

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA



**COMISIONAMIENTO Y OPERACIÓN DE UN COMPRESOR DE
2650 HP PARA REINYECCIÓN DE GAS NATURAL**

**INFORME DE COMPETENCIA PROFESIONAL
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECÁNICO**

MARCO ANTONIO LUNA DUEÑAS

PROMOCIÓN 2008-1

LIMA – PERÚ

2014

A mis padres, que con su esfuerzo y dedicación me apoyaron desde siempre. Haber
concluido mis estudios de Ingeniería Mecánica se lo debo a ustedes.

A mi hermano Fredy, que me mostró el camino de lo correcto y ahora nos acompaña
desde el cielo.

ÍNDICE GENERAL

PRÓLOGO.....	1
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	4
1.1.ANTECEDENTES	4
1.2.OBJETIVO	5
1.2.1. Objetivo General	5
1.2.2.Objetivos Específicos	6
1.3.ALCANCE	6
CAPÍTULO 2: FUNDAMENTO TEÓRICO DE LA COMPRESIÓN DEL GAS	
NATURAL.....	7
2.1.PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS	7
2.1.1.Leyes de los gases	7
2.1.2.Compresibilidad de los Gases	10
2.2.COMPRESIÓN DE GAS	13
2.2.1.Clasificación de compresores.....	13
2.2.2.Compresores recíprocos	15
2.3.DESCRIPCIÓN DEL PROCESO EN UNA UNIDAD DE COMPRESIÓN ..	31
2.3.1.Motor.....	31
2.3.2.Compresor	32
2.3.3.Enfriador principal	32
2.3.4.Equipos auxiliares	33
CAPÍTULO 3: CARACTERÍSTICAS DEL COMPRESOR	35

3.1.DESCRIPCIÓN GENERAL	35
3.2.ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	36
3.2.1.Motor.....	36
3.2.2.Compresor	37
3.2.3.Enfriador principal	37
CAPÍTULO 4: IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE SISTEMAS	39
4.1.SISTEMA DE COMPRESIÓN	39
4.1.1.Scrubber o separador.....	40
4.1.2.Botellas de pulsación	40
4.1.3.Cilindro de compresión.....	41
4.1.4.Bolsillo o pocket	42
4.1.5.Cooler o enfriador	42
4.1.6.Válvula de succión	43
4.1.7.Válvula de purga	43
4.1.8.Válvula de reciclo	43
4.1.9.Válvula de bypass	44
4.1.10.Válvula de descarga.....	44
4.2.SISTEMA DE TRANSMISIÓN.....	44
4.2.1.Pistones motrices.....	45
4.2.2.Pin de biela de motor	46
4.2.3.Biela de motor	46
4.2.4.Cigüeñal de motor	47
4.2.5.Bancadas de motor	47
4.2.6.Acoplamiento flexible	47
4.2.7.Cigüeñal de compresor	48
4.2.8.Bancadas de compresor	48
4.2.9.Bielas de compresor.....	48

4.2.10.Pines de biela de compresor	49
4.2.11.Crucetas.....	49
4.2.12.Vástagos.....	49
4.2.13.Pistones de compresión	50
4.3.SISTEMA DE LUBRICACIÓN	50
4.3.1.Sistema de lubricación normal de motor.....	51
4.3.2.Sistema de lubricación normal de compresor.....	52
4.3.3.Sistema de lubricación forzada de compresor.....	53
4.4.SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.....	54
4.4.1.Sistema de refrigeración principal	54
4.4.2.Sistema de refrigeración auxiliar	55
4.5.SISTEMA DE ARRANQUE	56
4.6.SISTEMA DE GAS COMBUSTIBLE.....	57
4.7.SISTEMA DE IGNICIÓN	58
4.8.SISTEMA DE DRENAJE.....	59
4.8.1.Drenaje de condensado	60
4.8.2.Drenaje de aceite	61
4.9. SISTEMA DE VENDEO	61
4.9.1.Válvulas de seguridad	62
4.9.2.Válvula de venteo.....	62
CAPÍTULO 5: CONSIDERACIONES AMBIENTALES Y LEGISLACIÓN APLICABLE	64
5.1.SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE.....	64
5.1.1.Normativa aplicable.....	64
5.1.2.Consideraciones de seguridad.....	66
5.1.3.Consideraciones de medio ambiente	71
5.2.MANEJO DE RESIDUOS Y EVALUACIÓN DE EMISIONES	73

5.2.1. Manejo de residuos.....	73
5.2.2. Evaluación de emisiones.....	75
CAPÍTULO 6: DESARROLLO DEL COMISIONAMIENTO Y OPERACIÓN	76
6.1. COMISIONAMIENTO.....	76
6.1.1. Completación mecánica	77
6.1.2. Actividades de pre-comisionamiento.....	78
6.1.3. Actividades de comisionamiento	81
6.1.4. Puesta en servicio	82
6.2. OPERACIÓN.....	85
6.2.1. Rutinas de verificación	85
6.2.2. Registro de parámetros de operación	87
CONCLUSIONES.....	88
BIBLIOGRAFÍA.....	89
PLANOS.....	91
APÉNDICE I: TABLAS Y DIAGRAMAS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS GASES.....	92
APÉNDICE II: ILUSTRACIONES DE LAS PARTES DE UN COMPRESOR.....	98
APÉNDICE III: REGISTRO DE LAS EMISIONES DE GASES DEL MOTOR SUPERIOR 16SGT	100
APÉNDICE IV: LISTA DE INSTRUMENTOS Y ACCESORIOS	106
APÉNDICE V: LISTAS DE VERIFICACIÓN.....	111
APÉNDICE VI: REPORTE DE PRE-COMISIONAMIENTO.....	115
APÉNDICE VII: CÁLCULO DE LA PERFORMANCE DE LA UNIDAD DE COMPRESIÓN.....	119
APÉNDICE VIII: SIMULACIÓN EN COMPUTADORA DE LA PERFORMANCE DE LA UNIDAD	129
APÉNDICE IX: PARÁMETROS DE OPERACIÓN.....	131

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2.1: Valores de temperatura y presión críticas.....	12
Cuadro 2.2: Material recomendado para fabricación de cilindros.....	28
Cuadro 3.1: Especificaciones del motor.....	36
Cuadro 3.2: Especificaciones del compresor.....	37
Cuadro 3.3: Especificaciones del cooler para la 1ra, 2da y 3ra etapas.....	37
Cuadro 3.4: Especificaciones del cooler para la cuarta etapa y las líneas de agua.....	38
Cuadro 5.1: Límites máximos permisibles de emisiones.....	66
Cuadro 5.2: Comparación de las emisiones del motor Superior con los límites máximos normados.....	75
Cuadro 6.1: Lista de planos verificados para la completación mecánica.....	77
Cuadro 6.2: Comparación del performance calculado con ecuaciones, simulado en computadora y real del equipo.....	84
Cuadro 7.1: Lista de planos.....	91
Cuadro I.1: Calor específico molar a presión constante de los principales gases puros.....	96
Cuadro I.2: Constantes físicas de los principales gases puros.....	97
Cuadro III.1: Registro de emisiones de motor Superior 16SGT.....	101
Cuadro III.2: Valores de máximos y promedios de emisiones de motor Superior 16SGT.....	105
Cuadro IV.1: Lista de instrumentos y accesorios.....	107

Cuadro V.1: Lista de verificación de las actividades de pre-comisionamiento.....	112
Cuadro V.2: Lista de verificación de las actividades de comisionamiento.....	113
Cuadro V.3: Lista de verificación de puesta en servicio.....	114
Cuadro VI.1: Reporte de actividades de pre-comisionamiento.....	116
Cuadro VII.1: Cromatografía del gas.....	119
Cuadro VII.2: Espacio nocivo en los cilindros del compresor.....	119
Cuadro VII.3: Especificaciones del compresor.....	120
Cuadro VII.4: Parámetros de operación en los cilindros compresores.....	120
Cuadro VII.5: Cálculo del calor específico molar del gas.....	121
Cuadro VII.6: Cálculo de la presión y temperatura críticas del gas.....	122
Cuadro VII.7: Cálculo de las presiones reducidas.....	122
Cuadro VII.8: Cálculo de las temperaturas reducidas.....	123
Cuadro VII.9: Factores de compresibilidad para las condiciones de succión.....	123
Cuadro VII.10: Factores de compresibilidad para las condiciones de descarga...	123
Cuadro VII.11: Factores de compresibilidad para las condiciones estándar.....	124
Cuadro VII.12: Cálculo del porcentaje de volumen muerto.....	124
Cuadro VII.13: Cálculo de la eficiencia volumétrica.....	125
Cuadro VII.14: Cálculo del desplazamiento de los pistones.....	125
Cuadro VII.15: Cálculo del volumen desplazado a temperatura de succión.....	126
Cuadro VII.16: Cálculo del volumen desplazado a condiciones estándar.....	126
Cuadro VII.17: Cálculo de la temperatura de descarga.....	127
Cuadro VII.18: Cálculo de la potencia neta entregada al compresor.....	127
Cuadro VII.19: Cálculo de la carga en los vástagos.....	128
Cuadro VIII.1: Reporte de Simulación de Performance de compresor.....	130
Cuadro IX.1: Registro de parámetros durante las primeras horas de operación...	131

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Rango de operación de compresores comerciales.....	15
Figura 2.2: Curvas de compresión.....	17
Figura 2.3: Carga del vástago en compresión y tensión.....	26
Figura 2.4: VVCP en posición de apertura y cierre.....	29
Figura 2.5: PFVCP en posición de apertura y cierre.....	30
Figura 2.6: Espaciadores de válvulas.....	31
Figura 4.1: Esquema del Sistema de Compresión.....	40
Figura 4.2: Esquema del Sistema de Transmisión.....	45
Figura 4.3: Esquema del Sistema de Lubricación.....	51
Figura 4.4: Esquema del Sistema de Refrigeración.....	54
Figura 4.5: Esquema del Sistema de Arranque.....	57
Figura 4.6: Esquema del Sistema de gas combustible.....	58
Figura 4.7: Esquema del Sistema de Ignición.....	59
Figura 4.8: Esquema del Sistema de Drenaje.....	60
Figura 4.9: Esquema del Sistema de Venteo.....	62
Figura II.1: Detalle de cilindro compresor de doble efecto.....	98
Figura II.2: Corte transversal de un compresor Superior W7.....	99
Figura VIII.1: Estimación de performance del compresor en simulador Compass 1.1.116.....	129

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama I.1: Factores de compresibilidad para el gas natural.....	93
Diagrama I.2: Potencia por volumen de gas desplazado.....	94

PRÓLOGO

El presente informe ha sido desarrollado en base a la experiencia adquirida en el rubro de la compresión de gas natural específicamente en las actividades de operación, mantenimiento y comisionamiento de unidades de compresión en los campos petroleros del norte del Perú como parte del personal técnico de una empresa especializada en la compresión de gas natural.

En particular, la labor de comisionar y poner en servicio una unidad de compresión es una etapa crítica la cual merece toda la atención y cuidado de manera que se pueda detectar a tiempo cualquier tipo de falla para evitar daños mayores en el equipo. Por ello he seleccionado este tema dentro del rubro de la compresión de gas para desarrollarlo basado en las experiencias recogidas durante los trabajos en campo.

El tema central de este informe ha sido desarrollado en 6 capítulos los cuales están orientados a mostrar los conceptos relativos al funcionamiento de una unidad de compresión de gas natural y a su vez a describir las actividades de comisionamiento y operación.

El primer capítulo comprende la introducción del informe donde se detallan los antecedentes que llevaron a su desarrollo, los objetivos principales y secundarios así como el alcance que define el enfoque de este informe.

El segundo capítulo es una selección de los principales conceptos de ingeniería aplicados a la compresión del gas natural. Dichos conceptos fueron extraídos principalmente de la publicación "GPSA Engineering Data Book" (Gas Processors Suppliers Association) y de la norma API 618: "Reciprocating Compressors for Petroleum, Chemical, and Gas Industry Services"

En el tercer capítulo se hace un reconocimiento de la unidad de compresión cuyo comisionamiento y operación serán motivo de análisis en el presente informe. En este capítulo se indican los componentes principales de la unidad de compresión así como sus especificaciones técnicas.

En el cuarto capítulo se hace una clasificación y descripción de los sistemas que conforman la unidad de compresión descrita en el tercer capítulo. Se indican además, los métodos de verificación establecidos en la industria para asegurar su correcto funcionamiento.

El quinto capítulo está dedicado completamente al desarrollo de los aspectos medioambientales relativos al comisionamiento y operación de unidades de compresión de gas natural así como las medidas de prevención y contingencia que deben ser consideradas de acuerdo a la legislación peruana.

El sexto y último capítulo describe las etapas del comisionamiento desarrollado y las experiencias adquiridas en cada una de ellas. Se propone además un procedimiento propio para estandarizar y controlar las diversas tareas teniendo en consideración los alcances de los capítulos anteriores. Por otro lado se mencionan los aspectos operativos más importantes que deben ser tomados en cuenta para mantener una operación confiable.

Las unidades utilizadas para la redacción de este informe corresponden al Sistema Internacional. Las fuentes de información como simulaciones, reportes de campo, especificaciones técnicas de los equipos, normas técnicas y manuales de operación y mantenimiento contienen información expresada en unidades del Sistema Inglés que fueron convertidas a unidades del Sistema Internacional para realizar los cálculos requeridos.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La compresión del gas natural es un proceso que ha sido desarrollado ampliamente a través de los años para brindar soluciones operativas a lo largo de la cadena del petróleo y el gas. El uso de los compresores de gas natural está orientado principalmente al transporte, distribución, almacenamiento, procesamiento y reinyección. Cada una de estas actividades conlleva sus propias particularidades operativas las cuales deben ser conocidas y entendidas por el personal encargado de operar y mantener los compresores.

Dado que el tema central de este informe es el comisionamiento y operación de una unidad de compresión para reinyección de gas natural, nos enfocaremos en la aplicación de descargar gas comprimido hacia las profundidades de un pozo petrolero.

1.1. ANTECEDENTES

La actividad petrolera en nuestro país data de 1863, año en que se perforó el primer pozo petrolero en el Perú y Sudamérica. Desde entonces se ha generado un impacto medioambiental que no fue adecuadamente considerado por las empresas dedicadas a la producción de petróleo y por el gobierno mismo. Sin

embargo, durante los últimos 10 años se han promulgado diversas normas para regular y fiscalizar el impacto que esta actividad produce en el medio ambiente. Es así que la quema del gas asociado, el cual es obtenido por la separación del petróleo crudo, se encuentra ahora restringida por el gobierno dando lugar a la búsqueda de medios alternativos para la disposición de dicho gas.

Uno de los métodos más comunes para eliminar el gas asociado es la reinyección. Este método es muy utilizado cuando no se dispone de la infraestructura necesaria para aprovechar la energía de dicho gas y es precisamente el caso de la unidad de compresión a la cual refiere el objetivo de este informe.

Con el fin de cumplir con la reglamentación vigente, una empresa operadora de plataformas petroleras en el norte del país decidió instalar una unidad de compresión para reinyectar el gas natural asociado obtenido en una de sus plataformas de mayor producción. Bajo esta directiva, se paquetizó la unidad de compresión en tierra y se realizaron las labores de comisionamiento y operación de la unidad luego de haber sido montada en la plataforma.

1.2. OBJETIVO

1.2.1. Objetivo General

El objetivo general del trabajo sobre el cual está basado este informe fue comisionar y operar un compresor de 2650 HP para reinyectar gas natural.

1.2.2. Objetivos Especificos

- Evaluar las características técnicas de la unidad, lo cual incluye la revisión de toda la información constructiva disponible como planos, memorias descriptivas, especificaciones, reportes de pruebas, fotografías, etc.
- Definir un procedimiento que asegure el inicio de la operación del equipo tomando en cuenta todas las verificaciones necesarias.
- Determinar las mejores prácticas para mantener una operación confiable de acuerdo a las características de la unidad y a las condiciones del entorno.

1.3. ALCANCE

El alcance de este informe está limitado al análisis de las características técnicas de la unidad de compresión y la descripción de las actividades que forman parte de su comisionamiento y operación. Para ello se tomará como punto de partida a la unidad de compresión montada sobre una plataforma petrolera con todas las conexiones externas completas tales como las líneas de succión, descarga, gas combustible, gas de arranque, gas de instrumentos, lubricación, drenajes, venteos y suministro eléctrico.

Por otro lado se considera como término del alcance a la finalización del periodo de prueba de la unidad de compresión en donde la operación es entregada a los operadores responsables con la documentación correspondiente.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTO TEÓRICO DE LA COMPRESIÓN DEL GAS NATURAL

2.1. PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS

Como punto de partida para analizar el proceso de compresión del gas natural, se resume a continuación las principales propiedades y características de los gases.

2.1.1. Leyes de los gases

2.1.1.1. Gas ideal

Un gas ideal es un gas teórico formado por partículas puntuales, sin atracción ni repulsión entre ellas y cuyos choques son perfectamente elásticos. Para describir su comportamiento, se han desarrollado leyes de los gases ideales:

- Ley de Boyle-Mariotte

Es un proceso a temperatura constante en donde la presión del gas es inversamente proporcional a su volumen. Se cumple la siguiente relación:

$$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$$

(2.1)

Dónde:

P_1 y P_2 = Son la presión absoluta inicial y final respectivamente

V_1 y V_2 = Son el volumen inicial y final respectivamente

- Ley de Charles

Es un proceso a presión constante en donde la temperatura del gas es proporcional a su volumen. Se cumple la siguiente relación:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

(2.2)

Dónde:

V_1 y V_2 = Son el volumen inicial y final respectivamente

T_1 y T_2 = Son la temperatura absoluta inicial y final respectivamente

- Ley de Gay Lussac

Es un proceso a volumen constante en donde la presión del gas es proporcional a su temperatura. Se cumple la siguiente relación:

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

(2.3)

Dónde:

P_1 y P_2 = Son la presión absoluta inicial y final respectivamente

T_1 y T_2 = Son la temperatura absoluta inicial y final respectivamente

De estas leyes se deduce la ecuación de estado para los gases ideales la cual describe la relación entre la presión, el volumen, la temperatura y el número de moles:

$$P \times V = n \times R \times T$$

(2.4)

Dónde:

P = Presión absoluta

V = Volumen

n = Número de moles de gas

R = Constante universal de los gases ideales

T = Temperatura absoluta

2.1.1.2. Gas Real

Un gas real tiene propiedades que no pueden ser explicadas enteramente utilizando la ley de los gases ideales. Para entender su comportamiento se debe tener en cuenta los efectos de compresibilidad, la capacidad calorífica específica variable, los efectos termodinámicos del no-equilibrio y la disociación molecular.

Para la mayoría de aplicaciones, una aproximación de gas ideal puede ser utilizada con razonable precisión. Por otra parte, los modelos de gas real tienen que ser utilizados cerca del punto de condensación de los

gases, cerca de puntos críticos, a muy altas presiones, y en otros casos menos usuales.

2.1.2. Compresibilidad de los Gases

Cuando se analiza gases a muy baja presión, la ecuación de estado de los gases ideales es una herramienta de cálculo precisa, sin embargo esa precisión se pierde cuando el gas se encuentra a elevadas presiones pudiendo obtener errores de hasta 500% en comparación con el error de 2% o 3% obtenido cuando el gas se encuentra a presión atmosférica.

Existen ecuaciones de estado propuestas para representar la relación entre presión, temperatura y volumen para gases a diferentes rangos de presión. Estas ecuaciones consideran varios parámetros lo cual dificulta su cálculo rápido y práctico. No obstante, existe una relación más sencilla que permite determinar los parámetros del gas haciendo uso de un factor de corrección Z , el cual ajusta la ecuación de gases ideales con una precisión aceptable. La relación resultante es:

$$P \times V = Z \times n \times R \times T \quad (2.5)$$

2.1.2.1. Factor de compresibilidad

El factor de compresibilidad Z es un parámetro adimensional independiente de la cantidad de gas y determinado por su presión y temperatura. El factor de compresibilidad es obtenido del diagrama II.1

tomando como datos de entrada la presión y temperatura reducidas que son previamente calculadas de acuerdo a las siguientes fórmulas:

$$T_r = \frac{T}{T_c} \quad (2.6)$$

$$P_r = \frac{P}{P_c} \quad (2.7)$$

Dónde:

T = Temperatura absoluta del gas

P = Presión absoluta del gas

T_r = Temperatura reducida

P_r = Presión reducida

T_c = Temperatura crítica

P_c = Presión crítica

Los valores de presión y temperatura críticas están determinados independientemente de la presión y temperatura del gas. En el siguiente cuadro se muestran dichos valores para los gases puros más comunes que componen el gas natural:

PRESIÓN Y TEMPERATURA CRÍTICAS			
Componente	Fórmula	TEMPERATURA CRÍTICA T _c (°K)	PRESIÓN CRÍTICA P _c (Kpa abs)
Metano	CH ₄	191	3822
Etano	C ₂ H ₆	305	413
Propano	C ₃ H ₈	370	185
Iso-Butano	iC ₄ H ₁₀	408	28
N-Butano	nC ₄ H ₁₀	425	64
Iso-Pentano	iC ₅ H ₁₂	460	19
N-Pentano	nC ₅ H ₁₂	470	11
N-Hexano	nC ₆ H ₁₄	507	19

Cuadro 2.1: Valores de temperatura y presión críticas (Fuente: GPSA Engineering Data Book)

Para mezclas de gases puros la presión y temperatura reducidas son determinadas como un promedio ponderado de las presiones y temperaturas críticas con las respectivas fracciones molares de cada gas que lo compone:

$$T_r = \frac{T}{\sum(y_i \times T_{ci})} \quad (2.8)$$

$$P_r = \frac{P}{\sum(y_i \times P_{ci})} \quad (2.9)$$

Dónde:

T = Temperatura absoluta del gas

P = Presión absoluta del gas

T_r = Temperatura reducida de la mezcla de gases

P_r = Presión reducida de la mezcla de gases

T_{ci} = Temperatura crítica del gas puro

P_{ci} = Presión crítica del gas puro

y_i = Fracción molar del gas puro

2.2. COMPRESIÓN DE GAS

2.2.1. Clasificación de compresores

De acuerdo a su aplicación, los compresores son clasificados como compresores de desplazamiento positivo, dinámicos o térmicos.

2.2.1.1. Compresores de desplazamiento positivo

Los compresores de desplazamiento positivo se subdividen en dos categorías básicas: reciprocantes y rotativos.

Los compresores reciprocantes consisten en uno o más cilindros, cada uno con un pistón que es desplazado hacia adelante y hacia atrás constantemente. Este movimiento del pistón comprime y desplaza un volumen determinado de gas en cada ciclo.

El compresor de diafragma emplea un diafragma flexible que es impulsado neumáticamente para desplazar el gas.

Los compresores rotativos se clasifican en lobulares, tipo tornillo, de vanes y de anillo líquido, cada uno consta de una carcasa con uno o más elementos rotativos que engranan entre sí para desplazar un volumen determinado de gas en cada rotación.

2.2.1.2. Compresores dinámicos

Los compresores dinámicos se dividen en compresores de flujo axial, flujo radial (Centrífugos) y flujo mixto. Estos son compresores de rotación continua en donde el elemento rotativo acelera el gas que pasa a través de él elevando su presión.

2.2.1.3. Compresores térmicos

Son conocidos como eyectores. Estos compresores emplean vapor o gas a alta velocidad para arrastrar el gas de succión. La velocidad de la mezcla es convertida en presión al pasar por un difusor.

En la figura 2.1 se muestra el rango normal de operación, en cuanto a la presión de descarga (psig) y el caudal de succión (acfm) para los compresores según la clasificación referida.

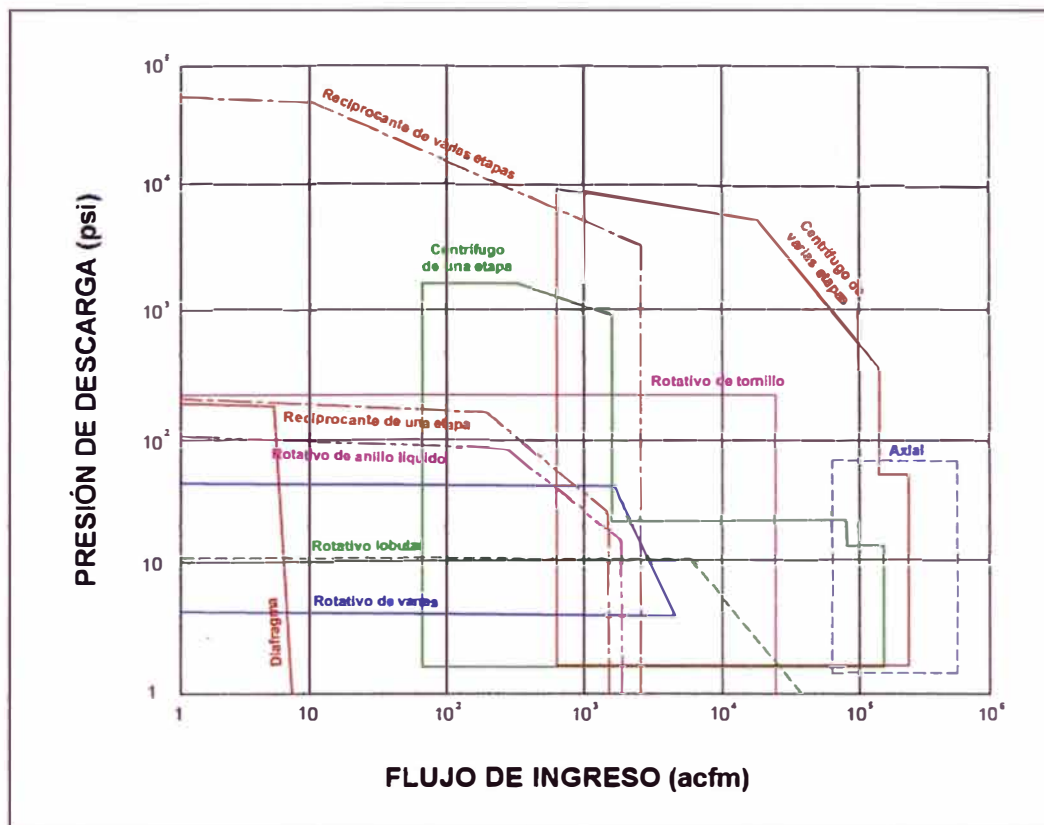


Figura 2.1: Rango de operación de compresores comerciales (Fuente: GPSA Data Book)

2.2.2. Compresores reciprocantes

Los compresores reciprocantes pueden tener una o varias etapas lo cual es determinado por el ratio de compresión. El ratio de compresión para cada etapa es calculado como el cociente de la presión absoluta de descarga y la presión absoluta de succión en cada etapa y está limitado por la temperatura de descarga. Usualmente no debe exceder el valor de 4, sin embargo algunos compresores pequeños de servicio intermitente son diseñados con un ratio de compresión de 8.

En compresores de varias etapas es necesario el uso de enfriadores a la descarga de cada etapa. Estos enfriadores reducen la temperatura que

el gas adquirió como producto de la compresión con la finalidad de mantener un rango de temperatura seguro en la operación.

2.2.2.1. Cálculo de performance

El cálculo de performance está referido al cálculo del volumen que puede desplazar un compresor bajo determinadas condiciones de presión de succión y descarga, así como el cálculo de la potencia requerida para desplazar dicho volumen. Se considera adicionalmente la verificación de los límites de carga en los vástagos de los pistones.

Para un proceso de compresión, el cambio en la entalpía del gas es la mejor manera de evaluar el trabajo requerido para comprimirlo. Existen dos maneras de realizar estas estimaciones teniendo en cuenta el incremento de la temperatura del gas producto de la compresión:

Asumiendo un proceso isentrópico reversible: Proceso durante el cual no hay transferencia de calor hacia o desde el sistema y por tanto la entropía permanece constante:

$$p \times v^k = C$$

(2.10)

Dónde:

p = Presión del sistema

v = Volumen del sistema

k = Exponente Isentrópico

$C = \text{Constante}$

Asumiendo un proceso politrópico reversible: Proceso en donde se considera los cambios en las características del gas durante la compresión:

$$p \times v^n = C$$

(2.11)

Dónde:

$p = \text{Presión del sistema}$

$v = \text{Volumen del sistema}$

$n = \text{Exponente Politrópico}$

$C = \text{Constante}$

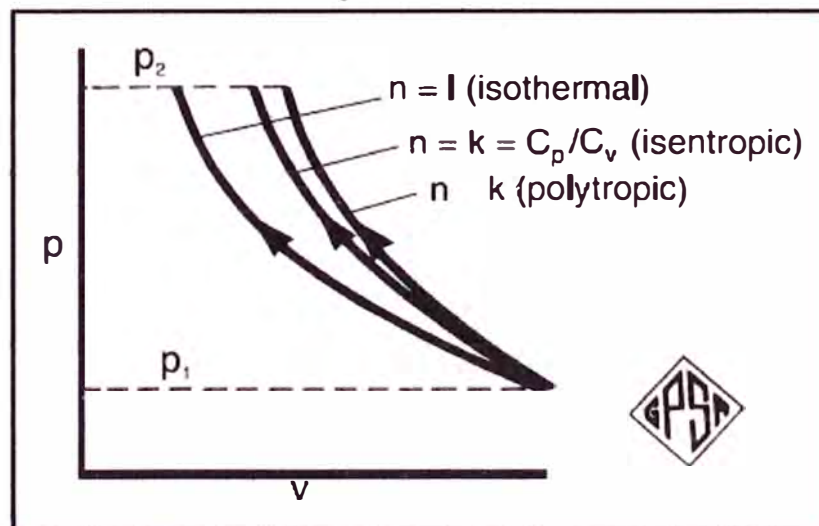


Figura 2.2: Curvas de compresión (Fuente: GPSA Engineering Data Book)

La figura 2.2 muestra las curvas de presión vs volumen para cada valor de la exponente n . El trabajo desarrollado para elevar la presión de P_1 a P_2 a través de la curva politrópica es:

$$W = \int_1^2 V \times dp = \int_{P_1}^{P_2} V \times dp$$

(2.12)

La cantidad de trabajo requerido depende de la curva politrópica y se incrementa de acuerdo al valor de la exponente n . Para realizar los cálculos de performance asumiremos un proceso isentrópico reversible el cual es aproximado al proceso politrópico.

La fórmula 2.13 aplica para todos los gases ideales y puede ser empleada para calcular el valor de k :

$$k = \frac{C_p}{C_v} = \frac{MC_p}{MC_v}$$

(2.13)

Dónde:

k = Exponente isentrópico (Adimensional)

C_p = Calor específico a presión constante, (KJ/Kg °K)

C_v = Calor específico a volumen constante, (KJ/Kg °K)

MC_p = Calor específico molar a presión constante, (KJ/Kg mol °K)

MC_v = Calor específico molar a volumen constante, (KJ/Kg mol °K)

Considerando la siguiente relación aplicable a los gases hidrocarburos:

$$MC_p - MC_v = R = 2.566 \frac{KJ}{Kg \text{ mol } ^\circ K} \quad (2.14)$$

Simplificamos la fórmula 2.13 de la siguiente manera:

$$k = \frac{MC_p}{MC_p - 2.566} \quad (2.15)$$

De acuerdo a la fórmula 2.15 requerimos conocer solamente el valor del calor específico molar a presión constante (MC_p) el cual se encuentra en el cuadro I.1 para los gases más comunes. Dado que el calor específico del gas varía con la temperatura al aumentar la presión, se considera un promedio entre la temperatura de succión y la temperatura de descarga.

Para determinar el valor de k para una mezcla de gases, se puede emplear un calor específico molar promedio el cual es calculado como una ponderación de las fracciones molares y los calores específicos de cada componente de la mezcla.

- Eficiencia volumétrica

En un compresor reciprocante, el pistón no se desplaza completamente hasta chocar con el tapón del cilindro. Es necesario dejar un pequeño volumen muerto que incluye el espacio entre la cara del pistón

y el tapón del cilindro cuando el pistón se encuentra en el punto muerto superior. El volumen muerto incluye además el espacio de los alojamientos de las válvulas y el volumen en el interior de ellas.

El volumen muerto es normalmente expresado como un porcentaje del volumen desplazado por el pistón:

$$C = \frac{EN}{L} \times 100\%$$

(2.16)

Dónde:

C = Porcentaje de volumen muerto (Adimensional)

EN = Espacio Nocivo (mm)

L = Carrera del pistón (mm)

Para cilindros de doble efecto, el porcentaje de volumen muerto es calculado en función del volumen muerto total del lado head y el lado crank. Dichos volúmenes varían debido a la presencia del vástago del pistón en el lado crank.

La eficiencia volumétrica es la capacidad de compresión del cilindro con respecto al desplazamiento del pistón. Sin la presencia del volumen muerto el cilindro comprimiría todo el volumen desplazado por el pistón. El efecto del volumen muerto es representado en la siguiente expresión:

$$VE = 100 - r - C \times \left[\frac{Z_s}{Z_d} (r^{1/k}) - 1 \right] \quad (2.17)$$

Dónde:

VE = Eficiencia volumétrica (Adimensional)

r = Ratio de compresión (Adimensional)

C = Porcentaje de volumen muerto (Adimensional)

Z_s = Factor de compresibilidad bajo las condiciones de succión (Adimensional)

Z_d = Factor de compresibilidad bajo las condiciones de descarga (Adimensional)

k = exponente isentrópico del gas (Adimensional)

Los factores de compresibilidad son calculados de acuerdo a lo indicado en el punto 2.1.2.1.

- Desplazamiento del pistón

El desplazamiento del pistón es calculado como el producto del área de la cara del pistón con el recorrido que realiza en un periodo de tiempo. Para un pistón que comprime solamente en el lado head, el desplazamiento es calculado por la fórmula 2.18:

$$PD = \frac{L \times N \times D^2 \times \pi}{240 \times 10^9} \quad (2.18)$$

Para un pistón que comprime solamente en el lado crank, el desplazamiento es calculado por la fórmula 2.19:

$$PD = \frac{L \times N \times (D^2 - d^2) \times \pi}{240 \times 10^9} \quad (2.19)$$

Para un pistón que comprime tanto en el lado head como en el lado crank, el desplazamiento es calculado por la fórmula 2.20:

$$PD = \frac{L \times N \times (2D^2 - d^2) \times \pi}{240 \times 10^9} \quad (2.20)$$

Para las fórmulas 2.18, 2.19 y 2.20:

PD = Desplazamiento del pistón (m³/s)

L = Carrera del pistón (mm)

N = Velocidad del compresor (RPM)

D = Diámetro del pistón (mm)

d = Diámetro del vástago del pistón (mm)

- Volumen desplazado

El volumen desplazado por el compresor en m³/s a presión estándar y a la temperatura de succión es calculado por la fórmula 2.21:

$$VD = \frac{PD \times VE \times P_s \times Z_L \times 10^{-6}}{Z_s \times 0.0099283} \quad (2.21)$$

Dónde:

VD = Volumen desplazado a 101.4 KPa y a la temperatura de succión
(m^3/s)

PD = Desplazamiento del pistón (m^3/s)

VE = Eficiencia volumétrica (Adimensional)

P_s = Presión de succión (KPa)

Z_L = Factor de compresibilidad a condiciones estándar (Adimensional)

Z_s = Factor de compresibilidad a las condiciones de succión (Adimensional)

Para obtener el volumen desplazado a condiciones estándar es necesario convertir el resultado de la fórmula 2.21 de la siguiente manera:

$$VD_{ST} = \frac{VD \times T_L \times Z_L \times 14.7}{P_L \times T_s \times Z_s} \quad (2.22)$$

Dónde:

VD_{ST} = Volumen desplazado a condiciones estándar (m^3/s)

VD = Volumen desplazado a 101.4 KPa y a la temperatura de succión
(m^3/s)

P_L = Presión estándar (KPa)

T_L = Temperatura estándar absoluta ($^{\circ}K$)

T_s = Temperatura de succión absoluta ($^{\circ}K$)

Z_L = Factor de compresibilidad a condiciones estándar (Adimensional)

Z_s = Factor de compresibilidad a las condiciones de succión (Adimensional)

- Temperatura de descarga

La temperatura de descarga del cilindro compresor puede ser estimada de acuerdo a la fórmula 2.23:

$$T_d = T_s \times (r^{(k-1)/k})$$

(2.23)

Dónde:

T_d = Temperatura absoluta de descarga (°K)

T_s = Temperatura absoluta de succión (°K)

r = Ratio de compresión (Adimensional)

k = exponente isentrópico del gas (Adimensional)

- Potencia

La potencia por unidad de volumen empleada en cada cilindro de compresión puede ser obtenida del diagrama II.2. Para una mayor facilidad de cálculo, dicho diagrama muestra la potencia neta por unidad de volumen incluyendo la eficiencia mecánica.

La potencia neta en cada cilindro es obtenida con la siguiente fórmula:

$$PN = \frac{Bhp/MMcfd \times P_L \times T_s \times Z_{prom} \times VD}{T_L \times 44.5457}$$

(2.24)

Dónde:

PN = Potencia neta (KW)

$Bhp/MMcfd$ = Potencia neta por unidad de volumen obtenida del diagrama

II.2

P_L = Presión estándar (KPa)

T_s = Temperatura absoluta de succión (°K)

T_L = Temperatura estándar absoluta (°K)

Z_{prom} = Factor de compresibilidad promedio = $(Z_s + Z_d)/2$

VD = Volumen desplazado de acuerdo a la fórmula 2.21.

Es importante considerar una caída de presión de 21 a 34 KPa por enfriador en cada etapa de compresión para el cálculo de la potencia total de varias etapas.

- Carga en el vástago

Todo compresor tiene definidas dos limitantes por diseño: La velocidad máxima y la capacidad de carga. La capacidad de carga envuelve dos consideraciones primarias: La potencia y la carga en los vástagos.

Los límites de potencia de un compresor están referidos a la capacidad del frame y del cigüeñal de soportar el torque necesario así como la capacidad de los cojinetes de disipar el calor generado por la fricción. Por otro lado, los límites de carga en los vástagos consideran las

cargas estáticas e inerciales máximas para el cigüeñal, bielas, vástagos, pernos y cojinetes.

Las cargas en los vástagos pueden ser calculadas como la fuerza resultante ejercida por la presión del gas comprimido en el lado head y el lado crank. De esta manera tenemos dos escenarios: Carga del vástago en compresión cuando el pistón se desplaza comprimiendo el lado head y carga del vástago en tensión cuando el pistón se desplaza comprimiendo el lado crank.

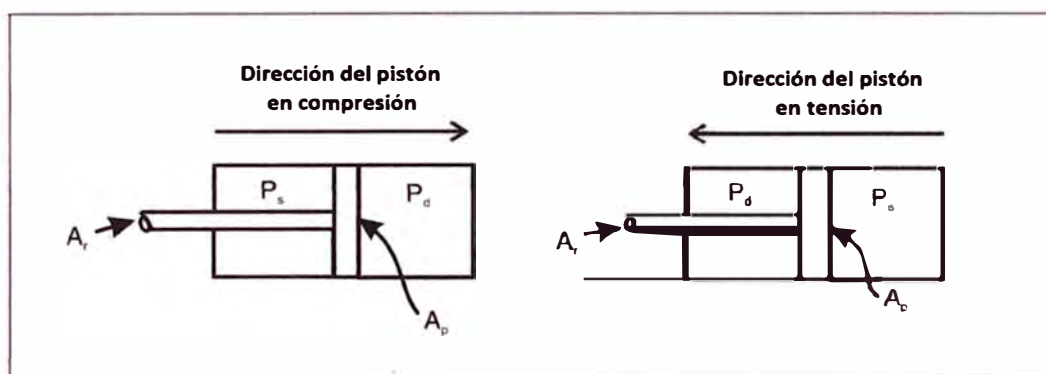


Figura 2.3: Carga del vástago en compresión y tensión

La fuerza resultante en el vástago para ambos escenarios es calculada por las siguientes fórmulas:

$$CC = P_d \times A_p - P_s \times (A_p - A_r) \quad (2.25)$$

$$CT = P_d \times (A_p - A_r) - P_s \times A_p \quad (2.26)$$

Dónde:

CC = Carga del vástago en compresión (KN)

CT = Carga del vástago en tensión (KN)

P_d = Presión de descarga (KPa)

P_s = Presión de succión (KPa)

A_r = Área de la sección transversal del vástago (m^2)

A_p = Área de la cara del pistón (m^2)

2.2.2.2. Diseño del cilindro

Dependiendo del tamaño de la unidad y el número de etapas, los compresores recíprocos pueden tener pistones de simple o doble efecto lo cual considera la compresión a un solo lado del pistón o la compresión en ambos lados. Usualmente los pistones de doble efecto son usados en las primeras etapas de compresión. La configuración típica de este tipo de cilindro se muestra en la figura III.1.

El material utilizado para la fabricación de los cilindros de compresión es seleccionado de acuerdo a los requerimientos de resistencia a alta temperatura, los esfuerzos mecánicos y la corrosión. En el siguiente cuadro se muestra el material recomendado de acuerdo a la presión de trabajo:

Material del cilindro	Presión de descarga
Hierro fundido	Hasta 8270 KPa
Hierro nodular	Hasta 10340 KPa
Fundición de Acero	De 8270 KPa a 17240 KPa
Acero forjado	Más de 17240 KPa

Cuadro 2.2: Material recomendado para fabricación de cilindros

(Fuente: GPSA Engineering Data Book)

Las conexiones de entrada y salida de los cilindros de compresión son bridas y de la misma dimensión y clase para mantener la uniformidad de la fundición y el maquinado.

Las pruebas hidrostáticas de los cilindros son realizadas a una presión de 1.5 veces la presión de diseño.

2.2.2.3. Dispositivos de control de flujo

Los dispositivos de control de flujo están diseñados para incrementar el volumen muerto en un cilindro reduciendo así la eficiencia volumétrica y por tanto el caudal desplazado de acuerdo a las ecuaciones 14 y 18. Son utilizados para controlar el caudal desplazado, aliviar la carga en el motor y adaptar la unidad a condiciones variables de operación.

Entre los dispositivos comúnmente usados tenemos el WVCP o bolsillo de volumen variable, PFVCP o bolsillo neumático de volumen variable y los espaciadores de válvulas.

- **VVCP o Bolsillo de volumen variable**

El bolsillo de volumen variable consiste en un pistón instalado en el lado head del cilindro que es accionado exteriormente por un perno sin fin. En la figura 2.4 se observa la posición de apertura y cierre dando lugar a una variación considerable del volumen muerto.

