</b>	Acido Carbónico, Anhídrido del Acido Carbónico, Gas Carbónico, Anhídrido Carbónico.			
<b>Fórmula:</b>	CO <sub>2</sub>			
<b>Número Interno:</b>				
<b>Número UN:</b>	1013 - 2187			
<b>Clase UN:</b>	2.2			
<b>Compañía que desarrolló la Hoja de Seguridad:</b>	Esta hoja de datos de seguridad es el producto de la recopilación de información de diferentes bases de datos desarrolladas por entidades internacionales relacionadas con el tema. La alimentación de la información fue realizada por el Consejo Colombiano de Seguridad, Carrera 20 No. 39 - 62. Teléfono (571) 2886355. Fax: (571) 2884367. Bogotá, D.C. - Colombia.			
<b>Teléfonos de emergencia:</b>				
SECCIÓN 2: COMPOSICIÓN E INFORMACIÓN SOBRE INGREDIENTES				
<b>Usos:</b>	Refrigeración, bebidas carbonicas, intermedio químico, verificador de bajas temperaturas, extintor de incendios, atmósferas inertes, aerosoles, tratamiento de aguas municipales, medicina, enriquecimiento del aire en casa húmedas, fuente de presión para usos diversos, gas de protección para soldadura, siembra de nubes para provocar lluvia artificial, moderador en algunos tipos de reactores nucleares, inmovilización para matar animales humanitariamente, lasers especiales.			
COMPONENTES				
Nombre	CAS	TWA	STEL	%
Dioxido de carbono	124-38-9	5000 ppm (ACGIH 2004)	30000 ppm (ACGIH 2004)	100

### SECCIÓN 3: IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

#### VISIÓN GENERAL SOBRE LAS EMERGENCIAS:

Apariencia: Gas sin color o líquido comprimido. El contacto con el líquido comprimido puede ocasionar lesiones en el área de contacto.

#### EFFECTOS ADVERSOS POTENCIALES PARA LA SALUD:

**Inhalación:** vértigo, dolor de cabeza, dificultad respiratoria, taquicardia, aumento de la presión sanguínea, pérdida de conocimiento y aumento del tono muscular.

**Ingestión:** N.A.

**Piel:** En contacto con líquido se puede producir congelación y quemaduras.

**Ojos:** En contacto con el líquido puede provocar lesiones en la córnea.

**Efectos crónicos:** La sustancia puede tener efectos sobre el nivel de estrés, dando lugar a trastornos emocionales e irritabilidad creciente. Una exposición prolongada o repetida produce aumento del ritmo respiratorio, dolores de cabeza y ligeros trastornos metabólicos.

### SECCIÓN 4: PROCEDIMIENTOS DE PRIMEROS AUXILIOS

**Inhalación:** Trasladar al aire fresco. Si no respira administrar respiración artificial. Si respira con dificultad suministrar oxígeno. Mantener la víctima abrigada y en reposo. Buscar atención médica inmediatamente.

**Ingestión:** N.A.

**Piel:** Si se produjo quemadura por frío, lavar con abundante agua. No quitar la ropa. En caso de contacto con gas licuado lavar con agua tibia la zona afectada. Buscar atención médica.

**Ojos:** Lavar con abundante agua, mínimo durante 15 minutos. Levantar y separar los párpados para asegurar la remoción del químico. Si la irritación persiste repetir el lavado. Buscar atención médica.

**Nota para los médicos:** Después de proporcionar los primeros auxilios, es indispensable la comunicación directa con un médico especialista en toxicología, que brinde información para el manejo médico de la persona afectada, con base en su estado, los síntomas existentes y las características de la sustancia química con la cual se tuvo contacto.

### SECCIÓN 5: MEDIDAS EN CASO DE INCENDIO

**Punto de inflamación (°C):** N.A.

**Temperatura de autoignición (°C):** N.R.

**Limites de inflamabilidad (%V/V):** N.R.

**Peligros de incendio y/o explosión:** No combustible. Los vapores del gas licuado son más pesados que el aire. Los contenedores pueden explotar cuando se calientan.

### SECCIÓN 6: MEDIDAS EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL

Evacuar o aislar el área de peligro. Restringir el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección. Ubicarse a favor del viento. Usar equipo de protección personal. Ventilar el área. No permitir que caiga en fuentes de agua y alcantarillas. Ventilar la zona de fuga para dispersar el gas. Detener la fuga en caso de poder hacerlo. Utilizar cortina de agua para reducir los vapores o desviar los vapores. No dirigir el agua a la fuente de fuga.

### SECCIÓN 7: MANEJO Y ALMACENAMIENTO

**Manejo:** Usar siempre protección personal así sea corta la exposición o la actividad que realice con el producto. Mantener estrictas normas de higiene, no fumar, ni comer en el sitio de trabajo. Usar las menores cantidades posibles. Conocer en donde está el equipo para la atención de emergencias. Leer las instrucciones de la etiqueta antes de usar el producto. Rotular los recipientes adecuadamente. Efectuar el vaciamiento de recipientes con abundantes cantidades de agua, antes de desecharlos o almacenarlos.

**Almacenamiento:** Lugares ventilados, frescos y secos. Lejos de fuentes de calor e ignición. Separado de materiales incompatibles. Rotular los recipientes adecuadamente. Los cilindros deben estar almacenados en posición vertical y protegidos de altas temperaturas y del sol, los contenedores deben estar claramente rotulados resaltando la peligrosidad: gas comprimido. Mantener el contenedor por debajo de 50 °C.

### SECCIÓN 8: CONTROLES DE EXPOSICION Y PROTECCION PERSONAL

**Controles de ingeniería:** Ventilación local y general, para asegurar que la concentración no exceda los límites de exposición ocupacional. Debe disponerse de duchas y estaciones lavaojos.

#### EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL:

**Protección de los ojos y rostro:** Gafas de seguridad para químicos con protección lateral y/o protector facial completo.

**Protección de piel:** Guantes, delantal y botas (con puntera de acero en caso de manejo de tambores) de caucho.

**Protección respiratoria:** Respirador apropiado con filtro para gases inorgánicos.

**Protección en caso de emergencia:** Equipo de respiración autónomo (SCBA) y ropa de protección TOTAL.

### SECCIÓN 9: PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS

**Apariencia, olor y estado físico:** Gas comprimido o líquido, sin color y sin olor.

**Gravedad Específica (Agua=1):** N.A

**Punto de Ebullición (°C):** -78.5/sublima.

**Punto de Fusión (°C):** -56.6 a 5.2 Atmosf.

**Densidad relativa del vapor (Aire=1):** 1.522

**Presión de vapor (mm Hg):** 58.4/20°C

**Viscosidad (cp):** N.R.

**pH:** 3.2 sol. Saturada de CO<sub>2</sub>.

**Solubilidad:** Baja solubilidad en agua. Soluble en acetona, alcohol e hidrocarburos y otros líquidos orgánicos.

### SECCIÓN 10: ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

**Estabilidad química:** Estable bajo condiciones normales de almacenamiento y manipulación.

**Condiciones a evitar:** Materiales incompatibles, exceso de calor.

**Incompatibilidad con otros materiales:** Reacciona violentamente con bases fuertes y metales alcalinos. Algunos polvos metálicos tales como magnesio, circonio, titanio, aluminio, cromo y manganeso pueden producir ignición y explotar cuando se calientan en presencia de dióxido de carbono.

**Productos de descomposición peligrosos:** A temperaturas elevadas se produce monóxido de carbono.

**Polimerización peligrosa:** No ocurre polimerización.

### SECCIÓN 11: INFORMACION TOXICOLOGICA

La inhalación de aire con 65% de dióxido de carbono por 5 minutos causo la muerte a cerdos. No existe información relacionada con efectos de tipo cancerígeno, mutagénico, neurotóxico, reproductivo o teratogénico.

### SECCIÓN 12: INFORMACION ECOLOGICA

Toxicidad de peces: CL50 varios organismos= 100 a 200 mg/L/tns. Es nocivo para algunas especies acuáticas a concentraciones menores a 20 mg/L. En las últimas décadas se ha considerado que el CO<sub>2</sub> producido por la contaminación industrial ha generado un efecto que se ha denominado el efecto invernadero, el cual se manifiesta con un sobrecalentamiento global de la tierra y cambios climáticos drásticos.

### SECCIÓN 13: CONSIDERACIONES DE DISPOSICION

Debe tenerse presente la legislación ambiental local vigente relacionada con la disposición de residuos para su adecuada eliminación. Evacuar hasta que el gas se halla dispersado.

#### SECCIÓN 14: INFORMACION SOBRE TRANSPORTE

Etiqueta verde de gas comprimido no inflamable. No transportar con sustancias explosivas, sólidos que presenten combustión espontánea, comburentes y peróxidos, ni con sustancias que presenten riesgos de incendio.

#### SECCIÓN 15: INFORMACION REGLAMENTARIA

1. Ley 769/2002. Código Nacional de Tránsito Terrestre. Artículo 32: La carga de un vehículo debe estar debidamente empacada, rotulada, embalada y cubierta conforme a la normatividad técnica nacional. 2. Decreto 1609 del 31 de Julio de 2002, Por el cual se reglamenta el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera. 3. Ministerio de Transporte. Resolución número 3800 del 11 de diciembre de 1998. Por el cual se adopta el diseño y se establecen los mecanismos de distribución del formato único del manifiesto de carga. 4. Los residuos de esta sustancia están considerados en: Ministerio de Salud. Resolución 2309 de 1986, por la cual se hace necesario dictar normas especiales complementarias para la cumplida ejecución de las leyes que regulan los residuos sólidos y concretamente lo referente a residuos especiales.

#### SECCIÓN 16: OTRAS INFORMACIONES

La información relacionada con este producto puede no ser válida si éste es usado en combinación con otros materiales o en otros procesos. Es responsabilidad del usuario la interpretación y aplicación de esta información para su uso particular.


### ANEXO B. Job instructions 16-9


	GERENCIA COMPLEJO BARRANCABERMEJA		Volumen 3, Job Instrucción 16 - 9	
	ESPECIFICACION TECNICA PARA AISLAMIENTO DE TUBERIAS Y EQUIPOS CALIENTES		Rev. 0	Pág. 1 de 17
	ESPECIALIDAD: AISLAMIENTO			

CONTROL ACTUALIZACION DE LA ESPECIFICACION TECNICA

Rev. No	Fecha	Elaboró	Revisó	Aprobó
0	27 - 08 - 2004	JSR	GWV	LSPB

## ANEXO C. Data Sheet for Rotary Type Positive Displacement Compressor

	<b>GERENCIA DE PROYECTOS DE REFINACION Y PETROQUIMICA</b> Departamento de Ingeniería - GRP	VRP-DPY-F-063	Versión: 01				
<b>DATA SHEET FOR ROTARY TYPE POSITIVE DISPLACEMENT COMPRESSOR</b> (API 619-4th EDITION )		Date: 19/10/10 Rev: 0	Page 1 of 9				
VENDOR MUST FURNISH ALL PERTINENT DATA FOR THIS SPECIFICATION SHEET BEFORE RETURNING							
APPLICABLE TO <input checked="" type="radio"/> PROPOSAL <input type="radio"/> PURCHASE <input type="radio"/> AS BUILT							
EQUIPMENT TAG: C-2601    FOR: ECOPETROL S.A.    SITE: COLOMBIA, BARRANCABERMEJA							
PLANT: UNIBON		UNIT: U2600					
PROJECT: COMPRESSOR FOR CO <sub>2</sub> (C-2601) OF THE HYDROGEN GENERATION UNIT U-2600		N° REQUIRED: 1					
SERVICE: CO <sub>2</sub> TO PTAR PLANT AND HOT STORAGE TANKS (BALANCE)		DRIVER TYPE (6.1): MOTOR					
MANUFACTURER:		PURCHASE ORDER No.:					
MODEL / SIZE / N° STAGES:		SERIAL No.:					
INFORMATION TO BE COMPLETED <input type="radio"/> BY PURCHASER <input type="checkbox"/> BY MANUFACTURER <input checked="" type="checkbox"/> BY MANUFACTURER OR PURCHASER							
1	BASEPLATE: COMPRESSOR, MOTOR, LUBE OIL SYSTEM, OIL SEPARATORS, SCRUBBER						
2	COMPRESSOR TO OPERATE IN: PARALLEL    N° MOTOR DRIVEN						
3	DRIVER DATA SHEET No.'S: VRP-DPY-F-303    MOTOR PROVIDED BY: VENDOR    MOTOR MOUNTED BY: VENDOR						
4							
5	<b>OPERATING CONDITIONS</b>						
6	(ALL DATA ON PER UNIT BASIS)	NORMAL (3.33) (5.1.3)	MAXIMUM	OTHER CONDITIONS (5.1.4)			
7				A (Note 1)	B	C	D
8		CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>			
9	● CERTIFIED POINT (j) (5.1.4) ● GAS HANDLED (ALSO SEE PAGE 2) ○ Required Capacity MMSCFD/SCFM (14.7 PSIA & 60°F) (DRY) (3.46 & 3.60)	3215.07 (wet)	4133.67 (wet)	1837.19 (wet)			
10	● WEIGHT FLOW, lbs/hr - (WET) (DRY) INLET CONDITIONS    ○ COMPRESSOR INLET FLANGE    ● CUSTOMER CONNECTION	19.2	19.2	19.2			
11	● PRESSURE (PSIA) ● TEMPERATURE (°F)	95.0	95.0	95.0			
12	● RELATIVE HUMIDITY %    (Note 2) ● MOLECULAR WEIGHT (M)	100.0	100.0	100.0			
13	□ Cp/Cv (K1) OR (Kavg) (5.1.15.4) □ COMPRESSIBILITY (Z1) OR (Zavg) (5.1.15.5)	44.0	44.0	44.0			
14	□ INLET VOLUMEN, (CFM) (WET/DRY) (3.19) DISCHARGE CONDITIONS    ● COMPRESSOR DISCHARGE FLANGE    ○ CUSTOMER CONNECTION	94.7	94.7	94.7			
15	● PRESSURE (PSIA) □ TEMPERATURE (°F)	(Note 3)					
16	□ Cp/Cv (K2) OR (Kavg) □ COMPRESSIBILITY (Z2) OR (Zavg)						
17	□ DEW POINT (°F) ● OIL CARRYOVER (PPM BY WT.)	15.00	15.00				
18	□ BHP REQUIRED (ALL LOSSES INCL.) □ SPEED (RPM) □ PRESSURE RATIO (R) □ VOLUMETRIC EFFICIENCY (%) □ SILENCER ΔP (PSI) (5.1.5) □ SETTLE OUT PRESSURE (PSIA) (5.1.5) □ PERFORMANCE CURVE NUMBER						
19	PROCESS CONTROL (6.4.2.1) METHOD    ● SLIDE VALVE ○ BY PASS FROM _____ TO _____ ● BYPASS    ○ MANUAL    ● AUTO ○ SPEED VARIATION FROM _____ TO _____ ○ OTHER _____						
20	SIGNAL    ● SOURCE: SUCTION PRESSURE ● TYPE: ANALOGUE ○ RANGE: FOR PNEUMATIC CONTROL _____ RPM@ _____ PSIG    _____ RPM@ _____ PSIG ○ OTHER _____						
21	SERVICE    ○ SPECIAL PURPOSE (3.58)    ● GENERAL PURPOSE (3.15) ● CONTINUOUS    ○ INTERMITTENT    ○ STANDBY (3.62)    ○ DRY SCREW (3.9)    ● FLOODED SCREW (3.12)						
22	REMARKS: Unless otherwise noted, all pressure are GAGE pressures.						
23	1) MINIMUM FLOW OPERATION CONDITION.						
24	2) THE WATER CONTENT IN THE STREAM IS IN WET CONDITIONS AT A PRESSURE BETWEEN 3.5 AND 5 PSIG @ TEMPERATURE 95 - 140 °F (4-15% WATER VOLUME) "El agua contenida en la corriente se encuentra saturada a condiciones de presión entre 3.5-5 psig y temperaturas de 95-140 °F (4 -15% volumen de agua)".						
25	3) The discharge temperature of the compressor package (discharge flange after cooler) shall be 152 °F as maximum.						

