

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE INGENIERÍA EN PETRÓLEOS

OPTIMIZACIÓN DEL GAS DE LOS CAMPOS PINDO, PALANDA - YUCA SUR II PARA GENERACIÓN ELÉCTRICA.

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
PETRÓLEOS**

ALICIA VERONICA RODRIGUEZ ESPINOZA

DIRECTOR: ING. JOHNNY ZAMBRANO

QUITO, FEBRERO 2007

DECLARACIÓN

Yo, Alicia Verónica Rodríguez Espinoza declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mi derecho de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Alicia Verónica Rodríguez Espinoza

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente proyecto de titulación fue desarrollado por Alicia Verónica Rodríguez Espinoza, bajo mi supervisión.

Ing. Johnny Zambrano

DIRECTOR DEL PROYECTO

DEDICATORIA

El presente proyecto de titulación se lo dedico a mi madre Fanny y a mis tíos: Gladys y Leonardo, que han sido las personas que siempre han estado presentes brindándome su apoyo y guía con mucho amor y sacrificio para culminar una etapa más de mi vida.

A mi hermana Gabriela que siempre supo estar a mi lado.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la vida, salud y fuerzas suficientes para poder seguir este camino lleno de dificultades, pero también lleno de satisfacciones.

A la Escuela Politécnica Nacional, por la enseñanza impartida al más alto nivel, prestigiosa institución que me dio las herramientas necesarias para encarar el mundo laboral de manera competitiva y eficaz.

A todos los que conforman el Consorcio Petrosud – Petroriva, operadora de los Campos Marginales Pindo y Palanda – Yuca Sur, representada por el Ingeniero Juan Bautista Bravo, Gerente General, y de manera especial a la Ing. Cristina Correa, por haberme brindado las facilidades necesarias para la realización de este proyecto.

Al Ing. Isaias Carrillo por darme la oportunidad de realizar este proyecto y por compartir sus conocimientos de manera desprendida, enseñándome que la paciencia es una virtud que se labra día a día.

Al Ing. Johnny Zambrano, catedrático de la Carrera de Ingeniería en Petróleos de la Escuela Politécnica Nacional y director del presente proyecto, que ha sabido impartir sus conocimientos y experiencia para que el mismo culmine con éxito.

A toda mi familia, a Richard y a mis compañeros que de una u otra manera me apoyaron, que siempre creyeron y confiaron en mí, muchas gracias.

CONTENIDO

<u>CAPITULO I</u>	6
<u>CARACTERISTICAS DE LOS CAMPOS PINDO Y PALANDA – YUCA SUR 02</u>	6
1.1 GENERALIDADES	6
1.2 UBICACIÓN DE LOS CAMPOS	7
1.2.1 UBICACIÓN DEL CAMPO PINDO	7
1.2.2 UBICACION DEL CAMPO PALANDA – YUCA SUR	9
1.3 ASPECTOS GEOLOGICOS	11
1.3.1 INTRODUCCION	11
1.3.2 CUENCA ORIENTAL	11
1.4 ESTRATIGRAFIA	14
1.4.1 ESTRUCTURA PINDO Y PALANDA – YUCA SUR	15
1.5 CLASIFICACION DE LOS RESERVORIOS DE ACUERDO AL TIPO DE RESERVAS	17
1.6 CLASIFICACION DE LOS TIPOS DE YACIMIENTOS DE ACUERDO AL DIAGRAMA DE FASES	18
1.7 ESTADOS DE LOS FLUIDOS EN LOS YACIMIENTOS	20
1.8 SOLUBILIDAD DEL GAS	21
<u>CAPITULO II</u>	22
<u>BALANCE DE MASA Y CARACTERIZACION DEL GAS PRODUCIDO EN LOS CAMPOS PINDO Y PALANDA YUCA SUR 02</u>	22
2.1 RESERVAS DE LOS CAMPOS PINDO Y PALANDA – YUCA SUR 02	22
2.1.1 RESERVAS CAMPO PINDO	22
2.1.2 RESERVAS CAMPO PALANDA – YUCA SUR	27
2.2 BALANCE DE MASA	32
2.2.1 GAS NATURAL	32
2.2.2 INTRODUCCION	32
2.2.3 APARIENCIA GEOGRÁFICA DEL GAS NATURAL	33
2.2.4 COMPOSICIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL GAS NATURAL	34
2.2.5 TIPOS DE GAS NATURAL	35
2.2.6 MEDICIÓN DE GAS	35
2.2.7 MEDICION DE GAS EN LA ESTACIÓN PINDO Y PALANDA – YUCA SUR	43
2.2.8 DETERMINACIÓN DE LAS RESERVAS DE GAS DE LOS CAMPOS PINDO, PALANDA Y YUCA SUR 02	50
2.3 CARACTERIZACIÓN DEL GAS PRODUCIDO EN LOS CAMPOS	52
<u>CAPITULO III</u>	61
<u>DISEÑO DE LAS FACILIDADES DE SUPERFICIE PARA CAPTACIÓN, TRANSPORTE Y USO DEL GAS</u>	61
3.1 INTRODUCCIÓN	61
3.2 FACILIDADES DE PRODUCCIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES DE PRODUCCIÓN	61

	2
3.2.1 ESTACION PINDO	61
3.2.2 ESTACIÓN PALANDA	63
3.2.3 SUB ESTACIÓN YUCA SUR 02	64
3.3 DISEÑO DE LAS INSTALACIONES DE SUPERFICIE PARA CADA CAMPO	65
3.3.1 FUNDAMENTOS PARA EL DISEÑO DE LAS INSTALACIONES	65
3.3.2 GENERACIÓN ELÉCTRICA	65
<u>CAPITULO IV</u>	<u>75</u>
<u>GENERACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LOS CAMPOS PINDO, PALANDA – YUCA SUR 02</u>	<u>75</u>
4.1 INTRODUCCIÓN	75
4.2 GENERACIÓN	76
4.3 CONDICIONES Y CONSUMO ACTUALES DE ENERGIA ELÉCTRICA DE LOS CAMPOS	76
4.3.1 CAMPO PINDO	76
4.3.2 CAMPO YUCA SUR 02	78
4.3.3 CAMPO PALANDA	79
4.4 DISTRIBUCIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA	80
4.4.1 CAMPO PINDO	80
4.4.2 SUB ESTACIÓN YUCA SUR 02	80
4.4.3 ESTACIÓN PALANDA	81
<u>CAPITULO V</u>	<u>82</u>
<u>ANÁLISIS TÉCNICO – ECONÓMICO DEL PROYECTO</u>	<u>82</u>
5.1 INTRODUCCIÓN	82
5.2 ANÁLISIS TÉCNICO	82
5.2.1 RESERVAS DE GAS	82
4.2.2 ESTABILIDAD Y CONFIABILIDAD DEL SUMINISTRO DE GAS	83
4.3 ANALISIS ECONOMICO	84
4.3.1 COSTO DEL GAS COMBUSTIBLE	84
4.3.2 DETERMINACION DE LA INVERSIÓN DEL PROYECTO	86
4.3.2.2 AHORRO ECONOMICO EN COMBUSTIBLE POR UTILIZACIÓN DE GAS	87
4.4 EVALUACIÓN DEL PROYECTO	88
4.4.1 VALOR ACTUAL NETO (VAN)	89
4.4.2 TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)	89
<u>CAPITULO VI</u>	<u>97</u>
<u>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</u>	<u>97</u>
5.1 CONCLUSIONES	97
5.2 RECOMENDACIONES	100
<u>BIBLIOGRAFIA</u>	<u>102</u>

ANEXOS	105
ANEXOS CAPITULO I	105
ANEXOS CAPITULO II	109
ANEXOS CAPITULO III	114
ANEXOS CAPITULO IV	153

RESUMEN

El objetivo central de este Proyecto de Titulación es para aprovechar el gas remanente que se está quemando en los campos Pindo y Palanda - Yuca Sur mediante la generación eléctrica en reemplazo del diesel y, para la consecución de este objetivo se realizó el diseño de las facilidades de producción para el aprovechamiento de dicho gas.

Se empieza con el cálculo de reservas remanentes de crudo de los campos en sus principales arenas productivas, para de esta manera calcular con las relaciones Gas – Petróleo las reservas remanentes de gas existentes; con estos datos, más las mediciones de gas en los separadores, botas y generadores que usan este gas, se realizó un balance de masa para los campos del proyecto. Además se realizaron análisis cromatográficos para establecer la calidad del gas producido en los campos y con estos resultados determinar el tipo de equipos para cada campo.

Obtenidos estos datos se dimensionan los equipos para cada campo con la información proporcionada de los diferentes proveedores. Después de escoger los equipos a implementarse se prepararon los diagramas de distribución de la energía eléctrica para cada campo acorde a sus requerimientos.

Por último se desarrolla un análisis técnico de las arenas con sus respectivas reservas remanentes de gas y petróleo; además, un análisis económico para determinar los gastos anuales al ejecutar este proyecto versus el ahorro que representa la sustitución del diesel por el gas, determinando así la factibilidad del proyecto de acuerdo a parámetros como son el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR). Anotando que este proyecto a sido considerado para el plan de desarrollo de los campos dentro del ejercicio del año 2007.

PRESENTACIÓN

En la actualidad el Gas Natural es, dentro del sector energético, el de mayor crecimiento en el mundo por las ventajas que ofrece en el uso industrial, siderúrgico, petroquímico, doméstico y como fuente generadora de electricidad.

El gas natural está constituido por el conjunto de hidrocarburos de las series parafínicas que incluye el metano en mayor proporción, y está compuesto por moléculas de energía que contienen muy pocas impurezas y son de combustión limpia.

Por más de un siglo el gas fue considerado como un subproducto del petróleo, pero este concepto ya ha cambiado y hay más de 70 países en el mundo que lo utilizan para su desarrollo industrial, logran así una mayor competitividad debido al menor costo de la energía con plantas térmicas generadoras de electricidad y el uso directo en la industria del gas natural como insumo o como fuente de energía.

Por sus ventajas, el consumo del gas natural aumenta más rápidamente que el del petróleo. En el 2003, el gas natural representó el 38% del consumo combinado de petróleo y gas en el mundo, en comparación con 26% hace tres décadas. El gas natural ofrece mayor competitividad al brindar menores costos de operación para la industria y también en términos de inversión y de tiempos de construcción en plantas de ciclo combinado para la generación de electricidad. Se prevé que seguirá aumentando el consumo de gas natural para la generación de electricidad, representando el 30% de la generación eléctrica mundial en el año 2025, comparado con 19% en el 2000.

En la década 1993-2003, el consumo y la producción de gas natural en el mundo crecieron 25%, mientras que las reservas aumentaron en 90%. Sin embargo, el continente americano se caracteriza por ser una región donde la mayoría de los países son importadores netos con reservas bajas, lo cual contrasta con las altas reservas de Medio Oriente y Rusia.

CAPITULO I

CARACTERISTICAS DE LOS CAMPOS PINDO Y PALANDA – YUCA SUR 02

1.1 GENERALIDADES

El campo Pindo fue descubierto por PETROAMAZONAS, Operadora del Consorcio CEPE – TEXACO, mediante la perforación del pozo exploratorio Pindo 01, en Noviembre de 1991. Posteriormente, este campo fue operado por PETROPRODUCCION, llegándose a tener seis pozos perforados. En la actualidad el campo Pindo es operado por el Consorcio Petrosud – Petroriva teniendo 12 pozos perforados, de los cuales Pindo 02 y 03 son usados para la re-inyección de agua de formación y el Pindo 08 está en proyecto para ser utilizado como inyector para recuperación mejorada y a la vez se lo emplea para la re-inyección de agua de formación.

En el área asignada por el estado ecuatoriano a través de PETROECUADOR para el contrato del campo Marginal Palanda – Yuca Sur se encuentran los siguientes campos:

- El campo Yuca Sur fue descubierto por PETROAMAZONAS, Operadora del Consorcio CEPE – TEXACO, con la perforación del pozo exploratorio Yuca Sur 01 en Diciembre de 1979. Posteriormente el campo es operado por PETROPRODUCCION, perforándose el pozo Yuca Sur 02; ambos pozos se encuentran en producción. En la actualidad existen 9 pozos perforados de los cuales el Yuca Sur 05 está abandonado y los restantes se encuentran en producción.

- El campo Palanda fue descubierto por PETROPRODUCCION, con la perforación del pozo Palanda 01 en 1991, llegándose a tener cinco pozos perforados. En la actualidad existen 7 pozos perforados, de los cuales Palanda 01, 04, 07 y 12 están en producción; Palanda 02 y 03 son usados para la re-inyección de agua de formación y el Palanda 05 está

abandonado. Adicionalmente, en el área del bloque se perforó el pozo Primavera 01 por parte de la compañía MINAS Y PETROLEOS DEL ECUADOR, en el año 1972, que aún descubriéndose petróleo no fue puesto en producción al término de su perforación, pero en la actualidad se encuentra en pruebas para incorporarlo a la producción del campo.

En la actualidad los campos marginales Pindo, Palanda Yuca – Sur y el área del pozo primavera 01 están bajo la responsabilidad del Consorcio Petro Sud-Petroriva, desde Agosto de 1999.

1.2 UBICACIÓN DE LOS CAMPOS

1.2.1 UBICACIÓN DEL CAMPO PINDO

El campo Pindo se localiza en la provincia de Orellana, a 150 Km en línea recta al sur de la población de Lago Agrio y a 10 Km al oeste de la estación central del Campo Auca.

El área del campo materia del contrato del Campo Marginal Pindo, es de aproximadamente 6800 Ha y se encuentra delimitada por las coordenadas geográficas que se indican en la Tabla 1.1.

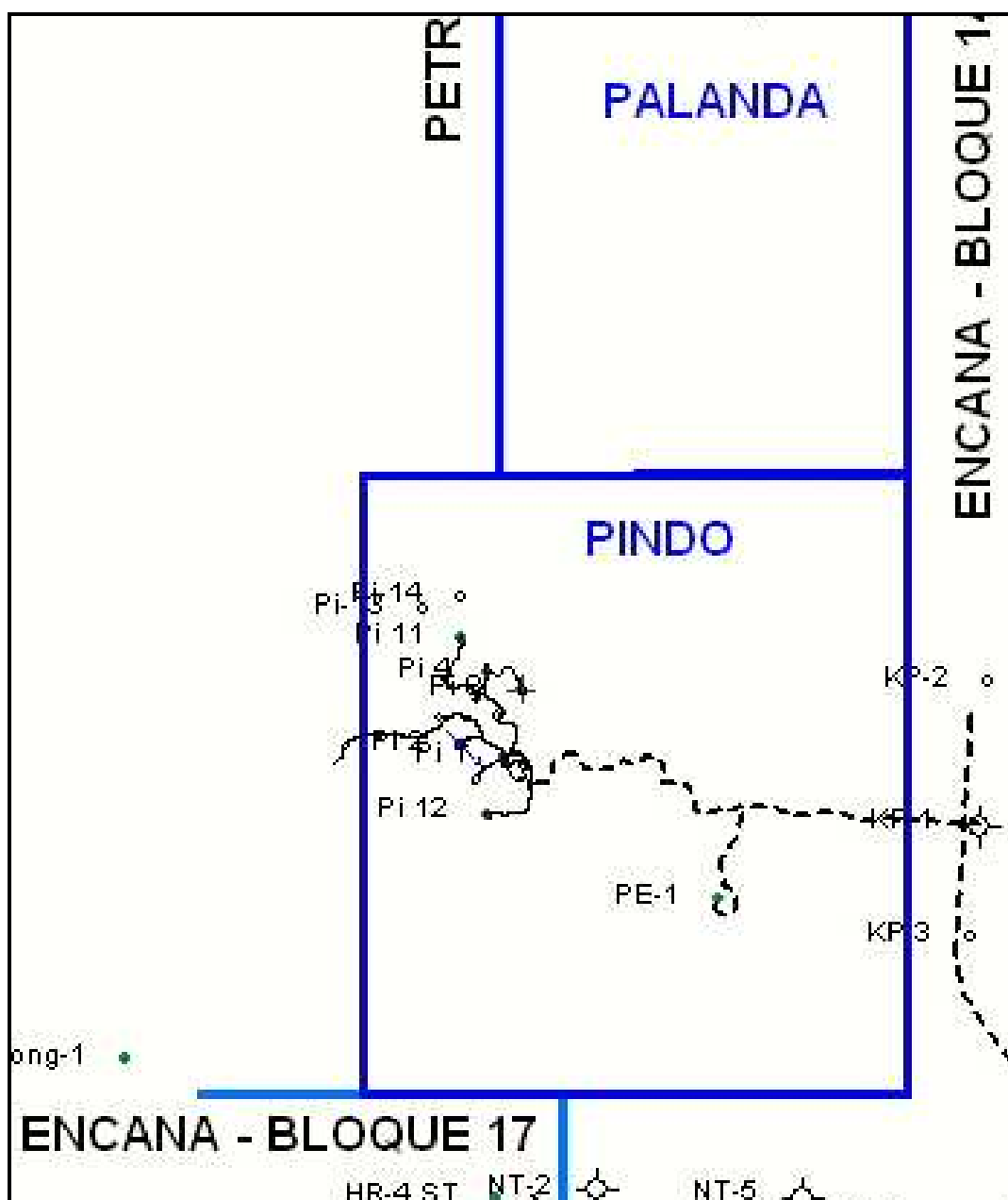
Tabla 1.1 Ubicación Campo Pindo

UBICACION DEL CAMPO MARGINAL PINDO		
VERTICE	LATITUD SUR	LONGITUD OESTE
P-PIN-1	00°38'33,3450"	76°49'19,2468"
P-PIN-2	00°38'33,4361"	76°45'00,5491"
P-PIN-3	00°43'10,1507"	76°45'00,6489"
P-PIN-4	00°43'10,0485"	76°49'19,3507"

Fuente PSP.

En la figura 1.1 se puede observar la ubicación del campo Pindo.

Figura 1.1 Ubicación Campo Pindo



Fuente PSP. Departamento Geología

1.2.2 UBICACION DEL CAMPO PALANDA – YUCA SUR

El bloque se localiza dentro del Cantón Francisco de Orellana, provincia de Orellana, a 20 Km al oeste de la estación central del campo Auca.

El área del bloque, materia del contrato del campo Marginal Palanda – Yuca Sur, es de un área aproximada de 14050 Ha y se encuentra delimitado por ocho vértices cuyas coordenadas se indican en la Tabla 1.2.

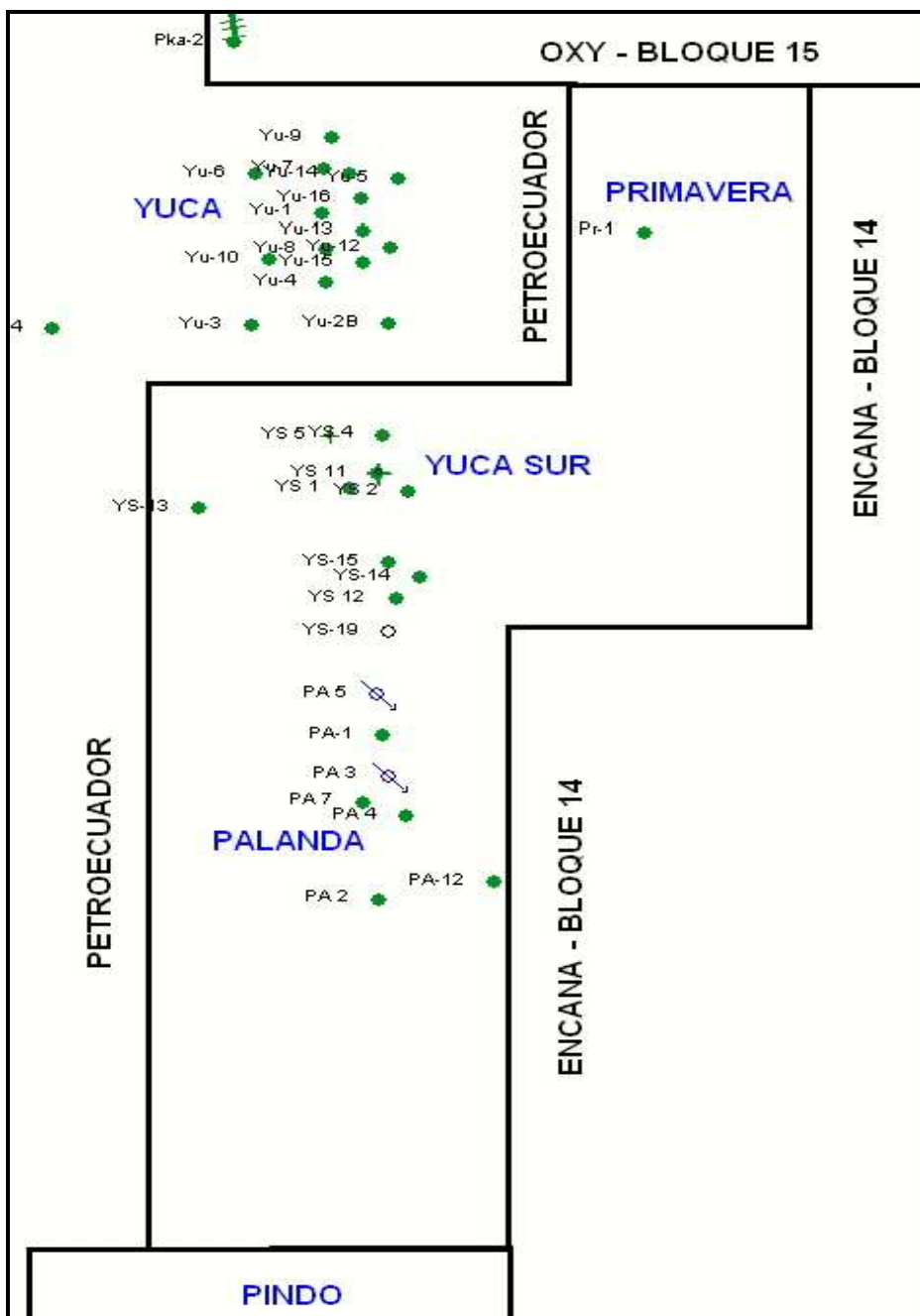
Tabla 1.2 Ubicación Campo Palanda

UBICACION DEL CAMPO PALANDA - YUCA SUR		
VERTICE	LATITUD SUR	LONGITUD OESTE
P-PYS-1	00°29'52,5091"	76°48'14,4112"
P-PYS-2	00°29'52,5704"	76°44'28,0547"
P-PYS-3	00°26'53,5189"	76°44'28,0100"
P-PYS-4	00°29'53,5495"	76°42'18,6609"
P-PYS-5	00°32'19,1038"	76°42'18,7438"
P-PYS-6	00°32'19,0577"	76°45'00,4320"
P-PYS-7	00°38'33,4361"	76°45'00,5491"
P-PYS-8	00°38'33,3681"	76°48'14,5734"

Fuente PSP.

En la figura 1.2 se puede observar la ubicación geográfica del Campo Palanda – Yuca Sur.

Figura 1.2 Ubicación Campo Palanda – Yuca Sur



Fuente PSP. Departamento Geología

1.3 ASPECTOS GEOLOGICOS

1.3.1 INTRODUCCION

La cuenca oriente Ecuatoriana es una de las cuencas subandinas más complejas y más atractivas desde el punto de vista científico y económico. Forma parte de una cuenca mucho mayor que va desde Venezuela hasta Bolivia y se encuentra limitada al oeste por la Cordillera de los Andes y al este por los escudos de Guyana y Brasil.

Se encuentra dividida en subcuencas debido a varios trastornos transversales, eventos que sólo se pueden observar desde el cretácico (Ver anexo 1.1).

1.3.2 CUENCA ORIENTAL

La cuenca Oriental Ecuatoriana se ha subdividido en dos zonas: Zona Subandina y Plataforma Amazónica.

La zona subandina

La zona subandina Ecuatoriana forma una franja alargada en sentido longitudinal, ubicada entre la gran falla inversa de los Andes al Oeste y el sistema de fallas inversas de hasta 45 grados que vergen al Este, constituyendo una zona de empuje compresivo orientado hacia el Este.

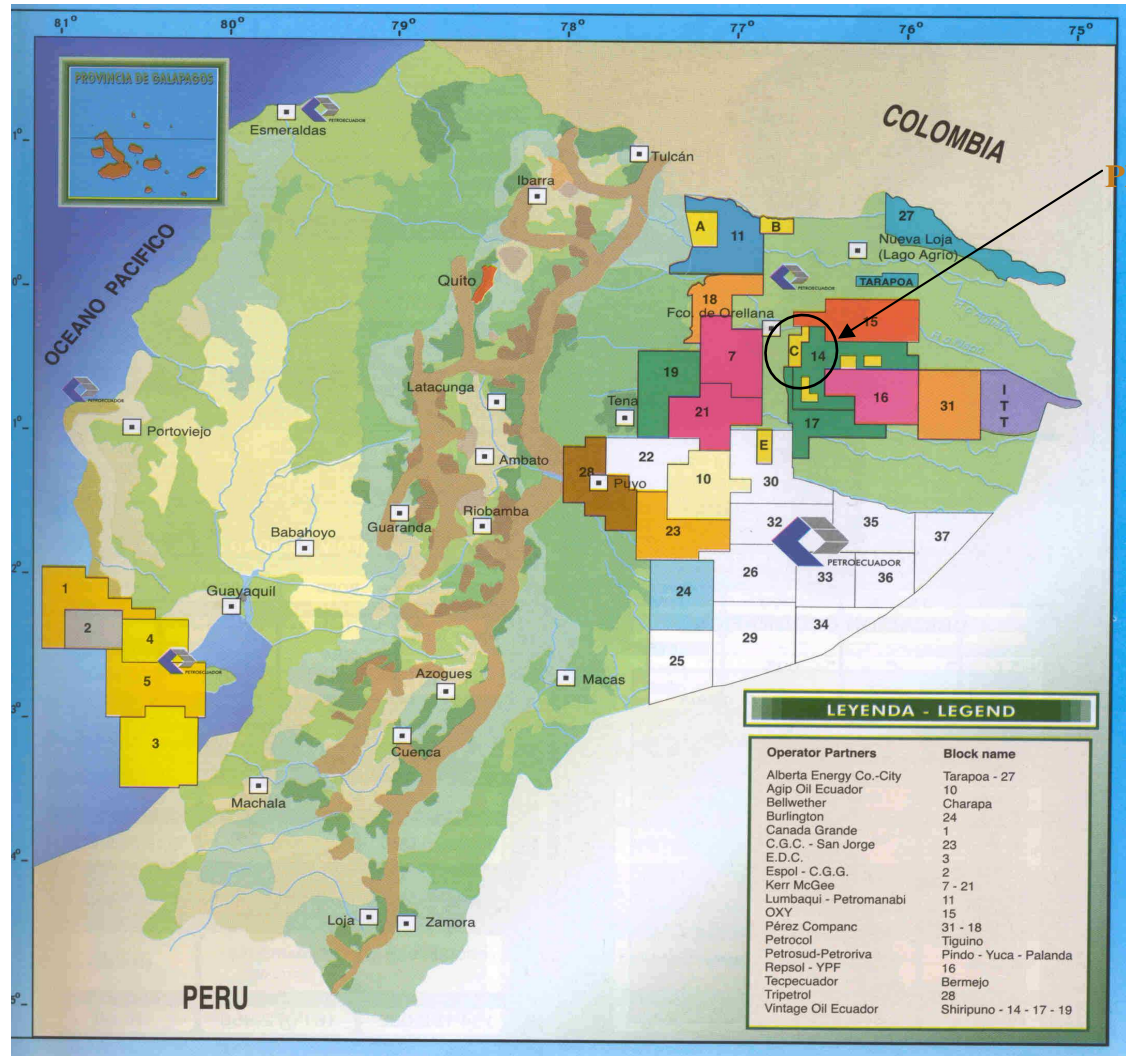
La zona presenta un interesante potencial de hidrocarburos pesados y extrapesados, siendo el Campo Bermejo la excepción con hidrocarburos de 33 grados API.

La plataforma Amazónica

Ubicada al Este de la región Oriental. Se apoya en el zócalo cristalino del Cratón Guyano – Brasileño hacia el Este. Su extensión rebasa las fronteras del Ecuador, limitando al norte con la Saliente de Vaupes en Colombia, hacia el Sur con una depresión intracratónica que separa el Cratón Guayanés del Brasileño. Al Este con el Arco de Iquitos y al Oeste con el sistema Andino (Ver anexo 1.1). Esta zona es la más productiva desde el punto de vista hidrocarburífero.

En el mapa siguiente se presenta la ubicación del campo marginal operado por el Consorcio Petrosud – Petroriva.

UBICACIÓN GEOGRÁFICA CAMPOS PINDO Y PALANDA – YUCA SUR



Fuente PSP – Departamento de Geología

1.4 ESTRATIGRAFIA

Los campos marginales Pindo y Palanda – Yuca Sur están ubicados en la cuenca sedimentaria que se enmarca en el lineamiento de las cuencas subandinas de la cadena montañosa oriental de los Andes, que a la vez corresponden a cuencas sedimentarias del tipo tras-arco que recientemente han sido formadas y estructuradas.

Dentro de las rocas generadoras de hidrocarburos de la cuenca Oriente están las lutitas bituminosas de color oscuro y podrían ser también las calizas de la formación Napo. Asimismo, se consideran como roca madre las lutitas de la formación Hollín, principalmente en su parte superior.

Se entiende que el basamento en toda la cuenca del Oriente son rocas metamórficas y platónicas del Proterozoico del cratón amazónico.

En la columna estratigráfica (Anexo 1.2) se encuentran las principales formaciones petrolíferas existentes en la cuenca Oriente Ecuatoriana, en las que consecuentemente se encuentran los campos Pindo y Palanda – Yuca Sur.

Con referencia a las diferentes formaciones se tiene que:

Se alcanzó la **formación Chapiza** en los pozos Primavera 01, Yuca Sur 01 y Palanda 01; y está compuesta de limonitas y rocas felsíticas.

La **formación Hollín** (Cretácico Inferior: Albiense, Aptiano) está formada por una serie de areniscas cuarcíticas de tamaño variable que van desde finas a gruesas, blanca, porosa, pobremente estratificada. En los pozos Primavera 01, Yuca Sur 01 y Palanda 01 la formación tiene un espesor de 367 a 375 ft, mientras que en otros pozos fue atravesada parcialmente.

La **formación Napo** (Cretácico: Albiano Inferior a Senoniano) se encuentra sobre la formación Hollín, está formada por lutitas ricas en materia orgánica, calizas

bioclasticas y areniscas que han sido depositadas en ambientes fluviales, márgenes marinos y plataformas marino someras durante el cretácico superior (White *et al.*, 1995, 2000). Sin duda es la formación la más importante desde el punto de vista hidrocarburífero para el Ecuador y, a la vez esta formación presenta espesores que varían desde 1224 a 1228 ft en los campos Pindo y Palanda - Yuca Sur.

La **formación Tena** (Cretácico Superior Maestrichtiense) está formada predominantemente de arcillas, con un número significativo de intercalaciones de areniscas y escasos conglomerados; margas y calizas atenuadas aparecen en menor cantidad. Esta formación resulta de menor importancia petrolera, poca información y por lo tanto muy insegura en las correlaciones. El espesor de esta formación es alrededor de 600 ft.

La **formación Tiyuyacu** (Paleoceno Superior-Eoceno) es una serie de capas rojas, comprendiendo conglomerados basales gruesos al que sobreyacen areniscas con intercalaciones de lutitas rojas verdosas y grises; cuyo espesor varía de menos 500 ft a más de 1000 ft.

La **formación Chalcana** comprende una secuencia de capas rojas de una variedad de arcillas rojizas abigarradas con yeso y parece cubrir transversalmente la formación Tiyuyacu. La Orteguzza es el equivalente a aguas profundas de la parte inferior de la formación Chalcana (Bristol y Hoffsteter, 1977).

1.4.1 ESTRUCTURA PINDO Y PALANDA – YUCA SUR

La estructura del campo Pindo es un pliegue anticlinal asimétrico, con una longitud de 7 Km con dirección en el sentido del eje, con rumbo principalmente N-S; con respecto al ancho es de unos 2.5 Km, quedando definido por fallas en los flancos (Anexo 1.3).

En la estructura de Palanda – Yuca Sur se diferencian dos anomalías mayores, Yuca y Palanda, que podrían configurar culminaciones de un mismo eje estructural. Otra posibilidad es la intervención de componentes oblicuas que

aumentarían la posibilidad de enlace y se confirmaría en el hundimiento norte de Palanda (Anexo 1.4).

- La estructura de Yuca Sur se encuentra ubicada en el hundimiento Sur del anticlinal asimétrico, con dimensiones considerables de rumbo N-S y conocido como anticlinal Yuca. Una falla inversa, longitudinal, afecta el hundimiento Sur en el flanco oriental del anticlinal que sería la prolongación sur de la que afecta al anticlinal Yuca.
- En la estructura Palanda el anticlinal es asimétrico, de rumbo NE-SO; estaría desligado de Yuca Sur por una falla oblicua. Dicha falla no causa la desvinculación en el entrapamiento de petróleo. En dirección sur el anticlinal sur retomaría rumbo N – S en el eje, existiendo un hundimiento sur del anticlinal Palanda en dirección del bloque Pindo.

En la posición del pozo Primavera 01, perforado en el flanco oriental en la latitud de la culminación de Yuca, no resulta claramente comprendida la condición de trampa.

1.4.2 CARACTERISTICAS DE LOS RESERVORIOS

Considerando los resultados de las pruebas de producción de los pozos perforados, el petróleo de estos reservorios es negro, en estado sub-saturado y con baja razón de solubilidad.

Mecanismo De Empuje

Según los parámetros de las pruebas de producción y del comportamiento que han presentado durante la producción, estos reservorios son del tipo que inician con una etapa de expansión monofásica y luego continúan con empuje por gas en solución y concluyen con empuje de agua parcial.

1.5 CLASIFICACION DE LOS RESERVORIOS DE ACUERDO AL TIPO DE RESERVAS

1.5.1 Reservorios Probados

Son aquellos reservorios donde sus reservas ya han sido probadas; es decir, ya se encuentran en producción. Los campos objeto de este estudio producen petróleo con altos cortes de agua y diferentes valores de gravedad API; a continuación se especifica cada uno de los reservorios:

Areniscas de la formación Hollín: (Cretácico Inferior) su espesor aproximado es de 330 ft fraccionado en Hollín inferior o principal y Hollín superior, este último es poco desarrollado en la estructura de Pindo pero es el principal reservorio de la cuenca. Anteriormente se explotó Hollín superior para los pozos Pindo 01 y 04. En la actualidad se explota de esta formación para los pozos Pindo 01, 04, 05, 07, 09 y 12; en Palanda 07 y 12; y, en Yuca Sur 01, 04, 11 y 15.

Areniscas “U” y “T”: (F. Napo Cretácico Medio) considerado el principal reservorio petrolífero del campo Pindo, pertenece al miembro “U sup”, conocido también como “arena G2”; la arena “U” es la más productiva en los pozos Pindo 01, 04, 05, 06, 07, 09 y 11; Palanda 01 y 02; y, Yuca Sur 01, 02, 11, 13 y 15. La arena “T” es productiva en los pozos Pindo 05, Palanda 01, 04 y 07; Yuca Sur 02, 04, 11, 12, 13 y 14; y, Primavera 01. Las arenas “U” y “T” son los reservorios más productivos del campo Palanda – Yuca Sur.

Tena Basal: (Tena, Terciario) su espesor es pequeño, de 7 a 20 ft. La gravedad de su crudo es de 22° API en los pozos Pindo 01, 05 y Este 01. En Palanda - Yuca Sur no se produce de esta arena.

1.5.2 Reservorios Probables

Estos reservorios son aquellos que aún no han sido evaluados y que son posibles productores. Dentro de los campos Pindo – Palanda Yuca Sur se tiene:

Caliza “M2”: (F. Napo) de porosidad y permeabilidad baja. Esta formación no produce petróleo en el campo, pero se considera que podría tener condiciones de reservorio si se localizan zonas donde pudiera estar fracturada.

Caliza “A” y “B”: (F. Napo) no produce hidrocarburos pero hay indicios de tener zonas fracturadas que podrían aumentar las características de reservorio.

