



CAPITULO I

CAPITULO I

I.- ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

I.1.- INFORMACIÓN GENERAL Y DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.

I.1.1.- INFORMACIÓN GENERAL

La Bateria Tecominoacán tiene como objetivo separar la producción de los pozos que integran el campo, a la cual, llegan los fluidos en forma de mezcla aceite-agua-gas (multifásica), con una producción diaria de: aceite crudo de 32,386 BPD, gas 41.6 MMPCSD y condensados de 818.0 BPD. Para realizar la separación de la mezcla, esta cuenta con las siguientes áreas de proceso.

- CABEZAL DE POZOS (Cabezal de recolección en donde se integran las líneas de producción de los pozos productores del Campo).
- SEPARACIÓN Y MEDICIÓN DE POZOS (Se separa la mezcla gas aceite y se mide la producción de cada pozo).
- RECTIFICACIÓN PRIMARIA. (Se rectifica el gas primera etapa).
- ENFRIAMIENTO DEL GAS (Se enfría el gas a través de soloaires).
- RECTIFICACIÓN SECUNDARIA (Se rectifica el gas segunda etapa).
- MANEJO DE CONDENSADOS (Se estabilizan los condensados).
- ESTABILIZACIÓN (Se estabiliza el aceite en separadores elevados).
- RECUPERACIÓN DE VAPORES (Se comprimen los vapores obtenidos de la estabilización del aceite).
- ALMACENAMIENTO (Se almacena el aceite estabilizado en tanques verticales).
- BOMBEO (Se envía el aceite a través de equipo de bombeo)
- MEDICIÓN (PATÍN) Se mide al aceite bombeado.

La Estación de Compresión del mismo Campo cuenta con dos módulos de compresión (tres equipos de compresión por módulo) que tiene como objetivo comprimir el gas obtenido de la separación.

Para integrar los vapores provenientes de la estabilización del aceite a la succión del equipo de compresión en baja presión, se cuenta con dos recuperadoras de vapor.

I.1.2.- DESCRIPCIÓN GENERAL DEL MANEJO DE LA PRODUCCIÓN

La producción que actualmente se maneja en la Batería y Compresoras Tecominoacán, es la obtenida de los pozos productores del campo del mismo nombre, los cuales se listan a continuación.

No de Pozo	Operando
101-B	Fluyente
105	Fluyente
107	Fluyente
109	Fluyente
115	Bombeo Neumático
117	Fluyente
119	Fluyente
120	Fluyente
127	Fluyente
169	Fluyente
408	Fluyente
422-A	Fluyente
426	Fluyente
428	Fluyente
429	Fluyente
444	Fluyente
446	Fluyente
447	Fluyente
448	Fluyente
468	Fluyente

La producción de estos pozos llega al cabezal de recolección de la Batería, ubicado dentro de la misma, de estos pozos, solo el 105 opera en superbaja presión. Este cabezal alimenta al único tren de separación en baja presión.

Está Batería procesa un promedio de 32,000 BPD de crudo, 42.0 MMPCSD de gas y 818 BPD de condensado, en el anexo se muestra el diagrama del manejo general de la producción tanto en Batería de Separación como en la Estación de Compresión.

Manejo de Crudo

La producción de hidrocarburos de los pozos productores es recolectada mediante un cabezal de baja presión, el cual alimenta a un separador horizontal General de Baja Presión (SHGBP, dimensiones 156" x 60') que opera a una presión de separación de 4.8 kg/cm² y una temperatura de 48 °C y uno más de dimensiones 72" x 20' que se utiliza para la medición de pozos (SHMBP), el aceite descargado se envía a un separador elevado de baja presión SHEBP1 (dimensiones 144" x 33') para su estabilización a una presión de 0.2 kg/cm² y una temperatura de 38 °C.

El crudo recuperado de los RVPBP-1 y 2 producto del arrastre de líquido en la corriente de gas se integra con la corriente de aceite descargada del SHGBP para su estabilización.

Los pozos que llegan en superbaja presión son estabilizados mediante un separador horizontal elevado de medición de baja presión (SHEMBP) de dimensiones 72 " X20' , a una presión de 0.200 kg/cm² y una temperatura de 32 °C , posteriormente el crudo descargado se integra a la corriente que sale del SHEBP-1, adicionalmente se tiene un separador elevado (SHEBP-2) de dimensiones 84" x 30' empleado como relevo que se encuentra fuera de operación.

El aceite descargado de este tren de separación es enviado al tanque vertical de almacenamiento con capacidad de 55,000 Bls y/o es succionado por 3 bombas para ser transportado por un ducto de 16" Ø a la Batería de Separación Jujo, de igual forma el aceite almacenado en el tanque de almacenamiento es succionado por 2 bombas de trasiego para darle la carga a las bombas de envío de crudo.

El cabezal de medición de esta batería, alimenta al separador horizontal de medición de baja presión para el aforo de la producción de los pozos, posteriormente antes de integrar la producción de crudo al proceso se envía a un tanque de medición de 10,000 Bls. para ser cuantificado, y el gas después de medirse se integra a la carga de los rectificadores de baja presión.

Los pozos de superbaja presión son medidos en forma individual mediante el empleo de un separador horizontal de superbaja presión SHMSBP (dimensiones 72" x 20'), de igual manera el crudo se contabiliza en el tanque de medición de 10,000 Bls. y el gas es enviado a la carga de aceite de los separadores elevados.

Manejo del Gas

El gas liberado del separador horizontal de baja presión alimenta a dos rectificadores verticales primarios de baja presión RVPBP-1 y RVPBP-2 de dimensiones 72" X 20' que operan a una presión de 4.6 kg/cm² y 48 °C de temperatura, posteriormente el gas entra a un tren de enfriamiento mecánico con aire de tiro forzado (soloaires) que baja su temperatura a 32 °C aproximadamente y después alimenta a dos rectificadores verticales ciclónicos secundarios de baja presión RVCSBP-1 y RVCSBP-2 de dimensiones 42" x 15', que operan a una presión de 4.4 kg/cm² y el gas entra a una temperatura aproximada de 32 °C.

El gas descargado de los rectificadores verticales ciclónicos es enviado a la Estación de compresión Tecominoacán dentro de las mismas instalaciones para alimentar a dos separadores generales de succión (Slug Catcher) dimensiones 54" x 18', que distribuyen el gas en dos módulos de compresión. Cada módulo tiene tres turbocompresores con capacidad de 14.0 MMPCSD cada una. El gas descargado del separador de succión a una presión de 4.4 kg/cm² alimenta a un filtro separador de succión para posteriormente entrar al primero de tres pasos de compresión que comprimen el gas a 17.6, 45.7 y 80.8 kg/cm² respectivamente, finalmente el gas es enviado al Centro Procesador de Gas Cactus mediante un gasoducto de 16" Ø, al cual se le integra la producción de gas de Jujo y Paredón en alta presión, enviándose conjuntamente por un gasoducto de 36" Ø.