		<b>GERENCIA DE PROYECTOS DE REFINACION Y PETROQUIMICA</b> Departamento de Ingenieria - GRP				VRP-DPY-F-063		Versión: 02	
		<b>DATA SHEET FOR ROTARY TYPE POSITIVE DISPLACEMENT COMPRESSOR (API 619-4th EDITION )</b>				Date: 19/10/10 Rev: 0		Page 2 of 10	
1	GAS ANALYSIS (5.1.15.4)		NORMAL	MAXIMUM	OTHER CONDITIONS				REMARKS:
2	<input type="radio"/> MOL% <input type="radio"/> _____				A (Note 1)	B	C	D	
3	MW								
4	AIR	28.968							
5	OXYGEN	32.000	0.22	0.24					
6	NITROGEN	28.016	0.20	0.20	0.20				
7	WATER VAPOR	18.016	Saturado	Saturado	Saturado			Note 2	
8	CARBON MONOXIDE	28.010	0.20						
9	CARBON DIOXIDE	44.010	97.73	97.87	95.00				
10	HYDROGEN SULFIDE	34.076						(5.11.1.10)	
11	HYDROGEN	2.016	0.80	0.87	4.70				
12	METHANE	16.042	0.08	0.05	0.10				
13	ETHYLENE	28.052							
14	ETHANE	30.068							
15	PROPYLENE	42.078							
16	PROPANE	44.094							
17	I-BUTANE	58.120							
18	n-BUTANE	58.120							
19	I-PENTANE	72.146							
20	n-PENTANE	72.146							
21	HEXANE PLUS								
22									
23									
24	<input type="radio"/> CORROSIVE							(5.11.1.7)	
25	<input type="radio"/> SOLID PARTICLE							(5.1.25)	
26	<input type="radio"/> LIQUID PARTICLE							(5.1.25)	
27	<input type="radio"/> NACE MATERIALS							(5.11.1.10)	
28	TOTAL								
29	AVH. MOL. WT.								
30	<b>SITE DATA</b>								
31	LOCATION: (5.1.18)				NOISE ESPECIFICATIONS. (5.1.19)				
32	<input type="radio"/> INDOOR		<input type="radio"/> HEATED		<input type="radio"/> UNDER ROOF				<input type="radio"/> APPLICABLE TO MACHINE:
33	<input type="radio"/> OUTDOOR		<input type="radio"/> UNHEATED		<input type="radio"/> PARTIAL SIDES				SEE SPECIFICATIONS <u>ISO 15664</u>
34	<input type="radio"/> OUTDOOR		<input type="radio"/> UNHEATED		<input type="radio"/> PARTIAL SIDES				SEE SPECIFICATIONS <u>ISO 15664</u>
35	<input type="radio"/> GRADE		<input type="radio"/> MEZZANINE		<input type="radio"/>				<input type="radio"/> APPLICABLE TO NEIGHBORHOOD:
36	<input type="radio"/> WINTERIZATION REQ'D		<input type="radio"/> TROPICALIZATION REQ'D		SEE SPECIFICATIONS				
37	ELEVATION <u>259</u> FT.		BAROMETER <u>29</u> (PSIA)		ACOUSTIC HOUSING: (5.1.20) <input type="radio"/> YES <input type="radio"/> NO				
38	RANGE AMBIENT TEMPS:		DRY BULB		WET BULB				
39	SITE RATED		°F						
40	NORMAL		°F		<u>95</u>				
41	MAXIMUM		°F		<u>109</u>				
42	MINIMUM		°F		<u>72</u>				
43	ELECTRICAL AREA CLASSIFICATION: (5.1.18)								
44	ÁREA: CL <u>1</u> GR. <u>B</u> DIV. <u>2</u>								
45	UNUSUAL CONDITIONS:		<input type="radio"/> DUST		<input type="radio"/> FUMES				
46	<input type="radio"/> OTHERS (1-2.1.8)								
47									
48									
49									
50									
51	<input type="radio"/> VENDOR HAVING UNIT RESPONSIBILITY (5.1.2)								
52	the vendor have unit responsibility for the complete elements of the								
53	purchasing order describe in the document								
54	<u>GRB-10000270-209022-IB-MR-001</u>								
55	<b>REMARKS</b>								
56	1) MINIMUM CONDITION "Condición mínima."								
57	2) WET WATER CONTENENT ABOUT 4 TO 15% BY VOLUME @ 3.5 - 5 PSIG AND 95-140 °F " Contenido de agua saturada de 4-15% en volumen a condicones de 3.5-5 psig y 95-140 °F."								
58									

1	<input type="checkbox"/> SPEEDS:		
2	MAX. CONT (3.26)	RPM	TRIP (3.64) RPM
3	MAX. TIP SPEEDS:	FPS @ MAX. OPER. SPEED	
4	MIN ALLOW (3.30)	RPM	
5	<input type="checkbox"/> LATERAL CRITICAL SPEEDS: (5.7.1.4)		
6	FIRST CRITICAL		
7	DAMPED	UNDAMPED	
8	MODE SHAPE		
9	LATERAL CRITICAL SPEEDS - BASIS:		
10	<input type="radio"/> DAMPED UNBALANCE RESPONSE ANALYSIS		
11	<input type="checkbox"/> OTHER TYPE ANALYSIS:	(SPECIFY)	
12	<input type="checkbox"/> POCKET PASSING FREQUENCY:	Hz	
13	<input type="checkbox"/> TORSIONAL CRITICAL SPEED: (5.7.2)		
14	FIRST CRITICAL	RPM	
15	SECOND CRITICAL		
16	<input type="checkbox"/> VIBRATION: (5.7.3.6)		
17	HOUSING	IPS RMS	
18	SHAFT		
19	<input type="checkbox"/> ROTATION, LOOK AT COMPRESSOR DRIVER END:	<input type="checkbox"/> CW <input type="checkbox"/> CCW	
20	<input type="checkbox"/> CASING:		
21	MODEL		
22	CASING SPLIT		
23	MATERIAL	<input type="radio"/> CLADDING (5.2.10) <b>Note 1</b>	
24	OPERATION	<input type="radio"/> DRY <input type="radio"/> FLOODED, w/ LIQUID	
25	THICKNESS (IN.)	CORR. ALLOW (IN)	
26	MAX. ALLOWABLE WORK PRESS. (3.25)	PSIG	
27	RELIEF VALVE SETTING	PSIG	
28	MARGIN FOR ACCUMULATION	PSIG	
29	LEAK TEST GAS:	PRESS. (PSIG)	(7.3.3.4.3.1)
30	TEST PRESS. (PSIG) HE (7.3.4.6)	HYDRO (7.3.2)	
31	MAX. ALLOW. TEMP.	°F	MIN. OPER. TEMP. °F
32	COOLING JACKET	<input type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO	
33	<input type="checkbox"/> ROTORS: (5.5.1)		
34	DIAMETER (IN.) MALE:	FEMALE:	
35	NO. LOBES: MALE:	FEMALE:	
36	TYPE:		
37	TYPE FABRICATION		
38	MATERIAL		
39	MAX. YIELD STRENGTH (PSI)		
40	BRINELL HARDNESS: MAX.	MIN.	
41	ROTOR LENGTH TO DIAMETER RADIO (L/D) M:		
42	ROTOR CLEARANCE (IN.)		
	<input type="checkbox"/> SHAFT: (5.5.1.2)		
	MATERIAL		
	DIA @ ROTORS (IN)	DIA @ COUPLING (IN)	
	SHAFT END:	<input type="checkbox"/> TAPERED <input type="checkbox"/> CILINDRICAL (5.5.1.5 & 5.5.1.6)	
	<input type="checkbox"/> SHAFT SLEEVES:		
	<input type="radio"/> AT SHAFT SEALS	<input type="checkbox"/> MATL.	
	<input type="checkbox"/> TIMING GEARS: (5.6)		
	PITCH LINE DIAMETER (IN.)	MALE: FEMALE:	
	MATERIAL		
	<input type="checkbox"/> SHAFT SEALS: (5.6)		
	<input type="radio"/> SEAL SYSTEM TYPE (5.6.1.7)	MECHANICAL CONTACT SEAL (OIL COOLED)	
	<input type="checkbox"/> OIL LEAKAGE (GAL/DAY/SEAL)		
	<input type="checkbox"/> TYPE OF BUFFER GAS (5.6.2.2)		
	<input type="checkbox"/> BUFFER GAS FLOW (PER SEAL)		
	NORMAL:	#/MIN @ PSIG	
	MAX:	#/MIN @ PSIG	
	<input type="checkbox"/> BEARING HOUSING: (5.9)		
	TYPE (SEPARATE, INTEGRAL)	SPLIT	
	MATERIAL		
	<input type="checkbox"/> HYDRODYNAMIC RADIAL BEARING (IDENTIFY HIGHEST LOADED BEARING)		
	(5.8)	TYPE SPAN (IN)	
	MFR.	AREA (IN <sup>2</sup> )	
	LOADING (PSI):	ACT. ALLOW	
	NO. PADS	ROTOR ON OR BETWEEN PADS	
	PAD MATERIAL		
	TYPE BABBITT	THICKNESS (IN.)	
	<input type="radio"/> TEMP. SENSORS (5.8.1.5)		
	<input type="radio"/> TC <input type="radio"/> RTD TYPE		
	NO PER BRG		
	<input type="checkbox"/> ROLLING ELEMENT RADIAL BEARING (5.8.2)		
	TYPE:	Ndm:	
	ENERGY DENSITY:		
	<input type="checkbox"/> HYDRODYNAMIC THRUST BEARING (IDENTIFY HIGHEST LOADED BEARING)		
	(5.8)	TYPE SPAN (IN)	
	MFR.	AREA (IN <sup>2</sup> )	
	LOADING (PSI):	ACT. ALLOW	
	NO. PADS		
	PAD MATERIAL		
	TYPE BABBITT	THICKNESS (IN.)	
	<input type="radio"/> TEMP. SENSORS (5.8.1.5)		
	<input type="radio"/> TC <input type="radio"/> RTD TYPE		
	NO PER BRG	<input type="checkbox"/> ACTIVE <input type="checkbox"/> INACTIVE	

1	<input type="checkbox"/> PROCESS CONNECTIONS-COMPRESSOR CASING (5.3):		
2		SIZE	ANSI RATING
3		Facing	Orientation
4	CASING (5.3)		
5	INLET		
6	DISCHARGE		
7	<input type="checkbox"/> PROCESS CONNECTIONS - CUSTOMER INTERFASE		
8	INLET		
9	DISCHARGE		
10	<input type="checkbox"/> CASING-ALLOWABLE PIPING FORCES AND MOMENTS: (5.4)		
11		INLET	DISCHARGE
12		FORCE	MOMT
13		LB	FT-LB
14	AXIAL X		
15	VERTICAL Y		
16	HORIZ 90° Z		
17			
18		INLET	DISCHARGE
19	AXIAL X		
20	VERTICAL Y		
21	HORIZ 90° Z		
22	<input type="checkbox"/> OTHER CONNECTIONS:		
23	SERVICE	NO	SIZE
24	LUBE OIL INLET		TYPE/RATING
25	LUBE OIL OUTLET		
26	SEAL OIL INLET		
27	SEAL OIL OUTLET		
28	CASING DRAINS (4.3.4)		
29	VENTS		
30	COOLING WATER		
31	COOLING WATER OUTLET		
32	LIQUID INJECTION		
33	OIL INJECTION		
34	PURGE FOR:		
35	BRG. HOUSING		
36	BETWEEN BRG. & SEAL		
37	BETWEEN BRG. & GAS		
38	<input type="checkbox"/> OTHER		
39			
40	<input type="checkbox"/> VIBRATION DETECTORS: (6.4.4.3)		
41	<input type="checkbox"/> IN ACCORDANCE WITH: API670		
42	<input type="checkbox"/> TYPE: SEISMIC		<input type="checkbox"/> DISPLACEMENT
43	<input type="checkbox"/> MODEL		
44	<input type="checkbox"/> MFR.		