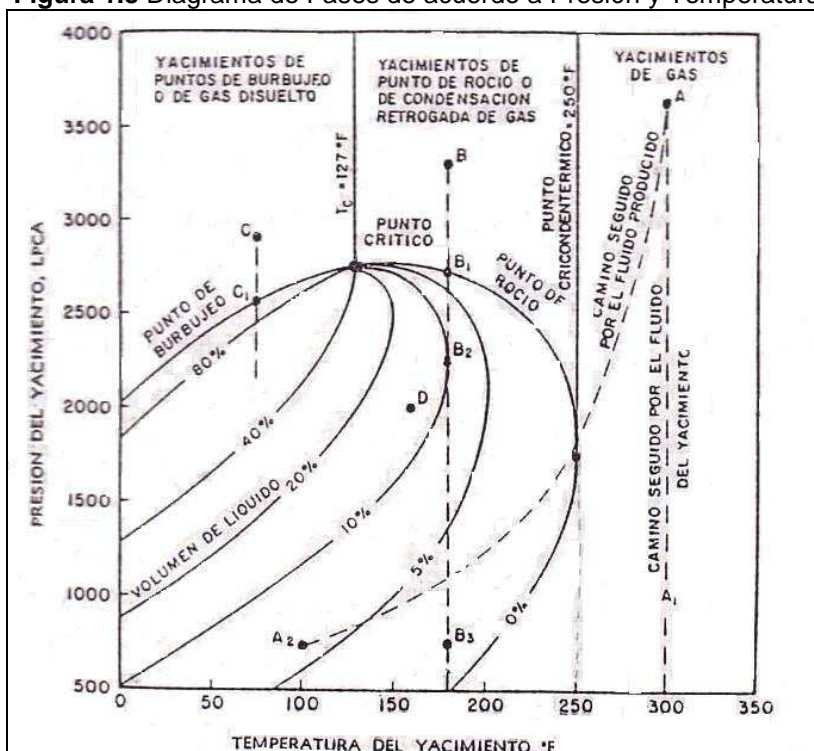
Arenisca “9”: (F. Napo) zona arenosa ubicada entre las calizas “A” y “M2”. Su porosidad y resistividad son iguales a las condiciones o características que tiene la arena U.

Dentro de los datos de las reservas generalmente se acostumbra a calcular dichas reservas probadas una vez al año con la finalidad de generar un inventario. Este cálculo se lo realiza en el mes de diciembre de cada año; el inventario anual se suele hacer partiendo de las cifras del año anterior. A ese volumen primero se le añade, las cantidades descubiertas en yacimientos de los campos nuevos o de campos en explotación; después, las cantidades que se descubrieron en extensiones adicionales de campos desconocidos; posteriormente, las cantidades debidas a revisiones de los volúmenes de reservas probadas en los yacimientos con su historia de producción, lo que provoca un cambio en su extensión superficial, en petrofísica o el comportamiento de los fluidos que se contiene. Finalmente, se le resta al total obtenido de la suma algebraica detallada, el volumen de la producción del año cumplido desde la estimación anterior.

1.6 CLASIFICACION DE LOS TIPOS DE YACIMIENTOS DE ACUERDO AL DIAGRAMA DE FASES

La clasificación se la realiza en función de la presión y temperatura iniciales del yacimiento con respecto a la zona de dos fases (gas y petróleo) en los diagramas de fases que relacionan temperatura y presión (Ver figura 1.3).

Figura 1.3 Diagrama de Fases de acuerdo a Presión y Temperatura



INGENIERIA APLICADA DE YACIMIENTOS PETROLIFEROS, B. C. Craft – M. F. Hawkins.

Los yacimientos de hidrocarburos inicialmente se encuentran en estado monofásico (A, B, C) o estado bifásico (D) dependiendo de la posición relativa de sus temperaturas como de las presiones en los diagramas de fases.

La depletación volumétrica (donde no existe intrusión de agua) en estos diferentes yacimientos monofásicos se pueden comportar como:

- Yacimientos de gas (A), donde la temperatura del yacimiento excede el punto cricondentérmico (máxima temperatura a la cual pueden existir dos fases);
- Yacimiento de condensación retrograda (B), donde la temperatura del yacimiento se encuentra entre la temperatura crítica y la temperatura del punto cricondentérmico;
- Yacimientos de gas disuelto (C), donde la temperatura del yacimiento está por debajo de la temperatura crítica.

Las curvas dentro de la región de dos fases indican el porcentaje de líquido en el volumen total de hidrocarburo para cualquier presión y temperatura. Al inicio toda la acumulación de hidrocarburo tiene su propio diagrama de fases que dependerá de su composición.

En los campos Pindo y Palanda – Yuca Sur, los yacimientos están dentro de lo que son yacimientos de gas disuelto donde la temperatura está por debajo de la temperatura crítica. Es decir, en el diagrama de fases presentado estarían los yacimientos de los campos ubicados en la parte C.

1.7 ESTADOS DE LOS FLUIDOS EN LOS YACIMIENTOS

El estado físico de un fluido en el yacimiento generalmente varía con la presión, pues la temperatura es casi constante. Muchas veces el estado físico de los fluidos en el yacimiento es diferente que en la superficie. Es importante determinar el comportamiento del petróleo crudo, gas natural y agua; solos o combinados, bajo condiciones estáticas o en movimiento en el yacimiento y en las tuberías con cambios muchas veces de temperatura y presión (B.C. Craft y M. F. Hawkins, 1968).

En los yacimientos de los campos Pindo y Palanda - Yuca Sur el fluido está inicialmente en estado líquido en el yacimiento, ya que son yacimientos subsaturados; es decir, que no hay gas libre. El fluido de los yacimientos se encuentran en estado monofásico, debido a que la temperatura está por debajo de la temperatura crítica. A este tipo de yacimientos se los suele llamar de punto de burbujeo, debido a que si la presión sigue disminuyendo el gas se sigue desprendiendo; es decir, alcanzando el punto de burbujeo.

A medida que el gas sigue fluyendo hacia la superficie en cantidades cada vez más grandes, la cantidad de petróleo fluyente sigue disminuyendo, quedándose grandes cantidades de crudo por recuperar. A estos yacimientos se los suele denominar también como:

- Yacimientos de gas disuelto.

1.8 SOLUBILIDAD DEL GAS

La solubilidad del gas en petróleo crudo depende de: a) presión, b) temperatura, c) composiciones del gas y del petróleo. Para un mismo gas y petróleo a una temperatura constante la cantidad de gas en solución aumenta con presión; y a una presión constante la cantidad de gas en solución disminuye a medida que la temperatura aumenta.

Para determinadas presión y temperatura la cantidad de gas en solución aumenta a medida que las composiciones del gas y del petróleo se asemejan. Es decir, es mayor en gases de alta y en petróleos de baja gravedad específica; o sea, en petróleos de alto grado API.

La solubilidad de gas a condiciones isotérmicas generalmente se expresa en función del aumento en gas en solución por unidad de petróleo por aumento en la unidad de presión; es decir, PCS/bl/lpc.

En muchos yacimientos esta solubilidad es invariable sobre un intervalo considerable de presiones. En cálculos precisos de estudios de yacimiento la solubilidad se expresa en términos del gas total en solución a cualquier presión, o sea, PCS/bl o Rs.

El estudio y cálculo de las relaciones de solubilidad de los campos Pindo y Palanda – Yuca Sur se presenta en el capítulo II.

CAPITULO II

BALANCE DE MASA Y CARACTERIZACION DEL GAS PRODUCIDO EN LOS CAMPOS PINDO Y PALANDA YUCA SUR 02

2.1 RESERVAS DE LOS CAMPOS PINDO Y PALANDA – YUCA SUR 02

2.1.1 RESERVAS CAMPO PINDO

Para el cálculo de las reservas del campo Pindo se usó el método volumétrico. Para esto, se determinó el volumen de petróleo original en sitio y luego mediante la aplicación de los correspondientes Factores de Recobro, se calcularon las reservas remanentes de petróleo para cada uno de los reservorios.

2.1.1.1 CÁLCULO DEL PETRÓLEO ORIGINAL EN SITIO (POES)

Para la determinación del Petróleo Original en Sitio (POES) por el método volumétrico se aplica la siguiente fórmula:

$$POES = \frac{(7758 * VT * S_o * \phi)}{B_{oi}}$$

$$VT = A * h$$

Donde:

7758 = Factor de conversión para cálculo en barriles, considerando acres-pie

A = Área en acres.

h = Espesor neto en pies.

S_o = Saturación de petróleo (adimensional).

∅ = Porosidad efectiva (adimensional).

VT = Volumen total de roca en Acres*ft.

B_{oi} = Factor volumétrico en BF/BI.

Las áreas se las obtiene de la planimetría de los contornos de los mapas de espesores netos de cada uno de los reservorios.

La saturación de petróleo y la porosidad se las obtiene de la evaluación petrofísica. ($S_o = 1 - S_w$), siendo S_w la saturación de agua.

Para el cálculo se utilizó el promedio de la porosidad y de la saturación de petróleo de todos los pozos.

Se usaron los mismos factores volumétricos (B_{oi}) de los anteriores cálculos de reservas, los factores volumétricos (B_{oi}) se presentan en la tabla 2.1.

Tabla 2.1 Factores Volumétricos por Arenas

ARENA	FACTOR VOLUMÉTRICO
Basal Tena	1.12
U superior	1.04
U inferior	1.04
T inferior	1.10
Hollín Superior	1.04
Hollín inferior	1.04

Fuente PSP. Actualización Reservas 2005

2.1.1.2 POES Probados (Bl_s)

Un resumen de los resultados del cálculo del POES se presenta en la tabla 2.2.

Tabla 2.2 Cálculo del POES por Arena

Reservorio	Campo Pindo	Campo Pindo Este	Total (Bl _s .N)
Basal Tena	12,583,252.0	1,914,547.0	14,497,799.0
"U" superior	4,721,412.0		4,721,412.0
"U" inferior	29,863,714.0	1,272,479.0	31,136,193.0
"T" inferior	4,755,441.0		4,755,441.0
Hollín superior	9,560,796.0		9,560,796.0
Hollín inferior	4,599,319.0		4,599,319.0
Total (Bl_s.N)	66,083,934.0	3,187,026.0	69,270,960.0

Fuente PSP. Actualización Reservas 2005

2.1.1.3 FACTOR DE RECOBRO

Los Factores de recobro para los diferentes reservorios se presentan en la tabla 2.3.

Tabla 2.3 Factores de recobro para cada Arena

ARENA	FACTOR DE RECOBRO
Basal Tena	30%
U inferior	25%
T inferior	25%
Hollín superior	25%
Hollín inferior	15%
U superior	10%

Fuente PSP. Actualización Reservas 2005

El bajo factor de recobro para “U” superior se debe a que esta arenisca es bastante glauconítica; es decir, la presencia de esta arenisca reduce la permeabilidad.

2.1.1.4 RESERVAS DE PETRÓLEO

Reservas Probadas

Un resumen de las reservas calculadas se presenta en la tabla 2.4.

Tabla 2.4 Reservas calculadas para cada Reservorio

Reservorio	Campo Pindo	Campo Pindo Este	Total
Basal Tena	3,774,975.0	574,364.0	4,349,339.0
“U” superior	472,141.0		472,141.0
“U” inferior	7,465,928.0	318,120.0	7,784,048.0
“T” inferior	1,188,860.0		1,188,860.0
Hollín superior	2,390,199.0		2,390,199.0
Hollín inferior	689,898.0		689,898.0
Total	15,982,001.0	892,484.0	16,874,485.0

Fuente PSP. Actualización Reservas 2005

Se aclara que las reservas antes indicadas corresponden a volúmenes de recuperación primaria. A la fecha, en este Campo Marginal no se ha implementado aún ningún método de recuperación mejorada.

2.1.1.5 PRODUCCION

La producción acumulada de petróleo del campo Pindo proviene de 11 pozos y de los siguientes reservorios: Basal Tena, “U” superior, “U” inferior, “T” inferior, Hollín superior y Hollín inferior.

El campo Pindo Este inicia la producción en diciembre del año 2003 bajo el régimen de pruebas prolongadas en el pozo exploratorio Pindo Este-1. La producción proviene del reservorio Basal Tena, pero en este pozo también se probó la presencia de petróleo en la arenisca “U” inferior. La producción acumulada hasta el 31 de Diciembre del año 2005 (con un ajuste de datos hasta Marzo del año 2006), resumida por año, por pozo y por reservorio, se presenta en el Anexo 2.1

En la tabla 2.5 se presenta un resumen de la producción.

Tabla 2.5 Producción acumulada hasta Marzo 2006 por Arenas

Reservorio	Campo Pindo	Canopo Pindo Este	Total
Basal Tena	3,099,306.0	284,370.0	3,383,676.0
“U” superior	323,928.0		323,928.0
“U” inferior	5,968,063.0		5,968,063.0
“T” inferior	50,690.0		50,690.0
Hollín superior	2,268,252.0		2,268,252.0
Total (Bls.N) hasta Dic-2005	11,918,535.0	284,370.0	12,202,905.0
Hasta Marzo 2006 Total	12,164,519.0	313,987.0	12,478,506.0

Fuente PSP. Actualización Reservas 2005
Elaborado por: Alicia Rodríguez E

2.1.1.6 RESERVAS REMANENTES DE PETRÓLEO

Las reservas remanentes para cada uno de los reservorios se la obtiene restando del total de las reservas probadas los valores de la producción acumulada en cada reservorio.

En el Anexo 2.2 se presenta de forma resumida el resultado del Cálculo de Reservas Probadas, la Producción Acumulada y las **Reservas Remanentes** para el campo Marginal Pindo.

Un resumen se indica en la tabla 2.6.

Tabla 2.6 Reservas Remanentes hasta Marzo 2006 por Arenas

Reservorio	Campo Pindo	Campo Pindo Este	Total
Basal Tena	675,669.0	289,994.0	965,663.0
"U" superior	148,213.0		148,213.0
"U" inferior	1,497,865.0	318,120.0	1,815,985.0
"T" inferior	1,138,170.0		1,138,170.0
Hollín superior	121,947.0		121,947.0
Hollín inferior	481,602.0		481,602.0
Total (Bls.N)	4,063,467.0	608,114.0	4,671,581.0
Total hasta Marzo 2006	3,817,483.0	578,497.0	4,395,980.0

Fuente PSP. Actualización Reservas 2005
Elaborado por: Alicia Rodríguez

En el Anexo 2.3 se presenta el resultado por reservorios.

2.1.2 RESERVAS CAMPO PALANDA – YUCA SUR

Las reservas se calcularon usando el método volumétrico. Se determinó el volumen de petróleo original en sitio y aplicando los correspondientes Factores de Recobro se calcularon las reservas remanentes de petróleo para cada uno de los reservorios.

2.1.2.1 CÁLCULO DEL PETRÓLEO ORIGINAL EN SITIO (POES)

Para el cálculo del Petróleo Original en Sitio (POES) por el método volumétrico se aplica la siguiente fórmula:

$$POES = (7758 * VT * S_o * \phi) / B_{oi}$$

$$VT = A * h$$

Donde:

7758 = Factor de conversión para cálculo en barriles, considerando acres-pie

A = Área en acres.

h = Espesor neto en pies.

S_o = Saturación de petróleo (adimensional).

ϕ = Porosidad efectiva (adimensional).

VT = Volumen total de roca en Acres*ft.

B_{oi} = Factor volumétrico en BF/BI.

Las áreas se las obtienen de la planimetría de los diferentes contornos de los mapas de espesores netos de cada uno de los reservorios.

La saturación de petróleo y la porosidad se las obtiene de la evaluación petrofísica ($S_o = 1 - S_w$), siendo S_w la saturación de agua.

Para el cálculo se utiliza el promedio de la porosidad y de la saturación de petróleo de todos los pozos.

Se utilizan los mismos factores volumétricos (Boi) que constan en la tabla 2.7.

Tabla 2.7 Factores Volumétricos por Arenas

ARENA	FACTOR VOLUMÉTRICO
U inferior	1.15
T inferior	1.2479
Hollín superior	1.2479
Hollín inferior	1.2479

Fuente PSP. Actualización Reservas 2005

2.1.2.2 POES Probados

Un resumen de los resultados del cálculo del POES se presenta en la tabla 2.8.

Tabla 2.8 Cálculo del POES desarrollados por Reservorio

Reservorio	Campo Palanda	Campo Yuca Sur	Total
"U" inferior	4,337,912.0	14,688,652.0	19,026,564.0
"T" inferior	11,548,253.0	16,358,587.0	27,906,840.0
Hollín superior	2,490,604.0	4,638,616.0	7,129,220.0
Hollín inferior		1,817,473.0	1,817,473.0
Total (Bls.N)	18,376,769.0	37,503,328.0	55,880,097.0

Fuente PSP. Actualización Reservas 2005

2.1.2.3 TOTAL POES PROBADO

En la tabla 2.9 se presenta un resumen de los resultados.

Tabla 2.9 Total POES probados por Arena

Reservorio	Campo Palanda	Campo Yuca Sur	Total
"U" inferior	4,706,592.0	14,688,652.0	19,395.244.0
"T" inferior	11,548,253.0	16,358.587.0	27,906.840.0
Hollín superior	2,490,604.0	4,638.616.0	7,129,220.0
Hollín inferior	1,134,935.0	1,817.473.0	2,952.408.0
Total (Bls.N)	19,880,384.0	37,503,328.0	57,383.712.0
	Campo Primavera		
"T" inferior	2,318,953.0		2,318,953.0

Fuente PSP. Actualización Reservas 2005

2.1.2.4 FACTOR DE RECOBRO

Los Factores de Recobro utilizados para los diferentes reservorios se presentan en la tabla 2.10.

Tabla 2.10 Factores de Recobro por Arena

ARENA	FACTOR DE RECOBRO
U inferior	25%
T inferior	20 y 30%
Hollín superior	25%
Hollín inferior	15%

Fuente PSP. Actualización Reservas 2005

2.1.2.5 RESERVAS DE PETRÓLEO

Se aclara que las reservas corresponden a volúmenes de recuperación primaria, sin métodos de recuperación secundaria.

Reservas Probadas Desarrolladas

Un resumen de los resultados se presenta en la tabla 2.11.

Tabla 2.11 Reservas Probadas Desarrolladas por Arena

Reservorio (Bls.N)	Campo Palanda	Campo Yuca Sur	Total
"U" inferior	1,084,478.0	3,672,163.0	4,756,641.0
"T" inferior	3,464,476.0	4,907,576.0	8,372,052.0
Hollín superior	622,651.0	1,159,654.0	1,782,305.0
Hollín inferior		272,621.0	272,621.0
Total (Bls.N)	5,171,605.0	10,012,014.0	15,183,619.0

Fuente PSP. Actualización Reservas 2005

2.1.2.6 TOTAL RESERVAS PROBADAS

En la tabla 2.12 se presenta un resumen de los resultados.

Tabla 2.12 Total Reservas Probadas

Reservorio (Bls.N)	Campo Palanda	Campo Yuca Sur	Total
"U" inferior	1,176,648.0	3,672,163.0	4,848,811.0
"T" inferior	3,464,476.0	4,907,576.0	8,372,052.0
Hollín superior	622,651.0	1,200,380.0	1,823,031.0
Hollín inferior	110,393.0	272,621.0	383,014.0
Total	5,374,168.0	10,052,740.0	15,426,908.0
	Campo Primavera		
"T" inferior	463,791.0		463,791.0

Fuente PSP. Actualización Reservas 2005

2.1.2.7 PRODUCCION

El campo Yuca Sur inició la producción en el año 1981 a cargo de Texaco y el campo Palanda inició su producción en el año 1991 a cargo de Petroamazonas. Posteriormente, las operaciones estuvieron a cargo de Petroproducción hasta agosto de 1999, fecha en que el Consorcio Petrosud-Petroriva asume las operaciones.

La producción de petróleo del campo Yuca Sur se obtiene de 8 pozos y en Palanda de 6 pozos. Los reservorios productores son: "U" inferior, "T" inferior y Hollín superior.

En noviembre del 2005 se inicia la etapa de prueba prolongada de producción en el pozo Primavera-1, luego de haber permanecido abandonado desde el año 1971.

La producción acumulada hasta el 31 de diciembre del 2005 (con una actualización de datos en forma total, sin detalle, por arena hasta Marzo del año 2006) se presenta en el Anexo 2.4

En la tabla 2.13 se presenta un resumen de la producción acumulada.

Tabla 2.13 Producción Acumulada por Arenas

Reservorio	Campo Palanda	Campo Yuca Sur	Campo Primavera	Total
"U" inferior	959,232.00	2,619,458.0		3,578,690.0
"T" inferior	3,097,871.00	3,484,745.0	34,466.0	6,981,082.0
Hollín superior	497,760.00	893,612.0		1,391,372.0
Total	4,554,863.00	6,997,815.0	34,466.0	11,587,144.0
Hasta Marzo 2006				11,906,743.0

Fuente PSP. Actualización Reservas 2005
Elaborado por: Alicia Rodríguez

2.1.2.8 RESERVAS REMANENTES DE PETRÓLEO

Restando del total de las reservas probadas para cada uno de los niveles productivos la producción acumulada de los mismos, se obtienen los valores de las reservas remanentes probadas al 31 de diciembre de 2005 (con una actualización de datos hasta Marzo del año 2006).

En el Anexo 2.5 se presenta de forma resumida los resultados del Cálculo de Reservas Probadas, la Producción Acumulada y las Reservas Remanentes para el campo Marginal Palanda – Yuca Sur.

Un resumen de las reservas remanentes se presenta en la tabla 2.14.

Tabla 2.14 Reservas Remanentes por Reservorio

Reservorio	Campo Palanda	Campo Yuca Sur	Campo Primavera	Total
"U" inferior	217,416.0	1,052,705.0		1,270,121.0
"T" inferior	366,605.0	1,422,831.0	429,325.0	2,218,761.0
Hollín superior	124,891.0	306,768.0		431,659.0
Hollín inferior	110,393.0	272,621.0		383,014.0
Total	819,305.0	3,054,925.0	429,325.0	4,303,555.0
Total Hasta Marzo 2006	760,083.0	2,821,807.0	392,066.0	3,973,956.0

Fuente PSP. Actualización Reservas 2005
Elaborado por: Alicia Rodríguez

2.2 BALANCE DE MASA

El balance de masa para el gas se lo realiza respecto a su distribución en superficie; es decir, la distribución del gas a partir de la cabeza del pozo hasta su destino final, que en este caso sería su aprovechamiento para generación eléctrica con el uso de generadores a gas.

En el campo Pindo y Palanda se tiene la generación de energía eléctrica empleando el gas de formación como combustible mediante generadores Waukesha de las mismas especificaciones en cada campo; alimentados por el gas que se obtiene en los separadores de producción. Pero, debido a la existencia de gas remanente a baja presión se pretende incrementar un generador adicional en cada campo, aprovechando el gas conseguido en las botas de gas; siempre y cuando las condiciones técnicas - económicas permitan su implementación.

La Sub - Estación Yuca Sur 02 al momento no dispone de las facilidades necesarias para conseguir un tratamiento adecuado para el crudo. Es por eso que el fluido de esta estación es bombeado a la estación Palanda, uniéndose a la línea de fluido que ingresa a la bota de gas. Por lo tanto, bajo estas condiciones se proyecta instalar en la Estación Yuca Sur 02 un separador de producción, un scrubber, filtros coalescentes y un generador a gas; el generador sería alimentado por el gas segregado en el separador.

2.2.1 GAS NATURAL

2.2.2 INTRODUCCION

Aunque el gas natural ha sido utilizado como combustible por más de 150 años en América y por centurias en China, la alta demanda por este combustible se ha desarrollado recientemente. Una de las razones es la gran dificultad de almacenamiento y transporte del gas en comparación a los combustibles líquidos.

Inicialmente, el gas natural era usado sólo en las áreas donde era producido, y si había exceso de producción era expulsado al ambiente o quemado.

El desarrollo de mayores diámetros de tubería, entre 22 – 24 pulgadas, altas presiones de líneas y compresores para transportar el gas a áreas industriales, junto con la tecnología de almacenamiento de gas en reservorios, estimuló la demanda del gas natural y el desarrollo de la tecnología requerida para producirlo y transportarlo. Esto se dio inicialmente en 1980 en los Estados Unidos donde el gas natural suplía más del 30% del total de la demanda de energía, comparada con el 18% en 1950 y menor que el 4% en 1920. El gas natural suplía alrededor del 20% de la energía mundial en 1980.

Inicialmente el gas se comercializaba en 1 y 2 centavos de dólar desde 1000 pies cúbicos, pero la creciente demanda ha incrementado su precio. Principalmente el gas natural se usa como combustible para calentar espacios y para la generación de vapor en plantas eléctricas. La necesidad de usar altas presiones para almacenar cantidades significativas de gas natural en espacios reducidos, hace que su uso para motores de vehículos sea muy limitado.

Sin embargo, como el suministro de combustibles líquidos como la gasolina disminuye, es posible que la tecnología adecuada sea desarrollada para abordar este problema.

2.2.3 APARIENCIA GEOGRÁFICA DEL GAS NATURAL

En varias zonas geográficas del mundo existen condiciones geológicas para la formación de petróleo y gas comercial (gas natural). Algunos requerimientos deben ser conocidos para que un depósito de hidrocarburo exista, estos son:

- 1.- Una fuente: esto es, material de donde el petróleo es formado.
- 2.- Medios porosos y permeables, donde el petróleo pueda migrar y acumularse después de que se ha formado.

3.- Una trampa o condiciones subsuperficiales que restrinja el movimiento o migración y se vaya acumulando en cantidades comerciales.

El gas natural y el crudo son generados por materia orgánica bajo la influencia creciente de temperatura y tiempo. Las características del tipo de material orgánico y la temperatura cumplen un rol importante en la formación del gas o del petróleo. El material orgánico puede ser dividido en dos amplias categorías dependiendo de si es derivado de organismos que crecieron en la superficie de la tierra o si crecieron en el medio marino; esto es, si fueron terrestres o acuáticos.

Es de conocimiento general que el material terrestre produce gas natural y algunos crudos en el tiempo. Esta distinción es importante en la estimación de la máxima profundidad del crudo o del gas natural. Los ríos han jugado un rol crítico en el transporte del material a un ambiente deposicional. Es así como los deltas de los ríos son ambientes deposicionales muy propicios para el gas. Los sedimentos más antiguos y profundos fueron depositados en las grietas continentales y son ricas en material orgánico terrestre. Estas están sobrepuestas por la incrementación de segmentos marinos manteniendo cantidades más grandes de material acuático, gracias a esto se desarrolla una secuencia vertical con la generación del gas con la materia orgánica en el fondo y la generación de petróleo en la parte superior.

2.2.4 COMPOSICIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL GAS NATURAL

El gas natural está compuesto primariamente de Metano (CH_4) con mínimas cantidades de la familia de hidrocarburos parafínicos como son Etano (C_2H_6), Propano (C_3H_8) y Butano (C_4H_{10}).

Este gas es una mezcla en cantidades variables de elementos de origen orgánica como también inorgánica.

Una muestra de gas natural común está compuesto por los siguientes componentes como elementos orgánicos: Metano, Etano, Propano, Normal

Butano, Isobutano, Normal Pentano, Isopentano, Hexano y Heptano+; este último no es un componente sencillo sino una denominación para describir la agrupación de todo el remanente de compuestos pesados cuyo peso es mayor que el de los hexanos y debido a las ínfimas concentraciones individuales en el gas natural resulta difícil su identificación desde el punto de vista de laboratorio.

Dentro del segundo grupo que forman el gas natural están los componentes inorgánicos que aportan en un porcentaje menor en volumen en muestras de gas y pueden ser los siguientes: dióxido de carbono, sulfuro de hidrógeno, nitrógeno y, ocasionalmente, helio.

También se encuentra en cantidades pequeñas o mayores, dependiendo de las condiciones de presión y temperatura, el vapor de agua.

2.2.5 TIPOS DE GAS NATURAL

La clasificación del gas natural de acuerdo a su composición es:

- **Gas agrio.-** Este tipo de gas contiene cantidades significativas de ácido sulfhídrico y anhídrido carbónico.
- **Gas dulce.-** Este tipo de gas es el que se encuentra libre de ácido sulfhídrico y anhídrido carbónico.
- **Gas ácido.-** Se suele denominar así al ácido sulfhídrico y anhídrido carbónico.

2.2.6 MEDICIÓN DE GAS

La determinación del volumen de gas es muy importante dentro de las operaciones de producción de un campo, por lo que se debe instalar la correspondiente infraestructura de medición para que esta medida sea lo más

exacta posible. El gas generalmente se lo mide en unidades de volumen; sin embargo, debe estar en condiciones Standard de presión y temperatura (14.7 psia y 60° F). Estas condiciones de flujo pueden ser modificadas a un flujo de masa multiplicando los parámetros de volumen por la densidad del gas.

La selección de un aparato de medida de flujo depende, principalmente, de los siguientes factores:

- Lugar a ser instalado.
- Tiempo de uso que se le va a dar al medidor.
- Rangos de medida (rango de tasa de flujo máximo y mínimo).
- Requerimientos de mantenimiento.
- Fluido a ser medido. Para gases es necesario conocer la gravedad específica y su composición.
- Energía disponible en caso de ser necesario.
- Propósito de medida.

2.2.6.1 FORMAS DE MEDIDA Y CUANTIFICACIÓN DEL GAS

Medición

Existen varios equipos de medida para cuantificar el caudal de gas dentro de una tubería. Estos pueden ser mecánicos o electrónicos, siendo los más utilizados el tubo pitot, el rotámetro y las placas de orificio.

Tanto el tubo pitot como el rotámetro son utilizados para medir bajos caudales y presiones, mientras que las placas de orificio miden grandes caudales a altas presiones.

Cuantificación

Las mediciones de gas están determinadas por las placas de orificio en base al caudal, pero para su cuantificación, adicionalmente se necesita de los medidores de presión que detectan los cambios de presión antes y después de la placa orificio, también conocidos como registradores (ejemplo, las cartas Bartons).

El Barton, que es un medidor de presión, debe estar bien calibrado en pulgadas de agua para que los valores de las presiones estática y diferencial puedan estar ajustados a las cartas cuadrática o lineal dentro del registrador de presión.

También es necesario conocer el diámetro de la placa orificio, tipo de material y, por supuesto, calcular el valor de la constante de la placa a utilizar, etc.

El caudal máximo se calcula con la siguiente expresión: práctico y de campo.

$$Q_{\max} = P_{\text{dif}} * P_{\text{est}} * K$$

Donde:

Q_{\max} = caudal máximo.

K = constante de la placa orificio.

P_{dif} = lectura de la presión diferencial.

P_{est} = lectura presión estática.

Medidores de Orificio

Este sistema de medición es el más usado en la industria, pues su instalación y mantenimiento es fácil y permite medir el gas natural o líquidos sin importar el caudal a medirse, tiene un alto grado de precisión desde menos de 14.7 psi hasta más de 5000 psi, y temperaturas de 0° F hasta más de 200° F, se logra exactitud de +/- 0.5% y, además, es aceptado por el comité AGA – ASME.

Este método de medición consta de dos partes esenciales: el orificio que es una placa de metal plano construido de acero inoxidable que tiene un orificio en el centro de dicha placa con bisel en un extremo. Este orificio está construido en fracciones exactas de pulgada, normalmente en octavos de pulgada; la placa debe ser colocada en una sección recta de la tubería que traslada el fluido. El orificio es el mecanismo que genera la caída de presión y como otro elemento necesario para medir la caída de presión es el registrador de la diferencia de presión " $(P_1 - P_2) = h_w$ ". Este es un registrador que tiene dos plumas que registran diferentes parámetros; la una es la que mide la presión aguas arriba y se le conoce como " $P_1 =$ Presión estática", la otra registra la caída de presión a través del orificio y la mide en pulgadas de agua, se la conoce como "presión diferencial= h_w ". La P_2 es la presión aguas abajo. A este registrador se le conoce normalmente como medidor "Barton"

La caída de presión generada es permanente; es decir, no se recupera la presión que se tenía antes de colocar el medidor de orificio. La corriente de flujo se recupera parcialmente entre 4 - 8 diámetros de longitud de la tubería aguas debajo de la placa orificio.

El sistema medidor placa de orificio está integrada por los siguientes accesorios:

- Un tubo de medición: pedazo de tubería especial por donde fluye el líquido o el gas.
- Porta orificio.
- Placa de orificio.
- Tomas de presión: puntos de toma de presión localizados en forma precisa en la tubería.
- Venas enderezadoras: instrumento a ser insertado en la sección anterior para reducir turbulencia.
- Manómetros para medir las presiones aguas arriba y aguas debajo de la placa de orificio.

El tubo medidor

En este tubo se instala la placa de orificio, consiste en una sección recta de tubería de cierta longitud. El tubo medidor consiste de una sección aguas arriba y otra sección aguas abajo. Para obtener una medición exacta de gas se debe tener presente que es importante la instalación inicial y para esto se debe considerar lo siguiente:

- Las paredes internas del tubo deben ser lo más lisas posible.
- No debe permitirse estrías o picaduras sobresaliendo de las costuras, rayaduras o irregularidades.

No deben haber interrupciones ni curvas a los lados de la placa orificio y evitar las instalaciones de válvulas, ya que todo esto provocaría turbulencia o perturbaciones de flujo.

El factor que determina la longitud de la tubería recta y lisa que se necesita en el tubo medidor, aguas arriba y aguas debajo de la placa orificio, se denomina *Razón Beta*. La Razón Beta es el diámetro del orificio (d) dividido para el diámetro del tubo (D) medidor; $\beta = (d/D)$.

Soporte de las placas de orificio

Se tienen tres tipos de soportes:

1. Bridas de orificio.
2. Conexiones júnior.
3. Conexiones senior.

Bridas de Orificio.- Son las más usadas y consisten en dos bridas donde se coloca el orificio, diseñadas para diferentes rangos de presión de trabajo de acuerdo a las normas ANSI. Las desventajas de estas bridas son que, al momento de sacar el orificio existe dificultad al existir un espaciado muy

reducido entre las bridas y se debe interrumpir el flujo de fluidos si no se dispone de un By-pass.

Conexión Júnior.- Sistema similar a las bridas ya que vienen soldadas al tubo medidor pero con la diferencia que tiene una cámara donde se centra el plato orificio y tiene una tapa que se la puede sacar para cambiar el orificio. Pero igual que en la conexión de bridas, la desventaja si no se tiene un By-pass es que se debe parar el flujo para cambiar el plato orificio.

Conexión Senior.- También conocida como conexión castillo, viene soldada al tubo medidor pero es más versátil que la Júnior ya que incluye un canal de desviación que permite sacar el orificio sin cortar el flujo de gas.

Registrador de Presión Diferencial

Es utilizado para detectar y registrar la presión diferencial mediante las señales que recibe antes y después del orificio, generalmente se emplea un rango de 100" de agua. Como dato adicional 1 psig = 27.7" de agua.

Al medidor siempre deben entrar dos lecturas de presión para evitar que los fuelles se rompan en el caso de ingresar solo una medida de presión; de entrar una sola lectura se obtendrían datos erróneos o falsas lecturas. A estos registradores se les denomina medidores Barton ver fotografía 2.1.

Para la instalación de estos medidores se usa tubería de 3/8". La conexión de la línea que se encuentra aguas arriba del orificio se debe conectar en el lado del manifold conectado en HP (alta presión) y la conexión aguas abajo del orificio se le debe conectar en el manifold del instrumento que conecta con LP (baja presión).

Tipos de Cartas

Se tienen dos tipos de cartas: lineales y cuadráticas.

Lineales.- También conocidas como Standard; miden directamente la presión diferencial en pulgadas de agua y la presión estática en psia. Ver fotografía 2.2.

Cuadráticas.- La grafica que registra la carta es la raíz cuadrada de la lectura. Se diseñó así para simplificar los cálculos, pues no es necesario sacar la raíz cuadrada del producto de los dos valores necesarios para el cálculo del volumen del gas. Las lecturas de la grafica cuadrática relacionan las presiones de la siguiente manera:

$$P_e = \frac{L_e^2 * R_e}{100}; \quad P_d = \frac{L_d^2 * R_e}{100}$$

Donde:

Pe= Presión estática, psia.

Pd= Presión diferencial, pulgadas de agua.

Le, Ld= Lectura estática y lectura diferencial.

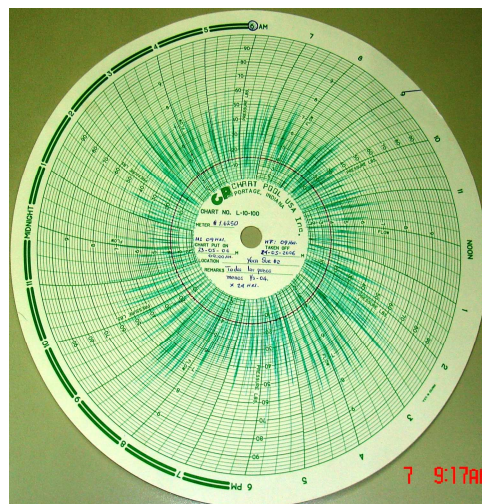
Re, Rd= Rangos de presión de los elementos de presión estática y diferenciales, iguales a 100 psi y 100 pulgadas de agua, respectivamente, para el Barton instalado en la estación Pindo.

FOTOGRAFÍAS DE LOS MEDIDORES DE GAS EN LAS ESTACIONES

Fotografía 2.1 Registrador ITT Barton.
Estación Yuca Sur 02



Fotografía 2.2 Carta lineal de medición.