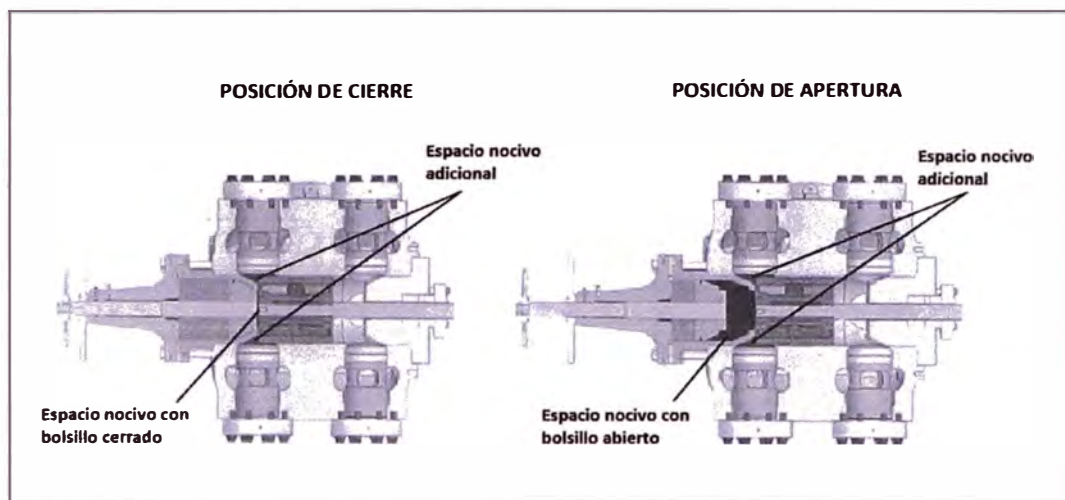


Figura 2.4: VVCP en posición de apertura y cierre

- **PFVCP o Bolsillo neumático de volumen variable**

El bolsillo neumático de volumen variable consiste en un tapón instalado en el lado head del cilindro el cual es retirado por un mecanismo neumático dando acceso a un volumen muerto adicional en el lado head. En la figura 2.5 se observa la posición de apertura y cierre de este dispositivo:

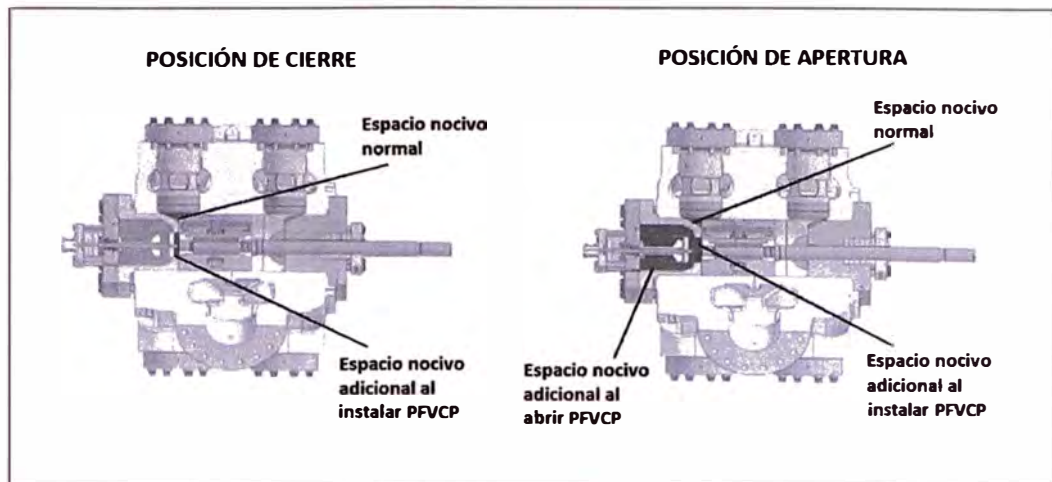


Figura 2.5: PFVCP en posición de apertura y cierre

- **Espaciadores de válvulas**

Consiste en la instalación de espaciadores para incrementar el espacio entre las válvulas y la cámara de compresión. A diferencia de los WCVP o PFVCP, los espaciadores requieren la parada de la unidad y el desmontaje de las válvulas. Por otro lado el costo de estos dispositivos es menor. En la figura 2.6 se muestra la ubicación de estos espaciadores:

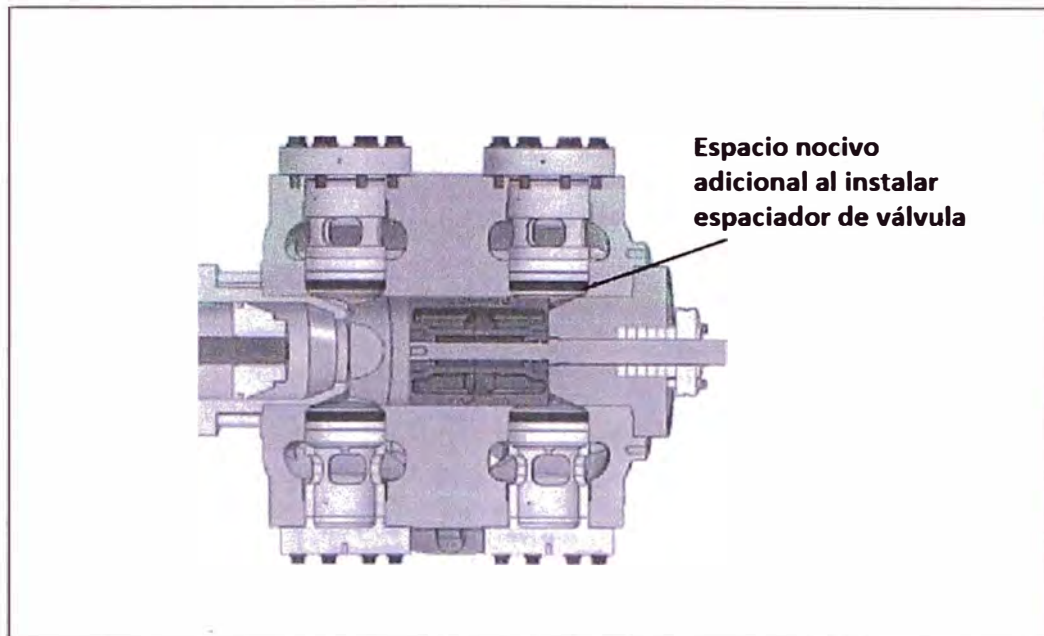


Figura 2.6: Espaciadores de válvulas

2.3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO EN UNA UNIDAD DE COMPRESIÓN

La unidad de compresión es un conjunto de equipos, instrumentos y accesorios distribuidos de manera organizada y funcional en un skid o patín el cual puede ser trasladado como un conjunto desde el taller donde se realiza el ensamble o paquetizado hasta la locación donde prestará servicio.

Los componentes principales en la unidad de compresión son el motor, el compresor propiamente dicho, el enfriador y los equipos auxiliares.

2.3.1. Motor

El motor empleado en una unidad de compresión, dependiendo de las facilidades disponibles, puede ser de diversos tipos: eléctrico, de combustión interna o externa, etc. y puede requerir diversos tipos de combustible como petróleo diesel, residual o gas natural. De todos ellos los

motores de combustión interna a gas natural son los más utilizados por la disponibilidad de combustible.

El motor de combustión interna a gas natural requiere de instalaciones auxiliares que deben ser incluidas en la fabricación de una unidad de compresión. Dichas instalaciones complementan los sistemas de refrigeración, lubricación, combustible, arranque y otros.

2.3.2. Compresor

El compresor es accionado por el motor a través de un acoplamiento flexible el cual funciona a la vez como protector del motor en caso de que el compresor se trabe y como amortiguador de las vibraciones propias del desalineamiento de motor y compresor.

El compresor recíprocante puede tener una o varias etapas y en cada una se presenta el fenómeno del calentamiento que es originado por el rápido incremento de la presión del gas.

2.3.3. Enfriador principal

Es un intercambiador de calor aire-gas o aire-agua dependiendo de la aplicación. Consta de uno o varios ventiladores que incrementan el flujo de aire a través de una red de tuberías con disipadores de calor por donde circula el fluido a refrigerar.

El enfriador principal cumple la función de enfriar el gas descargado en cada etapa así como el agua proveniente del sistema de refrigeración

del motor y del compresor. El gas proveniente de la descarga de cada etapa puede alcanzar una temperatura de 138 °C y se desea que el enfriador reduzca dicha temperatura a 49 °C para que el gas pueda ingresar a la siguiente etapa de compresión a la temperatura adecuada.

2.3.4. Equipos auxiliares

Los equipos auxiliares están dispuestos en una unidad de compresión como complemento de los procesos del motor, el compresor y el enfriador.

Los equipos auxiliares del motor varían dependiendo de la potencia de la unidad. Los más comunes son el filtro de gas combustible, el filtro de aceite y el filtro de aire. Cada uno de ellos tiene en su interior elementos filtrantes o cartuchos diseñados para capturar un diámetro de partícula determinado.

Por otro lado el compresor requiere un scrubber o separador de líquidos por cada etapa y botellas de pulsación de succión y descarga por cada cilindro compresor. El separador de líquidos evita que cualquier líquido ingrese a los cilindros de compresión y cause daños en su interior al condensarse y expandirse violentamente. Por su parte, las botellas de pulsación de succión y descarga amortiguan el golpe del gas al ser succionado y descargado en cada cilindro de compresión.

El enfriador a su vez consta de un tanque de compensación en la parte superior el cual está conectado a las líneas de enfriamiento de agua

para eliminar rastros de aire y compensar la expansión que sufre el agua al calentarse.

CAPÍTULO III

CARACTERÍSTICAS DEL COMPRESOR

Toda unidad de compresión es diseñada y construida de acuerdo a los requerimientos particulares de cada servicio. Las condiciones ambientales, la calidad del gas y las características del servicio son factores determinantes para la selección de una unidad de compresión apropiada.

3.1. DESCRIPCIÓN GENERAL

La unidad de compresión consta de un motor superior 16SGT a gas natural de 2650 HP de 16 cilindros en V turboalimentado, el cual se encuentra acoplado a un compresor superior W74 de 4 etapas cuyas descargas son refrigeradas por un enfriador de tuberías horizontales marca Harsco.

La unidad completa se encuentra montada en una plataforma de 3 niveles. El skid principal, donde se encuentran el motor y el compresor, está ubicado en el segundo nivel mientras que el enfriador se encuentra montado en el tercer nivel o nivel superior como se puede observar en el plano PLANOS_INFORME-001-01.

El objetivo de esta unidad es comprimir gas natural succionado a 345 KPa proveniente de los separadores de petróleo crudo de la plataforma y descargarlo a

34500 KPa para reinyectarlo en determinados pozos y evitar así la quema o venteo del gas obtenido en la extracción del petróleo crudo.

3.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

A continuación se detallan las especificaciones técnicas de los equipos que forman parte de la unidad de compresión:

3.2.1. Motor

MARCA	Superior
MODELO	16SGT
COMBUSTIBLE	Gas natural
ALIMENTACIÓN	Turboalimentado
RATIO DE COMPRESIÓN	8.20 : 1
CONTROL	Automático
POTENCIA NOMINAL A 900 RPM (BHP)	2650
VELOCIDAD MÍNIMA (RPM)	600
VELOCIDAD DE OPERACIÓN (RPM)	600 - 900
DIÁMETRO DE CILINDROS (PULG)	10
CARRERA DE PISTONES (PULG)	10.5
CAPACIDAD DE ACEITE EN CARTER (GAL)	220
VOLUMEN DE AGUA EN CAMISAS (GAL)	180

Cuadro 3.1: Especificaciones del motor

3.2.2. Compresor

MARCA	Superior
MODELO	W74
NÚMERO DE TIROS	4
NÚMERO DE ETAPAS	4
CARRERA DE PISTONES (mm)	178
DIÁMETRO DE VÁSTAGO (mm)	64
TENSIÓN MÁXIMA EN VÁSTAGO (KN)	289
DIÁMETRO CILINDRO 1RA ETAPA (mm)	445
DIÁMETRO CILINDRO 2DA ETAPA (mm)	260
DIÁMETRO CILINDRO 3RA ETAPA (mm)	159
DIÁMETRO CILINDRO 4TA ETAPA (mm)	95
MAWP CILINDRO 1RA ETAPA (KPa)	2068
MAWP CILINDRO 2DA ETAPA (KPa)	5654
MAWP CILINDRO 3RA ETAPA (KPa)	17926
MAWP CILINDRO 4TA ETAPA (KPa)	37921

Cuadro 3.2: Especificaciones del compresor

3.2.3. Enfriador principal

CARACTERÍSTICA	SERVICIO		
	1RA ETAPA	2DA ETAPA	3RA ETAPA
MARCA	HARSCO	HARSCO	HARSCO
TAG	E-101	E-201	E-301
MATERIAL	SA-516-70N	SA-516-70N	SA-516-70N
CONEXIÓN ENTRADA	6" X 300# RF	4" X 600# RF	3" X 1500# RTJ
CONEXIÓN SALIDA	6" X 300# RF	4" X 600# RF	3" X 1500# RTJ
MAWP (KPa)	4447 @ 177 °C	8874 @ 177 °C	16203 @ 177 °C
CAIDA DE PRESIÓN (KPa)	37	44	27

Cuadro 3.3: Especificaciones del cooler para la 1ra, 2da y 3ra etapa

CARACTERÍSTICA	SERVICIO		
	4TA ETAPA	H2O PRINC.	H2O AUX.
MARCA	HARSCO	HARSCO	HARSCO
TAG	E-401	E-501	E-601
MATERIAL	SA-516-70N	SA-516-70N	SA-516-70N
CONEXIÓN ENTRADA	2" X 2500# RTJ	8" X 150# RF	4" X 150# RF
CONEXIÓN SALIDA	2" X 2500# RTJ	8" X 150# RF	4" X 150# RF
MAWP (psig)	41369 @ 177 °C	827 @ 149 °C	827 @ 149 °C
CAIDA DE PRESIÓN (psi)	27	70	33

Cuadro 3.4: Especificaciones del cooler para la cuarta etapa y las líneas de agua

CAPÍTULO IV

IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE SISTEMAS

La unidad de compresión está conformada por diversos sistemas, cada uno los cuales cumple una función específica para asegurar el correcto funcionamiento de la unidad. Algunos de los sistemas son compartidos entre el motor y el compresor, por ello se mostrará una sola clasificación.

4.1. SISTEMA DE COMPRESIÓN

El sistema de compresión puede estar conformado por varias etapas; en este caso tenemos 4 etapas para los fines de la unidad de compresión. Cada etapa está conformada por un scrubber o separador de líquidos del gas, una botella de pulsación de succión, un cilindro de compresión, una botella de pulsación de descarga y una sección de cooler o enfriador como se muestra en la figura 4.1. Estas etapas están dispuestas en serie para elevar gradualmente la presión del gas manteniendo una temperatura adecuada. Adicionalmente el sistema consta de válvulas de succión, purga, reciclo, bypass y descarga, las cuales interactúan para mantener una operación automatizada.

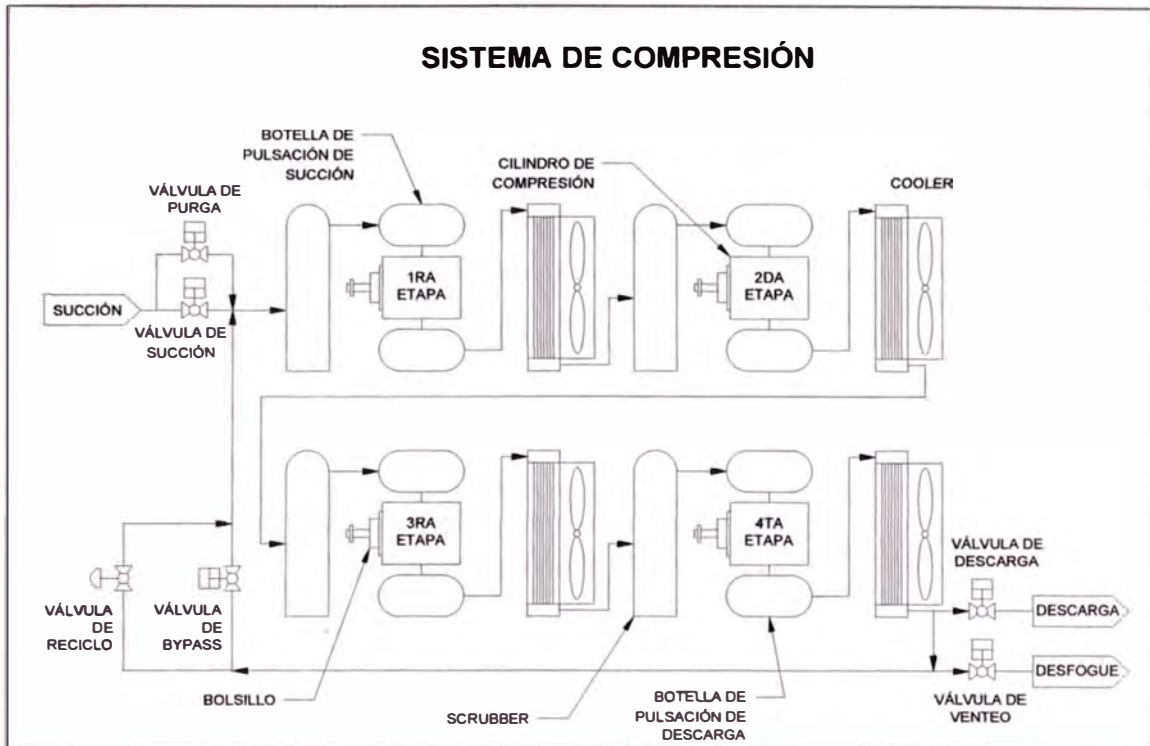


Figura 4.1: Esquema del Sistema de Compresión

4.1.1. Scrubber o separador

El scrubber o separador de líquidos es un recipiente diseñado para retener los líquidos presentes en el flujo de gas. Interiormente consta de una placa vertical que choca frontalmente con el flujo de gas provocando la precipitación del líquido. Este líquido es acumulado en la zona inferior del separador de donde es drenado automáticamente dependiendo del nivel de líquido alcanzado. Por su parte el gas encuentra su salida por la parte superior del separador.

4.1.2. Botellas de pulsación

Las botellas de pulsación están dispuestas inmediatamente antes y después del cilindro de compresión. Su finalidad es la de amortiguar los

golpes de las ondas de presión originadas durante cada ciclo de la cámara de compresión reduciendo así la vibración del conjunto. Su selección se realiza en función de la presión y temperatura de trabajo y de la frecuencia de las pulsaciones producidas en el cilindro de compresión.

4.1.3. Cilindro de compresión

El cilindro de compresión consta de un pistón que realiza un movimiento de ida y vuelta succionando el gas al interior de la cámara de compresión, comprimiéndolo y descargándolo en cada ciclo. Para asegurar la eficiencia de cada ciclo, los cilindros de compresión constan de válvulas de succión y descarga las cuales permiten el paso del gas en un solo sentido, las de succión permiten solamente el flujo hacia el interior de la cámara mientras que las de descarga sólo permiten el flujo hacia el exterior.

Al alejarse el pistón del punto muerto superior provoca una disminución de la presión en la cámara de compresión por debajo de la presión de succión permitiendo la apertura de las válvulas de succión y el paso del gas a la cámara. Cuando el pistón nuevamente retorna a su punto muerto superior, la presión del gas se incrementa hasta superar la presión de descarga permitiendo la apertura de las válvulas de descarga hasta que el pistón se aleja del punto muerto superior y la presión de la cámara disminuye nuevamente para repetir el ciclo.

Este proceso de compresión eleva la temperatura del gas entre 121 °C y 149 °C dependiendo de la temperatura de succión del gas y el salto de presión en el cilindro.

4.1.4. Bolsillo o pocket

El bolsillo es un accesorio del cilindro de compresión diseñado para regular el volumen de la cámara de compresión durante la operación del compresor. Consiste en un pistón accionado exteriormente a través de un tornillo sin fin el cual incrementa el volumen de la cámara de compresión al ser retirado una distancia determinada y viceversa. El efecto inmediato que produce al ser retirado el pistón del pocket es la disminución en el caudal de gas desplazado por el cilindro y la consecuente disminución en la carga transmitida al motor.

4.1.5. Cooler o enfriador

El cooler o enfriador es diseñado para disminuir la temperatura del gas dentro de los márgenes tolerables por los materiales de los componentes del sistema de compresión. Siendo la temperatura de ingreso entre 121 °C y 149 °C, son diseñados para disminuir la temperatura del gas hasta 49 °C.

Internamente consta de tubos con disipadores de calor expuestos a una corriente de aire inducida por un ventilador. El número de tubos, su diámetro y disposición dependen básicamente del flujo de gas y el salto de temperatura deseado.

4.1.6. Válvula de succión

La válvula de succión aísla la línea de succión del compresor. Su función es bloquear el ingreso de gas al sistema de compresión cuando la unidad se encuentra detenida. Básicamente es una válvula de bola controlada eléctricamente desde el panel de la unidad. Esta válvula es abierta al final de la secuencia de arranque cuando el motor alcanza su velocidad estable de operación y está listo para asumir carga.

4.1.7. Válvula de purga

La válvula de purga es instalada en paralelo con la válvula de succión sin embargo es de menor tamaño. Esta válvula es abierta brevemente durante la secuencia de arranque para permitir el barrido del aire remanente en el sistema de compresión hacia el cabezal de venteo para evitar una posible mezcla explosiva con el gas de succión.

4.1.8. Válvula de reciclo

La válvula de reciclo, a diferencia de las otras válvulas, permite la regulación del flujo de gas que pasa a través de ella. Su función es la de permitir la recirculación del gas durante la secuencia de arranque luego que la válvula de succión ha sido abierta. Dicha recirculación estabiliza la presión del gas que ingresa al compresor. Si durante la operación del mismo, la presión de succión disminuye, la válvula de reciclo inicia la recirculación para mantener dicha presión constante.

4.1.9. Válvula de bypass

Es una válvula de bola controlada eléctricamente desde el panel que conecta la succión y la descarga de la unidad. Dicha válvula es abierta automáticamente cuando la unidad es detenida permitiendo el flujo de todo el gas del sistema de compresión hacia el cabezal de venteo.

4.1.10. Válvula de descarga

La válvula de descarga aísla la línea de descarga del compresor. Al igual que la válvula de succión, su función es bloquear el ingreso de gas al sistema de compresión cuando la unidad se encuentra detenida. Es una válvula de bola controlada eléctricamente desde el panel de la unidad. Esta válvula es abierta desde el inicio de la secuencia de arranque, sin embargo no fluye gas a través de ella hasta que la presión de descarga de la unidad supera la presión de la línea de descarga ya que aguas abajo de dicha válvula se encuentra instalada una válvula de no retorno o válvula check la cual no es considerada como parte de la unidad de compresión.

4.2. SISTEMA DE TRANSMISIÓN

Este sistema transmite la energía mecánica producida en las 16 cámaras de combustión del motor hasta los pistones del compresor. Consta de pistones motrices, pines de biela, bielas, cigüeñales, bancadas, acoplamiento, pistones de compresión, crucetas y vástagos como se observa en la figura 4.2.

La explosión del gas combustible en las cámaras de combustión impulsa los pistones motrices que se encuentran conectados al cigüeñal a través de sus respectivas bielas y pines de biela. A su vez el cigüeñal del motor se encuentra

montado sobre 9 bancadas que le dan estabilidad y permiten su movimiento rotacional. Los cigüeñales del motor y del compresor se encuentran unidos a través de un acoplamiento flexible diseñado para amortiguar los pequeños desalineamientos entre el motor y el compresor. El cigüeñal del compresor descansa sobre 4 bancadas y transmite el movimiento hacia el conjunto pistón de compresión – cruceta a través de sus respectivas bielas y pines de biela

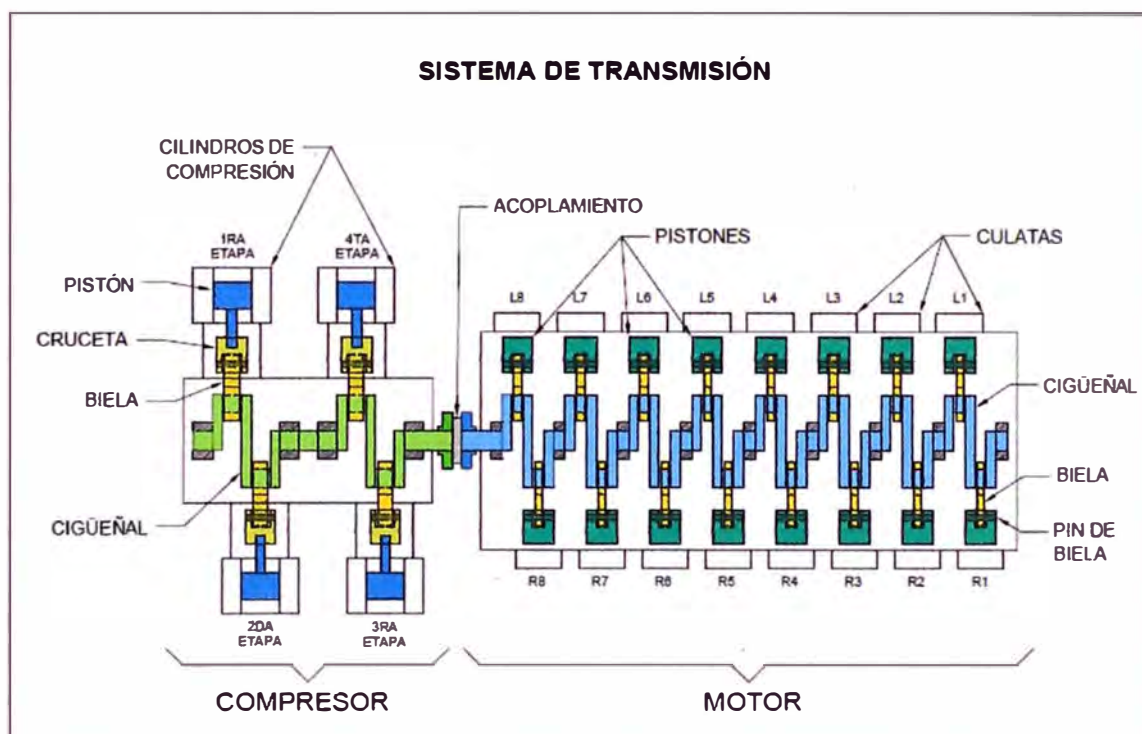


Figura 4.2: Esquema del Sistema de Transmisión

4.2.1. Pistones motrices

Los pistones motrices conforman la cámara de combustión del motor junto con su respectivo cilindro y culata. Realizan un movimiento rectilíneo a través del cilindro y sellan la cámara de combustión gracias a la interacción de sus 5 anillos con el aceite lubricante.

Su diámetro nominal es de 10 pulg (254 mm) sin embargo su diámetro exacto puede variar de 9.985 pulg a 9.991 pulg (253.62 mm a 253.77 mm) dejando una luz entre pistón y cilindro de entre 0.009 pulg y 0.015 pulg (0.23 mm y 0.38 mm).

4.2.2. Pin de biela de motor

El pin de biela del motor une el pistón motriz con su respectiva biela transmitiendo el movimiento rectilíneo del pistón. Su diámetro exacto puede variar entre 3.496 pulg y 3.499 pulg (88.80 mm y 88.87 mm) mientras que el diámetro de su alojamiento varía entre 3.500 pulg y 3.503 pulg (88.90 mm y 88.98 mm).

4.2.3. Biela de motor

La biela del motor transmite el movimiento rectilíneo del cilindro motriz hacia el cigüeñal del motor. En sus puntos de contacto con el pin de biela y con el cigüeñal, tiene instalados unos cojinetes de deslizamiento de acero recubiertos por una aleación de Estaño y Cobre conocida como babbitt.

El diámetro interno en su área de contacto con el pin de biela puede variar de 3.502 pulg a 3.503 pulg (88.95 mm a 88.98 mm). Por otro lado, el diámetro interno en su área de contacto con el cigüeñal varía de 6.379 pulg a 6.382 pulg (162.03 mm a 162.10 mm).

4.2.4. Cigüeñal de motor

El cigüeñal del motor recibe la energía mecánica transmitida desde cada cilindro motriz a través de las bielas, desarrollando un movimiento rotativo uniforme desde donde se transmite la potencia hacia el exterior.

El diámetro nominal del cigüeñal en la zona de contacto con las bancadas es de 8 pulg (203.20 mm), pudiendo variar de 8.001 pulg a 7.995 pulg (203.23 mm a 203.07 mm). En la zona de contacto con las bielas puede variar de 6.376 pulg a 6.370 pulg (161.95 mm a 161.80 mm).

4.2.5. Bancadas de motor

El motor Superior 16 SGT posee 9 bancadas fijas sobre las que descansa el cigüeñal. Estas bancadas se encuentran protegidas en su zona de contacto por una aleación de Estaño y Cobre. El diámetro interno de estas bancadas puede variar de 8.005 pulg a 8.008 pulg (203.33 mm a 203.40 mm).

4.2.6. Acoplamiento flexible

El acoplamiento es el accesorio que une los cigüeñales del motor y del compresor permitiendo la transmisión de potencia. Consta de un conjunto determinado de láminas de acero inoxidable apiladas y unidas por pernos que brindan cierta flexibilidad al conjunto motor – compresor para amortiguar el efecto del desalineamiento remanente. Por su parte los pernos que sujetan el acoplamiento cumplen la función de fusibles mecánicos ya que su número y tamaño es calculado para producir una

rotura en el acoplamiento en caso se trabe algún componente del sistema de transmisión del compresor evitando algún posible daño en el motor.

4.2.7. Cigüeñal de compresor

El cigüeñal del compresor recibe la energía mecánica transmitida desde el motor a través del acoplamiento, desarrollando un movimiento rotativo y transmitiendo potencia hacia los cilindros del compresor. Está fabricado en acero forjado SAE 5046.

El diámetro nominal del cigüeñal del compresor en la zona de contacto con las bancadas y las bielas es de 8 pulg (203.20 mm), pudiendo variar de 8.001 pulg a 7.995 pulg (203.23 mm a 203.07 mm).

4.2.8. Bancadas de compresor

El compresor Superior W74 posee 4 bancadas fijas sobre las que descansa el cigüeñal. Estas bancadas se encuentran protegidas en su zona de contacto por una aleación de Estaño y Cobre. El diámetro interno de estas bancadas puede variar de 8.005 pulg a 8.008 pulg (203.33 mm a 203.40 mm).

4.2.9. Bielas de compresor

Las bielas del compresor transmiten el movimiento del cigüeñal hacia los pistones de compresión. Son fabricadas en acero SAE 1045 y tiene instalados unos cojinetes de deslizamiento de acero recubiertos por babbitt en sus puntos de contacto con el pin de biela y con el cigüeñal, al igual que las bielas del motor.

El diámetro interno en su área de contacto con el pin de biela puede variar de 4.877 pulg a 4.878 pulg (123.88 mm a 123.90 mm). Por otro lado, el diámetro interno en su área de contacto con el cigüeñal varía de 8.004 pulg a 8.007 pulg (203.30 mm a 203.38 mm).

4.2.10. Pines de biela de compresor

El pin de biela del compresor une las bielas con sus respectivas crucetas transmitiéndoles movimiento rectilíneo. Su diámetro varía de variar entre 4.871 pulg y 4.874 pulg (123.72 mm y 123.80 mm) mientras que el diámetro de su alojamiento varía entre 4.875 pulg y 4.878 pulg (123.83 mm y 123.90 mm).

4.2.11. Crucetas

Las crucetas son elementos semicilíndricos diseñados para desarrollar un movimiento rectilíneo a través de un canal o guía. Reciben movimiento directamente desde las bielas y lo transmiten a los pistones de compresión a través de los vástagos. En la zona de contacto con su respectivo canal poseen una cubierta de babbitt

4.2.12. Vástagos

Los vástagos son barras de sección circular que unen los cilindros de compresión con las crucetas. Son elementos determinantes para estimar la capacidad máxima de un cilindro de compresión ya que soportan la carga oscilante de tracción y compresión ejercida por el cambio de presión en el cilindro y la inercia del conjunto. El diámetro del vástago del compresor Superior W74 es de 2.5 pulg (63.50 mm).

4.2.13. Pistones de compresión

Los pistones de compresión son los elementos finales del sistema de transmisión. Conforman la cámara de compresión junto con el cilindro de compresión y el tapón o bolsillo y desarrollan trabajo sobre el gas incrementando la presión del mismo. Están provistos de anillos lubricados que sellan la superficie entre el pistón y el cilindro.

4.3. SISTEMA DE LUBRICACIÓN

La lubricación conforma uno de los sistemas más importantes de la unidad de compresión. A través de diversos dispositivos, este sistema es el encargado de llevar el aceite lubricante a cada punto donde se produzca un movimiento relativo entre componentes tanto en el motor como en el compresor. De esta manera el aceite evita el contacto directo entre superficies metálicas formando una película lubricante entre ellas. Por otro lado, el aceite cumple también la función de refrigerante al absorber parte del calor generado por la fricción.

El sistema de lubricación en la unidad de compresión está dividido en tres subsistemas: Sistema de lubricación normal del motor, sistema de lubricación normal del compresor y sistema de lubricación forzada.

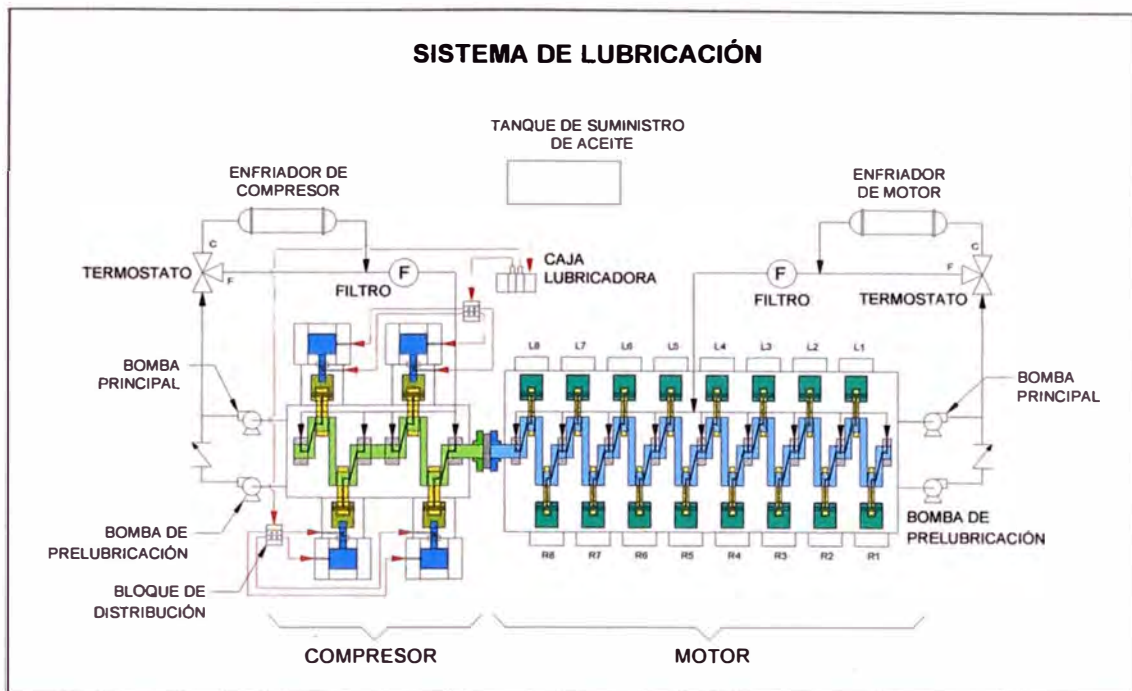


Figura 4.3: Esquema del Sistema de Lubricación

4.3.1. Sistema de lubricación normal de motor

Este subsistema es un circuito cerrado de circulación de aceite a través de las galerías de lubricación del motor. El cigüeñal del motor, a través de un juego de engranajes, acciona una bomba rotativa que succiona el aceite desde la parte inferior del cárter y lo descarga hacia un termostato el cual se encuentra regulado a 74 °C. De esta manera, si la temperatura del aceite se encuentra por encima de este valor, el termostato apertura y deja fluir el aceite hacia un enfriador, de lo contrario el aceite se dirige directamente hacia el filtro y posteriormente ingresa a las galerías de lubricación como se muestra en la figura 4.3.

El aceite en el interior del motor ingresa directamente a las bancadas lubricando la zona de contacto entre las 9 bancadas del motor y

el cigüeñal. A través de unos conductos ubicados en el interior del cigüeñal y las bielas, el aceite circula posteriormente desde las bancadas hasta los pines de biela lubricando las zonas de contacto cigüeñal - biela, biela – pin de biela, pin de biela – pistón y pistón - cilindro de compresión. Luego de lubricar dichas zonas, el aceite cae a la parte inferior del carter para ser succionado por la bomba de aceite y cerrar el circuito.

En paralelo a la bomba de lubricación, se encuentra instalada una bomba de pre-lubricación la cual es activada antes de dar arranque a la unidad. La finalidad de esta bomba es asegurar la presencia de una película de aceite en todos los puntos de lubricación del motor y evitar fricciones durante el arranque.

4.3.2. Sistema de lubricación normal de compresor

Al igual que el sistema de lubricación normal del motor, este sistema es un circuito cerrado de circulación de aceite a través de las galerías de lubricación del compresor. El cigüeñal del motor, a través de una cadena, acciona una bomba rotativa que succiona el aceite desde la parte inferior del cárter y lo descarga hacia un termostato el cual se encuentra regulado a 74 °C. Luego el aceite puede dirigirse directamente al filtro o pasar previamente por el enfriador dependiendo de la apertura o cierre del termostato.

Posteriormente el aceite ingresa al interior del frame del compresor llegando hasta las bancadas y lubricando la zona de contacto entre las 4 bancadas del compresor y el cigüeñal. A través de unos conductos

ubicados en el interior del cigüeñal y las bielas, el aceite circula posteriormente desde las bancadas hasta los pines de biela lubricando las zonas de contacto cigüeñal - biela, biela – pin de biela, pin de biela – cruceta y cruceta – guía. Luego de lubricar dichas zonas, el aceite cae a la parte inferior del cárter del compresor para ser succionado por la bomba de aceite y cerrar el circuito. Adicionalmente, este sistema cuenta con una bomba de pre-lubricación que cumple la misma función descrita para la bomba de pre-lubricación del motor.

4.3.3. Sistema de lubricación forzada de compresor

El sistema de lubricación forzada del compresor ha sido desarrollado para lograr el ingreso de aceite al interior de los cilindros de compresión y al sello de gas ubicado alrededor del vástago. Es un sistema abierto cuyo circuito inicia en un tanque de suministro desde donde fluye el aceite hasta una caja lubricadora. La caja lubricadora es un recipiente cerrado que consta de dos bombines que succionan el aceite de la caja y lo envían independientemente a los bloques de distribución del lado derecho e izquierdo. Dichos bombines son accionados por el cigüeñal a través de un juego de engranajes.

Los bloques de distribución poseen en su interior un juego de pistones accionados en secuencia por el aceite proveniente de los bombines. Dichos pistones envían el aceite en determinadas proporciones hacia los pistones de compresión y a los sellos de gas de los vástagos.

4.4. SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

El sistema de refrigeración permite mantener una temperatura estable en el motor y en los cilindros de compresión a través de la circulación de líquido refrigerante el cual absorbe el calor de los puntos de mayor temperatura y lo elimina en un enfriador como se observa en la figura 4.4. Está dividido en dos subsistemas independientes: sistema de refrigeración principal y sistema de refrigeración auxiliar.

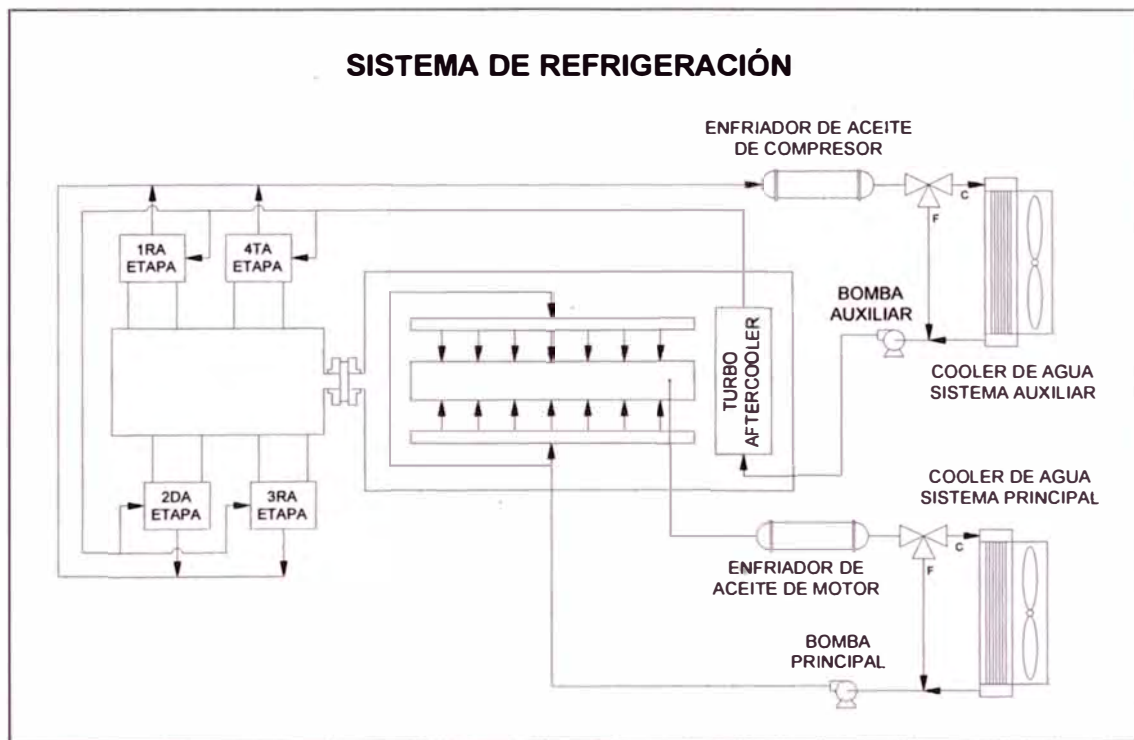


Figura 4.4: Esquema del Sistema de Refrigeración

4.4.1. Sistema de refrigeración principal

El sistema de refrigeración principal tiene por objetivo estabilizar la temperatura del motor y del aceite lubricante del mismo. Es un circuito cerrado donde circula el líquido refrigerante a partir de los manifolds de refrigeración ubicados a cada lado del motor y luego ingresa a las camisas

refrigerando la zona alrededor de los cilindros motrices y las culatas. Posteriormente el refrigerante ingresa al enfriador de aceite del motor en donde alcanza su mayor temperatura y luego a un termostato cuya apertura se produce a 80 °C. Si la temperatura del refrigerante supera dicho valor, el termostato envía el flujo hacia el cooler de agua, de lo contrario lo envía directamente a la succión de la bomba principal cerrando el circuito.