<p><b>AXIAL POSITION DETECTOR: (6.4.2.3)</b></p> <p><input type="checkbox"/> IN ACCORDANCE WITH: API 670</p> <p><input type="checkbox"/> TYPE _____ <input type="checkbox"/> MODEL _____</p> <p><input type="checkbox"/> MFR. _____ <input type="checkbox"/> NO. REQ'D. _____</p> <p><input type="checkbox"/> OSCILLATOR DETECTORS SUPPLIED BY _____</p> <p><input type="checkbox"/> MFR. _____ <input type="checkbox"/> MODEL _____</p> <p><input type="checkbox"/> MONITOR SUPPLIED BY _____</p> <p><input type="checkbox"/> LOCATION _____ ENCLOSURE _____</p> <p><input type="checkbox"/> MFR. _____ <input type="checkbox"/> MODEL _____</p> <p><input type="checkbox"/> SCALE RANGE _____ <input type="checkbox"/> ALARM <input type="checkbox"/> SET @ _____</p> <p><input type="checkbox"/> SHUTDOWN: <input type="checkbox"/> SET @ _____ <input type="checkbox"/> TIME DELAY _____ SEC</p>	<p><b>COUPLINGS: (6.2) (NOTE 1)</b></p> <p><input type="checkbox"/> IN ACCORDANCE WITH: API 671</p> <p><input type="checkbox"/> OTHER (SPECIFY) _____ <b>NON LUBRICATED</b></p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <tr> <td style="width:50%;"></td> <td style="width:25%; text-align:center;">DRIVER-COMP OR DRIVER</td> <td style="width:25%; text-align:center;">GEAR-COMP</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> MAKE</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> MODEL</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> MOUNT CPLG. HALVES</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> SPACE REQUIRED</td> <td style="text-align:center;">X</td> <td></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> LIMITED END FLOAT REQ'D</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> MOMENT SIMULATOR REQUIRED (6.2.5)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> CPLG. RATING (HP/100 RPM)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> KEYED (1) OR (2) OR HYDR. FIT</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		DRIVER-COMP OR DRIVER	GEAR-COMP	<input type="checkbox"/> MAKE			<input type="checkbox"/> MODEL			<input type="checkbox"/> MOUNT CPLG. HALVES			<input type="checkbox"/> SPACE REQUIRED	X		<input type="checkbox"/> LIMITED END FLOAT REQ'D			<input type="checkbox"/> MOMENT SIMULATOR REQUIRED (6.2.5)			<input type="checkbox"/> CPLG. RATING (HP/100 RPM)			<input type="checkbox"/> KEYED (1) OR (2) OR HYDR. FIT		
	DRIVER-COMP OR DRIVER	GEAR-COMP																										
<input type="checkbox"/> MAKE																												
<input type="checkbox"/> MODEL																												
<input type="checkbox"/> MOUNT CPLG. HALVES																												
<input type="checkbox"/> SPACE REQUIRED	X																											
<input type="checkbox"/> LIMITED END FLOAT REQ'D																												
<input type="checkbox"/> MOMENT SIMULATOR REQUIRED (6.2.5)																												
<input type="checkbox"/> CPLG. RATING (HP/100 RPM)																												
<input type="checkbox"/> KEYED (1) OR (2) OR HYDR. FIT																												

<p><b>BASEPLATE &amp; SOLEPLATES: (6.3.2 &amp; 6.3.3)</b></p> <p>SOLE PLATES FOR: <input type="checkbox"/> COMPRESSOR <input type="checkbox"/> GEAR <input type="checkbox"/> DRIVER</p> <p>BASEPLATE:</p> <p><input type="checkbox"/> COMMON (UNDER COMP. GEAR &amp; DRIVER)</p> <p><input type="checkbox"/> UNDER COMP. ONLY <input type="checkbox"/> OTHER _____</p> <p><input type="checkbox"/> DECKED WITH NON-SKID DECK PLATE <input type="checkbox"/> OPEN CONSTRU.</p> <p><input type="checkbox"/> DRIP RIM <input type="checkbox"/> WITH OPEN DRAIN <input type="checkbox"/> SUBPLATE</p> <p><input type="checkbox"/> HORIZONTAL ADJUSTING SCREWS FOR EQUIPMENT</p> <p><input type="checkbox"/> SUITABLE FOR COLUMN SUPPORT (6.3.2.4)</p> <p><input type="checkbox"/> SUITABLE FOR PERIMETER SUPPORT</p> <p><input type="checkbox"/> EPOXY GROUT/EPOXY PERIMETER (6.3.1.7)</p>	<p><b>LUBE OIL SYSTEM (5.10)</b></p> <p><input type="checkbox"/> LUBRICANT MANUFACTURER <b>TERPEL OR MOBIL</b></p> <p><input type="checkbox"/> LUBRICANT TYPE _____ GRADE (ISO 3448)</p>
--	--

39	USE SHOP LUBE & SEAL SYSTEM	●	●	○	<input type="radio"/> OTHER _____ <input checked="" type="radio"/> UNLOADING VALVE <input checked="" type="radio"/> NON-RETURN VALVE <input checked="" type="radio"/> SAFETY VALVE		
40	USE JOB LUBE & SEAL SYSTEM	○	○	○			
41	USE SHOP VIBRATION PROBES ETC.	○	○	○			
42	USE JOB VIB & AXIAL DISP. PROBES.	○	○	○			
43	USE SEISMIC TRANSDUCERS & MONITORS	○	○	○			
44	USE JOB MONITORING EQUIPMENT	○	○	○			
45	PRESSURE COMP. TO FULL OPER. PRESSURE	○	○	○			
46	DISASSEMBLE-REASSEMBLE COMP.						
47	AFTER TEST (7.3.4.9)	○	○	○			
48	SOUND-LEVEL TEST (7.3.4.8)	●	●	○			
49	TANDEM (7.3.4.4)	○	○	○			
50	AUX. EQUIPMENT (7.3.4.9)	●	○	●			
51	FULL-LOAD TEST (7.3.4.10)	○	○	○			
52	RESIDUAL UNBALANCE CHECK (5.7.3.5)	●	○	●			
53	<b>REMARKS</b>						
54	1) The inspection and testing of the compressor package shall be done according to the inspection and test plan, document (GRB-10000270-209022-IB-ITP-001).						
55	2) The compression package dimensions are limited by the available space in the installation area of the plant, The space available in the plant is indicated SPACE REQUIREMENTS apart of this page.						
56							
57							
58							
24	STEAM MAX _____	lbs/HR	<input type="radio"/> CASING MOUNTED TORSIONAL SHAFT VIBRATION PICKUP <input checked="" type="radio"/> COORDINATION MEETING (8.1.3)				
25	INSTRUMENT AIR _____	SCFM					
26	HP (DRIVER) _____	HP					
27							
29							
30	<b>SHOP INSPECTION AND TEST: (7.1) (Note 1)</b>			REQ'D	WITNESS	OBSERVE	<b>INLET &amp; DISCHARGE DEVICES:</b> <input checked="" type="radio"/> HIGH EFFICIENCY INLET SEPARATOR REQUIRED (6.8.2) <input type="radio"/> INLET AIR FILTER DP INDICATOR TYPE (6.7.3) _____ <input type="radio"/> PULSATION SUPPRESSORS FURNISHED BY <u>VENDOR</u> <input checked="" type="radio"/> SPARE PARTS TO BE SUPPLIED (8.2.3F) <input type="radio"/> ROTOR ASSEMBLY <input type="radio"/> SEALS <input checked="" type="radio"/> GASKETS, O-RINGS <input checked="" type="radio"/> START-UP/COMMISSIONING <input checked="" type="radio"/> 2 YEARS SUPPLY
31	SHOP INSPECTION (7.1.5)	●	●	○			
32	HYDROSTATIC (7.3.2)	●	●	○			
33	HELIUM LEAK (7.3.4.6)	○	○	○			
34	MECHANICAL RUN (7.3.3)	●	●	○			
35	MECHANICAL RUN SPARE ROTORS (7.3.3.4.2)	○	○	○			
36	CASING LEAK TEST (7.3.3.4.3)	○	○	○			
37	PERFORMANCE TEST (GAS) (AIR) (7.3.4.1)	●	●	○			
38	COMPLETE UNIT TEST (7.3.4.2)	○	○	○			
1	VENDOR MUST FURNISH ALL PERTINENT DATA FOR THIS SPECIFICATION SHEET BEFORE RETURNING						
2	ITEM NO. _____	SERVICE _____	JOB NO. _____				
3	MANUFACTURER _____						
4	<b>REFERENCE SPECIFICATIONS: (6.4.1.2)</b>			APPLICABLE SPECIFICATIONS: <input type="radio"/> IEC <input checked="" type="radio"/> NEMA			
5	API 614 <input type="radio"/> YES <input type="radio"/> NO			<b>AREA CLASSIFICATION:</b>			
6				● AREA: <u>1</u> CL. <u>D</u> GR. <u>2</u> DIV. _____ NON-HAZARDOUS			
7				<b>MOTOR CONTROL &amp; INSTRUMENT VOLTAGE</b>			
8				VOLTS _____ PHASE _____ CYCLES _____			
9				<b>ALARM &amp; SHUTDOWN VOLTAGE:</b>			
10				VOLTS <u>24</u> PHASE _____ CYCLES OR <u>X</u> DC			
11	<b>LOCAL CONTROL PANEL: (6.4.3) (Note 4, 5 and 6)</b>						
12	FURNISHED BY: <input checked="" type="checkbox"/> VENDOR <input type="checkbox"/> PURCHASER <input type="checkbox"/> OTHERS _____						
13	<input checked="" type="checkbox"/> FREE STANDING <input checked="" type="checkbox"/> WEATHERPROOF <input checked="" type="checkbox"/> TOTALLY ENCLOSED <input type="checkbox"/> EXTRA CUTOUTS <input type="checkbox"/> VIBRATION ASOLATORS <input type="checkbox"/> STRIP HEATERS <input type="checkbox"/> PURGE CONNECTIONS						
14	<input checked="" type="checkbox"/> ANNUNCIATOR: FURNISHED BY: <input checked="" type="checkbox"/> VENDORS <input type="checkbox"/> PURCHASER <input type="checkbox"/> OTHERS _____ <input checked="" type="checkbox"/> ANNUNCIATOR LOCATED ON <input checked="" type="checkbox"/> LOCAL PANEL <input type="checkbox"/> MAIN CONTROL BOARD						
15	<input type="checkbox"/> CUSTOMER CONNECTIONS BROUGHT OUT TO TERMINAL BOXES BY VENDOR						
16							
17							
18	<b>INSTRUMEN SUPPLIERS: (Note 1, 2 and 3)</b>						
19	PRESSURE GAUGE	MFR. _____	SIZE & TYPE: _____				
20	TEMPERATURE GAUGES	MFR. _____	SIZE & TYPE: _____				
21	LEVEL GAUGES	MFR. _____	SIZE & TYPE: _____				
22	DIFF. PRESSURE GAUGES	MFR. _____	SIZE & TYPE: _____				
23	PRESSURE SWITCHES:	MFR. _____	SIZE & TYPE: _____				
24	DIFF. PRESSURE SWITCHES	MFR. _____	SIZE & TYPE: _____				
25	TEMPERATURE SWITCHES	MFR. _____	SIZE & TYPE: _____				
26	LEVEL SWITCHES:	MFR. _____	SIZE & TYPE: _____				
27	CONTROL VALVES:	MFR. _____	SIZE & TYPE: _____				
28	PRESSURE RELIEF VALVES: (6.4.4.5)	MFR. _____	SIZE & TYPE: _____				
29	THERMAL RELIEF VALVES: (6.4.4.5.4)	MFR. _____	SIZE & TYPE: _____				
30	FLOW INDICATORS: (6.4.4.8)	MFR. _____	SIZE & TYPE: _____				
31	GAS FLOW INDICATOR	MFR. _____	SIZE & TYPE: _____				
32	VIBRATION EQUIPMENT:	MFR. _____	SIZE & TYPE: _____				
33	TACHOMETER: (6.4.4.2)	MFR. _____	SIZE & TYPE: _____				
34	SOLENOID VALVES	MFR. _____	SIZE & TYPE: _____				
35	ANNUNCIATOR: (6.4.5.9)	MFR. _____	SIZE & TYPE: _____				
36	DEPRESSURIZATION VALVE (6.4.4.6)	MFR. _____	SIZE & TYPE: _____				
37		MFR. _____	SIZE & TYPE: _____				

38	NOTE	<input type="checkbox"/> SUPPLIED BY VENDOR		<input type="checkbox"/> SUPPLIED BY PURCHASER		
39	PRESSURE GAUGE REQUIREMENTS	LOCALLY	LOCAL	LOCALLY	LOCAL	
40	FUNCTION	MOUNTED (3.21)	PANEL (3.36)	MOUNTED (3.21)	PANEL (3.6)	
41	LUBE OIL PUMP DISCHARGE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
42	LUBE OIL FILTER ΔP	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
43	LUBE OIL SUPPLY	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
44	SEAL OIL PUMP DISCHARGE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
45	SEAL OIL FILTER ΔP	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
46	SEAL OIL SUPPLY (EACH LEVEL)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
47	SEAL OIL DIFFERENTIAL	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
48	REFERENCE GAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
49	BALANCE LINE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
50	SEAL EDUCTOR	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
51	BUFFER SEAL	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
52	OIL/GAS COALESCING FILTER ΔP	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
53						
54	<b>REMARKS</b>					
55	1) INSTRUMENTATION SHALL BE SUPPLIED LOCAL, PARTIALLY MOUNTED ON LOCAL RACKS, READY AND CABLED TO LOCAL BOXES IF REQUIRED AND THEN CABLED TO PLC IN THE SKID.					
56	2) TRANSMITTERS SHALL BE USE INSTEAD OF SWITCHES					
57	3) MANUFACTURES SHOULD BE UNDER ACCEPTED BRAND LIST OF ECOPETROL S.A.					
58	4) THE COMPRESSOR SHALL BE CONTROLLED AND MONITORED BY MEANS OF A PLC, OF THE FOLLOWING BRANDS ALLEM BRADLEY OR SIMENS, IT SHALL BE SUPPLIED WITH CONNECTION PORTS TO THE EXISTING DCS (HONEYWELL) OF THE UNIBON PLANT.					
59	5) THE CONTROL PANEL SHALL BE NEMA 4X.					
60	6) THE CONTROL PANEL SHALL HAVE THE FOLLOWING SELECTORS ON-OFF, AUTOMATIC-MANUAL, RESET (ACKNOWLEDGE).					