Fotografía 2.3 Medidor Floboos. Estación
Palanda en línea de gas separador.



Fotografía 2.4 Portador de Placa Orificio Marca Daniel.
Estación Yuca Sur 02



2.2.7 MEDICION DE GAS EN LA ESTACIÓN PINDO Y PALANDA – YUCA SUR

2.2.7.1 MEDICIÓN DEL GAS EN LOS POZOS Y EN LOS SEPARADORES

Estación Pindo

En este campo existen dos puntos donde se mide el caudal de gas producido. El primer punto de medición se lo realiza en el separador de prueba, en donde se puede medir el potencial de producción de cada pozo, tanto en petróleo como en gas. La medición de gas se la efectúa con placas de orificio para cada pozo mediante el registro de las presiones diferencial en cartas Barton, ver tabla, 2.15; pero para poder efectuar el balance de gas, se debe realizar otra medición a la salida de la bota de gas.

Actualmente se aprovecha el gas que sale de los separadores a través de la tubería que es regulado por una válvula de control. El gas que se envía a los quemadores por intermedio de la bota del tanque de lavado, es el volumen que se aprovechará para incrementar la generación eléctrica de acuerdo al volumen a captarse a baja presión. La medición de este volumen de gas permitirá tener datos más reales en el balance de gas.

Tabla 2.15 Medición de Gas en el separador de prueba Campo Pindo

GAS CALCULADO EN EL SEPARADOR DE PRUEBA										
FECHA	POZO	TIEMPO PRUEBA (HRS)	PS (PSI)	PD (PSI)	ORIFICIO (PLG)	CTE	BPPD	CAUDAL (MPCPD)	GOR	BSW
21 - Abril - 06	PINDO 01	6	6,80	5,00	0,50	1,206	330,0	41,00	124,25	38%
22 - Abril -06	PINDO 05	7	7	3,3	0,5	1,206	269,0	27,86	103,56	58%
25 - Abril - 06	PINDO 04	12	2,00	6,70	0,50	1,206	223,0	16,16	72,47	87%
11 - Mayo - 06	PINDO 06	8	7,90	3,50	0,75	2,714	396,0	75,04	189,50	82%
11 - Mayo - 06	PINDO 07	5	6,90	4,00	0,75	2,714	270,0	74,91	277,43	74%
17 - Abril - 06	PINDO 09	6	7,00	3,00	0,50	1,206	424,0	25,33	59,73	60%
30 - Abril - 06	PINDO 11	7	6,80	4,50	0,75	2,71	769,0	83,05	107,99	58%
09 - Mayo - 06	PINDO 12	5	2	6,8	0,5	1,206	146,0	16,40	112,34	90%
10 - Mayo - 06	PINDO ESTE 01	5	3,2	6,5	0,5	1,206	295,0	25,08	85,03	47%
TOTAL							3.122,0	384,83	123,26	
PROMEDIO										67%

Elaborado por: Alicia Rodríguez E

Estación Palanda

En este campo no se tiene separador de prueba, pero se pudo medir la cantidad de gas por cada pozo mediante el método de segregación por pozo; es decir, se retira un pozo del total que ingresan al separador, se efectúa la medición total de gas y se resta del pozo no incluido. La medida se la efectúa a la salida del separador de producción, donde se encuentra instalado un medidor Floboos; ver tabla 2.16 y fotografía 2.3.

Para este campo también se debe medir el volumen de la bota de gas del tanque de lavado para poder realizar el balance total de gas con datos que se aproximen a los valores reales de producción de gas en la estación.

Tabla 2.16 Medición de Gas en cada pozo por segregación

GAS MEDIDO EN CADA POZO				
POZO	ARENA	BPPD	MPC/DIA	GOR
PAL 01	U	165,0	15	90,909
PAL 02				
PAL 04	T	367,5	35	95,238
PAL 07	T	119,0	8	74,421
PAL 12	H sup	168,0	NR	
YUCA SUR 12	T	658,3	62	94,177
YUCA SUR 14	T	616,2	60	97,371
TOTAL		2094,033	180	452,116
PROMEDIO				90,4232

Elaborado por: Alicia Rodríguez E

Los datos del GOR calculados por segregación y que constan en la tabla 2.16, son para cada arena de cada pozo. Pero en la tabla 2.17, los datos son del gas total medidos en el separador; sin embargo, para los cálculos de reservas de gas se utilizará el GOR calculado con los datos de todos los pozos Palanda ya que a esta estación llegan dos pozos Yuca Sur que estarían fuera de la estructura de Palanda para los cálculos de reservas.

Tabla 2.17 Medición de Gas Total a la salida del separador de producción

GAS MEDIDO SALIDA DEL SEPARADOR			
FECHA	MPC/DIA EN EL SEPARADOR	BPPD	GOR
Octubre 2005	148,710	1583.3	202,790
Noviembre 2005	159,667	1732,0	226,497
Diciembre 2005	177,677	2069,0	234,214
Enero 2005	181,960	2003,0	258,764
Febrero 2005	183,632	1923,0	263,113
Marzo 2005	182,680	1954,0	316,702
PROMEDIO	172,388	1877,4	91,82
PROMEDIO SOLO POZOS PALANDA	57,40	696,00	82,5

Fuente: Reportes de Actividad y Producción - FORECAST
Elaborado por: Alicia Rodríguez E

Sub-Estación Yuca Sur II

Esta sub-estación se caracteriza por mantener únicamente tanques de almacenamiento de fluido como una estación de tránsito; sin embargo, se puede aprovechar el gas que producen los pozos para la generación eléctrica. Para este objetivo se procedió a efectuar mediciones de gas a través de la línea que sale de la bota, en donde se colocó un medidor Daniel de placas de orificio equipado con un registrador Barton para determinar los volúmenes que aporta cada pozo empleando el método de segregación; en la tabla 2.18 constan las constantes de las placas orificio usadas y en la tabla 2.19 se puede observar las medidas de gas registradas.

Tabla 2.18 Constantes Utilizadas

ORIFICIO	CONSTANTES	CONSTAN "K"
0,250	12,68	0,304
0,500	50,23	1,206
0,750	113,08	2,714
1,000	201,99	4,848
1,250	317,45	7,619
1,500	460,8	11,059
1,625	547,09	13,130
1,875	737,85	30,744
2000,0	819,2	34,133

Fuente PSPR

Tabla 2.19 Gas medido en la línea de gas a la salida de la bota

GAS CALCULADO CON CARTAS MAS REPRESENTATIVAS DEL CAMPO YUCA SUR																
FECHA	POZO	TIEMPO PRUEBA (HRS)	PS (PSI)	PD (PSI)	ORIFICIO (PLG)	CTE	BPPD	VOL (MPCPD)	GOR	POZO EN PRUEBA	GAS POZO MPCD	BPPD	GOR	BSW	ARENA	TIEMPO PRUEBA HRS
23-24-Mayo-06	TODOS	24	3,80	4,45	1,625	13,130	1.077,00	222	206,15	NINGUNO	-	-	-	-	-	-
24-25-Mayo-06	TODOS		3,80	7,70	1,250	7,619		223		YUCA SUR 15	30	176	170,9	84%	U	4
24-25-Mayo-06	TODOS		3,80	7,50	1,250	7,619		217		YUCA SUR 11	36	244	147,0	80%	U	4
24-25-Mayo-06	TODOS		3,80	5,90	1,250	7,619		171		YUCA SUR 01	82	298	275,8	83%	Hs	4
24-25-Mayo-06	TODOS		3,80	7,70	1,250	7,619		223		YUCA SUR 02	30	184	163,4	40%	U+T	4
24-25-Mayo-06	TODOS		3,80	7,10	1,250	7,619		206		YUCA SUR 13	47	177	268,0	90%	U	4
TOTAL											226	1079	209,1			
PROMEDIO														75%		

Elaborado por: Alicia Rodriguez E.

Tabla 2.20 Cálculo del GOR Total para Yuca Sur

GOR CALCULADO CON TODOS LOS POZOS YUCA SUR	
Gas Total MPCPD (Más los pozos YS-12 y YS-14)	337
BPPD	2416
GOR	139,50

2.2.7.2 MEDICIÓN DE GAS EN LAS BOTAS DE LOS CAMPOS

Pindo

La medición del gas de la bota se la efectuó con un medidor tipo Daniel con una placa orificio específica y un registrador Barton en la línea de la bota al mechero; ver tabla 2.21. El volumen de gas medido en la bota es relativamente mínimo comparado con el volumen de gas medido a la salida del separador; esto debido a que una parte de los gases livianos se desprenden en el separador y es una fracción del volumen del gas de los pozos que son liberados en una segunda instancia por diferencial de presión. Por otro lado, las condiciones que existen en la bota son diferentes a las del separador, ya que al salir el gas de la bota la presión es alrededor de 15 a 16 psia, comparada con la presión de trabajo del separador que esta entre 30 – 45 psia; la temperatura también es otro parámetro que cambia pero en un porcentaje mucho menor estando la temperatura en la bota entre 100 a 110 °F y en el separador la temperatura de trabajo es alrededor de 110 a 125 °F.

Tabla 2.21 Gas medido en la línea de gas a la salida de la bota

ESTACIÓN PINDO						
FECHA	TIEMPO DE PRUEBA (Hrs)	PS	PD	ORIFICIO (PLG)	CTE	VOL (MPCPD)
6-7 JULIO 2006	16	3,6	7	0,75	2,714	68,39
7-8 JULIO 2006	24	3,6	8	0,75	2,714	78,16
8-9 JULIO 2006	23	3,6	7,5	0,75	2,714	73,28
PROMEDIO						73,28

Elaborado por: Alicia Rodríguez E.

Con los datos adicionales del gas de la bota se puede calcular un GOR más aproximado, y así poder calcular las reservas de gas más real. En la tabla 2.22 se muestra el cálculo del GOR.

Tabla 2.22 Cálculo del GOR

ESTACIÓN PINDO	
Volumen de Gas en Separador (MPCPD)	384,83
Volumen de Gas en la Bota (MPCPD)	73,28 menos 20% Pindo 14* = 58,624
Total Gas	443,454
Producción BPPD promedio	3122
GOR	142,042

Elaborado por: Alicia Rodríguez E.

* Pindo 14 recién perforado.

Palanda

Para determinar el volumen de gas obtenido en la bota se requirió efectuar una relación en porcentaje con el volumen de gas separado en la bota de la Estación Pindo (Ver tablas 2.23 y 2.24), ya que en Palanda no se dispone de las facilidades necesarias para poder medir el gas y a la bota de gas concurren, a más del fluido de los pozos de esta estación, los fluidos de la Sub – Estación Yuca Sur 02, y por ende, el gas que se libera en dicha bota es una mezcla que no se la puede diferenciar por carecer de facilidades para este fin (ver Anexo 3.3, Diagrama de la Estación Palanda).

Tabla 2.23 Relación de volúmenes para cálculo de Gas en Palanda

ESTACIÓN PINDO		ESTACIÓN PALANDA	
Gas medido en Separador.	384,83	Gas medido en Separador.	57,40
Producción de Crudo Promedio.	3.122,0	Producción de Crudo Promedio.	696
Gas Medido en la Bota	58,624	Gas Medido en la Bota	8,74
RELACION	15,234 %	RELACION	15,234%

Elaborado por: Alicia Rodríguez E.

Tabla 2.24 Cálculo del GOR

ESTACIÓN PALANDA	
Volumen de Gas en Separador (MPCPD)	57,40
Volumen de Gas en la Bota (MPCPD)	8,74
Total Gas	66,14
Producción BPPD promedio	696
GOR	95,03

Elaborado por: Alicia Rodríguez E.

2.2.8 DETERMINACIÓN DE LAS RESERVAS DE GAS DE LOS CAMPOS PINDO, PALANDA Y YUCA SUR 02

2.2.8.1 CAMPO PINDO

- Empleando los datos (GOR) más aproximados, de las mediciones de gas que serían la relación gas - petróleo calculada con la sumatoria del gas obtenido en el separador y la bota de gas, dividido entre la producción de petróleo; se obtienen datos más reales:

Reservas Remanentes de Gas = Reservas Remanentes de oil * GOR

$$\text{Reservas Remanentes de Gas} = 4'395.980 \text{ BF} * 142,04 \text{ PC/BF}$$

$$\text{Reservas Remanentes de Gas} = 624,4 \text{ MMPC}$$

2.2.8.2 CAMPO PALANDA

- Empleando los datos (GOR) más aproximados, de las mediciones de gas que serían la relación gas petróleo calculada con la sumatoria del gas obtenido en el separador y en la bota de gas, dividido entre la producción de petróleo; se obtienen datos más reales:

Reservas Remanentes de Gas = Reservas Remanentes de oil * GOR

$$\text{Reservas Remanentes de Gas} = 760.083 \text{ BF} * 95,03 \text{ PC/BF}$$

$$\text{Reservas Remanentes de Gas} = 72,23 \text{ MMPC}$$

2.2.8.3 CAMPO YUCA SUR

- Empleando los datos (GOR) obtenidos en la bota de gas, se tiene la siguiente reserva de gas:

Reservas Remanentes de Gas = Reservas Remanentes de oil * GOR

Reservas Remanentes de Gas = 2'821.807 BF * 139,5 PC/BF

Reservas Remanentes de Gas= 393,64 MMPC

2.3 CARACTERIZACIÓN DEL GAS PRODUCIDO EN LOS CAMPOS

La composición del gas producido se obtiene mediante cromatografías de gas de muestras tomadas en los campos. Estas muestras de gas se las toma en los puntos que presentan mayor facilidad operativa para su colección (salida del separador o bota de gas) o, en su defecto, en los puntos donde se pretende consumir el gas.

2.3.1 CROMATOGRAFIA DE GASES

Para el diseño de los generadores es necesario conocer, en especial, el porcentaje en fracción molar de Metano y su poder calorífico, así como ciertas propiedades de los gases producidos en los campos tales como: composición del gas, gravedad específica, compresibilidad del gas, viscosidad del gas, desviación del gas real, calor específico, presión y temperatura de flujo, octanaje, valor calorífico, presión y temperatura pseudo crítica, peso molecular del gas, contenido de agua, contenido de líquido y gas.

2.3.1.1 DEFINICIÓN Y SUS FASES

La cromatografía es un método físico de separación basado en la distribución de la muestra entre dos fases. Una fase es el lecho estacionario de extensa superficie empacada apretadamente dentro de una columna. Esta es la fase estacionaria y puede ser un sólido o una delgada película líquida que recubre al sólido. La otra fase consiste en un gas o líquido que percola sobre la fase estacionaria y alrededor de la misma. Esta fase se denomina fase móvil.

Al tener como fase móvil al gas hablamos de una cromatografía de gases.

La fase estacionaria puede ser un sólido o un líquido dispuesto sobre un sólido que actúa como soporte, y la fase móvil es un fluido (gas, líquido o fluido supercrítico) que se usa como portador de la mezcla.

En la cromatografía de gases a la fase móvil se la denomina gas portador, por ser un gas inerte y cumplir con la función de transportar las moléculas de la muestra tomada a través de la columna. La concentración diferencial sobre la superficie sólida es la base para la separación en la CGS (Cromatografía de Gas Sólido), siendo esta utilizada fundamentalmente para la separación de los gases ligeros.

Dentro de los elementos a separar se considera a los líquidos orgánicos de alto punto de ebullición que constituyen la fase estacionaria en la CLG (Cromatografía de Líquido Gas). Ahora, la fase líquida al extenderse forma una película delgada sobre un sólido inerte llamado soporte sólido. La base para la separación es la división de la muestra dentro o fuera de esta película líquida. Si se obtiene una muestra que es más soluble en la parte líquida, estas muestras permanecen menos tiempo en el gas portador en movimiento y a la vez este se desplaza con más lentitud a través de la columna.

La fase estacionaria está empacada dentro de la columna, la muestra se añade a la columna y el gas puro que actúa de portador fluye continuamente (elusión).

Se produce un equilibrio de las moléculas de la muestra entre el gas portador y la fase orgánica líquida.

Esta técnica de la elusión tiene la ventaja de que los picos de la muestra se dan redondeados por un gas portador puro y cuando se concluye el análisis; la columna queda lista para otra muestra.

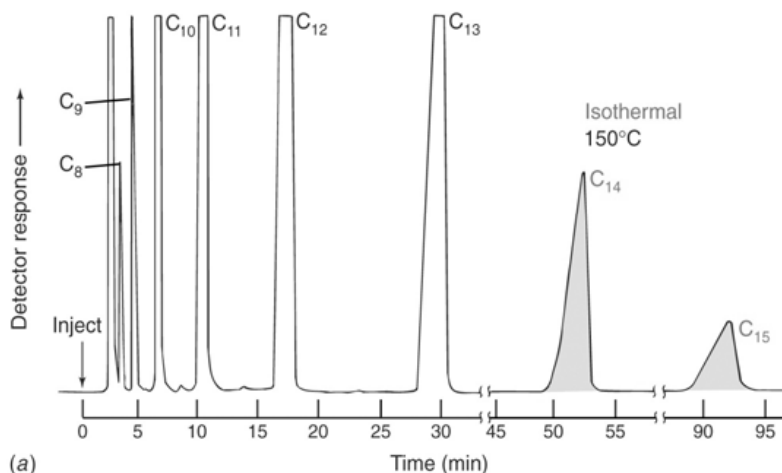


Figura 2.1 Cromatograma

Un cromatograma es el resultado gráfico del análisis de una muestra de gas, donde se muestran los componentes y el grado de concentración que estaban presentes en determinado tiempo (ver figura 2.1). Cuando de la columna sale o se obtiene solo el gas portador que fue utilizado como eluyente, aparecerá graficada una línea recta llamada línea base. Cuando se eluyen los picos de dicha muestra se empieza a dibujar un perfil de su concentración y así se obtienen dos parámetros indispensables: el tiempo de retención y el área del pico.

Tiempo de retención: (t_R) se denomina al tiempo transcurrido desde la inyección de la muestra hasta que se obtiene el máximo pico. Este tiempo permite identificar picos que en ciertas ocasiones controladas, pueden ser reproducibles.

Área de Pico: permite determinar la concentración de cada componente separado en la columna.

2.3.1.2 INSTRUMENTAL PARA CROMATOGRAFIA DE GASES

Las partes básicas de un cromatógrafo son:

1. Cilindro de gas portador.
2. Control de caudal de gas.
3. Entrada de la muestra.

4. Termostato de la columna.
5. Columna.
6. Detector.
7. Registro gráfico.

Ver figura 2.2, donde consta un diagrama de un cromatógrafo de gas.

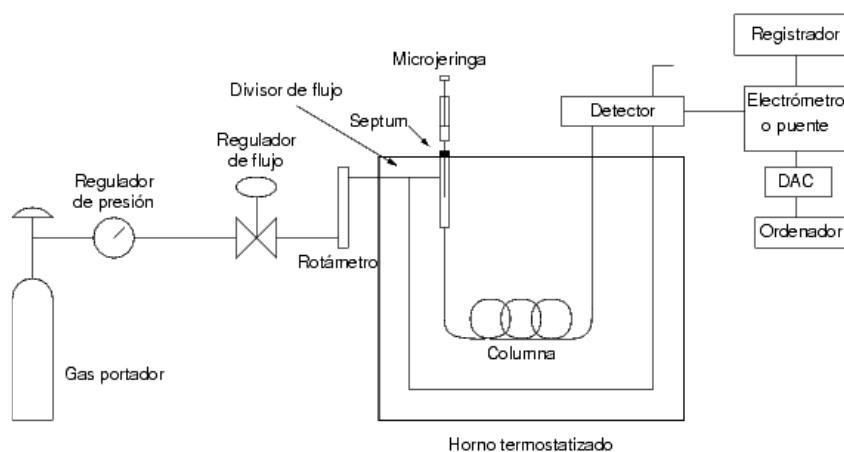


Figura 2.2 Diagrama de un Cromatógrafo de gas

El gas portador inerte (helio o nitrógeno) fluye continuamente desde un cilindro de gas a través de la cámara de inyección, de la columna y del detector. El caudal de gas portador se controla cuidadosamente para obtener tiempos de retención reproducibles y disminuir al mínimo la deriva y los ruidos del detector.

La muestra se inyecta en la cámara de inyección donde es arrastrada hacia la columna. La muestra se reparte entre el gas portador y la fase estacionaria, separándose en cada uno de sus componentes. Los componentes de la muestra que tengan mayor solubilidad a la fase estacionaria se desplazan con más lentitud y se eluyen mucho después en la columna.

Después de la columna, tanto el gas portador como la muestra, pasan a través de un detector. Este dispositivo mide la concentración de la muestra y genera una señal eléctrica. Esta señal pasa a un registrador gráfico, en el cual configura un cromatograma. Un procesador de datos integra automáticamente el área del pico e imprime resultados cuantitativos y los tiempos de retención.

Muestreo

Dentro de las normas para realizar el muestreo se tiene la ASTM D 241; norma que establece el procedimiento para la extracción de las muestras de los diferentes tipos de gas natural.

Equipos y Materiales

Los envases destinados a contener muestras deben reunir las siguientes características:

- Ser de un material que garantice la máxima protección, seguridad y sea resistente a la corrosión.
- Tener la forma y capacidad adecuada para contener las muestras.
- Estar provisto de dos válvulas y de un tubo interior que sea prolongación de las mismas.

Si las muestras a ensayarse contienen compuestos corrosivos o sulfurados, los envases para extraerlas deberán ser de acero inoxidable y equipados con válvulas del mismo material; de otra manera, la determinación de mercaptanos y sulfuro de hidrogeno puede resultar errónea.

Procedimiento

Según la norma, se debe seguir el siguiente procedimiento:

- Conectar el porta muestra (vertical) al separador o tubería de gas por medio de un acople de tubería que va unido al cilindro.
- Se abre la llave de salida del gas en la tubería, luego la válvula de entrada al cilindro y por último la válvula de salida, que es la encargada de purgar el cilindro.
- Purgar el cilindro de dos a cinco veces.

- Se procede a cerrar la válvula en forma inversa a la que se inicio el muestreo.
- Registrar la presión y temperatura con que se tomaron las muestras.

Revisión de Fugas

Para revisar si existen fugas, se debe sumergir en agua el envase y observar si existen fugas de gas; si existen fugas de gas se debe rechazar la muestra y hacer los ajustes necesarios para volver a tomar la muestra siguiendo los pasos anteriormente descritos.

Condiciones posteriores al muestreo

Los recipientes con las muestras recogidas se deben sellar y llenarse una tarjeta de identificación. Las válvulas del envase deben estar aseguradas con un casquete u otro dispositivo adecuado para evitar desajustes o que sean abiertas accidentalmente.

2.3.2 RESULTADOS DE LAS CROMATOGRAFÍAS

Los resultados con las fracciones molares para los campos Pindo, Palanda y Yuca Sur 02 se presentan en las tablas 2.25, 2.26 y 2.27.

Campo Pindo

Tabla 2.25 Resultado de la Cromatografía para Pindo.

ANÁLISIS CROMATOGRÁFICO DE GASES	
	Fracción o % Molar
NITROGENO (N ₂)	3,090
DIOXIDO DE CARBONO (CO ₂)	4,300
SULFURO DE HIDROGENO (H ₂ S)	0,010
METANO (C ₁)	61,390
ETHANO (C ₂)	9,880
PROPANO (C ₃)	12,920
I-BUTANO (I-C ₄)	2,200
N-BUTANO (N-C ₄)	4,000
I-PENTANO (I-C ₅)	1,250
N-PENTANO (N-C ₅)	0,970
TOTAL	100

Elaborado por: Alicia Rodriguez E.

Campo Palanda

Tabla 2.26 Resultado de la Cromatografía para Palanda.

ANÁLISIS CROMATOGRÁFICO DE GASES	
	Fracción o % Molar
NITROGENO (N ₂)	3,220
DIOXIDO DE CARBONO (CO ₂)	5,570
SULFURO DE HIDROGENO (H ₂ S)	*
METANO (C ₁)	47,960
ETHANO (C ₂)	10,440
PROPANO (C ₃)	19,280
I-BUTANO (I-C ₄)	3,680
N-BUTANO (N-C ₄)	6,65
I-PENTANO (I-C ₅)	1,680
N-PENTANO (N-C ₅)	1,520
TOTAL	100

Elaborado por: Alicia Rodriguez E.

*Campo Yuca Sur II***Tabla 2.27** Resultado de la Cromatografía para Yuca Sur.

ANÁLISIS CROMATOGRÁFICO DE GASES	
	Fracción o % Molar
NITROGENO (N ₂)	3,030
DIOXIDO DE CARBONO (CO ₂)	6,540
SULFURO DE HIDROGENO (H ₂ S)	*
METANO (C ₁)	48,380
ETHANO (C ₂)	9,040
PROPANO (C ₃)	16,920
I-BUTANO (I-C ₄)	4,450
N-BUTANO (N-C ₄)	6,970
I-PENTANO (I-C ₅)	2,610
N-PENTANO (N-C ₅)	2,060
TOTAL	100

Elaborado por: Alicia Rodríguez E.

Del análisis de la composición de las muestras de gas de los campos Pindo, Palanda y Yuca Sur 02 se observa que contienen gas ácido por la existencia de dióxido de carbono, aunque en una cantidad relativamente baja. Por otro lado el contenido de metano es considerable, por lo que es un gas apto para utilizarlo como combustible.

2.3.3 CONSTANTES FÍSICO QUIMICAS DEL GAS DE PINDO, PALANDA Y YUCA SUR 02

En la tabla 2.28 se resumen las principales propiedades que caracterizan el gas de los campos en estudio.

Tabla 2.28 Resultado de las Propiedades del Gas de los Campos.

CONSTANTES FÍSICO-QUÍMICAS DEL GAS NATURAL DE LOS CAMPOS			
PROPIEDAD	PINDO	PALANDA	YUCA SUR
Peso Molecular, lb/mol	26,473	30,991	31,666
Gravedad Específica	0,914	1,070	1,094
Presión de flujo, psia	39,700	54,700	24,700
Temperatura de flujo, °F	114,000	108,000	110,000
Presión Crítica, psia	655,982	649,910	649,417
Temperatura Crítica, R	440,533	485,043	487,295
Factor Compresibilidad	2,543E - 02	1863E - 02	4,083E - 02
Viscosidad, cp	0,0106	0,010	0,0099
k=cp/cv	1,200	1,175	1,172
Número Octano	103,595	98,751	97,758
Poder Calórico Bruto, btu/scf	1410,716	1618,917	1633,276
Poder Calórico Neto, btu/scf	1285,807	1480,564	1494,230
Desviación del Gas Real	0,991	0,982	0,992

Elaborado por: Alicia Rodríguez E.

Fuente: Laboratorio del Complejo Industrial Shushufindi.

2.3.4 CONTENIDO DE H₂S Y CO₂

La cantidad de dióxido de carbono tiene una relación inversa con el poder calórico neto, de tal manera que si se tiene un porcentaje elevado de CO₂ será un indicativo de que el gas tiene un poder calórico neto bajo, mientras que si se tiene una baja concentración de CO₂ se puede considerar un alto poder calórico neto. Por lo tanto, se dice que un gas mientras más alto poder calórico neto tenga se le considera bueno, ya que cuando hablamos de poder calórico decimos que es la energía que un gas puede dar por pie cúbico. En el caso del gas de los campos en estudio se puede observar que existe una mínima cantidad de CO₂; por lo tanto, tiene un alto poder calórico neto.

Mientras un gas tenga cantidades significativas de H₂S (Sulfuro de Hidrogeno) se le considera un gas Agrio. Es un gas dulce si está exento de H₂S. Y, se le suele denominar gas ácido al Sulfuro de Hidrógeno y al anhídrido carbónico; en los campos objeto del presente estudio se registro valores solo en el campo Pindo, mientras que en Palanda y Yuca Sur no se registro ningún valor; de esta manera se puede asegurar que el gas de los campos Pindo, Palanda y Yuca Sur es un gas ácido.

CAPITULO III

DISEÑO DE LAS FACILIDADES DE SUPERFICIE PARA CAPTACIÓN, TRANSPORTE Y USO DEL GAS

3.1 INTRODUCCIÓN

El gas natural tiene diversas aplicaciones en la industria, el comercio, la generación eléctrica, el sector residencial y el transporte de personas. Ofrece grandes ventajas en procesos industriales donde se requiere de ambientes limpios, procesos controlados y combustibles de alta calidad, confiabilidad y eficiencia; además de la optimización de costos operativos. Una de las ventajas de este tipo de generación eléctrica con respecto a otras es la continuidad de suministro del gas.

El gas de los campos antes de ser usado para generación eléctrica debe cumplir ciertos parámetros o condiciones, es decir, debe pasar por un proceso de deshidratación y secado con lo cual se garantiza un gas confiable para los procesos de combustión en los motores que se vayan a utilizar.

Para poder describir las actividades, procesos, operaciones y realizar el diseño de las instalaciones de superficie es preciso describir las facilidades de producción de los Campos.

3.2 FACILIDADES DE PRODUCCIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES DE PRODUCCIÓN

3.2.1 ESTACION PINDO

Este campo tiene las facilidades requeridas de acuerdo a las necesidades que han ido dándose a lo largo de la vida productiva del campo. Al momento se tiene

el diseño de las facilidades para una producción de 15.000 BPPD según datos del Plan de Desarrollo.

Las instalaciones con que cuenta el Campo son: el equipo de subsuelo para levantamiento artificial BES en los pozos Pindo 04, 06, 07, 09, 11, 12 y Pindo Este 01; Bombeo Hidráulico en los pozos Pindo 01 y 05; y, elementos de subsuelo para los pozos reinyectores Pindo 02 y 03. Y, en superficie se tienen los cabezales de los pozos indicados. Dependiendo del tipo de levantamiento, se tienen diferentes equipos de superficie en las plataformas de los pozos del campo Pindo, así como la estación de recolección, tratamiento y transferencia de crudo; y el oleoducto secundario de Pindo hasta la estación Auca Central.

El crudo producido de los pozos llega a un manifold en la estación que da facilidad para distribuir el crudo a una separación de gas y petróleo primaria por liberación instantánea, ya sea en el separador bifásico de prueba de 10.000 Bls de capacidad o en el separador bifásico de producción de 20.000 Bls de capacidad. El crudo obtenido de estos separadores es dirigido hacia la bota donde se cumple con una recuperación secundaria por liberación diferencial; luego el crudo es dirigido al wash tank cumpliéndose una tercera etapa de liberación por densidad donde el agua es decantada y el crudo es transferido al surge tank para luego mediante bombas de transferencia enviarlo a la línea del oleoducto secundario de 12 3/4" hasta que se conecta a la línea de la Estación Auca Central. Ver anexo 3.2 Diagrama de la Estación Pindo.

En lo que concierne al gas obtenido a partir del separador, éste pasa por un proceso de deshidratación a través de un scrubber y un proceso de secado a través de filtros para obtener un gas completamente limpio y seco con el objetivo de cumplir con los requerimientos técnicos del generador a gas Waukesha, que aprovecha unos 150 a 180 MSCFD y el remanente es quemado en dos mecheros. El gas que se obtiene en la bota es directamente dirigido al tercer mechero para que sea quemado.

En la parte del sistema de generación eléctrica se cuenta con un generador Waukesha - 920 Kw que consume diariamente al rededor de 130 y 150 MPC de gas (Ver Anexo 3.5, Datos eléctricos del generador Waukesha) y que abastece demanda de energía eléctrica al campamento, Bombeo del crudo, sistema de reinyección de agua y alimentación eléctrica a los pozos Pindo 01 y Pindo 05; además, de respaldo se tiene un generador a diesel CATERPILAR 3412 - 725 Kw que se lo utiliza cuando el generador a gas (Waukesha) sale de funcionamiento. Ver anexo 3.1, Fotografías de la Estación Pindo.

3.2.2 ESTACIÓN PALANDA

La Estación Palanda cuenta con las facilidades requeridas de acuerdo a las necesidades que se han ido presentando para su normal funcionamiento, con una capacidad de 10.000 barriles de almacenamiento de crudo en cada uno de sus tanques.

Las instalaciones con que cuenta este campo son: el equipo de subsuelo para levantamiento artificial BES en los pozos Palanda 01, 02, 04, 07 y 12; Bombeo Hidráulico en el pozo Palanda 01; y, elementos de subsuelo para los pozos reinyectores Palanda 03 y 05. En la superficie se tienen los cabezales de los pozos. Dependiendo del tipo de levantamiento, en las plataformas de los pozos se tienen los diferentes equipos de superficie, además de la estación de recolección, tratamiento y transferencia de crudo y el oleoducto secundario de Palanda hasta la estación Yuca Central.

El crudo producido de los pozos llega a un manifold que direcciona el crudo al separador bifásico de producción de 8.000 Bls de capacidad para la separación del crudo y el gas por liberación instantánea, el crudo obtenido en el separador es conducido hacia la bota en donde se da una liberación diferencial; luego, este crudo pasa al wash tank cumpliéndose una tercera etapa de liberación por densidad donde el agua es decantada y el crudo es transferido al surge tank para luego, mediante bombas de transferencia, enviar el crudo a línea del oleoducto secundario de 8" hasta que se conecta a la línea de la Estación Yuca Central. Ver anexo 3.3, Diagrama de la Estación Palanda.

El gas obtenido en el separador pasa por un proceso de deshidratación a través de un scrubber y un proceso de secado a través de filtros, para obtener un gas completamente limpio y seco con el objetivo de cumplir con los requerimientos técnicos del generador a gas Waukesha (con las mismas características eléctricas que el generador de la Estación Pindo pero con características de gas diferentes ya que el gas de Palanda tiene una mayor calidad; consumiéndose un volumen menor de gas), las características y composición del gas de los Campos Pindo y Palanda se presentaron en el Capítulo II.

El generador de la Estación Palanda aprovecha unos 120 a 140 MSCFD y el remanente se quema en el mechero. El gas que se obtiene en la bota es dirigido a un segundo mechero para su quema.

Para la generación eléctrica se cuenta con un generador Waukesha de 920 Kw (Ver Anexo 3.5, Datos eléctricos del generador Waukesha) y que abastece la demanda de energía eléctrica al campamento, Bombeo del crudo, sistema de reinyección de agua y alimentación eléctrica a los pozos Yuca Sur 12, 14 y 15. Ver anexo 3.1, Fotografías de la Estación Palanda.

3.2.3 SUB ESTACIÓN YUCA SUR 02

En la Estación Yuca Sur no se dispone de todas las facilidades necesarias para cumplir con una adecuada separación del crudo, gas y agua; es por eso que el crudo es transferido a la Estación Palanda para que se complete dicho proceso.

Las facilidades e instalaciones con las que cuenta la Sub Estación son: en los pozos, el equipo de subsuelo y superficie necesarios para levantamiento artificial BES para los pozos productores Yuca Sur 01, 02, 04, 11, 13 y 15. Es una estación de tránsito que cumple con el papel de almacenar crudo en dos tanques; dispone de un manifold, una bota de gas, dos mecheros para la quema de gas y un sistema de bombas para la transferencia del crudo para la Estación Palanda.

El crudo producido de los pozos llega al manifold que direcciona el crudo a la bota dándose un solo tipo de separación, de liberación diferencial. El crudo luego pasa a los dos tanques de almacenamiento de 3.000 Bls y de 1.500 Bls de capacidad; de estos tanques el crudo se envía mediante bombas de transferencia a la Estación Palanda. Ver anexo 3.4, Diagrama de la Sub Estación Yuca Sur 02.

3.3 DISEÑO DE LAS INSTALACIONES DE SUPERFICIE PARA CADA CAMPO

3.3.1 FUNDAMENTOS PARA EL DISEÑO DE LAS INSTALACIONES

Es fundamental tener un conocimiento de ciertos conceptos básicos sobre el funcionamiento, consideraciones y criterios de la parte mecánica del proyecto. Para ello, en el Anexo 3.6 se presenta la teoría de estos conceptos.

3.3.2 GENERACIÓN ELÉCTRICA

Para un adecuado funcionamiento de los equipos es necesario cumplir con:

- Disponibilidad de combustible (gas), para cada uno de los generadores a ser instalados en las tres estaciones. Combustible que será proporcionado luego del proceso de separación en los separadores y botas de gas de cada estación de producción.

- Disponibilidad de las unidades necesarias para poner en marcha el proyecto.

Luego de ser extraídos los componentes más pesados del gas en el scrubber y en los filtros coalescentes, el gas seco con un alto contenido de Metano, se lo utiliza para la generación eléctrica en las Estaciones.

El proceso de generación eléctrica con Generadores a Gas consta de una máquina motriz (Motor de Combustión Interna WAUKESHA, que utiliza gas natural como combustible) acoplada mecánicamente a un generador eléctrico.

