

MANUAL DE OPERACIONES DE FACILIDADES DE PRODUCCIÓN  
CAMPO GUANDO- ASOCIACIÓN BOQUERÓN

DIEGO PARRA CERQUERA  
COD. 2004201705

KELLY JOHANA SOLANO  
COD. 2002100846

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE PETRÓLEOS  
NEIVA  
2010

MANUAL DE OPERACIONES DE FACILIDADES DE PRODUCCIÓN  
CAMPO GUANDO- ASOCIACIÓN BOQUERÓN

DIEGO PARRA CERQUERA

KELLY JOHANA SOLANO

Trabajo realizado para optar al título de Ingeniero de Petróleos

Directores del trabajo de grado

FRANK DAIRO VARGAS  
Ingeniero de Petróleos

ERVIN ARANDA ARANDA  
Ingeniero de Petróleos

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
PROGRAMA DE PETROLEOS  
NEIVA  
2010

Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

---

---

Firma del Presidente del Jurado

---

Firma del Jurado

---

Firma del Jurado

Neiva, 24 de mayo de 2010

*A Dios por brindarme esta oportunidad y hacerla realidad; a mi mamá Emilce por ese cariño incondicional y el motivo para no desfallecer; a mi papa Diego por su incansable esfuerzo y trabajo por querer siempre lo mejor para sus hijos; a mi abuelita Stella por su paciencia y buenos deseos; a mi hermano Alejandro por su compañía durante mi formación universitaria y fiel testigo de todo este proceso; a mis Tíos Fernando y Emperatriz por su constante apoyo, A mis amigos de universidad y en especial a Lilita Paramo y Jennifer Arámbulo quienes mutuamente fuimos motivación y participe de cada uno de nuestros triunfos, a todos mis gran sinceros agradecimientos.*

*Diego Parra*

*A mis padres y hermanos por su apoyo en todas las etapas de mi vida, tanto académica como personal, y por no dejarme desvanecer, para poder culminar mis metas.*

*Kelly Solano*

## **AGRADECIMIENTOS**

A todo el personal de PETROBRAS y MECÁNICOS ASOCIADOS del campo Guando, que nos colaboraron en todas las actividades necesarias para hacer de este proyecto una realidad.

Al Ingeniero FRANK DAIRO VARGAS. Supervisor General de Contrato Operaciones y Mantenimiento de Campo Guando.

Al Ingeniero AQUILINO SANCHES. Supervisor de Producción en Petrobras, Campo Guando.

Al Ingeniero DAIRO GOMEZ. Superintendente del Campo Guando.

Al Ingeniero JORGE ARDILA. Supervisor de Producción en Mecánicos Asociados, Campo Guando

Al Ingeniero OSCAR RODRIGUEZ. Supervisor de Producción en Mecánicos Asociados, Campo Guando

Al Ingeniero JORGE GARCES. Supervisor de SMS en Petrobras, Campo Guando.

Al Ingeniero ERVIN ARANDA ARANDA. Docente del Área de Producción de la Universidad Surcolombiana.

## CONTENIDO

	Pág.
<b>1. GENERALIDADES DEL CAMPO GUANDO</b>	<b>12</b>
1.1 MARCO HISTÓRICO DEL CAMPO	12
1.2 GENERALIDADES DEL CAMPO	13
<b>2. DESCRIPCION DEL PROCESO DE CRUDO EN CAMPO GUANDO</b>	<b>18</b>
2.1 ISLAS Y DISTRIBUCIÓN DE TRONCALES GENERALES (6")	18
2.2 TERRAZA 6. ESTACIÓN DE PRODUCCIÓN DE CRUDO	20
2.3 ISLA 6. MANEJO DE CRUDO EN LA PLANTA BAWER	22
2.2 TERRAZA 4. ESTACIÓN DE ALMACENAMIENTO Y DESPACHO DE CRUDO	24
2.5 ESTACIÓN DE MEDICIÓN CHICORAL	25
<b>3. DESCRIPCION DEL PROCESO DE AGUA EN CAMPO GUANDO</b>	<b>27</b>
3.1 TERRAZA 1. ESTACIÓN DE CAPTACIÓN DE AGUA	27
3.2 TERRAZA 2. ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE AGUA	28
3.3 TERRAZA 6. AGUA ASOCIADA AL CRUDO	29
3.4 TERRAZA 4. SISTEMA DE AGUAS ACEITOSAS	30
3.5 ISLA 6. PLANTA BAWER - TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES	31
3.6 TERRAZA 3. ESTACIÓN DE INYECCIÓN DE AGUA	32
3.7 DISTRIBUCIÓN DE TRONCALES HACIA POZOS INYECTORES	33
<b>4. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE GAS EN CAMPO GUANDO</b>	<b>35</b>
4.1 ISLAS Y DISTRIBUCIÓN DE TRONCALES PARA LA RECUPERACIÓN DE GAS DE LOS POZOS	35

4.2	TERRAZA 3. ESTACIÓN DE RECIBO DE GAS CAMPO Y GAS FLANDES	37
4.3	TERRAZA 5. MOTOCOMPRESORES DE GAS	39
4.4	TERRAZA 6. GAS ASOCIADO DE ALTA, GAS DE COBERTURA Y GAS DE BALANCE	40
4.5	ISLA 6. GAS ASOCIADO DE BAJA Y GAS DE COBERTURA	42
4.6	TERRAZA 4. GAS LIBERADO EN LAS BOTAS Y TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE CRUDO	43
	<b>5. DESCRIPCION DEL SISTEMA ELÉCTRICO EN CAMPO GUANDO</b>	<b>44</b>
5.1	ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE CAMPO GUANDO	44
5.2	ALTERNATIVAS DE GENERACIÓN ELÉCTRICA EN CAMPO GUANDO	45
	<b>6. DESCRIPCION DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO EN CAMPO GUANDO</b>	<b>46</b>
6.1	ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO EN CAMPO GUANDO	46
6.2	ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO EN LA ESTACIÓN CHICORAL	47
	<b>7. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO</b>	<b>48</b>
	<b>8. MANUAL DEL USUARIO</b>	<b>51</b>
8.1	PÁGINA PRINCIPAL	55
8.2	GENERALIDADES	52
8.3	PROCESO DE CRUDO	53
8.3.1.	Troncales Islas	54
8.3.2.	Descripciones	55
8.3.3.	Especificaciones	56

8.3.4. Procedimientos	57
8.4 GENERACIÓN ELÉCTRICA	58
8.4.1. Sistema General del Sistema Eléctrico	59
8.4.2. Alternativas de Generación Eléctrica	59
8.4.3. Diagrama Unifilar	60
8.4.4. Procedimientos	61
8.5 SISTEMA CONTRA INCENDIO	61
8.5.1. Descripciones	62
8.5.2. Procedimientos	64
<b>9. CONCLUSIONES</b>	<b>65</b>
<b>10. RECOMENDACIONES</b>	<b>66</b>
<b>11. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>67</b>

## LISTADO DE FIGURAS

- Figura 1.** Ubicación del Campo Guando
- Figura 2.** Islas y Distribución de Troncales Generales (6")
- Figura 3.** Terraza 6. Estación de Producción de Crudo
- Figura 4.** Isla 6. Manejo de Crudo en la Planta Bawer
- Figura 5.** Terraza 4. Estación de Almacenamiento y Despacho de Crudo
- Figura 6.** Estación de Medición Chicoral
- Figura 7.** Terraza 1. Estación de Captación de Agua
- Figura 8.** Terraza 2. Estación de Transferencia de Agua
- Figura 9.** Agua Asociada al Crudo
- Figura 10.** Tanque Separador API
- Figura 11.** Isla 6. Planta Bawer - Tratamiento de Aguas Industriales
- Figura 12.** Terraza 3. Estación de Inyección de Agua
- Figura 13.** Distribución de Troncales hacia Pozos Inyectores
- Figura 14.** Islas y Distribución de Troncales para la Recuperación de Gas
- Figura 15.** Terraza 3. Estación de Recibo de Gas Campo y Gas Flandes
- Figura 16.** Terraza 5. Motocompresores de Gas
- Figura 17.** Terraza 6. Gas Asociado de Alta, Gas de Cobertura y Gas de Balance
- Figura 18.** Isla 6. Gas Asociado de Baja y Gas de Cobertura
- Figura 19.** Terraza 4. Gas Liberado en las Botas y tanques de Almacenamiento de Crudo
- Figura 20.** Esquema General del Sistema Eléctrico de Campo Guando
- Figura 21.** Alternativas de Generación Eléctrica en Campo Guando
- Figura 22.** Esquema General del Sistema Contra Incendio en Campo Guando
- Figura 23.** Esquema General del Sistema Contra Incendio en la Estación Chicoral
- Figura 24.** Pantallazo Principal
- Figura 25.** Pantalla Completa
- Figura 26.** Menú Inicio del Manual Interactivo
- Figura 27.** Pantallazo Inicial para la Generalidades del Campo
- Figura 28.** Información de cada una de la Generalidades del Campo
- Figura 29.** Pantallazo Inicial Relacionado al Proceso de Crudo
- Figura 30.** Troncales Islas
- Figura 31.** Descripciones de las Estaciones
- Figura 32.** Descripción del Proceso de Crudo en Terraza 6. Estación de Producción
- Figura 33.** Especificaciones de los equipos relacionados al proceso de Crudo
- Figura 34.** Listado de los Manuales de Procedimientos para el Proceso de Crudo en Campo Guando