1	<b>TEMPERATURE GAUGE REQUIREMENTS:</b>					
2		LOCALLY	LOCAL		LOCALLY	LOCAL
3	FUNCTION	MOUNTED (3.21)	PANEL (3.3.8)	FUNCTION	MOUNTED (3.21)	PANEL (3.3.8)
4	LUBE OIL DISCHARGE FROM EA.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	COOLER OIL INLET & OUTLET	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	COMPR. JOURNAL BEARING	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	SEAL OIL OUTLET	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	DRIVER JOURNAL BEARING	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	COMPRESSOR SUCTION	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	GEAR JOURNAL BEARING	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	COMPRESSOR DISCHARGE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	COMPRESSOR THRUST BEARING	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	LUBE OIL RESERVOIR	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	DRIVER THRUST BEARING	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	LUBE OIL SUPPLY	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	GEAR THRUST BEARING	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
11	<b>MISCELLANEOUS INSTRUMENTATION:</b>					
12	<input type="checkbox"/> ● DRIVER START/STOP (Nota 2) <input type="checkbox"/> LOCAL PANEL <input type="checkbox"/> SEPARATE PANEL <input type="checkbox"/> MAIN BOARD					
13	<input type="checkbox"/> ● SIGHT FLOW INDICATORS, EACH JOURNAL & THRUST BEARING & EACH COUPLING OIL RETURN LINE					
14	<input type="checkbox"/> ● SIGHT FLOW INDICATORS, EACH SEAL OIL RETURN LINE					
15	<input type="checkbox"/> ● LEVEL GAUGE LUBE AND/OR SEAL OIL RESERVOIR, S.O. DRAIN & S.O. OVER HEAD TANK.					
16	<input type="checkbox"/> ○ VIBRATION AND SHAFT POSITION PROBES & PROXIMITORS					
17	<input type="checkbox"/> ○ VIBRATION AND SHAFT POSITION READOUT EQUIPMENT					
18	<input type="checkbox"/> ○ VIBRATION READOUT LOCATED ON: <input type="checkbox"/> LOCAL PANEL <input type="checkbox"/> SEPARATE PANEL <input type="checkbox"/> MAIN BOARD					
19	<input type="checkbox"/> ○ TURBINE SPEED PICKUP DEVICES					
20	<input type="checkbox"/> ○ TURBINE SPEED INDICATORS					
21	<input type="checkbox"/> ○ TURBINE SPEED INDICATORS LOCATED ON: <input type="checkbox"/> LOCAL PANEL <input type="checkbox"/> MAIN BOARD					
22	<input type="checkbox"/> ○ REMOTE HAND SPEED CHANGER - MOUNTED ON LOCAL PANEL					
23	<input type="checkbox"/> ○ ALARM HORN & ACKNOWLEDGMENT SWITCH					
24	<b>ALARM &amp; SHUTDOWN: (6.4.5.2)</b>					
25	FUNCTION	ALARM	TRIP	FUNCTION	PRE-ALARM	TRIP
26	<input type="checkbox"/> ● LOW LUBE OIL PRESSURE	X	X	<input type="checkbox"/> ○ TURBINE VIBRATION		
27	<input type="checkbox"/> ● HI LUBE OIL FILTER ΔP	X	X	<input type="checkbox"/> ○ TURBINE AXIAL POSITION		
28	<input type="checkbox"/> ○ HI SEAL OIL FILTER ΔP			<input type="checkbox"/> ○ GEAR VIBRATION		
29	<input type="checkbox"/> ● LOW LUBE OIL RESERVOIR LEV.	X		<input type="checkbox"/> ○ GEAR AXIAL POSITION		
30	<input type="checkbox"/> ○ LOW SEAL OIL RESERVOIR LEV.			<input type="checkbox"/> ● COMPRESSOR MOTOR SHUTDOWN	X	X
31	<input type="checkbox"/> ○ HI SEAL OIL LEVEL			<input type="checkbox"/> ○ TRIP & THROTTLE VALVE SHUT		
32	<input type="checkbox"/> ○ LOW SEAL OIL LEVEL			<input type="checkbox"/> ○ HI TURB. STEAM SEAL LEAKAGE		
33	<input type="checkbox"/> ● HI SEAL OIL PRESSURE	X		<input type="checkbox"/> ○ HI COMPR. THRUST BRG. TEMP.		
34	<input type="checkbox"/> ○ LOW SEAL OIL PRESSURE	X		<input type="checkbox"/> ○ HI COMPR. JOURNAL BRG. TEMP.		
35	<input type="checkbox"/> ○ AUX. SEAL OIL PUMP START			<input type="checkbox"/> ○ HI DRIVER THRUST BRG. TEMP.		
36	<input type="checkbox"/> ● AUX. LUBE OIL PUMP START	X		<input type="checkbox"/> ○ HI DRIVER JOURNAL BRG. TEMP.		
37	<input type="checkbox"/> ○ HI SEAL OIL OULET TEMP. (COOLER)			<input type="checkbox"/> ○ HI GEAR THRUST BRG. TEMP.		

37	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	HI SEAL OIL OULET TEMP. (COOLER)	_____	_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	HI GEAR THRUST BRG. TEMP.	_____	_____
38	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	HI LIQUID LEV. SUCT. SEPARATOR	_____	_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	HI GEAR JOURNAL BRG. TEMP.	_____	_____
39	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	COMPRESSOR VIBRATION	_____	_____	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	COMPRESSOR ΔP	_____	_____
40	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	COMPRESSOR HI DISCH. TEMP.	X	X	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	LOW SEAL GAS PRESSURE	_____	_____
41	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	COMPRESSOR AXIAL POSITION	_____	_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	HI COALESCING GAS/OIL FILTER ΔP	_____	_____
42	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	HI LUBE OIL SUPPLY TEMPERATURE	X	_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		_____	_____
43	<b>CONTACTS</b>									
44	ALARM CONTACTS SHALL:		<input type="checkbox"/> OPEN	<input type="checkbox"/> CLOSE TO SOUND ALARM AND BE NORMALLY	<input type="checkbox"/> ENERGIZED	<input type="checkbox"/> DE- ENERGIZED				
45	SHUTDOWN CONTACTS SHALL:		<input type="checkbox"/> OPEN	<input type="checkbox"/> CLOSE TO TRIP AND BE NORMALLY	<input type="checkbox"/> ENERGIZED	<input type="checkbox"/> DE- ENERGIZED				
46	NOTE: NORMAL CONDITION IS WHEN COMPRESSOR IS IN OPERATION									
47	<b>MISCELLANEOUS:</b>									
48	● INSTRUMENT TAGGING REQUIRED (Note 1)									
49	ALARM AND SHUTDOWN SWITCHES SHALL BE SEPARATE									
50	PURCHASERS ELECTRICAL AND INSTRUMENT CONNECTIONS WITHIN THE CONFINES OF THE BASEPLATE AND CONSOLE SHALL									
51	BE: <input checked="" type="checkbox"/> BROUGHT OUT TO TERMINAL BOXES. <input type="checkbox"/> MADE DIRECTLY BY THE PURCHASER									
52	COMMENTS REGARDING INSTRUMENTATION: <u>See remarks</u>									
53										
57	<b>REMARKS</b>									
58	1) ONCE ECOPETROL S.A. RECEIVE THE INSTRUMENTATION LIST FROM THE COMPRESSOR MANUFACTURER, ECOPETROL S.A. WILL ASSIGN THE INSTRUMENT TAGGING AND WILL SEND THE TAG'S LIST TO THE MANUFACTURER.									
59	2) THE FOLLOWING SIGNALS SHALL BE HARD WIRED: MOTOR STATE; REMOTE SHUTDOWN BY MEANS OF PUSH BOTTON.									

1	APPLICABLE TO:	<input checked="" type="checkbox"/> PROPOSAL	<input type="checkbox"/> PURCHASE	<input type="checkbox"/> AS BUILT						
2	FOR	BARRANCABERMEJA REFINERY ECOPETROL S.A.			UNIT	UNIBON (U-2600)				
3	SITE	BARRANCABERMEJA COLOMBIA			DRIVEN EQUIP.					
4	SERVICE	CO2 TO PTAR PLANT AND HOT STORAGE TANKS (BALANCE)			NO. REQUIRED	1				
5	MANUFACTURER				SERIAL NO.					
6	NOTE:	<input type="checkbox"/> INDICATES INFORMATION TO BE COMPLETED BY PURCHASER			<input type="checkbox"/> BY MANUFACTURER					
7										
8	<b>MOTOR DESIGN DATA</b>					<b>MOTOR DESIGN DATA (CONT'D)</b>				
9	<b>APPLICABLE SPECIFICATIONS</b>					<b>STARTING: (6.1.2.1b)</b>				
10	<input type="checkbox"/> IEC <input checked="" type="checkbox"/> NEMA <u>MG-1</u>					<input checked="" type="checkbox"/> FULL VOLTAGE <input type="checkbox"/> REDUCED VOLTAGE _____ %				
11	<input type="checkbox"/> API 541 (6.1.2.2)					<input type="checkbox"/> LOADED <input type="checkbox"/> UNLOADED				
12	<input checked="" type="checkbox"/> IEEE 841					<input type="checkbox"/> VOLTAGE DIP _____ %				
13	<b>SITE DATA:</b>					<b>VIBRATION:</b>				
14	AREA ● CL <u>1</u> DIV. <u>2</u> GR. <u>D</u> <input type="checkbox"/> NON-HAZARDOUS					<input type="checkbox"/> IEC STANDARD ● NEMA STANDARD _____				
15	● ALT. <u>250</u> FT. <input type="checkbox"/> AMB. TEMPS: MAX. <u>96.8</u> °F MIN <u>71.6</u> °F					<b>NOISE:</b>				
16	UNUSUAL CONDITIONS: <input type="checkbox"/> DUST <input type="checkbox"/> FUMES					<input type="checkbox"/> IEC STANDARD ● NEMA STANDARD <u>&lt;85 dB</u>				
17	● OTHERS <u>CORROSIVE ENVIRONMENT</u>					<b>ACCESSORY EQUIPMENT (NOTE 2)</b>				
18	<b>DRIVE SYSTEM:</b>					<input type="checkbox"/> BASEPLATE <input type="checkbox"/> SOLE PLATE <input type="checkbox"/> STATOR SHIFT				
19	<input type="checkbox"/> DIRECT CONNECTED					<input type="checkbox"/> MFR. STD. FANS <input type="checkbox"/> NON-SPARKING FANDS				
20	<input type="checkbox"/> GEAR					<input type="checkbox"/> D.C. EXCITATION				
21	<input type="checkbox"/> OTHER _____					<input type="checkbox"/> KW REQ'D _____ <input type="checkbox"/> VOLTS _____				
22	<b>TYPE MOTOR: (6.1.2.1)</b>					BY: <input type="checkbox"/> PURCHASER <input type="checkbox"/> MANUFACTURER				
23	<input checked="" type="checkbox"/> SQUIRREL CAGE INDUCTION ● NEMA DESIGN <u>B</u>					DESCRIPTION _____				
24	<input type="checkbox"/> SYNCHRONOUS					<input type="checkbox"/> ENCLOSED COLLECTOR RINGS:				
25	<input type="checkbox"/> POWER FACTOR REQ'D. _____ NEMA PREMIUM					<input type="checkbox"/> PURGED: MEDIUM _____ PRESS _____ PSIG				
26	EXCITATION <input type="checkbox"/> BRUSHLESS <input type="checkbox"/> SLIP RING					<input type="checkbox"/> EXPLOSION-RESISTANT NON-PURGED				
27	<input type="checkbox"/> FIELD DISCHARGE RESISTOR BY MOTOR MFR.					<input type="checkbox"/> FORCED VENTILATION				
28	<input type="checkbox"/> WOUND ROTOR INDUCTION					<input type="checkbox"/> CFM _____ PRESS. DROP _____ IN. H <sub>2</sub> O				
29	<input type="checkbox"/> ENCLOSEURE: (6.1.2.1. c)					<input type="checkbox"/> BEARING TEMP. DEVICES:				
30	<input checked="" type="checkbox"/> TEFC					<input type="checkbox"/> LOCATION				
31	<input type="checkbox"/> TEWAC <input type="checkbox"/> TEIGF, USING _____ GAS					<input type="checkbox"/> DESCRIPTION				
32	<input type="checkbox"/> DOBLE WALL CARBON STEEL TUBES					<input type="checkbox"/> SET @ _____ °F FOR ALARM _____ °F FOR SHUTDOWN				
33	<input type="checkbox"/> WATER SUPPLY. PRESS. _____ PSIG TEMP. _____ °F					● SPACE HEATER:				
34	<input type="checkbox"/> WATER ALLOW. ΔP _____ PSI & TEMP. RISE _____ °F					<input type="checkbox"/> _____ KW ● <u>120</u> VOLTS <u>1</u> PHASE <u>60</u> HERTZ				
35	<input type="checkbox"/> WATER SIDE MIN. CORR. ALLOW. _____ IN.					<input type="checkbox"/> MAX. SHEATH TEMP. _____ °F				
36	<input type="checkbox"/> AND FOUL FACTOR _____					<b>WINDING TEMPERATURE DETECTORS:</b>				