Los diámetros de las líneas de flujo de gas se diseñaran en función de los puertos de entrada y de salida del fluido de los scrubbers y separador. Las distancias entre estos son mínimas para evitar pérdidas significativas de presión; además, las pérdidas de presión son mínimas mediante el control por válvulas de alivio y el control de presión en casos de aumento o disminución del caudal de gas.

3.3.2.1 DISEÑO DE LAS INSTALACIONES PARA LA ESTACIÓN PINDO

Aprovechar el gas que se envía a los tres mecheros, es decir, el que sale de la bota de gas y el que sale de los separadores (se aprovecha para el generador existente y el remanente se quema). El gas remanente sale aproximadamente a presión atmosférica en las teas; para ello se utilizaría un Scrubber para eliminar elementos líquidos, un compresor para poder llegar a la presión requerida; así como los filtros coalescente que se encuentran instalados antes del generador como una última etapa de tratamiento de gas y todos los accesorios para la instalación y ejecución del proyecto.

En la estación se tienen dos sistemas cerrados: un sistema de crudo completamente centralizado y controlado, y un sistema de gas, que se encuentra parcialmente centralizado integrado por el siguiente equipo:

- Bombas horizontales para la reinyección de agua.
- Bomba de transferencia de desplazamiento positivo
- Sistema contra Incendios eléctrico.
- Bombas Booster centrífugas
- Campamento
- Pindo 01
- Pindo 05
- Bombeo Hidráulico

Consideraciones para el Generador

El grupo electrógeno a gas debe tener las características de operación necesarias para acoplarse en paralelo y en forma continua con un Grupo Electrónico a Gas Waukesha y con un Grupo Electrónico Diesel Caterpillar 3412-725kw que se dispone como backup. La potencia necesaria debe ser igual o mayor a lo que se dispone; es decir, de 920 KW.

Se debe garantizar la operación del motor de combustión con el gas combustible cuya composición y características se detallan en el Capítulo II; disponible en una de las salidas de los separadores de petróleo y de la bota de gas.

Todos los equipos a utilizarse deberán ser dimensionados para entregar los valores requeridos bajo condiciones en sitio que se indican a continuación:

Temperatura Ambiente: 40 grados centígrados

Humedad: 80%

Altitud: 300 metros sobre el nivel del mar

Maquina Impulsora

- Combustible: gas
- Capacidad: suficiente para accionar generador eléctrico
- Skid Reforzado
- El control automatizado: que permita realizar despacho económico de carga para control y monitoreo de la generación
- Tipo de trabajo: continuo
- Gobernador: de última tecnología electrónico, propio para sistema de generación de energía eléctrica
- Paneles de control y monitoreo de la máquina impulsora: de última tecnología
- Para la operación y control de los motores eléctricos de equipos auxiliares, se deberá proveer de un tablero para este fin

- Sistema de arranque: eléctrico o neumático
- La emisión de gases y emisión de ruido de la maquina impulsora y sistemas complementarios, debe cumplir con las normas de impacto ambiental
- Deberán considerarse los sistemas modulares, acordes a los requerimientos de la máquina

Generador Eléctrico

- Capacidad en bornes: dentro del rango (1 MW)
- Frecuencia: 60Hz.
- Factor de potencia: 0.8
- Fases: trifásico
- Trabajo: continuo
- Aislamiento: clase F
- Temperatura: Temp. Rise 80°C

En esta Estación de acuerdo a la cantidad de gas que actualmente se quema (293,45 MPCPD) y bajo las condiciones del gas de los pozos que llegan a la estación Pindo y de las necesidades de energía de los equipos de los pozos, los generadores más útiles de entre las propuestas recibidas por varios proveedores de los equipos son:

Generador

Bajo las condiciones del gas de los pozos que llegan a la estación Pindo y de las necesidades de energía de los equipos de los pozos, el generador más útil y conveniente de entre las propuestas recibidas por los proveedores de los equipos es:

- ARCOLANDS propone la siguiente unidad: VHP 7104 GSID 1,2 MW continuos de 1200 RPM, de 30 – 60 psig presión de entrada; con el gas combustible especificado, pistones de baja relación de compresión 8:1 y radiador acoplado al cigüeñal.

Siendo esta opción de generador la más conveniente tomando en cuenta algunos factores como son: facilidad de mantenimiento ya que se tienen equipos de esta misma marca, facilidad de repuestos, costos y estabilidad de equipos. (En el anexo 3.7 se muestra la proforma para este generador).

Compresor

Para el buen rendimiento del generador hace falta cumplir con ciertos requerimientos de presión que el compresor tiene por objeto lograr ya que el gas al salir de las líneas de la bota y del separador al mechero están casi a presión atmosférica; y el generador requiere una determinada presión para su óptimo funcionamiento. Se tienen dos opciones de compresores de entre las propuestas recibidas (Ver Anexo 3.9, Diagrama de las dos expectativas de instalación) que son las siguientes:

OPCIÓN 1: 180 – 250 MSCFD, 0 – 30 PSIG

FLS FUL-VANE CC50, Compresor de una etapa con sistema de enfriamiento rotatorio.

Especificaciones

Tipo: Rotary Sliding Vane
 Fabricante: F.L. Smidth (Fuller) Ful-Vane
 Modelo: Ful-Vane Model: CC50
 Min./Max. RPM: 725/1848

En este compresor puede ir incluido un scrubber de las siguientes características, según el proveedor:

Diámetro (Pulgadas): 12
 Presión de diseño: 50 PSI
 Diámetro de entrada: 4"
 Válvula automática de alivio
 Control de nivel del líquido

OPCIÓN 2: 180 – 250 MSCFD 0 – 30 PSIG / Sidestream 180 MSCFD 30 – 75 PSIG

FLS Ful-Vane CC50 – 60H, Compresor de dos etapas con sistema de enfriamiento rotatorio.

Especificaciones

Tipo: Rotary Sliding Vane
 Fabricante: F.L. Smidth (Fuller) Ful-Vane
 Modelo: Ful-Vane Model: CC50-60H
 Min./Max. RPM: 725 / 1240

En este compresor puede ir incluido un scrubber de las siguientes características, según los proveedores:

Diámetro (Pulgadas): 24
 Presión de diseño: 125 PSI
 Diámetro de entrada: 6”
 Válvula automática de alivio
 Control de nivel del líquido

Estas serían las cotizaciones de los equipos más importantes dadas por los proveedores (Ver Anexo 3.8, Proforma de los compresores), la elección de una de ellas depende de la presión que requiere el generador que se escoja para esta estación, que en este caso es el VHP 7104 GSID 1,2 MW marca Waukesha.

En el anexo 3.10 se puede observar el diagrama a futuro de esta estación.

3.3.2.2 DISEÑO DE LAS INSTALACIONES PARA LA SUB ESTACIÓN YUCA SUR 02

Para este campo el diseño consiste en la implementación de: un separador bifásico de 10.000 Bls, un generador adecuado para esta estación, un scrubber y los filtros necesarios. Actualmente los pozos que producen a la subestación Yuca

Sur 02 fluyen a un manifold y bota de gas con lo cual no se aprovecha la captación del gas producido.

Según la composición y las condiciones físicas y químicas del gas producido en esta Estación se propone el siguiente diseño:

Generador

Bajo las condiciones del gas de los pozos que llegan a la estación Yuca Sur 02 y de las necesidades de energía de los equipos de los pozos, los generadores más útiles de entre las propuestas recibidas por varios proveedores de los equipos son:

- EQUEXPORT INTERNATIONAL INC. Propone una unidad SPECTRUM DETROIT DIESEL GENERATOR Modelo: 800GSW con capacidad de 800 KW / 1.000 KVA a 60 Hz, 277/480 Voltios, 3 fases, 4 cables a 1.800 RPM, a nivel del mar. Este equipo funciona únicamente con GAS NATURAL como combustible; el rendimiento final del equipo depende directamente de la calidad del gas. Para esta potencia el generador requiere 6.670 pies cúbicos de gas por hora como mínimo.
- ARCOLANDS propone una unidad VGF36GSID Natural Gas Generator Set. 560 Kw, a 60 Hz y 480 Voltios, regulador de gas Fisher 66Z, Governor Woodward 2301D con sistema digital de Load sharing y preparado para paralelismo con la red, actuador Woodward EG3P Electro hidráulico. Marca Waukesha.

Para su óptimo funcionamiento requiere de 80 mil pies cúbicos por día de acuerdo al valor calórico neto del gas producido en esta sub estación. Una de las condiciones de este generador es que trabaja con presiones bajas de entre 5 a 10 psig. Se escoge este tipo de generador ya que en la Sub estación la producción del gas es en forma de baches (se tiene gas en alrededor de 1.5 minutos y 1,3 minutos sin gas).

La propuesta más prometedora para este campo es el Modelo VGF36GSID Natural Gas Generator Set. 560 Kw, marca Waukesha; analizado según las necesidades y posibilidades. Ver en el Anexo 3.11 las proformas de estos equipos.

Scrubber

Bajo las condiciones de producción de este campo, está dispuesto el diseño del scrubber; es decir, la producción estimada de fluido por día en función de las próximas perforaciones es de 6.000 BFPD y un volumen estimado de gas de 300 MPCFD; bajo estas condiciones, el diseño del scrubber se detalla en el Anexo 3.12 según los proveedores.

Separador

El diseño del separador para la Estación se realizó en función de la producción de fluido por día del campo y a proyecciones de perforación. La producción de fluido por día es de 6000 barriles y un volumen estimado de gas de 300 MSCFD; por lo que el diseño con rangos de seguridad es de una capacidad de 10.000 BFPD y para un volumen de gas de 1 MMCFD.

Los proveedores de estos equipos sugieren el siguiente diseño:

- **Diseño:** bajo código ASME sección 8 div. 1
- **Capacidad:** 10000 bls
- **Presión de Diseño:** 100 psi
- **Presión de Prueba Hidrostática:** 130 psi
- **Material de Cabezas:** SA 516 gr. 70
- **Material de Cuerpo:** SA 516 gr. 70
- **Boca de Entrada:** 6"
- **Boca de Salida de Líquido:** 6"
- **Válvula de Control de Nivel:** 4" Marca Fisher – Barman

- **Controlador de Nivel:** Fisher L2
- **Válvula de Alivio:** 1 1/2 * 2" Crosby
- **Disco de Ruptura:** 4" rompe a 120 psi
- **Medidor de Gas:** Daniel
- **Termo pozo y Medidor de Temperatura:** Wika
- **Demister:** Con tanque exterior, equipo suministrado por ACS Industries Inc

Dimensiones

Diámetro externo: 1800 mm

Longitud envolvente: 6000 mm

Diseño

Acorde a ASME secc. VIII Div. I Edd. 2004, Add. 2005.

Recipiente presión interna de diseño 175 psig a 250°F

Corrosión Admisible 3 mm cuerpo y tapas

Materiales/Espesores/Características

SA 516 Gr. 70 – Cuerpo, tapas, refuerzos de bocas

A36 – Silletas, internos

A105 – Bridas, ciegos, cplgs

A-106B – Cuellos bocas

A-193B8 – Stud bolts

A-194 8 – Nuts

SS304 – Gaskets

Acabados

INTERNO

Limpieza al grado SSPC-SP10

Una capa de primer phenoline 368 WG a 7 mils (o equivalente)

EXTERNO

Limpieza de grado SSPC-SP10

Una capa de primer CARBOZINC a 11 a 3 mils (o equivalente)

Una capa de intermedio CARBOGUARD 890 a 4 mils (o equivalente)

Una capa de acabado CARBOTHANE 134 HG a 2 mils (o equivalente)

En el Anexo 3.13 se presenta un diagrama del separador a instalarse en la Sub Estación Yuca Sur 02 y en el anexo 3.14 se puede observar el diagrama a futuro de esta estación.

3.3.2.3 DISEÑO DE LAS INSTALACIONES PARA LA ESTACIÓN PALANDA

Al igual que en la Estación Pindo, el sistema planeado inicialmente para esta estación sería el de aprovechar el gas de la bota y el gas restante del separador después de que es aprovechado por el generador Waukesha; estando dicho gas aproximadamente a presión atmosférica antes de salir a la tea para ser quemado. Pero, para esta Estación, las medidas de gas son relativamente bajas con respecto a la Estación Pindo; por lo que para esta Estación se limita a dar ciertas conclusiones y recomendaciones con los datos obtenidos; para el futuro.

CAPITULO IV

GENERACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LOS CAMPOS PINDO, PALANDA – YUCA SUR 02

4.1 INTRODUCCIÓN

En muchos momentos de la vida diaria estamos en contacto con linternas, encendidos de carros, radios portátiles, etc., los cuales utilizan baterías como fuente de Electricidad. Para estos aparatos la energía tomada de la batería es relativa, por lo cual, la batería suministra corriente durante un periodo relativamente largo de tiempo sin necesidad de cargarla. Las baterías trabajan en buenas condiciones cuando alimentan a dispositivos que consumen poca potencia.

La mayor parte de los equipos eléctricos requieren de grandes cantidades de corriente y de tensiones altas para poder funcionar. Por ejemplo, las luces eléctricas y los motores, requieren tensiones e intensidades de corriente mayores que las que puede suministrar una batería común para su normal funcionamiento.

Por esto se requieren fuentes de electricidad que no sean baterías para abastecer grandes cantidades de corriente. Estas grandes cantidades de corriente las suministran más máquinas eléctricas rotativas que reciben el nombre de "generadores". Los generadores pueden suministrar corriente continua y alterna, indistintamente. El generador puede diseñarse para altas o bajas corrientes.

Si faltara la energía eléctrica que producen los generadores, el mundo actual quedaría prácticamente paralizado. Mirando alrededor se puede observar la importancia de la corriente eléctrica que producen los generadores en la actualidad: el sistema de alumbrado, las fábricas y toda la vida industrial está accionada por la corriente eléctrica que producen los generadores. Los generadores son tan importantes en la vida moderna, como el corazón en la vida del organismo humano.

4.2 GENERACIÓN

En el capítulo anterior se presentó el diseño de las instalaciones. Con esos datos se procede a realizar la distribución de la energía de acuerdo a las necesidades de los campos; es decir; hay que considerar el consumo de energía con los generadores CATERPILAR y establecer la capacidad de cada uno de los generadores WAUKESHA a instalarse para proceder a la distribución de la energía eléctrica de la manera más apropiada.

La generación de energía eléctrica en los campos, según este proyecto, estaría instalada de la siguiente manera: en la **Estación Pindo** con un generador a gas Waukesha – VHP 7104 GSID de 1,2 MW adicional al ya existente, en la **Sub Estación Yuca Sur 02** con un generador Waukesha – VGF 36 GSID DE 560 KW y en la **Estación Palanda** trabajar solo con el generador existente ya que la producción de gas es deficiente y no existen suficientes reservas.

Con la generación de estos equipos (a instalarse) se realiza la distribución de energía eléctrica en los dos campos.

4.3 CONDICIONES Y CONSUMO ACTUALES DE ENERGIA ELÉCTRICA DE LOS CAMPOS

4.3.1 CAMPO PINDO

El consumo de energía de los generadores a diesel de cada pozo se presenta en la tabla 4.1; es un referente de la carga medida en los generadores a diesel de los pozos que trabajan con equipos BES.

Tabla 4.1 Consumo Energía en Generadores a Diesel

PINDO					
POZO	EQUIPO	AMP.	VOLT.	CARGA - KW	CARGA HP
PIN - 01	WAUKESHA	Con línea de alta desde la estación Pindo			
PIN - 04	CATERPILAR 3406 - 365	210	480	139,67	187,23
PIN - 05	WAUKESHA/CAT 3408 - 365KW	203	480	135,02	180,99
PIN - 06	CATERPILAR 3412 - 455	348	480	231,45	310,25
PIN - 07, 11	CATERPILAR 3412 - 545	567	480	377,12	505,52
PIN - 9, 12	CATERPILAR 3406 - 365	315	480	209,50	280,83
PIN EST - 01	CATERPILAR 3406 - 365	178	480	118,39	158,70
TOTAL				1.211,15	1.623,52

Elaborado por: Alicia Rodríguez E
Fuente PSP

Cabe destacar que el pozo Pindo 05 funciona con la energía del generador waukesha en condiciones normales de operación de la estación, existiendo dificultad y trabajando con el generador Caterpillar 3408 – 365KW cuando muchas de las veces en la estación se tienen trabajos extras de bombeo. Es por eso que se consideran las necesidades eléctricas de este pozo Pindo 05 para el nuevo generador.

Las características de los equipos BES de este campo se presentan en la tabla 4.2.

Tabla 4.2 Especificaciones de equipos BES

PINDO					
POZO	MODELO BOMBA	MOTOR			
		AMP.	VOLT.	CARGA - KW	CARGA - HP
PIN - 04	P-21	62	2119	164,12	220
PIN - 05	JET – 12K (Fondo)	(Motor de la bomba en Superficie)	-	186,50	250
PIN - 06	GC2200	98	1900	226,78	304
PIN - 07	GC 1150	98	1900	223,80	300
PIN - 11	P-21	98	2370	283,50	380
PIN - 9	FC1200	60	2305	170,10	228
PIN - 12	GC 1700	48	2415	141,70	190
PIN EST - 01	FC 650	48	2415	141,70	190
TOTAL				1.538,20	2.062

Elaborado por: Alicia Rodríguez E
Fuente PSP

De acuerdo a las características del generador a gas Waukesha VHP 7104 GSID 1,2 MW, elegido para este campo, los equipos a ser reemplazados por este son los generadores a diesel de los pozos Pindo 04, 05, 06, 07, 11; que sumando las cargas de placa de los equipos BES dan 1.084,70 KW. Valores que con un 15%

menos de eficiencia dan un valor de 922 KW, mientras que la suma de las cargas medidas en los generadores a diesel de los pozos dan 883,26 KW. Es decir, que la eficiencia de los equipos esta actualmente alrededor del 78 %. En este proyecto se toma la eficiencia en un rango del 85 %.

4.3.2 CAMPO YUCA SUR 02

Las mediciones del consumo de energía de los generadores a diesel de la estación, para los equipos BES de los pozos Yuca Sur 01, 02, 04, 11, 13 y para la bomba de transferencia del fluido a la estación Palanda, se presentan en la tabla 4.3. Además, en la tabla 4.4 se presentan las especificaciones eléctricas de los equipos BES de cada pozo.

Se debe recalcar que en la estación Yuca Sur 02 existe la centralización, generación y transmisión de energía eléctrica hacia los pozos YS 01, 02, 04 y 11; utilizando dos grupos electrógenos CATERPILAR 3412 - 545 KW y 3406 – 365 KW con líneas de alta desde la Sub Estación a los pozos.

Tabla 4.3 Consumo Energía en Generadores a Diesel

YUCA SUR 02						
POZO	EQUIPO	AMP.	VOLT.	CARGA-KW	CARGA-HP	OBSERV.
YS-02 / YS-01	CATERPILAR - 3412	452	480	300,63	402,98	Pozos con línea de alta desde Yuca Sur 02 / Datos con YS-04 E.W.O
YS-04 / YS-11	CATERPILAR - 3406					
YS - 13	CATERPILAR - 3406	150	480	99,76	133,73	
PRIMAVERA - 01	CATERPILAR - 3406	120	480	79,81	106,98	
EQUIPOS TRANSFERENCIA	MOTOR ELÉCTRICO	168,24	480	111,90	150	
EQUIPOS TRANSFERENCIA	2 BOMBAS BOOSTER	67,30	480	44,76	60	
YS-12	WAUKESHA	Con línea de alta desde Estación Palanda				
YS-14	WAUKESHA	Con línea de alta desde Estación Palanda				
YS-15	WAUKESHA	Con línea de alta desde Estación Palanda				
TOTAL				636,86	853,69	

Elaborado por: Alicia Rodríguez E
Fuente PSP

En este caso, el generador a gas VGF36GSID 560 Kw reemplazará al generador CATERPILAR 3406 – 365 KW a diesel existente en esta Sub Estación; cubriendo la misma demanda de energía eléctrica y cubrirá también los equipos de

transferencia del crudo a la Estación Palanda. De esta manera, en la Sub Estación no se presentarían inconvenientes debido a que las instalaciones eléctricas hacia los pozos serían las mismas.

Tabla 4.4 Especificaciones de Equipos BES

YUCA SUR 02					
POZO	MODELO BOMBA	MOTOR			
		AMP.	VOLT.	CARGA-HP	CARGA-KW
YS-01	GC - 2200	48	2.415	190	141,74
YS-02	FC - 450	40	2.325	152	113,39
YS-04	FC - 650	46	2.133	165	123,09
YS-11	FC - 1600	54	1.143	90	67,14
YS-12	GC - 1150	46	2.133	165	123,09
YS - 13	GC - 2200	48	2.415	190	141,74
YS-14	FC - 925	40	2.325	152	113,39
YS-15	GC - 1150	46	2.133	165	123,09
PRIMAVERA - 01	P - 11	40	2.325	152	113,39
TOTAL				1.421	1.060,07

Elaborado por: Alicia Rodríguez E
Fuente PSP

4.3.3 CAMPO PALANDA

El consumo de energía mediante generadores a diesel, para los equipos BES de algunos pozos, está detallada en la tabla 4.5.

Tabla 4.5 Consumo Energía en Generadores a Diesel

PALANDA						
POZO	EQUIPO GENERACIÓN	AMP.	VOLT.	CARGA-KW	CARGA-HP	OBSERV.
PAL 01	WAUKESHA	Con línea de alta desde Estación Palanda				
PAL 02	-	-	-	-	-	Proyecto Bombeo Hidráulico
PAL 04	CATERPILAR - 3406	160	480	106,41	142,64	
PAL 07	WAUKESHA	Con línea de alta desde Estación Palanda				
PAL 12	CATERPILAR - 3406	147	480	97,77	131,06	
TOTAL				204,18		

Elaborado por: Alicia Rodríguez E
Fuente PSP

Las especificaciones eléctricas de los equipos BES de los pozos del campo se presentan en la tabla 4.6.

Tabla 4.6 Especificaciones de equipos BES

PALANDA						
POZO	MODELO BOMBA	MOTOR				OBSERV.
		AMP.	VOLT.	CARGA-HP	CARGA-KW	
PAL-01	-	-	-	-	-	Bombeo Hidráulico
PAL-02	-	-	-	-	-	Proyecto Bombeo Hidráulico
PAL-04	FC 1200	48	2.415	190	141,74	
PAL-07	FC - 450					
PAL-12	P - 6	40	2325	152	113,4	Proyecto Reinyección
TOTAL				342	255,14	

Elaborado por: Alicia Rodríguez E
Fuente PSP

Se dejan los datos expuestos para poder sustentar las recomendaciones y conclusiones para este campo,

4.4 DISTRIBUCIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

4.4.1 CAMPO PINDO

Para la estación está dispuesto el generador a gas Waukesha VHP 7104 GSID 1.2 MW y, como se expresó anteriormente, los pozos a ser cubiertos por este nuevo generador a gas son los pozos Pindo 04, 05, 06, 07, 11. Notando que los Pozos Pindo 11 y Pindo 07 están interconectados con línea de alta y operando con un solo generador (CATERPILAR 3412 – 545 KW). En el Diagrama 4.1 y 4.2 se presentan las distribuciones actual y a futuro de la energía eléctrica y de los equipos utilizados.

4.4.2 SUB ESTACIÓN YUCA SUR 02

Para la Sub Estación está dispuesto el generador a gas Waukesha VGF36GSID 560 Kw, el que cubrirá la demanda de los pozos Yuca Sur 01, 02, 04 y 11; actualmente interconectados con líneas de alta. Adicionalmente cubriría al pozo Yuca Sur 13 y a los equipos de transferencia de crudo hacia la Estación Palanda;

es decir, saldría de funcionamiento el generador a diesel CATERPILAR 3406 – 365. En el Diagrama 4.3 y 4.4 se puede observar las distribuciones actuales y a futuro de la energía eléctrica y de los equipos utilizados.

4.4.3 ESTACIÓN PALANDA

Las posibilidades de instalar un generador en la estación son escasas; como ya se lo expuso anteriormente, dado que los pozos por cubrir con energía eléctrica son dos (Palanda 04 y 12). Por lo que la inversión difícilmente sería recuperada en un tiempo considerable con el ahorro de combustible (diesel).

En el capítulo V realiza un análisis de costos haciendo referencia esta estación con la Sub Estación Yuca Sur 02.

En el diagrama 4.3 se observa la distribución actual de la estación Palanda.

CAPITULO V

ANÁLISIS TÉCNICO – ECONÓMICO DEL PROYECTO

5.1 INTRODUCCIÓN

Para poder cumplir con las expectativas del presente proyecto desde un inicio se deben considerar algunos parámetros importantes; como el de asegurar el suministro de gas de acuerdo al resultado de las reservas de los Campos. Esto esta sujeto entre otros al crecimiento del campo, es decir; se esta desarrollando algunos proyectos de perforación lo que implica una mayor producción de gas.

Con respecto a los costos del proyecto, estos serán dispuestos por etapas. Es decir, costos de generadores, instalación, mantenimiento, gastos operativos; para así, al final obtener un costo total de la inversión y calcular la recuperación de acuerdo al ahorro en los costos de combustible (diesel) con el uso del gas natural que se produce en las tres Estaciones.

5.2 ANÁLISIS TÉCNICO

5.2.1 RESERVAS DE GAS

Para esta parte del estudio, en base a las reservas de gas calculadas (Capítulo II), se desea definir los yacimientos de interés en cuanto a volúmenes de crudo y gas disuelto y con ello estimar una proyección de la producción de gas en el futuro.

Campo Pindo

De acuerdo al cálculo de las reservas remanentes realizadas para este campo se puede ver que el reservorio que más reservas de crudo tiene es la arenisca “U” inferior, seguida de la arenisca “T”, luego arenisca “BT”, arenisca Hollín inferior y arenisca “U” superior, de las cuales se puede calcular las reservas de gas solo de

las arenas "U" inferior y "BT" dado que algunos pozos producen individualmente de estas arenas y el resto producen en conjunto con otras. Razón por la cual, al poner el pozo en prueba en superficie, no se pueden obtener datos del GOR.

Del cálculo de reservas de gas en este campo se observa que el principal reservorio del campo es la arena "U", que a su vez tiene un GOR de alrededor del 191,64 PCS/BF, lo que hace pensar que esta arena constituirá el principal aporte durante la vida productiva del campo, asegurando un aporte significativo de gas.

Campo Palanda - Yuca Sur

En este campo según los cálculos de reservas remanentes se puede ver que el reservorio que más reservas de crudo tiene es la arenisca "T" inferior, luego la arenisca "U" inferior, Hollín superior y Hollín inferior; de las que se puede calcular el GOR de la mayoría de las areniscas, menos de la arenisca Hollín inferior ya que ningún pozo produce en el momento de esta.

Los datos del GOR son: de la arenisca "T" inferior 90,3 PCS/BF, de la arenisca "U" inferior 158,95 PCS/BF y, por último, de la arenisca Hollín superior es 275,8 PCS/BF. De estas arenas, de las que se espera recuperar una cantidad considerable de gas es de las areniscas "T" inferior y "U"; inferior por lo que estas darían el principal aporte de gas durante el resto de la vida productiva del campo.

4.2.2 ESTABILIDAD Y CONFIABILIDAD DEL SUMINISTRO DE GAS

La estabilidad y confiabilidad del suministro de gas dependen básicamente del número de pozos en producción, así como de los programas de explotación de petróleo que incluyen: tasas de producción y programas de mantenimiento de pozos y de desarrollo del campo.

El número de pozos en los campos juega un papel muy importante ya que de esto depende la confiabilidad del suministro de gas para el proyecto. En el campo Pindo, los pozos que dan un aporte significativo de este combustible son: Pindo

11, 06, 07 y 01. Mientras que en Palanda – Yuca Sur, los pozos que dan un aporte significativo son: Yuca Sur 01, 12, 14 y 13.

Se considera como punto importante el suministro constante de gas ya que éste muchas de las veces no es constante en los campos dado que los pozos sufren daños y requieren de reparaciones y, por lo tanto, por un determinado tiempo dejan de producir. En estos casos, la generación de energía no puede detenerse; siendo así que entrarían en funcionamiento los generadores a diesel dispuestos para cubrir los requerimientos de los campos Pindo y Palanda – Yuca Sur.

4.3 ANALISIS ECONOMICO

4.3.1 COSTO DEL GAS COMBUSTIBLE

El gas generado en los campos viene asociado en el petróleo debido a que son yacimientos de crudo y, que después de separarlo en superficie, se lo quema en gran porcentaje. Siendo así que solo se tiene un costo operativo por cada barril producido de crudo y no del gas.

Actualmente el costo de cada pie cúbico de gas producido es cero. Pero para este proyecto se va a calcular un costo aproximado con respecto a la producción de crudo versus la de gas, sacando así una relación que después será aplicada al costo de producción de cada barril de crudo para poder obtener el costo de cada pie cúbico de gas.

El costo actual de producción por cada barril producido es de 3,8 USD/BI, y la producción de crudo en promedio para este campo es de 3.122 BPPD y de gas de 443,454 MPCPD.

$$\text{Relación entre Crudo y Gas} = \frac{3122 \text{ BPPD}}{443,454 \text{ MPCPD}} = 7,04$$

Entonces, la relación entre producción de crudo y producción de gas es de 1:7 por cada MPC. Ahora, utilizando esta relación con los costos, se tiene que mientras la producción de un barril de crudo cuesta 3,8 USD la del gas cuesta 1/7 del costo del crudo por cada MPC (1/7 de 3,8) USD/MPC:

$$\text{Costo Gas} = \left(\frac{1}{7}\right) * \frac{3,8 \text{ USD}}{1000 \text{ PC}} = 0,000543 \text{ USD / PC}$$

4.3.1.1 PARA PINDO

Según las especificaciones del generador para Pindo, los requerimientos de combustible son los siguientes:

- Requiere de $13.186 \text{ E}^3 \text{ BTU/HR}$
- Poder calórico neto del gas de Pindo = $1.285,81 \text{ BTU/PC}$

Por lo que este generador requiere por hora $\Rightarrow \frac{13.186 \text{ E}^3 \text{ BTU/HR}}{1.285,81 \text{ BTU / PC}} = 10.255 \text{ PC / HR}$

Y por día requiere de $10.255 \frac{\text{PC}}{\text{HR}} * \frac{24 \text{ HR}}{1 \text{ Día}} = 246.120 \frac{\text{PC}}{\text{Día}}$

$\text{Costo Gas al Año} = 0,000543 \frac{\text{USD}}{\text{PC}} * 246.120 \frac{\text{PC}}{\text{Dia}} * \frac{365 \text{ Dias}}{1 \text{ Año}} = 48.779,75 \frac{\text{USD}}{\text{Año}}$

4.3.1.2 PARA YUCA SUR 02

Según las especificaciones del generador para Yuca Sur 02, los requerimientos de combustible son los siguientes:

- Demanda de $5.905 \text{ E}^3 \text{ BTU/HR}$

➤ Poder calórico neto del gas de Pindo = 1.494,23 BTU/PC

$$\text{Por lo que este generador requiere} \Rightarrow \frac{5.905 E^3 \text{ BTU/HR}}{1.494,23 \text{ BTU / PC}} = 3.952 \text{ PC / HR}$$

$$\text{Y por día requiere de } 3.952 \frac{\text{PC}}{\text{HR}} * \frac{24 \text{ HR}}{1 \text{ Día}} = 94.845 \frac{\text{PC}}{\text{Día}}$$

$$\text{Costo Gas al Año} = 0,000543 \frac{\text{USD}}{\text{PC}} * 94.845 \frac{\text{PC}}{\text{Dia}} * \frac{365 \text{ Dias}}{1 \text{ Año}} = 18.798 \frac{\text{USD}}{\text{Año}}$$

4.3.2 DETERMINACION DE LA INVERSIÓN DEL PROYECTO

4.3.2.1 COSTO DE LOS EQUIPOS A IMPLEMENTARSE PARA EJECUTAR EL PROYECTO Y COSTOS DE MANTENIMIENTO

Los equipos de mayor costo de inversión para el campo son los de capital de equipamiento inicial y los costos de instalación.

Para efectuar el mantenimiento de los equipos (Waukesha y Compresor) en cada campo, se han tomado en cuenta varios repuestos, materiales y los mantenimientos de acuerdo al número de horas de funcionamiento de los equipos, considerando para el análisis económico los valores del presupuesto para el 2007 del Consorcio en donde consta este proyecto.

De acuerdo a las cotizaciones obtenidas por los diferentes proveedores de estos equipos se tienen los costos de: equipos, mantenimiento, repuestos y reparación por año y se detallan en la tabla 5.1.

Tabla 5.1 Costos de Equipos y Mantenimiento

EQUIPOS	PINDO	YUCA SUR 02
Waukesha	775.453	382.923
Compresor + Scrubber	199.400	-
Líneas de gas y accesorios	20.000	15.000
Transformadores+cables	60.000	-
Líneas de alta	40.000	-
Obra civil para instalación compresor	8.000	-
Sub total	1.102.853	397.923
Imprevistos 5%	55.143	19.896
TOTAL	1.157.996	417.819
MANTENIMIENTO Y REPUESTOS		
	PINDO	YUCA SUR 02
Waukesha	60.200	33.700
Compresor + Scrubber	18300	-
Sub Total	78.500	33.700
Imprevistos 5%	3.925	1.685
TOTAL	82.425	35.385

Fuente: Cotizaciones y Presupuesto para 2007
Elaborado por: Alicia Rodríguez E

El 5% para imprevistos implementado en estos costos hace referencia a manejos del consorcio en las que, los análisis económicos de los proyectos implementan este valor sobre el costo presupuestado para dicho proyecto.

4.3.2.2 AHORRO ECONOMICO EN COMBUSTIBLE POR UTILIZACIÓN DE GAS

El costo por galón de diesel consumido en los campos Pindo y Palanda - Yuca Sur, para los diferentes equipos, es función del precio internacional del diesel; y en los últimos 9 meses ha estado fluctuando entre 1,614 y 2,090 USD/gal. Al momento, el diesel se vende a 1,88 USD/gal; adicionando un rubro por concepto de transporte desde la refinera de Shushufindi a las estaciones, que en promedio está en 0,07 USD/gal; es decir, en un promedio el valor total del diesel por galón es de 1,958 USD/gal.

Los costos del consumo de combustible en los campos fluctúan de acuerdo a la variación del precio del diesel; sin embargo, como ya se determinó anteriormente, el costo promedio del galón del diesel es de 1,958 USD/gal. A continuación, en la tabla 5.2, se detalla el consumo y costo de diesel de los equipos en los campos,

los mismos que al momento de ejecutar el proyecto pasarían a ser rubros de ahorro.

Tabla 5.2 Costos de combustible para equipos a diesel

CONSUMO DE COMBUSTIBLE POR AÑO						
FECHA	PINDO		YUCA SUR		PALANDA	
	GLS POR MES	COSTO USD POR MES	GLS POR MES	COSTO USD POR MES	GLS POR MES	COSTO USD POR MES
May-06	70.363	137.770	30.622	59.957	30.562	59.840
jun-06	113.099	121.286	25.830	50.575	15.277	29.912
jul-06	119.786	134.037	23.982	46.957	18.703	36.619
ago-06	98.324	192.518	19.765	38.700	18.389	36.005
sep-06	88.984	174.232	20.087	39.330	16.833	32.959
oct-06	73.678	144.262	24.187	47.357	24.127	47.240
nov-06	71.336	139.676	23.947	46.887	23.887	46.770
TOTAL (7 Meses)	635.570	1.043.781	168.419	329.764	147.776	289.345
PROMEDIO	90.796	149.112	24.060	47.109	21.111	41.335
POR AÑO	1.089.549,13	1.789.339,11	288.717,86	565.309,56	253.329,86	496.019,86

Fuente: Departamento de adquisición y materiales.
Elaborado por: Alicia Rodríguez E

4.4 EVALUACIÓN DEL PROYECTO

Una evaluación económica ejecutada mientras el proyecto se encuentra en la etapa preliminar, provee la justificación inicial para el diseño detallado del proyecto. Hacer una buena decisión de negocios requiere normas para medir el valor de inversiones propuestas y oportunidades financieras. Cada compañía tiene su propio criterio y métodos económicos con valores mínimos requeridos para fijar una estrategia de rentabilidad del negocio.

Los métodos más importantes que toman en cuenta el valor del dinero en el tiempo son:

- El método de Valor Actual Neto (VAN).
- El método de la Tasa Interna de Retorno (TIR)

4.4.1 Valor Actual Neto (VAN)

Se entiende por VAN a la diferencia entre el valor actual de los ingresos esperados de una inversión y el valor actual de los egresos que la misma ocasione. Al ser un método que tiene en cuenta el valor de dinero en el tiempo, los ingresos futuros esperados, como también los egresos, deben ser actualizados a la fecha del inicio del proyecto. La tasa de actualización que se usa en el consorcio para el análisis de proyectos es del 12%.

El criterio del valor actual dice: “si el valor actual neto de una inversión es positiva, la inversión debe aceptarse y rechazarse si es negativa”.