Normalmente se encuentran operando tres turbocompresores, dos de un módulo y uno del otro (alternadamente).

Manejo de Vapores

Los vapores producidos provienen de los separadores elevados de baja presión SHEBP-1 y SHEMBP-1, los cuales son transportados a través de un ducto de 24" Ø al rectificador vertical de superbaja presión RVSBP-1 (dimensiones 72" x 20') que opera a una presión de 0.2 kg/cm² y 36 °C, posteriormente estos vapores son succionados para comprimirse en una recuperadora de vapores que eleva su presión de 0.2 a 5 kg/cm² para integrarlos al cabezal de carga de los rectificadores verticales ciclónicos de baja presión RVCBP-1 y 2 con una temperatura de 45 °C para incorporarse posteriormente con la corriente de gas en la descargada de los soloaires ubicados en la Batería de Separación.

Manejo de Condensados

La producción de condensados que maneja la Batería Tecominoacán corresponde al líquido recuperado de los rectificadores verticales ciclónicos secundarios de baja presión, producto del enfriamiento del gas con los equipos soloaires y a las corrientes obtenidas a la descarga de los separadores en cada paso de compresión producto del enfriamiento mecánico del gas en las ínter etapas de compresión, de los cuales los condensados de baja presión se integran con los condensados que cargan a la trampa neumática TN (dimensiones 42" x 14') a una presión de 4.4 kg/cm² y los condensados obtenidos del segundo y tercer paso de compresión se envía al cabezal de carga del separador trifásico (S3F) (48" x 16') que opera a 27.0 kg/cm².

El condensado de baja presión obtenido en la trampa neumática, es descargado por la acción del gas (pateo) al separador trifásico a una presión de 28.0 kg/cm², para posteriormente enviar toda la corriente producida a la Batería de Separación Jujo mediante un gasolinoducto de 8" Ø para su integración.

CARACTERÍSTICAS DE LOS FLUIDOS Y DEL EQUIPO DE PROCESO.

Para llevar a cabo el análisis de proceso y optimización de instalaciones es necesario contar con información relacionada con las condiciones de operación actualizadas, así como las características y propiedades de los fluidos. En la Tabla anexa I.1.2.1 se ilustra las condiciones de presión y temperatura que se tienen en el proceso y en las Tablas I.1.2.2, I.1.2.3 Y I.1.2.4 se presentan las

composiciones y propiedades de los fluidos, así como las condiciones de producción y entrega de corrientes y en la Tabla I.1.2.5 se muestran las características de los equipos instalados.

Tabla I.1.2.1.- Condiciones de Operación de los equipos

RECIPIENTE	Presión (Kg/cm ²)	Temperatura (°C)
SHGBP	4.80	48
SHMBP	4.60	38
SHEBP1	0.20	38
SHEMBP	0.20	38
SHEBP2	0.20	38
RVPBP 1 y 2	4.80	48
RVCBP 1	4.40	32
RVCBP 2	4.40	41
TN	28	40
SH3F	28	30
RVSBP	0.20	36
SGSM 1 y 2	4.40	36
FSS	4.40	35
SLD 1er Paso	17.60	55
SLD 2o Paso	45.70	62
SLD 3er Paso	80.80	58

I.1.2.2.-Análisis Composicional del Gas en Batería y Compresoras

COMPONENTE (%mol)	ESCARGA SHGBP	CARGA SOLOAI RES	DESCARGA RVCBP	SUCCION COMPRESORAS	DESCARGA COMPRESORAS	SUCCION REC. DE VAPORES	DESCARGA REC. DE VAPORES
N ₂	0.4960	0.4821	0.4785	0.4829	0.5615	0.6414	0.4483
CO ₂	2.4348	2.2995	2.5094	2.2097	2.3121	1.9063	1.8444
H ₂ S	0.0000	1.1533	0.0000	0.0000	0.8476	0.4000	0.4841
C ₁	63.3613	63.7684	63.3908	61.9895	69.5001	51.4297	52.7936
C ₂	14.9099	15.0169	14.8487	14.8117	14.1772	14.2007	13.7071
C ₃	9.1995	9.2305	9.1687	9.6214	7.6179	11.8278	11.2853
iC ₄	1.4698	1.4668	1.4744	1.6288	1.0477	2.4831	2.3527
nC ₄	3.5521	3.5239	3.5806	4.0557	2.3314	6.7565	6.5236
iC ₅	1.1257	1.0869	1.1574	1.3617	0.5447	2.6427	2.6054
nC ₅	1.2076	1.1743	1.2520	1.5080	0.5267	2.9884	2.9820
C ₆₊	2.2433	1.7974	2.1395	2.3306	0.5331	4.7234	4.9735
PM	26.7643	26.3473	26.7351	27.4576	23.5058	33.056	32.8424
ℓ es	0.9240	0.9096	0.9230	0.9479	0.8115	1.1412	1.1338

Tabla I.1.2.3.- Análisis Composicional del fluido Original (Pozos No 117 y 101-B).

COMPONENTE	POZO TECOMINOACAN 117	DENSIDAD (gr/cm3)	PESO MOLECULAR	POZO TECOMINOACAN 101-B	DENSIDAD (gr/cm3)	PESO MOLECULAR
N ₂	1.112			0.85		
CO ₂	1.570			1.447		
H ₂ S	0.489			0.12		
C ₁	42.806			45.155		
C ₂	9.299			9.724		
C ₃	6.681			7.145		
iC ₄	1.345			1.164		
nC ₄	3.207			3.205		
iC ₅	1.504			1.034		
nC ₅	1.703			1.626		
C ₆	3.112			2.431		
C ₇	3.099	0.7161	99	2.869	0.7110	97
C ₈	3.057	0.7421	110	2.528	0.7407	110
C ₉	2.817	0.7603	121	2.622	0.7597	120
C ₁₀	2.470	0.778	131.5	2.106	0.7810	135
C ₁₁ +	15.729	0.8878	282	15.974	0.8830	276
FRACCIÓN C ₇ +		0.8571	215.7		0.8620	215

Tabla I.1.2.4- Condiciones de Producción y Entrega de Corrientes

PRODUCCIÓN	FLUJO	P. DE ENVIO (kg/cm ² man.)	T. DE ENVIO (°C)	DESTINO
ACEITE	32,386 BPD	35.0	35	AREAS DE TRAMPAS JUJO
GAS	41.6 MMPCSD	80.8	58	C.P.G. CACTUS
CONDENSADOS	818 BPD	28.0	30	JUJO

Tabla I.1.2.5. - Características del Equipo Instalado.