ACCESSORY EQUIPMENT (CONT'D)		MANUFACTURER'S DATA (CONT'D)																															
2	<input type="radio"/> LIGHTNING ARRESTERS	BEARING: TYPE _____ LUBR. _____																															
3	<input type="radio"/> C.T. FOR AMMETER	LUBE OIL REQUIRED: _____ GPM @ _____ PSIG																															
4	<input type="radio"/> DESCRIPTION _____	TOTAL SHAFT END FLOAT _____																															
5	MAIN CONDUIT BOX SIZED FOR: _____	LIMIT END FLOAT _____																															
6	<input type="radio"/> MAIN MOTOR LEADS      ● TYPE: <u>MG-1 NEMA 4X</u>	MOTOR ROTOR <input type="checkbox"/> SOLID <input type="checkbox"/> SPLIT																															
7	<input type="radio"/> INSULATED      ● NON-INSULATED	MOTOR HUB: <input type="checkbox"/> SOLID <input type="checkbox"/> SPLIT																															
8	<input type="radio"/> C.T.'S FOR DIFF. PROTECTION (MOUNTED BY) _____	FOR TEWAC & TEIGF MOTOR																															
9	<input type="radio"/> SURGE CAPACITORS (MOUNTED BY) _____	COOLING WATER REQ'D. _____ CFM																															
10	<input type="radio"/> LIGHTNING ARRESTERS (MOUNTED BY) _____	C.W. TEMP. RISE _____ °F      PRESS. DROP _____ PSIG																															
11	<input type="radio"/> C.T. FOR AMMETER (MOUNTED BY) _____	(AIR) (GAS) REQ'D _____ CFM      PRESS. MAINT. _____ IN. H <sub>2</sub> O																															
12	<input type="radio"/> SPACE FOR STRESS CONES	CURVES REQ'D. BASED ON MTR SATURATION @ RATED																															
13	<input type="radio"/> AIR FILTERS	VOLTAGE _____																															
14	<input type="checkbox"/> MFR. _____ <input type="checkbox"/> TYPE _____	<input type="radio"/> SPEED VS TORQUE (ALSO @ _____ % RATED VOLTAGE)																															
15	<input type="checkbox"/> MANUFACTURER'S DATA	<input type="radio"/> SPEED VS POWER FACTOR																															
16	MANUFACTURER _____	<input type="radio"/> SPEED VS CURRENT																															
17	FRAME NO. _____ FULL LOAD RPM (IND.) _____	WEIGHT (LBS):																															
18	EFFICIENCY: F.L. _____ 3/4 L _____ 1/2 L _____	NET WEIGHT _____ SHIPPING WEIGHT _____																															
19	PWR. FACTOR (IND): F.L. _____ 3/4 L _____ 1/2 L _____	ROTOR WEIGHT _____ MAX. ERECTION WT. _____																															
20	CURRENT (RATED VOLT.): FULL LOAD _____ LOCKED ROT. _____	MAX. MAINT. WT. (IDENTIFY) _____																															
21	LOCKED ROTOR POWER FACTOR _____	DIMENSIONS (FEET & INCHES):																															
22	LOCKED ROTOR WITHSTAND TIME (COLD START) _____	L _____ W _____ H _____																															
23	TORQUES (FT.-LBS): FULL LOAD _____	<b>SHOP INSPECTION AND TESTS</b>																															
24	LOCKED ROTOR _____ STARTING (SYN.) _____	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>REQUIRED</th> <th>WITNESS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SHOP INSPECTION</td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>TESTING PER <input type="radio"/> IEC    ● NEMA</td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>MFR. STD. SHOP TESTS</td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>IMMERSION TEST</td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>SPECIAL TESTS (LIST BELLOW)</td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>IEEE STD. 112</td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>_____</td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>_____</td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>_____</td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> </tr> </tbody> </table>			REQUIRED	WITNESS	SHOP INSPECTION	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	TESTING PER <input type="radio"/> IEC    ● NEMA	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	MFR. STD. SHOP TESTS	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	IMMERSION TEST	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	SPECIAL TESTS (LIST BELLOW)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	IEEE STD. 112	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	_____	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	_____	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	_____	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	REQUIRED	WITNESS																															
SHOP INSPECTION	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																															
TESTING PER <input type="radio"/> IEC    ● NEMA	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																															
MFR. STD. SHOP TESTS	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																															
IMMERSION TEST	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																															
SPECIAL TESTS (LIST BELLOW)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																															
IEEE STD. 112	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																															
_____	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																															
_____	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																															
_____	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																															
25	PULL-UP (IND) _____ PULL-IN (SYN.) _____																																
26	BREAKDOWN (IND.) _____ PULL-OUT (SYN.) _____																																
27	_____																																
28	OPEN CIRCUIT TIME CONSTANT (SEC.) _____																																
29	SYMMETRICAL CONTRIBUTION TO 30 TERMINAL FAULT:																																
30	AT 1/2 CYCLES _____ AT 5 CYCLES _____																																
31	REACTANCES: SUB-TRANSIENT (X' <sub>d</sub> ) _____																																
32	TRANSIENT (X'' <sub>d</sub> ) _____ SYNCHRONOUS (X <sub>d</sub> ) _____																																
33	A.C. STATOR RESISTANCE _____ OHMS @ _____ °F																																
34	RATED KVA _____																																
35	KVA INRUSH @ FULL VOLT. & LOCKED ROTOR (SYN.) _____ %																																
36	KVA @ FULL VOLTAGE & 95% SPEED _____ %																																
		<b>PAINTING</b> <input type="radio"/> MANUFACTURER'S STANDARD <input type="radio"/> OTHER																															

## ANEXO D. Hoja de Trabajo para Estudios HAZOP.

<b>UNIDAD:</b>		U2600		<b>PROYECTO:</b>		Compra y Montaje del nuevo compresor de CO <sub>2</sub> U2600			
<b>MIEMBROS DEL EQUIPO:</b>		MILTON FERNANDEZ; DIANA DUARTE; GERMAN CARDENAS; GERMAN MATEUS; HERMES MARQUEZ; HENRY CASTELLANOS; GERMAN BOHORQUEZ; LAURA LAVERDE; RENE CUESTAS				<b>FECHA:</b>		12/08/2009	
<b>NODO No:</b>	1	<b>DESCRIPCIÓN :</b>	LINEA DE SUCCION DEL C2601 DESDE EL D2607		<b>INTENCIÓN:</b>		SUCCION AL NUEVO SISTEMA DE COMPRESION		
<b>CONDICIONES OPERACIONALES:</b>		<b>Presión:</b>	4,5 psig	<b>Temperatura:</b>	95 °F		<b>Flujo:</b>	45 ton/día	
<b>DESVIACIÓN:</b>		PRESIÓN ALTA				<b>P&amp;ID:</b>		1201-02-HS-0020-03	
ITEM No.	CAUSAS	CONSECUENCIAS	SALVA-GUARDAS	S	P	R	RECOMENDACIONES	POR	NOTAS
							DESCRIPCIÓN		
1	CIERRE INESPERADO HV-26005A	DAÑO EN LA P2603	PIC26005	2	E	M	* EN EL RCA DE LA P2603 SE DEBEN CONTEMPLAR SUS SALVAGUARDAS. * EVALUAR LA ESTRATEGIA DE CONTROL ACTUAL	GRB	SALVAGUARD A NO EFICIENTE
2	DISPARO DEL COMPRESOR EN MULTINSA S.A (FUERA DE LOS LIMITES DE BATERIA)	DAÑO EN LA P2603	PIC26005	2	E	M	EN EL RCA DE LA P2603 SE DEBEN CONTEMPLAR SUS SALVAGUARDAS	GRB	
3	CIERRE INESPERADO PV26005	PRESIONAMIENTO EN D2607 Y DAÑO P2603	PSV26016	3	C	M	EN EL RCA DE LA P2603 SE DEBEN CONTEMPLAR SUS SALVAGUARDAS	GRB	
4	FALLA (ABIERTO) EN EL LV26003	PRESIONAMIENTO Y ARRASTRE aMDEA EN C2601	PIC26005 Y PSV26016 Y PROCEDIMIENTO OPERACIONAL	3	E	H	<b>ASEGURAR QUE EN EL DISEÑO DEL C2601 SE CUENTE CON UN DRUM DE CONDENSADOS EN LA SUCCION Y CORTE HL</b>	GRP	
5	DISPARO DE LA P-2603A/B	PRESIONAMIENTO EN D2607	PIC26005	2	E	M			
6	DISPARO DEL C2601	PRESIONAMIENTO EN D2607	PIC26005	2	E	M	EN EL RCA DE LA P2603 SE DEBEN CONTEMPLAR SUS SALVAGUARDAS	GRB	

DESVIACIÓN:		PRESIÓN BAJA					P&ID:		1201-02-HS-0020-03	
ITEM No.	CAUSAS	CONSECUENCIAS	SALVA-GUARDAS	S	P	R	RECOMENDACIONES	POR	NOTAS	
							DESCRIPCIÓN			
7	AJUSTE SUBITO DEL PIC 26005 POR DISTURBIO OPERACIONAL DEL COMPRESOR EN MULTINSA S.A (FUERA DE LOS LIMITES DE BATERIA)	DAÑO EN LA P2603	HV26005A Y PROCEDIMIENTO OPERACIONAL	2	E	M	EN EL RCA DE LA P2603 SE DEBEN CONTEMPLAR SUS SALVAGUARDAS	GRB		
		DAÑO DEL C2601	NINGUNA A LA FECHA	2	E	M	<b>ASEGURAR QUE EL DISEÑO DEL C2601 INCLUYA LAS SALVAGUARDAS POR ALTA Y BAJA PRESION EN LA SUCCION</b>	GRP		
8	PERDIDA DE CONTENCIÓN EN LA LINEA HACIA MULTINSA S.A (FUERA DE LOS LIMITES DE BATERIA)	DAÑO EN LA P2603	HV26005A Y PROCEDIMIENTO OPERACIONAL	2	E	M	EN EL RCA DE LA P2603 SE DEBEN CONTEMPLAR SUS SALVAGUARDAS	GRB		
		DAÑO DEL C2601	NINGUNA A LA FECHA	4	B	M	<b>ASEGURAR QUE EN EL DISEÑO DEL C2601 SE INCLUYAN LAS SALVAGUARDAS POR ALTA Y BAJA PRESION EN LA SUCCION</b>	GRP		
9	FALLA DE CONTROL DEL PIC26005	DAÑO EN LA P2603 Y PARADA DE LA UNIDAD	NINGUNA A LA FECHA	4	C	M	EVALUAR LA NECESIDAD DE IMPLEMENTAR SALVAGUARDAS	GRB		
		DAÑO DEL C2601	NINGUNA A LA FECHA	4	B	M	<b>ASEGURAR QUE EN EL DISEÑO DEL C2601 SE INCLUYAN LAS SALVAGUARDAS POR ALTA Y BAJA PRESION EN LA SUCCION</b>	GRP		
10	ROTURA DE LINEA	PERDIDA DE PRODUCTO	PROGRAMA DE INSPECCION DE LINEAS ALARMAS POR BAJA PRESION EN PIC26005	2	B	N	PROGRAMA DE INSPECCIÓN DE LINEAS, TENIENDO EN CUENTA LA CRITICIDAD DEL PRODUCTO MANEJADO	GRB		

DESVIACIÓN:		FLUJO MENOS						P&ID:		1201-02-HS-0020-03	
ITEM No.	CAUSAS	CONSECUENCIAS	SALVA-GUARDAS	S	P	R	RECOMENDACIONES	POR	NOTAS		
							DESCRIPCIÓN				
11	FORMACION DE ESPUMA EN T-2601	PRODUCTO EN FASE LIQUIDA A LA SUCCION DEL C2601	PROCEDIMIENTO OPERACIONAL (ADICION ANTIESPUMANTE POR TURNO)	4	E	H	ASEGURAR QUE EL DISEÑO DEL C-2601 CUENTE CON UN DRUM DE CONDENSADOS EN LA SUCCION Y CORTE POR ALTO NIVEL	GRP			
			MUESTREO DE aMDEA								
12	ROTURA DE LINEA	PERDIDA DE PRODUCTO	PROGRAMA DE INSPECCION DE LINEAS	2	B	N	ASEGURAR EL PROGRAMA DE INSPECCION DE LINEAS, TENIENDO EN CUENTA LA CRITICIDAD DEL PRODUCTO MANEJADO	GRB			
			ALARMAS POR BAJA PRESION EN PIC26005								
DESVIACIÓN:		FLUJO NO						P&ID:		1201-02-HS-0020-03	
ITEM No.	CAUSAS	CONSECUENCIAS	SALVA-GUARDAS	S	P	R	RECOMENDACIONES	POR	NOTAS		
							DESCRIPCIÓN				
13	PARADA NO PROGRAMADA DE PLANTA	NINGUNA A LA FECHA	DAÑO DEL C2601	4	C	M	ASEGURAR EN EL DISEÑO DEL C2601 SE CUENTE CON FACILIDAD DE DISPARO DE EMERGENCIA	GRP			
DESVIACIÓN:		FLUJO MAS						P&ID:		1201-02-HS-0020-03	
ITEM No.	CAUSAS	CONSECUENCIAS	SALVA-GUARDAS	S	P	R	RECOMENDACIONES	POR	NOTAS		
							DESCRIPCIÓN				
NO APLICA											
DESVIACIÓN:		TEMPERATURA MENOR						P&ID:		1201-02-HS-0020-03	
ITEM No.	CAUSAS	CONSECUENCIAS	SALVA-GUARDAS	S	P	R	RECOMENDACIONES	POR	NOTAS		
							DESCRIPCIÓN				
14	FALLA DE CONTROL EN EL FIC 26005	VER MENOS FLUJO									
DESVIACIÓN:		TEMPERATURA MAYOR						P&ID:		1201-02-HS-0020-03	
ITEM No.	CAUSAS	CONSECUENCIAS	SALVA-GUARDAS	S	P	R	RECOMENDACIONES	POR	NOTAS		
							DESCRIPCIÓN				
15	DISPARO DEL E2612	DAÑO DEL C2601 POR ARRASTRE DE aMDEA	PROCEDIMIENTO OPERACIONAL	3	C	M	ASEGURAR DISPARO DEL C2601 POR ALTA TEMPERATURA EN LA SUCCION				
		DAÑO DEL C2601 POR ALTA TEMPERATURA									
16	FALLA DE CONTROL EN EL FIC 26005	DAÑO DEL C2601 POR ARRASTRE DE aMDEA	PROCEDIMIENTO OPERACIONAL	3	C	M	ASEGURAR DISPARO DEL C2601 POR ALTA TEMPERATURA EN LA SUCCION				
		DAÑO DEL C2601 POR ALTA TEMPERATURA									
DESVIACIÓN:		CONCENTRACIÓN FUERA DE ESPECIFICACIÓN						P&ID:		1201-02-HS-0020-03	
ITEM No.	CAUSAS	CONSECUENCIAS	SALVA-GUARDAS	S	P	R	RECOMENDACIONES	POR	NOTAS		
							DESCRIPCIÓN				
17	PRESENCIA DE H2 EN EL D-2607	DAÑO DEL C2601 POR AUMENTO EN RPM	NINGUNA A LA FECHA	3	C	M	* INCLUIR EN EL PROCEDIMIENTO DE EMERGENCIA EL DISPARO DEL C2601 POR BAJO NIVEL EN LA T2602	GCB			
							* INCLUIR PRUEBA DE GASES PARA EL ARRANQUE DEL C2601 CON LA CAUSA DE REFERENCIA				
66											