- Figura 35.** Pantallazo Inicial Relacionado al Sistema de Generación Eléctrica.
- Figura 36.** Sistema General del Sistema Eléctrico
- Figura 37.** Alternativas de Generación Eléctrica
- Figura 38.** Diagrama Unifilar
- Figura 39.** Listado de Manuales de Procedimientos Relacionados a la Generación Eléctrica
- Figura 40.** Pantallazo Inicial Relacionado al Sistema Contra Incendio
- Figura 41.** Descripciones del Sistema Contra Incendio
- Figura 42.** Sistema General del Sistema Contra Incendio de Campo Guando
- Figura 43.** Sistema General del Sistema Contra Incendio de la Estación Chicoral
- Figura 44.** Listado de Manuales de Procedimientos Relacionados al Sistema Contra Incendio

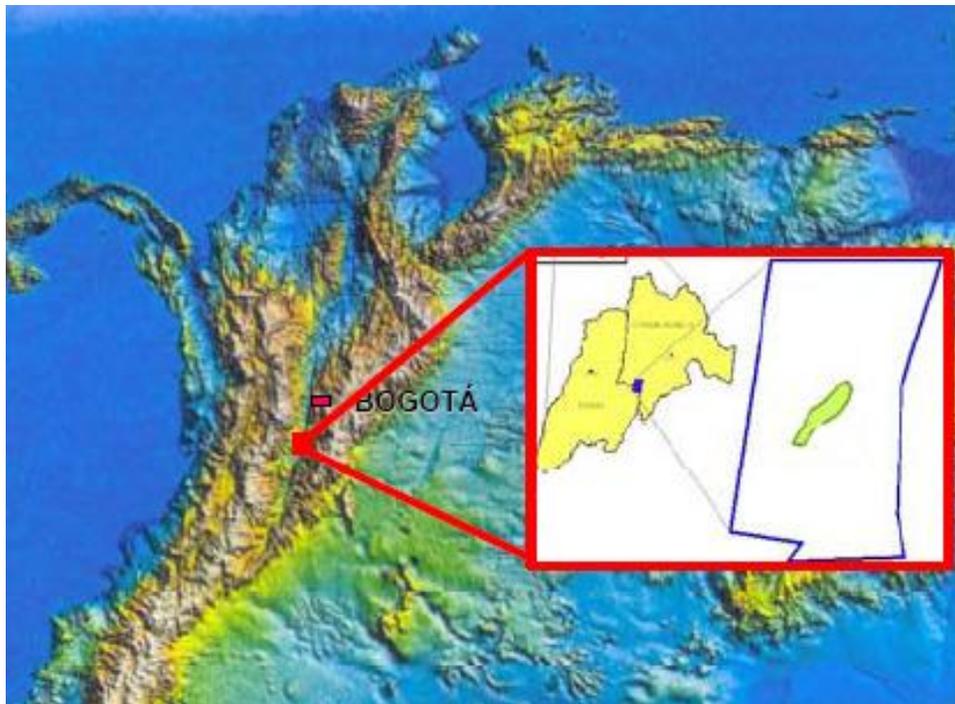
## INTRODUCCIÓN

En el Campo Guando cuenta con información dispersa de las estaciones existentes. Por esta razón era necesario reunir toda esta información, en un solo manual que fuera de mayor facilidad para los operadores de cada estación o cualquier personal que pertenezca a la operación.

La solución que se plantea en este proyecto, es diseñar un Manual Interactivo de Operaciones, que le permita al usuario, tener a la mano cualquier información referente a los procesos (crudo, agua, gas, generación eléctrica y sistema contra incendio) en el campo, incluyendo manuales de procedimientos, descripción general de los procesos para todas las estaciones, descripción de cada uno de los equipos con sus respectivas tablas de especificaciones, generalidades del campo, diagramas en tres dimensiones para tener una idea de la ubicación de los equipos y líneas de flujo.

Con la implementación del Manual Interactivo, se busca obtener ganancias en tiempo cuando se necesite obtener una información confiable, precisa y de fácil acceso, otra aplicación importante es que se convierte en una nueva opción de capacitación para personal nuevo en la compañía, donde sin lugar a duda el manual le genera una noción real de lo que es el Campo Guando.

## 1. GENERALIDADES DEL CAMPO GUANDO



**Figura 1.** Ubicación del Campo Guando

### 1.1. MARCO HISTÓRICO DEL CAMPO

El nombre “Guando” proviene de un vocablo indígena, utilizado por las tribus Pijaos y Panches, que significa espanto y representa un muerto cargado en “andas” (camilla en tela) por cuatro personas, quienes lo conduce al lugar de descanso. Así surgió como nombre Campo Guando, en el inicio de los trabajos de exploración.

Para 1995 Ecopetrol firmo el contrato de asociación “Boquerón” con Lasmo Oil Colombia Limited y Nexen como compañía asociada. De 1996 a 1998 Lasmo como operador, reproceso 138 Km. de sísmica, adquirió 204 Km. y realizó los estudios geológicos necesarios.

En septiembre de 1998 Petrobras compro a la compañía Lasmo, los activos de producción y exploración en Colombia y continuó junto con Nexen la exploración en el bloque.

En Enero del 2000 perforó exitosamente el pozo exploratorio Guando 001, el cual fue completado como pozo productor en febrero del año 2000 con una producción diaria de 333 BOPD.

En enero del 2002, la asociación Petrobras-Nexen presento la comercialización del Campo Guando, la cual fue aceptada por Ecopetrol en junio de mismo año.

El contrato de asociación “boquerón”, fue aprobado por el Ministerio de Minas y Energía el 25 de septiembre de 1995; por un periodo exploratorio que iba desde el 1 de octubre de 1995 al 30 de septiembre del 2002, y un periodo de explotación que va hasta octubre 2023.

## 1.2. GENERALIDADES DEL CAMPO

El proyecto GUANDO corresponde al desarrollo y explotación del bloque Boquerón, localizado en el departamento del Tolima, municipio de Melgar.

El campo está ubicado en un área que abarca aproximadamente 12 Km de largo, el crudo se encuentra entrampado en un monoclinal cuyo límite es la falla de Boquerón y el estrato productor es la formación Guadalupe.

<b>CARACTERÍSTICAS DEL CRUDO PRODUCIDO</b>	
FORMACIÓN	Guadalupe (Cretaceous)
YACIMIENTO	Aceite Negro
PROFUNDIDAD PROMEDIA	3500 Ft
POROSIDAD	15-20%
PERMEABILIDAD	100 md
SWC	8-20%
ESPESOR NETO	1300 Ft
GRAVEDAD API PROMEDIO	25-30°API
VISCOSIDAD DEL PETRÓLEO	7 cp @ P sat = 100 psi
GOR PROMEDIO DEL CAMPO	132 SCF/STB
MECANISMO DE PRODUCCIÓN PRIMARIA	Soporte acuífero gas en solución e inyección de agua

Actualmente se cuenta con 16 Locaciones o islas de Pozos, las cuales están diseñadas para permitir la agrupación de varios pozos tanto productores, como inyectores que trabajan en un arreglo de multipozo. En las locaciones se construyeron todas las facilidades para la extracción y

envió del crudo a la estación principal. Así mismo en las localizaciones se tiene un total de 111 pozos productores, cuya producción es extraída por levantamiento artificial por medio de bombas de cavidad progresiva (PCP), bombas electrosumergibles y una rotaflex. Existen además 49 pozos inyectoros, de los cuales 2 pozos son duales (productor-inyector).

El crudo es enviado a las locaciones a través de líneas de flujo de 6" para la producción general y de 3" para las pruebas de pozo. La producción se recolecta y se procesa en la ESTACION PRINCIPAL tipo CPF (Centro de Facilidades Petroleras) ubicada estratégicamente en medio del campo (terrazza 6).

La Estación Principal está diseñada de forma modular y autónoma de tal manera, que permita realizar ensanches de acuerdo a la producción del campo y de ésta manera, crecer progresivamente sin perturbar la operación normal de las facilidades existentes.

El crudo ya fiscalizado es enviado por el Oleoducto Guando – Chicoral (60 Km.) al Oleoducto del Alto Magdalena (OAM), para su exportación.

A continuación reseñamos los procesos de producción y tratamiento de los fluidos del Campo Guando, los cuales comprenden:

#### ✓ PROCESO DE CRUDO

El fluido producido de los pozos es enviado mediante líneas de producción (6") a un múltiple de entrada general (presión de operación 40-60 psi).

El múltiple distribuye la producción a cinco separadores trifásicos de producción general (presión de operación 40 psi), los cuales separan el fluido en tres corrientes (crudo, agua y gas), seguidamente el crudo es enviado a los tratadores electroestáticos (presión de operación 30 psi), donde se calienta hasta una temperatura de 120°F y se le retira el resto de agua para que el crudo salga con un BSW hasta el 0.5%, para luego ser enviados a una bota de gas (presión de operación atmosférica) y luego a los tanques de almacenamiento para su fiscalización y posterior despacho al oleoducto.

#### ✓ PROCESO DE AGUA. SISTEMA DE INYECCIÓN DE AGUA

El sistema de inyección de agua consiste en la captación del agua del río Sumapaz, un tratamiento primario de remoción de sólidos, transporte, un tratamiento secundario (micro filtración) y finalmente su distribución a los pozos inyectoros.

El sistema entró en operación el 02 de febrero del 2003 iniciando la inyección de agua en el pozo GUA-007 ubicado en la isla 2. Actualmente se tiene una capacidad de inyección por día de 102.000 Bls.

Las facilidades construidas para este sistema comprenden tres grandes estaciones, las cuales son:

### CAPTACIÓN

En esta estación se capta el agua del río Sumapaz, se pasa a través de unos presedimentadores y clarificador para remover la mayor cantidad de sólidos suspendidos en el agua y así poder enviarla a la estación de transferencia. Capacidad de tratamiento 60000 BWPD.

### TRANSFERENCIA

Esta estación recibe el agua de la estación de captación, pasa por dos hidrociclones, los cuales tienen una capacidad de tratamiento de 30000 BWPD cada uno, luego pasa por 7 filtros de arena con una capacidad de tratamiento de 15000 BWPD cada uno, para luego almacenarse en los dos tanques de 10000 Bls. El agua después de estar almacenada en los tanques es bombeada a través del acueducto (línea de 12" y 9.8 Km) hasta la estación de inyección, capacidad de tratamiento de agua 60000 BWPD.