CLAVE	DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS (DIMENSIONES)
SHGBP-1	SEPARADOR HORIZONTAL DE BAJA PRESION	Ø = 3,912 mm LT-T = 18,288 mm
SHMBP	SEPARADOR HORIZONTAL DE MEDICION DE BAJA PRESION	Ø = 1,829 mm LT-T = 6,096
SHMSBP	SEPARADOR HORIZONTAL DE MEDICION DE SUPER BAJA PRESION	Ø = 1,829 mm LT-T = 6,096
RVPBP 1-2	RECTIFICADOR VERTICAL DE BAJA PRESION	Ø = 1,829 mm LT-T = 6,096 mm
EBP 3-7	ENFRIADORES DE BAJA PRESION (DOBLES)	CAP.= 15 MMPCSD C/U 9,525 mm x 3,987 MM
EBP 1, 2, 8, 9 y 10	ENFRIADORES DE BAJA PRESION (SENCILLOS)	CAP.= 10 MMPCSD 3,048 mm x 5,791 mm
RVCBP-1/2	RECTIFICADORES VERTICALES CICLONICOS DE BAJA PRESION	Ø = 1,067 mm LT-T = 4,572 mm
SHEBP-1	SEPARADOR HORIZONTAL ELEVADO DE BAJA PRESION	Ø = 2,388 mm LT-T = 10,363 mm
SHEBP-2	SEPARADOR HORIZONTAL ELEVADO DE BAJA PRESION	Ø = 2,556 mm LT-T = 9,754 mm
SHEMBP	SEPARADOR HORIZONTAL ELEVADO DE MED. DE BAJA PRESION	Ø = 965 mm LT-T = 6,096 mm
TV-1	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	CAP.= 55,000 BLS
TM-1	TANQUE DE MEDICION	CAP.= 10,000 BLS
QT 1-2	BOMBA DE ACEITE QUINTUPLEX (RECIPROCANTE)	CAP. = 800 GPM HP = 200
MB 1-3	MOTOBOMBAS DE ACEITE (CENTRIFUGA)	CAP. = 875 GPM HP = 350
TRGO 1-2	BOMBAS DE TRASIEGO DE ACEITE (CENTRIFUGA)	CAP. = 1,030 GPM HP = 200

Cont. tabla

CLAVE	DESCRIPCION	CARACTERISTICAS
STF	SEPARADOR TRIFASICO	Ø = 1219 mm LT-T = 4877 mm
TNBP	TRAMPA NEUMATICA DE BAJA PRESION	Ø = 610 mm LT-T = 3048 mm
RVSBP	RECTIFICADOR VERTICAL DE VAPORES	Ø = 1829 mm LT-T = 6096 mm
RV 1-2	RECUPERADORES DE VAPOR (CHICAGO PNEUMATIC)	CAP. = 6 MMPCSD C/U HP = 1250
C 1-6	COMPRESORAS SOLAR CENTAURO (TRES ESTAPAS)	CAP. = 14 MMPCSD C/U HP = 4500 HP
SGSM 1-2	SEPARADOR DE SUCCION DE COMPRESORAS	Ø = 1372 mm LT-T = 5029 mm
QE-1	QUEMADOR ELEVADO (BATERIA)	Ø= 24 PULG ALTURA = 42 MTS
TS-1	TANQUE DE SELLO LIQUIDO (BATERIA)	Ø= 1981 PULG LT-T = 2692 mm
QE-2	QUEMADOR ELEVADO (COMPRESORAS)	Ø= 12 PULG ALTURA = 20 MTS
TS-2	TANQUE DE SELLO LIQUIDO (COMPRESORAS)	Ø= 1981 mm LT-T = 2692 mm
QE-3	QUEMADOR ELEVADO (VAPORES)	Ø = 12 PULG ALTURA = 20 MTS

I.2.- SIMULACION DEL PROCESO (SITUACION ACTUAL)

La reproducción de las condiciones actuales de operación se llevó a cabo aplicando el simulador numérico de procesos PRO/II, Ver. 5.6.

Para obtener la corriente de alimentación a la Batería se consideró la recombinación de varias corrientes y la saturación de agua, estas composiciones corresponden al fluido original exentos de agua de dos pozos representativos del campo, el Tecominoacán 117, y el 101-B y considerando la inyección de gas para el sistema artificial de bombeo neumático. En la Tabla I.2.1, I.2.2 y I.2.3 se muestra la composición de estas corrientes respectivamente, mientras que en la Tabla I.2.4 se puede observar la composición de alimentación al proceso.

El ajuste de la producción de aceite se basó en considerar la relación de producción de los pozos Tecominoacán 101-B y 117; a partir de lo anterior, se varió la alimentación de ambos pozos en la misma proporción hasta lograr obtener la producción de aceite, tomando en cuenta la gravedad API y la presión de Vapor Reid del mismo a la descarga de los separadores elevados.

Para el gas, una vez ajustado el aceite, se tomo como procedimiento de ajuste variar su producción en su composición molar, misma que tuviera la mayor cantidad de metano, en el caso del Tecominoacán 101-B. Esto permitió también que la cantidad de condensados se fuera ajustando cada vez más a lo reportado por medición.

Tabla I.2.1. Composición molar del pozo Tecominoacán 101-B.

COMPONENTE	% MOL	DENSIDAD		PESO MOLECULAR
		gr/cm ³	° API	
Nitrógeno	0.850			
Bióxido de carbono	1.447			
Acido sulfhidrico	0.120			
Metano	45.155			
Etano	9.724			
Propano	7.145			
Iso-butano	1.164			
Butano normal	3.205			

Iso-pentano	1.034			
Pentano normal	1.626			
Hexanos	2.431			
Heptanos	2.869	0.7110	67.515	97.0
Octanos	2.528	0.7407	59.535	110.0
Nonanos	2.622	0.7597	54.757	120.0
Decanos	2.106	0.7810	49.678	135.0
Undecanos, más pesados	15.974	0.8830	28.749	276
Total	100.000			
Características de la fracción C7+	---	0.8620	32.653	215.0

Tabla I.2.2. Composición molar del pozo Tecominoacán 117.