<b>UNIDAD:</b>	U2600		<b>PROYECTO:</b>	Compra y Montaje del nuevo compresor de CO <sub>2</sub> U2600					
<b>MIEMBROS DEL EQUIPO:</b>	MILTON FERNANDEZ; DIANA DUARTE; GERMAN CARDENAS; GERMAN MATEUS; HERMES MARQUEZ; HENRY CASTELLANOS; GERMAN BOHORQUEZ; LAURA LAVERDE; RENE CUESTAS						<b>FECHA:</b>	12/08/2009	
<b>NODO No:</b>	2	<b>DESCRIPCIÓN :</b>	DESCARGA DEL C2601 A LAS LINEAS DE SERVICIO (PTAR Y TANQUES CALIENTES)	<b>INTENCIÓN:</b>	ENVIO DE CO <sub>2</sub> A CLIENTES				
<b>CONDICIONES OPERACIONALES:</b>	<b>Presión:</b>	80 psig	<b>Temperatura:</b>	140 °F		<b>Flujo:</b>	45 ton/día		
<b>DESVIACIÓN:</b>	PRESIÓN ALTA						<b>P&amp;ID:</b>	1201-02-HS-0020-03	
ITEM No.	CAUSAS	CONSECUENCIAS	SALVA-GUARDAS	S	P	R	RECOMENDACIONES	POR	NOTAS
							DESCRIPCIÓN		
1	ALINEACION INCORRECTA DE LA DESCARGA DEL C2601	DAÑO DEL C2601 DAÑO EN LAS LINEAS DE DESCARGA	NINGUNA A LA FECHA	3	D	M	ASEGURAR QUE EN EL DISEÑO DEL C-2601 SE INCLUYAN LAS SALVAGUARDAS POR ALTA PRESION EN LA DESCARGA	GRP	
							ASEGURAR PROCEDIMIENTO OPERACIONAL	GCB	
2	DISTURBIOS OPERACIONALES AGUAS ABAJO (PTAR Y/O TANQUES CALIENTES)	DAÑO DEL C2601 DAÑO EN LAS LINEAS DE DESCARGA	PROCEDIMIENTO OPERACIONAL EN CADA UNIDAD	3	D	M	ASEGURAR COORDINACIÓN DE PROCEDIMIENTOS OPERACIONALES ENTRE LA UNIDADES USUARIAS Y LA U2600	GCB	
<b>DESVIACIÓN:</b> PRESIÓN BAJA									
<b>P&amp;ID:</b>							1201-02-HS-0020-03		
ITEM No.	CAUSAS	CONSECUENCIAS	SALVA-GUARDAS	S	P	R	RECOMENDACIONES	POR	NOTAS
							DESCRIPCIÓN		
3	DISPARO DEL C2601	NO SUMINISTRO DE PRODUCTO A USUARIOS	* SISTEMA DE N <sub>2</sub> PARA TANQUES Y NEUTRALIZACION CON ACIDO EN PTAR	3	B	L	ASEGURAR COORDINACIÓN DE PROCEDIMIENTOS OPERACIONALES ENTRE LA UNIDADES USUARIAS Y LA U2600	GRB	
4	ROTURA DE LINEA	PERDIDA DE PRODUCTO	PROGRAMA DE INSPECCION	3	B	L	ASEGURAR EL CUMPLIMIENTO DEL PROGRAMA DE INSPECCION	GRP	
<b>DESVIACIÓN:</b> FLUJO MENOS									
<b>P&amp;ID:</b>							1201-02-HS-0020-03		
ITEM No.	CAUSAS	CONSECUENCIAS	SALVA-GUARDAS	S	P	R	RECOMENDACIONES	POR	NOTAS
							DESCRIPCIÓN		
VER PRESIÓN BAJA									
<b>DESVIACIÓN:</b> FLUJO NO									
<b>P&amp;ID:</b>							1201-02-HS-0020-03		
ITEM No.	CAUSAS	CONSECUENCIAS	SALVA-GUARDAS	S	P	R	RECOMENDACIONES	POR	NOTAS
							DESCRIPCIÓN		
VER PRESIÓN BAJA									
<b>DESVIACIÓN:</b> FLUJO MAS									
<b>P&amp;ID:</b>							1201-02-HS-0020-03		
ITEM No.	CAUSAS	CONSECUENCIAS	SALVA-GUARDAS	S	P	R	RECOMENDACIONES	POR	NOTAS
							DESCRIPCIÓN		
NO APLICA									
<b>DESVIACIÓN:</b> TEMPERATURA MENOR									
<b>P&amp;ID:</b>							1201-02-HS-0020-03		
ITEM No.	CAUSAS	CONSECUENCIAS	SALVA-GUARDAS	S	P	R	RECOMENDACIONES	POR	NOTAS
							DESCRIPCIÓN		

DESVIACIÓN:		TEMPERATURA MAYOR					P&ID:		1201-02-HS-0020-03	
ITEM No.	CAUSAS	CONSECUENCIAS	SALVA-GUARDAS	S	P	R	RECOMENDACIONES	POR	NOTAS	
							DESCRIPCIÓN			
5		DAÑO EN LAS LÍNEAS A USUARIOS POR CONDENSACIÓN	NINGUNA A LA FECHA	2	C	L	REVISAR QUE SE CUENTE CON DISPARO DEL C2601 POR LA CAUSA DE REFERENCIA	GRP		
			NINGUNA A LA FECHA	2	C	L	REVISAR QUE SE CUENTE CON DISPARO DEL C2601 POR LA CAUSA DE REFERENCIA	GRP		
6	FALLA DEL POST-ENFRIADOR DEL C-2601	LLEGADA DE CONDENSADO A TANQUES CALIENTES	NINGUNA A LA FECHA	4	C	M	REVISAR QUE SE CUENTE CON DISPARO DEL C2601 POR LA CAUSA DE REFERENCIA	GRP		
							INSTALACION SISTEMA DE DRENAJES EN CABEZAL GENERAL DE GAS DE INERTIZACION Y AGUAS ARRIBA DE CUADRO CONTROL DE CADA TANQUE CALIENTE	GCB		
DESVIACIÓN:		CONCENTRACIÓN FUERA DE ESPECIFICACIÓN					P&ID:		1201-02-HS-0020-03	
ITEM No.	CAUSAS	CONSECUENCIAS	SALVA-GUARDAS	S	P	R	RECOMENDACIONES	POR	NOTAS	
							DESCRIPCIÓN			
7	PRESENCIA DE H2 EN EL D-2607	EXPLOSION E INCENDIO EN TANQUES CALIENTES	CONTROL DE NIVEL EN EL FONDO DE T-2602	5	C	H	EVALUAR LA IMPLEMENTACION DEL CORTE DEL C2601 POR BAJO NIVEL DE T2602	GRP GCB	PENDIENTE DATOS DE VERIFICACION DE H2 EN LINEAS ACTUALES	

<b>NODO No:</b>	3	<b>DESCRIPCIÓN :</b>	LINEA DE CONDENSADOS A LAS P-2604 A/B			<b>INTENCIÓN:</b>	RECUPERACION DE CONDENSADOS			
<b>CONDICIONES OPERACIONALES:</b>		<b>Presión:</b>	3 psig	<b>Temperatura:</b>	95 °F		<b>Flujo:</b>	2 gpm		
<b>DESVIACIÓN:</b>		PRESIÓN ALTA					<b>P&amp;ID:</b>	1201-02-HS-0020-03		
ITEM No.	CAUSAS	CONSECUENCIAS	SALVA-GUARDAS	S	P	R	RECOMENDACIONES	POR	NOTAS	
							DESCRIPCIÓN			
1	BLOQUEO DE LA LÍNEA DE SUCCIÓN DE LAS P2604	INCREMENTO DE NIVEL D2607 AFECTANDO LA OPERACIÓN DE LA T2601	* ALARMA POR ALTO NIVEL D2607. * PROCEDIMIENTO DE PRECOMISION DE LPA P2604	0	E	N				
		INCREMENTO DE NIVEL SCRUBBER DE SUCCIÓN DEL C2601	NO EXISTE	1	D	L	ASEGURAR QUE EN EL DISEÑO DEL C2601 SE CUENTE CON UN DRUM DE CONDENSADOS EN LA SUCCION Y CORTE HL	GRP		
<b>DESVIACIÓN:</b>		PRESIÓN BAJA					<b>P&amp;ID:</b>	1201-02-HS-0020-03		
ITEM No.	CAUSAS	CONSECUENCIAS	SALVA-GUARDAS	S	P	R	RECOMENDACIONES	POR	NOTAS	
							DESCRIPCIÓN			
2	DISPARO DE LA BOMBA DE CONDENSADOS	INCREMENTO DE NIVEL SCRUBBER DE SUCCIÓN DEL C2601	NO EXISTE	1	D	L	ASEGURAR QUE EN EL DISEÑO DEL C2601 SE CUENTE CON UN DRUM DE CONDENSADOS EN LA SUCCION Y CORTE HL	GRP		
		CONTRAFLUJO EN LA LÍNEA DE DESCARGA DE LA BOMBA DE CONDENSADOS	NO EXISTE	2	D	L	ASEGURAR QUE EN EL DISEÑO DEL C2601 SE CUENTE CON VÁLVULA CHEQUE EN LA DESCARGA DE LA BOMBA DE CONDENSADOS	GRP		
3	ROTURA DE LINEA	PÉRDIDA DE CABEZA EN LA SUCCIÓN BOMBA DE CONDENSADOS	CORTE POR NIVEL BOMBA CONDENSADOS	2	D	L	ASEGURAR QUE EN EL DISEÑO DEL C2601 SE CUENTE CON UN DRUM DE CONDENSADOS EN LA SUCCION Y CORTE HL Y LL	GRP		
		PERDIDA DE PRODUCTO	PROGRAMA DE INSPECCION	3	B	L	ASEGURAR EL CUMPLIMIENTO DEL PROGRAMA DE INSPECCION	GRB		

DESVIACIÓN:		FLUJO MENOS						P&ID:		1201-02-HS-0020-03	
ITEM No.	CAUSAS	CONSECUENCIAS	SALVA-GUARDAS	S	P	R	RECOMENDACIONES	POR	NOTAS		
							DESCRIPCIÓN				
4	VARIACIÓN EN LA CARGA DE CO <sub>2</sub>	VARIACIÓN NIVEL SCRUBBER	NO EXISTE	1	D	L	ASEGURAR QUE EN EL DISEÑO DEL C2601 SE CUENTE CON UN DRUM DE CONDENSADOS EN LA SUCCION Y CORTE HL	GRP			
5	ROTURA DE LINEA	PERDIDA DE PRODUCTO	PROGRAMA DE INSPECCION	3	B	L	ASEGURAR EL CUMPLIMIENTO DEL PROGRAMA DE INSPECCION	GRB			
6	DAÑO DE LA BOMBA DE CONDENSADOS	INCREMENTO DE NIVEL SCRUBBER DE SUCCIÓN DEL C2601	NO EXISTE	1	D	L	ASEGURAR QUE EN EL DISEÑO DEL C2601 SE CUENTE CON UN DRUM DE CONDENSADOS EN LA SUCCION Y CORTE HL	GRP			
DESVIACIÓN:		FLUJO NO						P&ID:		1201-02-HS-0020-03	
ITEM No.	CAUSAS	CONSECUENCIAS	SALVA-GUARDAS	S	P	R	RECOMENDACIONES	POR	NOTAS		
							DESCRIPCIÓN				
VER PRESIÓN BAJA											
DESVIACIÓN:		FLUJO MAS						P&ID:		1201-02-HS-0020-03	
ITEM No.	CAUSAS	CONSECUENCIAS	SALVA-GUARDAS	S	P	R	RECOMENDACIONES	POR	NOTAS		
							DESCRIPCIÓN				
NO APLICA											
DESVIACIÓN:		TEMPERATURA MENOR						P&ID:		1201-02-HS-0020-03	
ITEM No.	CAUSAS	CONSECUENCIAS	SALVA-GUARDAS	S	P	R	RECOMENDACIONES	POR	NOTAS		
							DESCRIPCIÓN				
NO APLICA											
DESVIACIÓN:		TEMPERATURA MAYOR						P&ID:		1201-02-HS-0020-03	
ITEM No.	CAUSAS	CONSECUENCIAS	SALVA-GUARDAS	S	P	R	RECOMENDACIONES	POR	NOTAS		
							DESCRIPCIÓN				
5	FALLA DE LA P2604	INCREMENTO EN LA TEMPERATURA DEL CO <sub>2</sub> Y POR CONSEGUENTE DEL CONDENSADO. ESTO GENERA QUE EL D2607 INCREMENTE SU NIVEL	NINGUNA A LA FECHA	2	D	L	ASEGURAR QUE EN EL DISEÑO DEL C2601 SE CUENTE CON UN DRUM DE CONDENSADOS EN LA SUCCION Y CORTE HL	GRP			
		DAÑO DE INTERNOS DE LA BOMBA DE CONDENSADOS	NINGUNA A LA FECHA	2	D	L	ASEGURAR QUE EN EL DISEÑO DEL C2601 SE CUENTE CON UN DRUM DE CONDENSADOS EN LA SUCCION Y CORTE HL	GRP			
DESVIACIÓN:		CONCENTRACIÓN FUERA DE ESPECIFICACIÓN						P&ID:		1201-02-HS-0020-03	
ITEM No.	CAUSAS	CONSECUENCIAS	SALVA-GUARDAS	S	P	R	RECOMENDACIONES	POR	NOTAS		
							DESCRIPCIÓN				
7	ARRASTRE DE AMINA DESDE LA T2601	FORMACIÓN DE ESPUMA EN EL SCRUBBER	NO EXISTE	1	D	L	CONSIDERAR EN EL DISEÑO TOMAS DE NIVEL QUE ELIMINEN LAS SEÑALES FALSAS	GRP			