### INYECCIÓN

El agua que llega de la estación de transferencia se almacena en un tanque de 10000 Bls, el cual sirve como cabeza de succión a las bombas del sistema de micro filtración, el cual filtra el agua hasta llevarla a una concentración de sólidos de 10 ppm, esta agua pasa por un sistema de desoxigenación, el cual utiliza gas del campo recuperado para realizar dicho tratamiento. El agua luego de ser tratada es almacenada en los tanques de 10000 bls, estos tanques sirven como pulmón para las bombas booster que alimentan a las bombas principales de inyección, la capacidad de tratamiento de agua es de 70000 Bls, ya que se incluye el agua de producción que ya viene tratada.

La inyección a los pozos se realiza a través de tres troncales, las cuales llevan el agua hasta las diferentes localizaciones en las cuales se encuentran los pozos inyectoros. La presión de operación de este sistema se encuentra entre 2600 –2800 psi.

## MANEJO AGUA DE PRODUCCIÓN

La producción de agua es llevada a dos tanques desnatadores con capacidades de 2500 Bls y 5000 Bls c/u, este equipo separa parte de los sólidos suspendidos en el agua y parte del aceite que se encuentra mezclado con el agua. Seguidamente la corriente de agua pasa a unos filtros de cáscara de nuez, la cual retira la mayor cantidad de aceite y sólidos presentes en el agua, posteriormente dicha corriente es pasada por unos filtros de cartucho, los cuales remueven cualquier partícula de aceite que se encuentre y es enviada a los tanques del sistema de inyección de agua del campo Guando.

### ✓ PROCESO DE GAS

Las fuentes de suministro de gas al cabezal de recolección se agrupan en cuatro sistemas claramente identificables:

- Gas de anulares suministrado a través de unidades recuperadoras de vapores.
- Gas de los separadores y tratadores electrostáticos.
- Gas de la bota desgasificadora y gas de cobertura.
- Gas suministrado por el gasoducto Flandes – Guando.

Dado que las fuentes de suministro operan con presiones ligeramente diferentes, se ha dispuesto de un transmisor de presión en el cabezal que permite, a través de sendos controladores de presión con válvula de control ubicados en las fuentes de suministro (gas anulares y gas de cobertura), regular el gas entregado al cabezal para las fuentes (gas vasijas y gasoducto), los equipos disponen de válvulas de control en sus respectivas líneas de salida de gas.

A continuación analizaremos cada uno de estos sistemas

### GAS ANULARES

El gas producido en los anulares de los pozos, el cual se encuentra a una presión de 5 psi es comprimido por las unidades recuperadoras de vapor (URV) a una presión de 50 psi. Estas unidades se encuentran distribuidas en el campo, tal como lo muestra la siguiente tabla.

UBICACIÓN	CANTIDAD
ISLA 1	5
ISLA 8	2
ISLA 11	3
ISLA 12	2
ISLA 13	1

El gas luego de ser comprimido es transportado hasta la estación de inyección donde se distribuye para alimentar las torres desoxigenadoras, moto generadores, consumo de isla 6 para separadores y tratadores, moto compresores en terraza 5, los cuales permiten el suministro de gas para la autogeneración. El flujo hacia los compresores se divide en dos corrientes: Gas combustible para los motores de los generadores, y el gas para comprimir.

El flujo total de gas que se puede comprimir en cada uno de estos equipos es de 3.5 MMSCFD. El gas comprimido es usado prioritariamente para el sistema de generación, donde se cuenta con 4 turbogeneradores y estos trabajan a alta presión. Este proceso consta de una planta deshidratadora con capacidad de 6 MMSCFD y una presión de operación de 1100 psi. Una válvula Joule Thompson, la cual disminuye la presión hasta 280 psi, permitiendo retirar condensados en el scrubber, adicionalmente la corriente de gas es pasada por un intercambiador para incrementar la temperatura hasta los 110 °F. Este proceso se realiza para garantizar condiciones óptimas del gas de suministro para el sistema de generación.

#### GAS SEPARADORES Y TRATADORES ELECTROSTATICOS

En la actualidad existen dos recuperadoras para maximizar el aprovechamiento del gas de estos equipos que era quemado en la tea, el gas recuperado es direccionado a los compresores en terraza 5.

#### GAS BOTA DE GAS Y COBERTURA

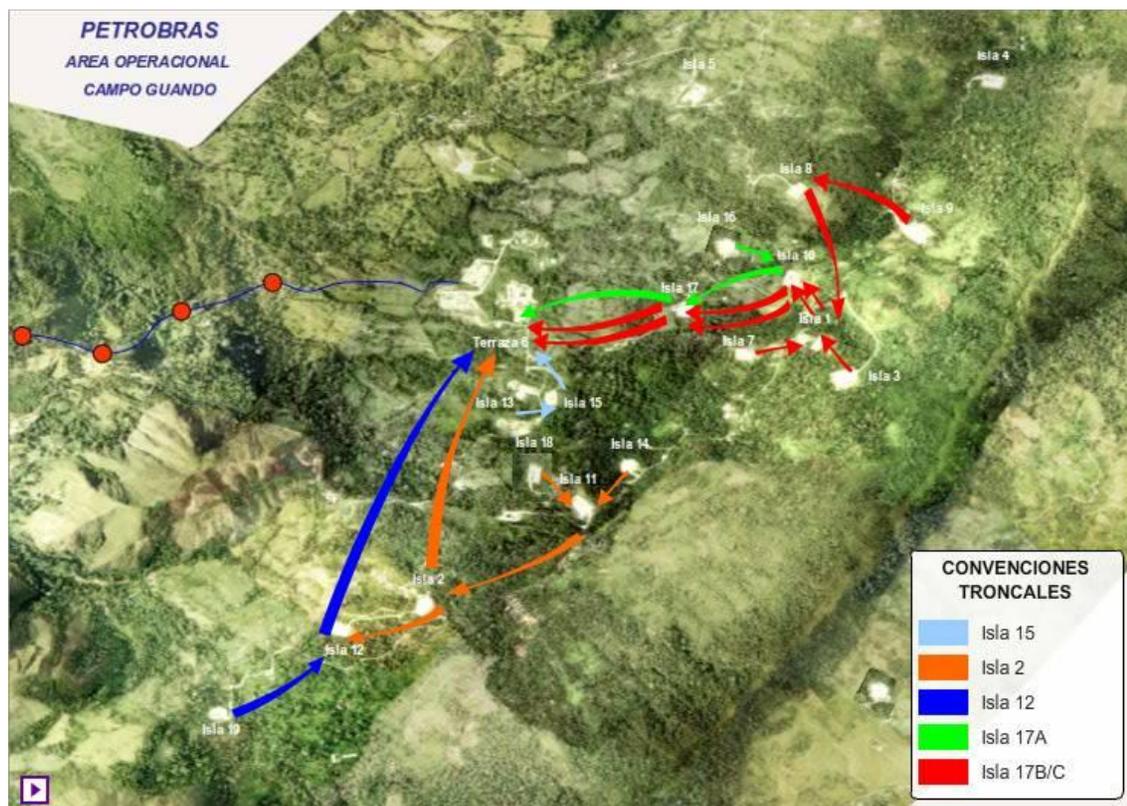
El gas que se produce en estos equipos se conduce hasta la tea de baja de la estación, donde se quema

#### GASODUCTO FLANDES - GUANDO

El gasoducto se encuentra actualmente suministrando cerca del 50% de la demanda de gas de las turbinas. El requerimiento diario es de aproximadamente 1700 KPCD de gas importado. También es un respaldo al gas de campo, en el evento de no contar con los equipos de compresión de la Terraza 5.

## 2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE CRUDO EN CAMPO GUANDO

### 2.1. ISLAS Y DISTRIBUCIÓN DE TRONCALES GENERALES (6")



Campo Guando maneja en la actualidad 111 pozos productores de crudo ubicados estratégicamente en 16 islas.

El crudo fluye desde los pozos por líneas independientes hasta el manifold de cada isla, en donde se mezclan para fluir conjuntamente por líneas troncales. Los manifolds de las islas cuentan con cabezales de producción general (para flujo común de varios pozos) y cabezales de prueba (para permitir el flujo de pozos en forma independiente). Las islas además cuentan con facilidades para inyección química lo que permite la iniciación temprana del tratamiento del crudo.