COMPONENTE	% MOL	DENSIDAD		PESO MOLECULAR
		gr/cm ³	° API	
Nitrógeno	1.112			
Bióxido de carbono	1.570			
Acido sulfhídrico	0.489			
Metano	42.806			
Etano	9.299			
Propano	6.681			
Iso-butano	1.345			
Butano normal	3.207			
Iso-pentano	1.504			
Pentano normal	1.703			
Hexanos	3.112			
Heptanos	3.099	0.7161	66.098	99
Octanos	3.057	0.7421	59.175	110
Nonanos	2.817	0.7603	56.610	121
Decanos	2.470	0.7781	50.153	131.5
Undecanos, más pesados	15.729	0.8878	27.882	282
Total	100.000			
Características de la fracción C7+	27.172	0.8571	33.591	215.7

Tabla I.2.3. Composición del gas para el Bombeo Neumático.

COMPONENTE	% PESO	PM	% PESO	% MOL
METANO	88.55	16	0.055343750	93.4
ETANO	2.64	28	0.000942857	1.6
NITROGENO	8.81	30	0.002936666	4.9
			0.059223273	100

PESO MOLECULAR PROMEDIO = 16.862

Tabla I.2.4. Composición de la Alimentación al Proceso

COMPONENTE	% MOL
Agua	6.67
Nitrógeno	0.95
Bióxido de carbono	1.38
Acido sulfhídrico	0.30
Metano	42.04
Etano	8.74
Propano	6.25
Iso-butano	1.15
Butano normal	2.92
Iso-pentano	1.19
Pentano normal	1.52
Hexanos	2.57
Heptanos	2.73
Octanos	2.58
Nonanos	2.49
Decanos	2.11
Undecanos, más pesados	14.40
Total	100

Cabe mencionar que adicionalmente a la mecánica seguida para obtener la reproducción de la corriente de alimentación obtenida basada en la

recombinación de dos pozos, gas de B.N y la saturación de agua, se simularon diferentes situaciones para obtener la composición de alimentación y ajustar los datos de producción reportados, entre los cuales se consideraron los siguientes:

1. Alimentación de un solo pozo a la entrada de la instalación.
2. Mezclando la alimentación de los pozos con el análisis cromatográfico del gas de descarga del separador de baja presión.
3. Manipulando las composiciones de los pozos de alimentación.
4. Alterando en una mínima proporción las propiedades de los pseudocomponentes de las corrientes de alimentación.

Lo anterior permitió descartar opciones hasta obtener aquella que se apega más a la realidad. Por otra parte, el flujo molar de cada corriente para obtener la alimentación al proceso y reproducir los flujos manejados en la instalación se muestran en la Tabla I.2.5 y en la Tabla I.2.6 en donde se pueden comparar los flujos de gas, aceite, condensado, agua y las características del crudo obtenidas por la simulación con respecto a los actuales.

Los datos de la producción actual se tomaron del reporte diario de producción.

Tabla I.2.5.- Flujo Molar de Corrientes

IDENTIFICACION	ALIMENTACION LB-MOL/HR
TECOM. 101-B	2628.8
TECOM. 117	3650.3
GAS B.N.	164
AGUA	460.5
POZO EN SUPERBAJA	300

Tabla I.2.6. - Comparación de datos de producción con respecto a los obtenidos por simulación.

VARIABLE	PRODUCCIÓN	
	ACTUAL	SIMULACION
ACEITE, BPD	32,386	32,395
GAS, MMPCSD	41.6	42.27
CONDENSADO, BPD	818	827
AGUA, BPD	550	551
PVR (ACEITE)	6.3	6.5
°API (ACEITE)	38	38.22

La ecuación de estado considerada para realizar la simulación y ajuste a la situación actual (caso base) fue la Redlich-Kwong-Soave (RKS), la cual se emplea para sistemas de separación dentro de los procesos de sistemas de producción y transporte de hidrocarburos, misma que se apega para los procesos de producción en Pemex Exploración y Producción.

La producción de agua se ajustó saturando la alimentación de agua hasta que la simulación se acercó a la reportada, con una producción de 550.0 BPD (considerando la producción en los separadores elevados y el trifásico).

Del balance de masa efectuado, se obtuvo la composición, características físicas y flujos de cada corriente en particular, en la figura I.2.1 se puede observar un diagrama esquemático del proceso actual en donde se indica específicamente cada una de las corrientes que intervienen en el proceso, mientras que en la figura I.2.2 se muestran los flujos obtenidos en la simulación del caso base, así mismo en la Tabla I.2.7 se muestra de manera detallada dicha información por número de corrientes, así como su simulación las cuales se ubican en el anexo.

Por otra parte, adicionalmente se obtuvo la envolvente de fases en diferentes puntos del proceso con la finalidad de analizar las condiciones en las que se envía el gas de Batería a Compresoras (figura I.2.3) con diferentes escenarios, los diagramas de fase efectuados al respecto se muestran de la figura I.2.4 a la figura I.2.7, ubicadas en el anexo.

CAPACIDADES DE MANEJO EN LOS EQUIPOS DE PROCESO

I.3.- CAPACIDADES DE SEPARACIÓN.

Para este caso, se llevó a cabo un análisis comparando los gastos actuales y las capacidades instaladas de los equipos, resultando que esta última es muy superior a lo que actualmente se maneja, lo que nos indica que se cuenta con capacidad suficiente para manejar los incrementos esperados por la reducción en la presión de separación.

La presencia de espuma es un problema crítico en la separación gas-líquido ya que limita enormemente la capacidad de separación, pues adicionalmente al tiempo de residencia requerido para el líquido, se debe proporcionar un tiempo adicional para disolver el efecto de la espuma. Dado que este fenómeno ya es una característica intrínseca en la mayoría de crudos, la única forma de minimizar su efecto es diseñando internos de alta eficiencia o empleando en su defecto aditivos químicos, con respecto a lo anterior en este campo no se presenta este problema.

En la norma API-12J, se menciona que un tiempo de residencia de 30 segundos a 3 minutos es suficiente para la separación de fluidos libres de espuma.