Cuando una empresa aprueba un proyecto con un VAN positivo, la riqueza de la empresa o su valor aumenta precisamente en el valor del VAN.

4.4.2 Tasa Interna de Retorno (TIR)

Es la tasa de actualización que iguala el flujo de fondos con la inversión inicial. En otras palabras, la TIR es la tasa de actualización por la cual el VAN es igual a cero, lo cual indicaría el nivel mínimo de rentabilidad. El TIR ayuda a medir en términos relativos la rentabilidad de una inversión.

Condiciones para la aprobación de un proyecto:

TIR > Tasa de actualización del consorcio; el proyecto es factible.

TIR < Tasa de actualización del consorcio; el proyecto no es factible.

La vida útil de los equipos es de 20 años, pero para la evaluación económica se utilizarán como vida útil 12 años debido a que el contrato establecido entre el estado y el consorcio es hasta el año 2018; por lo que se basará en este tiempo el presente estudio económico.

Dentro del costo de mantenimiento de los equipos se tiene un incremento anual del 7% de acuerdo al análisis de anteriores mantenimientos de diferentes años, conforme a la experiencia en el departamento de compras; además de los valores proporcionados por los proveedores. Pero este incremento es relativo ya que estará porque va a estar ligado a la inflación y al precio internacional del crudo. Por lo que este incremento puede fluctuar entre un 5 y 8 % anual.

La inversión que se realizará para el proyecto se la recuperará en menos de un año (ver gráfico 5.1 y 5.3). Para el campo Pindo en 8,39 meses y para el campo Yuca Sur en 9,46 meses. Es decir; el proyecto en menos de un año empieza a generar ganancias para el Consorcio.

Con respecto al TIR, para el campo Pindo es de 142,609%; por lo que si se considera el concepto del TIR y la teoría para aceptar un proyecto, se sabe que es un proyecto factible, que se lo debe aceptar: similar situación para el campo Yuca Sur, es de 126,327%; es decir, también el proyecto resulta factible (Ver gráficos 5.2 y 5.4).

EVALUACION DEL PROYECTO CAMPO PINDO													
Tasa de Actualización	12 %												
ANUAL	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
EGRESOS													
Waukesha	-775.453,0												
Compresor + Scrubber	-199.400,0												
Líneas de gas y accesorios	-20.000,0												
Transformadores+cables	-60.000,0												
Líneas de alta	-40.000,0												
Obra civil para instalación compresor	-8.000,0												
Mantenimiento Waukesha		60.200,0	64.414,0	68.923,0	73.747,6	78.909,9	84.433,6	90.344,0	96.668,0	103.434,8	110.675,2	118.422,5	126.712,1
Mantenimiento Compresor + Scrubber		18.300,0	19.581,0	20.951,7	22.418,3	23.987,6	25.666,7	27.463,4	29.385,8	31.442,8	33.643,8	35.998,9	38.518,8
Costo de producción de gas para proyecto		48.779,8	48.779,8	48.779,8	48.779,8	48.779,8	48.779,8	48.779,8	48.779,8	48.779,8	48.779,8	48.779,8	48.779,8
Total Egresos	-1.102.853,0	127.279,8	132.774,8	138.654,4	144.945,6	151.677,2	158.880,1	166.587,1	174.833,6	183.657,4	193.098,8	203.201,1	214.010,6
INGRESOS													
Ahorro de combustible (Diesel)		1.789.339,1	1.789.339,1	1.789.339,1	1.789.339,1	1.789.339,1	1.789.339,1	1.789.339,1	1.789.339,1	1.789.339,1	1.789.339,1	1.789.339,1	1.789.339,1
Total Ingresos		1.789.339,1	1.789.339,1	1.789.339,1	1.789.339,1	1.789.339,1	1.789.339,1	1.789.339,1	1.789.339,1	1.789.339,1	1.789.339,1	1.789.339,1	1.789.339,1
Flujo de caja	-1.102.853,0	1.662.059,4	1.656.564,4	1.650.684,7	1.644.393,5	1.637.661,9	1.630.459,0	1.622.752,0	1.614.505,5	1.605.681,7	1.596.240,3	1.586.138,0	1.575.328,5
Flujo de caja actualizado	-1.157.995,7	1.483.981,6	1.320.603,0	1.174.924,8	1.045.041,8	929.253,3	826.041,3	734.050,6	652.071,7	579.024,9	513.946,7	455.976,8	404.347,6

Valor Actual Neto (VAN) 9.016.411

Tasa Interna de Retorno (TIR) 150,356

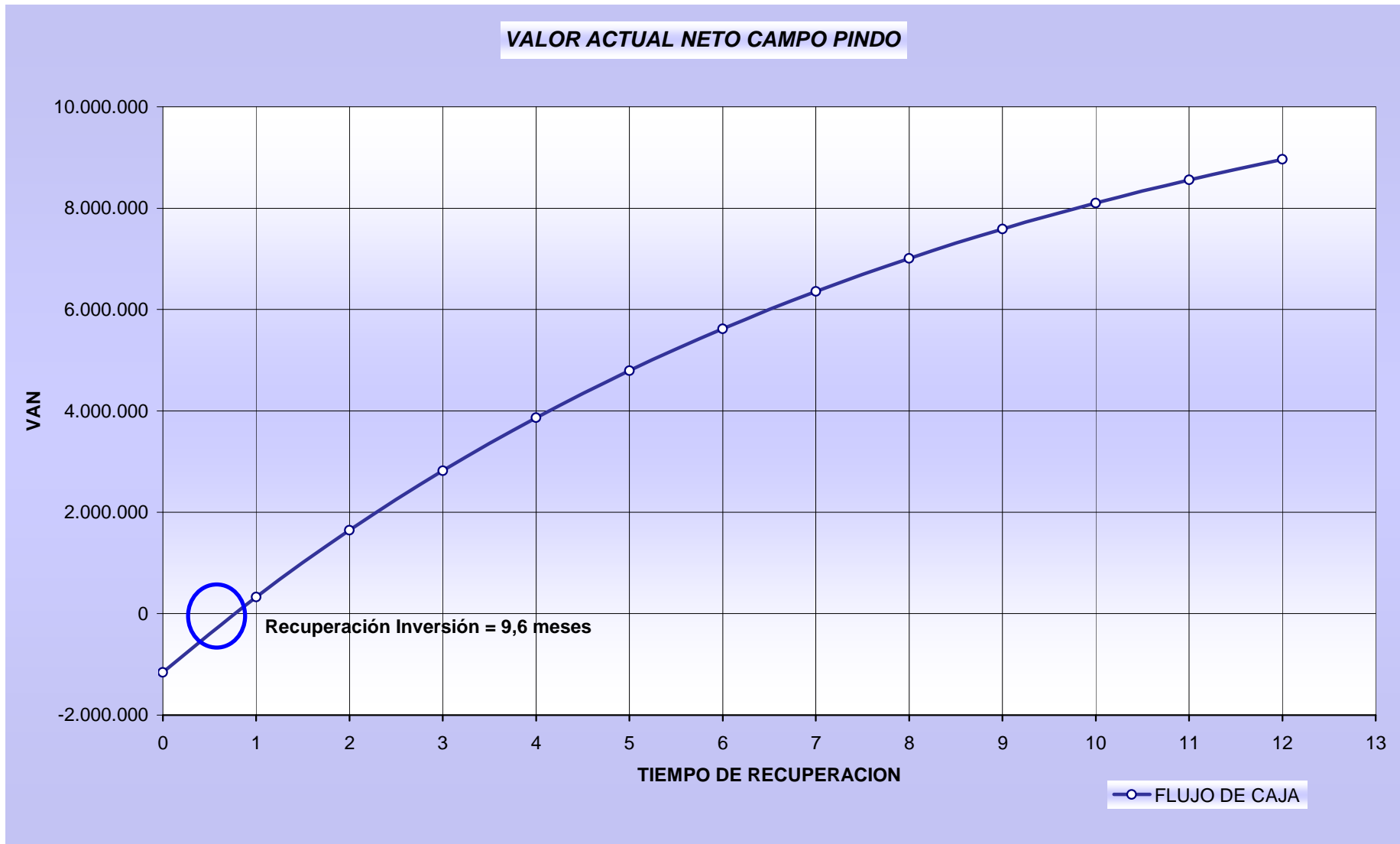


Gráfico 5.1 Valor Actual Neto - Pindo
Elaborado por: Alicia Rodríguez E

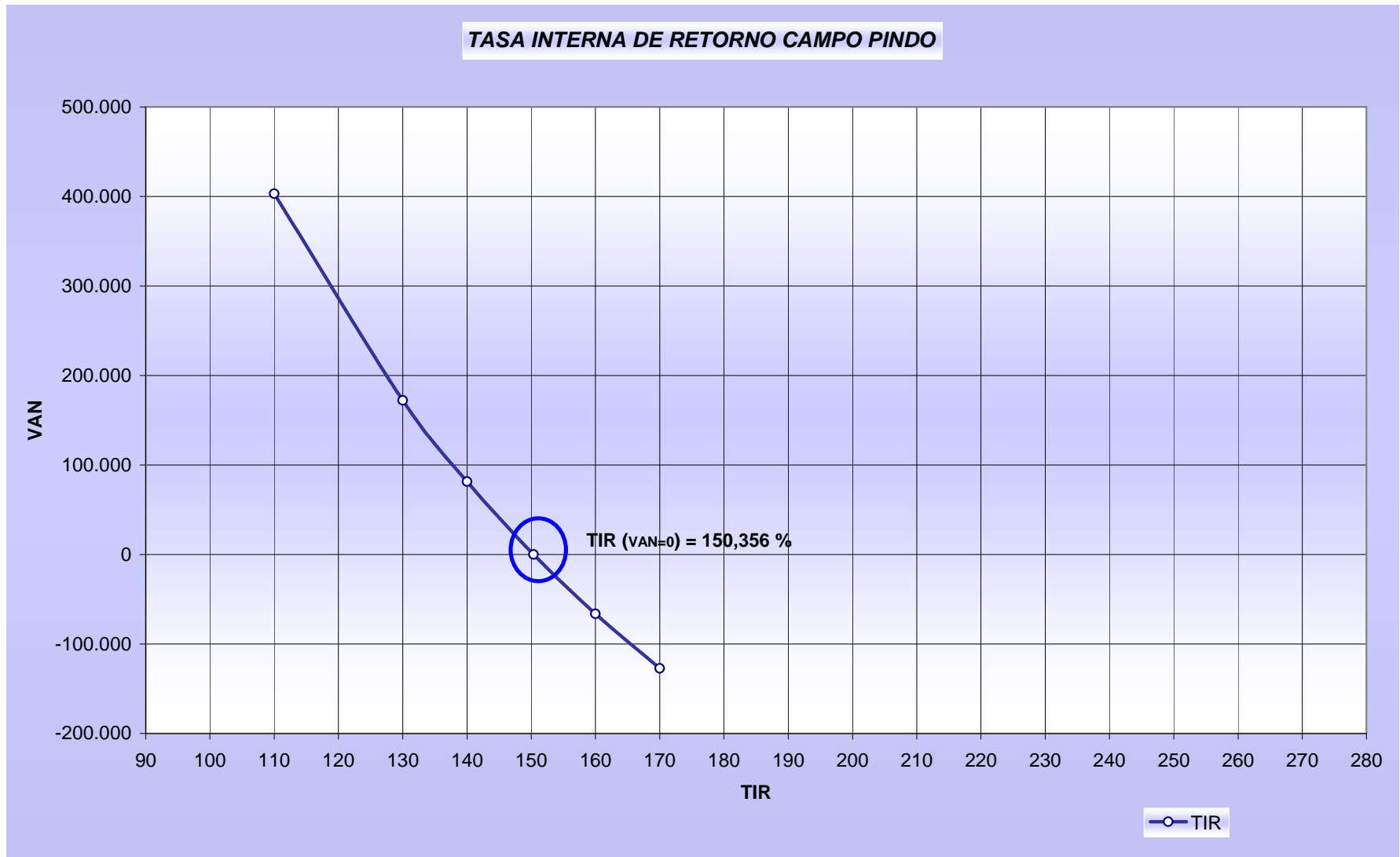


Gráfico 5.2 Tasa Interna de Retorno - Pindo
Elaborado por: Alicia Rodríguez E

EVALUACION DEL PROYECTO CAMPO YUCA SUR													
Tasa de Actualización	12 %												
ANUAL	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
EGRESOS													
Waukesha	-382.923												
Líneas de gas y accesorios	-15.000												
Mantenimiento Waukesha		33.700,0	36.059,0	38.583,1	41.283,9	44.173,8	47.266,0	50.574,6	54.114,8	57.902,9	61.956,1	66.293,0	70.933,5
Total Egresos	-397.923,0	33.700,0	36.059,0	38.583,1	41.283,9	44.173,8	47.266,0	50.574,6	54.114,8	57.902,9	61.956,1	66.293,0	70.933,5
INGRESOS													
Ahorro de combustible (Diesel)		565.309,0	565.309,0	565.309,0	565.309,0	565.309,0	565.309,0	565.309,0	565.309,0	565.309,0	565.309,0	565.309,0	565.309,0
Total Ingresos		565.309,0	565.309,0	565.309,0	565.309,0	565.309,0	565.309,0	565.309,0	565.309,0	565.309,0	565.309,0	565.309,0	565.309,0
Flujo de caja	-397.923,0	531.609,0	529.250,0	526.725,9	524.025,1	521.135,2	518.043,0	514.734,4	511.194,2	507.406,1	503.352,9	499.016,0	494.375,5
Flujo de Caja Actualizado	-397.923,0	474.650,9	421.914,9	374.913,1	333.027,4	295.706,1	262.456,7	232.839,7	206.462,7	182.975,7	162.066,2	143.455,2	126.893,9

Valor Actual Neto (VAN) 2.819.439,4

Tasa Interna de Retorno (TIR) 133,1212

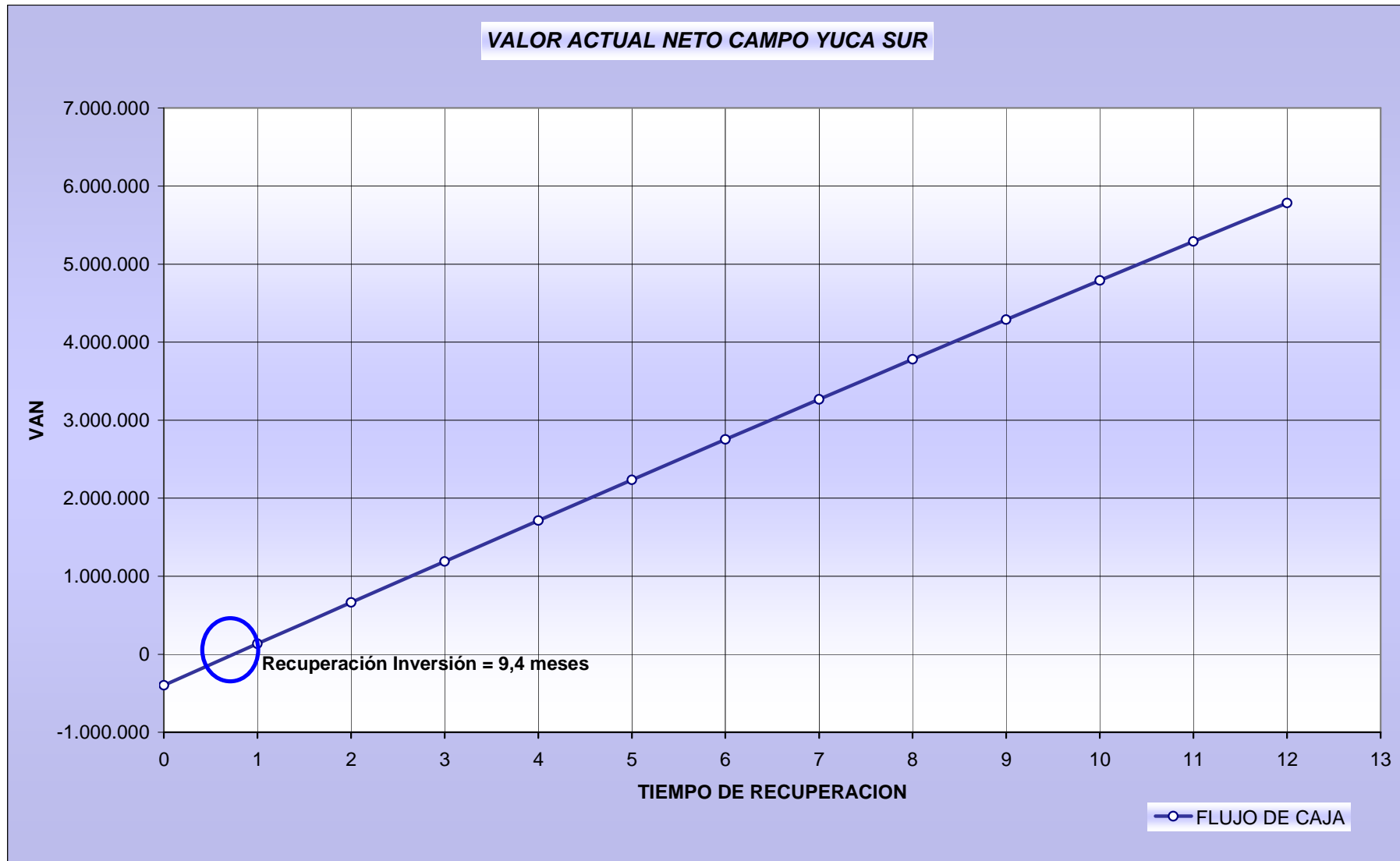


Gráfico 5.3 Valor Actual Neto – Yuca Sur
Elaborado por: Alicia Rodríguez E

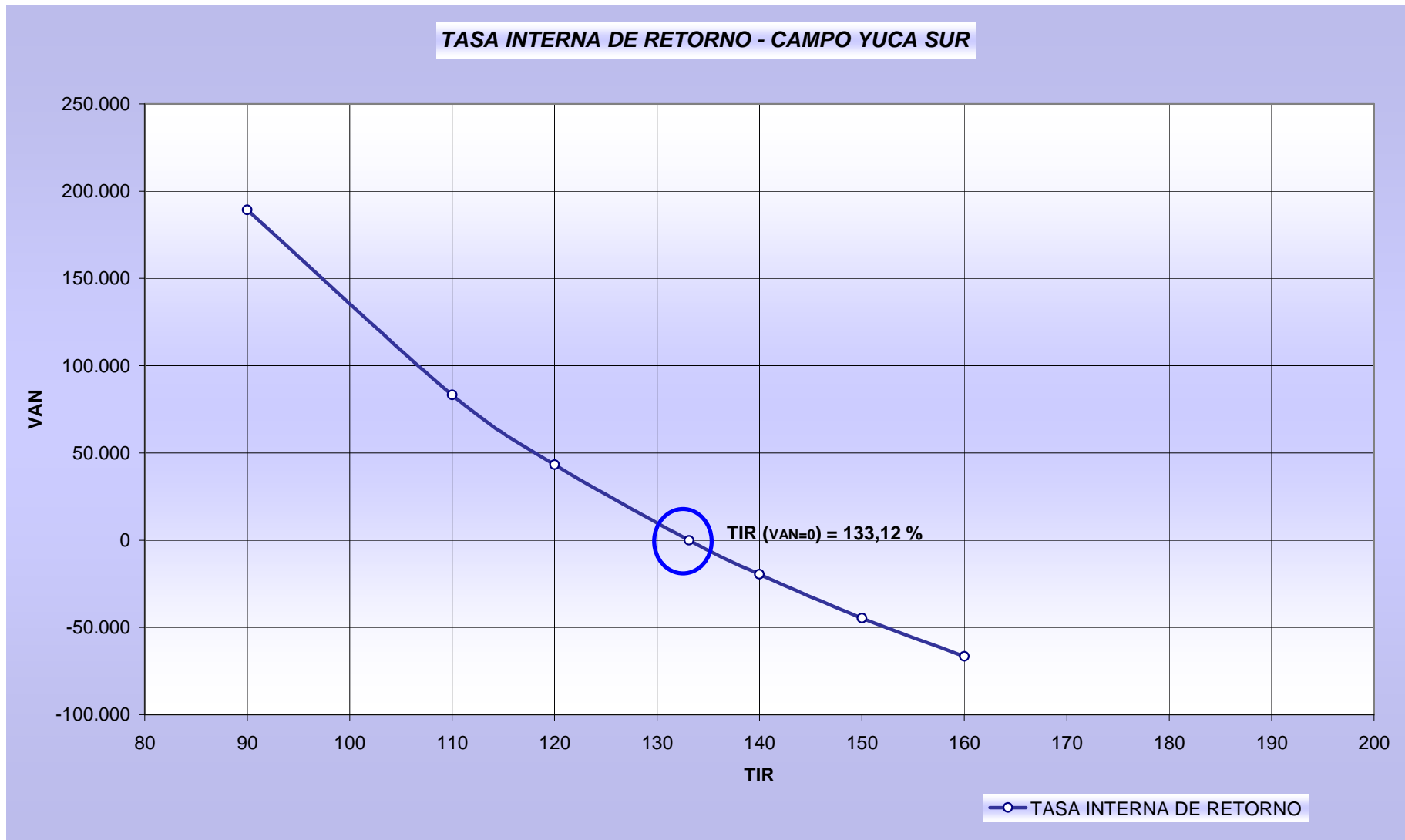


Gráfico 5.1 Tasa Interna de Retorno - Yuca Sur
Elaborado por: Alicia Rodríguez E

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Con la optimización del gas en los Campos Marginales Pindo y Palanda – Yuca Sur se eliminara en gran porcentaje el venteo y la combustión del gas a la atmósfera, para de esta manera disminuir la contaminación ambiental. Además, el uso de gas en reemplazo del diesel, que es un combustible mucho más limpio al generarse menores cantidades de óxidos de nitrógeno (NO_x) y óxidos de azufre (SO_x); que son los principales elementos que causan los mayores impactos ambientales.
- Los yacimientos de los Campos Marginales Pindo y Palanda – Yuca Sur son subsaturados; es decir, que la presión de los reservorios está muy por encima de las presiones de burbuja. No hay indicios de la existencia de una capa de gas en los reservorios luego de correlacionar los registros eléctricos con los datos petrofísicos; es decir, que todo el gas está disuelto en el crudo y para su obtención es necesario separarlo en superficie.
- Al generar energía eléctrica utilizando gas natural como combustible, se está obteniendo un gran beneficio y ahorro económico ya que se lo obtiene con un costo mínimo de producción comparado con el diesel, que genera un costo elevado para las empresas productoras. Sin embargo, al instalar el equipo de generación eléctrica a gas propuesto en este proyecto, existiría un costo de mantenimiento cada cierto tiempo que aún sigue siendo menor con respecto a los costos actuales empleando diesel como combustible.
- De los resultados cromatográficos se puede concluir que el gas en los campos es ácido por contener dióxido de carbono, pero en cantidades relativamente bajas. Debido a estos bajos porcentajes de dióxido de

carbono y de nitrógeno, no es necesario tratamiento adicional al proceso que se ha expuesto.

- Luego de realizar el análisis respectivo de las reservas remanentes de los campos, se puede asegurar la ejecución del proyecto con tiempo suficiente para recuperar la inversión y generar importantes ganancias. Para el Campo Pindo las reservas remanentes existentes dan al proyecto un tiempo de vida útil de 7 años y para el Campo Yuca Sur de 11.4 años; esto tomando en cuenta solo las reservas probadas.
- Los equipos expuestos están sobredimensionados ya que al momento el consorcio se encuentra en campaña de perforación; es decir, que con seguridad existirá una mayor producción de gas.
- Para el campo Palanda el proyecto no resulta factible debido a que las reservas remanentes de gas son insuficientes; de 72 MMPC. Además, solo existen dos pozos por cubrir con energía eléctrica ya que el resto de pozos del Campo Palanda tienen abastecimiento de energía eléctrica mediante generación a gas. Por lo tanto, la inversión tardaría más tiempo en recuperarse debido a estos dos factores importantes y decisivos.
- Para el campo Palanda, al igual que en el campo Pindo, se tenía planeado instalar un generador que cumpla con las mismas características del ya instalado en esta estación. Es decir, que sea mínimo de 920 KW ya que este pasaría a funcionar en paralelo con el ya existente; además, de funcionar como backup en ciertos casos. Por lo que conociendo los datos de reservas remanentes de gas y sabiendo que el consumo de gas de este generador mínimo a instalar es de 146,6 MPCPD; es decir, la producción sobrante de este campo no abastece a las necesidades de dicho generador.

- Dentro del aspecto económico, el proyecto es bastante rentable. Se lo concibe más como un proyecto de ganancias para cualquier empresa hidrocarburífera ya que se emplearía un combustible (gas) que se lo está quemando y a un costo relativamente bajo; por lo que después de cubiertos los gastos de los equipos, solo se tendrán gastos por mantenimiento; generando un ahorro considerable al no usar diesel y que representaría la ganancia del proyecto.

- La inversión del proyecto se la va a recuperar en menos de un año. Para el Campo Pindo en 8,39 meses y para el Campo Yuca Sur en 9,46 meses. Por lo que en el lapso de cada uno de estos tiempos, el proyecto estará generando importantes ganancias para el consorcio.

5.2 RECOMENDACIONES

- Es importante que se empiece a promover la industrialización del gas natural como combustible en nuestro país, ya que a lo largo de toda la historia hidrocarburífera Ecuatoriana no se lo ha aprovechado adecuadamente, para de esta manera evitar la contaminación por la quema del mismo; sin mencionar el enorme beneficio que traería a la economía del país. Por ello es necesario tomar conciencia de que estamos desperdiciando un combustible que es más limpio y económico que la gasolina y cualquier otro combustible líquido.
- Dentro de los próximos proyectos a realizarse en el Consorcio se tienen planificadas dos campañas de perforación. En la primera se tiene planificado perforar tres pozos y la segunda 5 pozos, por lo que a futuro habrá más producción de gas; con lo que se recomienda generar un nuevo proyecto para incrementar con el tiempo la generación de energía eléctrica, aprovechando el gas.
- Las unidades a instalarse deberán ser de la misma marca a los ya instalados en las Estaciones. De esta manera se unificarán las partes de los repuestos que están en stock y además se simplifica el mantenimiento.
- Son necesarios e indispensable los datos de generación de gas en las Estaciones para la ejecución de este proyecto y de futuros proyectos. Por lo que es necesario instalar instrumentos de medición o cuantificación de gas en los campos para tener datos efectivos y reales.
- Realizar análisis cromatográficos para el gas producido en las tres estaciones, ya que con las campañas de perforación las características del gas pueden cambiar. Es decir, habrá mayor producción de gas y por ende los porcentajes de elementos en el gas van a cambiar.

- La sub estación Yuca Sur 02 empezó siendo una estación de tránsito para el crudo, de donde se lo bombeaba hacia la estación Palanda. Ahora, en estos momentos, esta se esta convirtiendo en una estación de producción normal debido a la incremento de la producción; por lo que se recomienda implementar nuevos equipos que ayuden a un proceso normal de separación de crudo, gas y agua, así como también la instalación de equipos que permitan realizar las medidas necesarias del gas.
- La Sub Estación Yuca Sur 02 después de la ejecución y puesta en marcha de este proyecto está en la posibilidad de aumentar en un futuro la generación eléctrica con la complementación de un generador a gas de similares características y en paralelo al generador dispuesto para esta Estación, debido a que existe una producción de gas que abastece esta recomendación y también debido a los planes de desarrollo existentes para este campo.
- Como aspecto importante se recomienda considerar las reformas que están planeadas a realizarse por la DNH en cuanto al cobro de diferentes rubros por la producción, consumo y quema del gas. En este caso, el costo del proyecto y las ganancias serían relativamente diferentes.

BIBLIOGRAFIA

- LA CUENCA ORIENTE: GEOLOGIA Y PETROLEO, Patrice Baby – Marco Rivadeneira – Roberto Barragán, primera edición, octubre de 2004.
- INGENIERIA DE YACIMIENTOS PETROLIFEROS, S. J. Pirson.
- INGENIERIA APLICADA DE YACIMIENTOS PETROLIFEROS, B. C. Craft – M. F. Hawkins.
- ASESORIA Y CONSULTORIA PETROLERA, Ing. Héctor Román.
- CROMATOGRAFÍA DE GASES, Harold M. McNair – Washington, D.C. 1981.
- SURFACE PRODUCTION OPERATIONS, DESIGN OF GAS HANDLING SYSTEM AND FACILITIES, Ken Arnold and Steward Maurice, Volumen II.
- DICCIONARIO ENCICLOPEDICO DE TERMINOS TECNICOS ESPAÑOL-INGLES, Volumen I y II, 19na Edición.
- FACTIBILIDAD DE USO DEL GAS DE LOS CAMPOS PINDO, PALADA – YUCA SUR, Astudillo Paredes Diego Fernando.
- CAPTACIÓN DEL GAS DE GUANTA A LAGO AGRIO Y SU UTILIZACIÓN COMO COMBUSTIBLE PARA LAS TURBINAS RUSTON DE LAGO AGRIO, Cervantes Calderón Juan Carlos, Sañaicela Tapia Guido Fabián.
- UTILIZACIÓN DEL GAS PRODUCIDO EN EL CAMPO BERMEJO PARA LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD Y SUSTITUCIÓN DEL DIESEL, Cueva Cevallos Diego Francisco.

- MANUAL DEL INGENIERO DE PLANTA, Robert C. Rosales, Tomo II.
- MOTORES DE AUTOMOVIL, William H. Crouse.
- Cotización de Generadores Waukesha, catálogo de equipos, ARCOLANDS.
- Cotización de Generadores Waukesha, EQUEXPORT INTERNATIONAL, INC.
- Cotización de Equipos Separador y Scrubbers, B&T Industria en Acero.
- Cotización de Equipos Compresores, F.L. SMIDTH.
- Cotización de equipos para la medición de flujos de gas, SEIN S.A. Sistemas y Equipos Industriales.
- TRANSPORTE Y DISTRIBUCION DE HIDROCARBUROS, Juan Pedro Azcona.
- GUIA PARA EL DISEÑO DE TUBERIAS, Ing. Edwin Gotera.
- INGENIERIA ECONOMICA, Celio Vega, 1983.
- MANUAL DE ADMINISTRACION FINANCIERA, F.J. Weston, E.F. Brigham, Séptima edición.
- www.monografias.com
- www.google.com
- www.energiaadebate.com.mx Ing. Juan Antonio Bargés Mestres

➤ www.slb.com

➤ www.tenaris.com

ANEXOS

ANEXOS CAPITULO I

ANEXO 1.1



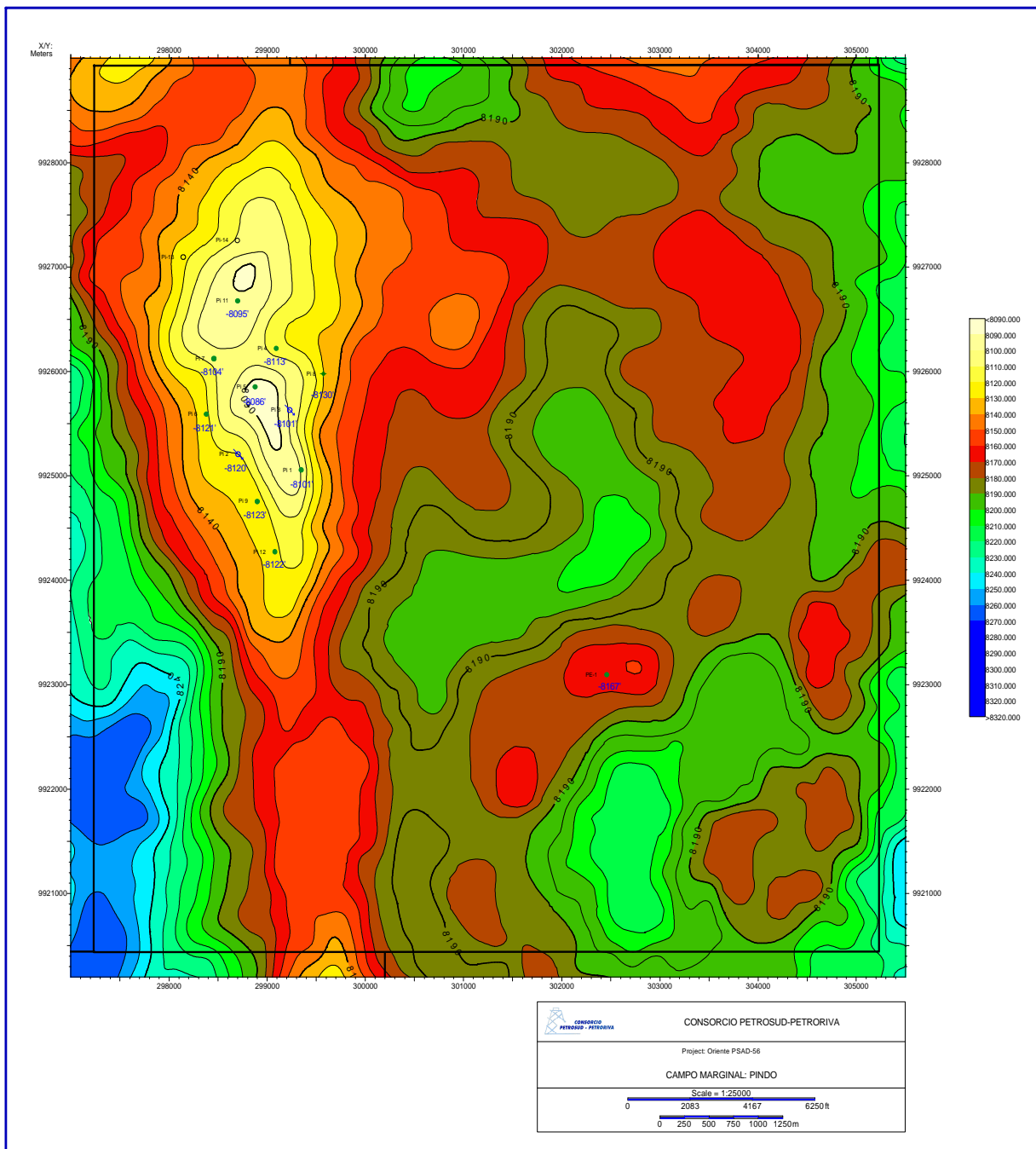
ANEXO 1.2

COLUMNA LITOLÓGICA CAMPO MARGINAL PINDO-PALANDA-YUCA SUR			
ORTEGUAZA		LUTITA: gris verdosa, café, mod dura=suve, lam-astil, no calc. ARENA: Qtz, trasp-trnsl, suelta, grn med, occ grs, sbang, mod sel, no vis matz & cmt.	900
TIYUYACU		ARCILLITA: rojo ladrillo, amarillo, crema, mod dura, no calc. LIMOLITA: Rojo ladrillo, café, mod dura, ireg, no calc. CGL CHRT: Negro, ahumado, mostaza, muy duro, grs muy grs, ang, fract concoidal.	1700
TENA	Tena	ARCILLITA: Choc, café rojizo, rojo ladrillo, suave-mod dur, ireg-bloc, calc.	630
		ARENISCA: Qtz, trasp-trnsl, gris claro, gr fino-med, e/p mtz kao & no vis cmt.	10
N A P O		LUTITA: Con un intercalaciones calcáreas	75
		CALIZA: blanca, gris oscura, gris claro, terrosa, blocosa, blanda, mnr cristalina.	15
		ARENISCA: blnc, qtz, sbtrnsp-sbtrnsl, gris claro, gr muy fin-fin, no vis mtz & calc cmt c/glau incl.	???
		CALIZA: Marcador radiactivo	5
		LUTITA: Con un intercalaciones calcáreas	150
		CALIZA: gris oscura, bandeada de blanco, blocosa, criptocristalina, mod dur-dur. Secuencia calcáreo - lutitica.	100
		ARENISCA: Qtz, gris, blanc, sbtrnsp-sbtrnsl, gr muy fin-fin, mtz arcill & calc cmt, e/p incl glauc.	24
		CALIZA: Crema, gris bandeada, blanda-mod dur, sbbloc, e/p incl glauc.	130
		ARENISCA GLAUC: Qtz, blanc, sbtrnsp-sbtrnsl, fri-mod dur, gr muy fin-fin, mtz arg & cmt calc.	10
		LUTITA	60
		ARENISCA: Qtz, trasp-trnsl, suelt-fri, gr med, no vis mtz occ arg mtz & cmt.	35
		LUTITA: con intercalaciones de arena	110
		CALIZA: gris oscura, bandeada de blanco, blocosa, criptocristalina, mod dur-dur.	30
		ARENISCA GLAUC: Qtz, blanc, sbtrnsp-sbtrnsl, fri-mod dur, gr fin-med, no vis mtz occ mtz arg & cmt calc.	15???
		LUTITA: con intercalaciones de arena	70
	ARENISCA: Qtz, trasp-trnsl, suelta-fri, gr fin-med, no vis mtz occ mtz arg & cmt calc.	50	
Basal Napo	LUTITA: Gris oscura, mod dura, astillosa-lam, c/ incl pyr, mic, occ glau.	120	
	CALIZA: café oscura, mot con blanco, grainstone-mudstone, ireg-bloc.	12	
HOLLIN		ARENISCA: blanca, qtz, trasp-trnsl, gr f-med, fri, e/p arg mtz, calc cmt, c/ incl glauc.	40-70
		ARENISCA: trasp-trnsl, qtz, gr f-med, suelta, no vis mtz & cmt.	110