La producción general de Campo Guando llega al manifold principal ubicado en la estación de producción (terrazza 6) a través de seis troncales (troncales de isla 2, 12, 15, 17A, 17B y 17C), cada una de estas se distribuye actualmente de la siguiente manera:

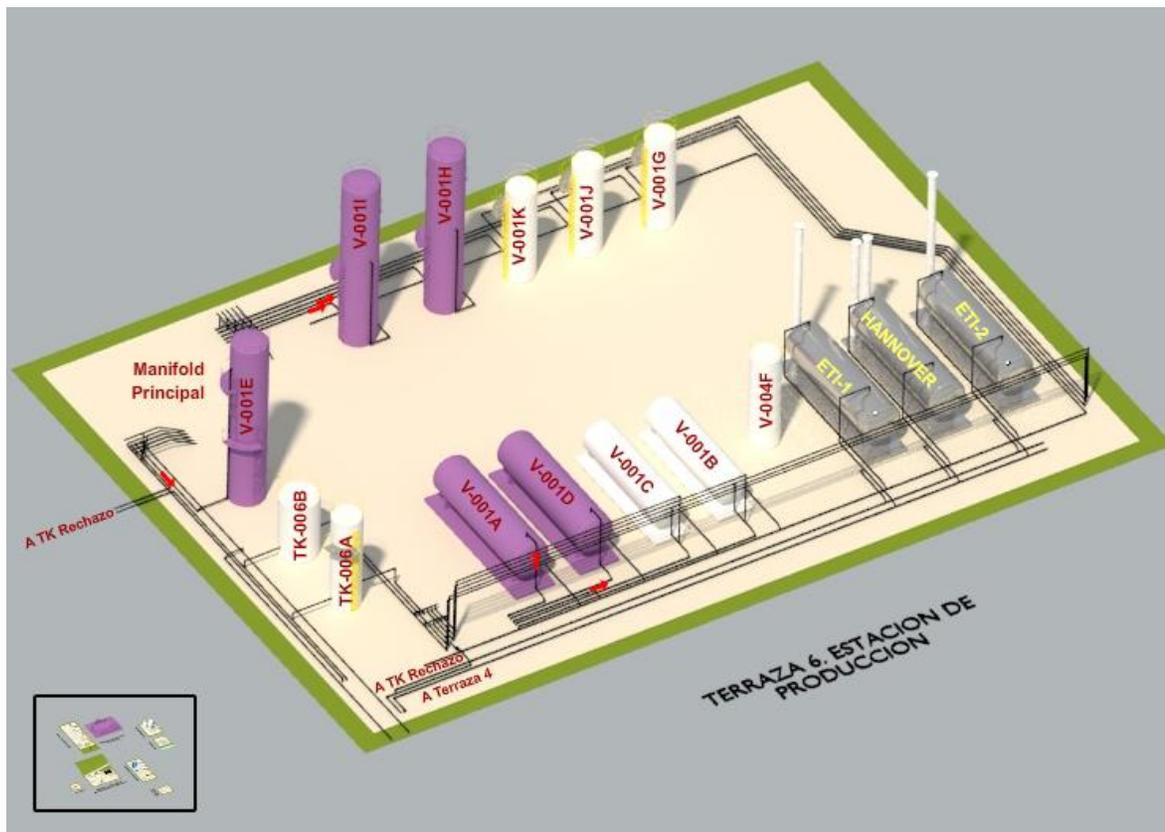
## **ZONA SUR**

- TRONCAL ISLA 15: La isla 15 recibe el crudo proveniente de los pozos productores de la isla 13, de aquí la producción general es enviada por la troncal de la isla 15 hasta la estación de producción.
- TROCAL ISLA 2: Los pozos productores de crudo de las islas 14 y 18 llegan por líneas de flujo generales de 6" de diámetro a la isla 11, de la isla 11 la producción es direccionada a la isla 2, aquí en la isla 2 es distribuida la corriente por la troncal de la isla 2 a la terraza 6 y direccionada parte de ésta a la isla 12.
- TROCAL ISLA 12: La isla 19 envía toda la producción general a la isla 12, la isla 12 recibe también parte de la producción de los pozos que llegan a la isla 2, para finalmente ser direccionados por la troncal de la isla 12 a la estación de producción.

## **ZONA NORTE**

- TRONCAL ISLA 17A: El crudo producido en la isla 16 es enviado a la isla 10, la producción de las islas 10 y 16 es direccionada a la isla 17 donde se mezclan con los pozos productores de esta isla para ser transportados por la troncal de la isla 17A hasta la terraza 6.
- TRONCALES 17B y 17C: La isla 9 envía la producción de crudo a la isla 8, la isla 1 recibe toda la producción que llega de las islas 8, 3 y 7, de aquí es distribuida la producción por dos troncales generales para finalmente llegar al manifold principal de la estación de producción de Campo Guando.

## 2.2. TERRAZA 6. ESTACIÓN DE PRODUCCIÓN DE CRUDO



**Figura 3.** Terraza 6. Estación de Producción de Crudo

La estación de producción (terrazza 6) maneja en la actualidad aproximadamente 70500 BFPD (producción de 111 pozos GUANDO), los fluidos producidos llegan al manifold principal ubicado en esta estación, donde se le inyecta rompedor de emulsión con el fin de mejorar la separación de las fases agua-crudo.

El manifold principal permite distribuir la producción general a cinco separadores, la distribuye a tres separadores trifásicos verticales (Separadores de general V-001I, V-001H y V-001E) y a dos separadores trifásicos horizontales (Separadores de general V-001A y V-001D).

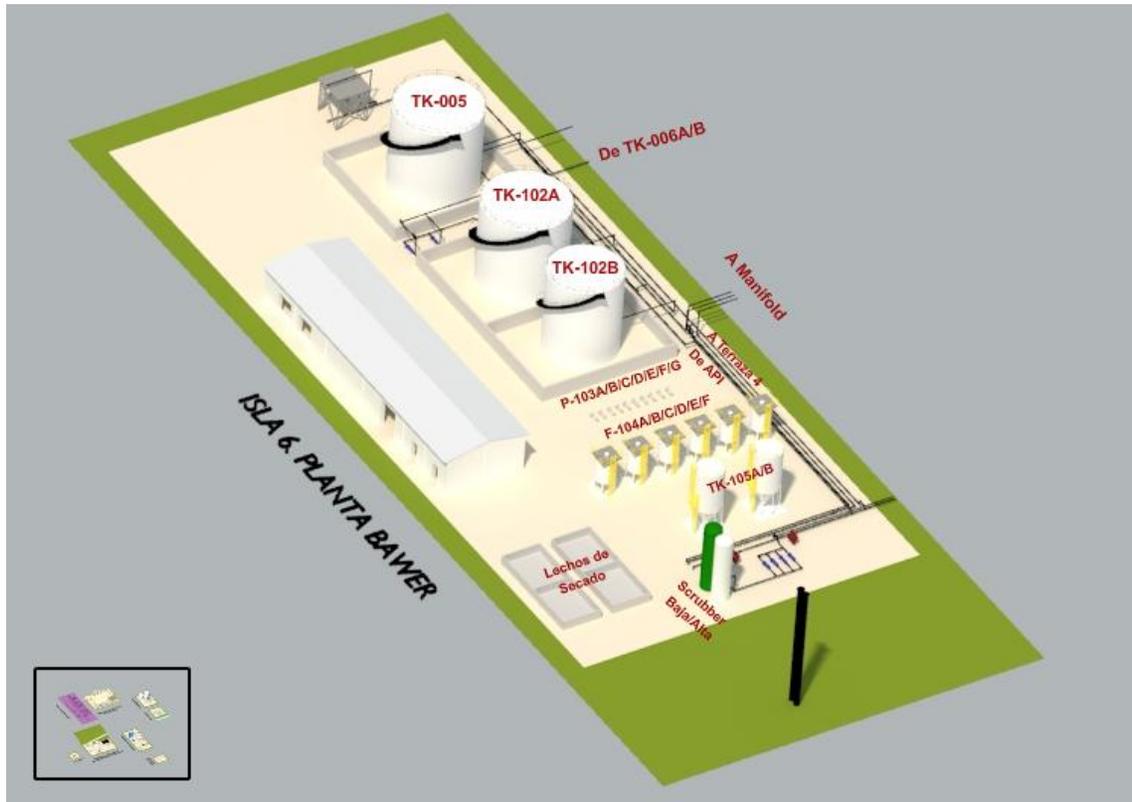
El manifold principal recibe también los pozos alineados desde el manifold de las islas para direccionarlos a cinco separadores de prueba, los direcciona a tres separadores trifásicos verticales (Separadores de prueba V-001K, V-001J y V-001G) y dos separadores trifásicos horizontales (Separadores de prueba V-001C y V-001B).

Una vez separado el crudo, el agua y el gas, 23500 BOPD es enviado a tres tratadores térmicos electrostáticos (ETI 1, HANNOVER Y ETI 2) para completar la remoción de agua en el crudo al valor especificado de máximo 0.5%BSW. El crudo que sale de los tratadores térmicos electrostáticos fluye hacia los tanques de almacenamiento ubicados en terraza 4, en donde es fiscalizado y luego transportado por el oleoducto Guando - Chicoral hasta la estación de medición.

La estación de producción (terrazza 6) cuenta con la facilidad para realizar pruebas contra tanque para la calibración del micromotion alineando la descarga de crudo del separador de prueba por línea de 3" al tanque asignado (TK-1006-006A/B), el crudo almacenado luego es transferido con la bomba de variador a tanques de almacenamiento en terraza 4.

Si se presenta una ruptura en la línea que comunica los tratadores térmicos electrostáticos con los tanques de almacenamiento o el crudo que sale está fuera de especificaciones de calidad, éste podrá ser direccionado por el by-pass de los tratadores al tanque de rechazo (TK-1006-005) para su posterior tratamiento químico.

### 2.3. ISLA 6. MANEJO DE CRUDO EN LA PLANTA BAWER



**Figura 4.** Isla 6. Manejo de Crudo en la Planta Bawer

Al tanque de rechazo (TK-1006-005) llegan normalmente fluidos producto de la recuperación del crudo sobrenadante contenido en los tanques desnatadores TK-1002-102A/B de la Planta Bawer, el tanque de rechazo recibe también a través de la línea de recirculación, el crudo descargado por los carrotanques y por el camión de vacío utilizando las bombas de rechazo.

Si el crudo en el tanque de rechazo (TK-1006-005) después de su proceso cumple con las especificaciones mínimas de calidad establecidas para su venta, campo Guando tiene la facilidad de direccionar el crudo con la bomba de variador a los tanques de almacenamiento en terraza 4 para su posterior fiscalización y despacho.