4.4.2. Sistema de refrigeración auxiliar

El sistema de refrigeración auxiliar estabiliza la temperatura del sistema de turbo-aspiración de aire del motor, de los cilindros de compresión de las 4 etapas y del enfriador de aceite del compresor. En este circuito el refrigerante fluye a través del enfriador del aire turbo-aspirado (Turbo Aftercooler) para luego refrigerar las camisas de los cilindros de compresión y luego el enfriador de aceite del compresor donde alcanza su mayor temperatura. El termostato que regula la temperatura del circuito desvía el flujo de refrigerante hacia el cooler del sistema auxiliar cuando éste alcanza los 80 °C.

Adicionalmente este sistema, junto con el sistema de refrigeración principal, cuenta con un tanque de expansión ubicado en la parte superior del cooler por encima de cualquier punto del circuito del refrigerante. Este tanque está dividido en dos partes y conectado individualmente a los sistemas de refrigeración principal y auxiliar para amortiguar el efecto de la dilatación térmica sufrida por el agua durante la operación de la unidad. La

conexión con los sistemas principal y auxiliar se realiza en las líneas de succión de sus respectivas bombas para evitar la cavitación.

4.5. SISTEMA DE ARRANQUE

El sistema de arranque está diseñado para iniciar el giro de la unidad de compresión y elevar la velocidad del conjunto hasta alcanzar las 200 RPM durante la secuencia de arranque. Consta de dos arrancadores neumáticos dispuestos a cada lado de la volante del motor controlados a través de válvulas que reciben la señal de arranque desde el panel de control como se observa en la figura 4.5.

Los arrancadores neumáticos poseen una entrada y salida para el paso de una señal neumática y otra entrada y salida para el gas de arranque. La señal neumática que ingresa al arrancador acciona el mecanismo de expulsión de su piñón para que éste engrane con la cremallera de la volante. Por otro lado, el gas de arranque acciona el rotor del arrancador transmitiéndole la potencia necesaria para vencer la inercia de la unidad de compresión. Tanto la señal neumática como el ingreso del gas de arranque son activados cuando el panel de control envía la señal neumática para el arranque.

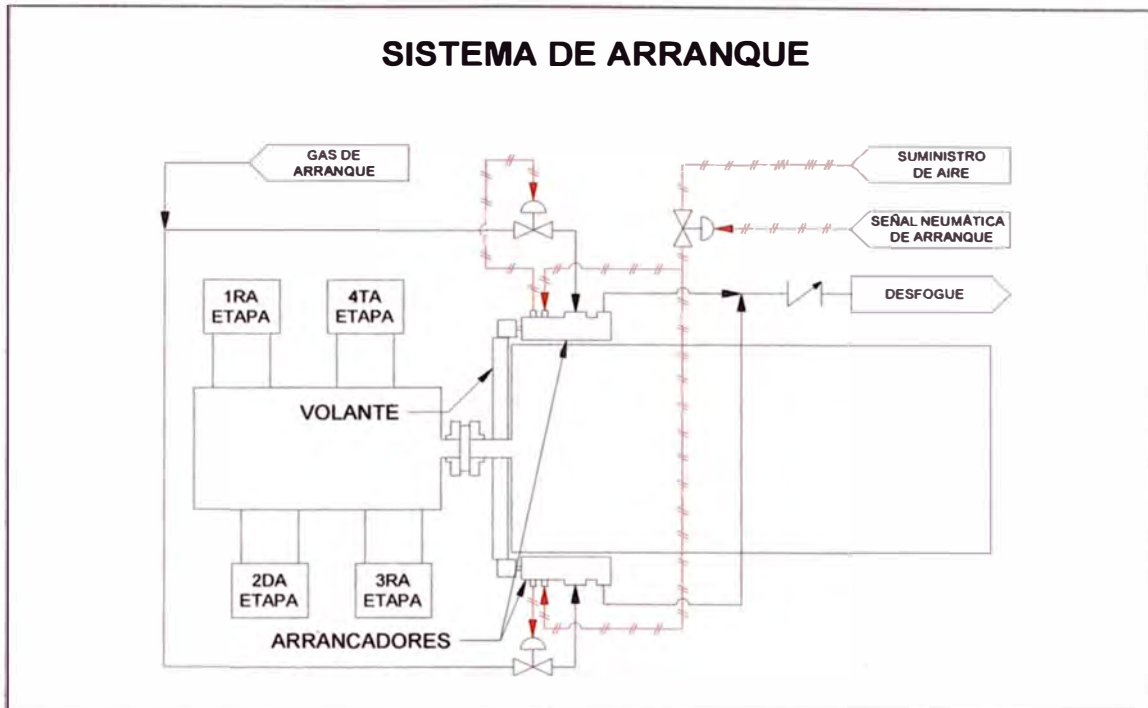


Figura 4.5: Esquema del Sistema de Arranque

4.6. SISTEMA DE GAS COMBUSTIBLE

El sistema de gas combustible comprende el circuito del gas desde la línea de suministro hasta su ingreso a las 16 cámaras de combustión. El gas combustible suministrado ingresa a un filtro que captura las partículas no deseadas. Luego, una válvula reguladora estabiliza la presión del gas a 207 KPa aproximadamente antes de ingresar a una válvula de control que regula el flujo del gas en función de la velocidad del conjunto y a la señal eléctrica recibida desde el panel de control. Posteriormente el gas ingresa a los manifolds de gas combustible ubicados a ambos lados del motor y luego hacia las pre-cámaras de las culatas a través de las válvulas inyectoras las cuales se encuentran sincronizadas con el giro del cigüeñal a través de un eje de levas y un sistema de varillaje.

El gas combustible se mezcla con el aire proveniente de la turbo-admisión en las pre-cámaras formando la mezcla explosiva que ingresa a la cámara de combustión a través de las válvulas de admisión. Los gases remanentes de la combustión son descargados por las válvulas de escape hacia un manifold colector que acumula la presión necesaria para dar movimiento al sistema de turbo-admisión.

Al igual que las válvulas inyectoras, las válvulas de admisión y escape se encuentran sincronizadas con el giro del cigüeñal a través de un eje de levas y un sistema de varillaje.

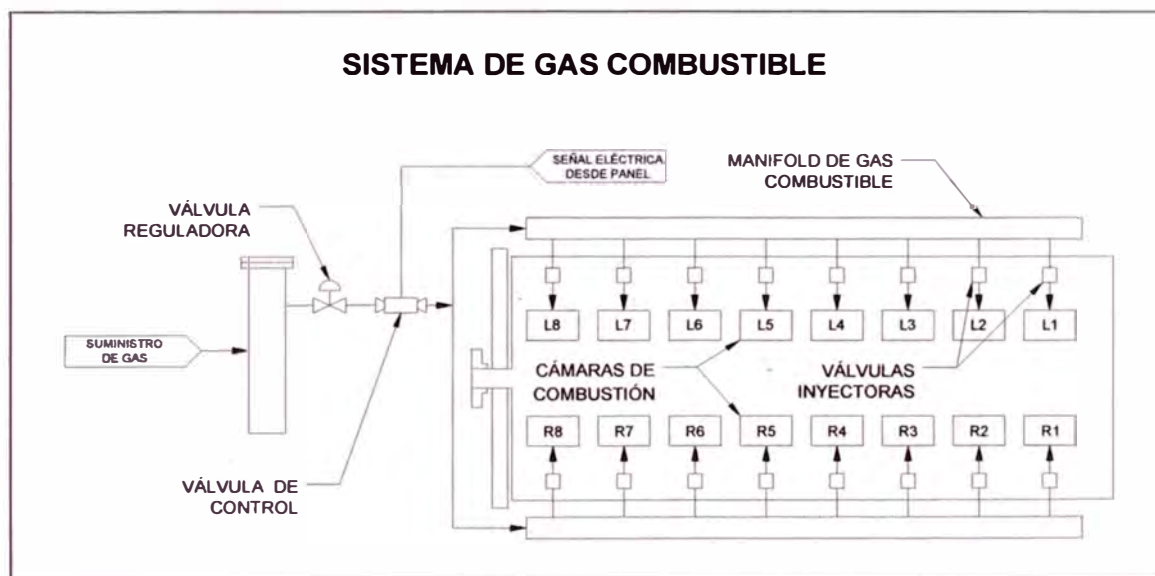


Figura 4.6: Esquema del Sistema de gas combustible

4.7. SISTEMA DE IGNICIÓN

El sistema de ignición complementa al sistema de gas combustible para producir la combustión en las cámaras del motor. Consta de un controlador electrónico de ignición Altronic modelo CPU-95 el cual es alimentado con 24 VDC

provenientes de una fuente externa y envía pulsos eléctricos hacia las 16 bobinas del motor. Las bobinas amplifican el voltaje del pulso eléctrico y lo envían a las bujías para producir la chispa en las cámaras de combustión.

Los pulsos eléctricos enviados por el controlador de ignición CPU-95 son sincronizados a través de un sensor de posición instalado frente a la volante del motor. De esta manera los pulsos son enviados en el momento adecuado a las cámaras de combustión, alrededor de 36° antes de que el pistón alcance su punto muerto superior al final de su ciclo de compresión. Dicho ángulo puede ser corregido externamente con el controlador de ignición.

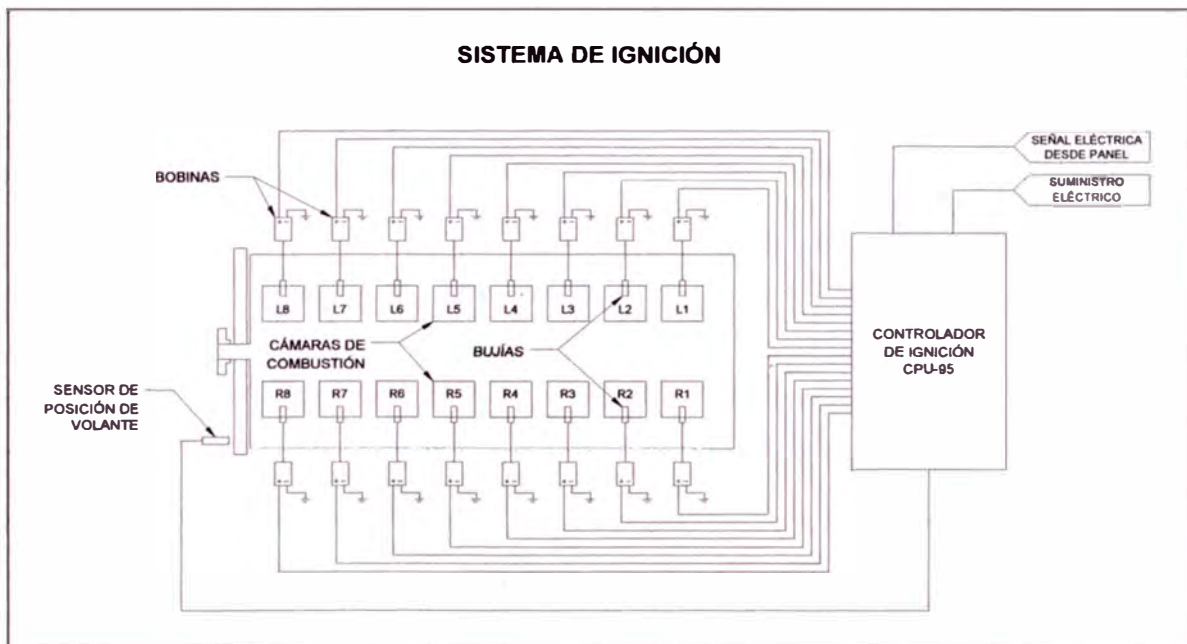


Figura 4.7: Esquema del Sistema de Ignición

4.8. SISTEMA DE DRENAJE

La unidad de compresión produce líquidos de deshecho que deben ser drenados eventualmente. Estos líquidos pueden ser el gas condensado que se

acumula en los scrubbers del compresor como también el aceite residual de la lubricación de los vástagos en los cilindros de compresión. Ambos líquidos son drenados por sistemas independientes como se observa en la figura 4.8.

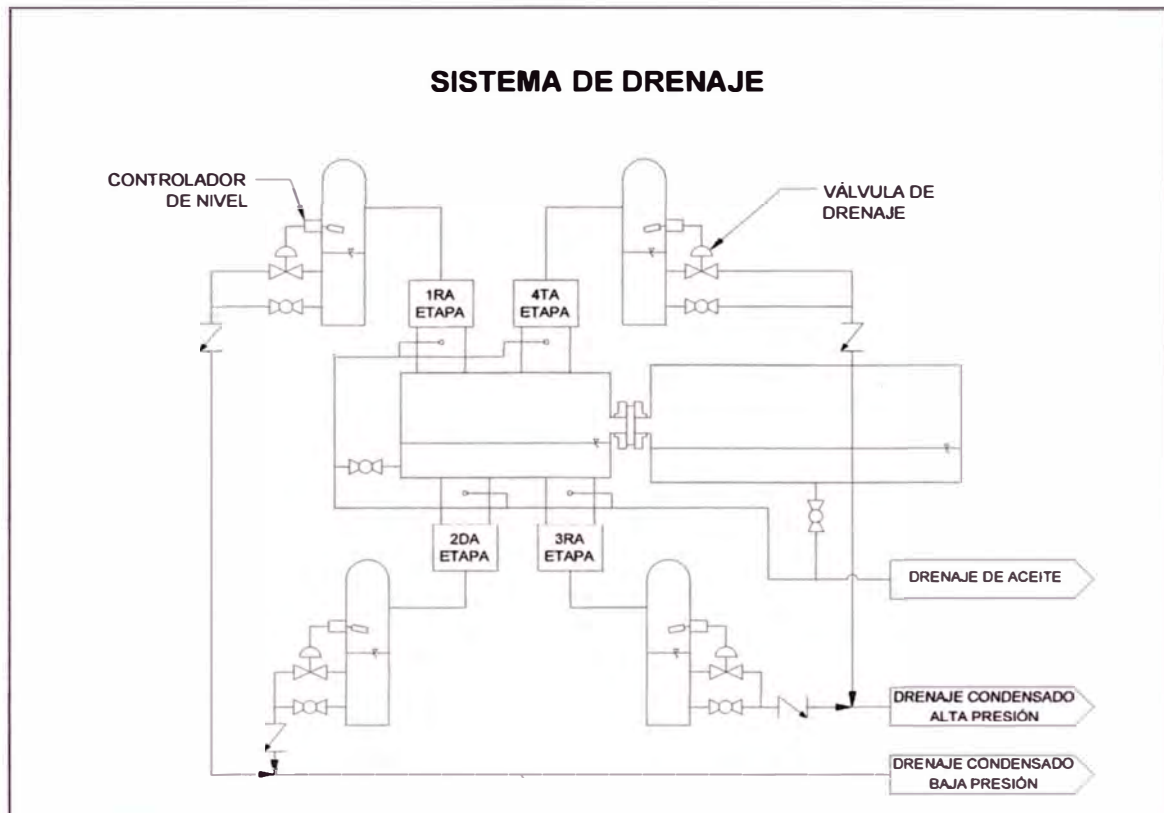


Figura 4.8: Esquema del Sistema de Drenaje

4.8.1. Drenaje de condensado

El condensado acumulado en cada scrubber del compresor es drenado automáticamente gracias a la interacción de controladores de nivel y válvulas neumáticas de control como se observa en la figura 4.1. No obstante, la presión en el interior de cada scrubber varía dependiendo de la etapa a la cual pertenece, por ello los drenajes han sido divididos en un

colector de drenaje de baja presión para la primera y segunda etapas y un colector de drenaje de alta presión para la tercera y cuarta etapas.

4.8.2. Drenaje de aceite

El aceite proveniente del sistema de lubricación forzada que lubrica los vástagos del compresor es acumulado en los espaciadores y requiere ser drenado eventualmente hacia el exterior. Este aceite de deshecho fluye por gravedad hacia un colector de drenaje de aceite.

Por otro lado, existen conexiones desde la parte inferior de los cárteres del motor y compresor hacia el colector de drenaje de aceite, aisladas con válvulas de bola. Estas conexiones permiten eliminar el aceite usado del motor o del compresor durante la ejecución de un mantenimiento.

4.9. SISTEMA DE VENDEO

El sistema de venteo está conformado por 5 válvulas de seguridad y una válvula de venteo conectadas a un colector que deriva a un cabezal de venteo como se observa en la figura 4.9. La función de este sistema es la de interconectar todos los puntos de venteo o alivio de presión y derivarlos hacia el cabezal de venteo.

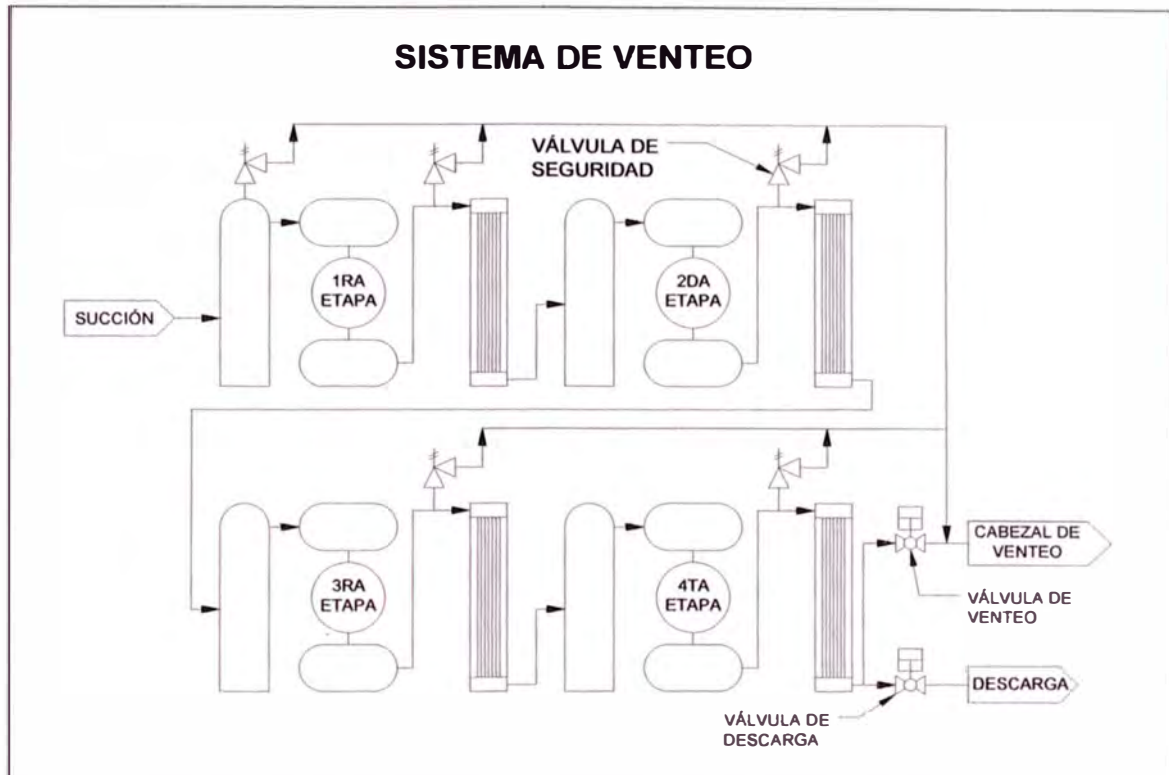


Figura 4.9: Esquema del Sistema de Venteo

4.9.1. Válvulas de seguridad

Las válvulas de seguridad permanecen cerradas durante la operación normal de la unidad de compresión y se abren liberando el gas de las inter-etapas del compresor cuando su presión excede los límites preestablecidos para una operación segura. Las válvulas de seguridad están distribuidas convenientemente en la línea de succión del compresor e inmediatamente después de cada etapa de compresión.

4.9.2. Válvula de venteo

La válvula de venteo es una válvula de bola eléctricamente controlada que permanece abierta a la ausencia de señal de control. Esta válvula conecta el sistema de compresión con el cabezal de venteo y

permite el barrido inicial de gas durante la secuencia de arranque. Cuando la unidad de compresión se detiene, la válvula de venteo se abre automáticamente para asegurar la despresurización de todo el sistema de compresión.

CAPÍTULO V

CONSIDERACIONES AMBIENTALES Y LEGISLACIÓN APLICABLE

5.1. SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE

Normas Relacionadas con las Actividades de Exploración y Explotación de Hidrocarburos:

5.1.1. Normativa aplicable

5.1.1.1. Reglamento de las Actividades de Exploración y Explotación de Hidrocarburos - Decreto Supremo N° 032-2004-EM

El objeto de este reglamento es normar las actividades de exploración y explotación de hidrocarburos en el ámbito nacional, con el fin de obtener la recuperación máxima eficiente de los hidrocarburos de los reservorios, dentro de condiciones que permitan operar con seguridad y protección del medio ambiente.

- Equipos de producción
- Operaciones de producción
- Medidas de seguridad en la producción
- Infracciones y sanciones

5.1.1.2. Reglamento de Medio Ambiente para las Actividades de Hidrocarburos - Decreto Supremo N° 015-2006-EM

Establece las disposiciones para regular la gestión ambiental de las actividades de exploración, explotación, refinación, procesamiento, transporte, comercialización, almacenamiento y distribución de hidrocarburos. Entre los aspectos aplicables a la actividad de comisionamiento, puesta en marcha y operación de compresores de gas natural se tiene:

- Clasificación de estudios ambientales
- Disposiciones de seguridad
- Disposiciones de salud ocupacional
- Disposiciones de integridad medioambiental

5.1.1.3. Reglamento de Seguridad para Actividades de Hidrocarburos - Decreto Supremo N° 043-2007-EM

Este reglamento establece disposiciones de seguridad e higiene para las actividades de hidrocarburos. Entre los aspectos aplicables a la actividad de comisionamiento de una unidad de compresión en una plataforma petrolera tenemos los siguientes:

- Higiene y seguridad del personal
- Equipos y sistemas de protección
- Condiciones de alojamiento de personal
- Seguridad en operaciones de exploración y explotación

- Seguridad en operaciones de plantas de proceso

5.1.1.4. Límites máximos permisibles para las emisiones gaseosas y de partículas de las actividades del sub sector hidrocarburos - Decreto Supremo N° 014-2010 MINAM

De acuerdo a este decreto, los límites máximos permisibles de emisiones gaseosas y de partículas para las actividades de hidrocarburos quedan diferenciados para las actividades en curso hasta el 10 de octubre de 2010 y para las instalaciones nuevas a partir de dicha fecha:

PARÁMETRO REGULADO	Límites máximos permisibles para actividades e instalaciones en curso hasta el 06 de octubre de 2010				Límites máximos permisibles para actividades e instalaciones nuevas a partir del 06 de octubre de 2010	
	Actividades de procesamiento y refinación de petróleo		Actividades de explotación		Explotación en tierra	Actividades de procesamiento y refinación de petróleo
	Concentración en cualquier momento mg/m3 (*)	Concentración media aritmética anual mg/m3 (*)	Concentración en cualquier momento mg/m3 (*)	Concentración media aritmética anual mg/m3 (*)	Concentración en cualquier momento mg/m3 (**)	Concentración en cualquier momento mg/m3 (**)
Material particulado (PM)	400	300	-	-	50	50
Compuestos orgánicos volátiles	-	-	-	-	20	20
Monóxido de carbono para craqueo	2000	1500	-	-	-	-
Sulfuro de hidrógeno (H ₂ S)	-	-	-	-	30	10
Óxidos de Azufre (SO _x)	2500	2000	1200	1000	1000	-
Unidades de recuperación de Azufre	-	-	-	-	-	150
Otras unidades	-	-	-	-	-	500
Óxidos de Nitrógeno (NO _x)	550	500	550	500	-	450
Usando gas como combustible	-	-	-	-	320 (ó 86 ng/J)	-
Usando petróleo como combustible	-	-	-	-	460 (ó 130 ng/J)	-
Níquel (Ni)	-	-	-	-	-	1
Vanadio (V)	-	-	-	-	-	5

Notas:

(*) Medido a 25 °C, 1 Atm, base seca y 11% de exceso de oxígeno

(**) Medido a 0 °C, 1 Atm, base seca y 3% de exceso de oxígeno

Cuadro 5.1: Límites máximos permisibles de emisiones

5.1.2. Consideraciones de seguridad

De acuerdo a la normativa vigente existen consideraciones de seguridad mínimas que deben cumplir las empresas que realizan actividades en el sector de hidrocarburos (Empresas Autorizadas) debido al

riesgo particular que conllevan. Entre las más importantes destacan las siguientes:

5.1.2.1. Seguridad Industrial (Art. 16° DS N° 032-2004-EM)

Cualquier empresa contratista debe contar con personal de seguridad en las operaciones el cual tiene la responsabilidad de monitorear e implementar guías de seguridad así como procedimientos de seguridad en el trabajo.

5.1.2.2. Reuniones de seguridad (Art. 17° DS N° 032-2004-EM)

Las empresas contratistas y subcontratistas deben organizar reuniones de seguridad previas al inicio del trabajo, poniendo especial atención a lo concerniente a los primeros auxilios, equipos de seguridad, control de acceso, plan de contingencias, distancias seguras para el uso de fuentes de energía, seguridad en el transporte, salud ocupacional, consideraciones ambientales, manipulación de combustibles y consideraciones ambientales y/o climatológicas.

5.1.2.3. Permisos de trabajo (Art. 28° DS N° 032-2004-EM y Art. 61° DS N° 043-2007-EM)

Las empresas que desempeñan actividades en el sector hidrocarburos deben poseer un sistema de permisos de trabajo que permita evaluar actividades de alto riesgo tales como trabajos en caliente, trabajos en altura, trabajos en espacios confinados y trabajos en instalaciones eléctricas. Los permisos de trabajo pueden tener una duración de hasta 12 horas y serán emitidos previa verificación de las condiciones de seguridad.

5.1.2.4. Implementos de seguridad (Art. 29° DS N° 032-2004-EM)

Las empresas contratistas deben proveer a su personal la ropa, los implementos adecuados y los equipos de protección necesarios para efectuar las diferentes tareas a realizarse.

5.1.2.5. Letreros de seguridad (Art. 62° DS N° 043-2007-EM)

Se deberá establecer y contar con un número adecuado de letreros, carteles o avisos de seguridad colocados en lugares visibles de acuerdo a los riesgos existentes. Por su parte las salidas y pasillos deberán estar señalizados y mantenerse libres e iluminados.

5.1.2.6. Equipo de comunicación (Art. 64° DS N° 043-2007-EM)

Las Empresas Autorizadas deberán contar con un equipo de radio para las comunicaciones distantes u otro medio de comunicación equivalente que permita una comunicación eficiente y continua.

5.1.2.7. Válvulas de seguridad para recipientes que trabajan a presión (Art. 74° DS N° 043-2007-EM)

Todos los recipientes que trabajan a presión deberán estar provistos de una válvula de seguridad, la cual deberá regularse de acuerdo a las especificaciones técnicas y ser revisada conforme a las instrucciones del fabricante.

5.1.2.8. Sistemas de prevención y extinción de incendios (Art. 80° DS N° 043-2007-EM)

Se deberá disponer de equipos de prevención y extinción de fuegos en la calidad y cantidad adecuada para responder al mayor riesgo individual posible. Los equipos y agentes contra incendio deberán ser listados y probados en su eficiencia y calidad periódicamente.

5.1.2.9. Requisitos para las operaciones marítimas, fluviales o lacustres (Art. 151° DS N° 043-2007-EM)

Para realizar operaciones marítimas, fluviales o lacustres, deberá tenerse en consideración lo siguiente:

- Uso obligatorio del chaleco salvavidas durante el transporte y los transbordos.
- Uso de vestimenta impermeable en zonas de lluvia.
- Uso de arnés de seguridad para el personal expuesto a caídas a diferente nivel.
- Uso de guantes de seguridad.
- Está prohibido el uso de combustibles para realizar limpieza.
- Las máquinas de arranque automático deberán estar señalizadas.
- Los equipos eléctricos deberán ser intrínsecamente seguros.

5.1.2.10. Sistema de informes sobre accidentes (Art. 18° DS N° 032-2004-EM)

Las Empresas Autorizadas deberán implementar un sistema de informes para accidentes y mantener un informe mensual respecto a la gestión de Seguridad, en el que se incluirán las estadísticas de accidentes. Así mismo será responsable de mantener y promover la seguridad, debiendo ejecutar prácticas de emergencia y organizar reuniones de seguridad.

5.1.2.11. Entrenamiento (Art. 20° DS N° 032-2004-EM)

Las Empresas Autorizadas están obligadas a proporcionar entrenamiento permanente a su personal en temas de seguridad, manejo de vehículos, primeros auxilios, prácticas contra incendio, técnicas de supervivencia y plan de contingencias.

5.1.2.12. Programa Anual de Actividades de Seguridad (Art. 21° DS N° 032-2004-EM y Art. 18° DS N° 043-2007-EM)

Es un documento que contiene los objetivos, metas, actividades de análisis y control de riesgos, capacitación, control de emergencias y gestión de incidentes con miras al logro y el mantenimiento de las condiciones óptimas de seguridad. Este documento debe ser presentado anualmente por las empresas contratistas.

5.1.2.13. Formulación de un Plan de Contingencias (PDC) (Art. 22° DS N° 032-2004-EM)

Las empresas contratistas deberán formular un plan de contingencias para sus instalaciones y presentar una copia a OSINERGMIN. Estos planes deben incluir los procedimientos de respuesta e informes para cada uno de los diferentes tipos de emergencia que puedan presentarse en cada instalación.

5.1.3. Consideraciones de medio ambiente

Entre las consideraciones mínimas de medio ambiente que deben cumplir las empresas que realizan actividades en el sector de hidrocarburos (Empresas Autorizadas) tenemos las siguientes:

5.1.3.1. Elaboración de un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) (Art. 48° DS N° 032-2004-EM)

El EIA es un documento de evaluación ambiental para aquellos proyectos de inversión cuya ejecución puede generar impactos ambientales negativos significativos en términos cuantitativos o cualitativos. Dicho estudio deberá ser presentado a la DGAAE, previo a iniciarse cualquier tipo de actividad.

5.1.3.2. Elaboración de un Plan de Manejo Ambiental (PMA) (Art. 49° DS N° 032-2004-EM, Art 34° DS N° 015-2006-EM)

El PMA es un documento que establece las acciones que se implementarán para prevenir, mitigar, rehabilitar o compensar los impactos negativos generados por el desarrollo de un proyecto, obra o actividad.

Incluye los Planes de Relaciones Comunitarias, Monitoreo, Contingencia y Abandono según la naturaleza del proyecto, obra o actividad. La empresa contratista deberá realizar verificaciones regulares de la prevención del impacto y deberá tomar medidas de control de acuerdo con el PMA.

5.1.3.3. Almacenamiento y manipulación de sustancias químicas (Art 44° DS N° 015-2006-EM)

En el almacenamiento y la manipulación de sustancias químicas en general, incluyendo lubricantes y combustibles, se deberá evitar la contaminación del aire, suelo, las aguas superficiales y subterráneas y se seguirán las indicaciones contenidas en las hojas de seguridad MSDS (Material Safety Data Sheet) de los fabricantes. Para ello, el almacenamiento deberá proteger y/o aislar a las sustancias químicas de los agentes ambientales y realizarse en áreas impermeabilizadas y con sistemas de doble contención.

5.1.3.4. Perturbaciones en ambientes acuáticos (Art. 58° DS N° 032-2004-EM, Arts 40° y 49° DS N° 015-2006-EM)

Las empresas contratistas deberán instruir a su personal sobre la forma de minimizar las perturbaciones, actuales o potenciales, de la vida salvaje, tanto en tierra como en los cuerpos de agua. Está terminantemente prohibido que cualquier persona lleve a cabo actividades de caza y pesca, recolección de especies de flora y fauna silvestre, mantenimiento de animales en cautiverio, así como la introducción al territorio nacional de especies no nativas.

Por otro lado, está prohibida la disposición de residuos o efluentes líquidos en cuerpos o cursos de agua así como en tierra, si no se cuenta con la autorización de la autoridad pertinente sobre las coordenadas del punto de vertimiento. Las aguas residuales industriales deben ser segregadas y tratadas por separado para cumplir con los respectivos Límites Máximos Permisibles (LMP) vigentes.

5.1.3.5. Manejo de desechos (Arts. 76°, 77° y 78° DS N° 032-2004-EM)

El manejo de desechos debe ser monitoreado y se debe contar con un registro de los mismos según el Programa de Manejo Ambiental (PMA). Los desechos no biodegradables deben recibir un tratamiento adecuado según el PMA respectivo.

5.2. MANEJO DE RESIDUOS Y EVALUACIÓN DE EMISIONES

Durante las actividades de comisionamiento, puesta en marcha y operación de una unidad de compresión se produce la generación elementos contaminantes como trapos industriales impregnados de aceite, guantes, mascarillas, filtros, etc. Por otro lado, durante la operación rutinaria de la unidad se generan adicionalmente residuos líquidos (Aceites e hidrocarburos condensados) y residuos gaseosos provenientes del motor.

5.2.1. Manejo de residuos

Los residuos generados pueden clasificarse en residuos sólidos, líquidos y gaseosos:

5.2.1.1. Residuos sólidos

Los residuos sólidos en su mayoría son conformados por elementos de protección personal (EPP) usados y elementos de limpieza como paños y trapos industriales que normalmente quedan impregnados de aceite o hidrocarburo. Otros elementos contaminantes son los repuestos retirados de la unidad de compresión como los filtros de aceite o empaquetaduras. Todos estos residuos contaminados son separados y trasladados por empresas especializadas en la eliminación de residuos contaminados.

5.2.1.2. Residuos líquidos

Los residuos líquidos están conformados por el aceite usado y por los hidrocarburos condensados que se forman en el interior de los separadores o scrubbers. El aceite puede provenir de los espaciadores de los cilindros de compresión donde se realiza la lubricación forzada o también como resultado del cambio de aceite del cárter del motor o compresor durante los mantenimientos preventivos.

De acuerdo al diseño del proceso en la plataforma, los residuos de aceite e hidrocarburos condensados son drenados hacia recipientes especialmente acondicionados y luego ingresados a la línea de proceso de crudo para ser reaprovechados.

5.2.1.3. Residuos gaseosos

Los residuos gaseosos están conformados principalmente por los gases de escape del motor. Estos gases contienen Monóxido de Carbono (CO), Monóxido de Nitrógeno (NO), Dióxido de Nitrógeno (NO₂), Dióxido de

Azufre (SO₂) y algunos otros gases en menor proporción. La cantidad de gas emanado es controlada por el MINAM y no debe exceder los límites máximos establecidos.

5.2.2. Evaluación de emisiones

Las emisiones de gases para todas las actividades en el sector hidrocarburos están limitadas de acuerdo al Decreto Supremo N° 014-2010 MINAM. Los valores máximos permisibles se encuentran resumidos en el cuadro 5.1.

Con la finalidad de verificar el cumplimiento de los límites máximos permisibles para las emisiones gaseosas se realizaron mediciones a la unidad de compresión, las cuales se muestran en detalle en el cuadro III.1. Dichas mediciones se realizaron con un analizador portátil TESTO 350 el día 12 de noviembre de 2012 entre las 9:40 hrs y 15:47 hrs. Los resultados finales son los siguientes:

Parámetro regulado	Fórmula	Valor promedio de la medición (mg/m ³)	Límite máximo establecido (mg/m ³)
Monóxido de Carbono	CO	710.4	2000
Óxidos de Nitrógeno	NO _x	480.3	550
Dióxido de Azufre	SO ₂	11.5	1200

Cuadro 5.2: Comparación de las emisiones del motor Superior con los límites máximos normados

CAPÍTULO VI

DESARROLLO DEL COMISIONAMIENTO Y OPERACIÓN

6.1. COMISIONAMIENTO

El proceso de comisionamiento es la etapa más crítica que pudiera realizarse en una unidad de compresión. Cada uno de los sistemas requiere ser verificado con especial atención ya que existen múltiples factores que podrían alterar su correcto funcionamiento. Luego de completadas estas tareas se inicia la operación de la unidad.

El comisionamiento consiste en ejecutar de manera estructurada y documentada el conjunto de acciones que se requieren para lograr la puesta en servicio de la unidad de compresión. Estas acciones finalmente tienen por objeto traspasar la unidad de compresión al personal encargado de la operación garantizando la seguridad, confiabilidad y performance requerida.

La totalidad del proceso de comisionamiento debe ser documentada en el dossier de la unidad de manera que se pueda contar con todos los documentos de cada sistema que permitan la trazabilidad de las pruebas realizadas.

El comisionamiento propiamente dicho se divide en 4 etapas: Completación mecánica, actividades de pre-comisionamiento, actividades de comisionamiento y puesta en servicio.

6.1.1. Completación mecánica

La completación mecánica es una verificación de que la unidad de compresión ha sido construida e instalada de acuerdo a las especificaciones finales de diseño, respetando las recomendaciones de los fabricantes y las normas y regulaciones aplicables. De haber alguna inconformidad, ésta debe ser levantada como parte de este proceso.

Para los fines de la completación mecánica de la unidad de compresión fue necesario verificar las instalaciones detalladas en los planos de arreglo general, los diagramas de proceso y los diagramas auxiliares indicados en el siguiente cuadro:

ITEM	DESCRIPCIÓN	NRO DE PLANO	REVISIÓN
1	ARREGLO GENERAL - VISTA DE PLANTA	PLANOS_INFORME-002-01	1
2	ARREGLO GENERAL - VISTA DE ELEVACIÓN IZQUIERDA	PLANOS_INFORME-002-02	1
3	ARREGLO GENERAL - VISTA DE ELEVACIÓN DERECHA	PLANOS_INFORME-002-03	1
4	ARREGLO GENERAL - VISTA DE ELEVACIÓN FRONTAL	PLANOS_INFORME-002-04	1
5	ARREGLO GENERAL - VISTA DE ELEVACIÓN POSTERIOR	PLANOS_INFORME-002-05	1
6	DIAGRAMA DE PROCESO - PRIMERA Y SEGUNDA ETAPAS	PLANOS_INFORME-003-01	1
7	DIAGRAMA DE PROCESO - TERCERA Y CUARTA ETAPAS	PLANOS_INFORME-003-02	1
8	DIAGRAMAS AUXILIARES - SISTEMA DE LUBRICACIÓN	PLANOS_INFORME-004-01	1
9	DIAGRAMAS AUXILIARES - SISTEMA DE GAS COMBUSTIBLE Y ARRANQUE	PLANOS_INFORME-004-02	1
10	DIAGRAMAS AUXILIARES - SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	PLANOS_INFORME-004-03	1
11	DIAGRAMAS AUXILIARES - EQUIPOS MAYORES	PLANOS_INFORME-004-04	1
12	DIAGRAMAS AUXILIARES - VENTEOS Y DRENAJES	PLANOS_INFORME-004-05	1
13	DIAGRAMAS AUXILIARES - REFRIGERACIÓN DE CILINDROS COMPRESORES	PLANOS_INFORME-004-06	1

Cuadro 6.1: Lista de planos verificados para la completación mecánica

La información contenida en cada plano incluye una codificación de los instrumentos y accesorios instalados en cada sistema de la unidad de compresión los cuales fueron verificados físicamente. El detalle de esta codificación se encuentra en el cuadro IV.1.

6.1.2. Actividades de pre-comisionamiento

Consiste en la verificación, documentación y realización de las pruebas necesarias para comprobar el correcto funcionamiento de todos los sistemas de la unidad de compresión.

A continuación se describe las actividades desarrolladas como parte del pre-comisionamiento de cada sistema. La lista de verificación y los reportes relativos a estas actividades se muestran en los Apéndices V y VI respectivamente.

6.1.2.1. Aspectos Generales

Para poder realizar un planeamiento adecuado del trabajo de pre-comisionamiento es necesario contar con los manuales de repuestos, servicio y operación del motor, del compresor y de todos los componentes auxiliares de la unidad de compresión.

Una de las tareas iniciales es la verificación de la nivelación y la medición de la deflexión de la base de la unidad. Por otra parte se debe verificar el ajuste de los pernos de las válvulas en general.

6.1.2.2. Sistema de Compresión

El pre-comisionamiento del sistema de compresión consiste en la instalación del filtro en la línea de succión, la verificación de las válvulas de bloqueo y las válvulas check en la succión y descarga, el ajuste de todos los soportes y la verificación de todas las válvulas de seguridad del sistema.

6.1.2.3. Sistema de Transmisión

El pre-comisionamiento del sistema de transmisión es un proceso crítico ya que se realizan verificaciones que podrían evitar fallas mayores durante la puesta en servicio de la unidad. Se realizan verificaciones de alineamiento en frío, ajuste adecuado de pernos de acoplamiento, verificación de juegos axiales, verificación de holguras de crucetas, verificación de la deflexión de los vástagos, nivelación de espaciadores y verificación de guardas de protección.

6.1.2.4. Sistema de Lubricación

Las actividades de pre-comisionamiento del sistema de lubricación incluyen una limpieza y purgado de todas las líneas de aceite, verificación de conectores, llenado de aceite de los cárteres del motor y del compresor, llenado de aceite a la caja lubricadora del sistema de lubricación forzada, y pre-lubricación general de la unidad.

6.1.2.5. Sistema de Refrigeración

Se verifica todas las conexiones entre el cooler y el panel de control, se verifica el torque de los pernos de los cubos de los ventiladores, se

ajustan los pernos de los rodamientos del cooler y se verifican las conexiones de las líneas de venteo hacia el tanque de expansión. Se llena además con refrigerante todo el sistema teniendo especial cuidado de eliminar el aire remanente.