## ANEXO E. Typical applications range of compressor types

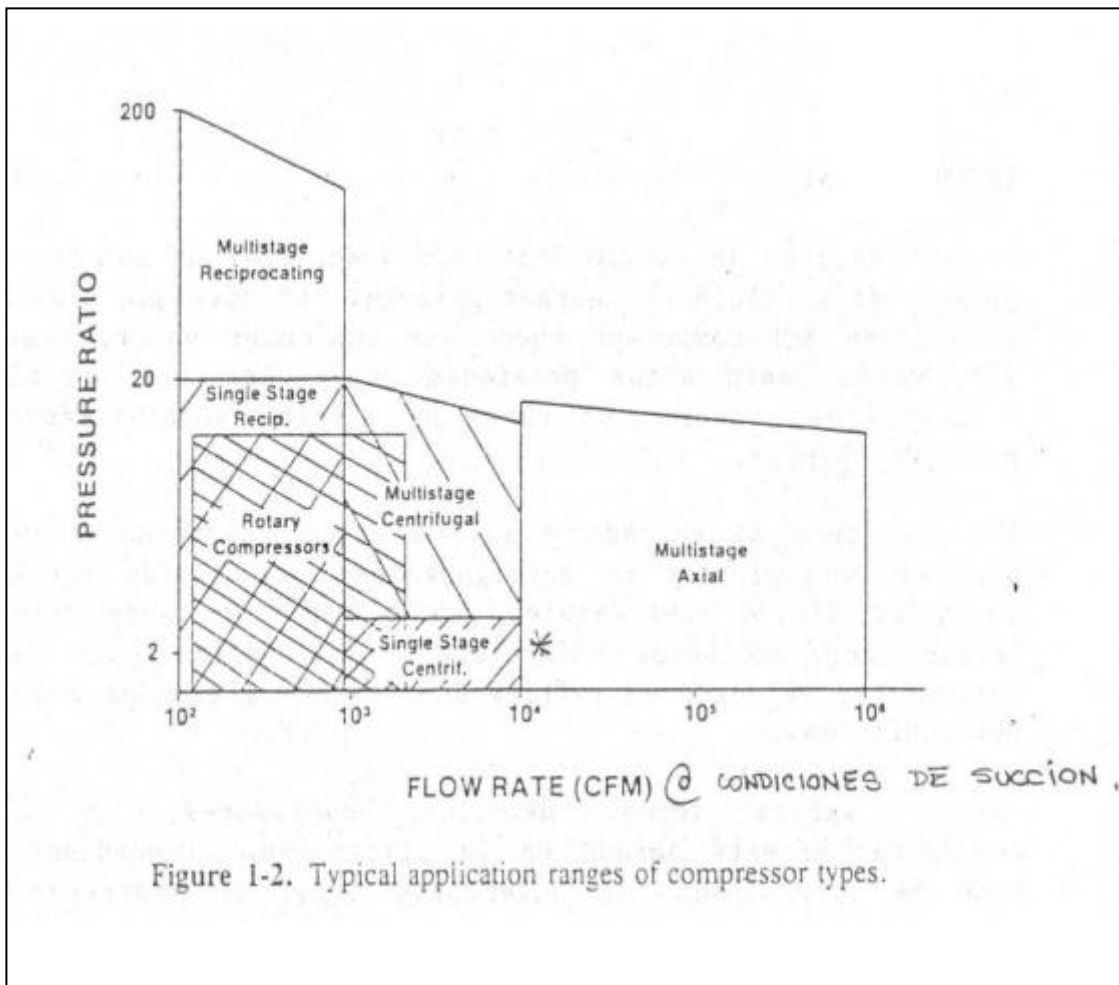


Figure 1-2. Typical application ranges of compressor types.

## ANEXO F. Análisis Hidráulico.

### Definición de cantidades y especificaciones del proceso

La composición de la corriente de CO<sub>2</sub> se presenta en la tabla 1:

**Tabla 1.** Composición química corriente CO<sub>2</sub>

Componente	Mínimo	Normal	Máximo
Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	95	97.73	97.87
Metano	0.1	0.08	0.05
Nitrógeno	0.2	0.97	0.97
Hidrogeno	4.7	0.80	0.87
Monóxido de carbono	--	0.20	--
Oxígeno	--	0.22	0.24
Agua <sup>(1)</sup>	Saturada	Saturada	Saturada

<sup>(1)</sup> El líquido contenido en la corriente se encuentra en estado saturado a condiciones de presión entre 3.5–5 psig y temperatura entre 95–140 °F (4-15% volumen de agua).

En la tabla 2 se presentan las condiciones de operación asociadas al C-2601:

**Tabla 2.** Condiciones de operación C-2601

Variable	Valor
Flujo máximo (ton/día)	45
Flujo normal (ton/día)	35-45
Flujo mínimo (ton/día)	15
P succión (psig)	4.5 <sup>(1)</sup>
T succión (°F)	95 <sup>(1)</sup>
P descarga (psig)	80 <sup>(2)</sup>
T descarga (°F)	140 <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Las condiciones de succión se dan en la brida de succión del sistema de compresión.

<sup>(2)</sup> Las condiciones de descarga se dan en la brida de descarga del sistema de compresión.

Algunas propiedades del gas aplicables para el estudio:

**Tabla 3.** Criterios de dimensionamiento de Gas/Vapor

Propiedades	Valor
Densidad [lb/ft <sup>3</sup> ]	0,6645
Z Factor	0,9746
Flujo standard [MMSCFD]	0,6898
Viscosidad cinemática [cSt]	1,571

Propiedades suministradas por la base de datos del software de simulación Aspen HYSYS

### Análisis Hidráulico

El dimensionamiento de las líneas de gas se basa en criterios de pérdida de carga y velocidad de acuerdo a los límites mostrados en la tabla 4. En general las líneas se dimensionan para que no superen el nivel de ruido aceptable en la planta

**Tabla 4.** Criterios de dimensionamiento de Gas/Vapor

Presión de operación (psi)	$\Delta P/100$ (psi)
0-100	0,04 - 0,18

Presión de operación (psi)	$\Delta P/100$ (psi)
100-500	0,18 - 0,48
500-200	0,48 - 1,5

Fuente: Gas Processors Suppliers Association GPSA Engineering Data Book Section 17 – (Plant piping gas flow)

Por motivos de estudio, las líneas que transportan gas ácido (alto contenido de CO<sub>2</sub>) hasta la conexión a las diferentes plantas donde se suministra este gas, es interpretada en dos segmentos:

**Tramo I:** salida del cabezal de descarga del compresor C-2601 (línea de  $\varnothing = 4$  [in]), hasta el suministro a la planta de tratamiento de aguas residuales PTAR

**Tramo II:** desde el cabezal de descarga del compresor C-2601, hasta el suministro de gas para blanqueo en tanques de almacenamiento

Se realizó un estudio hidráulico considerando la siguiente distribución de flujo:

- Desde el cabezal de descarga del compresor C-2601 hacia la planta PTAR se estimó un flujo de 15-20 ton/día.
- Desde el cabezal de descarga del compresor C-2601 hacia el proceso de inertización se estimó un flujo de 20-25 ton/día.

Se definieron tres escenarios para el estudio hidráulico:

- Tubería de 3 [in] de diámetro nominal, Schedule 40
- Tubería de 4 [in] de diámetro nominal, Schedule 40 (líneas existentes)
- Tubería de 6 [in] de diámetro nominal, Schedule 40

## Resultados

**Tabla 5.** Resumen de los escenarios usados en el análisis hidráulico

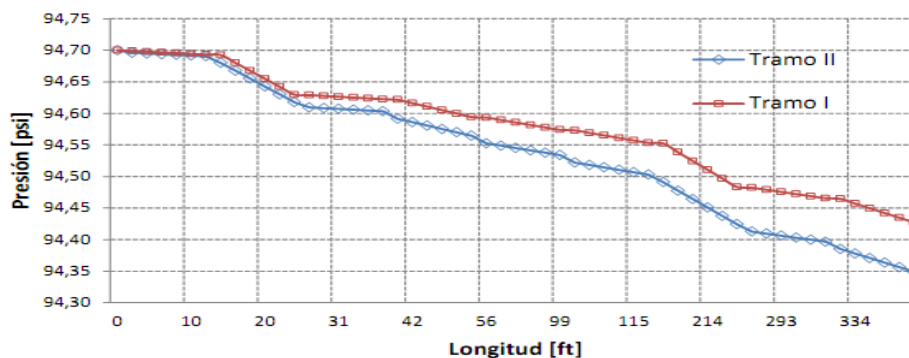
CORRIENTE	P <sub>entrada</sub> [psi]	Flujo [Lb/h]	D <sub>nominal</sub> Schedule 40 [in]	L <sub>total</sub> [ft]	P <sub>salida</sub> [psi]	V <sub>flujo</sub> [ft/s]	ΔP [psi]	ΔP/100 [psi]
Tramo I	94,7	1113	3	404.7	94,43	8,4	2,97	0,13
Tramo II	94,7	2220	3	404.7	93,84	17,2	0,86	0,3
Tramo I	94,7	1113	4	404.7	94,56	4,86	0,14	0,1
Tramo II	94,7	2220	4	404.7	94,41	9,87	0,29	0,17
Tramo I	94,7	1113	6	404.7	94,6	2,14	0,1	0,09
Tramo II	94,7	2220	6	404.7	94,5	4,31	0,2	0,14

En la tabla 5, se observa que el diámetro de las líneas existentes (Tubería de 4 [in] de diámetro nominal, Schedule 40), presentan el mejor balance entre velocidad de flujo y pérdidas de presión.

### Perfiles de caída de presión en el trayecto de la tubería

En la figura 1 se puede observar el comportamiento de la presión en las líneas de suministro de CO<sub>2</sub> (Ø = 4 [in]), mostrando una caída de presión de 0,14 [psi] para el Tramo I y 0,29 [psi] para el Tramo II respectivamente.

**Pérdidas de Presión**



### Perfiles de velocidad

La velocidad es un factor importante en el dimensionamiento de líneas de gas, no es recomendable que las velocidades de flujo superen la velocidad máxima admisible, para evitar la erosión y prevenir el deterioro de la tubería. Esta velocidad está estimada para este sistema con los siguientes valores:

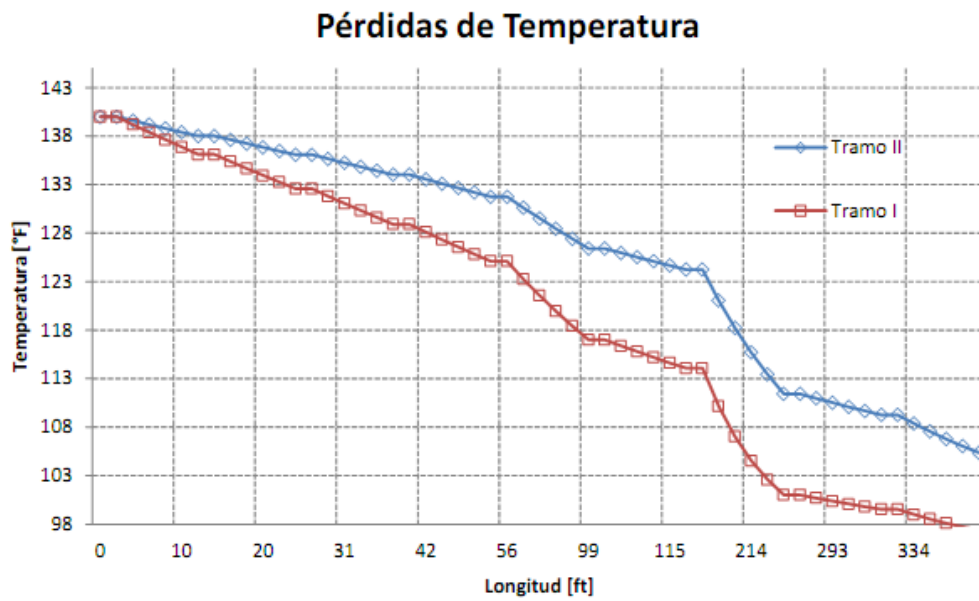
**Tabla 5.** Velocidades de erosión

Corriente	V <sub>Erosión</sub> [ft/s]
Tramo I	29,41
Tramo II	58,60


## Perfiles de temperatura

En este sistema en particular, debido a la termodinámica del gas, la temperatura no es una variable influyente, sin embargo se presentan cambios a lo largo del trayecto de la tubería de suministro de gas.

Figura 4. Pérdidas de velocidad



## Anexo G. Tarjeta de emergencia CO<sub>2</sub>

<b>TARJETA DE EMERGENCIA</b>	
<b>DIOXIDO DE CARBONO</b>	
	
<b>SECCIÓN 1: PRODUCTO QUÍMICO E IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA</b>	
<b>Nombre del Producto:</b>	DIOXIDO DE CARBONO
<b>Sinónimos:</b>	Acido Carbónico, Anhídrido del Acido Carbónico, Gas Carbónico, Anhídrido Carbónico.
<b>Fórmula:</b>	CO <sub>2</sub>
<b>Número Interno:</b>	
<b>Número UN:</b>	1013 - 2187
<b>Clase UN:</b>	2.2
<b>Compañía que desarrolló la Hoja de Seguridad:</b>	Esta hoja de datos de seguridad es el producto de la recopilación de información de diferentes bases de datos desarrolladas por entidades internacionales relacionadas con el tema. La alimentación de la información fue realizada por el Consejo Colombiano de Seguridad, Carrera 20 No. 39 - 62. Teléfono (571) 2886355. Fax: (571) 2884367. Bogotá, D.C. - Colombia.
<b>Teléfonos de emergencia:</b>	
<b>SECCIÓN 2: IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS</b>	
<b>VISION GENERAL SOBRE LAS EMERGENCIAS:</b> Apariencia: Gassin color o líquido comprimido. El contacto con el líquido comprimido puede ocasionar lesiones en el área de contacto.	
<b>EFFECTOS ADVERSOS POTENCIALES PARA LA SALUD:</b> <b>Inhalación:</b> Vértigo, dolor de cabeza, dificultad respiratoria, taquicardia, aumento de la presión sanguínea, pérdida de conocimiento y aumento del tono muscular. <b>Ingestión:</b> N.A. <b>Piel:</b> En contacto con líquido se puede producir congelación y quemaduras. <b>Ojos:</b> En contacto con el líquido puede provocar lesiones en la córnea. <b>Efectos crónicos:</b> La sustancia puede tener efectos sobre el nivel de estrés, dando lugar a trastornos emocionales e irritabilidad creciente. Una exposición prolongada o repetida produce aumento del ritmo respiratorio, dolores de cabeza y ligeros trastornos metabólicos.	
<b>SECCIÓN 3: CONTROLES DE EXPOSICION Y PROTECCION PERSONAL</b>	
<b>Controles de ingeniería:</b>	Ventilación local y general, para asegurar que la concentración no exceda los límites de exposición ocupacional. Debe disponerse de duchas y estaciones lavajojos.
<b>EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL:</b>	
<b>Protección de los ojos y rostro:</b>	Gafas de seguridad para químicos con protección lateral y/o protector facial completo.
<b>Protección de piel:</b>	Guantes, delantal y botas (con puntera de acero en caso de manejo de tambores) de caucho.
<b>Protección respiratoria:</b>	Respirador apropiado con filtro para gases inorgánicos.
<b>Protección en caso de emergencia:</b>	Equipo de respiración autónomo (SCBA) y ropa de protección TOTAL.
<b>SECCIÓN 4: ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD</b>	
<b>Estabilidad química:</b>	Estable bajo condiciones normales de almacenamiento y manipulación.
<b>Condiciones a evitar:</b>	Materiales incompatibles, exceso de calor.
<b>Incompatibilidad con otros materiales:</b>	Reacciona violentamente con bases fuertes y metales alcalinos. Algunos polvos metálicos tales como magnesio, circonio, titanio, aluminio, cromo y manganeso pueden producir ignición y explotar cuando se calientan en presencia de dióxido de carbono.
<b>Productos de descomposición peligrosos:</b>	A temperaturas elevadas se produce monóxido de carbono.
<b>Polimerización peligrosa:</b>	No ocurre polimerización.