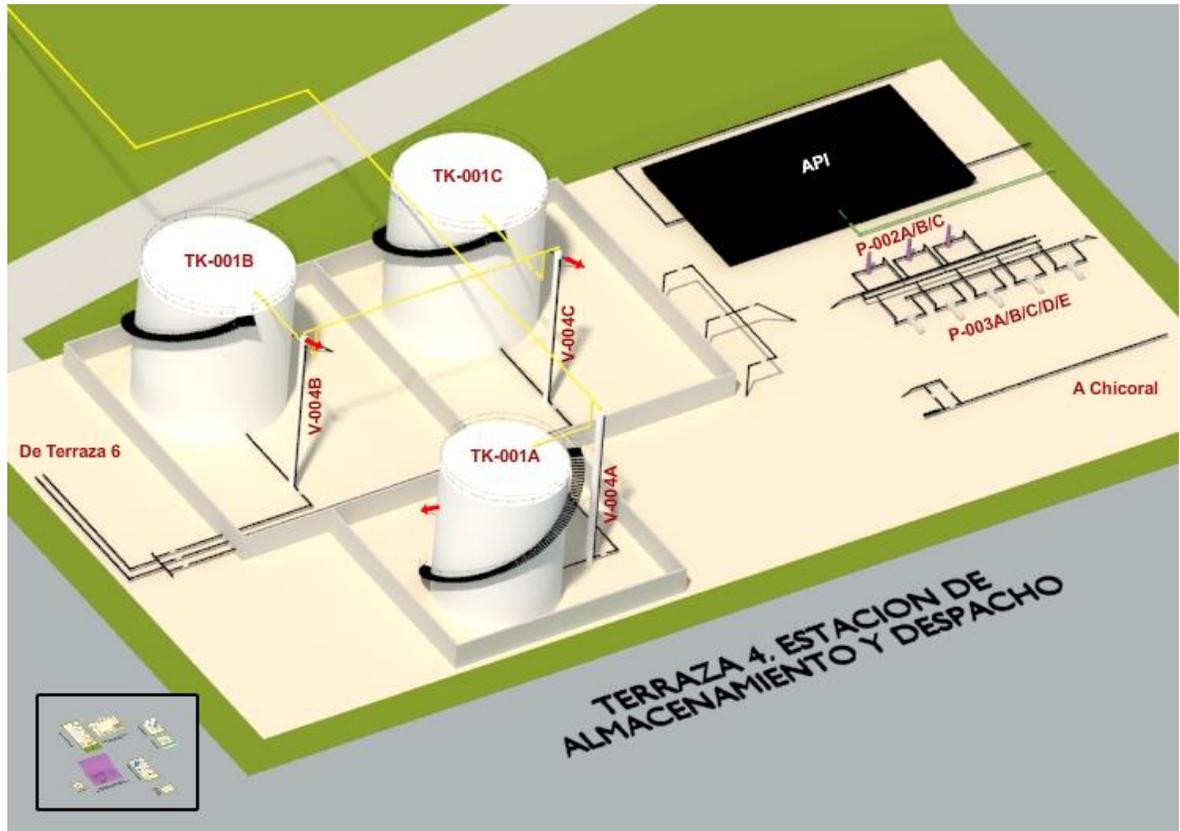
Para crudo almacenado en el tanque de rechazo fuera de los parámetros mínimos de calidad existe la opción de enviarlo con la bomba de variador al manifold principal en terraza 6 para reincorporarlo de nuevo al proceso de separación y tratamiento.

En el cargadero de campo Guando, el crudo limpio almacenado en carrotanques es descargado operando la bomba de variador para transferirlos directamente a los tanques de almacenamiento en terraza 4.

El desnate de crudo del tanque separador API en terraza 4 y los condensados de los scrubbers de terraza 5 fluye por líneas de 3" hasta isla 6 donde pueden ser direccionados al manifold de la estación de producción en terraza 6 ó enviarlos al tanque de rechazo (TK-1006-005); de igual forma los condensados de los scrubbers tanto de alta como de baja, son bombeados por línea de 3" al manifold principal de la estación de producción.

Hoy en día Campo Guando tiene también la disposición para transferir por el by-pass de los tratadores, crudo limpio con la bomba de variador a carrotanques en el cargadero de Campo Guando para su posterior consumo en los servicios de pozos (flushing, workover, estimulación, fracturamiento, cañoneo, etc).

## 2.4. TERRAZA 4. ESTACIÓN DE ALMACENAMIENTO Y DESPACHO CRUDO



**Figura 5.** Terraza 4. Estación de Almacenamiento y Despacho de Crudo

Cumplido el proceso de separación y tratamiento, el crudo es direccionado por línea de 10" a los tanques TK-1002-001-A/B/C pasando primero por la bota de gas donde es retirado el poco gas disuelto. Luego de su periodo de recibo, el crudo es dejado en reposo por un periodo de 4 a 5 hrs, es drenado y finalmente fiscalizado.

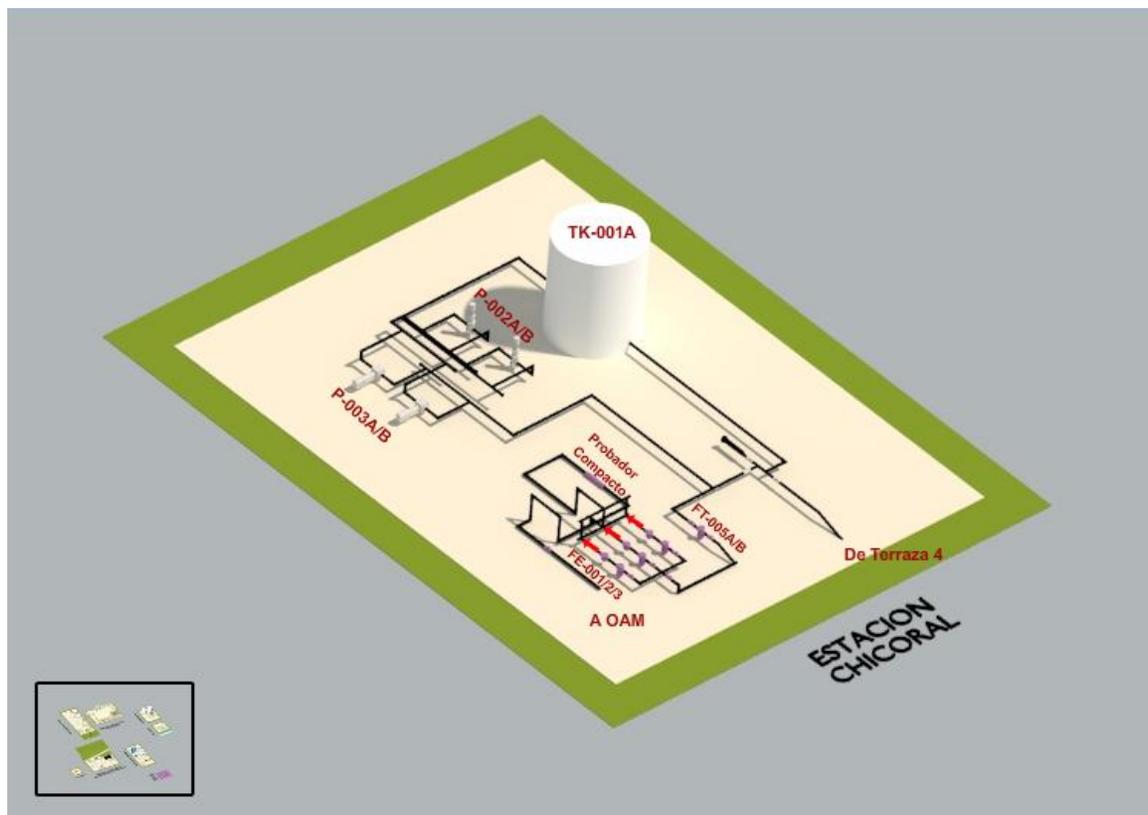
Ya, con los parámetros mínimos de calidad establecidos para la venta el crudo es tomado de los tanques por las bombas Booster o de alimentación P-002A/B/C a una presión que varía de "0 a 10 psi" dependiendo de la altura en la que se encuentre el nivel de crudo en el tanque; éste entra y es descargado a una presión de 70 psi, el crudo descargado por las bombas Booster ahora es tomado por las bombas Main o de exportación P-003A/B/C/D/E para elevar la presión entre 500 y 900 psi y así poder romper la presión que lleva el OAM.

El crudo bombeado a un caudal de aproximado de 1000 Bls/hr es transportado por el oleoducto Guando-Chicoral con aproximadamente 59.16

km de longitud y un diámetro de 10” a la estación de medición, el oleoducto cuenta con 8 válvulas de control en caso de algún evento que se presente se cierren inmediatamente.

El sumidero recibe el crudo separado en el API mediante una flauta y es bombeado por bombas verticales, por una línea de 3” hacia el tanque de almacenamiento que está en posición de recibo a una presión de 70 psi.

## 2.5. ESTACIÓN DE MEDICIÓN CHICORAL



**Figura 6.** Estación de Medición Chicoral

El crudo entregado por la línea de transferencia Guando-Chicoral, entra a la estación pasando por el filtro alineado (FT-005A/B) para retener los sólidos presentes en el crudo, evitando que lleguen al medidor ocasionando obstrucción y daño al equipo, la medición de crudo se realiza con fines de custodia antes de ser entregado al oleoducto del Alto Magdalena, mediante el uso de medidores de flujo (FT-6A/B/C) de tipo desplazamiento positivo Smith Meter, con corrección por temperatura, densidad y presión, realizada en asocio con el computador de flujo Omni.

La unidad de medición / LACT cuenta con tres brazos, los cuales trabajan de forma alterna a un caudal aproximado de 550Bbls/hr, un computador de flujo, sistema automático de toma de muestras y un densitómetro para control de la calidad del producto entregado.