6.1.2.6. Sistema de Arranque

En el sistema de arranque es necesario verificar que los lubricadores de los arrancadores cuenten con la cantidad necesaria de aceite lubricante y a su vez éstos deben girar manualmente sin dificultad.

6.1.2.7. Sistema de Admisión

Se realiza la instalación de los filtros de gas combustible y filtros de aire del motor. Se verifica además la operatividad de las válvulas reguladoras y controladoras de gas combustible.

6.1.2.8. Sistema de Ignición y Escape

Se realiza la verificación de las hoiguras de las bujías y la operatividad de las válvulas de admisión y escape del motor. Se verifica además la correcta instalación de la línea de escape y sus soportes así como la correcta instalación de la junta de expansión.

6.1.2.9. Panel de Control

Se realiza la conexión del panel de control y se verifica el ajuste de los indicadores de presión y temperatura dentro de los rangos apropiados.

6.1.3. Actividades de comisionamiento

Las actividades de comisionamiento están orientadas a garantizar que los sistemas probados previamente interactúen entre sí de acuerdo a las especificaciones de fabricación. Luego de realizadas estas actividades, la unidad de compresión se encuentra lista para la puesta en servicio.

A continuación se describe las actividades desarrolladas como parte del comisionamiento de cada sistema que conforma la unidad de compresión. La lista de verificación relativa a estas actividades se muestra en el cuadro V.2.

6.1.3.1. Sistema de Compresión

Se retiran todos los platos ciegos del sistema de compresión y se realiza el purgado de las líneas con un flujo de gas dirigido hacia el flare o quemador de la plataforma. Se verifica la ausencia de fugas.

6.1.3.2. Sistema de Transmisión

Se verifica la conformidad del sistema de transmisión a través de un giro manual a la unidad de compresión y posteriormente un giro con la ayuda de los arrancadores bloqueando los sistemas de admisión e ignición.

6.1.3.3. Sistema de Lubricación

Se verifica que el aceite llegue a todos los puntos de lubricación de la unidad de compresión y se descarta la presencia de fugas.

6.1.3.4. Sistema de Refrigeración

Se verifica la ausencia de fugas en el sistema y la operatividad de las bombas principal y auxiliar.

6.1.3.5. Sistema de Arranque

Se realiza el purgado de la línea de gas de arranque desplazando gas hacia el quemador o flare. Se descarta la presencia de fugas.

6.1.3.6. Sistema de Gas Combustible

Se realiza el purgado de la línea de gas combustible desplazando gas hacia el quemador o flare. Se descarta la presencia de fugas.

6.1.3.7. Panel de Control

Se verifica la operatividad de las alarmas y paros así como el sistema de comunicación del panel de control con el cuarto de control de la plataforma.

6.1.4. Puesta en servicio

Esta etapa consiste en verificar que la unidad de compresión opera como un todo de acuerdo con las especificaciones de diseño, procediendo gradualmente a poner carga a la unidad de un modo controlado, seguro y confiable hasta alcanzar las condiciones normales de operación. En esta etapa se verifica el performance de la unidad de compresión.

En la práctica es común que se realicen repetidos intentos de arranque debido a problemas de configuración o detalles no considerados

durante los procesos anteriores, sin embargo es recomendable cumplir de la manera más estricta posible con las etapas de la puesta en servicio que se indican a continuación. Las listas de verificación para estas etapas se encuentran en el VI.3.

6.1.4.1. Arranque sin carga

Es recomendable que luego del primer arranque de la unidad se controlen los parámetros sin carga y se logre mantener esta condición durante 30 minutos y luego parar la unidad para hacer una primera verificación de todos los sistemas.

6.1.4.2. Primer arranque con carga

Luego de completadas las verificaciones propias del arranque sin carga se procede a arrancar la unidad nuevamente aumentando carga gradualmente. Esta prueba debe durar aproximadamente 2 horas, tiempo en el cual la unidad de compresión alcanza la temperatura normal de trabajo en todos sus sistemas y se puede hacer una verificación eficiente de los parámetros de operación. Se procede a parar la unidad y se realizan las verificaciones respectivas.

En esta etapa se realiza la verificación de la performance de la unidad. Originalmente se realizaban los cálculos de performance haciendo uso de las ecuaciones del punto 2.2.2.1, sin embargo hoy en día existen simuladores computarizados que realizan dicha tarea de manera rápida y eficiente como el software Compass v.1.1.116 el cual es proporcionado por el fabricante de los compresores Superior. En el siguiente cuadro se

muestran los valores de performance calculados usando las ecuaciones del punto 2.2.2.1, los valores obtenidos en el simulador Compass v.1.1.116 para compresores Superior y los valores registrados durante el primer arranque con carga de la unidad. El detalle de los cálculos realizados, la simulación en computadora y los parámetros registrados en esta etapa son mostrados en los Apéndices VII, VIII y IX respectivamente.

PARÁMETRO	UNIDAD	Performance calculado con ecuaciones	Performance de simulación en computadora	Performance real
Caudal desplazado en cada etapa	m ³ /s	3.63	2.36	2.29
Potencia total de la unidad	KW	2383	1463	-
Carga de compresión 1ra etapa	KN	124	138	-
Carga de compresión 2da etapa	KN	149	146	-
Carga de compresión 3ra etapa	KN	184	164	-
Carga de compresión 4ta etapa	KN	187	196	-
Carga de tensión 1ra etapa	KN	119	124	-
Carga de tensión 2da etapa	KN	133	123	-
Carga de tensión 3ra etapa	KN	133	108	-
Carga de tensión 4ta etapa	KN	42	44	-
Temperatura de descarga 1ra etapa	°C	93	118	105
Temperatura de descarga 2da etapa	°C	130	138	129
Temperatura de descarga 3ra etapa	°C	129	135	122
Temperatura de descarga 4ta etapa	°C	115	127	105

Cuadro 6.2: Comparación del performance calculado con ecuaciones, simulado en computadora y real del equipo

6.1.4.3. Segundo arranque con carga

Finalmente, luego de haber completado las etapas anteriores se procede a dar un segundo arranque con carga pero esta vez con el objetivo de mantener la unidad en operación continua por siete días luego de los cuales se deben realizar las verificaciones finales para dar por concluida la etapa de comisionamiento propiamente dicha.

6.2. OPERACIÓN

La operación de una unidad de compresión requiere la participación de personal entrenado capaz de controlar la unidad ante variaciones en las condiciones de operación así como detectar problemas potenciales que pudieran presentarse en el equipo.

Para operar una unidad de compresión existen rutinas establecidas para la verificación de puntos clave lo cual ayuda a mantener una operación confiable. Por su parte la experiencia del personal encargado es un complemento importante para mantener la integridad operativa de la unidad.

6.2.1. Rutinas de verificación

La rutina de verificación establecida para la unidad de compresión debe realizarse diariamente y prestando la atención debida a los detalles. Es el operador la primera persona que puede detectar anomalías en su fase inicial y reportarlas para actuar a tiempo y evitar daños mayores. Las rutinas constan de las siguientes tareas:

6.2.1.1. Motor

Se deben realizar diariamente las siguientes inspecciones en el motor:

- Verificar el nivel de agua en el sistema de refrigeración principal y auxiliar
- Verificar fugas de agua
- Verificar la temperatura de agua
- Verificar la presión de vacío en el cárter

- Descartar la presencia de líquidos en las líneas de escape
- Observar el color de los gases de escape
- Verificar fugas en el sistema de gas combustible
- Verificar la presión de gas combustible
- Verificar temperatura del aire que ingresa al manifold de admisión
- Verificar nivel de aceite en el cárter
- Verificar fugas de aceite
- Verificar presión y temperatura del aceite del sistema de lubricación
- Verificar temperatura de los cilindros motrices
- Verificar fugas en el sistema de gas en el sistema de arranque
- Verificar nivel de aceite de los lubricadores de los arrancadores
- Descartar sonidos inusuales

6.2.1.2. Compresor

Se deben realizar diariamente las siguientes inspecciones en el compresor:

- Verificar nivel de aceite en el cárter
- Verificar nivel de aceite en la caja de bombines del sistema de lubricación forzada.
- Verificar fugas de aceite
- Verificar presión y temperatura del aceite del sistema de lubricación
- Verificar la temperatura de descarga del gas en cada etapa
- Descartar sonidos inusuales

6.2.2. Registro de parámetros de operación

Este registro se realiza con la finalidad de controlar las tendencias de los parámetros de operación y detectar posibles fallas en la unidad de compresión. Es una herramienta simple y muy útil para el personal de mantenimiento.

Es recomendable tomar la lectura de los parámetros de operación cada 4 horas durante las guardias diurnas y nocturnas y mantener los registros en físico para su rápida revisión.

El formato utilizado para el registro de parámetros se muestra en el Apéndice IX y contiene los parámetros de las primeras horas de operación de la unidad de compresión.

CONCLUSIONES

1. Se ha completado el proceso de comisionamiento de una unidad de compresión conformada por un motor Superior 16SGT y un compresor Superior W74 cumpliendo una secuencia ordenada de procedimientos para garantizar la integridad de la unidad. Así mismo se dio inicio a la operación de dicha unidad teniendo en consideración las mejores prácticas detalladas en el punto 6.2
2. Las características y especificaciones de la unidad de compresión que fue comisionada han sido detalladas en los capítulos 3 y 4 así como en los planos adjuntos. Esta información ha sido corroborada satisfactoriamente en la unidad de compresión durante las etapas de completación mecánica y pre-comisionamiento.
3. En el punto 6.1 se ha desarrollado el procedimiento para el comisionamiento de una unidad de compresión el cual es complementado con los formatos de verificación de los apéndices V y VI. Dicho procedimiento ha sido puesto en práctica para comisionar exitosamente la unidad de compresión a la cual hace referencia este informe.
4. Se han llevado a cabo las rutinas de verificación y el registro de parámetros como se indica en el punto 6.2 y el apéndice IX logrando mantener una operación estable de la unidad de compresión.

BIBLIOGRAFÍA

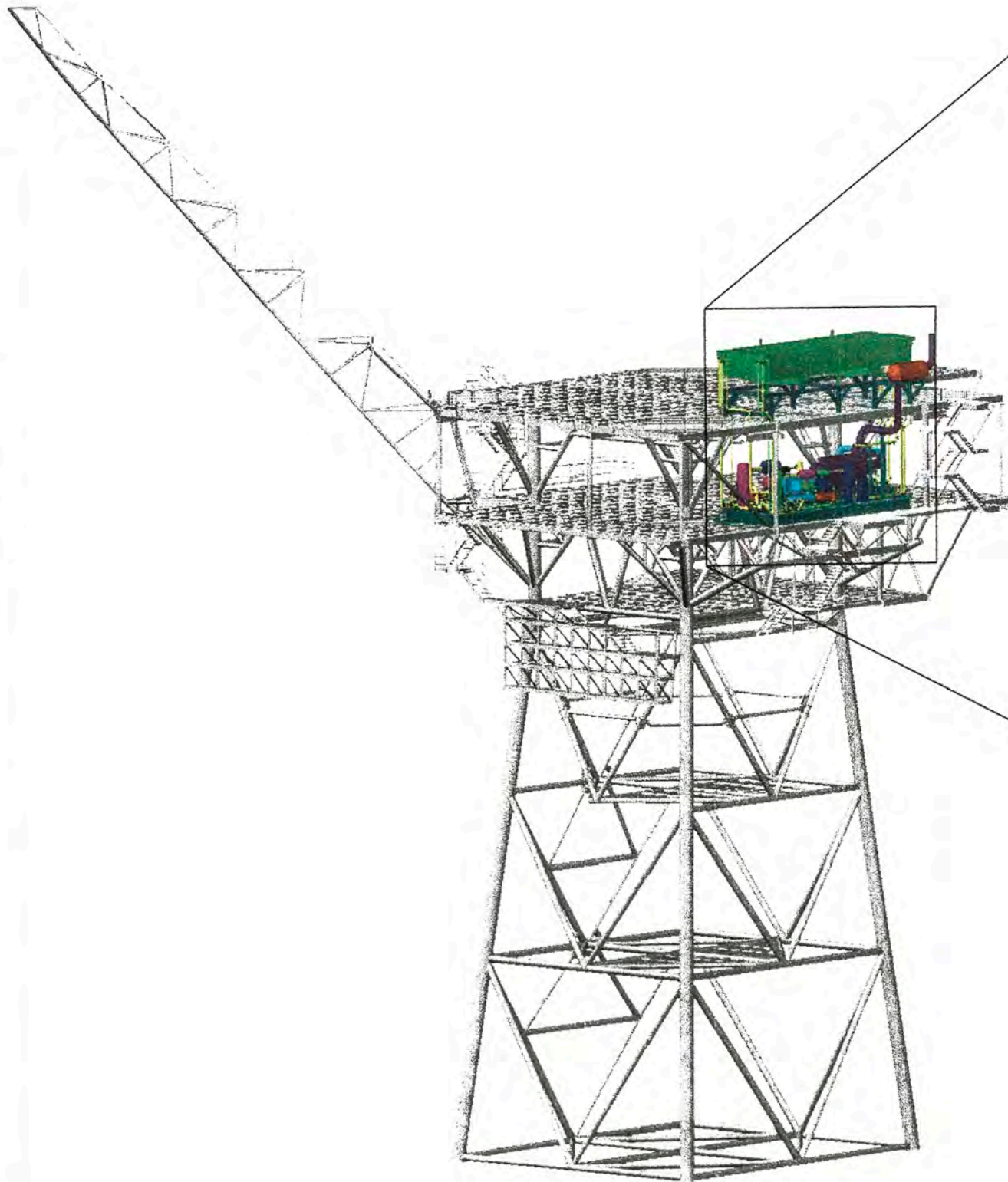
- API 618, 2007, "Reciprocating compressors for petroleum, chemical and gas industry services", Fifth Edition, American Petroleum Institute, Washington DC, USA
- Gas Processors Suppliers Association (GPSA), "Engineering Data Book", Twelfth Edition, Tulsa, Oklahoma, USA
- Cooper Industries, "W7 Superior Compressor Operators Manual", Houston, Texas, USA
- Cooper Industries, "Operation & Maintenance Instruction Manual 12GTL, 16GTL, 12SGT & 16SGT Turbocharged Vee Gas Engines", Houston, Texas, USA
- Endyn Corporation, "Data, ratings & clearances for White Superior Engines"
- Cengel, Y. Boles, M, 2012, "Termodinámica", Sexta Edición, Editorial Mc Graw Hill, México DC, México

- Gómez P, “Curso de Diseño y Cálculo de Compresores”, Universidad Nacional de Piura, Perú
- Stone S, “Process and Treating Commissioning Guideline”, Exterran Energy Solutions, Houston, Texas, USA
- Página web del Ministerio de Energía y Minas de Perú:
<http://www.minem.gob.pe/>
- Página web del Ministerio del Ambiente de Perú:
<http://www.minam.gob.pe/>

PLANOS

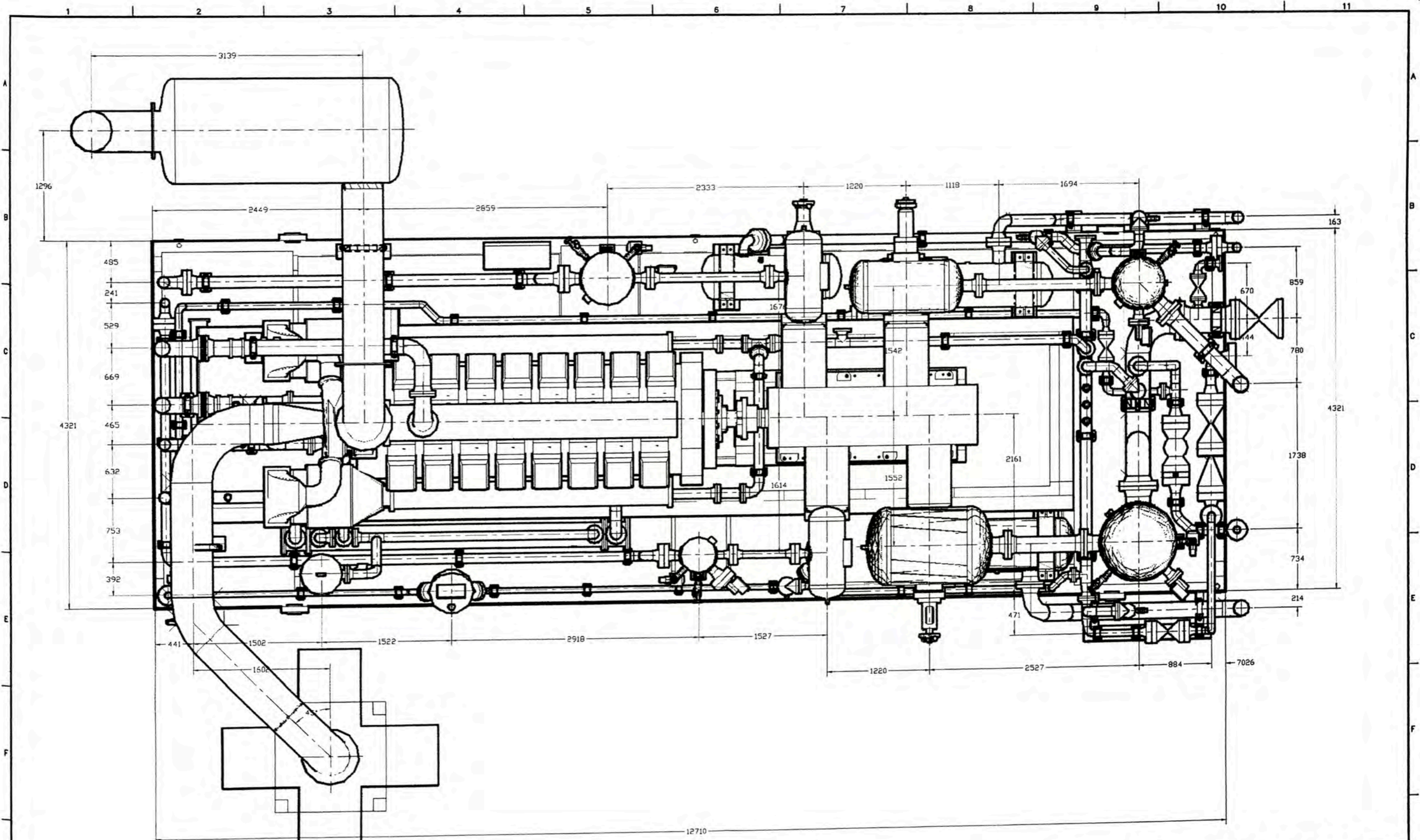
ITEM	DESCRIPCIÓN	NRO DE PLANO	REVISIÓN	FECHA
1	UBICACIÓN DE LA UNIDAD DE COMPRESIÓN	PLANOS_INFORME-001-01	1	16-11-13
2	ARREGLO GENERAL - VISTA DE PLANTA	PLANOS_INFORME-002-01	1	16-11-13
3	ARREGLO GENERAL - VISTA DE ELEVACIÓN IZQUIERDA	PLANOS_INFORME-002-02	1	16-11-13
4	ARREGLO GENERAL - VISTA DE ELEVACIÓN DERECHA	PLANOS_INFORME-002-03	1	16-11-13
5	ARREGLO GENERAL - VISTA DE ELEVACIÓN FRONTAL	PLANOS_INFORME-002-04	1	16-11-13
6	ARREGLO GENERAL - VISTA DE ELEVACIÓN POSTERIOR	PLANOS_INFORME-002-05	1	16-11-13
7	ARREGLO GENERAL - VISTA GENERAL	PLANOS_INFORME-002-06	1	16-11-13
8	DIAGRAMA DE PROCESO - PRIMERA Y SEGUNDA ETAPAS	PLANOS_INFORME-003-01	1	16-11-13
9	DIAGRAMA DE PROCESO - TERCERA Y CUARTA ETAPAS	PLANOS_INFORME-003-02	1	16-11-13
10	DIAGRAMAS AUXILIARES - SISTEMA DE LUBRICACIÓN	PLANOS_INFORME-004-01	1	16-11-13
11	DIAGRAMAS AUXILIARES - SISTEMA DE GAS COMBUSTIBLE Y ARRANQUE	PLANOS_INFORME-004-02	1	16-11-13
12	DIAGRAMAS AUXILIARES - SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	PLANOS_INFORME-004-03	1	16-11-13
13	DIAGRAMAS AUXILIARES - EQUIPOS MAYORES	PLANOS_INFORME-004-04	1	16-11-13
14	DIAGRAMAS AUXILIARES - VENDEOS Y DRENAJES	PLANOS_INFORME-004-05	1	16-11-13
15	DIAGRAMAS AUXILIARES - REFRIGERACIÓN DE CILINDROS COMPRESORES	PLANOS_INFORME-004-06	1	16-11-13

Cuadro 7.1: Lista de planos



REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	DB.	APR.
D1	AS BUILT	18-11-13	MLD	DJE
REVISIONES				

COMISIONAMIENTO Y OPERACIÓN DE UNA UNIDAD DE COMPRESIÓN PARA REINYECCIÓN DE GAS NATURAL CON 2650 HP			
TÍTULO UBICACIÓN DE LA UNIDAD DE COMPRESIÓN			
DESEÑADO: MARCO LUNA	FECHA: 18-11-2013	APROBADO: DANIEL JIMENEZ	ESCALA: NO DEFINIDA
DIBUJO NRO: PLANOS_INFORME-001-01		HOJA NRO: 01 DE 01	REVISIÓN: 01



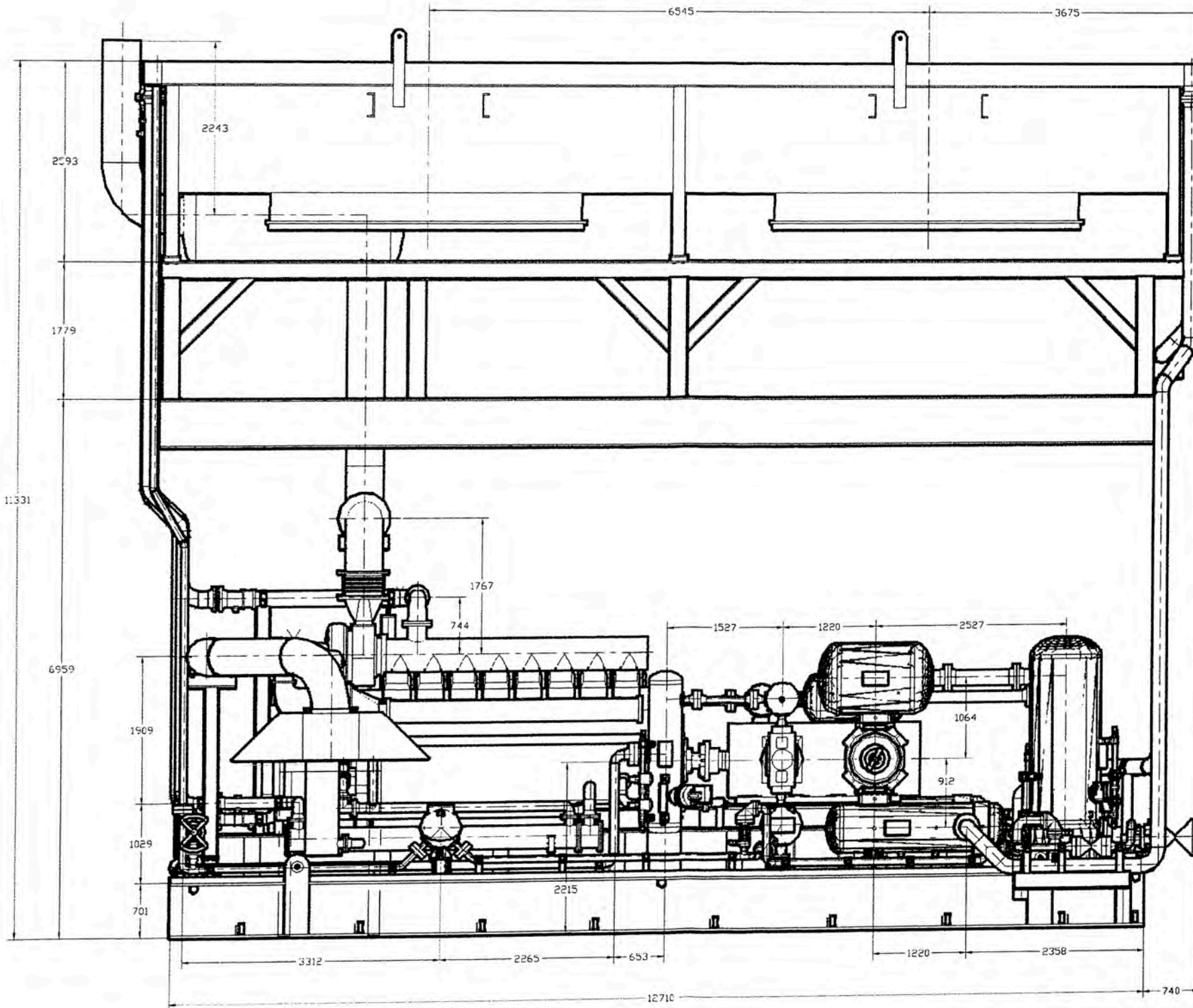
REV.	DESCRIPCION	FECHA	DIB.	APR.
01	AS BUILT	18-11-2013	M.L.D.	D.J.E.
REVISIONES				

COMISIONAMIENTO Y OPERACIÓN DE UNA UNIDAD DE COMPRESIÓN PARA REINYECCIÓN DE GAS NATURAL CON 2650 HP

TÍTULO: ARREGLO GENERAL VISTA DE PLANTA

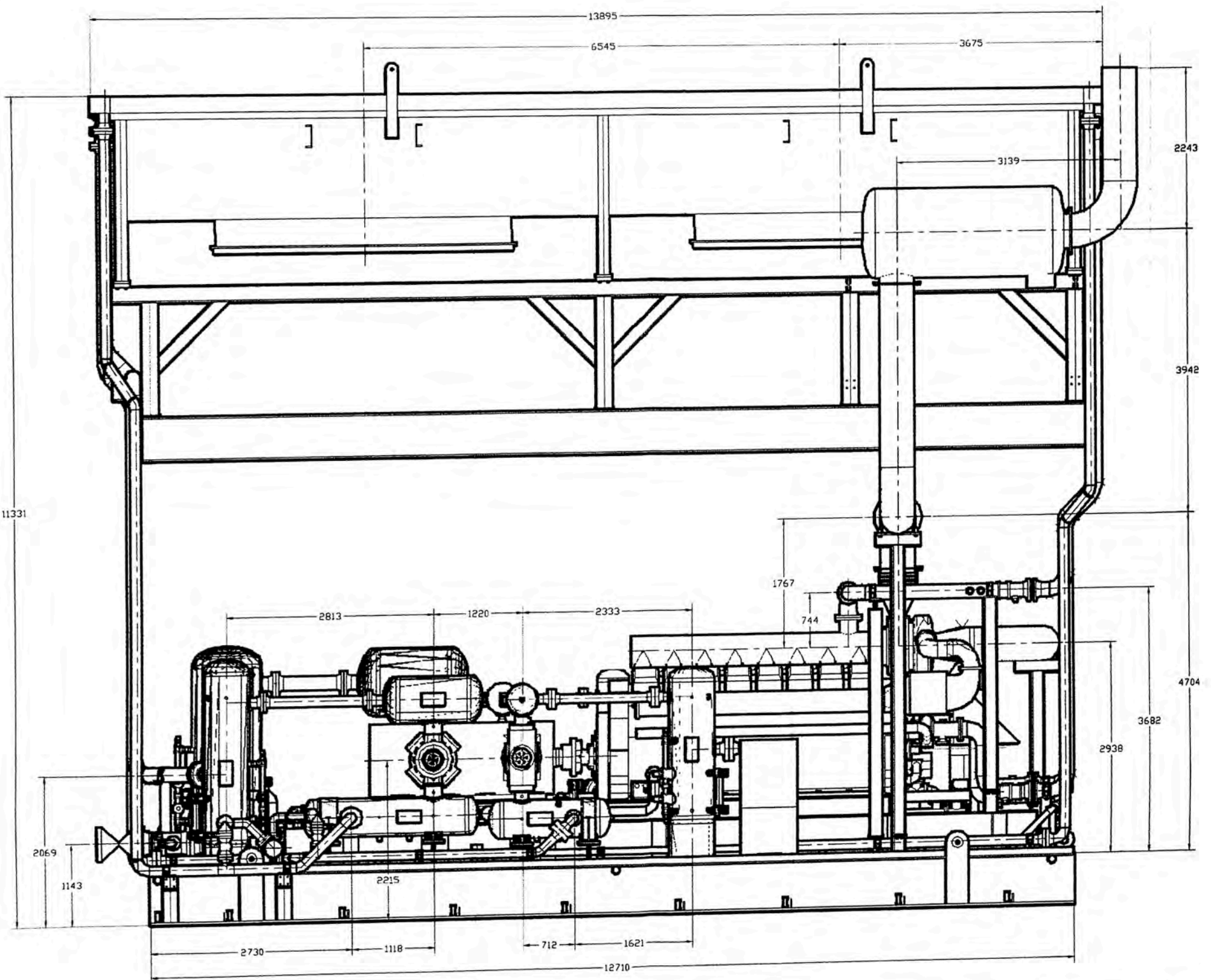
DISEÑADO: MARCO LUNA FECHA: 18-11-2013 APROBADO: DANIEL JIMENEZ ESCALA: 1:40

DIBUJO NRO: PLANOS_INFORME-002-01 HOJA NRO: 01 DE 06 REVISIÓN: 01



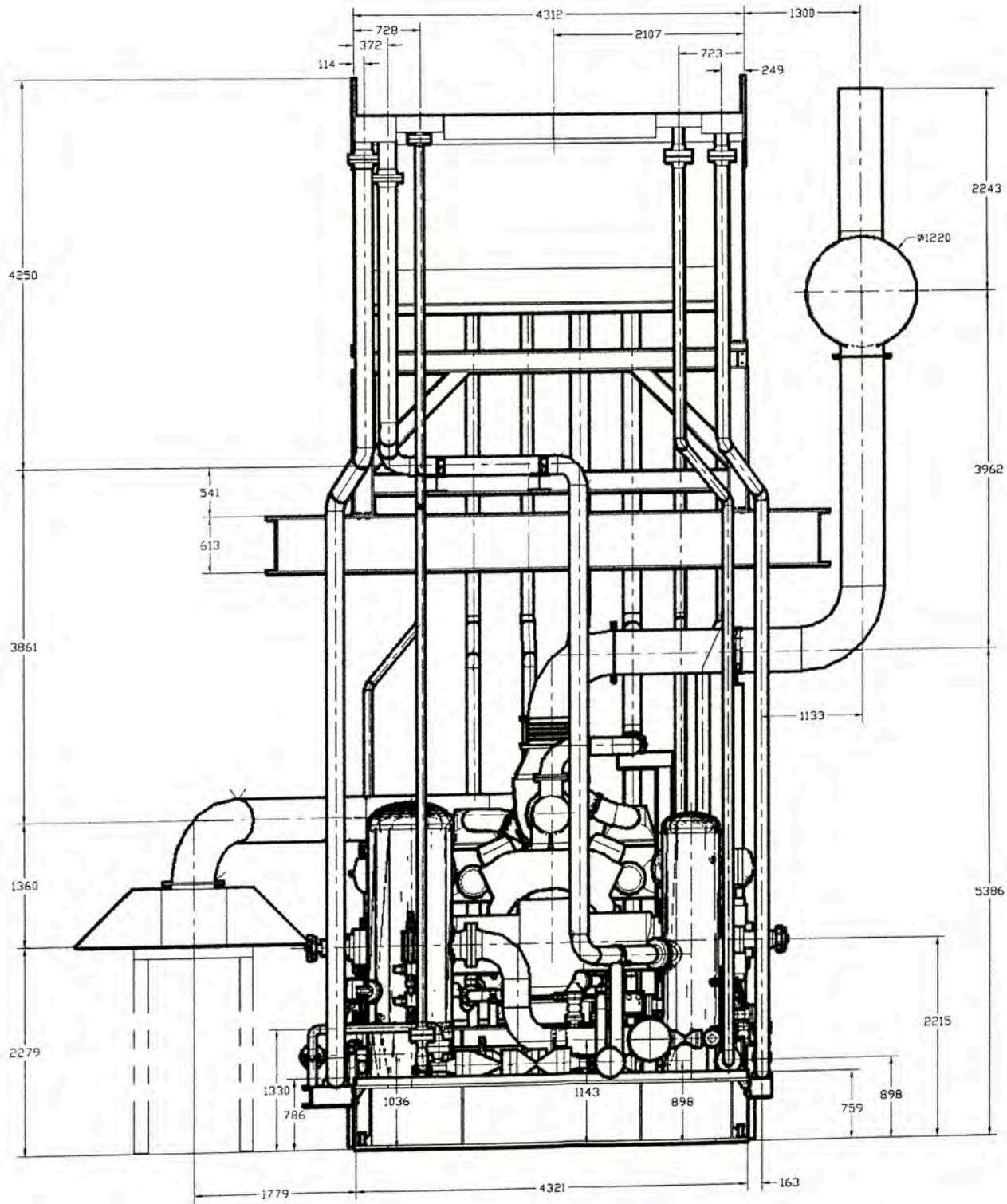
REV.	DESCRIPCION	FECHA	DIB.	APR.
01	AS BUILT	18-11-13	M.L.D.	D.J.E.
REVISIONES				

COMISIONAMIENTO Y OPERACION DE UNA UNIDAD DE COMPRESION PARA REINYECCION DE GAS NATURAL CON 2650 HP			
TITULO ARREGLO GENERAL VISTA DE ELEVACION IZQUIERDA			
DIBUJADO: MARCO LUNA	FECHA: 18-11-2013	APROBADO: DANIEL JIMENEZ	ESCALA: 1:80
SIBUS NRO: PLANOS_INFORME-002-02		HOJA NRO: 02 DE 08	REVISION: 01



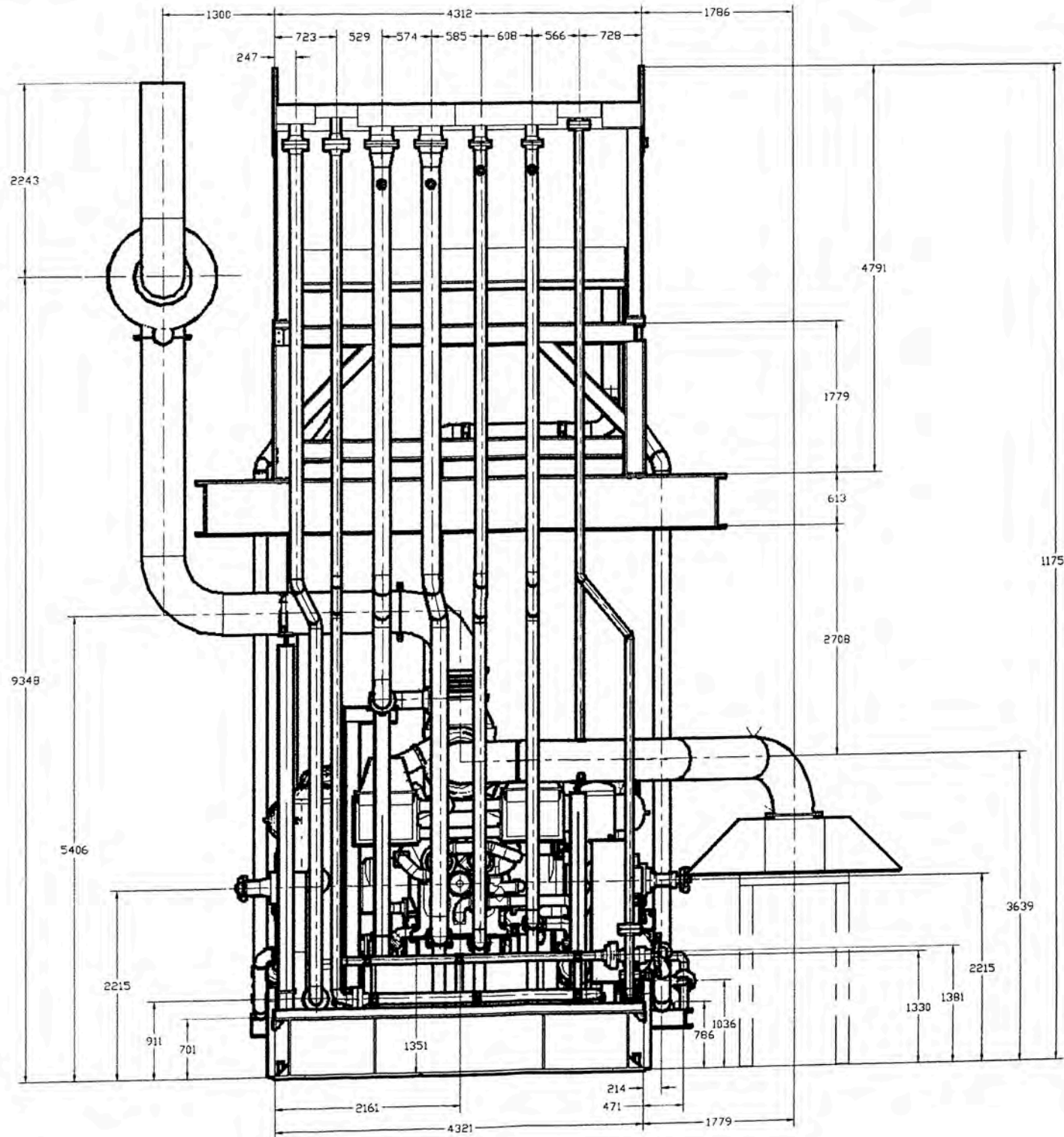
REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	DIS.	APR.
01	AS BUILT	18-11-13	MLD	DJE
REVISIONES				

COMISIONAMIENTO Y OPERACIÓN DE UNA UNIDAD DE COMPRESIÓN PARA REINYECCIÓN DE GAS NATURAL CON 2850 HP			
TÍTULO ARREGLO GENERAL VISTA DE ELEVACIÓN DERECHA			
DIBUJADO: MARCOS LLANA	FECHA: 18-11-2013	APROBADO: DANIEL JIMENEZ	ESCALA: 1:80
DIBUJO NRO: PLANOS INFORME-002-03	HOJA NRO: 03 DE 08	REVISIÓN: 01	



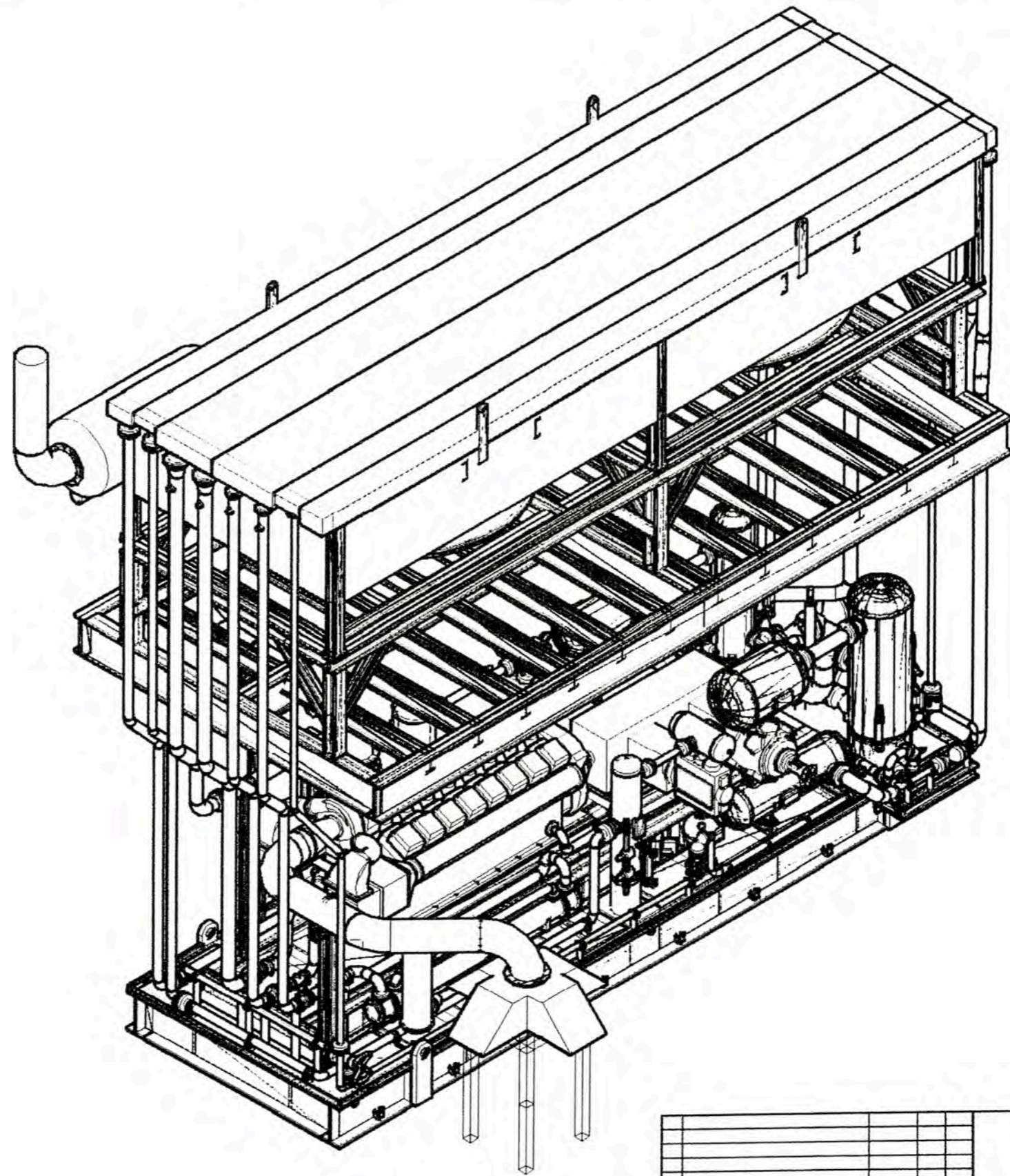
REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	DIB.	APR.
01	AS BUILT	18-11-13	MLD	DJE
REVISIONES				