### SECCIÓN 5: PROCEDIMIENTOS DE PRIMEROS AUXILIOS

**Inhalación:** Trasladar al aire fresco. Si no respira administrar respiración artificial. Si respira con dificultad suministrar oxígeno. Mantener la víctima abrigada y en reposo. Buscar atención médica inmediatamente.

**Ingestión:** N.A.

**Piel:** Si se produjo quemadura por frío, lavar con abundante agua. No quitar la ropa. En caso de contacto con gas licuado lavar con agua tibia la zona afectada. Buscar atención médica.

**Ojos:** Lavar con abundante agua, mínimo durante 15 minutos. Levantar y separar los párpados para asegurar la remoción del químico. Si la irritación persiste repetir el lavado. Buscar atención médica.

**Nota para los médicos:** Después de proporcionar los primeros auxilios, es indispensable la comunicación directa con un médico especialista

en toxicología, que brinde información para el manejo médico de la persona afectada, con base en su estado, los síntomas existentes y las características de la sustancia química con la cual se tuvo contacto.

### SECCIÓN 6: MEDIDAS EN CASO DE INCENDIO

**Punto de inflamación (°C):** N.A.

**Temperatura de autoignición (°C):** N.R.

**Límites de inflamabilidad (%V/V):** N.R.

**Peligros de incendio y/o explosión:** No combustible. Los vapores del gas licuado son más pesados que el aire. Los contenedores pueden explotar cuando se calientan.

**Medios de extinción:** De acuerdo al fuego de los alrededores.

**Productos de la combustión:** A temperaturas elevadas se produce monóxido de carbono.

**Precauciones para evitar incendio y/o explosión:** Alejar los contenedores de fuentes de calor. Conectar a tierra los recipientes para evitar descargas electrostáticas. Los equipos eléctricos, de iluminación y ventilación deben ser a prueba de explosiones.

**Instrucciones para combatir el fuego:** Evacuar o aislar el área de peligro. Restringir el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección. Ubicarse a favor del viento. Usar equipo de protección personal. Considerar evacuación de por lo menos 800 m a la redonda.

### SECCIÓN 7: MEDIDAS EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL

Evacuar o aislar el área de peligro. Restringir el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección. Ubicarse a favor del viento. Usar equipo de protección personal. Ventilar el área. No permitir que caiga en fuentes de agua y alcantarillas. Ventilar la zona de fuga para dispersar el gas. Detener la fuga en caso de poder hacerlo. Utilizar cortina de agua para reducir los vapores o desviar los vapores. No dirigir el agua a la fuente de fuga.

### ANEXO H. MR's platinas de orificio

Rev	Item	Cantidad	Código	Descripción
				<p><b>TRANSMISORES DE PRESION - PRESION DIFERENCIAL</b></p> <p>El alcance de esta requisición de materiales y sus anexos es el de cumplir con los requerimientos de diseño, documentación, fabricación de los materiales a ser suministrados.</p> <p>El equipo incluido en el suministro debe ser instalado como una parte de la ("Nombre del Proyecto y/o Ingeniería") localizado en Barrancabermeja.</p> <p>El vendedor tiene completa responsabilidad por la selección de materiales y dimensionamiento de los equipos de acuerdo a los fluidos de proceso y a las condiciones de operación. Es responsabilidad del proveedor entregar los respectivos certificados de calibración, pruebas mecánicas y de materiales. La instrumentación debe ser tropicalizada.</p>
0	1	2 un		<p>Transmisor electrónico de presión diferencial para flujo, con señal de salida de 4-20 mA+HART y protección de transcientes, con encerramiento Class 1 Div. 2 Groups B/C/D, abrazadera para instalar en tubo de 4" y 3", incluye manifold de 3-vías.</p> <p>TAG: FT-26533, Rango calibración : 0-50 "H<sub>2</sub>O FT-40018, Rango calibración : 0-50 "H<sub>2</sub>O</p>
				<p><b>ELEMENTOS DE FLUJO</b></p> <p>El alcance de esta requisición de materiales y sus anexos es el de cumplir con los requerimientos de diseño, documentación, fabricación de los materiales a ser suministrados.</p> <p>El equipo incluido en el suministro debe ser instalado como una parte de los trabajos de la Nombre del Proyecto y/o Ingeniería localizados en Barrancabermeja.</p> <p>El vendedor tiene completa responsabilidad por la selección de materiales y dimensionamiento de los equipos de acuerdo a los fluidos de proceso y a las</p>

				condiciones de operación. Es responsabilidad del proveedor entregar los respectivos certificados de calibración, pruebas mecánicas y de materiales, y realizar el cálculo y entregar las respectivas memorias de cálculo para la platina de orificio.
0	2	2 un		Platina de Orificio en 316 SS para instalar en línea de 4" Y 3", respectivamente.  TAG: FE-26533, FE-40018

DATOS REQUERIDOS DEL VENDEDOR							
Descripción	Con la oferta	Para Aprobación		Para Manuales		Distribución Final	
	C	C	R + M	C	R + M	C	R + M
Literatura Descriptiva	2			2			
Hojas de Datos Completas	2	3		2		3	
Certificados de Cumplimiento de Códigos	2	3		2		3	
Certificados de Pruebas Mecánicas		2				3	
Certificados de Pruebas de Materiales		2				3	
Certificados de Calibración		2				3	
Lista de Desviaciones y Excepciones	2						
Certificados de Calibración		2		2		3	1
Planos de Dimensiones Certificados		2	1			3	1
Programa de Fabricación							
Plan de Inspecciones y Pruebas		2	1			3	1
Manual de Operación, Instalación y Mantenimiento						3	
Tiempo de Entrega	2	2					

## **ANEXO I. Estudio de constructibilidad**

Este documento, sin ser definitivo y sin eximir de la responsabilidad al contratista del EPC, tiene por objeto identificar las posibles interferencias y dificultades a nivel de ingeniería básica que se pueden presentar durante el desarrollo de los trabajos de instalación del C2601 en la planta de generación de hidrógeno U2600. Esta información servirá como input para que el contratista pueda tener una mayor claridad de los trabajos, tiempos y recursos necesarios.

Este documento es el resultado de un taller donde participaron los integrantes del equipo asignado para el desarrollo de la ingeniería básica, operaciones, la consultoría de apoyo al líder del proyecto y PTB.

### **1. Especialidad de proceso:**

- Teniendo en cuenta que el C2601 no es un equipo crítico dentro del proceso de la U2600, y que maneja un subproducto del proceso de la unidad que actualmente se ventea a la atmósfera, este puede ser instalado con la planta en operación.
- Los tie in de succión en la salida del D2607, descarga a los cabezales de CO<sub>2</sub> de PTAR y gas de inertización de tanques calientes, condensados de proceso, aire de instrumentos, agua de calderas y agua de enfriamiento deberán realizarse durante la parada general de la unidad de Balance programada para el primer trimestre del año 2011, con el fin de contar con estas facilidades habilitadas al momento de la instalación del compresor. Se deberá coordinar la realización de estos trabajos con el personal de paradas de planta.

### **2. Especialidad de instrumentos:**

- Teniendo en cuenta que el skid del compresor se instalará en el área adyacente al cuarto satélite 4 de la U2600, se prevé que las señales del PLC asociado al sistema vayan por comunicaciones a través de una ruta existente que va del cuarto satélite 4 hacia el cuarto principal de Demex donde se conectará al DCS que luego de la actualización por el proyecto COC será Honeywell de la serie Experium. No se evidencian interferencias o dificultades para la instalación de este cable de comunicaciones ni de los cables que comunicarán el plc con el CCM de la planta.
- La instalación de tarjetas, conexiones, pruebas de lazo y de comunicaciones y despliegues operacionales requeridos en el cuarto principal de Demex podrán realizarse con la planta en operación.
- En PTAR deberá instalarse una platina de orificio y su transmisor deberá cablearse al DCS existente en dicha planta, actividades que se prevén con planta en operación previo aislamiento seguro.

### **3. Especialidad eléctrica:**

- Se reutilizará la tubería conduit existente de alimentación eléctrica del compresor existente. El cableado existente deberá desmantelarse.
- Se instalarán tableros eléctricos en campo para los arrancadores de los motores auxiliares (de lubricación y de condensados). Se deberá verificar la ubicación de los motores en el skid del compresor para ubicar los tableros lo más cercano posible.
- El retrofit y prueba de las casillas de los MCC 2.1 y 2.4 de la subestación ET-192 que se utilizarán en el proyecto debe finalizarse antes de iniciar el conexionado, para verificar coordinación de protecciones y pruebas de arranque/parada en sitio.

- La conexión de la alimentación del PLC al tablero de cargas críticas podrá realizarse en caliente ya que el interruptor ya se encuentra instalado. Esto siempre y cuando se cumplan estrictos controles de seguridad, se validen anticipadamente los procedimientos y ATS con el personal de confiabilidad eléctrica y se disponga de los elementos necesarios como caretas de seguridad, guantes dieléctricos, mantas aislantes. La conexión se realiza con barraje energizado y el interruptor abierto aguas abajo.
- La ruta de instalación del banco de tubería desde estos conduit hasta el C2601, deberá cumplir con los requerimientos de profundidad en zonas peatonales. No se considera que existan limitaciones o dificultades con respecto a las líneas enterradas existentes en el área de instalación del C2601.

#### **4. Especialidad civil:**

- El compresor C-2601 se instalará sobre un cimiento de concreto reforzado, el cual funcionará como base para el soporte del equipo. Para la instalación del nuevo compresor, se eligió el área donde se ubica actualmente el compresor C-2631, debido a que representa una ventaja desde el punto de vista de la constructibilidad al tener la posibilidad de reutilización de espacios y facilidades existentes, permitiendo llevar a cabo de manera menos complicada el montaje del equipo y todos los accesorios que se requieran y se encuentren directamente relacionados con la naturaleza del funcionamiento del equipo.
- Teniendo en cuenta que el cimiento para la instalación del nuevo compresor, se construirá a una profundidad promedio de 1.90 m (de acuerdo con las estimaciones preliminares que se deben corroborar en la etapa de detalle con el respectivo estudio de suelos), es importante que se manejen de forma interdisciplinaria todos los hallazgos a nivel underground

como conduits eléctricos y de instrumentación que se encuentran durante la etapa de demolición del cimiento existente y nuevamente cuando se adelanten los trabajos relacionados con la construcción del nuevo cimiento de acuerdo a las dimensiones del nuevo equipo. Como conclusión relevante para el presente estudio de constructibilidad, la especialidad civil debe interactuar de manera directa y manteniendo una buena comunicación e interacción con las especialidades eléctrica y de instrumentación y control para efectos de llevar una secuencia de actividades que beneficien a las partes involucradas en el proceso constructivo.

- Durante la ejecución de las labores correspondientes a ésta actividad se pueden llegar a encontrar interferencias no consignadas en planos underground o que difieran de acuerdo con los que existen actualmente de ese sector de la planta.
- De acuerdo con la información underground de la planta en ese sector, no se observa que exista dificultad para la construcción de la mencionada estructura lo cual hace pensar que es posible llevar a cabo un procedimiento sin mayores inconvenientes en la fase de construcción.
- La instalación del compresor C-2601 debe contemplar el respectivo desmantelamiento y posterior montaje de la cubierta del costado sur de la estructura "E" comprendida entre los ejes estructurales C-D entre 1-2 que cubre la ubicación donde se plantea instalar el nuevo equipo durante el tiempo que se estime para llevar a cabo las respectivas maniobras de izamiento e instalación de las partes relacionadas con el compresor.
- El anterior procedimiento implica un izamiento por medios mecánicos (grúa), desde la vía aledaña al sitio definitivo, con esto se debe obligatoriamente contemplar todo lo relacionado con la naturaleza de la misma para efectos de su efectiva planeación y posterior ejecución.

## **5. Especialidad mecánica rotativo**

- De acuerdo a la información recibida por parte de los proveedores, el tiempo de entrega del compresor C2601 oscila entre 50 y 52 semanas, una vez puesta la orden de compra, por lo que deberá dar prioridad a la compra del equipo por su largo tiempo de entrega.
- Para el desmantelamiento del compresor C-2631, se deben retirar del base plate los equipos existentes (compresor reciprocante, post enfriador, motor etc) previo al retiro del base plate, para el retiro del base plate de la fundación de concreto se debe considerar el uso de gatos ubicados en lugares que provean la resistencia adecuada para soportar las fuerzas ejercidas por los gatos, en caso de ser necesario se deberá reforzar la estructura del base plate a fin de permitir su retiro.
- Los equipos montados sobre el skid tienen un peso aproximado de 15 TON, el peso deberá ser confirmado con el fabricante que resulte favorecido como seleccionado para proveer el equipo. Para realizar el izaje de la carga se ha considerado la utilización de una grúa de 250TON esta preselección deberá ser actualizada de acuerdo al peso real de fabricación de los equipos y los plan de izaje elaborado. Algunos de los componentes del sistema de compresión se han solicitados sueltos del skid, con el fin de facilitar el transporte de los equipos y garantizar la integridad de los mismo, por lo que se podrá disponer de una grúa de menor capacidad para el montaje de estos componentes.

## **6. Especialidad de tubería:**

El conexionado de las líneas de proceso y servicios industriales se puede realizar con la planta en operación, ya que se espera contar con los tie in instalados al momento de la ejecución de los trabajos de instalación del C2601.