Elaborado Por: Ing. Cristina Correa (PETROSUD – PETRORIVA)

ANEXO 1.3

MAPA ESTRUCTURAL CAMPO PINDO



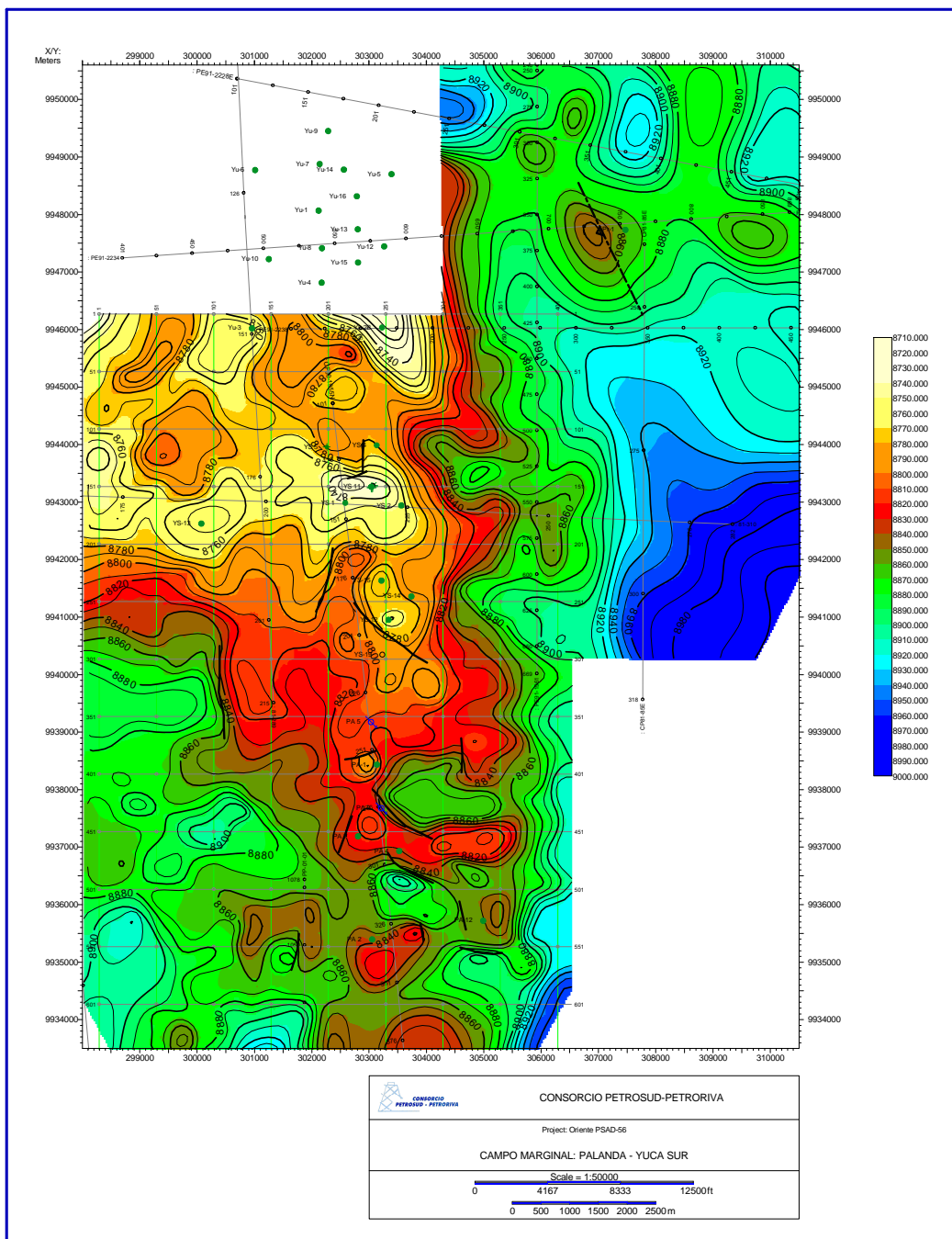
11/21/05 17:16:21

Tomado de: Informe de Actualización de Reservas – al 31 de Diciembre del 2005 - PSP

CAMPO MARGINAL PINDO
MAPA ESTRUCTURAL EN PROFUNDIDAD

ANEXO 1.4

MAPA ESTRUCTURAL CAMPO PALANDA – YUCA SUR



11/29/05 13:18:56

Tomado de: Informe de Actualización de Reservas – al 31 de Diciembre del 2005 - PSP

CAMPO MARGINAL PALANDA-YUCA SUR
MAPA ESTRUCTURAL EN PROFUNDIDAD

ANEXOS CAPITULO II

CAMPO MARGINAL PINDO

PRODUCCION ACUMULADA POR AÑO, CAMPO, POZO Y RESEVORIO

AL 31 DE DICIEMBRE DEL 2005

PRODUCCION POR AÑO				
Año	PINDO bppa	PINDO ESTE bppa	TOTAL	ACUMULADA
1991	9.779		9.779	9.779
1992	308.957		308.957	318.736
1993	753.032		753.032	1.071.768
1994	787.108		787.108	1.858.876
1995	719.793		719.793	2.578.669
1996	747.330		747.330	3.325.999
1997	712.271		712.271	4.038.270
1998	667.648		667.648	4.705.918
1999	286.458		286.458	4.992.376
2000	712.809		712.809	5.705.185
2001	1.468.988		1.468.988	7.174.173
2002	1.399.565		1.399.565	8.573.738
2003	1.285.382	18.069	1.303.451	9.877.189
2004	1.029.394	140.241	1.169.635	11.046.824
2005	1.030.021	126.060	1.156.081	12.202.905
TOTAL	11.918.535	284.370	12.202.905	12.202.905

PRODUCCION POR CAMPO, POZO Y RESERVORIO						
Pozo	TOTAL ACUMULADO al 31/Dic/2005	RESERVORIO				
		BASAL TENA	"U" SUP+ INF.	"T" INF.	HOLLIN SUP	HOLLIN INF.
Pindo 1	2.230.416	1.846.603	186.347		197.466	
Pindo 2	463.987		463.987			
Pindo 3	596.531	272.098	108.790	7.347	0	208.296
Pindo 4	961.153		781.300	6.034	173.819	
Pindo 5	1.385.316	980.605	202.331	37.309	165.071	
Pindo 6	2.289.129		2.289.129			
Pindo 7	960.911		653.547		307.364	
Pindo 8	19.098				19.098	
Pindo 9	626.311		36.078		590.233	
Pindo 11	1.550.861		1.550.861			
Pindo 12	834.822		19.621		815.202	
Total Pindo	11.918.535	3.099.306	6.291.991	50.690	2.268.252	208.296
Pindo Este-1	284.370	284.370				
Total Pindo Este	284.370	284.370				
TOTAL PINDO+Pindo Este	12.202.906	3.383.676	6.291.991	50.690	2.268.252	208.296

ANEXO 2.1.- Resumen de Producción

CAMPO MARGINAL PINDO RESUMEN DEL CALCULO DE RESERVAS METODO VOLUMETRICO										
CAMPO	YACIMIENTO	PETROLEO IN SITU (POES) - (Bls.N>)			FACTOR DE RECOBRO	RESERVAS (Bls.N.)			PRODUCCION ACUMULADA Bls. N.	RESERVAS REMANENTES Bls. N.
		PROBADOS		TOTAL PROBADOS		PROBADAS (Bls.N)		TOTALES PROBADAS		
		Desarrollados	No Desarrollados			Desarrolladas	No Desarrolladas			
Pindo	Basal Tena	12.583.252		12.583.252	0,30	3.774.975	0	3.774.975	3.099.306	675.669
	U Superior	4.721.412		4.721.412	0,10	472.141	0	472.141	323.928	148.213
	U Inferior	29.863.714		29.863.714	0,25	7.465.928	0	7.465.928	5.968.063	1.497.865
	T Inferior	4.755.441		4.755.441	0,25	1.188.860	0	1.188.860	50.690	1.138.170
	Hollin Superior	9.560.796		9.560.796	0,25	2.390.199	0	2.390.199	2.268.252	121.947
	Hollin Inferior	4.599.319		4.599.319	0,15	689.898	0	689.898	208.296	481.602
Subtotal		66.083.934	0	66.083.934		15.982.002	0	15.982.002	11.918.535	4.063.467
Subtotal hasta Marzo 2006		66.083.934	0	66.083.934		15.982.002	0	15.982.002	12.164.519	3.817.483
Pindo Este	Basal tena	1.914.547	0	1.914.547	0,30	574.364	0	574.364	284.370	289.994
	U Inferior	0	1.272.479	1.272.479	0,25	0	318.120	318.120	0	318.120
Subtotal		1.914.547	1.272.479	3.187.027		574.364	318.120	892.484	284.370	608.114
Subtotal hasta Marzo 2006		1.914.547	1.272.479	3.187.027		574.364	318.120	892.484	313.987	578.497
TOTAL PINDO + PINDO ESTE		67.998.481	1.272.479	69.270.960		16.556.366	318.120	16.874.486	12.202.905	4.671.581
Total hasta Marzo 2006		67.998.481,11	1.272.479,28	69.270.960,39		16.556.366,46	318.119,82	16.874.486,28	12.478.506	4.395.980

NOTA 1: RESERVAS TOTALES PROBADAS = Reservas Probadas (Desarrolladas + No Desarrolladas)

NOTA 2: RESERVAS REMANENTES = RESERVAS TOTALES PROBADAS - PRODUCCION ACUMULADA

ANEXO 2.2.- Compendio Final de reservas

CAMPO MARGINAL PINDO
RESUMEN DEL CALCULO DE RESERVAS

RESERVAS PROBADAS (bblp)							
Campo Pindo							
	Basal Tena	"U" Superior	"U" Inferior	"T" Inferior	Hollin Sup.	Hollin Inf.	TOTAL
Reservas Probadas	3.774.975	472.141	7.465.928	1.188.860	2.390.199	689.898	15.982.001
Producción Acumulada	3.099.306	323.928	5.968.063	50.690	2.268.252	208.296	11.918.535
Reservas Remanentes	675.669	148.213	1.497.865	1.138.170	121.947	481.602	4.063.466
Reservas Remanentes hasta Marzo 2006							3.817.483
Campo Pindo Este							
	Basal Tena	"U" Superior	"U" Inferior	"T" Inferior	Hollin Sup.	Hollin Inf.	TOTAL
Reservas Probadas	574.364	0	318.120	0	0	0	892.484
Producción Acumulada	284.370	0	0	0	0	0	284.370
Reservas Remanentes	289.994		318.120				608.114
Reservas Remanentes hasta Marzo 2006							578.497
TOTAL PINDO + PINDO ESTE							
	Basal Tena	"U" Superior	"U" Inferior	"T" Inferior	Hollin Sup.	Hollin Inf.	TOTAL
Reservas Probadas	4.349.339	472.141	7.784.048	1.188.860	2.390.199	689.898	16.874.485
Producción Acumulada	3.383.676	323.928	5.968.063	50.690	2.268.252	208.296	12.202.905
Reservas Remanentes	965.663	148.213	1.815.985	1.138.170	121.947	481.602	4.671.580
Reservas Remanentes hasta Marzo 2006							4.395.980

ANEXO 2.3.- Resumen de Reservas por área y reservorios

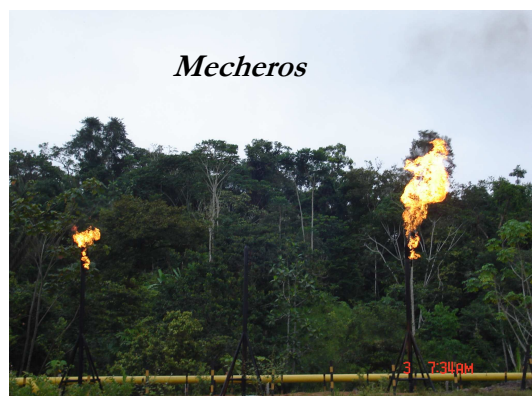
CAMPO MARGINAL PALANDA - YUCA SUR					
PRODUCCION ACUMULADA					
POR AÑO, POR POZO Y POR RESERVORIO					
AL 31 DE DICIEMBRE DEL 2005					
AÑO	PALANDA	YUCA SUR	PRIMAVERA	TOTAL	ACUMULADO
	blpa	blpa		blpa	bblp
1981		141.968		141.968	141.968
1982		169.465		169.465	311.433
1983		168.535		168.535	479.968
1984		134.220		134.220	614.188
1985		110.367		110.367	724.555
1986		105.185		105.185	829.740
1987		25.636		25.636	855.376
1988		234.309		234.309	1.089.685
1989		137.775		137.775	1.227.460
1990		81.588		81.588	1.309.048
1991	25.404	54.456		79.860	1.388.908
1992	319.172	118.591		437.763	1.826.671
1993	520.777	149.823		670.600	2.497.271
1994	504.986	170.974		675.960	3.173.231
1995	347.563	209.298		556.861	3.730.092
1996	196.945	186.650		383.595	4.113.687
1997	337.517	177.201		514.718	4.628.405
1998	259.874	148.102		407.976	5.036.381
1999	114.376	127.528		241.904	5.278.285
2000	321.773	181.784		503.557	5.781.842
2001	168.825	304.157		472.982	6.254.824
2002	203.354	651.320		854.674	7.109.498
2003	412.894	1.139.033		1.551.927	8.661.425
2004	513.796	1.079.223		1.593.019	10.254.444
2005	307.607	990.627	34.466	1.322.700	11.577.144
Hasta Marzo 2006	59.222	233.118	37.259	329.599	11.906.743
TOTAL	4.614.085	7.230.933	71.725	11.906.743	11.906.743
POZO	RESERVORIO			TOTAL	
	U INF.	T - INF.	H - SUP	(bblp)	
Yuca Sur-1	1.708.619		318.077	2.026.696	
Yuca Sur-2	53.846	1.448.370		1.502.216	
Yuca Sur-4		173.763	185.956	359.719	
Yuca Sur-5			5.400	5.400	
Yuca Sur - 11	390.440	8.969	197.868	597.277	
Yuca Sur - 12		1.118.391		1.118.391	
Yuca Sur - 13	321.853	27.442		349.295	
Yuca Sur - 14		707.810		707.810	
Yuca Sur - 15	144.700		186.311	331.011	
Total Yuca Sur	2.619.458	3.484.745	893.612	6.997.815	
Hasta Marzo 2006				7.230.933	
Palanda - 1	438.773	641.081		1.079.854	
Palanda - 2	212.115			212.115	
Palanda - 3	168.916			168.916	
Palanda - 4		2.309.020		2.309.020	
Palanda - 5	139.428		94.455	233.883	
Palanda - 7		147.770	163.669	311.439	
Palanda - 12			239.636	239.636	
Total Palanda	959.232	3.097.871	497.760	4.554.863	
Hasta Marzo 2006				4.614.085	
TOTAL					
Palanda + Yuca Sur	3.578.691	6.582.615	1.391.372	11.552.678	
Primavera-1		34.466		34.466	
Total Primavera		34.466		34.466	
Hasta Marzo 2006				71.725	
GRAN TOTAL	3.578.691	6.617.081	1.391.372	11.587.144	
GRAN TOTAL hasta Marzo 2006				11.916.743	

ANEXO 2.4.- DATOS DE PRODUCCION

CAMPO MARGINAL: PALANDA – YUCA SUR										
RESUMEN DEL CALCULO DE RESERVAS										
METODO VOLUMETRICO										
CAMPO	YACIMIENTO	PETROLEO IN SITU (POES)			FACTOR DE RECOBRO	RESERVAS			PRODUCCION ACUMULADA Bis. N. al 31/12/2004	RESERVAS REMANENTES Bis. N. al 31/12/2004
		PROBADOS (Bis.N.)		TOTAL POES		PROBADAS (Bis.N)		TOTALES		
		Desarrollados	No Desarrollados	PROBADOS		Desarrolladas	No Desarrolladas	PROBADAS		
Palanda	U Inferior	4.337.912	368.680	4.706.592	0,25	1.084.478	92.170	1.176.648	959.232	217.416
	T Inferior	11.548.253	0	11.548.253	0,30	3.464.476	0	3.464.476	3.097.871	366.605
	Hollin Superior	2.490.604	0	2.490.604	0,25	622.651	0	622.651	497.760	124.891
	Hollin Inferior	0	1.134.935	1.134.935	0,15	0	110.393	110.393	0	110.393
Subtotal		18.376.769	1.503.615	19.880.384		5.171.605	202.563	5.374.168	4.554.863	819.305
Subtotal hasta Marzo 2006									4.614.085	760.083
Yuca Sur	U Inferior	14.688.652	0	14.688.652	0,25	3.672.163	0	3.672.163	2.619.458	1.052.705
	T Inferior	16.358.587	0	16.358.587	0,30	4.907.576	0	4.907.576	3.484.745	1.422.831
	Hollin Superior	4.638.616	0	4.638.616	0,25	1.159.654	40.726	1.200.380	893.612	306.768
	Hollin Inferior	1.817.473	0	1.817.473	0,15	272.621	0	272.621	0	272.621
Subtotal		37.503.328	0	37.503.328		10.012.014	40.726	10.052.740	6.997.815	3.054.925
Subtotal hasta Marzo 2006									7.230.933	2.821.807
TOTAL PAL.+ YUCA SUR.		55.880.097	1.503.615	57.383.712	0	15.183.619	243.289	15.426.908	11.552.678	3.874.230
TOTAL PAL.+ YUCA SUR hasta Marzo 2006									11.845.018	3.581.890
Primavera	T Inferior		2.318.953	2.318.953	0,20		463.791	463.791	34.466	429.325
Primavera hasta Marzo 2006									71.725	392.066
Total Palanda-Yuca-Sur-Primavera								15.890.699	11.916.743	3.973.956
<p>NOTA 1: RESERVAS TOTALES PROBADAS = Reservas Probadas (Desarrolladas + No Desarrolladas)</p> <p>NOTA 2: RESERVAS REMANENTES = RESERVAS TOTALES PROBADAS - PRODUCCION ACUMULADA</p> <p>NOTA 3: A la fecha (1/dic/2005), el pozo Primavera se encuentra en etapa de prueba prolongada de producción para poder conocer parcialmente el comportamiento del pozo. Las reservas volumétricas estimadas para Primavera tienen un alto grado de incertidumbre ya que el pozo y su área circundante está controlada únicamente por una línea sísmica..</p>										

ANEXOS CAPITULO III

ANEXO 3.1 FOTOGRAFÍAS DE LA ESTACIÓN PINDO



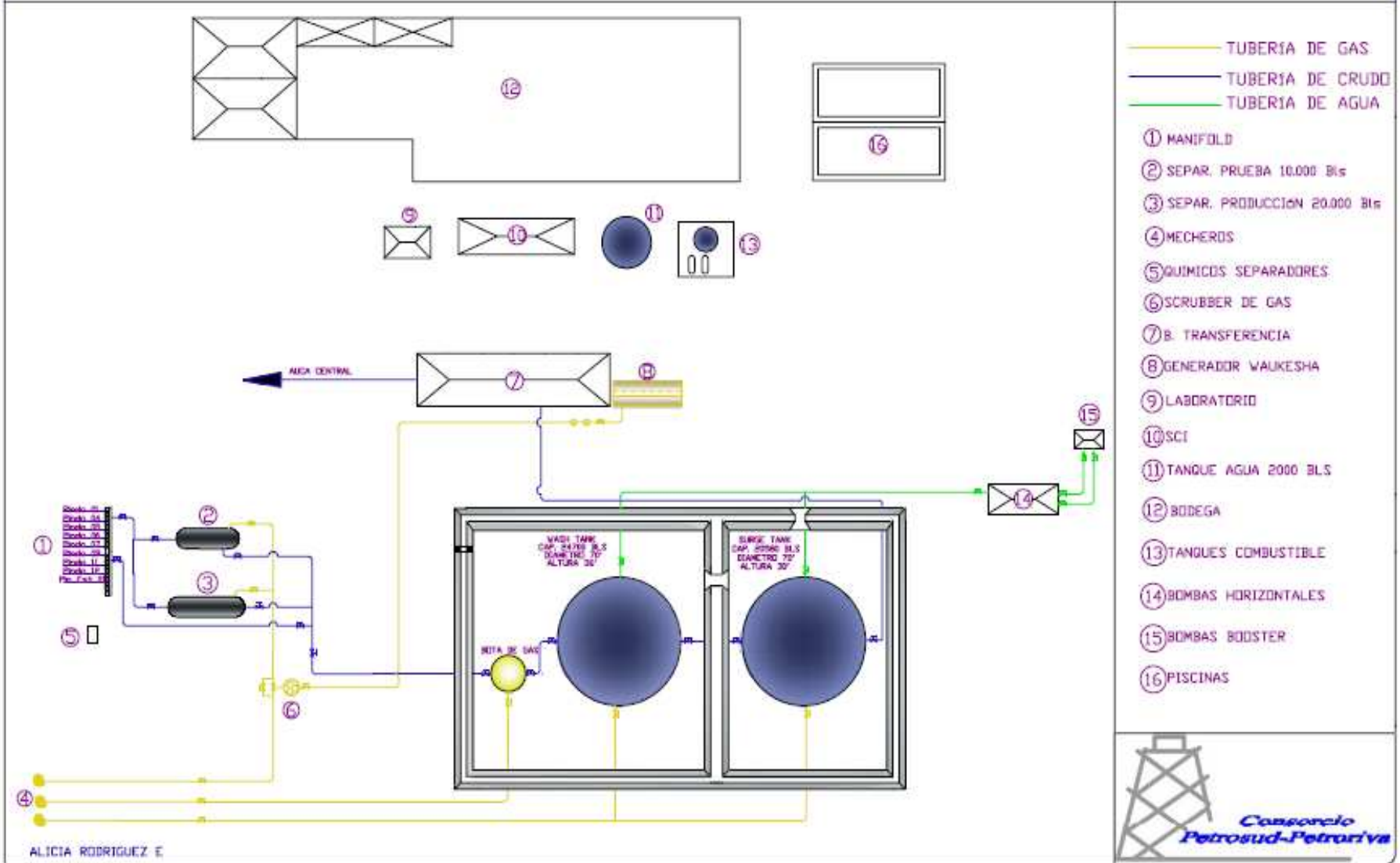
FOTOGRAFÍAS ESTACIÓN PALANDA



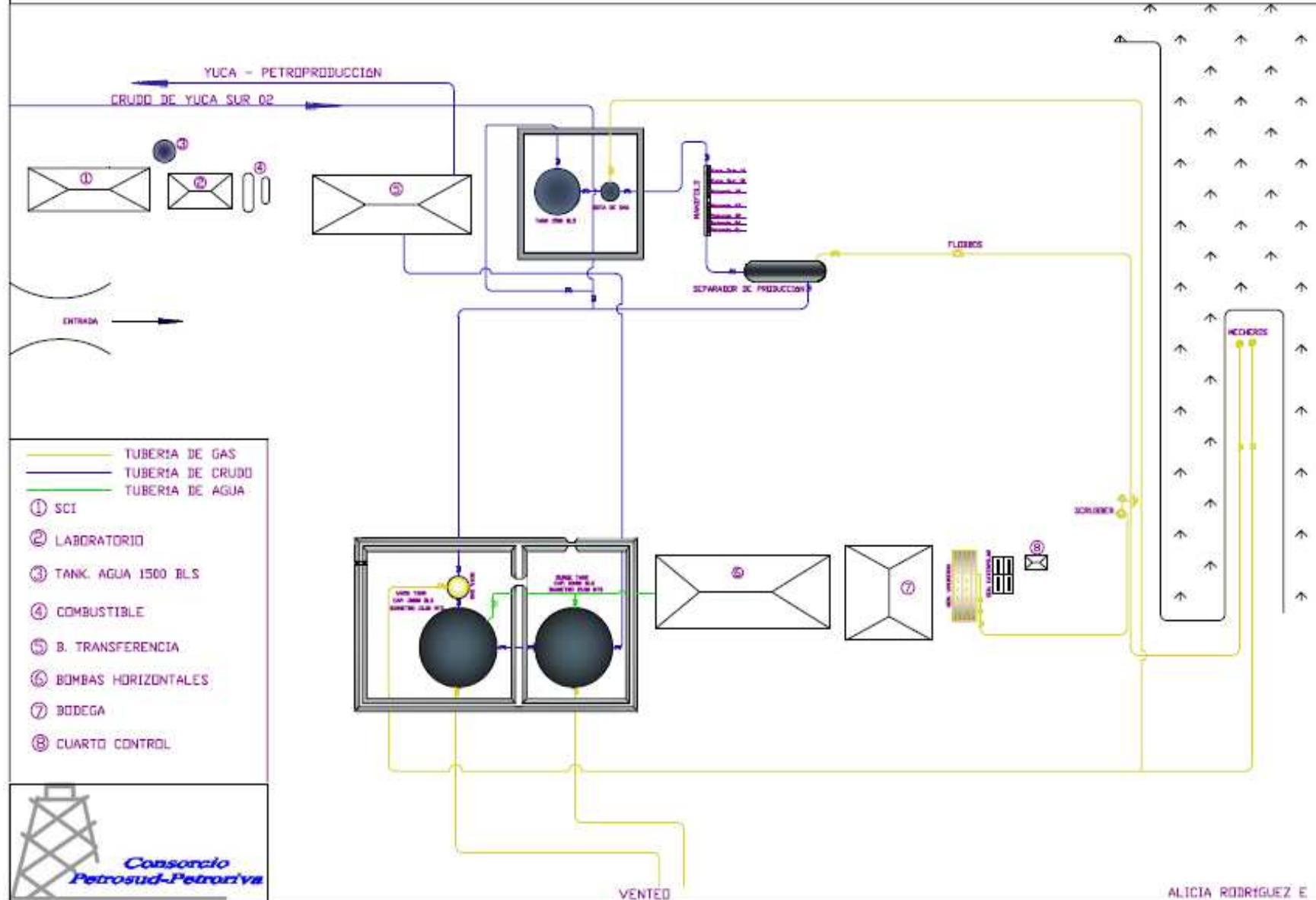
FOTOGRAFÍAS ESTACIÓN YUCA - SUR



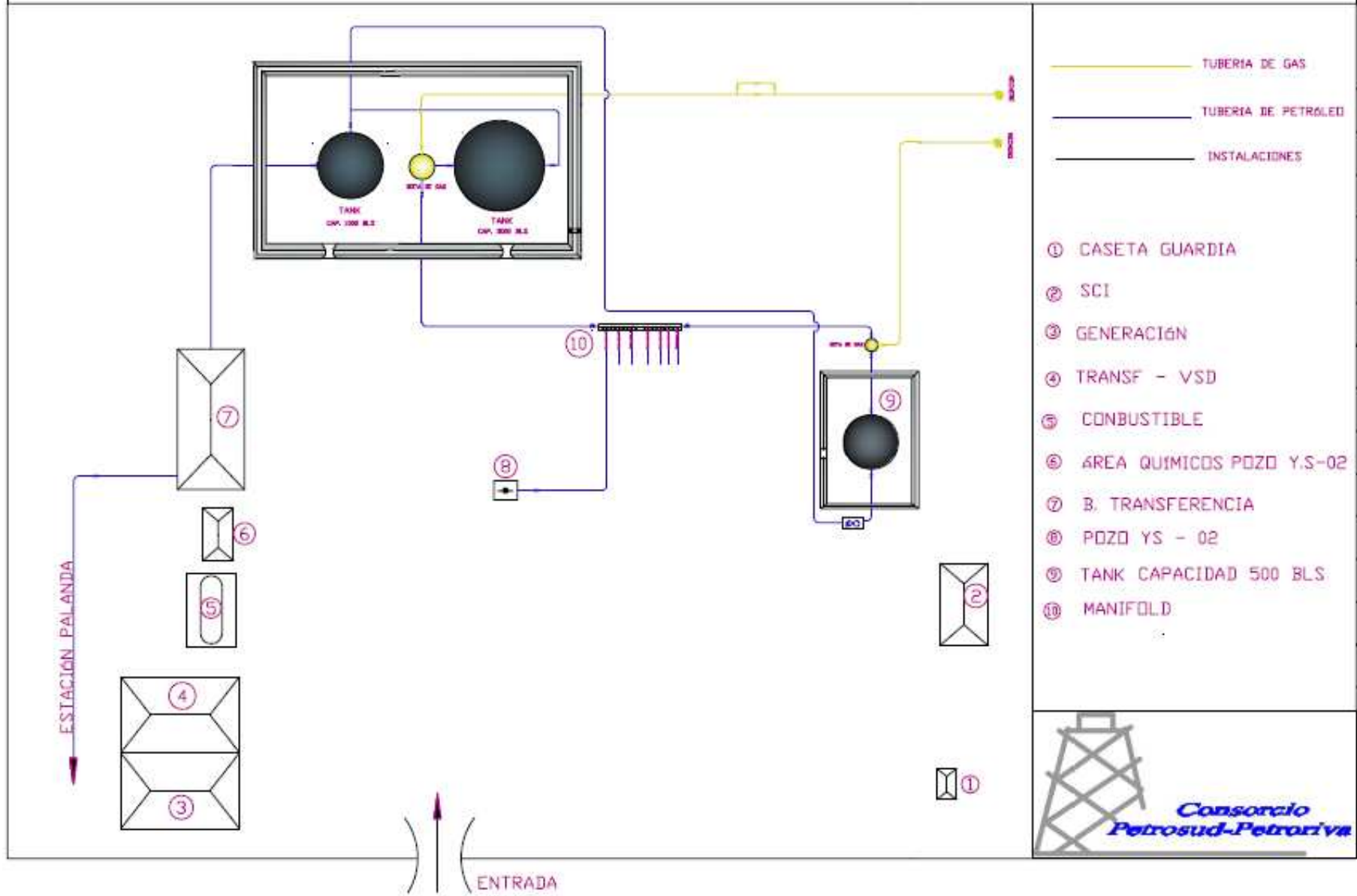
ANEXO 3.2 DIAGRAMA DE ESTACIÓN PINDO



ANEXO 3.3 DIAGRAMA ESTACIÓN PALANDA



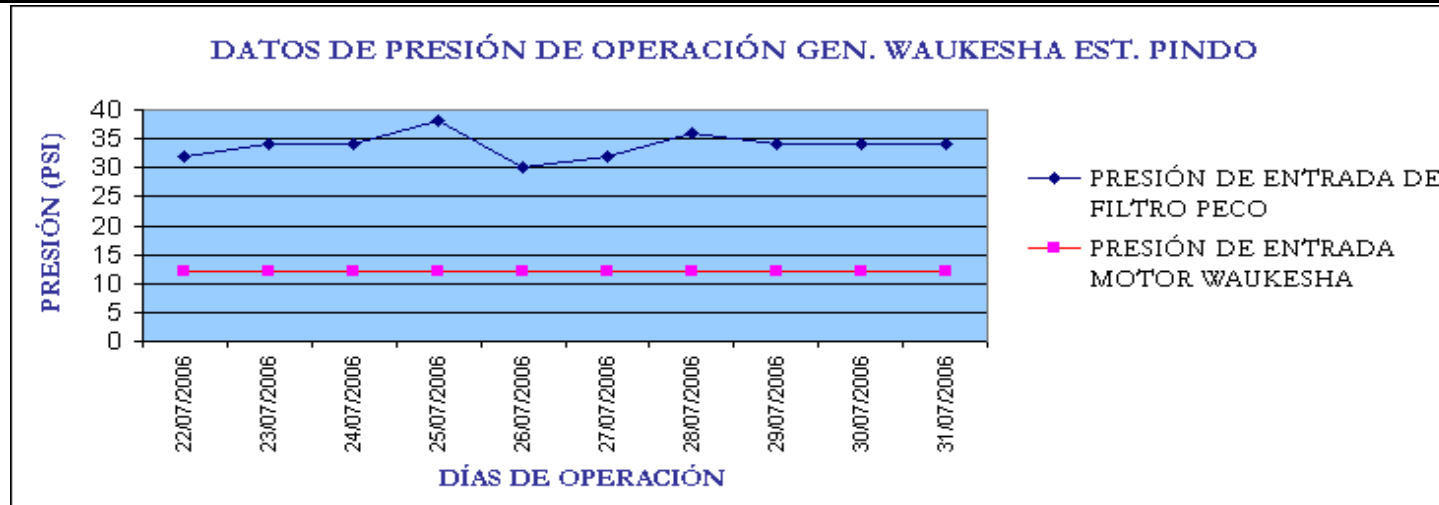
ANEXO 3.4 DIAGRAMA DE ESTACIÓN YUCA SUR 02

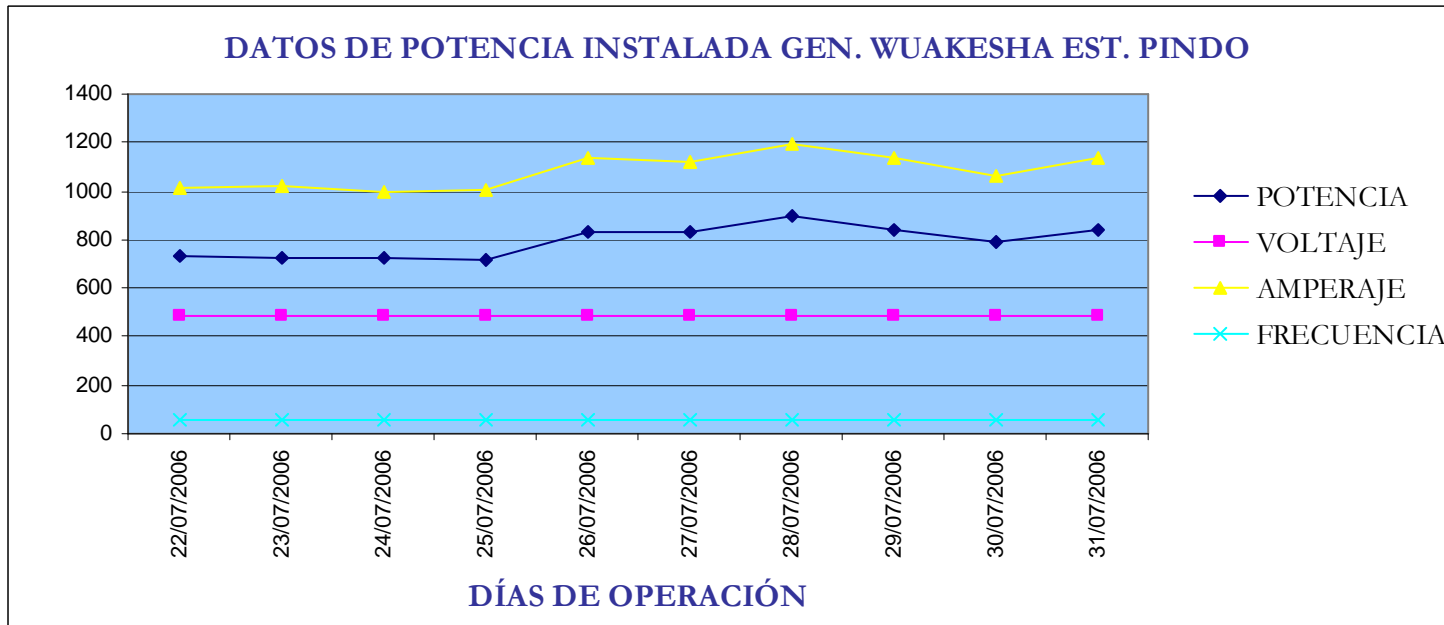


ANEXO 3.5 DATOS ELÉCTRICOS DE LOS GENERADORES WAUKESHA DE PINDO Y PALANDA

Parámetros de Operación Generador Waukesha Estación Pindo con cargas de la Estación y los Pozos Pin-01-Pin-05