Tablas comparativas

Tabla I.3.1- Capacidades de manejo para el gas y líquido

RECIPIENTE	Og actual (MMPCD)	Og máx. (MMPCD)	Ql actual (BPD @ c.f)	Ql máx. (BPD @ c.f)
SHGBP	40.2	179.17	33,047	245,592.53
SHMBP	2.08	29.44	1,619.70	17,629.00
SHEBP1	2.1	34.78	31,292.50	106,520.23
SHEMBP	1.7	13.44	1,522.92	17,529.82
SHEBP2	F/O	30.12	F/O	40,463.90
RVPBP 1	40.2	-----	-----	16,080
RVPBP 2	F/O	-----	F/O	16,080
RVSBP	3.82	-----	21.68	15,960
RVCBP 1	21	-----	38.93	5,153
RVCBP 2	21	-----	45.77	5,153
SGSM1 (Slug Catcher)	27	-----	-----	9,177.85
SGSM2 (Slug Catcher)	13.5	-----	-----	9,177.85

FSS (Filtro de gas)	13.5	-----	7.40	1,352
SLD 1er Paso	13.5	-----	135.81	1,467
SLD 2o Paso	13.5	-----	418.88	1,405
SLD 3er Paso	13.5	-----	382.97	880

Nota: Los datos de las capacidades de manejo en los equipos fueron tomados de placa y manuales del fabricante.

Analizando los resultados y al compararlos con la producción actual de gas y líquido, se puede observar que de acuerdo a la tabla I.5.1.1 para el caso de manejo de aceite, gas y condensado, todos los recipientes tienen la suficiente capacidad para el manejo de los hidrocarburos producidos.

Tabla I.3.2.- Capacidad de Separación de Gas de los Filtros Separadores.

Equipo	Qg actual (MMPCD)	Qg máx. (MMPCD)
Filtros Separadores de Succión (FSS)	13.5	17.5

Finalmente el resumen de resultados obtenidos de capacidades de separación en cada recipiente dentro de la Batería Y Compresoras Tecominoacán se muestra en la Tabla I.3.1.3

Tabla I.3.3- Capacidad de manejo de gas y líquido (Resumen).

RECIPIENTE	Qg actual (MMPCD)	Qg máx. (MMPCD)	Ql actual (BPD @ c. f)	Ql máx. (BPD @ c. f)
SHGBP	40.2	179.17	33,047	245,592.53
SHMBP	2.08	29.44	1,619.70	17,629.00
SHEBP1	2.1	34.78	31,292.50	106,520.23
SHEMBP	1.7	13.44	1,522.92	17,529.82
SHEBP2	F/O	30.12	F/O	40,463.90
RVPBP 1	40.2	26	-----	16,080
RVPBP 2	F/O	26	F/O	16,080
RVSBP	4	11	21.68	15,960
RVCBP 1	21	34	38.93	5,153
RVCBP 2	21	34	45.77	5,153
SGSM1 (Slug Catcher)	27	50	-----	9,177.85
SGSM2 (Slug Catcher)	13.5	50	-----	9,177.85

FSS (Filtro de gas)	13.5	17.5	7.40	1,352
SLD 1er Paso	13.5	21	135.81	1,467
SLD 2o Paso	13.5	34	418.88	1,405
SLD 3er Paso	13.5	29	382.97	880

Nomenclatura:

SHGBP	Separador Horizontal General de Baja Presión 156 " x 60
SHMBP	Separador Horizontal de Medición de Baja Presión 72" x 20
SHEBP1	Separador Horizontal Elevado de Baja Presión 1 (144" x 30)
SHEMBP	Separador Horizontal de Medición Baja Presión 72" x 20
SHEBP2	Separador Horizontal Elevado de Baja Presión 2 (84" x 30)
RVPBP 1	Rectificador Vertical Primario Baja Presión 1 (72" x 20)
RVPBP 2	Rectificador Vertical Primario Baja Presión 2 (72" x 20)
RVCBP 1	Rectificador Vertical Ciclónico de Baja Presión 1 (42" x 15)
RVCBP 2	Rectificador Vertical Ciclónico de Baja Presión 2 (42" x 15)
RVSBP	Rectificador Vertical de Super Baja Presión (72" x 20)
SGSM1	Separador General de Succión Compresoras 1 (56" x 20)
SGSM2	Separador General de Succión Compresoras 2 (56" x 20)
FSS	Filtro Separador de Succión (24" x 14)
SLD 1er Paso	Separador de Líquidos de Descarga 1er Paso de Compresión (24" x 8)
SLD 2o Paso	Separador de Líquidos de Descarga 2o Paso de Compresión (24" x 8)
SLD 3er Paso	Separador de Líquidos de Descarga 3er Paso de Compresión (20" x 8)

I.4.- COMPARACIÓN DE EFICIENCIA OPERATIVA EN SEPARACIÓN

Tabla I.4.1.- Tabla comparativa de eficiencias operativas con respecto a las capacidades de separación del gas.

EQUIPO	Qg actual (MMPCD)	Qg max. (MMPCD)	OPERACIÓN
SHGBP	40.2	179.17	EFICIENTE
SHMBP	2.08	29.44	EFICIENTE
SHEBP 1	2.10	34.78	EFICIENTE
SHEMBP	1.7	13.44	EFICIENTE
SHEBP 2	F/O	30.12	F/O
RVPBP 1	40.2	26	DEFICIENTE
RVPBP 2	F/O	26	F/O
RVCBP 1	21	34	EFICIENTE
RVCBP 2	21	34	EFICIENTE
RVSBP	4	11	EFICIENTE
SGSM1	27	50	EFICIENTE

SGSM2	13.5	50	EFICIENTE
FSS (1-6)	13.5	17.5	EFICIENTE
SLD 1er Paso (1-6)	13.5	21	EFICIENTE
SLD 2º Paso (1-6)	13.5	34	EFICIENTE
SLD 3er Paso (1-6)	13.5	29	EFICIENTE

Nota: Los datos de las capacidades de manejo en los equipos fueron tomados de placa y de los manuales del fabricante.

I.5.- ANÁLISIS EN EL BOMBEO DE CRUDO.

En la instalación se cuenta con tres sistemas de bombeo con sus respectivas aplicaciones, desempeño y rangos de operación:

- Motobombas Bombas de Envío de tipo centrífugo.
- Motobombas de Trasiego de tipo centrífugo.
- Bombas de relevo llamadas Quintuplex de tipo reciprocantes.

Cada uno de estos sistemas opera de la siguiente manera:

Tabla I.5.1.- Características del equipo de bombeo instalado.