COMISIONAMIENTO Y OPERACIÓN DE UNA UNIDAD DE COMPRESIÓN PARA REINYECCIÓN DE GAS NATURAL CON 2850 HP			
TÍTULO ARREGLO GENERAL VISTA DE ELEVACIÓN FRONTAL			
DIBAJADO: MARCOS LUNA	FECHA: 18-11-2013	APROBADO: DANIEL JIMENEZ	ESCALA: 1:80
DIBUJO NRO: PLANOS_INFORME-002-04		HOJA NRO: 04 DE 08	REVISIÓN: 01



REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	DIB.	APR.
01	AS BUILT	18-11-13	MLD	DJE
REVISIONES				

COMISIONAMIENTO Y OPERACIÓN DE UNA UNIDAD DE COMPRESIÓN PARA REINYECCIÓN DE GAS NATURAL CON 2850 HP			
ARREGLO GENERAL			
VISTA DE ELEVACIÓN POSTERIOR			
DIBUJADO: MARCO LUNA	FECHA: 18-11-2013	APROBADO: DANIEL JIMENEZ	ESCALA: 1:80
DIBUJOS NROS: PLANOS_INFORME-002-05		HOJA NRO: 05 DE 08	REVISIÓN: 01



REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	DIB.	APR.
01	AS BUILT	18-11-13	MLD	DJE
REVISIONES				

COMISIONAMIENTO Y OPERACIÓN DE UNA UNIDAD DE COMPRESIÓN PARA REINYECCIÓN DE GAS NATURAL CON 2650 HP			
TÍTULO ARREGLO GENERAL VISTA GENERAL			
DIBUJADO: MARCO LUÑA	FECHA: 18-11-2013	APROBADO: DANIEL JIMENEZ	ESCALA: NO DEFINIDA
DIBUJO NRO: PLANOS_INFORME-002-08	Hoja NRO: 08 DE 08	REVISIÓN: 01	

V-101 SCRUBBER DE SUCCIÓN 1RA ETAPA
 Ø 24" x 80' LONG.
 530 PSIG MAWP @ 150°F
 MATERIAL: SA-105-B

V-102 BOTTLE DE PULSACIÓN DE SUCCIÓN 1RA ETAPA
 Ø 24" x 36' LONG.
 300 PSIG MAWP @ 150°F
 MATERIAL: SA-105-B

V-103 BOTTLE DE PULSACIÓN DE DESCARGA 1RA ETAPA
 Ø 24" x 76' LONG.
 300 PSIG MAWP @ 150°F
 MATERIAL: SA-105-B

K-101 CILINDRO COMPRESOR 1RA ETAPA
 MARCA: SUPERIOR
 MODELO: 107
 DIÁMETRO: 17.5 PULG
 MAWP: 300 PSIG

E-101 (IC-1) INTERCOOLER 1RA ETAPA
 640 PSIG MAWP @ 350°F

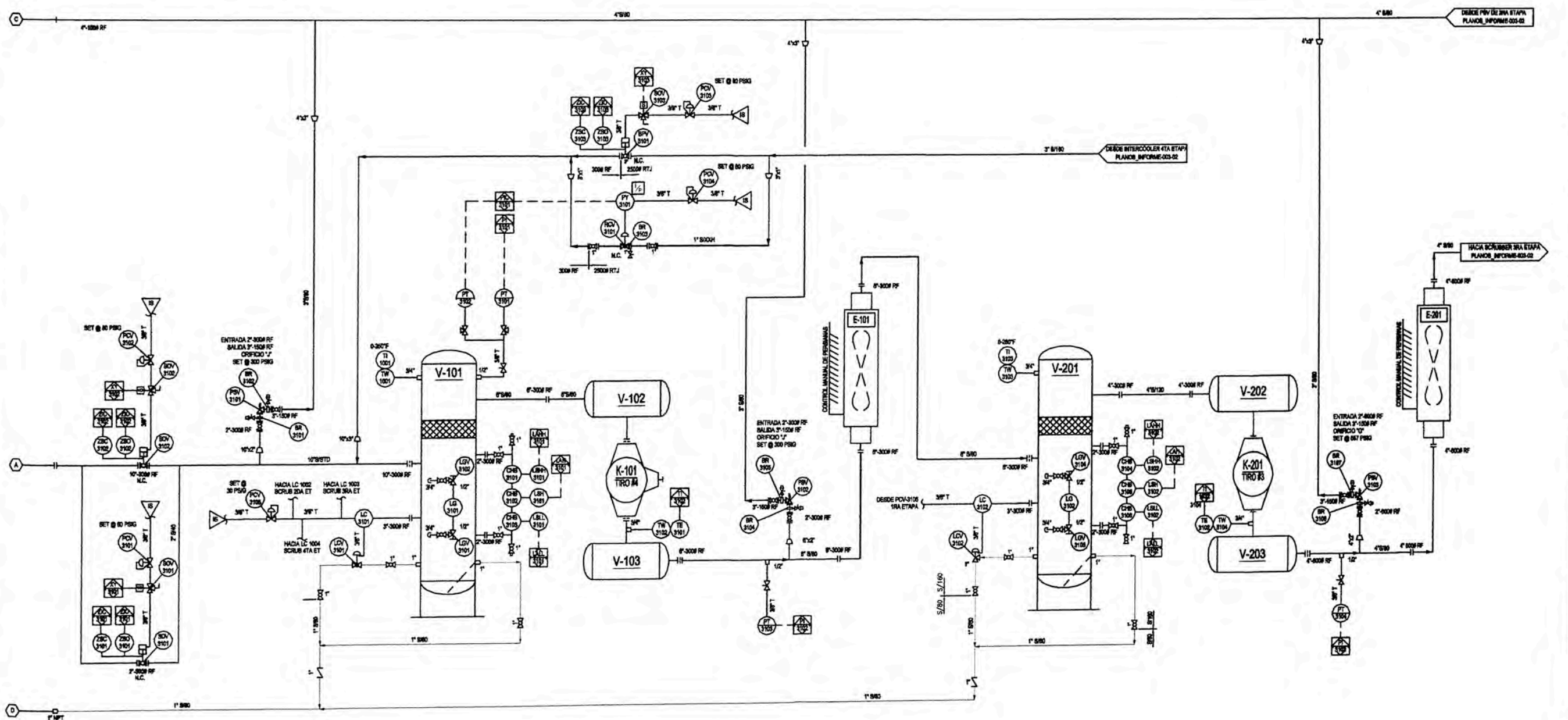
V-201 SCRUBBER DE SUCCIÓN 2DA ETAPA
 Ø 24" x 80' LONG.
 565 PSIG MAWP @ 150°F
 MATERIAL: SA-105-B

V-202 BOTTLE DE PULSACIÓN DE SUCCIÓN 2DA ETAPA
 Ø 24" x 36' LONG.
 300 PSIG MAWP @ 150°F
 MATERIAL: SA-105-B

V-203 BOTTLE DE PULSACIÓN DE DESCARGA 2DA ETAPA
 Ø 24" x 76' LONG.
 300 PSIG MAWP @ 150°F
 MATERIAL: SA-105-B

K-201 CILINDRO COMPRESOR 2DA ETAPA
 MARCA: SUPERIOR
 MODELO: 140
 DIÁMETRO: 10.25 PULG
 MAWP: 600 PSIG

E-201 (IC-2) INTERCOOLER 2DA ETAPA
 1287 PSIG MAWP @ 350°F



CONEXIONES EXTERNAS		
PUNTO	DIAM. & CLASE	DESCRIPCIÓN
(A)	10"-300# RF	SUCCIÓN DE COMPRESOR
(B)	3"-2500# RTJ	DESCARGA DE COMPRESOR
(C)	4"-150# RF	LINEA DE DESFOQUE
(D)	1"-FNPT S/BO	LINEA DE DRENAJE DE BAJA PRESIÓN
(E)	1"-FNPT S/BO	LINEA DE DRENAJE DE ALTA PRESIÓN

REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	DIR.	APR.
01	AS BUILT	16-11-13	MLD	DJE
REVISIONES				

COMISIONAMIENTO Y OPERACIÓN DE UNA UNIDAD DE COMPRESIÓN PARA REINYECCIÓN DE GAS NATURAL CON 2650 HP			
TÍTULO			
DIAGRAMA DE PROCESO PRIMERA Y SEGUNDA ETAPAS			
ELABORADO:	FECHA:	APROBADO:	ESCALA:
MARCO LUNA	16-11-2013	DANIEL JIMENEZ	NO DEFINIDA
ELABORÓ HRS:	FECHA HRS:	REVISIÓN:	
PLANOS_INFORME-003-01	01 DE 02	01	

V-301 SCRUBBER DE SUCCIÓN DE 3RA ETAPA
 Ø 14" x 72' LONG.
 1200 PSIG MAWP @ 150°F
 MATERIAL: SA-105-B

V-302 BOTELLA DE PULSACIÓN DE SUCCIÓN 3RA ETAPA
 Ø 14" x 30' LONG.
 1320 PSIG MAWP @ 150°F
 MATERIAL: SA-105-B

V-303 BOTELLA DE PULSACIÓN DE DESCARGA 3RA ETAPA
 Ø 30" x 50' LONG.
 2200 PSIG MAWP @ 150°F
 MATERIAL: SA-105-B

K-301 CILINDRO COMPRESOR 3RA ETAPA
 MARCA: SUPERIOR
 MODELO: 816
 DIÁMETRO: 0.52 PULG
 MAWP: 2000 PSIG

E-301 (IC-3) INTERCOOLER 3RA ETAPA
 2800 PSIG MAWP @ 150°F

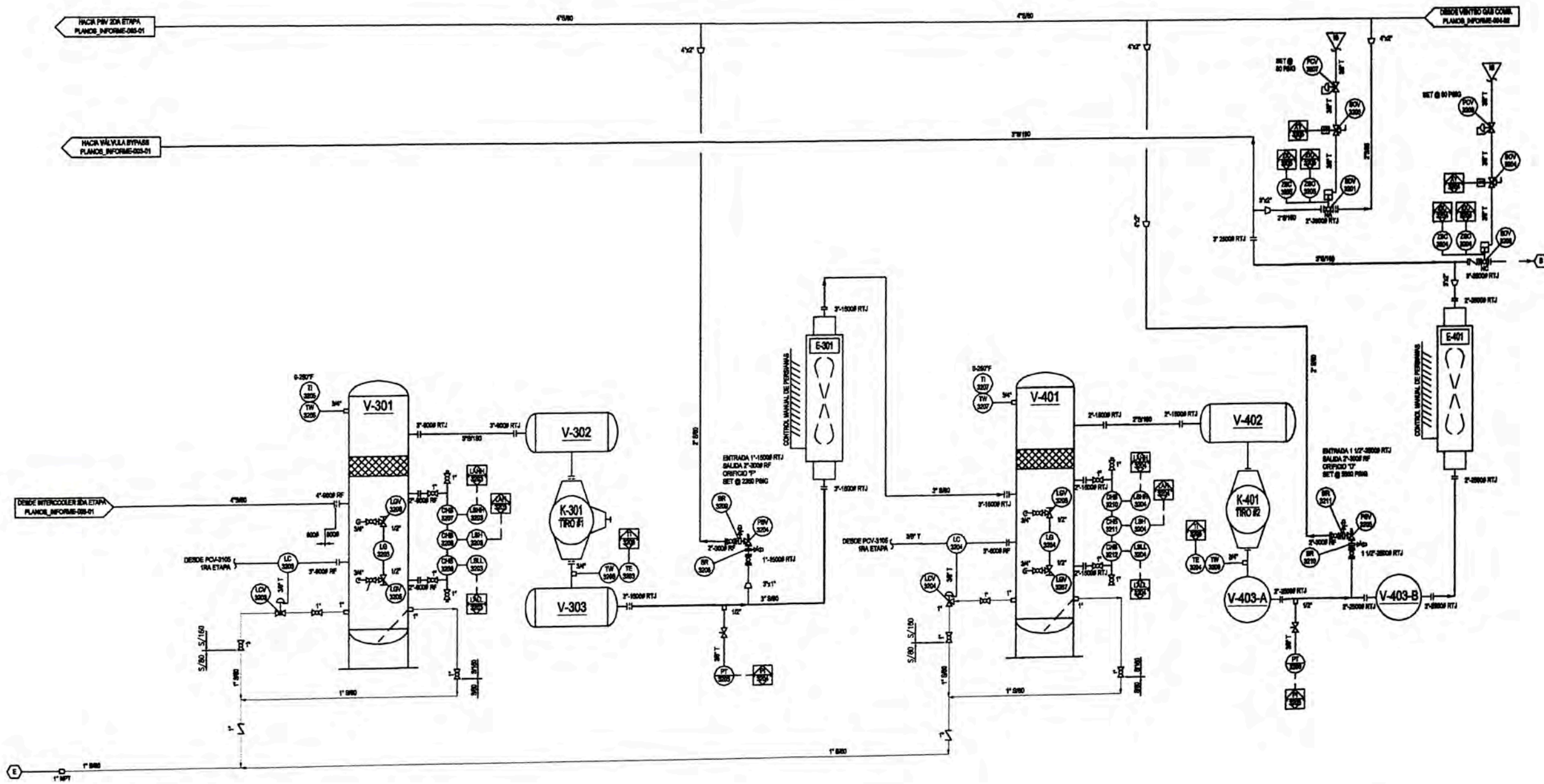
V-401 SCRUBBER DE SUCCIÓN DE 4TA ETAPA
 Ø 14" x 72' LONG.
 2000 PSIG MAWP @ 150°F
 MATERIAL: SA-105-B

V-402 BOTELLA DE PULSACIÓN DE SUCCIÓN 4TA ETAPA
 Ø 14" x 30' LONG.
 2000 PSIG MAWP @ 150°F
 MATERIAL: SA-105-B

V-403 A/B BOTELLA DE PULSACIÓN DE DESCARGA 4TA ETAPA
 Ø 30" x 50' LONG.
 2000 PSIG MAWP @ 150°F
 MATERIAL: SA-105-B

K-401 CILINDRO COMPRESOR 4TA ETAPA
 MARCA: SUPERIOR
 MODELO: 816
 DIÁMETRO: 0.52 PULG
 MAWP: 2000 PSIG

E-401 (AC) AFTERCOOLER 4TA ETAPA
 2800 PSIG MAWP @ 150°F



CONEXIONES EXTERNAS		
PUNTO	DIÁM. & CLASE	DESCRIPCIÓN
(A)	10"-300# RF	SUCCIÓN DE COMPRESOR
(B)	3"-2500# RTJ	DESCARGA DE COMPRESOR
(C)	4"-150# RF	LÍNEA DE DESROQUE
(D)	1"-FNPT S/BO	LÍNEA DE DRENAJE DE BAJA PRESIÓN
(E)	1"-FNPT S/BO	LÍNEA DE DRENAJE DE ALTA PRESIÓN

REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	DIB.	APR.
01	AS BUILT	10-11-13	M.L.D.	D.J.E.

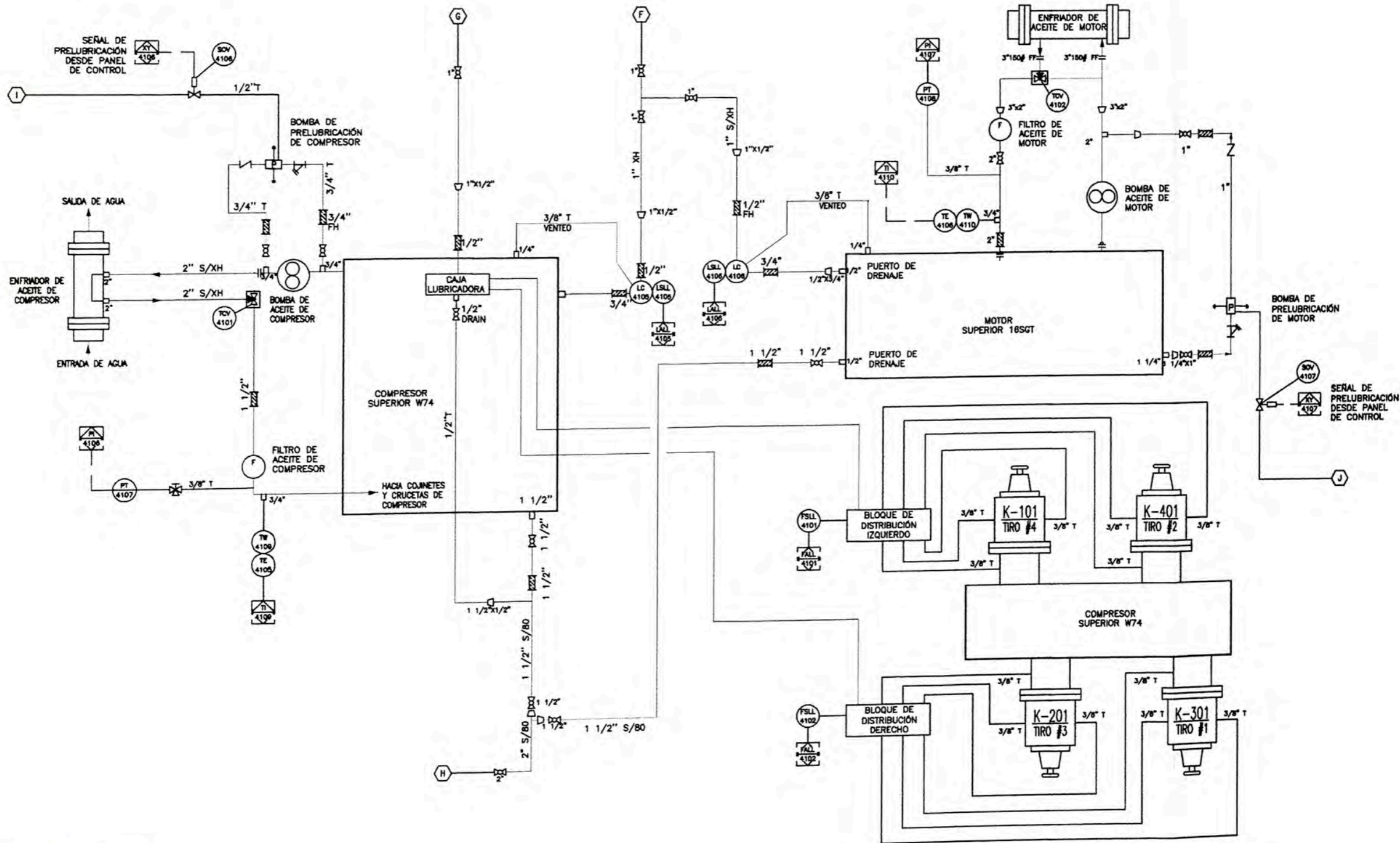
COMISIONAMIENTO Y OPERACIÓN DE UNA UNIDAD DE COMPRESIÓN PARA REINYECCIÓN DE GAS NATURAL CON 2850 HP

DIAGRAMA DE PROCESO TERCERA Y CUARTA ETAPAS

TRAZO: MARCO LUNA FECHA: 10-11-2013 APROBADO: DANIEL JIMENEZ ESCALA: NO DEFINIDA

SEALADO: MARCO LUNA HOJA NRO: 02 DE 02 REVISIÓN: 01

REVISIONES



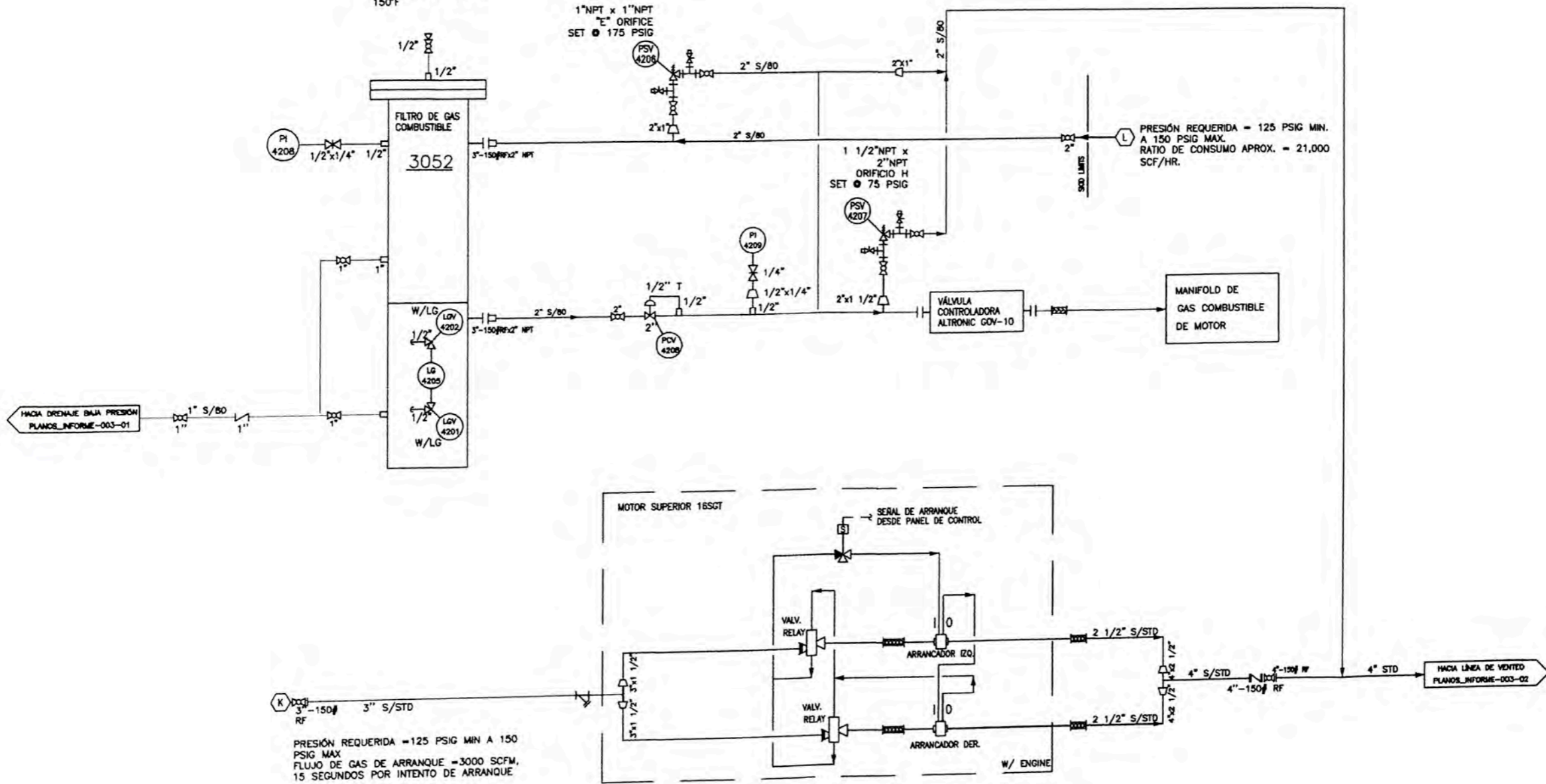
CONEXIONES EXTERNAS		
PUNTO	DIB. & CLASE	DESCRIPCIÓN
①	1" FNPT S/40	SUMINISTRO ACEITE MOTOR/COMPRESOR
②	1" FNPT S/40	SUMINISTRO ACEITE LUBR. FORZADA
③	2" FNPT S/40	DRENAJE ACEITE MOTOR Y COMPRESOR
④	1/2" TUBING	AIRE BOMBA PRELUB. COMPRESOR
⑤	1/2" TUBING	AIRE BOMBA PRELUB. MOTOR
⑥	3" 150# RF	SUMINISTRO GAS DE ARRANQUE
⑦	2" FNPT S/40	SUMINISTRO GAS COMBUSTIBLE
⑧	1" FNPT S/40	DRENAJE SISTEMA REFRIG. PRINCIPAL
⑨	1" FNPT S/40	DRENAJE SISTEMA REFRIG. AUXILIAR

REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	DIB.	APR.
01	AS BUILT	18-11-13	MLD	DJE

COMISIONAMIENTO Y OPERACIÓN DE UNA UNIDAD DE COMPRESIÓN PARA REINYECCIÓN DE GAS NATURAL CON 2850 HP			
TÍTULO: DIAGRAMAS AUXILIARES SISTEMA DE LUBRICACIÓN			
DISEÑADO: MARCO LUNA	FECHA: 24-11-2013	APROBADO: DANIEL JIMENEZ	ESCALA: NO DEFINIDA
OSILOS NROS: PLANOS_INFORME-004-01		Hoja NRO: 01 DE 08	REVISIÓN: 01

F-3052

SERVICIO: FILTRO SEPARADOR
 DIAM.: 8 5/8"
 LONGITUD: 75 7/8"
 MATERIAL: SA-106-B
 M.A.W.P.: 270 PSIG @ 150°F

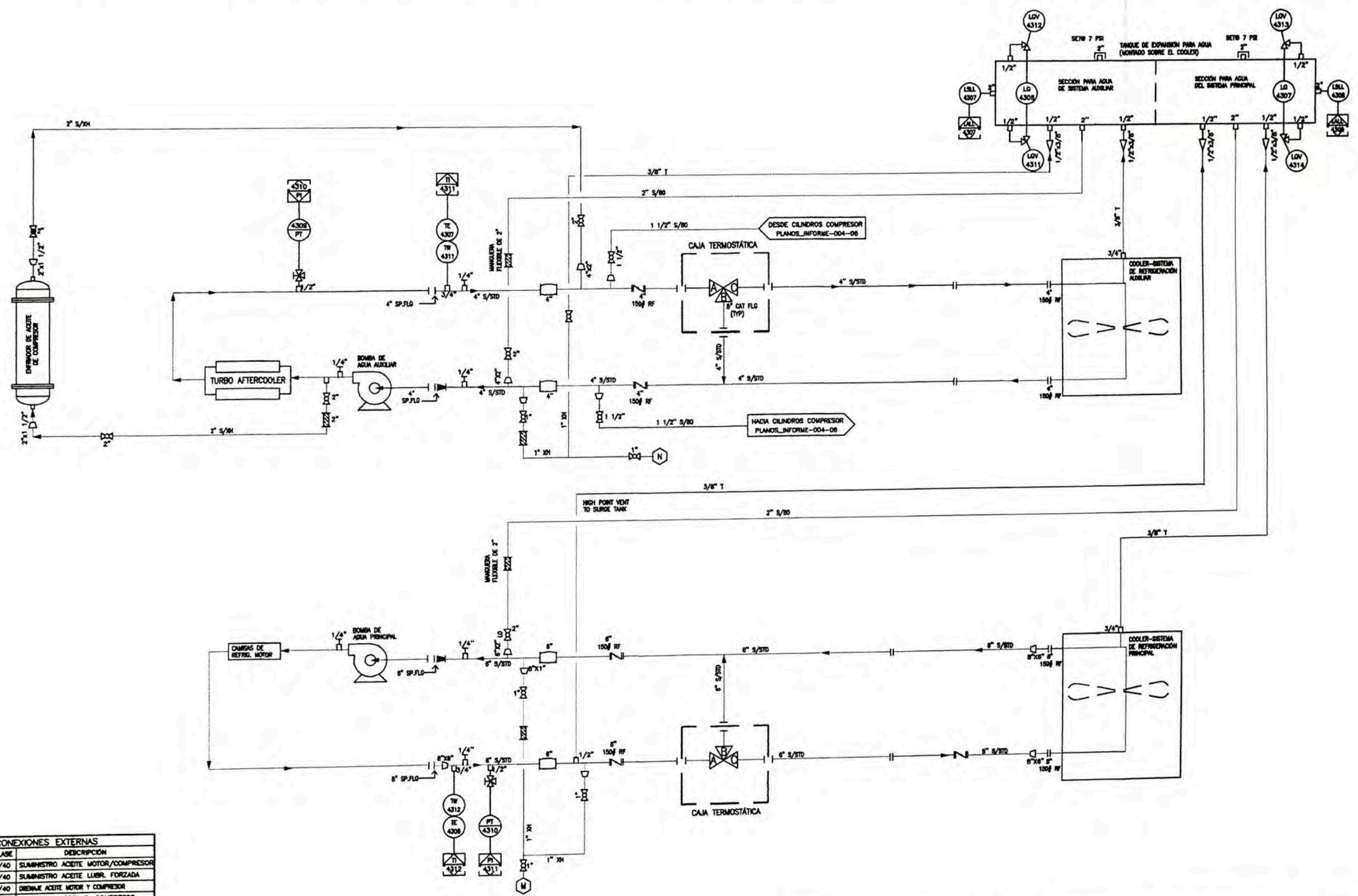


PRESION REQUERIDA = 125 PSIG MIN A 150 PSIG MAX
 FLUJO DE GAS DE ARRANQUE = 3000 SCFM, 15 SEGUNDOS POR INTENTO DE ARRANQUE

CONEXIONES EXTERNAS		
PUNTO	DIAM & CLASE	DESCRIPCION
(P)	1" FNPT S/40	SUMINISTRO ACEITE MOTOR/COMPRESOR
(Q)	1" FNPT S/40	SUMINISTRO ACEITE LLUBR. FORZADA
(R)	2" FNPT S/40	DRENAJE ACEITE MOTOR Y COMPRESOR
(I)	1/2" TUBING	AIRE BOMBA PSELLUB. COMPRESOR
(J)	1/2" TUBING	AIRE BOMBA PSELLUB. MOTOR
(K)	3" 150# RF	SUMINISTRO GAS DE ARRANQUE
(L)	2" FNPT S/40	SUMINISTRO GAS COMBUSTIBLE
(M)	1" FNPT S/40	DRENAJE SISTEMA REFRIG. PRINCIPAL
(N)	1" FNPT S/40	DRENAJE SISTEMA REFRIG. ALDOLJAR

REV.	DESCRIPCION	FECHA	DIB.	APR.
01	AS BUILT	16-11-13	MLD	DJE

COMISIONAMIENTO Y OPERACION DE UNA UNIDAD DE COMPRESION PARA REINYECCION DE GAS NATURAL CON 2650 HP			
TITULO			
DIAGRAMAS AUXILIARES			
SISTEMA DE GAS COMBUSTIBLE Y ARRANQUE			
DISEÑADO: MARCO LUNA	FECHA: 24-11-2013	APROBADO: DANIEL JIMENEZ	ESCALA: NO DEFINIDA
DIBUJOS NROS: PLANOS_INFORME-004-02	HORA NRO: 02 DE 06	REVISION: 01	

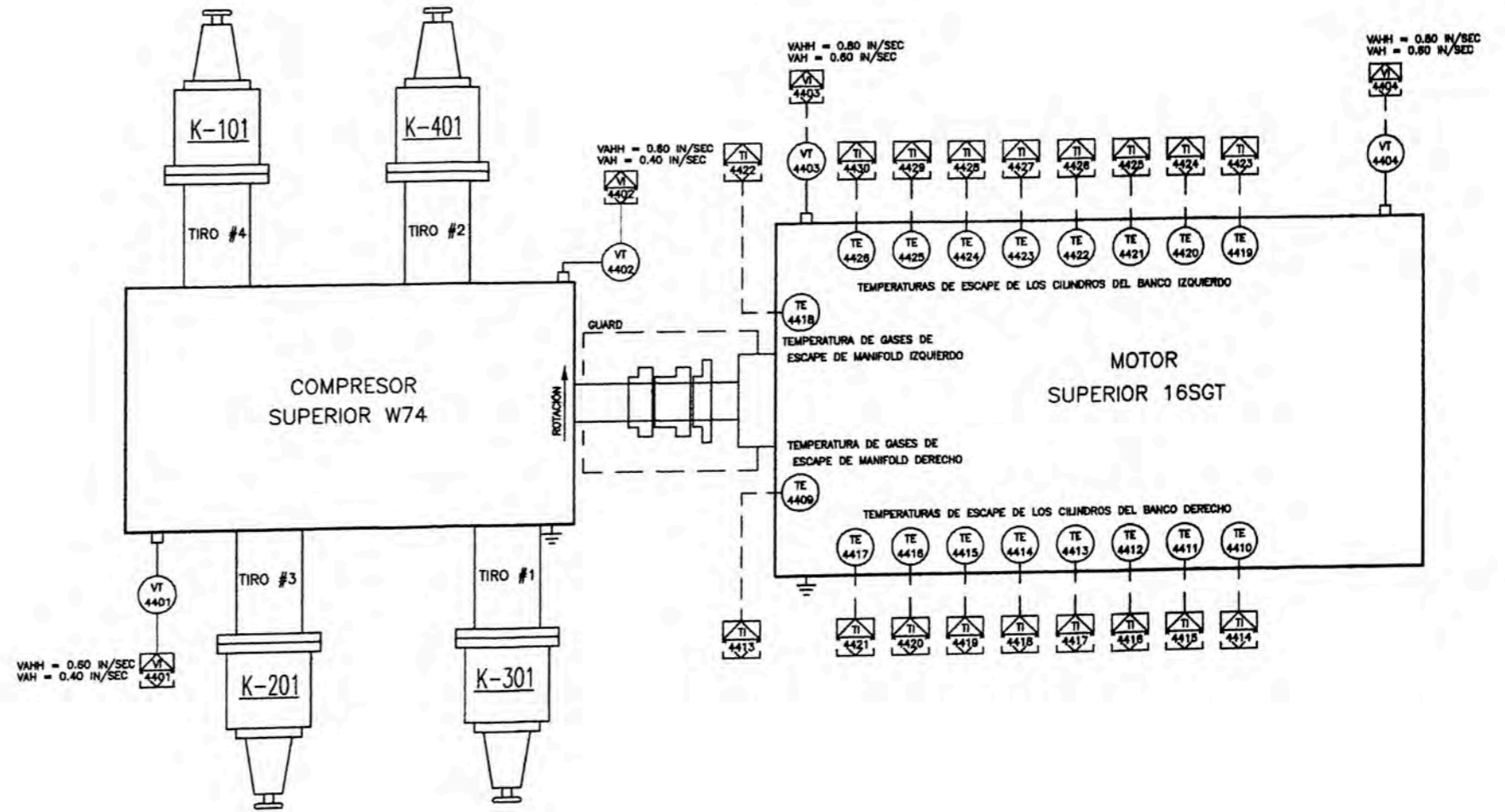
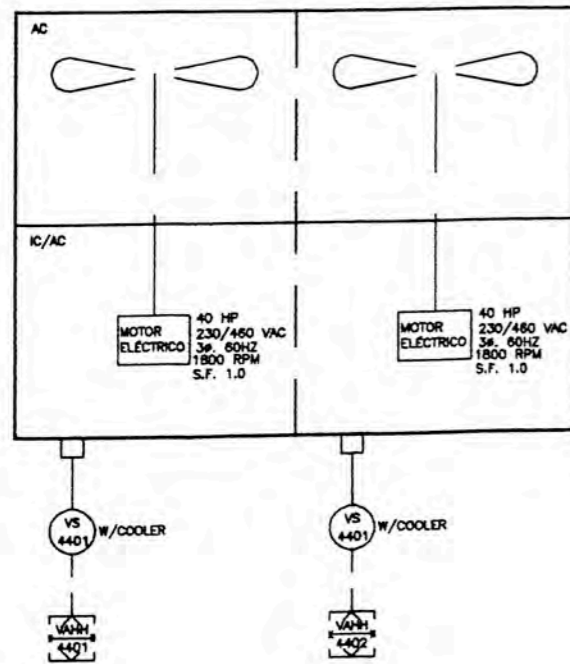


CONEXIONES EXTERNAS		
PUNTO	DÍAM. & CLASE	DESCRIPCIÓN
(P)	1" FNPT 5/40	SUMINISTRO ACEITE MOTOR/COMPRESOR
(Q)	1" FNPT 5/40	SUMINISTRO ACEITE LUBR. FORZADA
(R)	2" FNPT 5/40	DRENAJE ACEITE MOTOR Y COMPRESOR
(S)	1/2" TUBING	AIRE BOMBA PRELUB. COMPRESOR
(T)	1/2" TUBING	AIRE BOMBA PRELUB. MOTOR
(U)	3" 180# RF	SUMINISTRO GAS DE ARRANQUE
(V)	2" FNPT 5/40	SUMINISTRO GAS COMBUSTIBLE
(M)	1" FNPT 5/40	DRENAJE SISTEMA REFRIG. PRINCIPAL
(N)	1" FNPT 5/40	DRENAJE SISTEMA REFRIG. AUXILIAR

REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	DIB.	APR.
01	AS BUILT	18-11-13	M.L.D.	D.J.E.