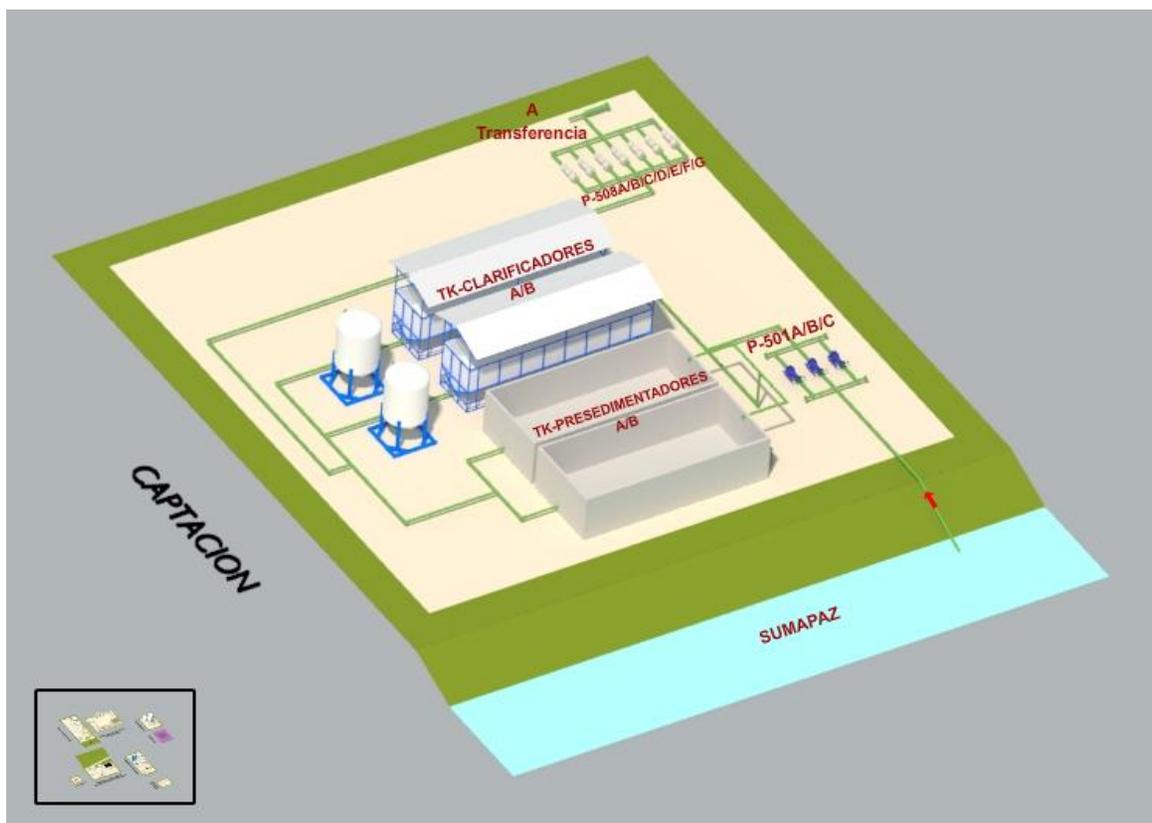
La unidad LACT cuenta con un probador compacto disponible en la estación Chicoral es de tipo unidireccional de pistón de 12" de diámetro; éste probador es utilizado para determinar el factor de corrección de los medidores FT-6A/B/C, funcionando en asocio con computador de flujo al cual transmite señales de presión y temperatura del fluido.

La estación de Chicoral tiene la disponibilidad de almacenar provisionalmente crudo en el tanque (TK-1053-001-A) en caso de no poder ser transferido al OAM. Para despachar el crudo almacenado en el tanque se cuenta con dos bombas Booster (P-002A/B) y dos bombas Main (P-003A/B) para direccionarlo a la unidad LACT para su posterior medición y transferencia al oleoducto del Alto Magdalena (OAM).

Todos los drenajes procedentes de la tubería, filtros, bombas y contadores se depositan en las cajas sumidero. Los drenajes de los diques de las diferentes áreas son conducidos al API.

### 3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE AGUA EN CAMPO GUANDO

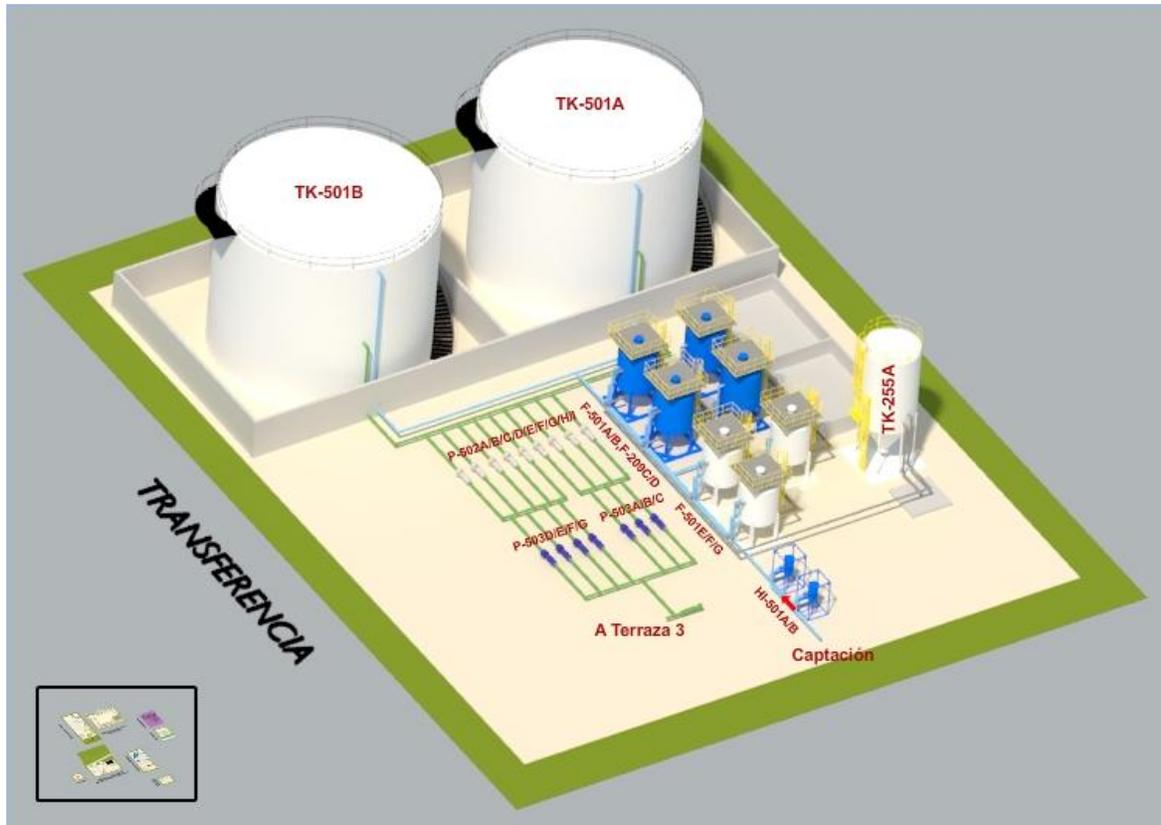
#### 3.1. TERRAZA 1. ESTACIÓN DE CAPTACIÓN DE AGUA



**Figura 7.** Terraza 1. Estación de Captación de Agua

En la estación de Captación inicia todo el proceso de tratamiento de agua el cual culmina en la inyección de ésta, el agua ingresa a través de la bocatoma ubicada estratégicamente en el río Sumapaz, de donde es tomada por las 3 bombas de captación P-501A/B/C encargadas de succionar el agua y conducirla a los tanques presedimentadores A/B y clarificadores A/B en donde se realiza el respectivo tratamiento químico y remoción de sólidos. De allí es bombeada hacia la estación de Transferencia a través de uso alternante de las 7 bombas presedimentadoras P-508 A/B/C/D/E/F/G.