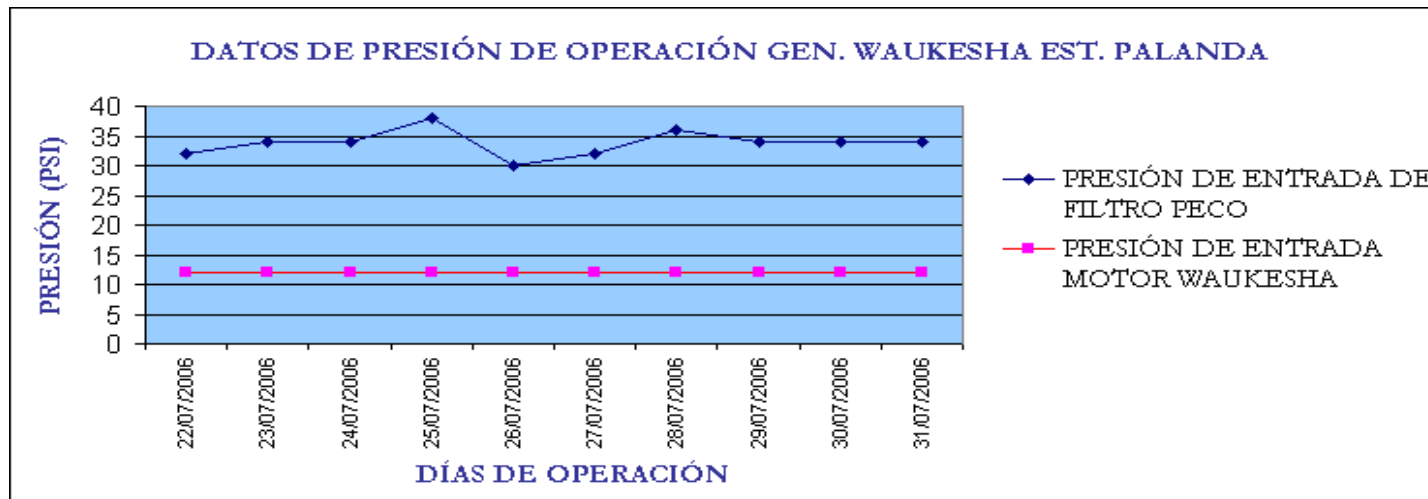
FECHA	HORÓMETRO	POTENCIA	VOLTAJE	AMPERAJE	FRECUENCIA	RPM	PRESIÓN DE GAS	
							PSI	
							ENTRADA	SALIDA
22/06/2006	3758	730	487	1016	60,2	1201	34	12
23/06/2006	3782	725	482	1018	60,15	1207	34	12
24/06/2006	3806	726	484	998	60,23	1204	34	12
25/06/2006	3830	718	483	1002	60,22	1198	33	12
26/06/2006	3858	835	482	1140	60,27	1206	30	12
27/06/2006	3872	830	485	1116	60,37	1203	31	12
28/06/2006	3894	896	485	1192	60,3	1201	36	12
29/06/2006	3920	838	487	1133	60,36	1209	34	12
30/06/2006	3944	788	484	1063	60,45	1205	35	12
01/07/2006	3960	836	483	1140	60,37	1204	33	12

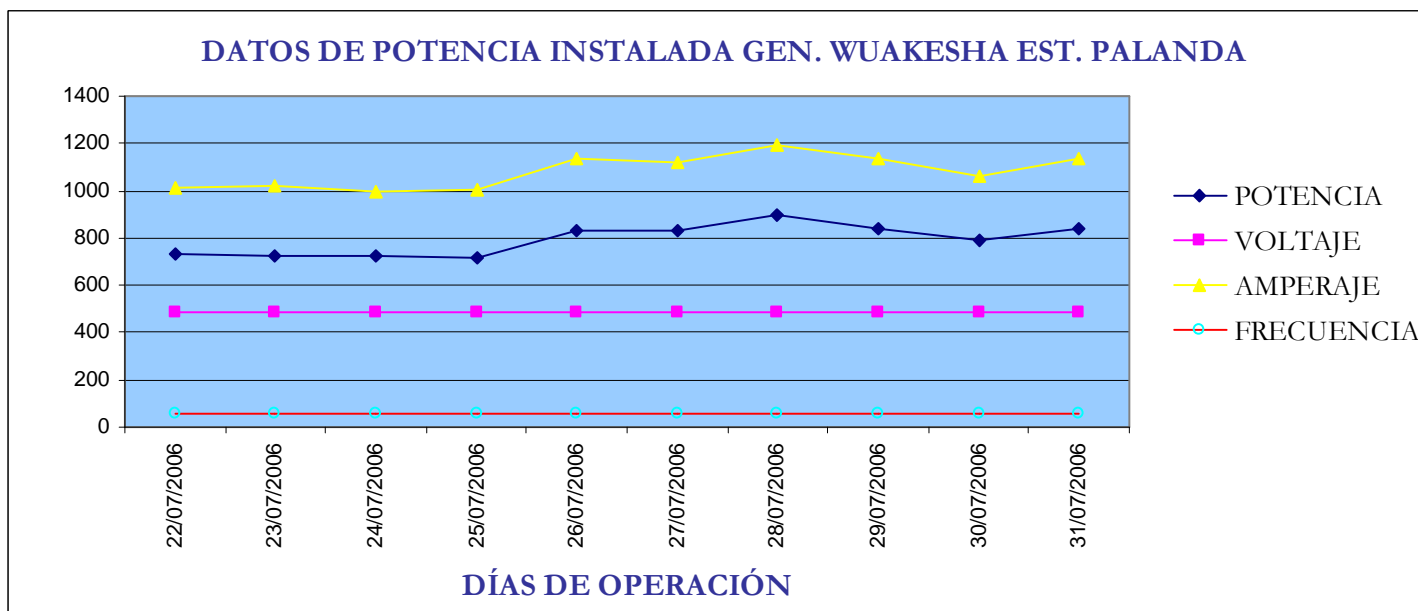




**Parámetros de Operación Generador Waukesha
Estación Palanda con cargas de Estación y los Pozos
Pal-01-Pal-05-Pal-07-Y.Sur-12-Y.Sur-14-Y. Sur-15**

FECHA	HORÓMETRO	POTENCIA	VOLTAJE	AMPERAJE	FRECUENCIA	RPM	PRESIÓN DE GAS	
	HRS	KW	V	A	HZ		ENTRADA	SALIDA
22/07/2006	3758	730	488	1016	60,2	1201	32	12
23/07/2006	3782	725	482	1018	60,15	1207	34	12
24/07/2006	3806	726	484	998	60,23	1204	34	12
25/07/2006	3830	718	486	1002	60,22	1198	38	12
26/07/2006	3858	835	482	1140	60,27	1206	30	12
27/07/2006	3872	830	486	1116	60,37	1203	32	12
28/07/2006	3894	896	485	1192	60,3	1201	36	12
29/07/2006	3920	838	488	1133	60,36	1209	34	12
30/07/2006	3944	788	484	1063	60,45	1205	34	12
31/07/2006	3960	836	484	1140	60,37	1204	34	12





ANEXO 3.6 FUNDAMENTOS PARA EL DISEÑO DE LAS INSTALACIONES

MOTORES

Un motor es una máquina que cambia una forma de energía en POTENCIA (fuerza y movimiento). Así, por ejemplo, la energía que lleva el combustible entra al motor y se transforma en movimiento.

TIPOS DE MOTORES

En la tabla 3.1 se aprecian los tipos de motores mas conocidos según la fuente de energía que utilizan.

Tabla 3.1 Tipos de Motores

TIPO DE MOTOR	FUENTE DE ENRGÍA	OBSERVACIONES
Motor de Combustión Interna	Gasolina, Diesel, Fuel Oil, Kerosén, Gas, Crudo.	Puede ser de 2 o 4 tiempos y tener 1 o varios cilindros, dispuestos en línea o en "V". El pistón se mueve dentro del cilindro.
Eléctrico	Energía Eléctrica	Un rotor se mueve dentro de un estator.

ASESORIA Y CONSULTORIA PETROLERA
Ing. Héctor Román.

➤ MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA

Este tipo de motor utiliza un combustible, lo encierra en un cilindro, lo enciende y con esto produce el movimiento del motor.

Un motor está constituido por uno o varios cilindros, dentro de los cuales se realiza la explosión de la mezcla aire – combustible que proporciona el carburador, y cuya enorme fuerza expansiva se convierte en energía mecánica. Dentro de cada cilindro se desplaza un pistón hacia arriba y hacia abajo, que por una biela se enlaza a una manivela o codo del cigüeñal, cuya rotación es la que se transmite a las ruedas. Cuando el pistón recibe por su parte alta la explosión de la mezcla aire –

combustible, se desplaza con fuerza hacia abajo y su movimiento rectilíneo se convierte por medio de la biela en un giro del cigüeñal.

Recíprocamente, si esta gira, el pistón al enlazado por la biela tendrá que moverse hacia arriba y hacia abajo del cilindro. En los costados superiores del cilindro existen dos conductos, uno de admisión por donde ingresa la mezcla y otro de escape para evacuarla al exterior cuando ya se ha quemado. Estos dos orificios se cierran y abren por medio de válvulas.

Dentro de los cilindros, la distancia de recorrido del pistón, desde el punto más bajo hasta el punto más alto, se conoce como CARRERA.

La potencia del motor depende de la cantidad de mezcla que haga explosión en el cilindro. En lugar de hacer un solo cilindro, se pueden hacer varios más pequeños, lo que hará una marcha mas regular.

Para la lubricación, este tipo de motores posee una bomba que aspira el lubricante que se encuentra en la parte inferior del CARTER a través de un flotador, lo pasa posteriormente por un filtro y de allí va por unos ductos que van a lubricar el cigüeñal, árbol de levas y balancines de válvulas. El lubricante retorna luego al Carter para repetir el recorrido.

La Sociedad de Ingenieros Automotrices (SAE) ha establecido unos grados (rangos o grupos) de viscosidad para motores. Los grados de aceite que llevan la letra "W" son apropiados para el funcionamiento en frío de los motores; los que no llevan "W" trabajan especialmente bien cuando el motor se encuentra caliente. Para motores cuya temperatura varía mucho (funcionamiento interrumpido) se han fabricado aceites multigrados, que operan adecuadamente cuando el motor esta frío o caliente. Por otro lado, el Instituto Americano del Petróleo (API) ha clasificado los aceites de motor de acuerdo al tipo de trabajo que estos puedan realizar.

Todo envase de aceite debe venir marcado con el grado de viscosidad SAE y el tipo API.

Los motores con funcionamiento a gas (Gas Natural), necesitan un aceite que produzca pocas cenizas con el fin de reducir a un mínimo la formación de depósitos en la cámara de combustión, que pudieran producir pre-ignición y daños severos.

➤ **MOTORES ELÉCTRICOS**

Este Tipo de motor transforma la energía eléctrica en movimiento y fuerza. Sus partes son Carcasa, Rotor, Embobinado, Estator, Conmutador, Base, Eje del Rotor y Soporte del Cojinete.

La energía eléctrica llega al Conmutador (plaquitas de cobre) y de allí por los cables pasa al embobinado (cable enrollado) del motor. Simultáneamente está entrando energía eléctrica al estator. El estator va montado dentro de la carcasa fija y por lo tanto no se mueve. Cuando el estator y el rotor se encuentran energizados, se produce movimiento del rotor, es decir, del eje. De esta manera se ha transformado la energía eléctrica en fuerza y movimiento.

La lubricación de este tipo de motores, consiste en lubricar los cojinetes. Estos pueden ser rodamientos o cojinetes planos. Algunos rodamientos vienen sellados y no se hace necesaria su lubricación. La lubricación puede ser por aceite o por grasa, según el diseño del cojinete.

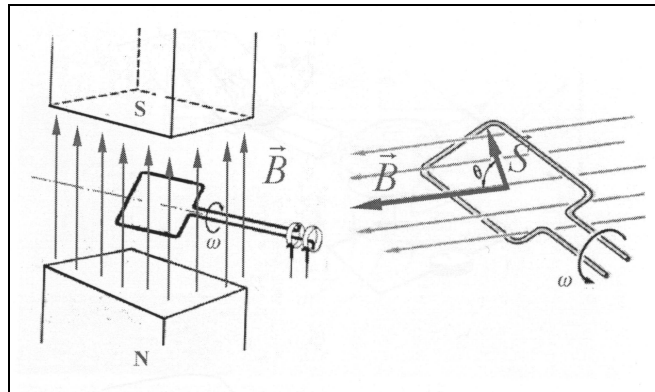
GENERADORES

La energía eléctrica se produce en los aparatos llamados generadores o alternadores.

Un generador consta, en su forma más simple de:

- Una espira que gira impulsada por algún medio externo.
- Un campo magnético uniforme, creado por un imán, en el seno del cual gira la espira anterior. (Ver figura 3.1)

Figura 3.1 Campo Magnético



A medida que la espira gira, el flujo magnético a través de ella cambia con el tiempo, induciéndose una fuerza electromotriz, y si existe un circuito externo, circulará una corriente eléctrica.

Para que un generador funcione, hace falta una fuente externa de energía (hidráulica, térmica, nuclear, etc.) que haga que la bobina gire con una frecuencia deseada.

➤ **Generadores de Corriente Continua**

Si una armadura gira entre dos polos de campo fijos, la corriente en la armadura se mueve en una dirección durante la mitad de cada revolución, y en la otra dirección durante la otra mitad. Para producir un flujo constante de corriente en una dirección, o continua, en un aparato determinado, es necesario disponer de un medio para invertir el flujo de corriente fuera del generador una vez durante cada revolución.

Los generadores modernos de corriente continua utilizan armaduras de tambor, que suelen estar formadas por un gran número de bobinas agrupadas en hendiduras longitudinales dentro del núcleo de la armadura y conectadas a los segmentos adecuados de un conmutador múltiple. Si una armadura tiene un solo circuito de cable, la corriente que se produce aumentará y disminuirá dependiendo de la parte del campo magnético a través del cual se esté moviendo el circuito. Un conmutador de varios segmentos usado con una armadura de tambor conecta siempre el circuito externo a uno de cable que se mueve a través de un área de alta intensidad del campo, y como resultado la corriente que suministran las bobinas de la armadura es prácticamente constante. Los campos de los generadores modernos se equipan con cuatro o más polos electromagnéticos que aumentan el tamaño y la resistencia del campo magnético. En algunos casos, se añaden interpolos más pequeños para compensar las distorsiones que causa el efecto magnético de la armadura en el flujo eléctrico del campo.

Los generadores de corriente continua se clasifican según el método que usan para proporcionar corriente de campo que excite los imanes del mismo. Un generador de excitado en serie tiene su campo en serie respecto a la armadura. Un generador de excitado en derivación, tiene su campo conectado en paralelo a la armadura. Un generador de excitado combinado tiene parte de sus campos conectados en serie y parte en paralelo. Los dos últimos tipos de generadores tienen la ventaja de suministrar un voltaje relativamente constante, bajo cargas eléctricas variables. El de excitado en serie se usa sobre todo para suministrar una corriente constante a voltaje variable.

➤ **Generadores de Corriente Alterna**

Un generador simple sin conmutador producirá una corriente eléctrica que cambia de dirección a medida que gira la armadura. Este tipo de corriente alterna es ventajosa para la transmisión de potencia eléctrica, por lo que la mayoría de los generadores eléctricos son de este tipo. En su forma más simple, un generador de corriente

alterna se diferencia de uno de corriente continua en sólo dos aspectos: los extremos de la bobina de su armadura están sacados a los anillos colectores sólidos sin segmentos del árbol del generador en lugar de los conmutadores, y las bobinas de campo se excitan mediante una fuente externa de corriente continua más que con el generador en sí. Los generadores de corriente alterna de baja velocidad se fabrican con hasta 100 polos, para mejorar su eficiencia y para lograr con más facilidad la frecuencia deseada. Los alternadores accionados por turbinas de alta velocidad, sin embargo, son a menudo máquinas de dos polos. La frecuencia de la corriente que suministra un generador de corriente alterna es igual a la mitad del producto del número de polos y el número de revoluciones por segundo de la armadura.

A veces, es preferible generar un voltaje tan alto como sea posible. Las armaduras rotatorias no son prácticas en este tipo de aplicaciones, debido a que pueden producirse chispas entre las escobillas y los anillos colectores, y a que pueden producirse fallos mecánicos que podrían causar cortocircuitos. Por tanto, los alternadores se construyen con una armadura fija en la que gira un rotor compuesto de un número de imanes de campo. El principio de funcionamiento es el mismo que el del generador de corriente alterna descrito con anterioridad, excepto en que el campo magnético (en lugar de los conductores de la armadura) está en movimiento.

La corriente que se genera mediante los alternadores aumenta hasta un pico, cae hasta cero, desciende hasta un pico negativo y sube otra vez a cero varias veces por segundo, dependiendo de la frecuencia para la que esté diseñada la máquina. Este tipo de corriente se conoce como corriente alterna monofásica.

Sin embargo, si la armadura la componen dos bobinas, montadas a 90° una de otra, y con conexiones externas separadas, se producirán dos ondas de corriente, una de las cuales estará en su máximo cuando la otra sea cero. Este tipo de corriente se denomina corriente alterna bifásica.

Si se agrupan tres bobinas de armadura en ángulos de 120° , se producirá corriente en forma de onda triple, conocida como corriente alterna trifásica. Se puede obtener un número mayor de fases incrementando el número de bobinas en la armadura, pero en la práctica de la ingeniería eléctrica moderna se usa sobre todo la corriente alterna trifásica, con el alternador trifásico, que es la máquina dinamoeléctrica que se emplea normalmente para generar potencia eléctrica.

COMPRESORES

Un compresor es un mecanismo accionado por una fuerza motriz que sirve para elevar la presión de un gas sobre el cual actúa realizando un trabajo. Los compresores y las bombas son los impulsores de fluidos más importantes.

Comprimir tiene varios propósitos:

- Transmitir potencia.
- Proveer aire para la combustión.
- Transportar y distribuir gas.
- Circular un gas dentro de un proceso o sistema.
- Producir condiciones más propicias para reacciones químicas.
- Producir y mantener distintos niveles de presión para múltiple propósitos.

En términos generales, los compresores se clasifican de acuerdo a los gases que van a comprimir en:

- Compresores de aire.
- Compresores para gases diversos (Oxígeno, Nitrógeno, Hidrógeno, Helio, Acetileno, etc.).
- Compresores de frío (Refrigeración)

La buena operación de un compresor se mide por dos factores:

- El Volumen
- La Presión del Aire Expelido

Debido a que el aire es más abundante y económico, se suele comprimir más que cualquier otro gas. Los compresores que suministran aire comprimido a presiones inferiores a 30 Psig se conocen como Ventiladores.

TIPOS DE COMPRESORES

Existe una gran variedad de compresores y se clasifican de acuerdo a su manera de operar, como se aprecia en la tabla 3.2.

Tabla 3.2 Tipos de Compresores

COMPRESORES DE AIRE		
1. DESPLAZAMIENTO POSITIVO	A. ALTERNATIVOS	1. PISTÓN 2. DIAFRAGMA
	B. ROTATORIOS	1. PALETA DESLIZANTE 2. ANILLO LIQUIDO 3. TIPO ROOTS 4. TORNILLO SIN FIN
		A. RADIAL
		B. AXIAL
		2. DINÁMICOS

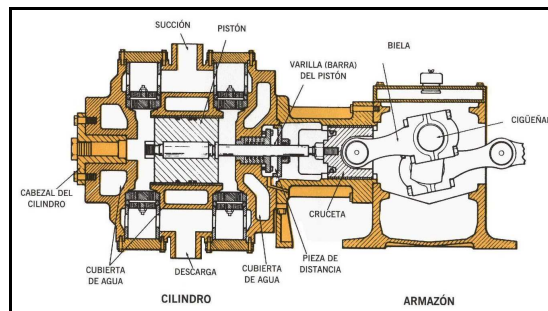
ASESORIA Y CONSULTORIA PETROLERA
Ing. Héctor Román.

COMPRESORES DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO

Estos aumentan la presión directamente por reducción del volumen de la cámara que encierra el gas.

➤ ALTERNATIVOS

En la figura 3.2 se esquematizan las partes de un compresor.

Figura 3.2 Partes de un Compresor

Se caracterizan por tener partes que alternan en su movimiento para comprimir el aire y pueden ser de Pistón o de Diafragma.

En los de Pistón, el funcionamiento es similar al motor de combustión interna. El pistón recibe el gas (Admisión), llenando la capacidad del cilindro hasta cerrar la válvula (Inyección y Escape). Luego sube y comprime el gas y posteriormente lo expulsa. Pueden ser de doble efecto, es decir el pistón comprime en su carrera ascendente y también lo hace en su carrera descendente.

En los de Diafragma, es igual al anterior con la diferencia que para su funcionamiento usa un diafragma flexible en una cámara de compresión en vez de un pistón alternativo. El diafragma puede ser accionado por medios mecánicos o hidráulicos y puede ser de una o varias etapas. En el compresor de diafragma accionado mecánicamente, el eje está conectado a un motor eléctrico que lo hace girar. En el accionado hidráulicamente, el movimiento del diafragma es causado por presión alternativa hidráulica ejercida sobre la parte inferior del diafragma.

➤ ROTATORIOS

Estos como su nombre lo indican, emplean rotores para realizar la compresión. Pueden ser de varios tipos:

De Aleta Corrediza, los cuales tienen un rotor redondo montado excéntricamente en el cilindro. En el rotor hay una serie de ranuras y cada ranura lleva una aleta. Con la revolución del rotor, las aletas entran y salen en la ranura. El borde exterior de cada aleta se mantiene en contacto con el cilindro por la fuerza del rotor en movimiento. La compresión se realiza de la siguiente manera: el aire que se induce en la cámara por el orificio de entrada, es atrapado en las aletas que lo llevan por el cilindro. Al girar el rotor, se va reduciendo el espacio existente entre las aletas (compresión) y el aire contenido en ese espacio se comprime hasta llegar al orificio de salida.

De Anillo Líquido, es similar al anterior en su construcción. El rotor se monta excéntricamente en el cilindro y lleva una serie de aletas fijas. El cilindro se llena parcialmente con un líquido (generalmente agua si la máquina comprime aire), se agita por la acción de las aletas del rotor y forma un anillo. La distancia entre el borde interior de anillo líquido y el rotor es variable y con ello varía el espacio entre las aletas. El aire se comprime entre el líquido y las aletas del rotor. La compresión se produce así: El aire es succionado y se introduce en el cilindro; luego pasa al espacio que queda entre el líquido y las aletas del rotor donde se comprime. El aire se comprime una vez por cada revolución del rotor y se pueden obtener varios ciclos de compresión dando una forma adecuada a la cara interior del cilindro. En la práctica, sin embargo, los ciclos se limitan a dos.

De tipo Roots, este tipo tiene dos o más rotores encerrados en una caja, los rotores tienen lóbulos no redondos que giran sobre ejes paralelos separados y accionados exteriormente por mecanismos sincronizados perfectamente para que engranen correctamente. Los rotores no tienen contacto con la caja ni entre si.

La compresión tiene lugar de la siguiente manera: el aire es succionado por el orificio de entrada y se introduce en la cámara de compresión; los rotores que giran forzan su paso por la caja; como el espacio de los rotores entre si y con la caja es reducido, el aire debe comprimirse en esos espacios; el aire comprimido es expulsado por el orificio de salida. La presión a la cual se comprime el gas es baja por que el aire no

sufre mucha compresión, pero el volumen es alto por que el aire fluye constantemente hacia la cámara de compresión.

Los compresores rotatorios de Tornillo sin Fin, tienen dos rotores que engranan con lóbulos en forma de tornillo. Los rotores son accionados por un mecanismo externo. En el rotor macho los lóbulos son convexos, mientras que en el rotor hembra los lóbulos son cóncavos. El espacio entre los rotores macho y hembra y entre estos y la caja, debe ser lo más pequeño posible. El aire entra a la cámara de compresión y penetra en el espacio libre que dejan los rotores. Los rotores engranan al girar y obligan al aire a pasar por la rosca. El aire es comprimido debido a que se reduce su volumen.

COMPRESORES DINÁMICOS

Son aquellos que tienen paletas o impulsadores que giran a gran revolución para aumentar la velocidad y presión del aire. Son también llamados compresores aerodinámicos o turbocompresores.

Los compresores dinámicos se clasifican según la dirección del flujo del aire a lo largo de los rotores y pueden ser de flujo RADIAL o de flujo AXIAL.

➤ DE FLUJO RADIAL

También llamado compresor centrífugo. Tiene paletas fijas y giran en una caja de diseño especial. El aire entra por un extremo del rotor, aumenta su velocidad y es expelido. Del rotor el aire pasa al difusor. Cuando el aire entra al difusor, disminuye su velocidad y aumenta su presión para luego pasar a la caja y buscar la salida. Estos compresores pueden entregar aire a alta o baja presión, según la forma del rotor y el difusor. El volumen entregado siempre es alto. Cuando el aire entra por un solo lado del rotor, se denomina “de flujo simple”, cuando entra por ambos lados del rotor, se denomina “de doble flujo”. El rotor y el difusor no se tocan en este tipo de

compresores, por lo cual no necesita lubricación interna. La lubricación se reduce a los cojinetes y engranajes y el método depende del tamaño de la máquina. Las grandes tienen un sistema de circulación de aceite y las pequeñas usan grasa o baño de aceite.

➤ DE FLUJO AXIAL

Estos son similares a los de flujo radial, con la excepción de que el aire fluye de manera distinta a lo largo del rotor. Este se mueve paralelamente al eje del rotor. La caja de la cámara de compresión es amplia en el extremo de la entrada de aire y estrecha en el de la salida del aire. La caja lleva montadas series de hileras de paletas curvas fijas que alternan con paletas curvas móviles montadas en el rotor giratorio. En la parte estrecha, las paletas son más cortas y el espacio entre ellas es más pequeño. La curvatura de las paletas fijas es opuesta a la de las paletas móviles.

El aire entra por el extremo amplio hacia el primer grupo de paletas móviles. La forma de estas es tal que aumentan considerablemente la velocidad del aire antes de hacerlo pasar por el grupo de paletas fijas que sigue. Al pasar por las paletas fijas, el aire reduce su velocidad debido a la forma curva de las paletas y aumenta su presión.

El proceso de aumentar y disminuir la velocidad del aire alternadamente y aumentar cada vez más su presión, continua en toda la longitud del rotor en etapas, debido a la forma de las paletas. El aire comprimido es expelido por la parte estrecha.

El aire generado por un compresor axial tiene alta presión y volumen; es más pequeño que uno de flujo radial y puede procesar grandes volúmenes de aire con gran eficacia, ya que una sola unidad es de por sí de varios pasos. Debido a que las paletas fijas y las móviles no se tocan, no se necesita de lubricación interna. La lubricación se reduce a cojinetes y engranajes como en los compresores de flujo radial.

SELECCIÓN DEL COMPRESOR

Un compresor consiste de dos componentes principales: una fuerza motriz y un compresor. La selección de un particular tipo dependerá de las consideraciones en conjunto de los aspectos técnicos y económicos.

Las consideraciones técnicas deberían incluir:

- Disponibilidad en el tamaño requerido;
- Compatibilidad con los tipos ya existentes en operación;
- Fiabilidad, seguridad y flexibilidad bajo variaciones de presión;
- Conveniencia para operación remota o manual;
- Disponibilidad de energía (por ejemplo, para motores eléctricos); y,
- Consideraciones ambientales (emisiones, niveles nocivos).

Las consideraciones económicas deberían incluir:

- Costo de capital;
- Costos de mantenimiento y operación; y,
- Costo de combustible.

ANEXO 3.7 PROFORMA PARA EL GENERADOR DE LA ESTACIÓN PINDO



COTIZACIÓN RDC-1128

TO: PETROSUD
ATTN.: SRTA ALICIA RODRIGUEZ

FROM: ARCOLANDS Cia Ltda
DATE: 10/23/2006

VHP 7104 GSID SERIES CUATRO.

ITEM	CODIGO	DESCRIPCION	QTY	
1	EBR270	VHP 7104 GSID Enginator, con potencia de 1200 Kwe continuos a 1200 RPM con el gas combustible provisto por el cliente, pistones de baja relación de compresión 8:1 y radiador acoplado al cigüeñal.	1	
2		Acople flexible para el gas, acero inoxidable 2"x18"	1	
3	3023A	Calentador del generador. Se desconecta automáticamente con el motor operando. 1000W 240V AC /1 fase y 50 - 60 Hz	1	
4	3045	Regulador de voltaje de tres fases.	1	
5	3046	Compensador de corriente	1	
6	4302	Conexión flexible para el circuito auxiliar, 3"	1	
7	4304	Conexión flexible para el circuito principal. 6"x 24"	1	
8	4650A	Switch de parada por bajo nivel de agua	1	
9	5101DC	Bomba de pre y post lubricación, 24 DC,	1	
10	5203	Regulador de nivel de aceite lubricante	1	
11	5500	Montaje del filtro de aceite en la base	1	
12	6100	Switch de alarma por alta temperatura del agua	1	
13	6102	Switch de alarma por baja presión de aceite	1	
14	6104	Switch de alarma por alta temperatura de aceite	1	
15	6104A	Switch de parada por alta temperatura de aceite	1	
16	6105	Switch de alarma por baja presión de combustible. Despachado suelto para ensamble en el campo	1	
17	6105A	Switch de parada por baja presión de combustible. Despachado suelto para ensamble en el campo	1	
18	6106C	Switch de alarma y parada por alta vibración	1	
19	6109	Switch de alarma por bajo nivel de aceite	1	
20	6109A	Switch de parada por bajo nivel de aceite	1	
21	7012	Silenciador de escape de nivel residencial	1	
22	N C	Scanner Murphy de temperatura para las termocuplas	1	
	6926B	Termocuplas tipo K, para temperaturas de escape, 14 puntos,	1	
23				

24	9637A	Modulo AFM, actuador del regulador de la válvula principal, transmisor de presión del múltiple de admisión, sensor de oxígeno, termocupla para medir temperatura de gases de escape.	1	
25	N/C	PANEL DE CONTROL Y SWITCHGEAR Para sincronizar con el generador Waukesha existente	1	

SUBTOTAL EX-WORKS	US\$	824.439,00
DESCUENTO 15 %	US\$	123.665,85
TOTAL EX-WORKS	US\$	700.773,15

ADICIONALES				
ITEM	CODIGO	DESCRIPCION	QTY	Total
1		Supervisión durante el montaje. La supervisión será realizada por un Técnico certificado de fábrica.		6.200,00
2		Arranque de la unidad. Para el arranque se conformará un equipo de dos técnicos certificados de Waukesha, un experto en utilización de gas como combustible.		10.600,00
3		Filtro coalescente Peco.	2	9.600,00
TOTAL US \$				26.400,00

**ENTREGA EXWORKS: 30 A 34 SEMANAS DESPUES DE RECIBIR LA ORDEN EN FIRME
VALIDEZ: 60 DIAS**

TERMINOS DE PAGO: CARTA DE CREDITO A FAVOR DE WAUKESHA, o

PAGOS PROGRAMADOS: 50 % CON LA ORDEN

30 % CUANDO EL MOTOR ESTA LISTO

20 % ANTES DE EMBARCAR EL EQUIPO.

GARANTIA DEL EQUIPO:

12 MESES LUEGO DEL ARRANQUE O 18 MESES LUEGO DEL EMBARQUE

TRANSPORTE Y SEGUROS					
ITEM	CODIGO	DESCRIPCION	QTY	P. Unitario	Total
1		Export boxing and handling	2	2.480,00	4.960,00
2		Inland Freight en Estados Unidos	1	6.320,00	6.320,00
3		Transporte internacional desde Estados Unidos, hasta Puerto Ecuatoriano	2	10.800,00	21.600,00
4		Transporte terrestre desde el Puerto hasta el campo MDC	1	4.120,00	4.120,00
5		Inspección	1	4.980,00	4.980,00
6		Seguro de transporte desde EE UU hasta el MDC	1	6.300,00	6.300,00
TOTAL			1		48.280,00

**Ing. Jorge Cañizares S.
GERENTE DE VENTAS**

ANEXO 3.8 PROFORMAS PARA LOS COMPRESORES DE LA ESTACIÓN PINDO

F.L.Smith Inc.
2040 Avenue C • Bethlehem, PA 18017-2188 • USA
Tel +1 610 264 6011 • Fax +1 610 264 6701
www.flsmidth.com



BUDGETARY PROPOSAL

To: PETROSUD - PETRORIVA	Date: July 29, 2006
	Proposal No: 97-04-54255A -103
	Your Inquiry No: Verbal
Attn: To Whom It May Concern	Shipping Terms: See Below
	Terms: See below
	For Acceptance Within: 30 Days

SUBJECT:

In response to your inquiry, we are pleased to offer you the following equipment for your consideration.

Option No. 1: 180 – 250 MSCFD 0 -30 PSIG

Item	Qty	Description
A	1	FLS <i>Ful-Vane</i> ® CC50 Single Stage Water Cooled Rotary Sliding Vane Compressor Package As Described in the Following Scope of Supply:

BUDGETARY Price EACH FOB – Houston, Tx:\$ 134,815.00
Shipment: 16 - 18 Weeks

Notes:

- Availability of suitable ocean vessel may effect departure from U.S. Port.
- All installation, air piping, electrical connections, supports, utilities, hardware, etc by others Unless specifically listed herein.
- F.L.Smith Paint specs:
 - Package shall mechanical cleaning and receive one coat of primer and one finish coat of enamel.
- Shipment is based on workload and inventory at the time of issue of the proposal and is subject to confirmation at the time of order placement.
- If Approval Drawings are requested, they will be of the General Arrangement type only. Pricing is based upon one submittal and one return of drawings only. Shipment and price will then be established based upon return and review of approval drawings.
- If Approval Drawings are requested, they will be of the General Arrangement type only. Pricing is based upon one submittal and one return of drawings only. Shipment and price will then be established based upon return and review of approval drawings.
- FLS equipment has been designed and manufactured to meet certain industry standards and to be in accordance with relevant Federal Codes and Standards. However, FLS is not, and cannot be, familiar with the local laws, rules and regulations of the project site. The buyer must advise FLS of any local regulations that would affect the design and fabrication of the equipment to be supplied. US Codes and Standards that FLS deems applicable to the proposed equipment will be followed. The customer should check the approval drawings for compliance at the approval stage. Resulting changes may incur additional costs

F. L. SMIDTH

Proposal No. 97-04-54255-103

Date: July 29, 2006

TERMS: FLS standard terms and conditions apply**PAYMENT TERMS:** Irrevocable Letter of Credit Confirmed by Major U.S. Bank**OPTIONAL DISCHARGE SCRUBBER:**

Gas scrubber will be vertical type with heavy duty skirt. Scrubber will be designed and stamped in accordance with Section VIII (Unfired Pressure Vessels) of the ASME Boiler and Pressure Vessel Code. Flanges are ANSI standard as required by design pressure and flow rate.

Diameter (Inches)	12
Design Pressure	50
Mist Extractor, 4: thick, 9# density	304 SS
Inlet Flange	4"
Automatic Drain Valve	Yes - Murphy
Liquid Level Controller	Yes - Murphy
Manual Drain Valve	Yes - Ball Valve
Gauge Glass	Yes - Tubular with gage valves
High Liquid Level Switch	Yes - Murphy

BUDGETARY Price **ADDER:** \$ 3,658.00

Please feel free to contact us if you should require additional information. We look forward to receiving your valued order.

Very truly yours,
F. L. Smidth

Tom Minshew

Tom Minshew
Product Manager
Compressor Products
Phone: (610) 264-6632
Fax: (610) 264-6735

FUL-VANE® COMPRESSOR PACKAGE

F.L.Smith Inc.
 2040 Avenue C • Bethlehem, PA 18017-2188 • USA
 Tel +1 610 264 6011 • Fax +1 610 264 6701
www.flsmidth.com



BUDGETARY PROPOSAL

To: PETROSUD - PETRORIVA	Date: July 29, 2006
	Proposal No: 97-04-54255B -103
Attn: To Whom It May Concern	Your Inquiry No: Verbal
	Shipping Terms: See Below
	Terms: See below
	For Acceptance Within: 30 Days

SUBJECT:

In response to your inquiry, we are pleased to offer you the following equipment for your consideration.