Clave	Descripción	Características	Observaciones
MB-1	Bomba de aceite de envío. Motor eléctrico	Capacidad = 25000 BPD. Potencia = 350 HP	OPERANDO
MB-2	Bomba de aceite de envío. Motor eléctrico.	Capacidad = 25000 BPD. Potencia = 350 HP	OPERANDO
MB-3	Bomba de aceite de envío. Motor eléctrico.	Capacidad = 25000 BPD. Potencia = 350 HP	DISPONIBLE
TRGO.-1	Bomba de trasiego. Motor eléctrico.	Capacidad = 35000 BPD. Potencia = 150 HP	OPERANDO
TRGO.-2	Bomba de trasiego. Motor eléctrico.	Capacidad = 35000 BPD. Potencia = 150 HP	DISPONIBLE
QT-1	Bombas de aceite Quintuplex. Motor de Combustión Interna.	Capacidad = 25000 BPD. Potencia = 200 HP	DISPONIBLE
QT-2	Bombas de aceite Quintuplex. Motor de Combustión Interna.	Capacidad = 25000 BPD. Potencia = 200 HP	DISPONIBLE

El análisis para determinar el estado operativo de las bombas y su desempeño se basa en las características y datos de diseño que se obtuvieron de la misma, dicha información se encuentra descrita para cada uno de estos equipos de la Tabla I.5.1.1. a la I.5.1.8.

Tabla I.5.2. - Bomba de envío (MB) No. 1.

Bomba:	Horizontal	Marca:	Binghan
Clave:	MB-1	Capacidad:	875 GPM
Tamaño y Tipo:	4X6X10B	Localización:	Batería Tecominoacán
No. de pasos:	5	Eficiencia de diseño:	89 %
RPM:	3560	Cabeza:	1726 Pies
Motor:	Eléctrico	Servicio:	Envío de aceite.
Modelo	GHTK10264102	Fases	3
Potencia de Salida	350 HP	Amperaje	41.4 Ampers
RPM	3578	Voltaje	4160 Volts
Eficiencia	94.2 %	Factor de potencia	0.929
Factor de servicio	1.0	Frecuencia	60 Hertz

Tabla I.5.3. - Bomba de envío (MB) No. 2.

Bomba:	Horizontal	Marca::	Binghan
Clave:	MB-2	Capacidad:	875 GPM
Tamaño y Tipo:	4X6X10B	Localización:	Batería Tecominoacán
No. de pasos:	5	Eficiencia de diseño:	89 %
RPM:	3560	Cabeza:	1726 Pies
Motor:	Eléctrico	Servicio:	Envío de aceite.
Modelo	GHTK10264102	Fases	3
Potencia de Salida	350 HP	Amperaje	41.4 Amperes
RPM	3578	Voltaje	4160 Volts
Eficiencia	94.2 %	Factor de potencia	0.929
Factor de servicio	1.0	Frecuencia	60 Hertz

Tabla I.5.4. - Bomba de envío (MB) No. 3.

Bomba:	Horizontal	Marca::	Binghan
Clave:	MB-3	Capacidad:	875 GPM
Tamaño y Tipo:	4X6X10B	Localización:	Batería Tecominoacán
No. de pasos:	5	Eficiencia de diseño:	89 %
RPM:	3560	Cabeza:	1726 Pies
Motor:	Eléctrico	Servicio:	Envío de aceite.
Modelo	GHTK10264102	Fases	3
Potencia de Salida	350 HP	Amperaje	41.4 Amperes
RPM	3578	Voltaje	4160 Volts
Eficiencia	94.2 %	Factor de potencia	0.929
Factor de servicio	1.0	Frecuencia	60 Hertz

Tabla I.5.5. - Bomba de trasiego (TRGO) No. 1.

Bomba:	Horizontal	Marca::	Binghan
Clave:	TRGO.-1	Capacidad:	1030 GPM
Tamaño y Tipo:	4X6X11 ½ CAP	Localización:	Batería Tecominoacan
No. de pasos:	1	Eficiencia de diseño:	89 %
RPM:	3560	Cabeza:	630 Pies
Motor:	Eléctrico	Servicio:	Trasiego.
Modelo		Fases	
Potencia de Salida	150 HP	Amperaje	
RPM		Voltaje	
Eficiencia	%	Factor de potencia	0.929
Factor de servicio	1.0	Frecuencia	60 Hertz

Tabla I.5.6. - Bomba de trasiego (TRGO) No. 2.

Bomba:	Horizontal	Marca::	Binghan
Clave:	TRGO.-2	Capacidad:	1030 GPM
Tamaño y Tipo:	4X6X11 $\frac{1}{2}$ CAP	Localización:	Batería Tecominoacan
No. de pasos:	1	Eficiencia de diseño:	89%
RPM:		Cabeza:	630 Pies
Motor:	Eléctrico	Servicio:	Trasiego.
Modelo		Fases	
Salida	150 HP	Amperaje	
RPM		Voltaje	
Eficiencia		Factor de potencia	0.929
Factor de servicio		Frecuencia	60 Hertz

Tabla I.5.7. - Bomba Quintuplex (QT) No. 1.

Bomba:	Horizontal	Marca::	Frank-Weathey
Clave:	QT-1	Capacidad:	730 GPM
Tamaño:	F/E-5850	Localización:	Batería Tecominoacan
No. de pasos:	5 pistones	Eficiencia de diseño:	96.8 %
RPM:		Cabeza:	1726 Pies
Motor:	Combustión Interna	Servicio:	Relevo de Envío.
Modelo	3N6985-0	Fases	-
Salida	200 HP	Amperaje	-
RPM		Voltaje	-
Eficiencia	%	Factor de potencia	-
Factor de servicio	1.0	Frecuencia	-

Tabla I.5.8. - Bomba Quíntuplex (QT) No. 2.

Bomba:	Horizontal	Marca::	F-Weathey
Clave:	QT-2	Capacidad:	730 GPM
Tamaño y Tipo:	F/E-5850	Localización:	Batería Tecominoacan
No. de pasos:		Eficiencia de diseño:	96.8 %
RPM:		Cabeza:	1726 Pies
Motor:	Combustión Interna	Servicio:	Relevo de Envío.
Modelo	3N6995-18	Fases	-
Salida	200 HP	Amperaje	-
RPM		Voltaje	-
Eficiencia		Factor de potencia	-
Factor de servicio	1.0	Frecuencia	-

Este análisis esta enfocado directamente a los equipos que tienen una operación continua, siendo éste menos minucioso con aquellos que se encuentran instalados únicamente para relevo. La obtención de las eficiencias de diseño se tomó principalmente en las especificaciones del fabricante y el desarrollo de las eficiencias actuales dependen en gran medida de las condiciones operativas del equipo, mantenimientos, temperaturas, etc.

Los cálculos realizados para determinar el estado actual de los equipos están basados en la siguiente metodología la cual se apoya de una manera representativa en la gráfica dada del fabricante para el comportamiento de la bomba.