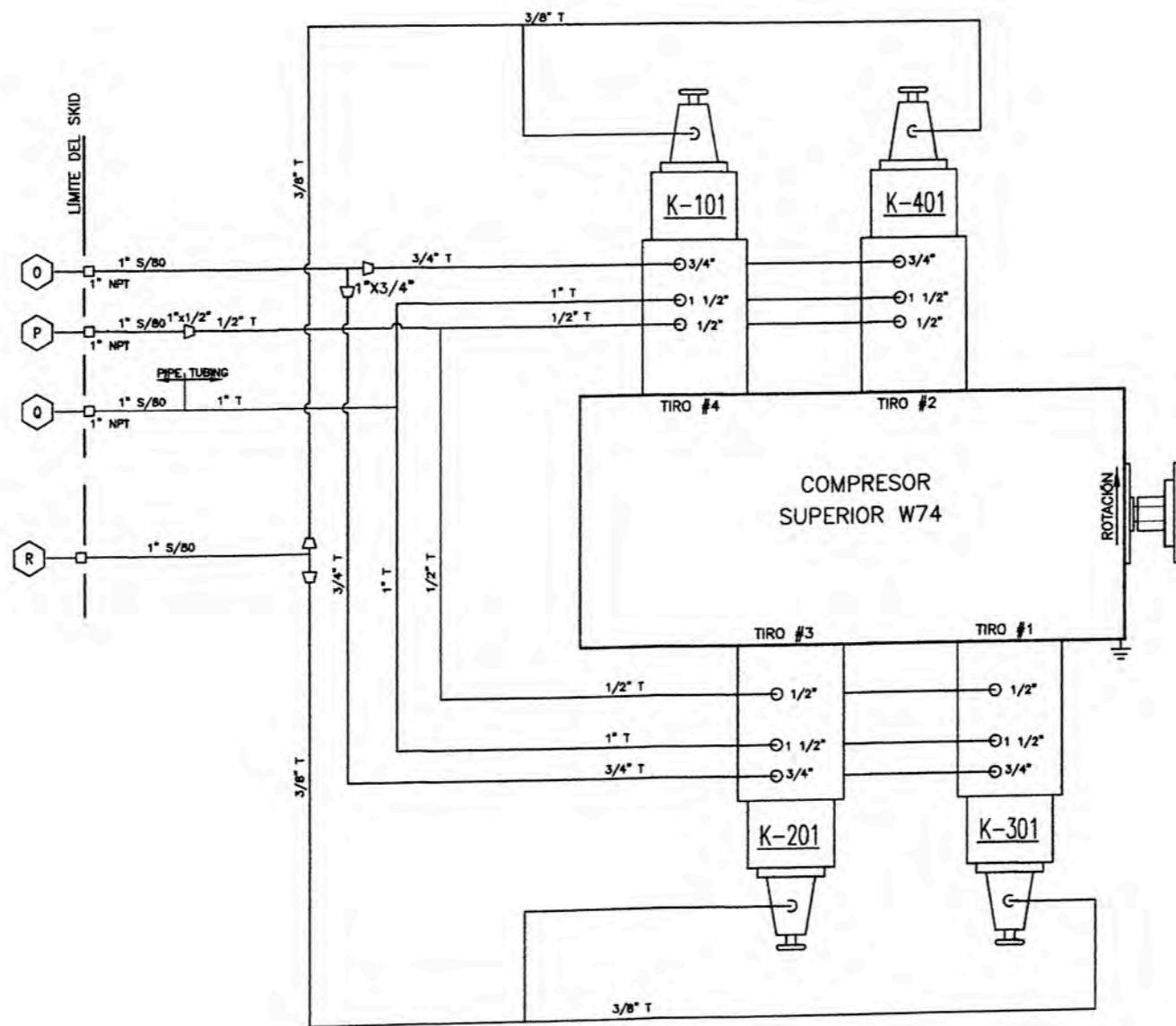
COMISIONAMIENTO Y OPERACIÓN DE UNA UNIDAD DE COMPRESIÓN PARA REINYECCIÓN DE GAS NATURAL CON 2650 HP			
TÍTULO			
DIAGRAMAS AUXILIARES			
SISTEMA DE REFRIGERACIÓN PRINCIPAL Y AUXILIAR			
DIBUJADO:	FECHA:	APROBADO:	ESCALA:
MARCO LUNA	24-11-2013	DANIEL JIMENEZ	NO DEFINIDA
DIBUJO NRO.:	HOJA NRO.:	REVISIÓN:	
PLANOS_INFORME-004-03	03 DE 06	01	

COOLER



REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	DIB.	APR.
01	AS BULT	18-11-13	MLD	DJE
REVISIONES				

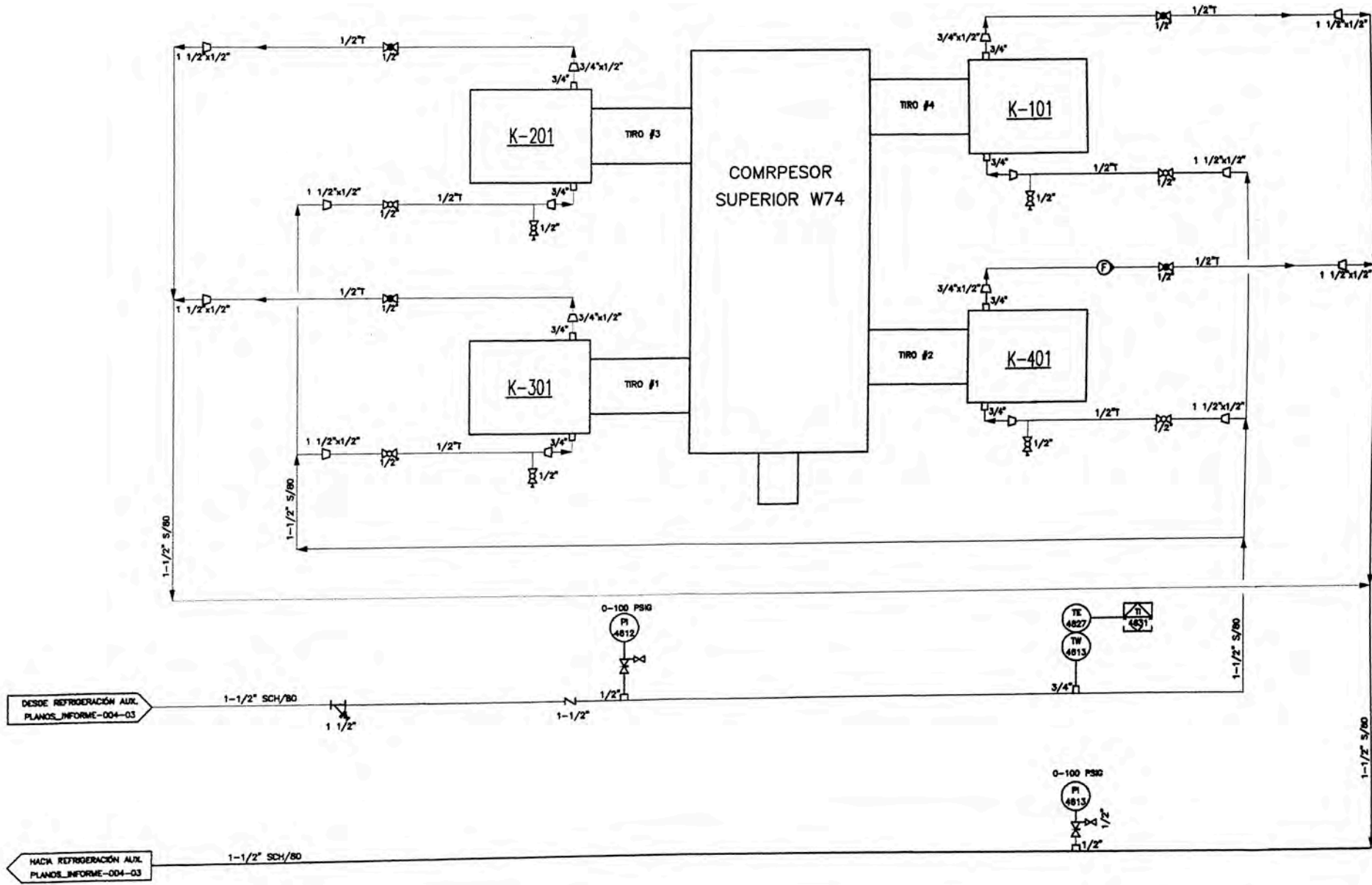
COMISIONAMIENTO Y OPERACIÓN DE UNA UNIDAD DE COMPRESIÓN PARA REINYECCIÓN DE GAS NATURAL CON 2650 HP			
TÍTULO DIAGRAMAS AUXILIARES EQUIPOS MAYORES			
DIBUJADO: MARCO LUNA	FECHA: 24-11-2013	APROBADO: DANIEL JIMENEZ	ESCALA: NO DEFINIDA
DIBUJO NRO: PLANOS_INFORME-004-04		Hoja NRO: 04 DE 08	REVISIÓN: 01



CONEXIONES EXTERNAS	
PUNTO DIB. & CLASE	DESCRIPCIÓN
⊙	1" FNPT S/80 VENTIL/DRENAJE DE RASCADORES
Ⓟ	1" FNPT S/80 DRENAJE DE ESPACADOR
⊙	1" FNPT S/80 DRENAJE DE ESPANSOR
⊙	1" FNPT S/80 VENTIL DE BOLSILLO REGULADOR

REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	DIB.	APR.
01	AS BUILT	16-11-13	MLD	DJE
REVISIONES				

COMISIONAMIENTO Y OPERACIÓN DE UNA UNIDAD DE COMPRESIÓN PARA REINYECCIÓN DE GAS NATURAL CON 2650 HP			
DIAGRAMAS AUXILIARES VENTEOS Y DRENAJES DEL COMPRESOR			
DIBAJADO: MARCO LUNA	FECHA: 24-11-2013	APROBADO: DANIEL JIMENEZ	ESCALA: NO DEFINIDA
DIBUJO NRO: PLANOS_INFORME-004-05	HORA NRO: 05 DE 06	REVISION: 01	



REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	DIB.	APR.
01	AS BUILT	16-11-13	MLD	DJE
REVISIONES				

COMISIONAMIENTO Y OPERACIÓN DE UNA UNIDAD DE COMPRESIÓN PARA REINYECCIÓN DE GAS NATURAL CON 2850 HP			
TÍTULO			
DIAGRAMAS AUXILIARES			
REFRIGERACIÓN DE CILINDROS COMPRESORES			
DESEÑADO:	FECHA:	APROBADO:	ESCALA:
MARCO LUNA	24-11-2013	DANIEL JIMENEZ	NO DEFINIDA
DIBUJO NRO.:	HOJA NRO.:	REVISIÓN:	
PLANOS INFORME-004-06	06 DE 06	01	

APÉNDICE I

TABLAS Y DIAGRAMAS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS GASES

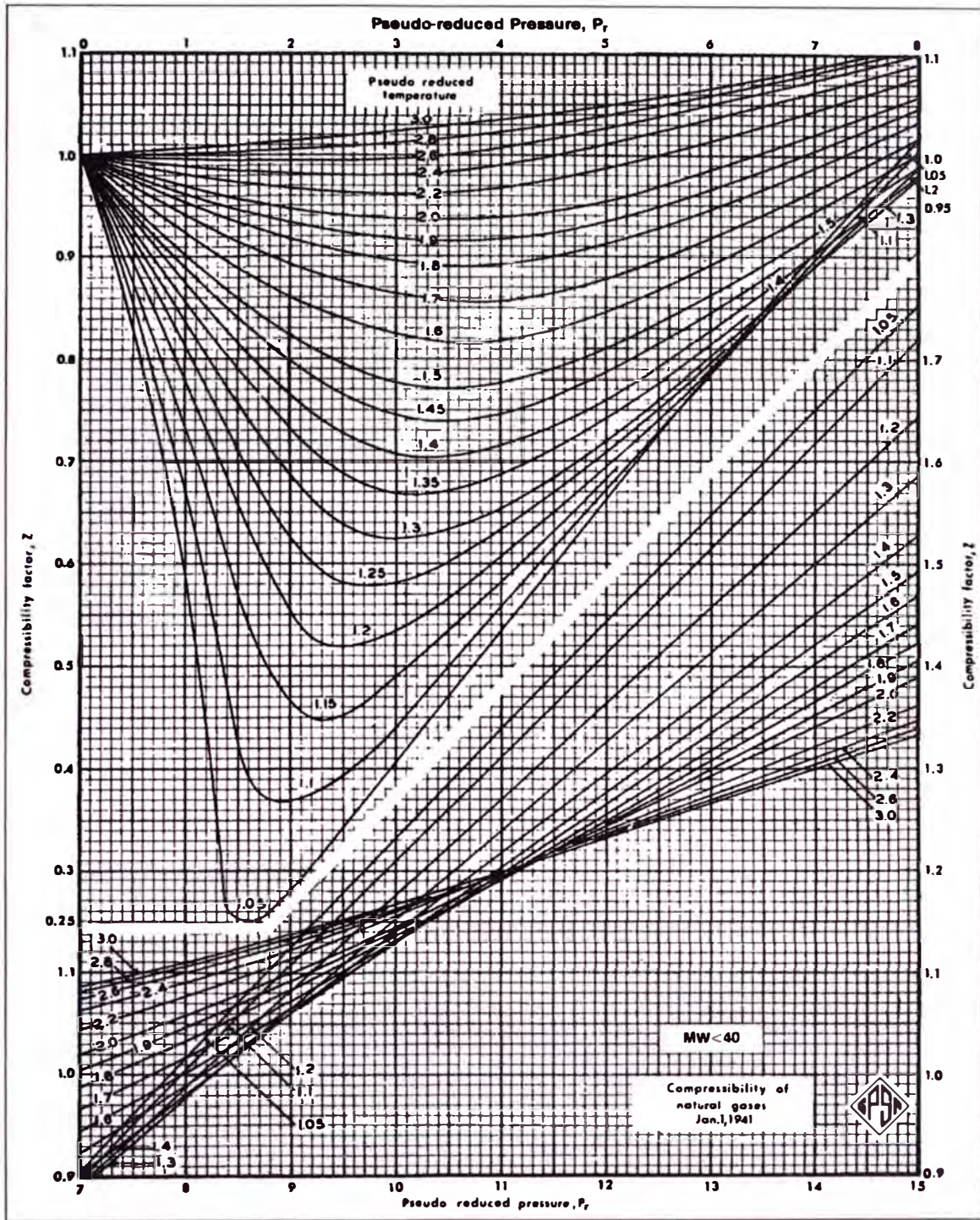


Diagrama I.1: Factores de compresibilidad para el gas natural (Fuente: GPSA Engineering Data Book)

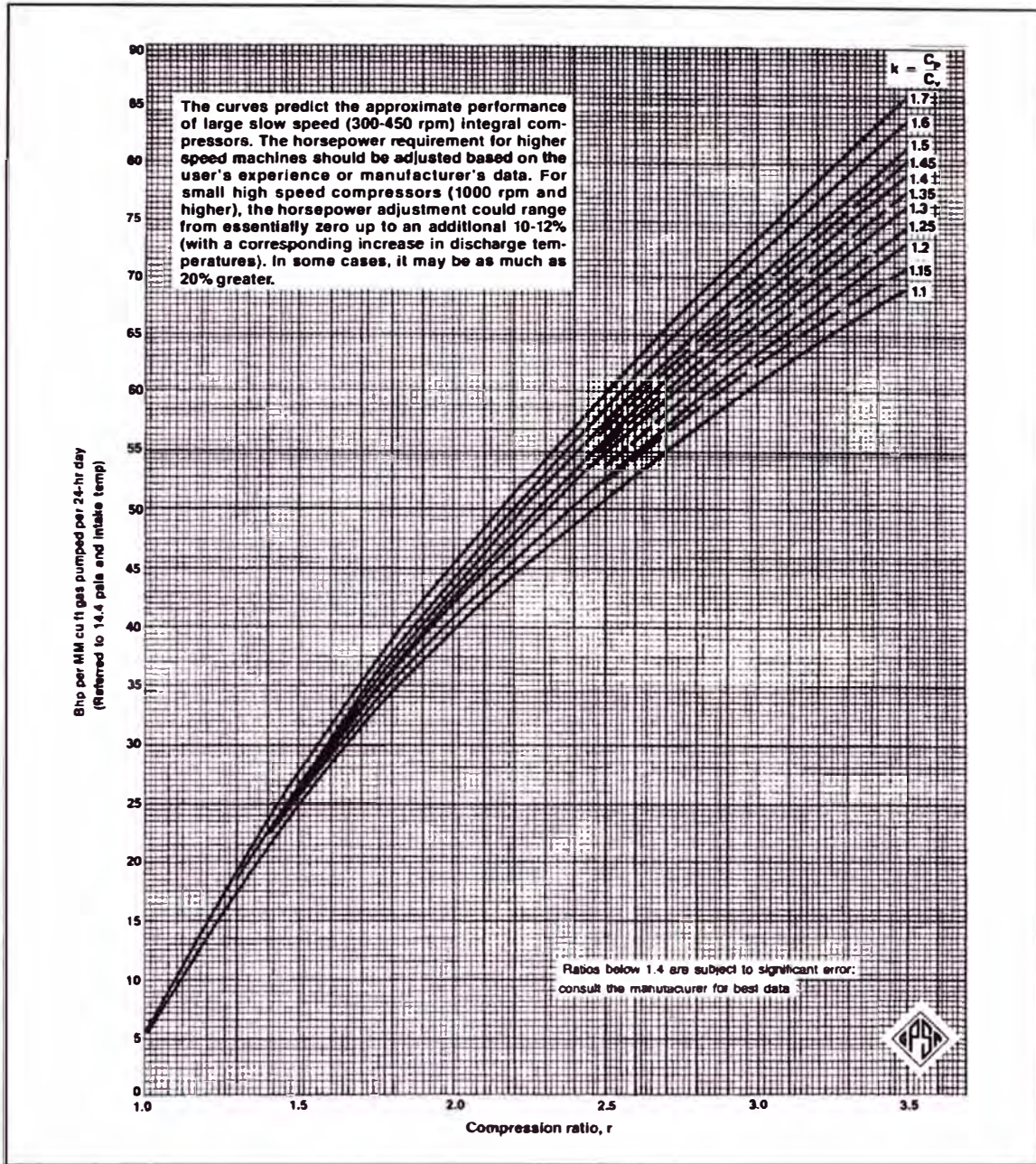


Diagrama I.2: Potencia por volumen de gas desplazado (Fuente: GPSA Engineering Data Book)

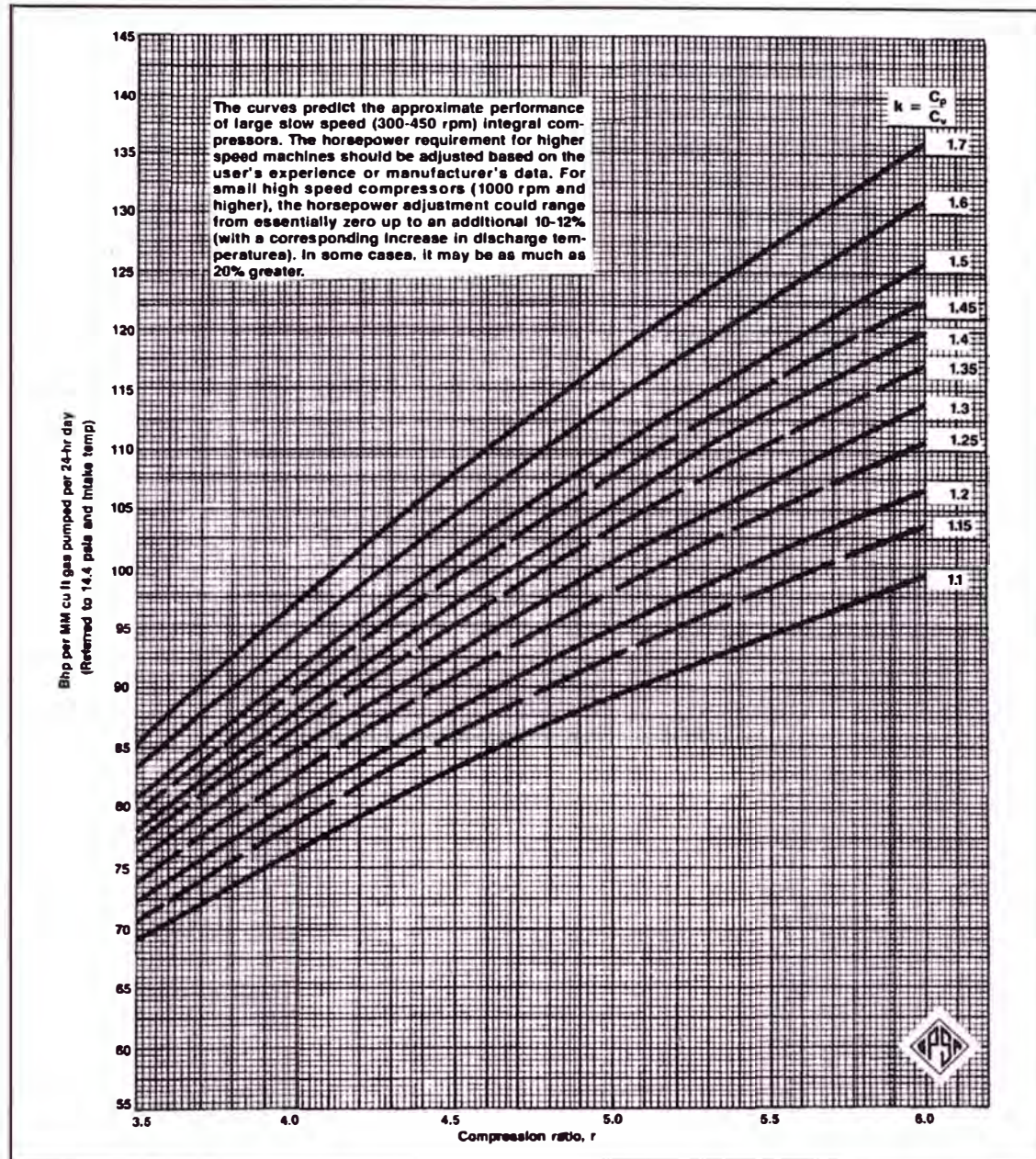


Diagrama I.2: Potencia por volumen de gas desplazado (Continuación)

Molar Heat Capacity MC_p (Ideal-Gas State), Btu/(lb mol · °R)

*Data source: Selected Values of Properties of Hydrocarbons, API Research Project 44; MW updated to agree with Fig. 23-2

Gas	Chemical formula	Mol wt	Temperature							
			0°F	50°F	60°F	100°F	150°F	200°F	250°F	300°F
Methane	CH ₄	16.043	8.23	8.42	8.46	8.65	8.95	9.28	9.64	10.01
Ethyne (Acetylene)	C ₂ H ₂	26.038	9.68	10.22	10.33	10.71	11.15	11.55	11.90	12.22
Ethene (Ethylene)	C ₂ H ₄	28.054	9.33	10.02	10.16	10.72	11.41	12.09	12.76	13.41
Ethane	C ₂ H ₆	30.070	11.44	12.17	12.32	12.95	13.78	14.63	15.49	16.34
Propene (Propylene)	C ₃ H ₆	42.081	13.63	14.69	14.90	15.75	16.80	17.85	18.88	19.89
Propane	C ₃ H ₈	44.097	15.65	16.88	17.13	18.17	19.52	20.89	22.25	23.56
1-Butene (Butylene)	C ₄ H ₈	56.108	17.96	19.59	19.91	21.18	22.74	24.26	25.73	27.16
cis-2-Butene	C ₄ H ₈	56.108	16.54	18.04	18.34	19.54	21.04	22.53	24.01	25.47
trans-2-Butene	C ₄ H ₈	56.108	18.84	20.23	20.50	21.61	23.00	24.37	25.73	27.07
Iso-Butane	C ₄ H ₁₀	58.123	20.40	22.15	22.51	23.95	25.77	27.59	29.39	31.11
n-Butane	C ₄ H ₁₀	58.123	20.80	22.38	22.72	24.08	25.81	27.55	29.23	30.90
Iso-Pentane	C ₅ H ₁₂	72.150	24.94	27.17	27.61	29.42	31.66	33.87	36.03	38.14
n-Pentane	C ₅ H ₁₂	72.150	25.64	27.61	28.02	29.71	31.86	33.99	36.08	38.13
Benzene	C ₆ H ₆	78.114	16.41	18.41	18.78	20.46	22.45	24.46	26.34	28.15
n-Hexane	C ₆ H ₁₄	86.177	30.17	32.78	33.30	35.37	37.93	40.45	42.94	45.36
n-Heptane	C ₇ H ₁₆	100.204	34.96	38.00	38.61	41.01	44.00	46.94	49.81	52.61
Ammonia	NH ₃	17.0305	8.52	8.52	8.52	8.52	8.52	8.53	8.53	8.53
Air		28.9625	6.94	6.95	6.95	6.96	6.97	6.99	7.01	7.03
Water	H ₂ O	18.0153	7.98	8.00	8.01	8.03	8.07	8.12	8.17	8.23
Oxygen	O ₂	31.9988	6.97	6.99	7.00	7.03	7.07	7.12	7.17	7.23
Nitrogen	N ₂	28.0134	6.95	6.95	6.95	6.96	6.96	6.97	6.98	7.00
Hydrogen	H ₂	2.0159	6.78	6.86	6.87	6.91	6.94	6.95	6.97	6.98
Hydrogen sulfide	H ₂ S	34.08	8.00	8.09	8.11	8.18	8.27	8.36	8.46	8.55
Carbon monoxide	CO	28.010	6.95	6.96	6.96	6.96	6.97	6.99	7.01	7.03
Carbon dioxide	CO ₂	44.010	8.38	8.70	8.76	9.00	9.29	9.56	9.81	10.05

* Exceptions: Air - Keenan and Keyes, Thermodynamic Properties of Air, Wiley, 3rd Printing 1947. Ammonia - Edw. R. Grabl, Thermodynamic Properties of Ammonia at High Temperatures and Pressures, Petr. Processing, April 1953. Hydrogen Sulfide - J. R. West, Chem. Eng. Progress, 44, 287, 1948.

Cuadro I.1: Calor específico molar a presión constante de los principales gases puros (Fuente: GPSA Engineering Data Book)

NOTE: Numbers in this table do not have accuracies greater than 1 part in 1000, in those cases extra digits have been added to calculated values to achieve internal consistency or to permit recalculation of experimental values.

PHYSICAL CONSTANTS

*See the Table of Notes and References

Number	Compound	Formula	A.		B.		C.		D.			Number
			Molar mass (molecular weight)	Boiling point, °F 14.696 psia	Vapor pressure, psia 100 °F	Freezing point, °F 14.696 psia	Refractive index, n _D 60 °F	Critical constants				
								Pressure, psia	Temperature, °F	Volume, ft ³ /lb		
1	Methane	CH ₄	16.043	-258.72	(5000)*	-296.41*	1.00041*	667.0	-116.66	0.0988	1	
2	Ethane	C ₂ H ₆	30.070	-127.46	(800)*	-297.02*	1.20971*	707.8	90.07	0.0783	2	
3	Propane	C ₃ H ₈	44.097	-43.73	188.68	-305.72*	1.29480*	615.0	205.92	0.0727	3	
4	Isobutane	C ₄ H ₁₀	58.123	10.78	72.598	-255.26	1.3245*	527.9	274.41	0.0714	4	
5	n-Butane	C ₄ H ₁₀	58.123	31.08	51.719	-217.03	1.33588*	548.8	305.51	0.0703	5	
6	Isopentane	C ₅ H ₁₂	72.150	82.09	20.450	-255.80	1.34771	490.4	368.96	0.0684	6	
7	n-Pentane	C ₅ H ₁₂	72.150	96.89	15.580	-201.48	1.35165	488.1	365.7	0.0695	7	
8	Neopentane	C ₅ H ₁₂	72.160	49.10	36.72	2.16	1.342*	464.0	321.01	0.0679	8	
9	n-Hexane	C ₆ H ₁₄	86.177	155.70	4.9614	-139.56	1.37708	439.5	451.8	0.0688	9	
10	2-Methylpentane	C ₆ H ₁₄	86.177	140.44	6.769	-244.60	1.36571	436.8	435.76	0.0682	10	
11	3-Methylpentane	C ₆ H ₁₄	86.177	145.86	6.103	-261.20	1.37090	452.5	448.2	0.0682	11	
12	Neohexane	C ₆ H ₁₄	86.177	121.50	9.859	-147.88	1.36283	446.7	419.92	0.0667	12	
13	2,3-Dimethylbutane	C ₆ H ₁₄	86.177	136.33	7.406	-199.35	1.38938	454.0	440.08	0.0665	13	
14	n-Heptane	C ₇ H ₁₆	100.204	209.07	1.8211	-130.99	1.38234	397.4	510.9	0.0682	14	
15	2-Methylhexane	C ₇ H ₁₆	100.204	194.05	2.273	-180.87	1.37940	396.0	494.44	0.0673	15	
16	3-Methylhexane	C ₇ H ₁₆	100.204	197.33	2.130	—	1.38326	407.6	503.62	0.0646	16	
17	3-Ethylpentane	C ₇ H ₁₆	100.204	200.26	2.012	-181.44	1.38800	419.2	513.16	0.0665	17	
18	2,2-Dimethylpentane	C ₇ H ₁₆	100.204	174.50	3.494	-190.80	1.37687	401.8	476.98	0.0685	18	
19	2,4-Dimethylpentane	C ₇ H ₁₆	100.204	175.85	3.294	-182.59	1.37591	397.4	475.62	0.0667	19	
20	3,3-Dimethylpentane	C ₇ H ₁₆	100.204	186.87	2.775	-209.99	1.38564	427.9	505.60	0.0662	20	
21	Triptane	C ₇ H ₁₆	100.204	177.54	3.376	-12.21	1.38411	427.9	496.24	0.0636	21	
22	n-Octane	C ₈ H ₁₈	114.231	258.17	0.5374	-70.17	1.39248	361.1	563.5	0.0673	22	
23	Diisobutyl	C ₈ H ₁₈	114.231	228.34	1.102	-132.09	1.38735	361.1	530.26	0.0676	23	
24	Isooctane	C ₈ H ₁₈	114.231	210.58	1.709	-161.23	1.38624	372.7	519.28	0.0657	24	
25	n-Nonane	C ₉ H ₂₀	128.258	303.40	0.1716	-64.26	1.40054	330.7	610.8	0.0693	25	
26	n-Decane	C ₁₀ H ₂₂	142.285	345.40	0.06091	-21.33	1.40720	304.6	652.2	0.0702	26	
27	Cyclopentane	C ₅ H ₁₀	70.134	120.60	9.917	-136.89	1.40050	653.8	461.1	0.0594	27	
28	Methylcyclopentane	C ₆ H ₁₂	84.161	161.29	4.491	-224.38	1.40400	548.8	499.28	0.0607	28	
29	Cyclohexane	C ₆ H ₁₂	84.161	177.40	3.267	43.79	1.42053	590.7	536.6	0.0586	29	
30	Methylcyclohexane	C ₇ H ₁₄	98.188	213.69	1.809	-195.87	1.41778	503.4	570.20	0.0600	30	
31	Ethene(Ethylene)	C ₂ H ₄	28.054	-154.71	(1400)*	-272.48*	(1.228)*	731.0	48.54	0.0746	31	
32	Propene(Propylene)	C ₃ H ₆	42.081	-53.83	232.6	-301.45*	1.3008*	878.6	198.31	0.0717	32	
33	1-Butene(Butylene)	C ₄ H ₈	56.108	20.79	62.55	-301.63*	1.3386*	586.4	296.18	0.0683	33	
34	cis-2-Butene	C ₄ H ₈	56.108	38.69	45.97	-218.01	1.3556*	615.4	324.31	0.0667	34	
35	trans-2-Butene	C ₄ H ₈	56.108	33.58	49.88	-157.97	1.3487*	574.9	311.80	0.0679	35	
36	Isobutene	C ₄ H ₈	56.108	19.57	64.95	-220.60	1.3473*	580.2	292.49	0.0681	36	
37	1-Pentene	C ₅ H ₁₀	70.134	85.92	19.12	-285.37	1.36487	509.5	376.86	0.0874	37	
38	1,2-Butadiene	C ₄ H ₆	54.092	51.52	36.53	-213.14	—	(856.)*	(354.)*	(0.070)*	38	
39	1,3-Butadiene	C ₄ H ₆	54.092	24.06	59.46	-164.00	1.3975*	620.3	306.3	0.0683	39	
40	Isoprene	C ₅ H ₈	68.119	93.29	16.68	-230.71	1.41472	(582.)*	(403.)*	(0.068)*	40	
41	Acetylene	C ₂ H ₂	26.038	-119.21*	—	-113.4*	—	890.4	95.29	0.0693	41	
42	Benzene	C ₆ H ₆	78.114	176.13	3.225	41.86	1.49438	710.4	552.15	0.0531	42	
43	Toluene	C ₇ H ₈	92.141	231.08	1.033	-138.96	1.49102	595.5	605.50	0.0549	43	
44	Ethylbenzene	C ₈ H ₁₀	106.167	277.10	0.3716	-138.933	1.49022	523.0	651.22	0.0564	44	
45	o-Xylene	C ₈ H ₁₀	106.167	291.91	0.2643	-13.32	1.50017	541.6	674.85	0.0557	45	
46	m-Xylene	C ₈ H ₁₀	106.167	282.35	0.3265	-54.16	1.49177	512.9	650.95	0.0567	46	
47	p-Xylene	C ₈ H ₁₀	106.167	280.98	0.3424	55.87	1.49039	509.2	649.47	0.0572	47	
48	Styrene	C ₈ H ₈	104.152	293.40	0.2582	-23.14	1.54937	587.8	(703.)*	0.0534	48	
49	Isopropylbenzene	C ₉ H ₁₀	120.194	306.27	(0.188)	-140.838	1.48607	465.4	676.2	0.0569	49	
50	Methyl alcohol	CH ₃ O	32.042	148.41	4.631	-143.77	1.32443	1174.	463.01	0.0590	50	
51	Ethyl alcohol	C ₂ H ₅ O	46.069	172.87	2.313	-173.4	1.35717	891.7	465.31	0.0581	51	
52	Carbon monoxide	CO	28.010	-312.81	—	-338.99*	1.00028*	506.8	-220.51	0.0527	52	
53	Carbon dioxide	CO ₂	44.010	-109.235*	—	-69.81*	1.00038*	1069.5	87.73	0.0342	53	
54	Hydrogen sulfide	H ₂ S	34.082	-76.49	394.67	-121.86*	1.00057*	1300.	212.40	0.0461	54	
55	Sulfur dioxide	SO ₂	64.066	14.11	86.46	-103.84*	1.00059*	1143.	315.7	0.0305	55	
56	Ammonia	NH ₃	17.0305	-27.98	211.9	-107.85*	1.00033*	1647.	270.2	0.0681	56	
57	Air	N ₂ +O ₂	28.9825	-317.81	—	—	1.00028*	546.9	-221.30	0.0517	57	
58	Hydrogen	H ₂	2.0159	-423.130*	—	-434.824*	1.00013*	187.5*	-400.3*	0.5101*	58	
59	Oxygen	O ₂	31.9988	-297.317*	—	-361.826*	1.00027*	731.4	-181.41	0.0367	59	
60	Nitrogen	N ₂	28.0134	-320.436	—	-345.995*	1.00028*	492.8	-232.49	0.0510	60	
61	Chlorine	Cl ₂	70.9054	-29.12	157.3	-149.70*	1.3735*	1157.	290.69	0.0280	61	
62	Water	H ₂ O	18.0153	211.953*	0.95014	32.018	1.33335	3200.1	705.11	0.04975	62	
63	Helium	He	4.0026	-452.110	—	—	1.00003*	32.99	-450.31	0.2300	63	
64	Hydrogen chloride	HCl	36.4606	-121.25	906.71	-173.50*	1.00039*	1205.	124.75	0.0356	64	

Cuadro I.2: Constantes físicas de los principales gases puros

APÉNDICE II

ILUSTRACIONES DE LAS PARTES DE UN COMPRESOR

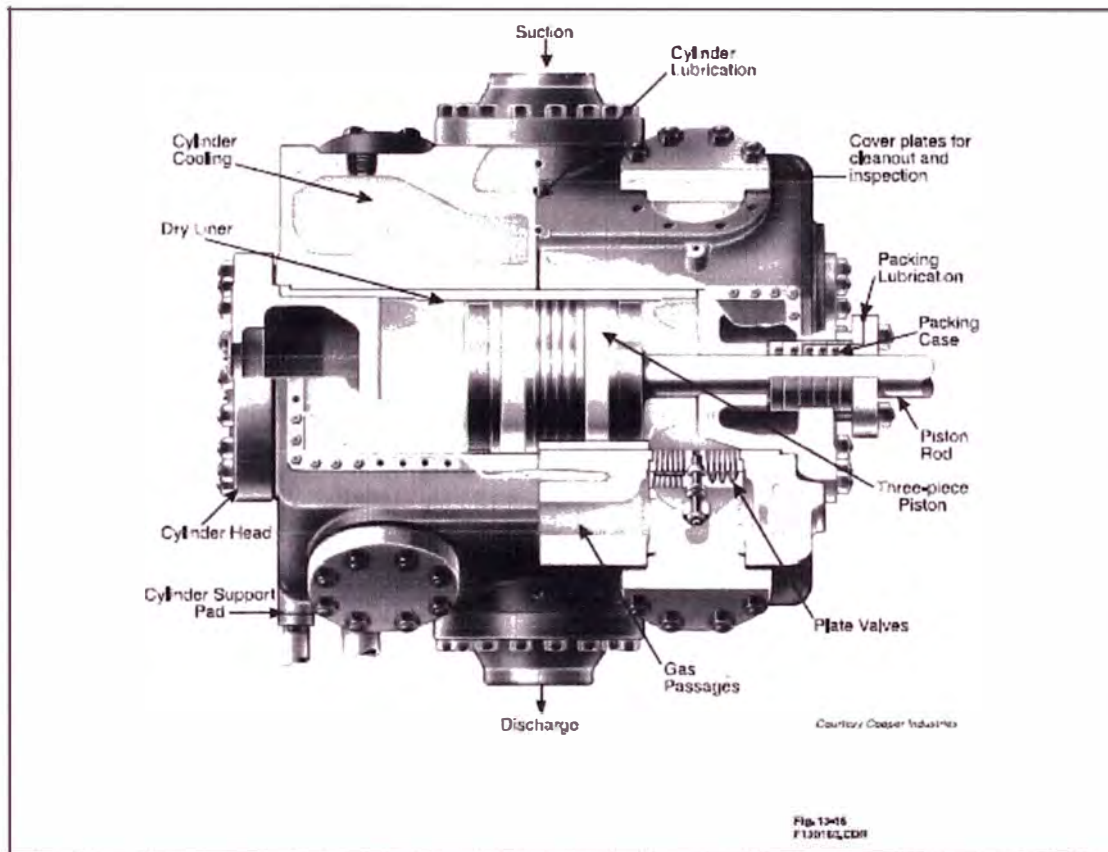


Figura II.1: Detalle de cilindro compresor de doble efecto

APÉNDICE III

REGISTRO DE LAS EMISIONES DE GASES DEL MOTOR

SUPERIOR 16SGT

REGISTRO DE EMISIONES DE MOTOR SUPERIOR 16 SGT				
FECHA	HORA	CO (mg/m3)	SO ₂ (mg/m3)	NO _x (mg/m3)
12-Nov-12	9:40	468.8	7.7	178.5
12-Nov-12	9:41	568.4	15.5	343.8
12-Nov-12	9:42	596.2	18.1	368.7
12-Nov-12	9:43	546.5	20.6	348.2
12-Nov-12	9:44	569.4	20.6	360.3
12-Nov-12	9:45	604.2	20.6	362.5
12-Nov-12	9:46	583.3	20.6	345.4
12-Nov-12	9:47	563.4	23.2	357.4
12-Nov-12	9:48	581.3	20.6	364.8
12-Nov-12	9:49	588.3	23.2	374.5
12-Nov-12	9:50	675.9	18.1	441.4
12-Nov-12	9:51	653.0	23.2	495.4
12-Nov-12	9:52	626.1	18.1	417.1
12-Nov-12	9:53	596.2	18.1	361.8
12-Nov-12	9:54	531.5	23.2	341.8
12-Nov-12	9:55	603.2	23.2	417.3
12-Nov-12	9:56	615.2	20.6	400.6
12-Nov-12	9:57	638.1	20.6	428.1
12-Nov-12	9:58	636.1	20.6	468.5
12-Nov-12	9:59	649.0	15.5	462.0
12-Nov-12	10:00	670.9	18.1	474.6
12-Nov-12	10:04	611.2	10.3	449.5
12-Nov-12	10:05	651.0	7.7	461.1
12-Nov-12	10:06	633.1	12.9	461.4
12-Nov-12	10:07	680.9	10.3	492.1
12-Nov-12	10:08	616.2	15.5	440.4
12-Nov-12	10:09	639.0	18.1	473.3
12-Nov-12	10:14	555.4	0.0	233.3
12-Nov-12	10:15	595.3	10.3	461.0
12-Nov-12	10:16	599.2	12.9	435.2
12-Nov-12	10:17	666.9	12.9	489.3
12-Nov-12	10:18	638.1	18.1	484.2
12-Nov-12	10:19	612.2	20.6	478.5
12-Nov-12	10:20	655.0	18.1	490.0
12-Nov-12	10:21	675.9	18.1	498.2
12-Nov-12	10:22	659.0	20.6	496.9
12-Nov-12	10:23	702.8	18.1	505.9
12-Nov-12	10:24	644.0	20.6	475.0
12-Nov-12	10:25	628.1	20.6	468.8
12-Nov-12	10:26	635.1	20.6	484.2
12-Nov-12	10:27	623.1	20.6	463.7
12-Nov-12	10:28	670.9	18.1	498.6
12-Nov-12	10:29	651.0	20.6	512.6
12-Nov-12	10:29	649.0	20.6	504.7
12-Nov-12	10:30	679.9	20.6	513.0
12-Nov-12	10:41	225.0	25.8	393.4
12-Nov-12	10:42	568.4	5.2	407.2
12-Nov-12	10:43	541.5	10.3	389.4
12-Nov-12	10:44	538.5	18.1	390.9
12-Nov-12	10:45	599.2	18.1	413.7
12-Nov-12	10:46	624.1	23.2	449.0
12-Nov-12	10:52	605.2	7.7	417.0
12-Nov-12	10:53	608.2	15.5	426.4
12-Nov-12	10:54	594.3	15.5	399.2
12-Nov-12	10:55	523.6	23.2	355.2

Cuadro III.1: Registro de emisiones de motor Superior 16SGT

FECHA	HORA	CO (mg/m3)	SO ₂ (mg/m3)	NO _x (mg/m3)
12-Nov-12	10:56	462.9	23.2	297.4
12-Nov-12	10:57	720.7	15.5	533.2
12-Nov-12	10:58	630.1	18.1	457.5
12-Nov-12	10:59	581.3	20.6	397.4
12-Nov-12	11:00	582.3	23.2	435.1
12-Nov-12	11:01	530.6	25.8	376.7
12-Nov-12	11:07	797.3	2.6	479.0
12-Nov-12	11:08	824.2	0.0	516.3
12-Nov-12	11:09	811.3	10.3	538.7
12-Nov-12	11:10	814.2	7.7	531.2
12-Nov-12	11:11	818.2	0.0	450.5
12-Nov-12	11:12	832.2	10.3	544.5
12-Nov-12	11:13	811.3	7.7	500.2
12-Nov-12	11:14	829.2	10.3	542.1
12-Nov-12	11:15	812.2	5.2	509.2
12-Nov-12	11:16	810.3	7.7	500.6
12-Nov-12	11:16	795.3	10.3	486.0
12-Nov-12	11:22	816.2	0.0	520.8
12-Nov-12	11:23	836.1	0.0	528.2
12-Nov-12	11:24	851.1	0.0	522.5
12-Nov-12	11:25	843.1	0.0	521.3
12-Nov-12	11:26	858.0	0.0	533.1
12-Nov-12	11:27	817.2	0.0	488.3
12-Nov-12	11:28	816.2	5.2	494.1
12-Nov-12	11:29	829.2	10.3	540.7
12-Nov-12	11:30	830.2	7.7	536.8
12-Nov-12	11:31	824.2	7.7	547.0
12-Nov-12	11:37	780.4	0.0	446.1
12-Nov-12	11:38	806.3	2.6	485.4
12-Nov-12	11:39	835.1	10.3	548.4
12-Nov-12	11:43	757.5	0.0	436.7
12-Nov-12	11:44	820.2	0.0	487.0
12-Nov-12	11:45	733.6	10.3	368.8
12-Nov-12	11:46	811.3	15.5	537.0
12-Nov-12	11:52	832.2	0.0	481.5
12-Nov-12	11:53	814.2	5.2	475.2
12-Nov-12	11:54	762.5	18.1	365.3
12-Nov-12	11:55	798.3	18.1	486.2
12-Nov-12	11:56	802.3	12.9	439.6
12-Nov-12	11:57	842.1	18.1	539.0
12-Nov-12	11:58	809.3	10.3	439.8
12-Nov-12	11:59	792.3	12.9	395.3
12-Nov-12	12:00	806.3	15.5	471.0
12-Nov-12	12:01	806.3	12.9	440.2
12-Nov-12	12:07	810.3	0.0	486.1
12-Nov-12	12:08	808.3	5.2	506.0
12-Nov-12	12:09	825.2	7.7	531.7
12-Nov-12	12:10	826.2	5.2	451.5
12-Nov-12	12:11	757.5	12.9	545.7
12-Nov-12	12:12	794.3	18.1	492.7
12-Nov-12	12:13	810.3	7.7	442.1
12-Nov-12	12:14	815.2	10.3	499.3
12-Nov-12	12:15	794.3	15.5	446.8
12-Nov-12	12:16	791.3	12.9	402.0
12-Nov-12	12:17	751.5	18.1	340.8
12-Nov-12	12:22	792.3	0.0	413.8

Cuadro III.1: Registro de emisiones de motor Superior 16SGT (Continuación)

FECHA	HORA	CO (mg/m ³)	SO ₂ (mg/m ³)	NO _x (mg/m ³)
12-Nov-12	12:23	776.4	5.2	443.0
12-Nov-12	12:24	804.3	2.6	434.5
12-Nov-12	12:25	799.3	5.2	350.9
12-Nov-12	12:26	738.6	18.1	537.3
12-Nov-12	12:27	748.5	15.5	535.2
12-Nov-12	12:28	694.8	23.2	518.7
12-Nov-12	12:29	722.7	20.6	521.1
12-Nov-12	12:30	777.4	15.5	511.5
12-Nov-12	12:31	786.4	7.7	541.1
12-Nov-12	12:32	754.5	15.5	536.1
12-Nov-12	12:37	749.5	2.6	532.9
12-Nov-12	12:38	734.6	7.7	523.6
12-Nov-12	12:39	753.5	12.9	549.2
12-Nov-12	12:40	728.6	12.9	497.7
12-Nov-12	12:41	738.6	15.5	502.2
12-Nov-12	12:42	781.4	15.5	531.1
12-Nov-12	12:43	742.6	18.1	504.3
12-Nov-12	12:44	769.4	18.1	525.8
12-Nov-12	12:45	723.7	20.6	545.0
12-Nov-12	12:46	724.7	18.1	508.8
12-Nov-12	12:47	688.8	20.6	477.7
12-Nov-12	12:53	720.7	5.2	479.3
12-Nov-12	12:54	699.8	10.3	472.3
12-Nov-12	12:55	713.7	12.9	475.7
12-Nov-12	12:56	768.5	10.3	538.3
12-Nov-12	12:57	768.5	18.1	493.8
12-Nov-12	12:58	795.3	12.9	539.1
12-Nov-12	12:59	777.4	15.5	534.7
12-Nov-12	13:00	755.5	15.5	507.7
12-Nov-12	13:01	752.5	18.1	521.0
12-Nov-12	13:02	742.6	18.1	520.5
12-Nov-12	13:07	719.7	2.6	498.3
12-Nov-12	13:08	719.7	7.7	524.4
12-Nov-12	13:09	769.4	10.3	538.0
12-Nov-12	13:10	760.5	12.9	544.7
12-Nov-12	13:11	674.9	15.5	449.0
12-Nov-12	13:12	687.8	18.1	446.6
12-Nov-12	13:13	738.6	18.1	533.0
12-Nov-12	13:14	691.8	23.2	525.5
12-Nov-12	13:15	788.4	12.9	539.5
12-Nov-12	13:16	789.4	15.5	528.4
12-Nov-12	13:17	735.6	20.6	542.9
12-Nov-12	13:22	723.7	0.0	530.5
12-Nov-12	13:23	693.8	5.2	498.0
12-Nov-12	13:24	745.6	2.6	548.4
12-Nov-12	13:25	733.6	10.3	537.6
12-Nov-12	13:26	769.4	15.5	531.3
12-Nov-12	13:27	755.5	20.6	529.3
12-Nov-12	13:28	732.6	15.5	522.8
12-Nov-12	13:29	702.8	18.1	477.6
12-Nov-12	13:32	707.7	23.2	539.3
12-Nov-12	13:37	700.8	2.6	494.4
12-Nov-12	13:38	657.0	12.9	460.6
12-Nov-12	13:39	690.8	15.5	513.9
12-Nov-12	13:40	694.8	15.5	475.3
12-Nov-12	13:41	700.8	18.1	507.6