### 3.2. TERRAZA 2. ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE AGUA

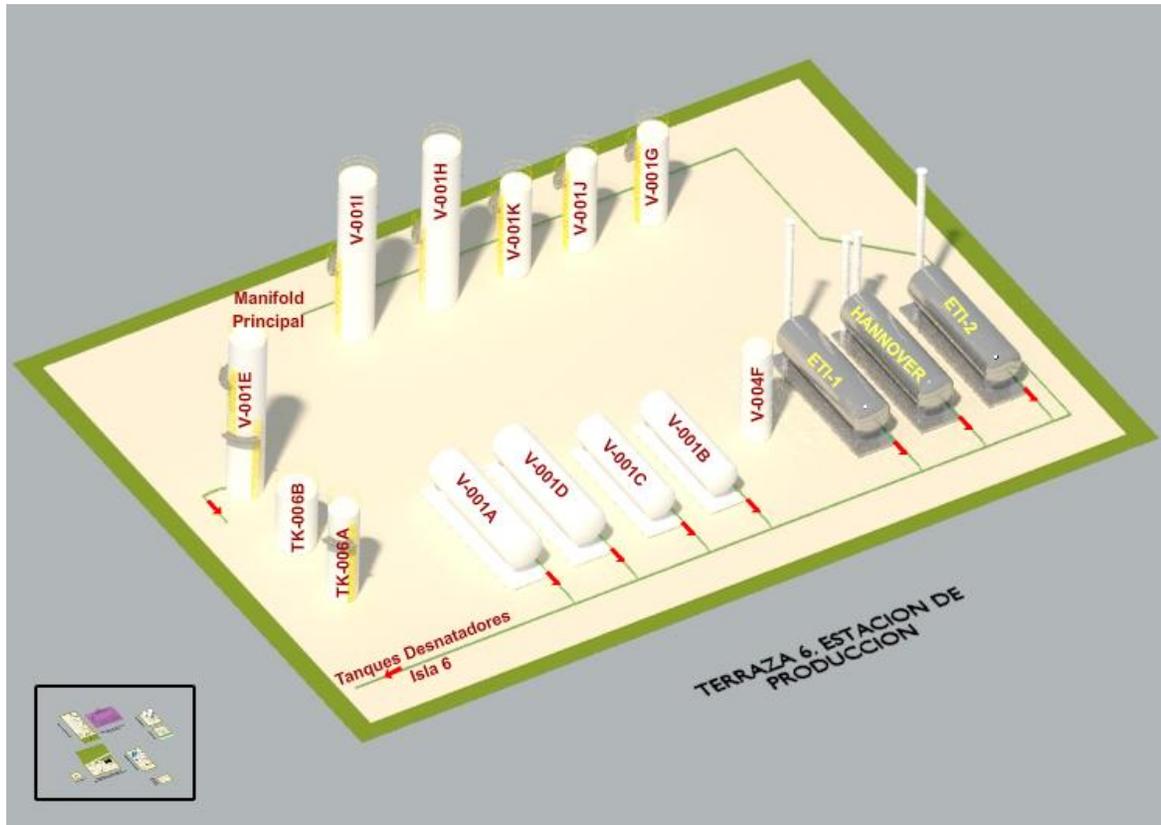


**Figura 8.** Terraza 2. Estación de Transferencia de Agua

En la estación de Transferencia, el agua recibida de la estación de captación, ingresa a dos hidrociclones HI-501A/B para iniciar un proceso de remoción de sólidos, de ahí el agua es enviada a un sistema de filtración compuesto por 3 filtros BAWER F-501 E/F/G y 4 PETRECO F-501A/B F-209C/D que nos ayuda a filtrar los sólidos presentes, para ser direccionada a dos tanques de almacenamiento TK-501 A/B, el agua es succionada por 9 bombas Booster P-502 A/B/C/D/E/F/G/H/I a través de un cabezal, para luego descargar el agua hacia las bombas Reda P-503D/E/F/G y hacia las bombas Centrillift P-503A/B/C para finalmente ser bombeada el agua a través del acueducto hasta la estación de inyección (línea de 12" y 9.5 Km).

El agua drenada de los filtros es llevada a los lechos de secado en donde es filtrada el agua por medio de unas capas de gravilla, llegando esta a los tanques sumideros ME-258A, donde finalmente pasa al tanque decantador TK-255A, para hacer una remoción de sólidos y recircular el agua limpia hacia los filtros.

### 3.3. TERRAZA 6. AGUA ASOCIADA AL CRUDO

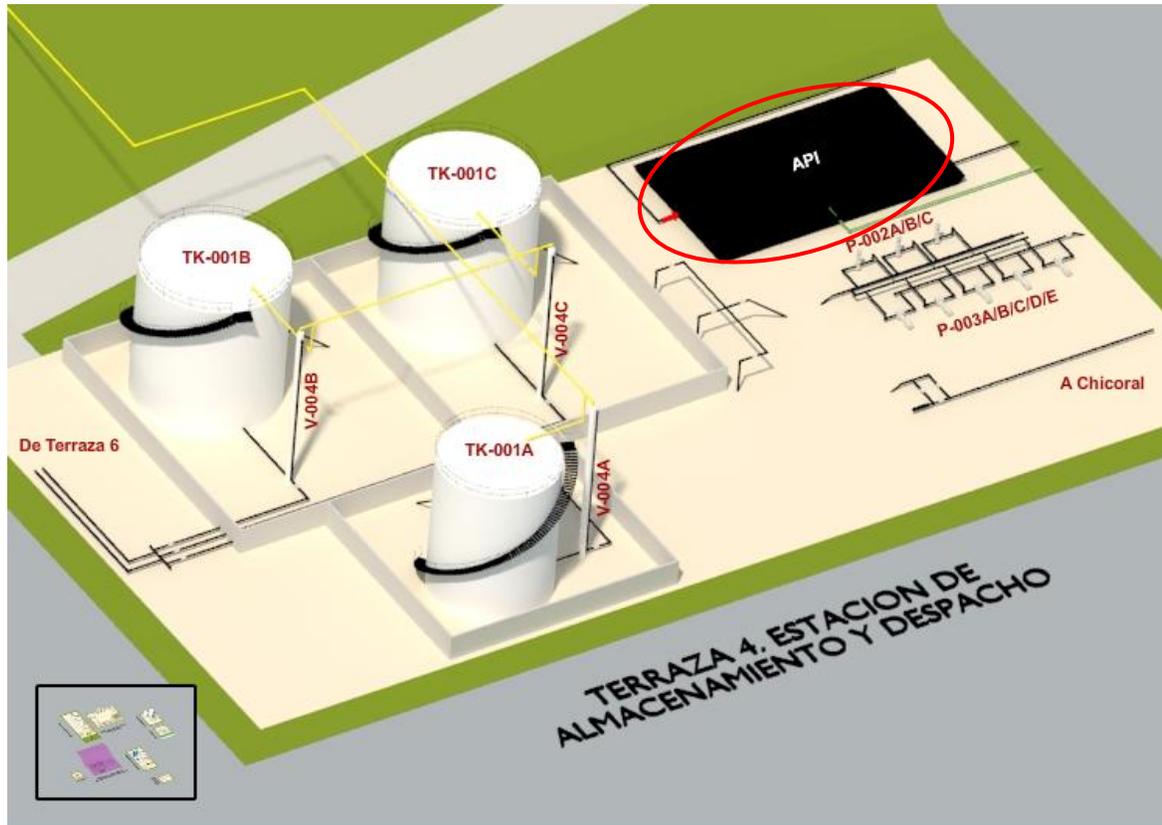


**Figura 9.** Agua Asociada al Crudo

El fluido producido de los pozos es enviado a los separadores y tratadores de la estación de producción, los cuales separan el fluido en tres corrientes (crudo, agua y gas).

El agua de producción separada es aproximadamente 48000 BWPD y es direccionada por línea de 8" a los tanques desnatadores TK-1006-102 A/B ubicados en la Planta Bawer de Isla 6.

### 3.4. TERRAZA 4. SISTEMA DE AGUAS ACEITOSAS

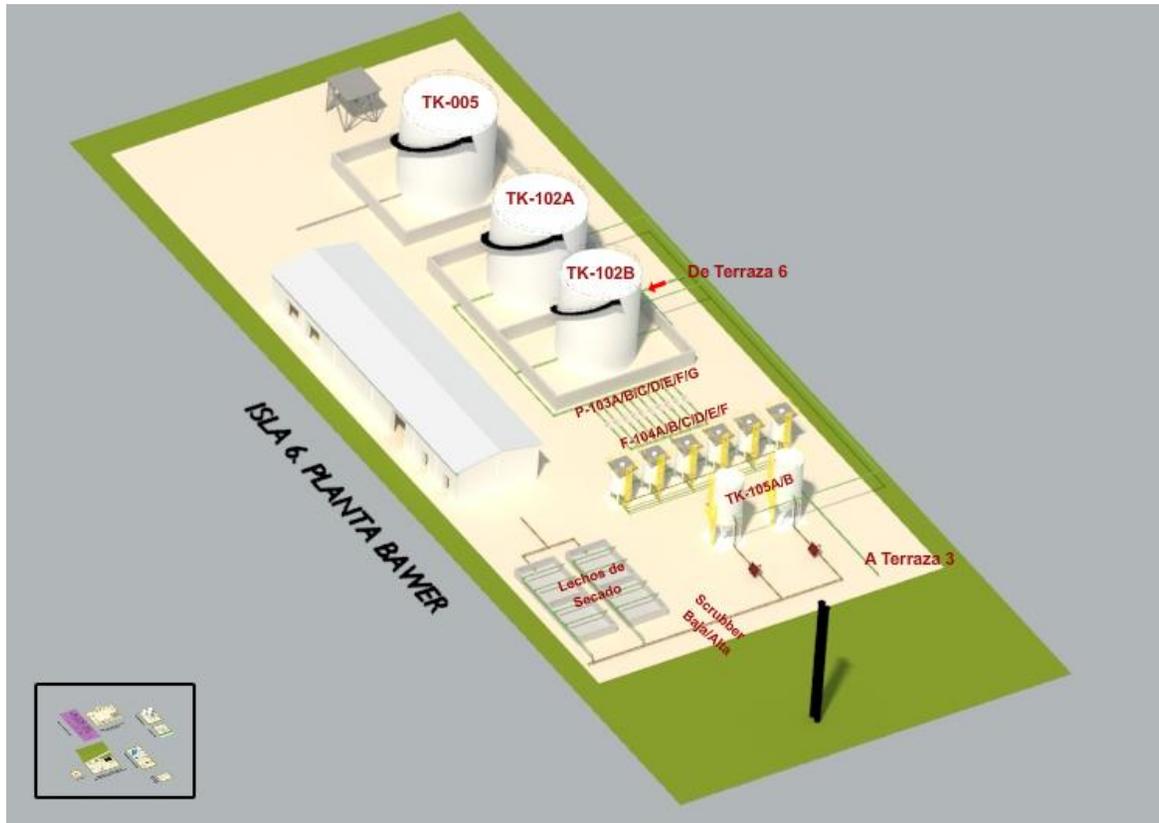


**Figura 10.** Tanque Separador API

Todas las aguas aceitosas de los equipos del campo son drenadas hacia un desarenador, lugar donde se le retiraran la mayor parte de los sólidos presentes, después de aquí el agua es dirigida hacia el tanque separador API donde por decantación es separada el agua formando una capa superficial de crudo (nata).

El agua separada en el tanque API es dirigida a los sumideros de agua y enviada mediante bombas centrifugas horizontales a una presión de 150 psi a los tanques desnatadores de la planta de tratamiento de aguas industriales (BAWER) por una línea de 4”.