Option No. 2: 180 – 250 MSCFD 0 -30 PSIG / Sidestream 180 MSCFD 30 – 75 PSIG

<u>Item</u>	<u>Qty</u>	<u>Description</u>
A	1	FLS <i>Ful-Vane</i> ® CC50 – 60H Two Stage Water Cooled Rotary Sliding Vane Compressor Package As Described in the Following Scope of Supply:

BUDGETARY Price EACH FOB – Houston, Tx:\$ 192,200.00
 Shipment: 16 - 18 Weeks

Notes:

- a) Availability of suitable ocean vessel may effect departure from U.S. Port.
- b) All installation, air piping, electrical connections, supports, utilities, hardware, etc by others Unless specifically listed herein.
- c) F.L.Smith Paint specs:
 - Package shall mechanical cleaning and receive one coat of primer and one finish coat of enamel.
- d) Shipment is based on workload and inventory at the time of issue of the proposal and is subject to confirmation at the time of order placement.
- e) If Approval Drawings are requested, they will be of the General Arrangement type only. Pricing is based upon one submittal and one return of drawings only. Shipment and price will then be established based upon return and review of approval drawings.
- f) If Approval Drawings are requested, they will be of the General Arrangement type only. Pricing is based upon one submittal and one return of drawings only. Shipment and price will then be established based upon return and review of approval drawings.
- g) FLS equipment has been designed and manufactured to meet certain industry standards and to be in accordance with relevant Federal Codes and Standards. However, FLS is not, and cannot be familiar with the local laws, rules and regulations of the project site. The buyer must advise FLS of any local regulations that would affect the design and fabrication of the equipment to be supplied. US Codes and Standards that FLS deems applicable to the proposed equipment will be followed. The customer should check the approval drawings for compliance at the approval stage. Resulting changes may incur additional costs

F. L. SMIDTH

Proposal No. 97-04-54255B-103

Date: July 29, 2006

TERMS: FLS standard terms and conditions apply**PAYMENT TERMS:** Irrevocable Letter of Credit Confirmed by Major U.S. Bank**OPTIONAL DISCHARGE SCRUBBER:**

Gas scrubber will be vertical type with heavy duty skirt. Scrubber will be designed and stamped in accordance with Section VIII (Unfired Pressure Vessels) of the ASME Boiler and Pressure Vessel Code. Flanges are ANSI standard as required by design pressure and flow rate.

Diameter (Inches)	24
Design Pressure	125
Mist Extractor, 4: thick, 9# density	304 SS
Inlet Flange	6"
Automatic Drain Valve	Yes - Murphy
Liquid Level Controller	Yes - Murphy
Manual Drain Valve	Yes - Ball Valve
Gauge Glass	Yes - Tubular with gage valves
High Liquid Level Switch	Yes - Murphy

BUDGETARY Price **ADDER:** \$ 7,200.00

Please feel free to contact us if you should require additional information. We look forward to receiving your valued order.

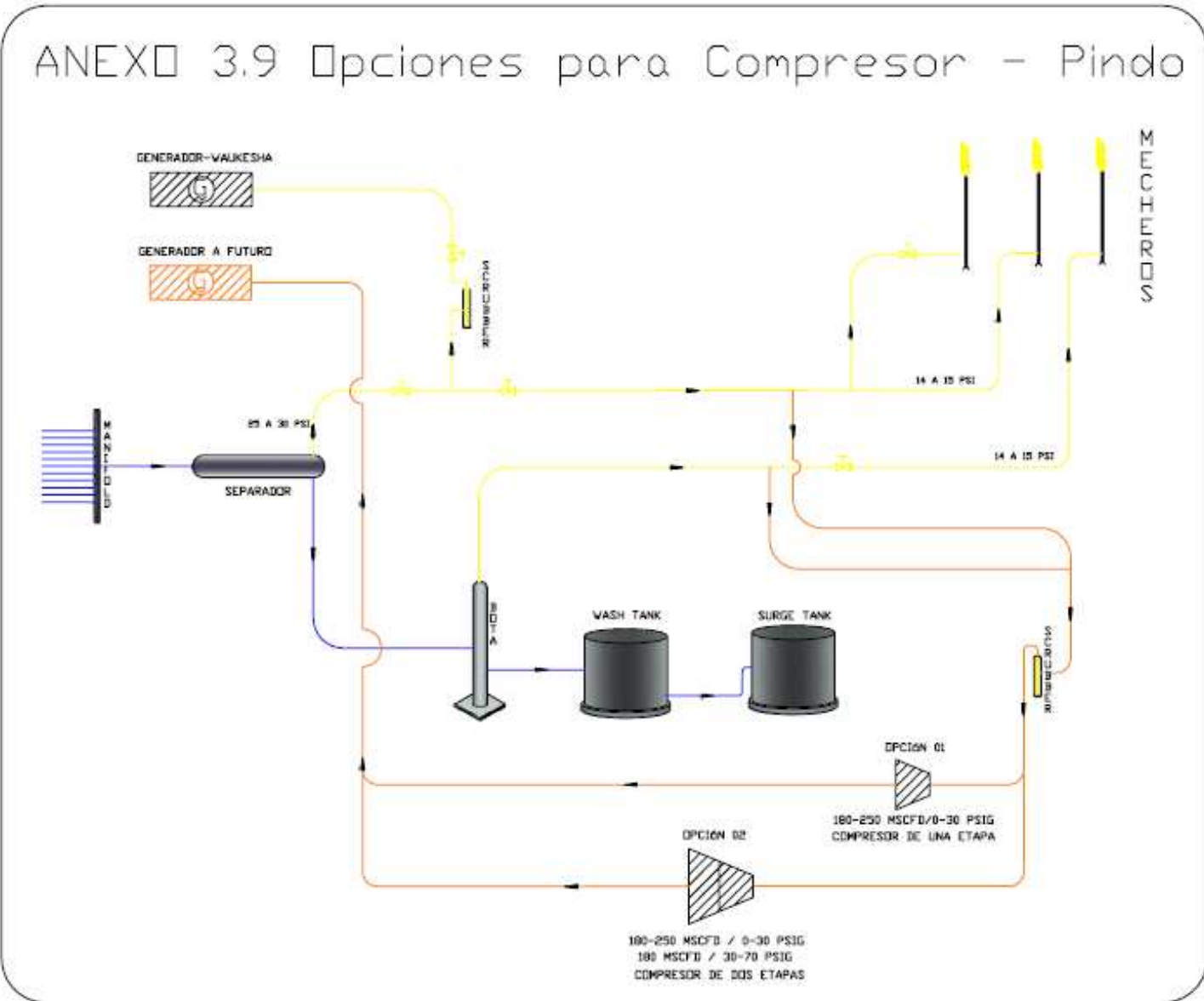
Very truly yours,
F. L. Smidth

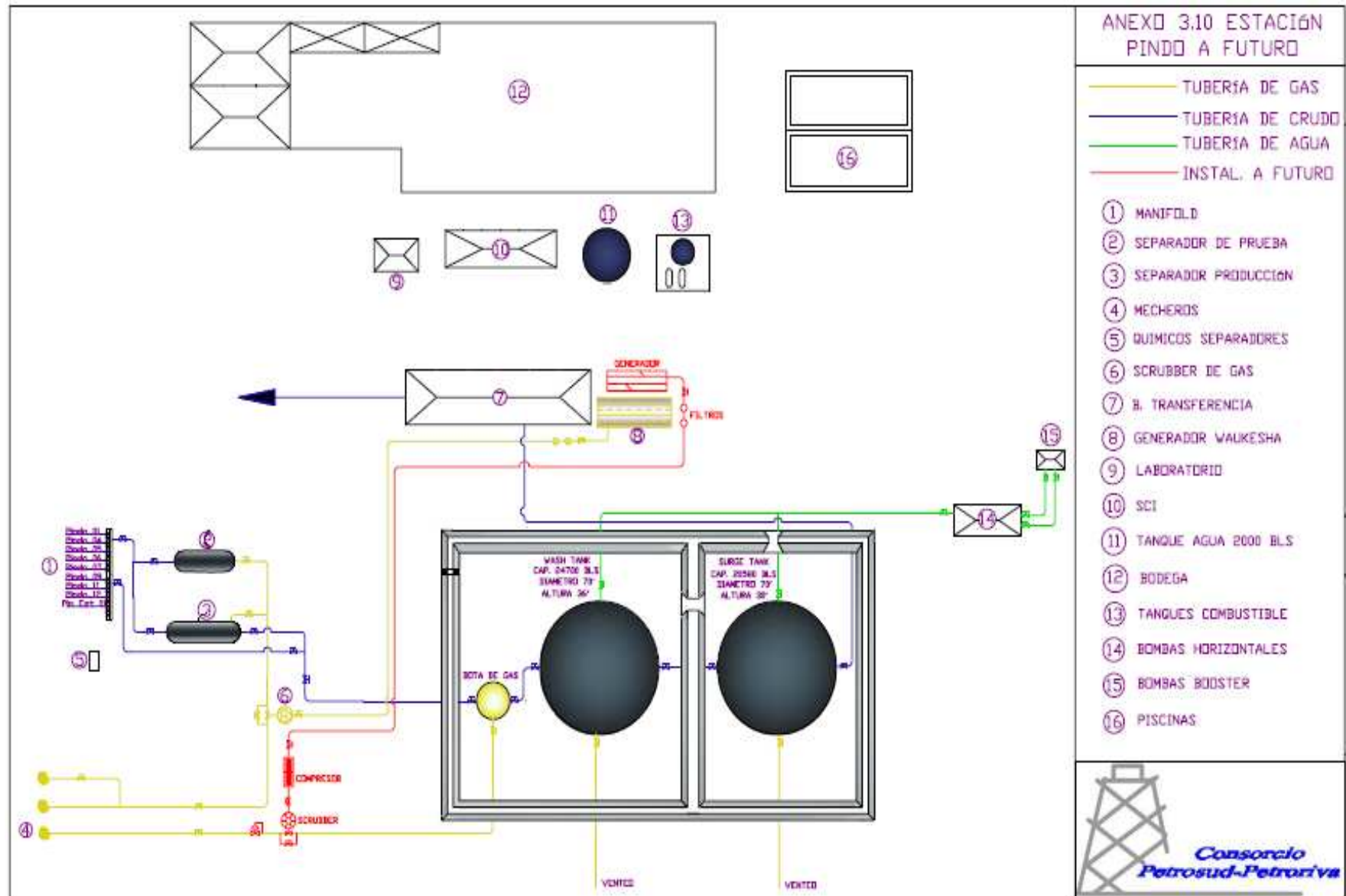
Tom Minshew

Tom Minshew
Product Manager
Compressor Products
Phone: (610) 264-6632
Fax: (610) 264-6735

FUL-VANE® COMPRESSOR PACKAGE

ANEXO 3.9 Opciones para Compresor - Pindo





3.11 PROFORMAS PARA EL GENERADOR SUB ESTACIÓN YUCA SUR 02

EMPRESA ARCOLANDS

RDC- 988 A
VENTA

TO: PETROSUD
 atn: Ing. Isaías Carrillo
 Date: 22 de Noviembre del 2005
 Ref: VGF36GSID Natural Gas Generator Set. 560 Kw

code	Description
1102	Close Crankcase breather - mounted
2024	Gas Regulator- fisher 66z - Shipped loose
2050	Flexible gas fuel lines, stainless steel, 2", (51mm) NPT, 18"
2075	Solenoid valve, 2" NPT (51mm) 24 vdc. Nc 15 PSI, MAX inlet pressure, shipped loose
3050	Digital AVR with internal VAR/POWER factor control, for paralleling with utility
4021	Jacket water heater, with disconnect relay, wired to AC junction box, 2500 watt,
4287	High temperature thermostats. Omits standard 185 deg. F (85 deg C) thermostats
5112	Waukesha microspin oil filtration system- shipped loose
5200	lube oil level regulator
6020d	Governor woodward 2301D. Digital Load sharing System for isochronous parallel
6181	Woodward EG3P Electro hydraulic governor actuator
6100	High Water temp, warning switch with thermo well 24v.DC 2 amp
6102	Low lube oil pressure warning switch 24v DC, 2amp
6410	Instrument panel - Engine mounted
6411	Oil pressure gauge- panel mounted
6413	Jacket water temperature gauge- panel mounted
6535	Intake manifold temp gauge- panel mounted
6540	Intake manifold temp gauge- panel mounted
9006	Electric starter motor, 24v dc Delco
9050	Set of batteries cables and cables - NO BATTERIES
9700A	Detonation sensing system
9990	Orange Waukesha Remote horizontal Radiator 60/50 hz

ITEM	QTY
1	Armario metalico con sus puertas y adaptaciones para el ensamble del sincronismo, con dimensiones de 48" altura x 36" ancho x 24" de profundidad.
2	Microprocesador automatico para sincronismo y distribucion de carga "Eagle Energy 2001" de 32 bits y todas las interfases analogico-digitales y las salidas digito analogicas para control de los grupos generadores. (autorizacion de la "Deep Sea Electronics")
3	Disyuntor automatico motorizado para 1000 Amps de capacidad con sus protecciones de adicionales de sobrecarga dando gran confiabilidad de proteccion por sobrecargas.
4	3 controles analogicos para amperaje y 1 control para voltaje con su conmutador de fase
5	Transformadores de corriente de 1000:5 instalados con sus barras de cobre
6	Mantenedor de la carga de las baterias de 24 voltios
7	alambrado y armado de los controles de sincronismo

Garantía por los equipos: Un año

Precio Bodegas de PETROSUD en el Coca: US \$ 357.867,00
 Descuento para PETROSUD por pago al contado 12 % 42.944,04
 TOTAL US \$ 314.922,96

Costos de supervisión de montaje y arranque, serán los estipulados en el contrato firmado entre Arcolands y Petrosud de acuerdo al número de días requeridos.

Equipos listos en Puerto de Estados Unidos en 60 días

Forma de pago:

50 % al momento de recibir la orden de compra

50 % a 30 días de entregado el generador.

Validez de la oferta: 45 días

Nota: Precio no incluye IVA

Jorge Cañizares S.
Gerente de Ventas

EMPRESA EQUEXPORT INTERNATIONAL

EQUEXPORT INTERNATIONAL INC.



Quotation: EQ-100582 02-11-02Page 2 of 7

Proposal EQ-102090 REV

Marzo 7, 2006

EQUEXPORT INTERNATIONAL INC. propone **UNA UNIDAD** SPECTRUM DETROIT DIESEL GENERATOR Modelo: 800GSW con capacidad de 800 KW / 1000 KVA a 60 Hz , 277/480 Voltios, 3 fases, 4 cables a 1800 RPM, a nivel del mar. Este equipo funciona con GAS NATURAL como combustible unicamente, el rendimiento final del equipo depende directamente de la calidad del gas.

1. Especificaciones generales:

1.1. Este equipo incluye lo siguiente:

- x Motor Heavy Duty WAUKESHA de 4 ciclos a GAS NATURAL LEAN BURN 16V VGF P48GLD
- x Isochronous frequency regulation
- x Generador SPECTRUM modelo 5M4044, 10 lead con PMG
- x Radiador montado en la unidad para temperatura ambiente de 122 F
- x Apagado automatico con bajo nivel de refrigerante
- x Filtro de aire Normal Duty
- x Controlador de arranque DIGITAL automatico NFPA 110 nivel 1, 16 luces
- x Alarmas para el motor(bajo aceite, alta temperatura, baja carga bateria, bajo nivel de agua, sobrevelocidad, etc)
- x Breaker de 1200 amp, MLCB
- x Alimentadores de combustible flexibles de suministro y retorno
- x Conector flexible de escape, acero inoxidable, 10"
- x Silenciador critico de escape, 10"
- x Bateria de arranque
- x Rack de bateria y cables
- x 1 sets de manuals de operacion y mantenimiento
- x Garantia de fabrica DETROIT DIESEL por 1 anio

EQUEXPORT INTERNATIONAL INC.



Quotation: EQ-100582 02-11-02Page 3 of 7

1.2

Engine Model	Generator Model	1800 RPM PRIME POWER SEA LEVEL		
DETROIT DIESEL 16V VGF P48GLD 4 CYCLE 16 V	Marathon 5M4044	800 Kw 1000 Kva		

2. Engine

2.2 Model	16V VGF P48GLD
2.3 Frequency	60 Hz
2.4 Type:	4 Cycle
2.5 Cylinder arrangement	16 V
2.6 Rated RPM	1800
2.7 Max power at rated RPM	1230 BHP
2.8 Governor type	Electronic Control
2.9 Frequency regulation, steady state	+/- 0.5%

3. Generator

3.1 The generator is a MARATHON	5M4044
3.2 Type	4 Pole rotating field
3.3 Exciter type:	Brushless, permanent magnet
3.4 Voltage regulator	Solid state , Volts/Hz
3.5 Insulation	NEMA MG1
3.6 Phases	3
3.7 Leads:	10
3.8 Voltage:	277/480 V
3.9 Frequency:	60 Hz

4. Assembly

Este es un equipo de generacion electrica para PRIME POWER ensamblado originalmente en la fabrica DETROIT DIESEL / MTU

EQUEXPORT INTERNATIONAL INC.



Quotation: EQ-100582 02-11-02Page 4 of 7

5. Cooling System

El sistema de enfriamiento es con radiador para 105 F

6. Controls

6.1 Controlador con Microprocesador DIGITAL 550 NFPA 110 Nivel 1, arranque automatico

7. Breaker

7.1 Line circuit breaker of 1200 Amp., 3 fases.

8. Factory Testing

Los generadores seran probados en fabrica antes del embarque.

9. Manuals

Dos copias de los manuales de operacion y mantenimiento se envian con cada equipo.

10. Warranty

Los equipos tienen garantia completa por 1 ano por DETROIT DIESEL/ mtu

11. Quality Assurance

Detroit Diesel opera bajo un programa de Control de Calidad ISO 9001

EQUIPO PARA PROCESAMIENTO DE GAS:

Se instalara un FILTRO COALESCENT

En esta oferta se incluye todo el equipo para este proceso con su debida intalacion, funcionando en el Oriente.

EQUEXPORT INTERNATIONAL INC.



Quotation: EQ-100582 02-11-02Page 5 of 7

12. Pricing

- **Entrega:**
Los equipos se embarcan en 18 a 22 semanas desde la confirmacion de la Carta de Credito por el banco en USA.

- **Forma de pago:**

- A) LOS EQUIPOS SE PROVEEN INSTALADOS EN EL SITIO DE OBRA POR UN TECNICO DE LA FABRICA QUIEN CALIBRA Y PONE A PUNTO EL SISTEMA COMPLETO.
- B) EL COSTO TOTAL INSTALADO DE LOS EQUIPOS EN VENTA ES DE US\$:

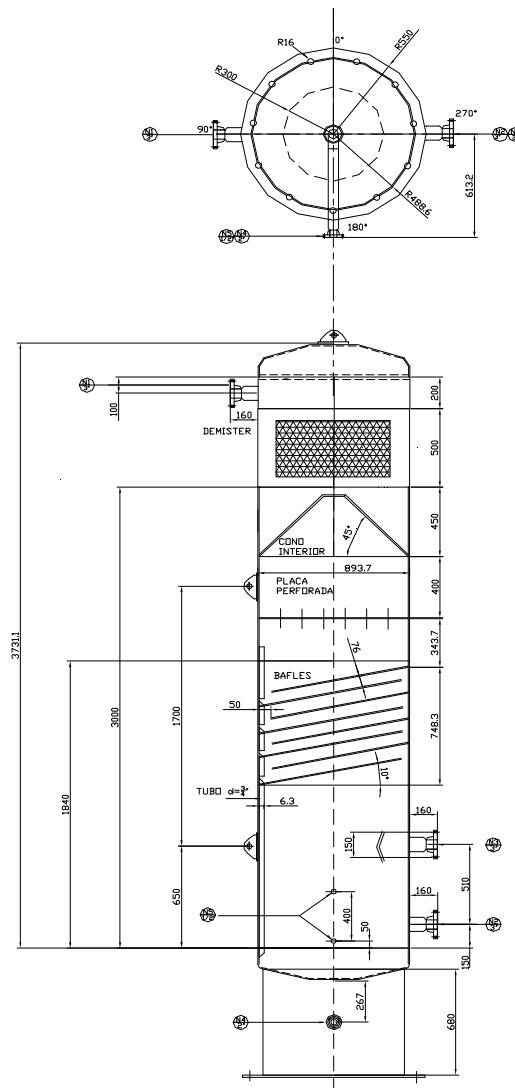
TOTAL: US548.500

POR LA UNIDAD DE GENERACION A GAS EN PRIME POWER Y CON LOS EQUIPOS PARA FILTRADO DE GAS, MAS IVA.

OPCIONES DE PAGO:

- A) PAGO DEL VALOR TOTAL CON CARTA DE CREDITO COMERCIAL CONFIRMADA ATRAVES DEL INTERNATIONAL FINANCE BANK DE MIAMI A FAVOR DE EQUEXPORT INTERNATIONAL INC., PAGADERA CONTRA DOCUMENTOS DE EMBARQUE.
- B) PAGO TIPO LEASING A 36 MESES PLAZO CON CUOTAS MENSUALES DE **US\$ 18.500** mas IVA con carta de Credito Stand By por el total de cuotas a ser confirmada al IFB de Miami. **Con el pago de la ultima cuota los equipos pasan a ser de propiedad de PETROSUD.**

ANEXO 3. 12 DIAGRAMA DE CONSTRUCCIÓN DEL SCRUBBER SUB ESTACIÓN YUCA SUR 02



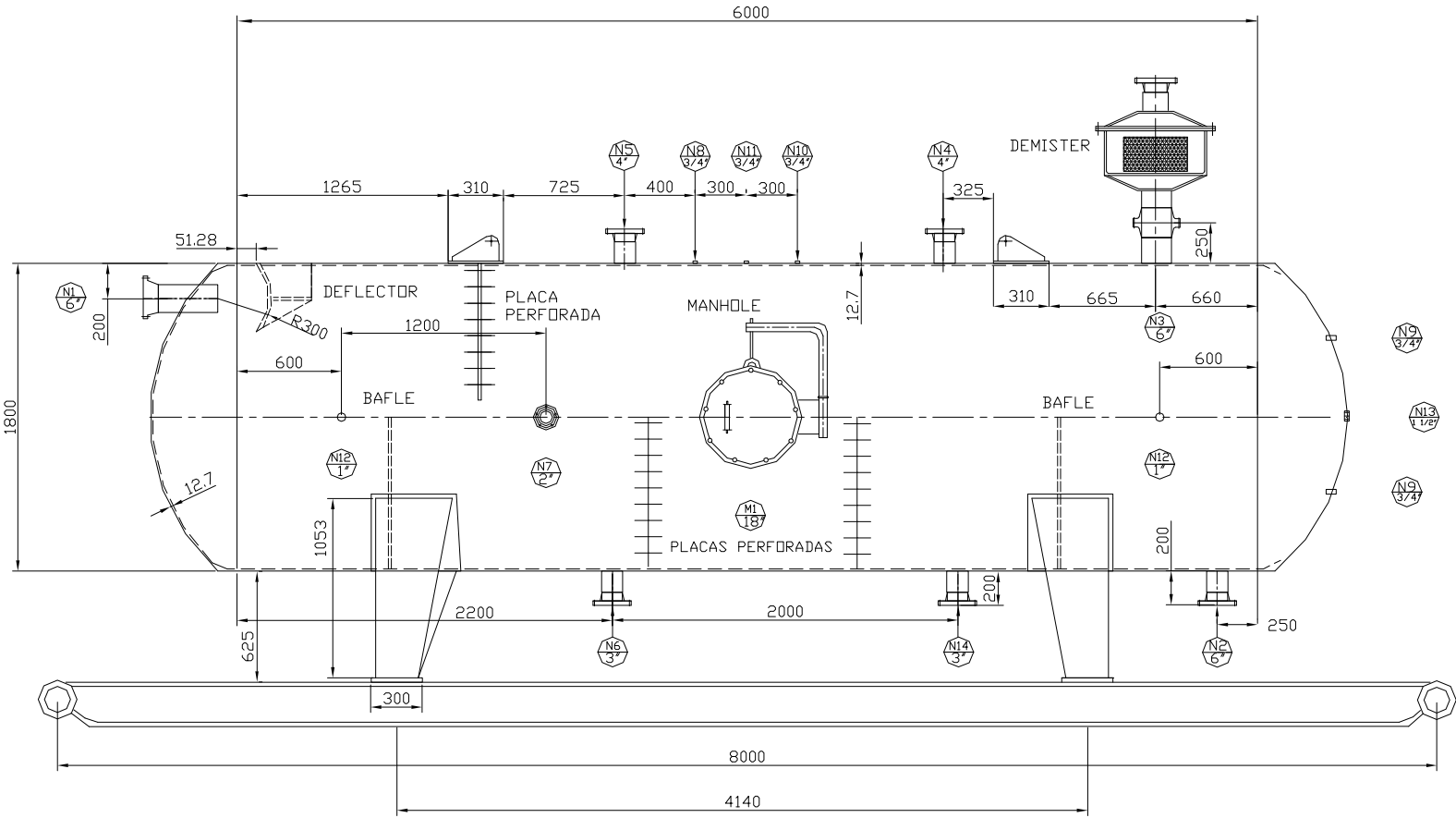
ELEMENTOS DEL RECIPIENTE

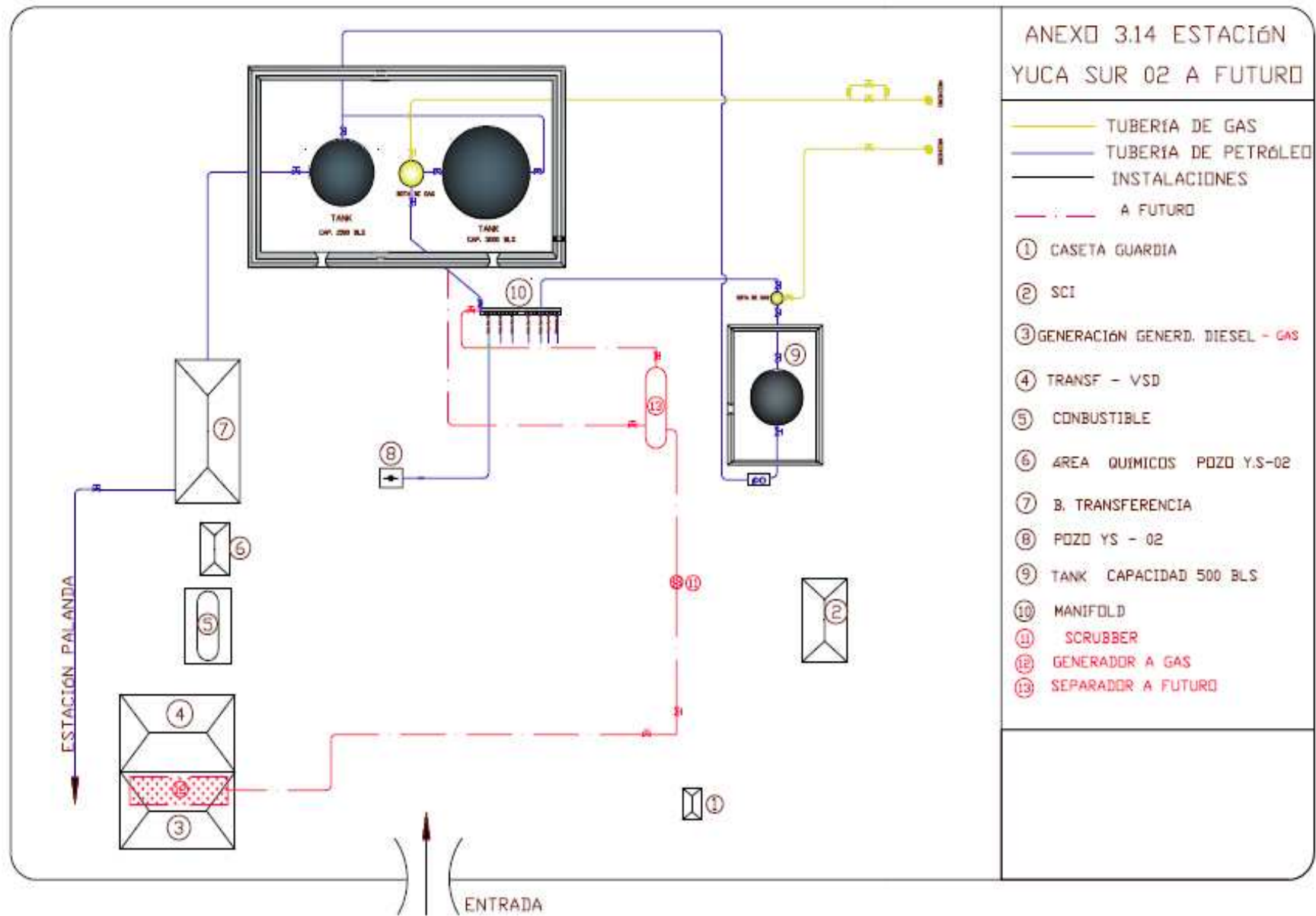
ITEM	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	t(mm)
1	Cuerpo	SA-36	6,35
2	Cabezas	SA-36	6,35
3	Faldon	SA-36	6,35
4	Base de Apoyo	SA-36	12
5	Refuerzos	SA-36	6,35
6	Orejas de Izaje	SA-36	10
7	Baffles	SA-36	6,35
8	Soporte de Placa	SA-36	6
9	Brida	SA-105	ANSI 150
10	Cuellos de Brida	SA-106-B	SCH 80
11	Esparragos/Tuercas	SA-193-B7/194-2H	-
12	Empaque	-	-

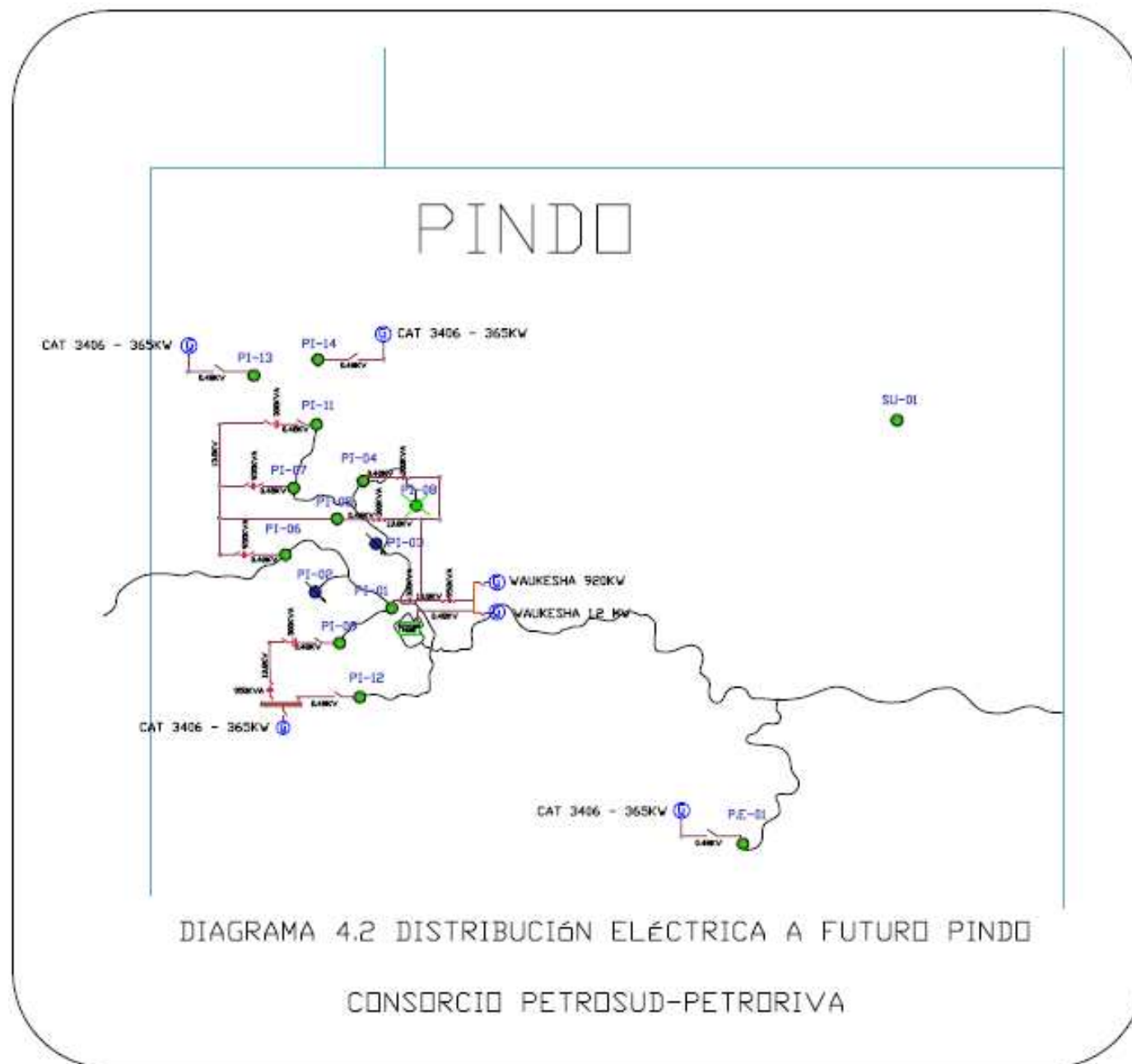
BOCAS	CAT	TAM	RATEO	TIPO	SERVICIO
N1	1	Ø 3"	150#	WNRF	Salida de Gas
N2	1	Ø 3"	150#	WNRF	Salida de Líquido
N3	1	Ø 3"	150#	WNRF	Entrada de Líquido
N4	1	Ø 2"	150#	WNRF	Drenaje
N5	2	Ø 1/2"	3000#	CPLG	Mirilla de Nivel

ANEXO 3.13 DIAGRAMA DE CONSTRUCCIÓN DEL SEPARADOR PARA SUB ESTACIÓN YUCA SUR 02

CAPACIDAD: 10000 BLS







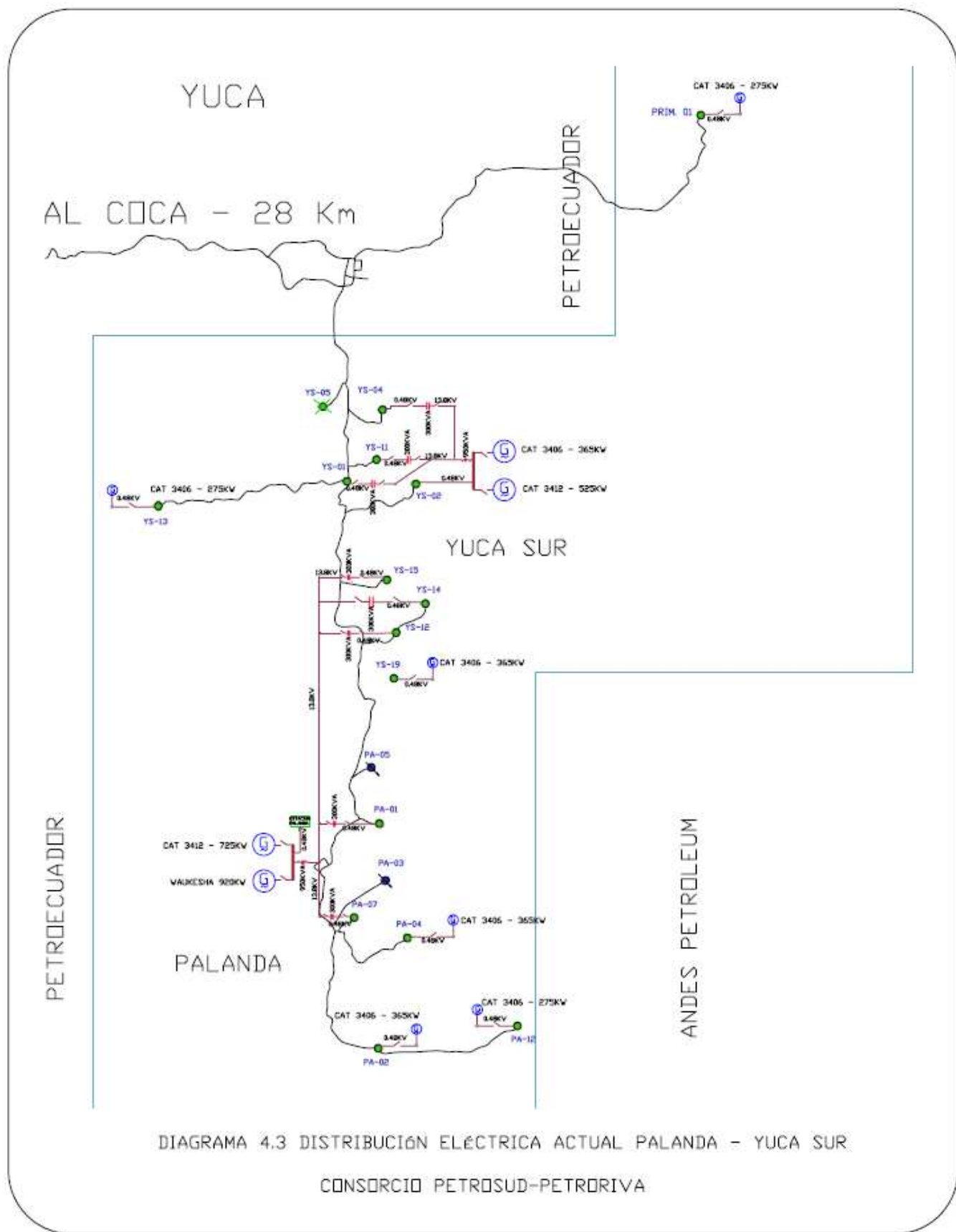


DIAGRAMA 4.3 DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA ACTUAL PALANDA - YUCA SUR
 CONSORCIO PETROSUD-PETROBRIVA