Cuadro III.1: Registro de emisiones de motor Superior 16SGT (Continuación)

FECHA	HORA	CO (mg/m3)	SO ₂ (mg/m3)	NO _x (mg/m3)
12-Nov-12	13:42	732.6	18.1	516.1
12-Nov-12	13:43	744.6	18.1	527.5
12-Nov-12	13:44	720.7	18.1	500.6
12-Nov-12	13:45	682.8	20.6	466.1
12-Nov-12	13:46	727.6	18.1	539.6
12-Nov-12	13:47	705.7	20.6	494.4
12-Nov-12	13:52	724.7	2.6	508.1
12-Nov-12	13:53	680.9	7.7	464.1
12-Nov-12	13:54	682.8	10.3	469.9
12-Nov-12	13:55	667.9	15.5	470.8
12-Nov-12	13:56	672.9	18.1	458.2
12-Nov-12	13:57	672.9	18.1	453.8
12-Nov-12	13:58	718.7	15.5	475.5
12-Nov-12	13:59	754.5	15.5	538.4
12-Nov-12	14:00	754.5	12.9	529.5
12-Nov-12	14:01	764.5	15.5	539.7
12-Nov-12	14:02	700.8	20.6	493.0
12-Nov-12	14:07	640.0	0.0	432.8
12-Nov-12	14:08	725.6	0.0	531.9
12-Nov-12	14:09	709.7	7.7	496.0
12-Nov-12	14:10	724.7	10.3	516.8
12-Nov-12	14:11	751.5	7.7	547.5
12-Nov-12	14:12	721.7	10.3	492.2
12-Nov-12	14:13	691.8	12.9	490.0
12-Nov-12	14:14	728.6	12.9	547.1
12-Nov-12	14:15	716.7	15.5	514.1
12-Nov-12	14:16	690.8	15.5	463.1
12-Nov-12	14:22	705.7	0.0	469.7
12-Nov-12	14:23	700.8	0.0	484.8
12-Nov-12	14:24	707.7	0.0	532.5
12-Nov-12	14:25	667.9	7.7	507.4
12-Nov-12	14:26	684.8	10.3	479.3
12-Nov-12	14:27	696.8	12.9	516.3
12-Nov-12	14:28	635.1	18.1	475.8
12-Nov-12	14:29	660.0	18.1	482.5
12-Nov-12	14:30	682.8	18.1	480.9
12-Nov-12	14:31	680.9	18.1	466.5
12-Nov-12	14:32	681.9	15.5	495.3
12-Nov-12	14:37	711.7	0.0	496.9
12-Nov-12	14:38	703.8	0.0	491.9
12-Nov-12	14:39	670.9	5.2	473.7
12-Nov-12	14:40	657.0	7.7	443.4
12-Nov-12	14:41	641.0	10.3	437.1
12-Nov-12	14:42	686.8	10.3	458.8
12-Nov-12	14:43	693.8	7.7	474.4
12-Nov-12	14:44	734.6	10.3	519.0
12-Nov-12	14:45	705.7	12.9	505.4
12-Nov-12	14:46	712.7	12.9	496.6
12-Nov-12	14:47	720.7	12.9	489.1
12-Nov-12	14:52	707.7	0.0	529.6
12-Nov-12	14:53	725.6	0.0	519.9
12-Nov-12	14:54	694.8	2.6	476.7
12-Nov-12	14:55	731.6	5.2	542.5
12-Nov-12	14:56	721.7	5.2	484.4
12-Nov-12	14:57	724.7	10.3	492.8
12-Nov-12	14:58	728.6	10.3	518.1

Cuadro III.1: Registro de emisiones de motor Superior 16SGT (Continuación)

FECHA	HORA	CO (mg/m3)	SO ₂ (mg/m3)	NO _x (mg/m3)
12-Nov-12	14:59	750.5	7.7	526.9
12-Nov-12	15:00	756.5	10.3	505.6
12-Nov-12	15:01	703.8	12.9	471.2
12-Nov-12	15:02	698.8	10.3	466.7
12-Nov-12	15:10	728.6	0.0	526.8
12-Nov-12	15:11	692.8	0.0	480.6
12-Nov-12	15:12	676.9	0.0	474.1
12-Nov-12	15:13	695.8	0.0	486.2
12-Nov-12	15:14	690.8	0.0	483.8
12-Nov-12	15:15	714.7	0.0	476.8
12-Nov-12	15:16	767.5	2.6	526.1
12-Nov-12	15:17	770.4	0.0	509.4
12-Nov-12	15:22	729.6	0.0	503.9
12-Nov-12	15:23	689.8	0.0	475.7
12-Nov-12	15:24	747.5	0.0	535.3
12-Nov-12	15:25	729.6	0.0	542.5
12-Nov-12	15:26	727.6	2.6	504.5
12-Nov-12	15:27	739.6	0.0	505.8
12-Nov-12	15:28	719.7	5.2	491.4
12-Nov-12	15:29	706.7	5.2	474.0
12-Nov-12	15:30	739.6	5.2	494.6
12-Nov-12	15:31	756.5	0.0	540.6
12-Nov-12	15:32	742.6	5.2	537.4
12-Nov-12	15:38	690.8	0.0	465.3
12-Nov-12	15:39	708.7	0.0	504.9
12-Nov-12	15:40	775.4	0.0	546.5
12-Nov-12	15:41	720.7	0.0	503.6
12-Nov-12	15:42	729.6	2.6	518.0
12-Nov-12	15:43	709.7	5.2	476.2
12-Nov-12	15:44	724.7	5.2	512.6
12-Nov-12	15:45	719.7	7.7	516.4
12-Nov-12	15:46	686.8	10.3	503.2
12-Nov-12	15:47	669.9	10.3	458.2

Cuadro III.1: Registro de emisiones de motor Superior 16SGT (Continuación)

REGISTRO (*)	CO (mg/m3)	SO ₂ (mg/m3)	NO _x (mg/m3)
MÁXIMOS	858.0	25.8	549.2
PROMEDIOS	710.4	11.5	480.3

(*) Registro de emisiones tomadas el día 12 de noviembre de 2012 entre las 9:40 hrs y 15:47 hrs

Cuadro III.2: Valores de máximos y promedios de emisiones de motor Superior 16SGT

APÉNDICE IV

LISTA DE INSTRUMENTOS Y ACCESORIOS

RELACION DE INSTRUMENTOS					
ORDEN	ABREVIATURA	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO	UBICACIÓN	PLANO
1	ZSC	Switch de posición CERRADO	3101	VÁLVULA DE PURGA	PLANOS INFORME-03-01
2	ZSO	Switch de posición ABIERTO	3101	VÁLVULA DE PURGA	PLANOS INFORME-03-01
3	SDV	Válvula actuada por solenoide	3101	VÁLVULA DE PURGA	PLANOS INFORME-03-01
4	ZIC	Indicador de posición CERRADO	3101	VÁLVULA DE PURGA	PLANOS INFORME-03-01
5	ZIO	Indicador de posición ABIERTO	3101	VÁLVULA DE PURGA	PLANOS INFORME-03-01
6	XY	Válvula solenoide	3101	VÁLVULA DE PURGA	PLANOS INFORME-03-01
7	SOV	Válvula solenoide de 3 - 2 vías	3101	VÁLVULA DE PURGA	PLANOS INFORME-03-01
8	PCV	Válvula controladora de presión	3101	VÁLVULA DE PURGA	PLANOS INFORME-03-01
9	ZSC	Switch de posición CERRADO	3102	VÁLVULA DE SUCCIÓN	PLANOS INFORME-03-01
10	ZSO	Switch de posición ABIERTO	3102	VÁLVULA DE SUCCIÓN	PLANOS INFORME-03-01
11	SDV	Válvula actuada por solenoide	3102	VÁLVULA DE SUCCIÓN	PLANOS INFORME-03-01
12	ZIC	Indicador de posición CERRADO	3102	VÁLVULA DE SUCCIÓN	PLANOS INFORME-03-01
13	ZIO	Indicador de posición ABIERTO	3102	VÁLVULA DE SUCCIÓN	PLANOS INFORME-03-01
14	XY	Válvula solenoide	3102	VÁLVULA DE SUCCIÓN	PLANOS INFORME-03-01
15	SOV	Válvula solenoide de 3 - 2 vías	3102	VÁLVULA DE SUCCIÓN	PLANOS INFORME-03-01
16	PCV	Válvula controladora de presión	3102	VÁLVULA DE SUCCIÓN	PLANOS INFORME-03-01
17	PSV	Válvula de seguridad	3101	VÁLVULA DE SEGURIDAD SUCCIÓN	PLANOS INFORME-03-01
18	BR	Anillo de drenaje	3101	VÁLVULA DE SEGURIDAD SUCCIÓN	PLANOS INFORME-03-01
19	BR	Anillo de drenaje	3102	VÁLVULA DE SEGURIDAD SUCCIÓN	PLANOS INFORME-03-01
20	BPV	Válvula by pass	3101	VÁLVULA DE BY PASS	PLANOS INFORME-03-01
21	ZSC	Switch de posición CERRADO	3103	VÁLVULA DE BY PASS	PLANOS INFORME-03-01
22	ZSO	Switch de posición ABIERTO	3103	VÁLVULA DE BY PASS	PLANOS INFORME-03-01
23	ZIC	Indicador de posición CERRADO	3103	VÁLVULA DE BY PASS	PLANOS INFORME-03-01
24	ZIO	Indicador de posición ABIERTO	3103	VÁLVULA DE BY PASS	PLANOS INFORME-03-01
25	XY	Válvula solenoide	3103	VÁLVULA DE BY PASS	PLANOS INFORME-03-01
26	SOV	Válvula solenoide de 3 - 2 vías	3103	VÁLVULA DE BY PASS	PLANOS INFORME-03-01
27	PCV	Válvula controladora de presión	3103	VÁLVULA DE BY PASS	PLANOS INFORME-03-01
28	PT	Transmisor de presión	3101	VÁLVULA DE RECICLO	PLANOS INFORME-03-01
29	PT	Transmisor de presión	3102	VÁLVULA DE RECICLO	PLANOS INFORME-03-01
30	RCV	Válvula de recirculación	3101	VÁLVULA DE RECICLO	PLANOS INFORME-03-01
31	BR	Anillo de drenaje	3103	VÁLVULA DE RECICLO	PLANOS INFORME-03-01
32	PY	Transductor de señal de presión	3101	VÁLVULA DE RECICLO	PLANOS INFORME-03-01
33	PCV	Válvula controladora de presión	3104	VÁLVULA DE RECICLO	PLANOS INFORME-03-01
34	PIC	Controlador e indicador de presión	3101	VÁLVULA DE RECICLO	PLANOS INFORME-03-01
35	PI	Indicador de presión	3101	VÁLVULA DE RECICLO	PLANOS INFORME-03-01
36	PCV	Válvula controladora de presión	3105	SCRUBBER 1RA ETAPA	PLANOS INFORME-03-01
37	LC	Controlador de nivel	3101	SCRUBBER 1RA ETAPA	PLANOS INFORME-03-01
38	LCV	Válvula controladora de líquido	3101	SCRUBBER 1RA ETAPA	PLANOS INFORME-03-01
39	LGV	Válvula de visor de nivel	3101	SCRUBBER 1RA ETAPA	PLANOS INFORME-03-01
40	LGV	Válvula de visor de nivel	3102	SCRUBBER 1RA ETAPA	PLANOS INFORME-03-01
41	LG	Visor de nivel	3101	SCRUBBER 1RA ETAPA	PLANOS INFORME-03-01
42	CHB	Cámara flotante	3101	SCRUBBER 1RA ETAPA	PLANOS INFORME-03-01
43	CHB	Cámara flotante	3102	SCRUBBER 1RA ETAPA	PLANOS INFORME-03-01
44	CHB	Cámara flotante	3103	SCRUBBER 1RA ETAPA	PLANOS INFORME-03-01
45	LAHH	Anunciador de nivel ALTO ALTO	3101	SCRUBBER 1RA ETAPA	PLANOS INFORME-03-01
46	LAH	Anunciador de nivel ALTO	3101	SCRUBBER 1RA ETAPA	PLANOS INFORME-03-01
47	LSHH	Swith de nivel ALTO ALTO	3101	SCRUBBER 1RA ETAPA	PLANOS INFORME-03-01
48	LSH	Swith de nivel ALTO	3101	SCRUBBER 1RA ETAPA	PLANOS INFORME-03-01
49	LSLL	Swith de nivel BAJO BAJO	3101	SCRUBBER 1RA ETAPA	PLANOS INFORME-03-01
50	LALL	Anunciador de nivel BAJO BAJO	3101	SCRUBBER 1RA ETAPA	PLANOS INFORME-03-01
51	TI	Indicador de temperatura	3101	SCRUBBER 1RA ETAPA	PLANOS INFORME-03-01
52	TW	Termopozo	3101	SCRUBBER 1RA ETAPA	PLANOS INFORME-03-01
53	BR	Anillo de drenaje	3104	VÁLVULA DE SEGURIDAD 1RA ETAPA	PLANOS INFORME-03-01
54	BR	Anillo de drenaje	3105	VÁLVULA DE SEGURIDAD 1RA ETAPA	PLANOS INFORME-03-01
55	PSV	Válvula de seguridad	3102	VÁLVULA DE SEGURIDAD 1RA ETAPA	PLANOS INFORME-03-01
56	TW	Termopozo	3102	DESCARGA 1RA ETAPA	PLANOS INFORME-03-01
57	TE	Sensor de temperatura	3101	DESCARGA 1RA ETAPA	PLANOS INFORME-03-01
58	TI	Indicador de temperatura	3102	DESCARGA 1RA ETAPA	PLANOS INFORME-03-01
59	PT	Transmisor de presión	3103	DESCARGA 1RA ETAPA	PLANOS INFORME-03-01
60	PI	Indicador de presión	3102	DESCARGA 1RA ETAPA	PLANOS INFORME-03-01
61	LC	Controlador de nivel	3102	SCRUBBER 2DA ETAPA	PLANOS INFORME-03-01
62	LCV	Válvula controladora de líquido	3102	SCRUBBER 2DA ETAPA	PLANOS INFORME-03-01
63	LGV	Válvula de visor de nivel	3103	SCRUBBER 2DA ETAPA	PLANOS INFORME-03-01
64	LGV	Válvula de visor de nivel	3104	SCRUBBER 2DA ETAPA	PLANOS INFORME-03-01
65	LG	Visor de nivel	3102	SCRUBBER 2DA ETAPA	PLANOS INFORME-03-01
66	CHB	Cámara flotante	3104	SCRUBBER 2DA ETAPA	PLANOS INFORME-03-01
67	CHB	Cámara flotante	3105	SCRUBBER 2DA ETAPA	PLANOS INFORME-03-01
68	CHB	Cámara flotante	3106	SCRUBBER 2DA ETAPA	PLANOS INFORME-03-01
69	LAHH	Anunciador de nivel ALTO ALTO	3102	SCRUBBER 2DA ETAPA	PLANOS INFORME-03-01
70	LAH	Anunciador de nivel ALTO	3102	SCRUBBER 2DA ETAPA	PLANOS INFORME-03-01

Cuadro IV.1: Lista de instrumentos y accesorios

ORDEN	ABREVIATURA	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO	UBICACIÓN	PLANO
71	LSHH	Swith de nivel ALTO ALTO	3102	SCRUBBER 2DA ETAPA	PLANOS_INFORME-03-01
72	LSH	Swith de nivel ALTO	3102	SCRUBBER 2DA ETAPA	PLANOS_INFORME-03-01
73	LSLL	Swith de nivel BAJO BAJO	3102	SCRUBBER 2DA ETAPA	PLANOS_INFORME-03-01
74	LALL	Anunciador de nivel BAJO BAJO	3102	SCRUBBER 2DA ETAPA	PLANOS_INFORME-03-01
75	TI	Indicador de temperatura	3103	SCRUBBER 2DA ETAPA	PLANOS_INFORME-03-01
76	TW	Termopozo	3103	SCRUBBER 2DA ETAPA	PLANOS_INFORME-03-01
77	BR	Anillo de drenaje	3106	VÁLVULA DE SEGURIDAD 2DA ETAPA	PLANOS_INFORME-03-01
78	BR	Anillo de drenaje	3107	VÁLVULA DE SEGURIDAD 2DA ETAPA	PLANOS_INFORME-03-01
79	PSV	Válvula de seguridad	3103	VÁLVULA DE SEGURIDAD 2DA ETAPA	PLANOS_INFORME-03-01
80	TW	Termopozo	3104	DESCARGA 2DA ETAPA	PLANOS_INFORME-03-01
81	TE	Sensor de temperatura	3102	DESCARGA 2DA ETAPA	PLANOS_INFORME-03-01
82	TI	Indicador de temperatura	3104	DESCARGA 2DA ETAPA	PLANOS_INFORME-03-01
83	PT	Transmisor de presión	3104	DESCARGA 2DA ETAPA	PLANOS_INFORME-03-01
84	PI	Indicador de presión	3103	DESCARGA 2DA ETAPA	PLANOS_INFORME-03-01
85	LC	Controlador de nivel	3203	SCRUBBER 3RA ETAPA	PLANOS_INFORME-03-02
86	LCV	Válvula controladora de líquido	3203	SCRUBBER 3RA ETAPA	PLANOS_INFORME-03-02
87	LGV	Válvula de visor de nivel	3205	SCRUBBER 3RA ETAPA	PLANOS_INFORME-03-02
88	LGV	Válvula de visor de nivel	3206	SCRUBBER 3RA ETAPA	PLANOS_INFORME-03-02
89	LG	Visor de nivel	3203	SCRUBBER 3RA ETAPA	PLANOS_INFORME-03-02
90	CHB	Cámara flotante	3207	SCRUBBER 3RA ETAPA	PLANOS_INFORME-03-02
91	CHB	Cámara flotante	3208	SCRUBBER 3RA ETAPA	PLANOS_INFORME-03-02
92	CHB	Cámara flotante	3209	SCRUBBER 3RA ETAPA	PLANOS_INFORME-03-02
93	LAHH	Anunciador de nivel ALTO ALTO	3203	SCRUBBER 3RA ETAPA	PLANOS_INFORME-03-02
94	LAH	Anunciador de nivel ALTO	3203	SCRUBBER 3RA ETAPA	PLANOS_INFORME-03-02
95	LSHH	Swith de nivel ALTO ALTO	3203	SCRUBBER 3RA ETAPA	PLANOS_INFORME-03-02
96	LSH	Swith de nivel ALTO	3203	SCRUBBER 3RA ETAPA	PLANOS_INFORME-03-02
97	LSLL	Swith de nivel BAJO BAJO	3203	SCRUBBER 3RA ETAPA	PLANOS_INFORME-03-02
98	LALL	Anunciador de nivel BAJO BAJO	3203	SCRUBBER 3RA ETAPA	PLANOS_INFORME-03-02
99	TI	Indicador de temperatura	3205	SCRUBBER 3RA ETAPA	PLANOS_INFORME-03-02
100	TW	Termopozo	3205	SCRUBBER 3RA ETAPA	PLANOS_INFORME-03-02
101	BR	Anillo de drenaje	3208	VÁLVULA DE SEGURIDAD 3RA ETAPA	PLANOS_INFORME-03-02
102	BR	Anillo de drenaje	3209	VÁLVULA DE SEGURIDAD 3RA ETAPA	PLANOS_INFORME-03-02
103	PSV	Válvula de seguridad	3204	VÁLVULA DE SEGURIDAD 3RA ETAPA	PLANOS_INFORME-03-02
104	TW	Termopozo	3206	DESCARGA 3RA ETAPA	PLANOS_INFORME-03-02
105	TE	Sensor de temperatura	3203	DESCARGA 3RA ETAPA	PLANOS_INFORME-03-02
106	TI	Indicador de temperatura	3206	DESCARGA 3RA ETAPA	PLANOS_INFORME-03-02
107	PT	Transmisor de presión	3205	DESCARGA 3RA ETAPA	PLANOS_INFORME-03-02
108	PI	Indicador de presión	3204	DESCARGA 3RA ETAPA	PLANOS_INFORME-03-02
109	LC	Controlador de nivel	3204	SCRUBBER 4TA ETAPA	PLANOS_INFORME-03-02
110	LCV	Válvula controladora de líquido	3204	SCRUBBER 4TA ETAPA	PLANOS_INFORME-03-02
111	LGV	Válvula de visor de nivel	3207	SCRUBBER 4TA ETAPA	PLANOS_INFORME-03-02
112	LGV	Válvula de visor de nivel	3208	SCRUBBER 4TA ETAPA	PLANOS_INFORME-03-02
113	LG	Visor de nivel	3204	SCRUBBER 4TA ETAPA	PLANOS_INFORME-03-02
114	CHB	Cámara flotante	3210	SCRUBBER 4TA ETAPA	PLANOS_INFORME-03-02
115	CHB	Cámara flotante	3211	SCRUBBER 4TA ETAPA	PLANOS_INFORME-03-02
116	CHB	Cámara flotante	3212	SCRUBBER 4TA ETAPA	PLANOS_INFORME-03-02
117	LAHH	Anunciador de nivel ALTO ALTO	3204	SCRUBBER 4TA ETAPA	PLANOS_INFORME-03-02
118	LAH	Anunciador de nivel ALTO	3204	SCRUBBER 4TA ETAPA	PLANOS_INFORME-03-02
119	LSHH	Swith de nivel ALTO ALTO	3204	SCRUBBER 4TA ETAPA	PLANOS_INFORME-03-02
120	LSH	Swith de nivel ALTO	3204	SCRUBBER 4TA ETAPA	PLANOS_INFORME-03-02
121	LSLL	Swith de nivel BAJO BAJO	3204	SCRUBBER 4TA ETAPA	PLANOS_INFORME-03-02
122	LALL	Anunciador de nivel BAJO BAJO	3204	SCRUBBER 4TA ETAPA	PLANOS_INFORME-03-02
123	TI	Indicador de temperatura	3207	SCRUBBER 4TA ETAPA	PLANOS_INFORME-03-02
124	TW	Termopozo	3207	SCRUBBER 4TA ETAPA	PLANOS_INFORME-03-02
125	BR	Anillo de drenaje	3210	VÁLVULA DE SEGURIDAD 4TA ETAPA	PLANOS_INFORME-03-02
126	BR	Anillo de drenaje	3211	VÁLVULA DE SEGURIDAD 4TA ETAPA	PLANOS_INFORME-03-02
127	PSV	Válvula de seguridad	3205	VÁLVULA DE SEGURIDAD 4TA ETAPA	PLANOS_INFORME-03-02
128	TW	Termopozo	3208	DESCARGA 4TA ETAPA	PLANOS_INFORME-03-02
129	TE	Sensor de temperatura	3204	DESCARGA 4TA ETAPA	PLANOS_INFORME-03-02
130	TI	Indicador de temperatura	3208	DESCARGA 4TA ETAPA	PLANOS_INFORME-03-02
131	PT	Transmisor de presión	3206	DESCARGA 4TA ETAPA	PLANOS_INFORME-03-02
132	PI	Indicador de presión	3205	DESCARGA 4TA ETAPA	PLANOS_INFORME-03-02
133	PCV	Válvula controladora de presión	3206	VÁLVULA DE DESCARGA	PLANOS_INFORME-03-02
134	SOV	Válvula solenoide de 3 - 2 vias	3204	VÁLVULA DE DESCARGA	PLANOS_INFORME-03-02
135	XY	Válvula solenoide	3204	VÁLVULA DE DESCARGA	PLANOS_INFORME-03-02
136	ZIC	Indicador de posición CERRADO	3204	VÁLVULA DE DESCARGA	PLANOS_INFORME-03-02
137	ZIO	Indicador de posición ABIERTO	3204	VÁLVULA DE DESCARGA	PLANOS_INFORME-03-02
138	ZSC	Switch de posición CERRADO	3204	VÁLVULA DE DESCARGA	PLANOS_INFORME-03-02
139	ZSO	Switch de posición ABIERTO	3204	VÁLVULA DE DESCARGA	PLANOS_INFORME-03-02
140	SDV	Válvula actuada por solenoide	3203	VÁLVULA DE DESCARGA	PLANOS_INFORME-03-02

Cuadro IV.1: Lista de instrumentos y accesorios (Continuación)

ORDEN	ABREVIATURA	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO	UBICACIÓN	PLANO
141	PCV	Válvula controladora de presión	3207	VÁLVULA DE DESFOGUE	PLANOS INFORME-03-02
142	SOV	Válvula solenoide de 3 - 2 vías	3205	VÁLVULA DE DESFOGUE	PLANOS INFORME-03-02
143	XY	Válvula solenoide	3205	VÁLVULA DE DESFOGUE	PLANOS INFORME-03-02
144	ZIC	Indicador de posición CERRADO	3205	VÁLVULA DE DESFOGUE	PLANOS INFORME-03-02
145	ZIO	Indicador de posición ABIERTO	3205	VÁLVULA DE DESFOGUE	PLANOS INFORME-03-02
146	ZSC	Switch de posición CERRADO	3205	VÁLVULA DE DESFOGUE	PLANOS INFORME-03-02
147	ZSO	Switch de posición ABIERTO	3205	VÁLVULA DE DESFOGUE	PLANOS INFORME-03-02
148	BDV	Válvula de desfogue	3201	VÁLVULA DE DESFOGUE	PLANOS INFORME-03-02
149	SOV	Válvula solenoide de 3 - 2 vías	4106	LUBRICACIÓN COMPRESOR	PLANOS INFORME-04-01
150	XY	Válvula solenoide	4106	LUBRICACIÓN COMPRESOR	PLANOS INFORME-04-01
151	TCV	Válvula termostática	4101	LUBRICACIÓN COMPRESOR	PLANOS INFORME-04-01
152	PT	Transmisor de presión	4107	LUBRICACIÓN COMPRESOR	PLANOS INFORME-04-01
153	PI	Indicador de presión	4106	LUBRICACIÓN COMPRESOR	PLANOS INFORME-04-01
154	TW	Termopozo	4109	LUBRICACIÓN COMPRESOR	PLANOS INFORME-04-01
155	TE	Sensor de temperatura	4105	LUBRICACIÓN COMPRESOR	PLANOS INFORME-04-01
156	TI	Indicador de temperatura	4109	LUBRICACIÓN COMPRESOR	PLANOS INFORME-04-01
157	LC	Controlador de nivel	4105	LUBRICACIÓN COMPRESOR	PLANOS INFORME-04-01
158	LSLL	Swith de nivel BAJO BAJO	4105	LUBRICACIÓN COMPRESOR	PLANOS INFORME-04-01
159	LALL	Anunciador de nivel BAJO BAJO	4105	LUBRICACIÓN COMPRESOR	PLANOS INFORME-04-01
160	FSL	Switch de no flujo	4101	LUBRICACIÓN FORZADA COMPRESOR	PLANOS INFORME-04-01
161	FALL	Anunciador de flujo	4101	LUBRICACIÓN FORZADA COMPRESOR	PLANOS INFORME-04-01
162	FSL	Switch de no flujo	4102	LUBRICACIÓN FORZADA COMPRESOR	PLANOS INFORME-04-01
163	FALL	Anunciador de flujo	4102	LUBRICACIÓN FORZADA COMPRESOR	PLANOS INFORME-04-01
164	XY	Válvula solenoide	4107	LUBRICACIÓN MOTOR	PLANOS INFORME-04-01
165	SOV	Válvula solenoide de 3 - 2 vías	4107	LUBRICACIÓN MOTOR	PLANOS INFORME-04-01
166	TCV	Válvula termostática	4102	LUBRICACIÓN MOTOR	PLANOS INFORME-04-01
167	TW	Termopozo	4110	LUBRICACIÓN MOTOR	PLANOS INFORME-04-01
168	TE	Sensor de temperatura	4106	LUBRICACIÓN MOTOR	PLANOS INFORME-04-01
169	TI	Indicador de temperatura	4110	LUBRICACIÓN MOTOR	PLANOS INFORME-04-01
170	LC	Controlador de nivel	4106	LUBRICACIÓN MOTOR	PLANOS INFORME-04-01
171	LSLL	Swith de nivel BAJO BAJO	4106	LUBRICACIÓN MOTOR	PLANOS INFORME-04-01
172	LALL	Anunciador de nivel BAJO BAJO	4106	LUBRICACIÓN MOTOR	PLANOS INFORME-04-01
173	PT	Transmisor de presión	4108	LUBRICACIÓN MOTOR	PLANOS INFORME-04-01
174	PI	Indicador de presión	4107	LUBRICACIÓN MOTOR	PLANOS INFORME-04-01
175	LGV	Válvula de visor de nivel	4209	FILTRO DE GAS COMBUSTIBLE	PLANOS INFORME-04-02
176	LGV	Válvula de visor de nivel	4210	FILTRO DE GAS COMBUSTIBLE	PLANOS INFORME-04-02
177	LG	Visor de nivel	4205	FILTRO DE GAS COMBUSTIBLE	PLANOS INFORME-04-02
178	PI	Indicador de presión	4208	FILTRO DE GAS COMBUSTIBLE	PLANOS INFORME-04-01
179	PI	Indicador de presión	4209	LÍNEA DE GAS COMBUSTIBLE	PLANOS INFORME-04-01
180	PSV	Válvula de seguridad	4206	LÍNEA DE GAS COMBUSTIBLE	PLANOS INFORME-04-02
181	PSV	Válvula de seguridad	4207	LÍNEA DE GAS COMBUSTIBLE	PLANOS INFORME-04-02
182	PCV	Válvula controladora de presión	4208	LÍNEA DE GAS COMBUSTIBLE	PLANOS INFORME-04-02
183	PI	Indicador de presión	4310	SISTEMA DE REFRIG. AUXILIAR	PLANOS INFORME-04-03
184	PT	Transmisor de presión	4309	SISTEMA DE REFRIG. AUXILIAR	PLANOS INFORME-04-03
185	PI	Indicador de presión	4311	SISTEMA DE REFRIG. PRINCIPAL	PLANOS INFORME-04-03
186	PT	Transmisor de presión	4310	SISTEMA DE REFRIG. PRINCIPAL	PLANOS INFORME-04-03
187	TI	Indicador de temperatura	4311	SISTEMA DE REFRIG. AUXILIAR	PLANOS INFORME-04-03
188	TE	Sensor de temperatura	4307	SISTEMA DE REFRIG. AUXILIAR	PLANOS INFORME-04-03
189	TW	Termopozo	4311	SISTEMA DE REFRIG. AUXILIAR	PLANOS INFORME-04-03
190	TI	Indicador de temperatura	4312	SISTEMA DE REFRIG. PRINCIPAL	PLANOS INFORME-04-03
191	TE	Sensor de temperatura	4308	SISTEMA DE REFRIG. PRINCIPAL	PLANOS INFORME-04-03
192	TW	Termopozo	4312	SISTEMA DE REFRIG. PRINCIPAL	PLANOS INFORME-04-03
193	LG	Visor de nivel	4306	TANQUE DE EXPANSIÓN	PLANOS INFORME-04-03
194	LG	Visor de nivel	4307	TANQUE DE EXPANSIÓN	PLANOS INFORME-04-03
195	LGV	Válvula de visor de nivel	4311	TANQUE DE EXPANSIÓN	PLANOS INFORME-04-03
196	LGV	Válvula de visor de nivel	4312	TANQUE DE EXPANSIÓN	PLANOS INFORME-04-03
197	LGV	Válvula de visor de nivel	4313	TANQUE DE EXPANSIÓN	PLANOS INFORME-04-03
198	LGV	Válvula de visor de nivel	4314	TANQUE DE EXPANSIÓN	PLANOS INFORME-04-03
199	LSLL	Swith de nivel BAJO BAJO	4307	TANQUE DE EXPANSIÓN	PLANOS INFORME-04-03
200	LSLL	Swith de nivel BAJO BAJO	4308	TANQUE DE EXPANSIÓN	PLANOS INFORME-04-03
201	LALL	Anunciador de nivel BAJO BAJO	4307	TANQUE DE EXPANSIÓN	PLANOS INFORME-04-03
202	LALL	Anunciador de nivel BAJO BAJO	4308	TANQUE DE EXPANSIÓN	PLANOS INFORME-04-03
203	VS	Switch de vibración	4401	COOLER	PLANOS INFORME-04-04
204	VS	Switch de vibración	4402	COOLER	PLANOS INFORME-04-04
205	VAHH	Anunciador de vibración ALTO ALTO	4401	COOLER	PLANOS INFORME-04-04
206	VAHH	Anunciador de vibración ALTO ALTO	4402	COOLER	PLANOS INFORME-04-04
207	VT	Transmisor de vibraciones	4401	FRAME DE COMPRESOR	PLANOS INFORME-04-04
208	VI	Indicador de vibraciones	4401	FRAME DE COMPRESOR	PLANOS INFORME-04-04
209	VT	Transmisor de vibraciones	4402	FRAME DE COMPRESOR	PLANOS INFORME-04-04
210	VI	Indicador de vibraciones	4402	FRAME DE COMPRESOR	PLANOS INFORME-04-04

Cuadro IV.1: Lista de instrumentos y accesorios (Continuación)

ORDEN	ABREVIATURA	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO	UBICACIÓN	PLANO
211	VT	Transmisor de vibraciones	4403	BLOCK DE MOTOR	PLANOS INFORME-04-04
212	VI	Indicador de vibraciones	4403	BLOCK DE MOTOR	PLANOS INFORME-04-04
213	VT	Transmisor de vibraciones	4404	BLOCK DE MOTOR	PLANOS INFORME-04-04
214	VI	Indicador de vibraciones	4404	BLOCK DE MOTOR	PLANOS INFORME-04-04
215	TI	Indicador de temperatura	4413	MANIFOLD ESCAPE DERECHO	PLANOS INFORME-04-04
216	TI	Indicador de temperatura	4414	CILINDRO 1R MOTOR	PLANOS INFORME-04-04
217	TI	Indicador de temperatura	4415	CILINDRO 2R MOTOR	PLANOS INFORME-04-04
218	TI	Indicador de temperatura	4416	CILINDRO 3R MOTOR	PLANOS INFORME-04-04
219	TI	Indicador de temperatura	4417	CILINDRO 4R MOTOR	PLANOS INFORME-04-04
220	TI	Indicador de temperatura	4418	CILINDRO 5R MOTOR	PLANOS INFORME-04-04
221	TI	Indicador de temperatura	4419	CILINDRO 6R MOTOR	PLANOS INFORME-04-04
222	TI	Indicador de temperatura	4420	CILINDRO 7R MOTOR	PLANOS INFORME-04-04
223	TI	Indicador de temperatura	4421	CILINDRO 8R MOTOR	PLANOS INFORME-04-04
224	TI	Indicador de temperatura	4422	MANIFOLD ESCAPE IZQUIERDO	PLANOS INFORME-04-04
225	TI	Indicador de temperatura	4423	CILINDRO 1L MOTOR	PLANOS INFORME-04-04
226	TI	Indicador de temperatura	4424	CILINDRO 2L MOTOR	PLANOS INFORME-04-04
227	TI	Indicador de temperatura	4425	CILINDRO 3L MOTOR	PLANOS INFORME-04-04
228	TI	Indicador de temperatura	4426	CILINDRO 4L MOTOR	PLANOS INFORME-04-04
229	TI	Indicador de temperatura	4427	CILINDRO 5L MOTOR	PLANOS INFORME-04-04
230	TI	Indicador de temperatura	4428	CILINDRO 6L MOTOR	PLANOS INFORME-04-04
231	TI	Indicador de temperatura	4429	CILINDRO 7L MOTOR	PLANOS INFORME-04-04
232	TI	Indicador de temperatura	4430	CILINDRO 8L MOTOR	PLANOS INFORME-04-04
233	TE	Sensor de temperatura	4409	MANIFOLD ESCAPE DERECHO	PLANOS INFORME-04-04
234	TE	Sensor de temperatura	4410	CILINDRO 1R MOTOR	PLANOS INFORME-04-04
235	TE	Sensor de temperatura	4411	CILINDRO 2R MOTOR	PLANOS INFORME-04-04
236	TE	Sensor de temperatura	4412	CILINDRO 3R MOTOR	PLANOS INFORME-04-04
237	TE	Sensor de temperatura	4413	CILINDRO 4R MOTOR	PLANOS INFORME-04-04
238	TE	Sensor de temperatura	4414	CILINDRO 5R MOTOR	PLANOS INFORME-04-04
239	TE	Sensor de temperatura	4415	CILINDRO 6R MOTOR	PLANOS INFORME-04-04
240	TE	Sensor de temperatura	4416	CILINDRO 7R MOTOR	PLANOS INFORME-04-04
241	TE	Sensor de temperatura	4417	CILINDRO 8R MOTOR	PLANOS INFORME-04-04
242	TE	Sensor de temperatura	4418	MANIFOLD ESCAPE IZQUIERDO	PLANOS INFORME-04-04
243	TE	Sensor de temperatura	4419	CILINDRO 1L MOTOR	PLANOS INFORME-04-04
244	TE	Sensor de temperatura	4420	CILINDRO 2L MOTOR	PLANOS INFORME-04-04
245	TE	Sensor de temperatura	4421	CILINDRO 3L MOTOR	PLANOS INFORME-04-04
246	TE	Sensor de temperatura	4422	CILINDRO 4L MOTOR	PLANOS INFORME-04-04
247	TE	Sensor de temperatura	4423	CILINDRO 5L MOTOR	PLANOS INFORME-04-04
248	TE	Sensor de temperatura	4424	CILINDRO 6L MOTOR	PLANOS INFORME-04-04
249	TE	Sensor de temperatura	4425	CILINDRO 7L MOTOR	PLANOS INFORME-04-04
250	TE	Sensor de temperatura	4426	CILINDRO 8L MOTOR	PLANOS INFORME-04-04
251	PI	Indicador de presión	4612	REFRIG. CILINDROS COMPRESOR	PLANOS INFORME-04-06
252	PI	Indicador de presión	4613	REFRIG. CILINDROS COMPRESOR	PLANOS INFORME-04-06
253	TI	Indicador de temperatura	4631	REFRIG. CILINDROS COMPRESOR	PLANOS INFORME-04-06
254	TE	Sensor de temperatura	4627	REFRIG. CILINDROS COMPRESOR	PLANOS INFORME-04-06
255	TW	Termopozo	4613	REFRIG. CILINDROS COMPRESOR	PLANOS INFORME-04-06

Cuadro IV.1: Lista de instrumentos y accesorios (Continuación)

APÉNDICE V
LISTAS DE VERIFICACIÓN

LISTA DE VERIFICACIÓN PARA LAS ACTIVIDADES DE PRE-COMISIONAMIENTO DE UNA UNIDAD DE COMPRESIÓN

Fecha: 18-Oct-12 Cliente: XXXXXXXXXXXXXXXXXX
 Locación: XXXXXXXXXXXXXXXXXX Operador: XXXXXXXXXXXXXXXXXX
 País: PERÚ Mecánico: XXXXXXXXXXXXXXXXXX
 Provincia: ZORRITOS - TUMBES Nro de unidad: XXXXXXXXXXXXXXXXXX

ITEM	VERIFICACIÓN	SI	NO	N/A	INICIALES
1.0	ASPECTOS GENERALES				
1.1	¿Fueron enviados con la unidad los manuales de repuestos, servicio y operación?	X			ML
1.2	¿Fue nivelada apropiadamente nivelada la unidad y gruteada de ser aplicable?	X			ML
1.3	¿Ha sido verificada la deflexión de la base y las lecturas documentadas?	X			ML
1.4	¿Han sido retirados todos los tapones y tapas de embalaje?	X			ML
1.5	¿Ha sido verificado el ajuste de los pernos de las válvulas agua, compuerta, check, etc?	X			ML
2.0	SISTEMA DE COMPRESIÓN				
2.1	¿Ha sido instalado el filtro de la línea de succión?	X			ML
2.2	¿Han sido instaladas válvulas de bloqueo y válvulas check en las líneas de succión y descarga?	X			ML
2.3	¿Han sido verificados y ajustados todos los soportes y puntos de apoyo?	X			ML
2.4	¿Han sido verificadas todas las válvulas de seguridad y se encuentran ajustadas a la presión adecuada	X			ML
3.0	SISTEMA DE TRANSMISIÓN				
3.1	¿Fue verificado el alineamiento en frío y caliente y los pernos del acoplamiento torquados adecuadamente?	X			ML
3.2	¿Ha sido verificado el juego axial de los cigüeñales verificado y documentado?	X			ML
3.3	¿Han sido las luces de las crucetas de todos los tiros verificadas y documentadas?	X			ML
3.4	¿Ha sido verificada y documentada la deflexión de los vástagos?	X			ML
3.5	¿Han sido correctamente nivelados y enlaminados los espaciadores?	X			ML
3.6	¿Se encuentran instaladas las guardas de protección del acoplamiento y las fajas?	X			ML
4.0	SISTEMA DE LUBRICACIÓN				
4.1	¿Han sido limpiadas y/o purgadas todas las líneas de lubricación?	X			ML
4.2	¿Se encuentran conectadas apropiadamente las líneas de suministro y drenaje del sistema de lubricación?	X			ML
4.3	¿Han sido llenados con el nivel apropiado de aceite los cárteres del motor y del compresor?	X			ML
4.4	¿Ha sido llenada con el nivel apropiado de aceite la caja lubricadora del sistema de lubricación forzada?	X			ML
4.5	¿Tiene el motor una bomba de pre-lubricación? En caso tenga, ¿de qué tipo es?	X			ML
4.6	¿Tiene el compresor una bomba de pre-lubricación?	X			ML
4.7	¿Ha sido pre-lubricado el motor y el compresor?	X			ML
5.0	SISTEMA DE REFRIGERACIÓN				
5.1	¿El cooler ha sido suministrado con poleas y fajas correctamente alineadas?	X			ML
5.2	¿Han sido completadas todas las conexiones eléctricas entre el cooler y la unidad de compresión?	X			ML
5.3	¿Han sido verificados y torquados los pernos de los cubos de los ventiladores?	X			ML
5.4	¿Han sido ajustados los pernos de los rodamientos del cooler?	X			ML
5.5	¿Han sido instalados el tanque de expansión y las líneas de venteo del sistema de refrigeración?	X			ML
5.6	¿Ha sido añadido refrigerante al sistema de refrigeración y el aire remanente purgado?	X			ML
6.0	SISTEMA DE ARRANQUE				
6.1	¿Los lubricadores de los arrancadores se encuentran con aceite?	X			ML
6.2	¿Giran con normalidad los arrancadores?	X			ML
7.0	SISTEMA DE ADMISIÓN				
7.1	Si el filtro de aire se encuentra separado del motor, ¿ha sido limpiada la tubería que lo conecta con el motor?	X			ML
7.2	¿Se encuentran instalados los filtros de aire adecuados?	X			ML
7.3	¿Ha sido llenado con el nivel apropiado de aceite el gobernador del motor?	X			ML
7.4	¿Se encuentran instalados los filtros de gas combustible adecuados?	X			ML
7.5	¿Poseen las válvulas reguladoras el rango de operación adecuado?	X			ML
7.6	¿Se encuentran operativas las válvulas reguladoras de gas combustible?	X			ML
8.0	SISTEMA DE IGNICIÓN Y ESCAPE				
8.1	¿Han sido instalados los soportes de la tubería de escape y el silenciador?	X			ML
8.2	¿Se ha verificado que la junta de expansión de la tubería de escape no se encuentra presionada?	X			ML
8.3	¿Han sido retiradas las bujías y re-calibradas?	X			ML
8.4	¿Fueron verificadas las válvulas de admisión de gas combustible del motor?	X			ML
10.0	SISTEMA DE DRENAJE				
10.1	¿Han sido conectadas las líneas de drenaje y venteo de los espaciadores para prevenir daños?	X			ML
11.0	PANEL DE CONTROL				
11.1	¿El panel fue desconeccionado al arbo de la unidad a la locación?	X			ML
11.2	¿Ha sido reconectado el panel de control y todos los indicadores de presión y temperatura ajustados dentro de un rango apropiado?	X			ML