Con los datos obtenidos en las hojas de especificaciones de diseño que abarcan el gasto, el valor de la carga dinámica en la boquilla de succión (cabeza) y el peso específico del fluido, se obtiene la carga a desarrollar por la bomba.

De acuerdo a las siguientes ecuaciones se obtiene la potencia a requerida en caballos de fuerza y la eficiencia operativa actual, basándose en el flujo manejado.

$$whP = \frac{\gamma QH}{550} [HP]$$

Dónde γ es el peso específico del fluido expresado en lb/pie³, Q el gasto dado en pie³/seg, H es la cabeza de la bomba en pies y 550 es el factor de conversión para expresar el resultado en HP , por otra parte

La eficiencia se obtiene con la siguiente ecuación:

$$Ep = \frac{whP}{bhP} \times (100) [\%]$$

Donde, bhP es la potencia de salida del motor o elemento motriz que impulsa la bomba, expresado de igual manera en HP .

Una vez obtenidos los datos del flujo actual manejado por la bomba podemos determinar la potencia mínima desarrollada por la misma para desplazar dicho flujo en esas condiciones utilizando la primera ecuación, de la misma manera por medio de la segunda ecuación se obtiene la eficiencia del equipo actual en cada caso.

Cabe mencionar que los datos de peso específico, cabeza H e incluso la potencia entregada por el motor a la bomba no varían considerablemente, esto debido a que son datos fijos de diseño, lo único que cambia es la cantidad de flujo manejado.

Para las bombas Quintuplex (QT-1 y QT-2) la capacidad se encuentra dada en función de la velocidad y es casi independiente de la presión de descarga, por lo cual estas bombas a cierta presión pueden mover a una velocidad constante una cantidad de flujo determinado y ese mismo flujo lo pueden desplazar a una presión diferente.

La capacidad de manejo de fluido de una bomba Quintuplex del tipo reciprocante (5 pistones) permanece constante, aún cuando a esta se les dé una variación de (NPSH) superiores a los del punto de diseño, caso contrario cuando se le reduce de dicho valor entonces comienza a reducir su capacidad. Mas sin embargo para este análisis como se mencionó en un principio, no tendrán variación alguna en estos valores con excepción de la cantidad de flujo manejado.

La formula utilizada para el análisis particular de las bombas Quintuplex es la siguiente y se basa en que la eficiencia mecánica (que también es llamada

eficiencia de la bomba) se define como la relación entre la potencia de salida, P_0 y la potencia de entrada P_i de la siguiente manera:

$$\eta_m = \frac{P_0}{P_i} = \frac{Q(\Delta p)}{1,715 P_i}$$

En donde η_m es la eficiencia mecánica total de la bomba; Q es la capacidad, en gpm; Δp es la presión de descarga menos la presión de succión, en psig; P_i es la potencia de entrada del propulsor, en HP y 1715 es un coeficiente de conversión para obtener los datos en las mismas unidades.

Es necesario aclarar que la operación de las Bombas Quintuplex es exclusiva para situaciones imprevistas y que su disponibilidad y buen funcionamiento son básicos para la seguridad y continuidad operativa en la instalación.

Con base en lo anterior, en la Tabla I.8.1.1 se muestra un análisis comparativo de las eficiencias de operación y gastos manejados.

Tabla I.5.9.- Eficiencia operativa del equipo de bombeo.

BOMBA	CANTIDAD DE FLUJO MANEJADO		EFICIENCIA %	
	DISEÑO	ACTUAL	DISEÑO	ACTUAL
MB-1	875 GPM	466 GPM	89	47
MB-2	875 GPM	466 GPM	89	47
MB -3	875 GPM	466 GPM	89	47
TRGO-1	1020 GPM	530 GPM	89	46.2
TRGO-2	1020 GPM	530 GPM	89	46.2
QT-1	730GPM	466 GPM	96.8	57.4
QT-2	730GPM	466 GPM	96.8	57.4

Como se puede apreciar actualmente la capacidad de bombeo instalada se encuentra muy por encima de los gastos de aceite manejados en la instalación, de tal manera que la infraestructura para el sistema de bombeo existente en la Batería no se aprovecha eficientemente y solo una parte de esta energía es utilizada para desarrollar el trabajo requerido del equipo.

I.6. ANÁLISIS DE COMPRESIÓN DEL GAS.

La estación de compresión Tecominoacán cuenta con 6 equipos integrados en dos módulos con 3 unidades cada uno, los cuáles comprimen el gas de baja a alta presión, actualmente se tiene una capacidad instalada de 84.0 MMPCSD. Estos equipos están integrados por una turbina acoplados a un compresor montados estructuralmente en patines, mismas que succionan a una presión de 62.0 psig y descargan a 1150.0 psig aproximadamente.

Los datos de potencia, capacidad de estos equipos, así como la marca y modelo al cuál pertenece cada uno de ellos se encuentran en la tabla I.6.1. que se muestra a continuación.

Tabla I.6.1. Características de los turbocompresores

IDENTIFICACIÓN		MARCA	MODELO	POTENCIA	CAPACIDAD
MODULO # 1	UNIDAD 1	SOLAR	CENTAURO	4500 HP	14 MMPCD
	UNIDAD 2	SOLAR	CENTAURO	4500 HP	14 MMPCD
	UNIDAD 3	SOLAR	CENTAURO	4500 HP	14 MMPCD
MODULO # 2	UNIDAD 4	SOLAR	CENTAURO	4500 HP	14 MMPCD
	UNIDAD 5	SOLAR	CENTAURO	4500 HP	14 MMPCD
	UNIDAD 6	SOLAR	CENTAURO	4500 HP	14 MMPCD

Nota: Los datos de las capacidades de manejo en los equipos fueron tomados de placa y manuales del fabricante.

Estos equipos cuentan con tres etapas de compresión acopladas al mismo eje de acción, el equipo motor lo integra una turbina de gas, se cuenta con sistema de enfriamiento entre etapas, mismo que es necesario para mantener la temperatura del gas comprimido dentro de un valor seguro, el cual se recomienda no mayor a 300°F (148 °C), de esta forma se reduce la potencia total requerida en el sistema.

Los equipos que desarrollan esta transferencia de calor son enfriadores de aire de tiro forzado, integrados por paneles aletados. Este sistema se utiliza de igual manera en las tres corrientes de gas que descarga cada compresor, así mismo, cada equipo utiliza separadores de líquidos a la salida de cada equipo de enfriamiento para separar los condensados que resultan al reducir su temperatura.

Las condiciones operativas en cada equipo de compresión varían constantemente, en todos los casos para los equipos que se encuentran

operando ninguno de ellos trabaja a las especificaciones para las cuales fueron diseñados debido a las variaciones operativas en el proceso, en la Tabla I.6.2 se muestra las variables monitoreadas en los tableros de control instalados para cada equipo de compresión (esta información se tomó de la máquina 1, el 19 de Enero del 2002).

Tabla I.6.2. - Variables Monitoreadas en la Unidad de Compresión No. 1.

VARIABLE	PASO I	PASO II	PASO III
Velocidad	16533 r.p.m.	16533 r.p.m.	16533 r.p.m.
Potencia	1431 HP	721 HP	541 HP
Carga	68337 ft lb _f /lb _m	42386 ft lb _f /lb _m	26176 ft lb _f /lb _m
Flujo	17.4 mmscfd	14.7 mmscfd	13.5 mmscfd
Temperatura de succ.	41.7 ° C	47.2 ° C	57.8 ° C
Temperatura de desc.	141.1 ° C	112.8 ° C	108.9 ° C
Presión de succión	63 psig	248.5 psig	605 psig
Presión de descarga	253 psig	640.9 psig	1080 psig

Estos equipos cuentan de igual manera con un sistema que cuantifica las cantidades de gas combustible como alimentación a las turbinas, así como el gas para los sellos, con el cuál se genera un valor de eficiencia de compresión.

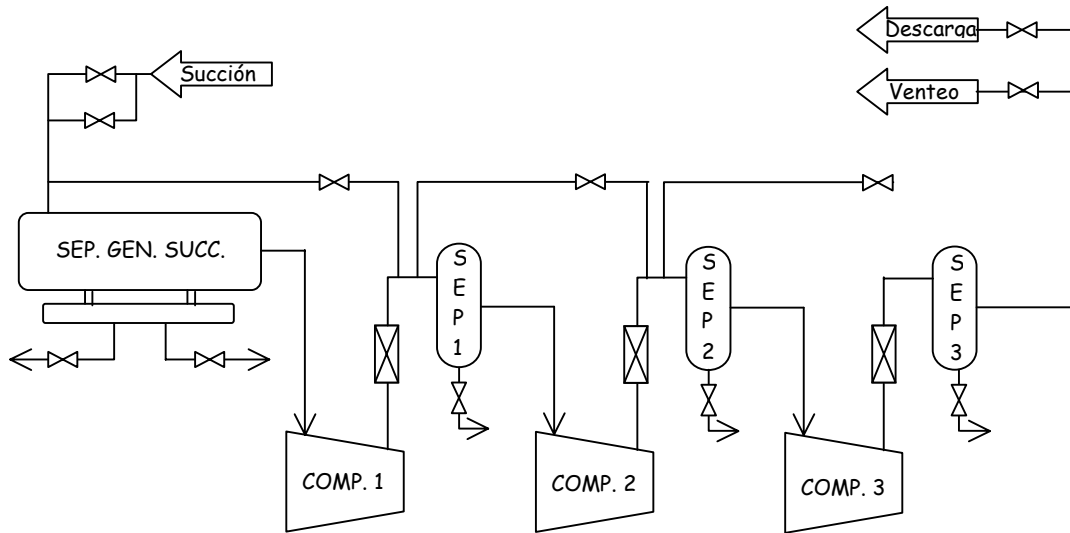
En la siguiente tabla se muestra el consumo de energía en cada módulo de compresión.

Tabla I.6.3. - Consumo de gas combustible,

EQUIPO	GAS COMBUSTIBLE CONSUMIDO	GAS PARA SELLOS	VOLUMEN MANEJADO
MODULO # 1	4.36 MMPCSD	1.28 MMPCSD	40.137 MMPCSD
MODULO # 2	0.12 MMPCSD	0.04 MMPCSD	1.094 MMPCSD

En la figura I.6.1 se ilustra un esquema representativo del sistema de compresión de tres etapas, a fin de identificar los elementos principales que lo componen.

Figura. I.6.1. Diagrama de la distribución lineal de una unidad de compresión de tres etapas.



Concluyendo con respecto a lo anterior, se observa que de acuerdo al volumen comprimido actual, comparado con la capacidad instalada, se tiene suficiente capacidad para el manejo de los incrementos esperados en el manejo de la producción al reducir la presión de separación.

I.7.- ANÁLISIS DE LA RECUPERACIÓN DE VAPORES

El tren de compresión para la recuperación de vapores se encuentra conformado por dos equipos, estos son del tipo reciprocantes accionados por motores eléctricos que reciben la carga de los vapores provenientes de los separadores elevados a una presión que varía entre 0.100 y 0.300 kg/cm² y temperaturas entre 46 y 48 °C, las condiciones de presión a la descarga varían de 4.8 a 5.0 kg/cm², y la temperatura entre 45.0 y 47.0 °C, después de pasar por el sistema de enfriamiento.

Cabe mencionar que los condensados recuperados por el enfriamiento de estos vapores son colectados y enviados a la línea de los condensados provenientes de la estación de compresión, que se integran a la carga de la trampa neumática. Las características de los equipos instalados se muestran en la

Tabla 1.7.1. mientras que las características de los motores eléctricos se pueden observar en la Tabla 1.7.2.

Tabla I.7.1. Características de los compresores de las recuperadoras de vapores.

Equipo	Capacidad	Modelo
Chicago Pneumatic	6 MMPCD	FJ125FYF36GOT
Chicago Pneumatic	6 MMPCD	FJ125FYF36GOT

Tabla I.7.2.- Datos de placa del motor acoplado a los compresores de la marca Chicago Phneumatic.

DATOS DEL EQUIPO	DATOS DE PLACA	DATOS MONITOREADOS
Potencia	1250 HP	874
No. de fases	3	3
No. de serie	7910200	
Velocidad de rotación	889 rpm	880
No. de polos	8	
Voltaje	2300	
Amperaje	290	

Del análisis anterior se puede concluir que los motocompresores empleados para comprimir los vapores recuperados del proceso de separación de gas en la Batería Tecominoacán no se aprovechan adecuadamente debido a que cada equipo está diseñado para manejar hasta 6.0 MMPCSD, utilizando una potencia de 1250 HP, actualmente cada uno comprime 4.0 MMPCSD y requiere una potencia de 874 HP para desarrollar dicho trabajo, lo anterior concluye que se tiene un mayor consumo de energía, mayores costos de operación y que la infraestructura de compresión instalada no se aproveche eficientemente.