Cuadro V.1: Lista de verificación de las actividades de pre-comisionamiento

LISTA DE VERIFICACIÓN PARA LA PUESTA EN SERVICIO DE UNA UNIDAD DE COMPRESIÓN

Fecha: 20-Nov-12 Cliente: XXXXXXXXXXXXXXXX
 Locación: XXXXXXXXXXXXXXXX Operador: XXXXXXXXXXXXXXXX
 País: PERÚ Mecánica: XXXXXXXXXXXXXXXX
 Provincia: ZORRITOS - TUMBES Nro de unidad: XXXXXXXXXXXXXXXX

LISTA DE VERIFICACIÓN: DESPUÉS DEL ARRANQUE DE LA UNIDAD

ITEM	VERIFICACIÓN	SI	NO	N/A	INICIALES
1	¿Se ha mantenido estable la presión de aceite en el motor y el compresor?	X			ML
2	¿Se incrementó la presión de aceite en el motor y el compresor de inmediato?	X			ML
3	¿Hay algún ruido inusual en el motor o el compresor?		X		ML
4	¿Ha sido verificada la presión del gas combustible y ajustada en caso de haberse requerido?	X			ML
5	¿Han sido verificados los paros en el panel?	X			ML
6	¿Han sido re-ajustados los rangos de operación de los indicadores de presión y temperatura?	X			ML
7	¿Ha sido ajustada la tasa de lubricación del sistema de lubricación forzada?	X			ML
8	¿Hay presencia de fugas de agua y/o aceite en el motor y/o compresor?		X		ML
9	¿Han sido ajustados los rangos de operación de los controladores de nivel de líquidos de los scrubbers?	X			ML
10	¿Ha sido verificado el tiempo de ignición en el motor y re-ajustado en caso de haberse requerido?	X			ML

LISTA DE VERIFICACIÓN: DESPUÉS DE CARGAR LA UNIDAD

ITEM	VERIFICACIÓN	SI	NO	N/A	INICIALES
1	¿Hay presencia de fugas en el sistema de compresión?		X		ML
2	¿Las temperaturas de los cilindros de compresión se encuentran dentro del rango apropiado de operación?	X			ML
3	¿Funcionan correctamente las válvulas de succión y descarga de los cilindros de compresión?	X			ML
4	¿Han sido reparadas todas las fugas de agua y aceite?	X			ML
5	¿Hay alguna vibración anormal o conexiones sueltas en la unidad?		X		ML
6	¿Ha sido verificada la tasa de lubricación del sistema de lubricación forzada?	X			ML
7	¿Han sido verificados nuevamente los paros en el panel?	X			ML
8	¿Ha sido verificado nuevamente el tiempo de ignición en el motor?	X			ML
9	¿Ha sido verificada nuevamente la presión de gas combustible?	X			ML
10	¿Ha sido verificada la proporción aire / combustible y ajustada en caso de haberse requerido?	X			ML
11	¿Se mantiene la presión en el interior de los cárteres de acuerdo a las especificaciones?	X			ML
12	¿Se ha hecho una verificación completa de los cálculos y comidas del compresor?	X			ML
13	¿Han sido verificadas las emisiones de gases de combustión del motor?	X			ML

LISTA DE VERIFICACIÓN: DESPUÉS DE UNA SEMANA DE OPERACIÓN

ITEM	VERIFICACIÓN	SI	NO	N/A	INICIALES
1	¿Se ha verificado nuevamente el tiempo de ignición del motor?	X			ML
2	¿Se ha verificado el nivel de aceite en el motor y compresor?	X			ML
3	¿Se ha verificado la tasa de lubricación en el sistema de lubricación forzada?	X			ML
4	¿Ha sido verificada la proporción aire / combustible y ajustada en caso de haberse requerido?	X			ML
5	¿Se ha verificado la presión en el interior de los cárteres del motor y compresor?	X			ML
6	¿Ha sido verificada nuevamente el alineamiento del acoplamiento?	X			ML
7	¿Ha sido verificada nuevamente la desviación de los vástagos del compresor?	X			ML
8	¿Han sido retorquedadas las culatas del motor?	X			ML
9	¿Han sido retorquedadas las tapas de válvulas de los cilindros de compresión?	X			ML
10	¿Ha sido verificado el filtro strainer de aceite del motor?	X			ML
11	¿Han sido reparadas las fugas de agua o aceite?	X			ML
12	¿Han sido verificados los paros en el panel de control?	X			ML

OBSERVACIONES: _____

Cuadro V.3: Lista de verificación de puesta en servicio

APÉNDICE VI
REPORTE DE PRE-COMISIONAMIENTO

REPORTE DE ACTIVIDADES DE PRE-COMISIONAMIENTO DE UNIDAD DE COMPRESIÓN

INFORMACIÓN GENERAL

NRO DE UNIDAD:	XXXXXXXXXXXX
CLIENTE:	XXXXXXXXXXXX
FECHA:	18-Oct-12
LOCACIÓN:	XXXXXXXXXXXX
CONDICIÓN (NUEVO / RECONSTRUIDO):	RECONSTRUIDO
VENDIDO POR:	XXXXXXXXXXXX
APLICACIÓN:	REINYECCIÓN DE GAS
FECHA DE ARRIBO DE UNIDAD:	14-Ago-12
FECHA DE PUESTA EN MARCHA:	13-Nov-12
REPRESENTANTE DE SERVICIO:	MARCO LUNA
FABRICADO POR:	XXXXXXXXXXXX

INFORMACIÓN DEL MOTOR

INFORMACIÓN GENERAL	ACEITE LUBRICANTE
MARCA: SUPERIOR	MARCA: SHELL MYSELLA LA 40
MODELO: 16STG	CLASE API: CD
NRO DE SERIE: 2346	VISCOSIDAD (CST): 14 CST @ 100 °C
ARREGLO: -	HORAS DE CAMBIO: 2500 HORAS
HORÓMETRO: 0	VOLUMEN (LITROS): 833
RATIO DE COMPRESIÓN: 8.20 :1	RECOMENDACIÓN DE FAB. SAE 40
SISTEMA DE REFRIGERACIÓN:	SISTEMA DE GAS COMBUSTIBLE
TIPO DE REFRIGERANTE: AGUA DESIONIZADA	TIPO DE INYECCIÓN: DIRECTA
DUREZA DEL AGUA: -	OCTANAJE: -
TRATAMIENTO UTILIZADO: -	PODER CALORÍFICO: 40612 KJ/m ³ @ 16 °C
MANTENIMIENTO: -	TIPO DE FILTRO: PECOS

INFORMACIÓN DEL COMPRESOR

INFORMACIÓN GENERAL	ACEITE LUBRICANTE
MARCA: SUPERIOR	MARCA: SHELL MYSELLA LA 40
MODELO: W74	CLASE API: CD
NRO DE SERIE: -	VISCOSIDAD (CST): 14 CST @ 100 °C
PAQUETIZADOR: -	HORAS DE CAMBIO: 5,000 HORAS
FECHA DE PAQUETIZADO: MAYO 2012	VOLUMEN (LITROS): 303
LOCACIÓN: -	RECOMENDACIÓN DE FAB. SAE 40
RESPONSABLE DE SERVICIO: MARCO LUNA	

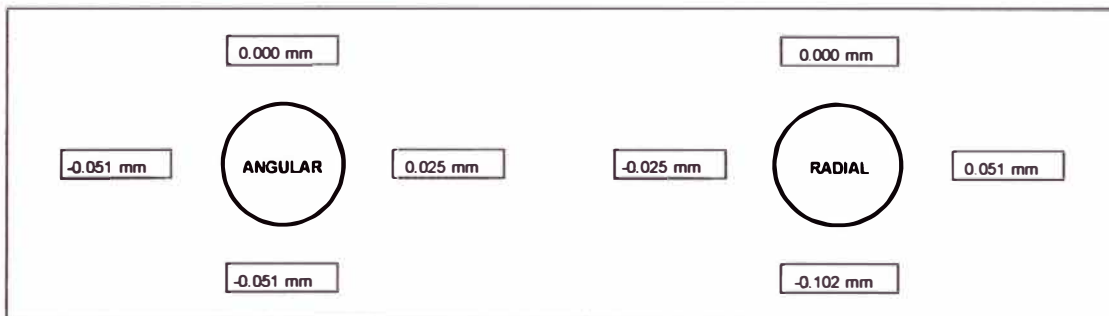
INFORMACIÓN DE CILINDROS

ETAPA	TIRO	DIÁMETRO (mm)	MODELO	NRO DE SERIE	PRESIÓN MÁX (KPa)
1ra	4	445	W-74	319064	2068
2da	3	260	W-74	279874	5654
3ra	1	159	W-74	290891	17926
4ta	2	95	W-74	298658	37921
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-

Cuadro VI.1: Reporte de actividades de pre-comisionamiento

REPORTE DE ACTIVIDADES DE PRE-COMISIONAMIENTO DE UNIDAD DE COMPRESIÓN

VERIFICACIÓN DE ALINEAMIENTO EN FRIO



HOLGURA SUPERIOR DE CRUCETAS		
TIRO	ETAPA	HOLGURA (mm)
1	3ra	0.279
2	4ta	0.254
3	2da	0.279
4	1ra	0.279
-	-	-

DEFLEXIÓN BASE MOTOR (mm)		
LADO IZQ.		LADO DER.
0.0025	MOTOR	0.0127
0.0000		0.0000
0.0127		0.0127
0.0000		0.0127
0.0025		0.0127
0.0000		0.0127
0.0025		0.0127
0.0025		0.0127
0.0025		0.0127
0.0025		0.0127

DEFLEXIÓN BASE COMPR. (mm)		
LADO IZQ.		LADO DER.
0.0000	COMPRESOR	0.0127
0.0025		0.0127
0.0000		0.0127
0.0127		0.0127
-		-
-		-

HOLGURA AXIAL (mm)	
MOTOR:	0.381
COMPRESOR:	0.457

OBSERVACIONES: _____

VERIFICACIÓN DE HOLGURAS EN EL COMPRESOR

VERIFICACIÓN DE ESPACIO NOCIVO (mm)			
TIRO	ETAPA	LADO HEAD	LADO CRANK
1	3ra	2.845	1.118
2	4ta	2.794	1.448
3	2da	2.997	1.575
4	1ra	2.794	1.245
5	-	-	-
6	-	-	-

VERIFICACIÓN DE DESVIACIÓN DE VÁSTAGO (mm)			
TIRO	ETAPA	HORIZONTAL	VERTICAL
1	3ra	0.013	0.000
2	4ta	0.000	0.000
3	2da	0.013	0.000
4	1ra	0.000	0.000
5	-	-	-
6	-	-	-

Cuadro VI.1: Reporte de actividades de pre-comisionamiento (Continuación)

REPORTE DE ACTIVIDADES DE PRE-COMISIONAMIENTO DE UNIDAD DE COMPRESIÓN

AJUSTE DE VALORES DE ALARMA Y PARADA

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR ESTIMADO	PARADA VALOR BAJO	ALARMA VALOR BAJO	ALARMA VALOR ALTO	PARADA VALOR ALTO
Velocidad de giro	RPM	900	600	650	950	970
Temperatura de agua de motor	°C	83	-	-	91	94
Presión de aceite de motor	Kpa	276	172	207	-	-
Temperatura de cilindro motriz 1R	°C	621	-	-	666	677
Temperatura de cilindro motriz 2R	°C	621	-	-	666	677
Temperatura de cilindro motriz 3R	°C	621	-	-	666	677
Temperatura de cilindro motriz 4R	°C	621	-	-	666	677
Temperatura de cilindro motriz 5R	°C	621	-	-	666	677
Temperatura de cilindro motriz 6R	°C	621	-	-	666	677
Temperatura de cilindro motriz 7R	°C	621	-	-	666	677
Temperatura de cilindro motriz 8R	°C	621	-	-	666	677
Temperatura de cilindro motriz 1L	°C	621	-	-	666	677
Temperatura de cilindro motriz 2L	°C	621	-	-	666	677
Temperatura de cilindro motriz 3L	°C	621	-	-	666	677
Temperatura de cilindro motriz 4L	°C	621	-	-	666	677
Temperatura de cilindro motriz 5L	°C	621	-	-	666	677
Temperatura de cilindro motriz 6L	°C	621	-	-	666	677
Temperatura de cilindro motriz 7L	°C	621	-	-	666	677
Temperatura de cilindro motriz 8L	°C	621	-	-	666	677
Temperatura manifold de escape R	°C	260	-	-	-	-
Temperatura manifold de escape L	°C	260	-	-	-	-
Temperatura de admisión de aire	°C	38	-	-	-	-
Presión de gas combustible	Kpa	207	-	-	-	-
Presión de gas de instrumentos	Kpa	552	-	-	-	-
Presión de aceite de compresor	Kpa	241	138	172	-	-
Temperatura de aceite de compresor	°C	71	-	-	85	88
Temperatura de agua de compresor	°C	49	-	-	60	63
Presión de succión	Kpa	345	0	207	414	448
Presión de descarga de 1ra etapa	Kpa	1255	0	1004	1211	1349
Presión de descarga de 2da etapa	Kpa	3944	0	3155	3362	3500
Presión de descarga de 3ra etapa	Kpa	11997	0	9598	9804	9942
Presión de descarga de 4ta etapa	Kpa	34474	0	27579	27786	27924
Temperatura de succión	°C	27	-	-	-	-
Temperatura de descarga de 1ra etapa	°C	118	-	-	149	155
Temperatura de descarga de 2da etapa	°C	138	-	-	149	155
Temperatura de descarga de 3ra etapa	°C	135	-	-	149	155
Temperatura de descarga de 4ta etapa	°C	127	-	-	149	155
Caudal de descarga	m ³ /s	2.360	-	-	-	-
Consumo de gas combustible	m ³ /s	0.088	-	-	-	-

OBSERVACIONES:

Cuadro VI.1: Reporte de actividades de pre-comisionamiento (Continuación)

APÉNDICE VII

CÁLCULO DE LA PERFORMANCE DE LA UNIDAD DE COMPRESIÓN

INFORMACIÓN PRELIMINAR:

CROMATOGRAFÍA DEL GAS		
Componente	Fórmula	% molar
Metano	CH ₄	88.23
Etano	C ₂ H ₆	2.31
Propano	C ₃ H ₈	3.88
Iso-Butano	C ₄ H ₁₀	1.49
N-Butano	C ₄ H ₁₀	1.91
Iso-Pentano	C ₅ H ₁₂	1.04
N-Pentano	C ₅ H ₁₂	0.54
Nitrógeno	N ₂	0.17
Dióxido de Carbono	CO ₂	0.42
Total		100.00

Cuadro VII.1: Cromatografía del gas

ESPACIO NOCIVO DE CILINDROS (mm)		
ETAPA	LADO HEAD	LADO CRANK
1ra	2.79	1.24
2da	3.00	1.57
3ra	2.84	1.12
4ta	2.79	1.45

Cuadro VII.2: Espacio nocivo en los cilindros del compresor

ESPECIFICACIONES DEL COMPRESOR	
MARCA	SUPERIOR
MODELO	W74
NÚMERO DE TIROS	4
NÚMERO DE ETAPAS	4
CARRERA DE PISTONES (mm)	178
DIÁMETRO DE VÁSTAGO (mm)	64
TENSIÓN MÁXIMA EN VÁSTAGO (KN)	289
DIÁMETRO CILINDRO 1RA ETAPA (mm)	445
DIÁMETRO CILINDRO 2DA ETAPA (mm)	260
DIÁMETRO CILINDRO 3RA ETAPA (mm)	159
DIÁMETRO CILINDRO 4TA ETAPA (mm)	95
MAWP CILINDRO 1RA ETAPA (Kpa)	2068
MAWP CILINDRO 2DA ETAPA (KPa)	5654
MAWP CILINDRO 3RA ETAPA (Kpa)	17926
MAWP CILINDRO 4TA ETAPA (Kpa)	37921

Cuadro VII.3: Especificaciones del compresor

PARÁMETROS DE OPERACIÓN EN LOS CILINDROS COMPRESORES					
ETAPA	Presión de succión (Kpa abs)	Presión de descarga (Kpa abs)	Temperatura de succión (°K)	Temperatura de descarga (°K)	Velocidad (RPM)
1ra	428	1219	300	378	867
2da	1219	3945	322	402	867
3ra	3945	12648	322	395	867
4ta	12648	33371	322	378	867

Cuadro VII.4: Parámetros de operación en los cilindros compresores

CÁLCULO DE LA EXPONENTE ISENTRÓPICA K:

De acuerdo a la fracción molar y al calor específico molar individual de cada componente se calcula el calor específico molar del gas. Los valores del calor específico molar individual son tomados del cuadro I.1.

CÁLCULO DEL CALOR ESPECÍFICO MOLAR DEL GAS			
Muestra de gas		Cálculo del calor específico molar del gas (KJ/Kg mol °K)	
Componente	Fracción Molar y	Calor específico molar individual $MC_p @ 340^\circ K$	$y \cdot MC_p @ 340^\circ K$
Metano	0.882	11.57	10.204
Etano	0.023	17.81	0.412
Propano	0.039	25.22	0.979
Iso-Butano	0.015	33.30	0.496
N-Butano	0.019	33.35	0.637
Iso-Pentano	0.010	40.91	0.427
N-Pentano	0.005	41.17	0.223
Nitrógeno	0.002	8.99	0.015
Dióxido de Carbono	0.004	12.00	0.051
Total			13.443

Cuadro VII.5: Cálculo del calor específico molar del gas

El calor específico molar del gas es 10.403 BTU/lb mol °R, por tanto la exponente isentrópica k es calculada de acuerdo a la fórmula 2.15:

$$k = \frac{MC_p}{MC_p - 2.566}$$

El valor de la exponente isentrópica k es 1.24

CÁLCULO DE LOS FACTORES DE COMPRESIBILIDAD:

De acuerdo a las constantes críticas del cuadro I.2, se calcula la presión y temperatura críticas del gas:

CÁLCULO DE LA PRESIÓN Y TEMPERATURA CRÍTICAS DEL GAS					
Componente	Fracción Molar y	Presión Crítica Pci (KPa)	y . Pci	Temperatura Crítica Tci (*K)	y . Tci
Metano	0.882	4599	4057.6	191	168.3
Etano	0.023	4880	112.8	306	7.1
Propano	0.039	4240	164.5	370	14.4
Iso-Butano	0.015	3640	54.2	408	6.1
N-Butano	0.019	3784	72.3	425	8.1
Iso-Pentano	0.010	3381	35.3	461	4.8
N-Pentano	0.005	3365	18.2	470	2.5
Nitrógeno	0.002	3398	5.8	126	0.2
Dióxido de Carbono	0.004	7374	31.1	304	1.3
		Presión Crítica Pc (KPa)	4551.8	Temperatura Crítica Tc (*K)	212.8

Cuadro VII.6: Cálculo de la presión y temperatura críticas del gas

Posteriormente se calcula las presiones y temperaturas reducidas a las condiciones de succión, descarga y estándar en los cilindros compresores de acuerdo a las fórmulas 2.6 y 2.7:

$$T_r = \frac{T}{T_c}$$

$$P_r = \frac{P}{P_c}$$

CÁLCULO DE PRESIONES REDUCIDAS						
ETAPA	Condiciones de succión (s)		Condiciones de descarga (d)		Condiciones estándar (L)	
	Presión de succión Ps (Kpa abs)	Presión reducida Pr	Presión de descarga Pd (Kpa abs)	Presión reducida Pr	Presión estándar PL (Kpa abs)	Presión reducida Pr
1RA	428	0.094	1219	0.268	101	0.022
2DA	1219	0.268	3945	0.867	101	0.022
3RA	3945	0.867	12648	2.779	101	0.022
4TA	12648	2.779	33371	7.331	101	0.022

Cuadro VII.7: Cálculo de las presiones reducidas

CÁLCULO DE TEMPERATURAS REDUCIDAS						
ETAPA	Condiciones de succión (s)		Condiciones de descarga (d)		Condiciones estándar (L)	
	Temperatura succión Ts (*K)	Temperatura reducida Tr	Temperatura desc Td (*K)	Temperatura reducida Tr	Temperatura estándar TL (*K)	Temperatura reducida Tr
1RA	300	1.410	378	1.776	273	1.282
2DA	322	1.514	402	1.888	273	1.282
3RA	322	1.514	395	1.857	273	1.282
4TA	322	1.514	378	1.776	273	1.282

Cuadro VII.8: Cálculo de las temperaturas reducidas

Posteriormente se estima el factor de compresibilidad con la ayuda del diagrama II.1 tomando los valores de presión y temperatura reducidas a las condiciones de succión, descarga y estándar:

FACTORES DE COMPRESIBILIDAD EN CONDICIONES DE SUCCIÓN			
ETAPA	Condiciones de succión (s)		
	Presión reducida Pr	Temperatura reducida Tr	Cálculo de Zs en tabla
1RA	0.1	1.4	0.99
2DA	0.3	1.5	0.97
3RA	0.9	1.5	0.91
4TA	2.8	1.5	0.78

Cuadro VII.9: Factores de compresibilidad para las condiciones de succión

FACTORES DE COMPRESIBILIDAD EN CONDICIONES DE DESCARGA			
ETAPA	Condiciones de descarga (d)		
	Presión reducida Pr	Temperatura reducida Tr	Cálculo de Zd en tabla
1RA	0.3	1.8	0.99
2DA	0.9	1.9	0.96
3RA	2.8	1.9	0.92
4TA	7.3	1.8	1.00

Cuadro VII.10: Factores de compresibilidad para las condiciones de descarga

FACTORES DE COMPRESIBILIDAD EN CONDICIONES ESTÁNDAR			
ETAPA	Condiciones estándar (L)		
	Presión reducida Pr	Temperatura reducida Tr	Cálculo de ZL en tabla
1RA	0.0	1.3	1.00
2DA	0.0	1.3	1.00
3RA	0.0	1.3	1.00
4TA	0.0	1.3	1.00

Cuadro VII.11: Factores de compresibilidad para las condiciones estándar

CÁLCULO DE LA EFICIENCIA VOLUMÉTRICA:

Se calcula primero el porcentaje de volumen muerto de acuerdo a la fórmula 2.16 tomando las dimensiones del espacio nocivo del cuadro VII.2:

$$C = \frac{EN}{L} \times 100\%$$

CÁLCULO DE PORCENTAJE DE VOLUMEN MUERTO					
ETAPA	ESPACIO NOCIVO (mm)			CARRERA L (PULG)	% DE VOLUMEN MUERTO C
	HEAD	CRANK	PROMEDIO EN		
1RA	2.794	1.245	2.019	177.8	1.57%
2DA	2.997	1.575	2.286	177.8	1.69%
3RA	2.845	1.118	1.981	177.8	1.60%
4TA	2.794	1.448	2.121	177.8	1.57%

Cuadro VII.12: Cálculo del porcentaje de volumen muerto

Luego, la eficiencia volumétrica para cada etapa es calculada por la fórmula 2.17:

$$VE = 100 - r - C \times \left[\frac{Z_s}{Z_d} (r^{1/k}) - 1 \right]$$

CÁLCULO DE EFICIENCIA VOLUMÉTRICA EN CADA ETAPA							
ETAPA	Cálculo de ratio r			% DE VOLUMEN MUERTO C	Factor comp. Succión Zs	Factor comp. Descarga Zd	Eficiencia volumétrica VE
	P suc (Kpa abs)	P desc (Kpa abs)	Ratio r				
1RA	428	1219	2.85	1.57%	0.99	0.99	97.13
2DA	1219	3945	3.24	1.69%	0.97	0.96	96.74
3RA	3945	12648	3.21	1.60%	0.91	0.92	96.77
4TA	12648	33371	2.64	1.57%	0.78	1.00	97.35

Cuadro VII.13: Cálculo de la eficiencia volumétrica

CÁLCULO DEL DESPLAZAMIENTO DE LOS PISTONES:

El volumen de gas desplazado por cada pistón es calculado de acuerdo a la fórmula 2.20:

$$PD = \frac{L \times N \times (2D^2 - d^2) \times \pi}{240 \times 10^9}$$

CÁLCULO DEL DESPLAZAMIENTO DE LOS PISTONES					
ETAPA	Carrera L (mm)	Velocidad N (RPM)	Diámetro de pistón D (mm)	Diámetro de vástago d (mm)	Desplazamiento de pistones PD (m ³ /s)
1RA	178	867	445	63.5	0.789
2DA	178	867	260	63.5	0.265
3RA	178	867	159	63.5	0.094
4TA	178	867	95	63.5	0.028

Cuadro VII.14: Cálculo del desplazamiento de los pistones

CÁLCULO DEL VOLUMEN DESPLAZADO A LA TEMPERATURA DE SUCCIÓN Y A LA TEMPERATURA ESTÁNDAR:

El volumen desplazado a la temperatura de succión es calculado de acuerdo a la fórmula 2.21:

$$VD = \frac{PD \times VE \times P_s \times Z_L \times 10^{-6}}{Z_s \times 0.0099283}$$

CÁLCULO DEL VOLUMEN DESPLAZADO A TEMPERATURA DE SUCCIÓN						
ETAPA	Desplaz. pistones PD (m ³ /s)	Eficiencia volumétrica VE	Presión de succión Ps (Kpa abs)	Factor de compres. Estándar ZL	Factor de compres. Succión Zs	Volumen desplazado VD (m ³ /s)
1RA	0.789	97.13	428	1.00	0.99	3.340
2DA	0.265	96.74	1219	1.00	0.97	3.249
3RA	0.094	96.77	3945	1.00	0.91	3.954
4TA	0.028	97.35	12648	1.00	0.78	4.528

Cuadro VII.15: Cálculo del volumen desplazado a temperatura de succión

El volumen desplazado a las condiciones estándar es calculado de acuerdo a la fórmula 2.22:

$$VD_{ST} = \frac{VD \times T_L \times Z_L \times 101.4}{P_L \times T_s \times Z_s}$$

CÁLCULO DEL VOLUMEN DESPLAZADO A CONDICIONES ESTÁNDAR							
ETAPA	Volumen desplazado VD (m ³ /s)	Presión Estándar PL (Kpa abs)	Temperatura Estándar TL (°K)	Temperatura de succión Ts (°K)	Factor de compres. Estándar ZL	Factor de compres. Succión Zs	Volumen desplazado a condiciones estándar
1RA	3.340	101.4	273	300	1.00	0.99	3.069
2DA	3.249	101.4	273	322	1.00	0.97	2.837
3RA	3.954	101.4	273	322	1.00	0.91	3.680
4TA	4.528	101.4	273	322	1.00	0.78	4.916
Promedio							3.625

Cuadro VII.16: Cálculo del volumen desplazado a condiciones estándar

El volumen promedio desplazado por los cilindros del compresor es 11.1 MMSCFD.

CÁLCULO DE LA TEMPERATURA DE DESCARGA:

La temperatura de descarga es calculada de acuerdo a la fórmula 2.23:

$$T_d = T_s \times (r^{(k-1)/k})$$

CÁLCULO DE TEMPERATURA DE DESCARGA				
ETAPA	Temperatura de succión Ts (°K)	Ratio r	Temperatura de descarga Td (°K)	Temperatura de descarga Td (°C)
1RA	300	2.85	366	93
2DA	322	3.24	403	130
3RA	322	3.21	402	129
4TA	322	2.64	388	115

Cuadro VII.17: Cálculo de la temperatura de descarga

CÁLCULO DE LA POTENCIA ENTREGADA AL COMPRESOR:

La potencia neta entregada al compresor es calculada de acuerdo a la fórmula 2.24:

$$PN = \frac{Bhp/MMcfd \times P_L \times T_s \times Z_{prom} \times VD}{T_L \times 44.5457}$$

CÁLCULO DE LA POTENCIA ENTREGADA AL COMPRESOR								
ETAPA	Ratio de compresión r	Bhp/MMcfd de diagrama II.2	Presión Estándar PL (Kpa abs)	Temperatura de succión Ts (°K)	Temperatura Estándar TL (°K)	Factor compres promedio Zprom	Volumen desplazado VD (m³/s)	Potencia Neta PN (KW)
1RA	2.85	61.5	101.4	300	273	0.99	3.340	509
2DA	3.24	69.5	101.4	322	273	0.97	3.249	586
3RA	3.21	69.0	101.4	322	273	0.92	3.954	671
4TA	2.64	57.0	101.4	322	273	0.89	4.528	617
TOTAL								2383

Cuadro VII.18: Cálculo de la potencia neta entregada al compresor

CÁLCULO DE LA CARGA EN LOS VÁSTAGOS DEL COMPRESOR:

La carga en compresión y tracción en los vástagos del compresor es calculada de acuerdo a las fórmulas 2.25 y 2.26 respectivamente:

$$CC = P_d \times A_p - P_s \times (A_p - A_r)$$

$$CT = P_d \times (A_p - A_r) - P_s \times A_p$$

CÁLCULO DE LA CARGA EN LOS VÁSTAGOS						
ETAPA	Presión de descarga Pd (KPa)	Presión de succión Ps (KPa)	Área del pistón Ap (m ²)	Área sección de vástago Ar (m ²)	Carga en compresión (KN)	Carga en tensión (KN)
1RA	1120	329	0.1552	0.0032	124	119
2DA	3846	1120	0.0532	0.0032	149	133
3RA	12548	3846	0.0198	0.0032	184	133
4TA	33271	12548	0.0071	0.0032	187	42

Cuadro VII.19: Cálculo de la carga en los vástagos

APÉNDICE VIII

SIMULACIÓN EN COMPUTADORA DE LA PERFORMANCE DE LA UNIDAD

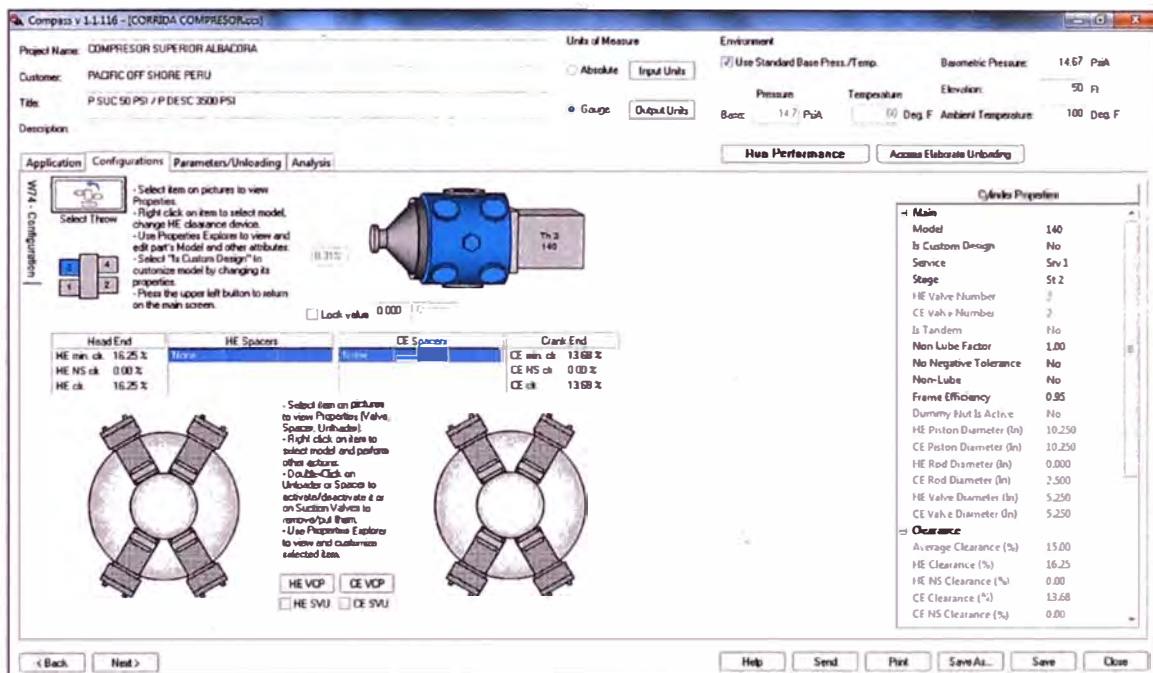



Figura VIII.1: Estimación de performance del compresor en simulador

Compass 1.1.116

Compressor Performance Calculation										
		Project:	COMPRESOR SUPERIOR			Description:				
Compass v 1.1.116	Customer:				Configuration:	W74 - Configuration				
Driver Model:	16SGT		Site Elevation (FT):	50						
Driver Rating:	2650.0 HP	@	900.00 RPM	Bar. Pressure (PsiA):	14.67					
				Ambient Temp. (Deg. F):	100.0					
	Calc BHP (@ 867.00 RPM):	1962.4 HP	Std. Conditions:	14.70 (PsiA)	@	60.0 (Deg. F)				
Srv 1: Design Flow (MMSCFD):	12.000		Calc Flow (MMSCFD):	7.208						
Compressor Frame Data:										
Frame Model:	W74	Stroke (In):	7.000	Max GRL Comp and Tens (Lb):	65000					
Number of Throws:	4	Rod Diam. (In):	2.500	Max NRL Comp and Tens (Lb):	60000					
Cylinder Data:										
		Throw 4		Throw 3		Throw 1		Throw 2		
Cylinder Model:		107		140		616		605		
Cyl Bore (In):		17.500		10.250		6.250		3.750		
Cyl MWP (PsiG):		300.00		820.00		2600.00		5500.00		
Service / Stage Data:										
		Srv 1 / St 1		Srv 1 / St 2		Srv 1 / St 3		Srv 1 / St 4		
SFlow (MMSCFD):		7.210		7.210		7.210		7.208		
SS (MMSCFD):		0.000		0.000		0.000		0.000		
PsLine (PsiG):		48.00		182.57		572.09		1739.83		
PsFlg (PsiG):		47.37		182.57		572.09		1739.83		
PdFlg (PsiG):		188.67		590.23		1794.09		4975.71		
PdLine (PsiG):		182.57		572.09		1739.83		4826.00		
Ratio:		3.277		3.067		3.083		2.844		
Ratio Sp. Heat:		1.260		1.249		1.249		1.249		
Ts (Deg. F):		80.0		120.0		120.0		120.0		
TdFlg (Deg. F):		243.1		279.3		274.9		260.4		
TdLine (Deg. F):		120.0		120.0		120.0		120.0		
Sg:		0.650		0.650		0.650		0.650		
Zs:		0.9897		0.9745		0.9270		0.8296		
Zd Cyl:		0.9875		0.9727		0.9430		1.0294		
Zd Stage:		0.9745		0.9270		0.8296		0.9656		
H2CKO (MMSCFD):		0.000		0.000		0.000		0.000		
EC (%):		88.84		88.68		92.28		94.06		
MGRT (Lb):		-36081		-33714		-30513		-12226		
MGRC (Lb):		37820		38185		42486		45452		
MNRT (Lb):		-27976		-27672		-24263		-9883		
MNRC (Lb):		31035		32870		36975		44199		
Deg. Reversal:		162		170		180		73		
Suc. VE (%) HE/CE:		75.85 / 75.58		72.57 / 76.15		66.67 / 67.31		67.00 / 62.36		
Dis. VE (%) HE/CE:		28.58 / 28.48		28.84 / 30.27		27.10 / 27.35		35.81 / 33.33		
Suctn Q HE/CE:		3.95 / 3.79		4.39 / 3.89		2.41 / 3.15		1.70 / 3.10		
Disch Q HE/CE:		3.04 / 2.92		3.45 / 3.06		1.87 / 2.44		1.11 / 2.01		
Mn Clearance (%) HE/CE:		12.7/12.9		16.2/13.7		20.9/20.5		34.5/39.9		
Mbx Clearance (%) HE/CE:		12.7/12.9		69.8/13.7		52.3/20.5		34.5/39.9		
CalcClr (%) HE/CE:		12.7/12.9		16.2/13.7		20.9/20.5		34.5/39.9		
VVP UL (In):		0.000		0.000		0.000		0.000		
Vlv Spcrs HE/CE:		- / -		- / -		- / -		- / -		
UL HE/CE:		None/None		None/None		None/None		None/None		
CylActive:		DBL		DBL		DBL		DBL		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> 03/09/2014 03:04:57 Error, Out of Limits Warning, Non-standard Run 1 of 1, Page 1 of 1 </div>										

Cuadro VIII.1: Reporte de Simulación de Performance de compresor

APÉNDICE IX

PARÁMETROS DE OPERACIÓN

REGISTRO DE PARÁMETROS DE OPERACIÓN										
DÍA		Día 1	Día 1	Día 1	Día 2	Día 2	Día 2	Día 2	Día 2	Día 2
HORA		12:00	16:00	20:00	0:00	4:00	8:00	12:00	16:00	20:00
Horómetro	Hrs	6	10	14	18	22	26	30	34	38
Velocidad	RPM	867	871	868	866	869	867	856	865	866
T° agua Motor	°C	69	70	71	70	70	70	70	69	73
P° Aceite del Motor	KPa	345	350	348	345	347	348	346	355	345
T° Cilindro Motriz 1R	°C	562	554	531	511	534	529	565	648	568
T° Cilindro Motriz 2R	°C	546	574	601	600	613	604	621	619	622
T° Cilindro Motriz 3R	°C	553	559	515	517	519	519	558	631	633
T° Cilindro Motriz 4R	°C	577	566	545	555	561	551	581	639	642
T° Cilindro Motriz 5R	°C	534	537	572	601	593	588	613	626	629
T° Cilindro Motriz 6R	°C	601	598	581	610	608	620	627	642	645
T° Cilindro Motriz 7R	°C	616	595	601	609	610	612	629	636	639
T° Cilindro Motriz 8R	°C	630	599	616	618	611	648	614	625	627
T° Cilindro Motriz 1L	°C	536	546	543	536	546	544	585	641	644
T° Cilindro Motriz 2L	°C	604	603	523	531	527	523	556	611	614
T° Cilindro Motriz 3L	°C	538	539	538	540	556	545	577	631	633
T° Cilindro Motriz 4L	°C	554	563	561	558	570	569	603	646	649
T° Cilindro Motriz 5L	°C	594	591	511	510	510	511	529	623	625
T° Cilindro Motriz 6L	°C	603	600	588	600	603	598	610	628	630
T° Cilindro Motriz 7L	°C	604	597	607	609	607	591	601	638	641
T° Cilindro Motriz 8L	°C	607	613	617	613	622	618	625	648	499
T° manifold de escape	°C	511	488	484	484	483	510	570	535	550
T° admisión de aire	°C	40	40	41	41	70	41	41	40	41
P° de Bomba H2O	KPa	248	248	254	250	252	254	248	259	250
P° Gas Combustible	KPa	248	248	248	243	239	239	231	234	227
P° aire Intrumentos	KPa	552	552	552	552	552	552	552	552	552
P° Aceite Compresor	KPa	350	352	347	351	354	352	353	354	351
T° Aceite Compresor	°C	71	75	77	73	76	75	74	73	74
T° agua Compresor	°C	51	51	50	51	52	56	51	52	55
P° Succión	KPa	329	362	384	351	329	351	340	274	384
P° Descarga 1° Bapa	KPa	1120	1297	1203	1141	1266	1360	1203	1046	1203
P° Descarga 2° Bapa	KPa	3846	4165	3886	4095	4374	4384	4205	3726	4205
P° Descarga 3° Bapa	KPa	12548	12861	12406	13466	13553	13505	13212	12520	12889
P° Descarga 4° Bapa	KPa	33271	33302	33935	34123	34186	34105	34302	34006	34150
T° Succión	°C	29	29	28	28	28	27	27	27	27
T° Descarga 1° Bapa	°C	105	106	111	112	111	110	111	114	109
T° Descarga 2° Bapa	°C	129	129	135	138	140	138	135	141	131
T° Descarga 3° Bapa	°C	122	124	130	135	134	133	127	134	128
T° Descarga 4° Bapa	°C	105	104	104	110	106	105	109	110	113
Caudal de Descarga	m ³ /s	2.289	2.423	2.634	2.416	2.313	2.416	2.313	1.991	2.607

Cuadro IX.1: Registro de parámetros durante las primeras horas de operación