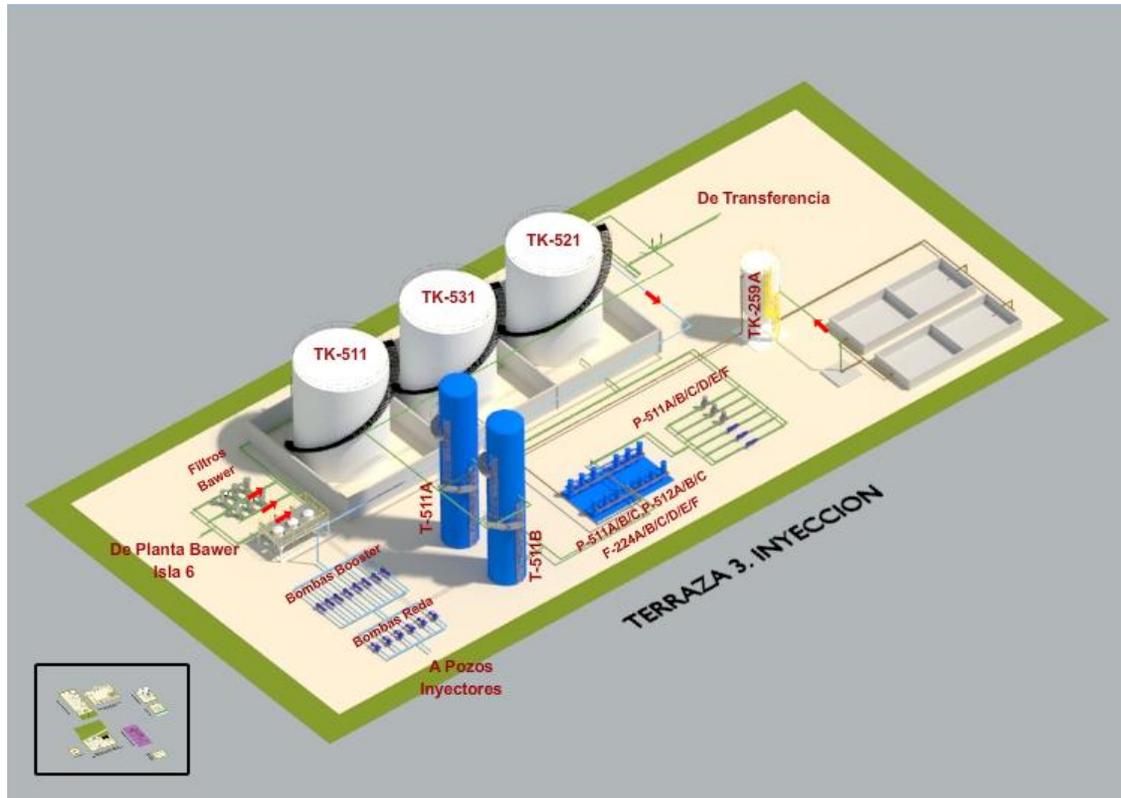
### 3.5. ISLA 6. PLANTA BAWER - TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES



**Figura 11.** Isla 6. Planta Bawer - Tratamiento de Aguas Industriales

El agua que se denomina de producción proviene de los separadores trifásicos y en menor medida de los tratadores electrostáticos, los cuales son conducidos por una línea de 8" a los tanques desnatadores TK-1006-102 A/B, estos equipos separan parte de los sólidos suspendidos en el agua y parte del aceite que se encuentra mezclado. Seguidamente la corriente de agua es succionada por una serie de bombas P-103 A/B/C/D/E/E'/F/G para direccionarla a unos filtros de cáscara de nuez (F-104 A/B/C/D/E/F), los cuales retiran la mayor cantidad de aceite y sólidos presentes en el agua, posteriormente dicha corriente es pasada por unos filtros de cartucho, los cuales remueven cualquier partícula de aceite que se encuentre y es enviada a los tanques del sistema de inyección de agua del Campo Guando.

### 3.6. TERRAZA 3. ESTACIÓN DE INYECCIÓN DE AGUA



**Figura 12.** Terraza 3. Estación de Inyección de Agua

Al sistema de inyección llega agua proveniente de dos fuentes, agua de producción tratada en la Planta Bawer ubicada en isla 6 y agua que llega de la estación de transferencia; el agua de producción pasa por su respectivo proceso de filtración a través de un sistema de filtros Bawer para luego ser almacenada tanque TK-511. El agua que llega de la estación de transferencia se almacena en tanque TK-521, el cual sirve como cabeza de succión a las bombas del sistema de micro filtración, donde filtra el agua hasta llevarla a una concentración de sólidos de 10 ppm, esta agua pasa por las torres desoxigenadoras (T-511 A/B), las cuales utilizan gas del campo recuperado para realizar dicho tratamiento. El agua luego de ser tratada es almacenada en el tanque TK-531, finalmente el agua tratada y almacenada en los tanques TK-521 y TK-531 sirve como pulmón para las succión de las bombas Booster que alimentan a las bombas principales de inyección.

La inyección a los pozos se realiza a través de tres troncales, las cuales llevan el agua a una presión promedio de 2700 psi hasta las diferentes localizaciones en las cuales se encuentran los pozos inyectores.

### 3.7. DISTRIBUCIÓN DE TRONCALES HACIA POZOS INYECTORES



**Figura 13.** Distribución de Troncales hacia Pozos Inyectoros

Campo Guando cuenta con 68 pozos inyectoros de agua de los cuales 49 se encuentran operando actualmente y se tienen ubicados en 15 islas. Cada isla cuenta con un manifold y un cabezal de inyección; en algunas islas se tienen válvulas de corte que sirven para realizar aislamientos de tramos de líneas de 8 pulgadas. Las islas donde se tienen las válvulas de corte son (isla 2, 3, 10, 11, 13, 17 y 18).

El agua fluye de terraza 3 de donde salen tres troncales las cuales se denominan troncal isla 17, 12 y 13.

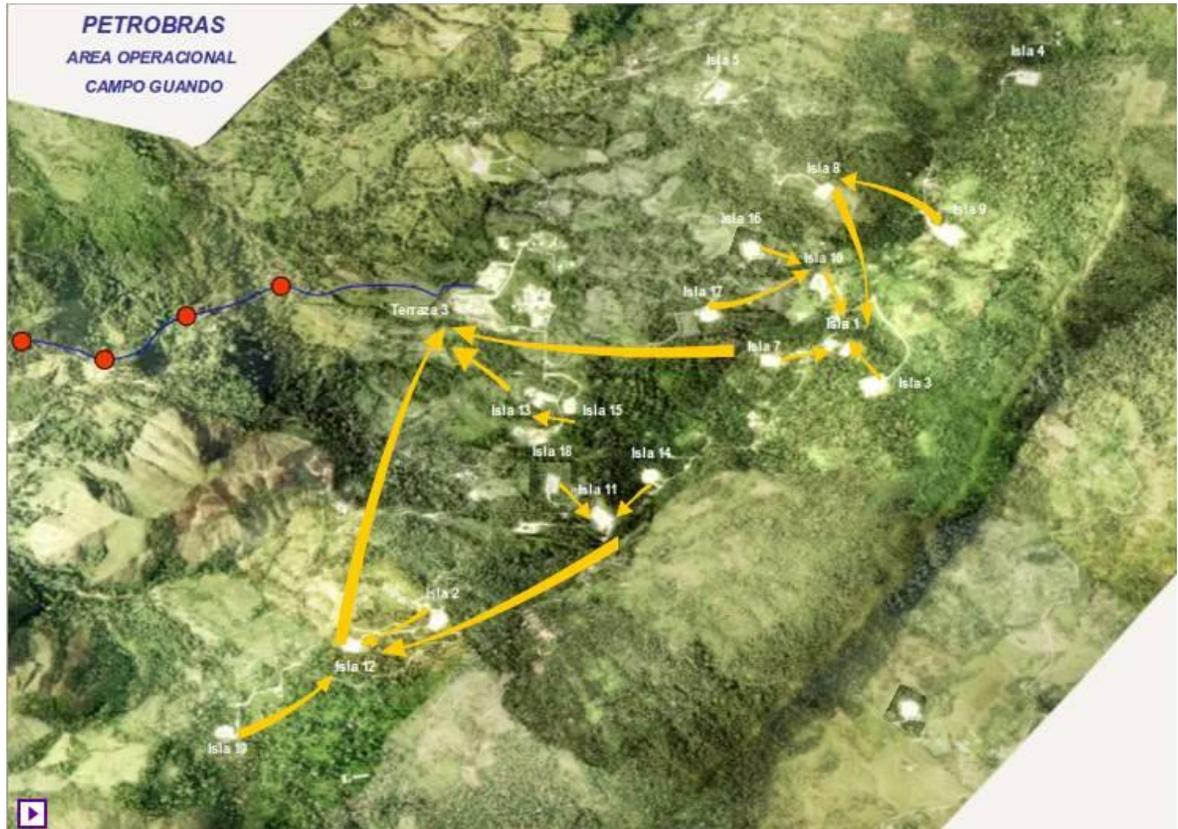
- **TRONCAL ISLA 17:** La troncal 17 lleva el agua a la isla 17 donde se distribuye hacia las islas 7 y 10; en isla 10 se distribuye hacia la isla 16, isla 1 e isla 3, de esta última sale a la isla 8 e isla 9.
- **TRONCAL ISLA 12:** La troncal 12 sale hacia la isla 12, de aquí se distribuye hacia la isla 19 y isla 2, en esta isla no se tienen pozos inyectoros pero encontramos una válvula de corte y de aquí se

distribuye hacia la isla 18; de la isla 18 pasa hacia isla la 11 y de aquí llega finalmente hacia la isla 14.

- TRONCAL ISLA 17: La troncal 17 sale hacia la isla 13 y de esta va a la isla 15.

## 4. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE GAS EN CAMPO GUANDO

### 4.1. ISLAS Y DISTRIBUCIÓN DE TRONCALES PARA LA RECUPERACIÓN DE GAS DE LOS POZOS



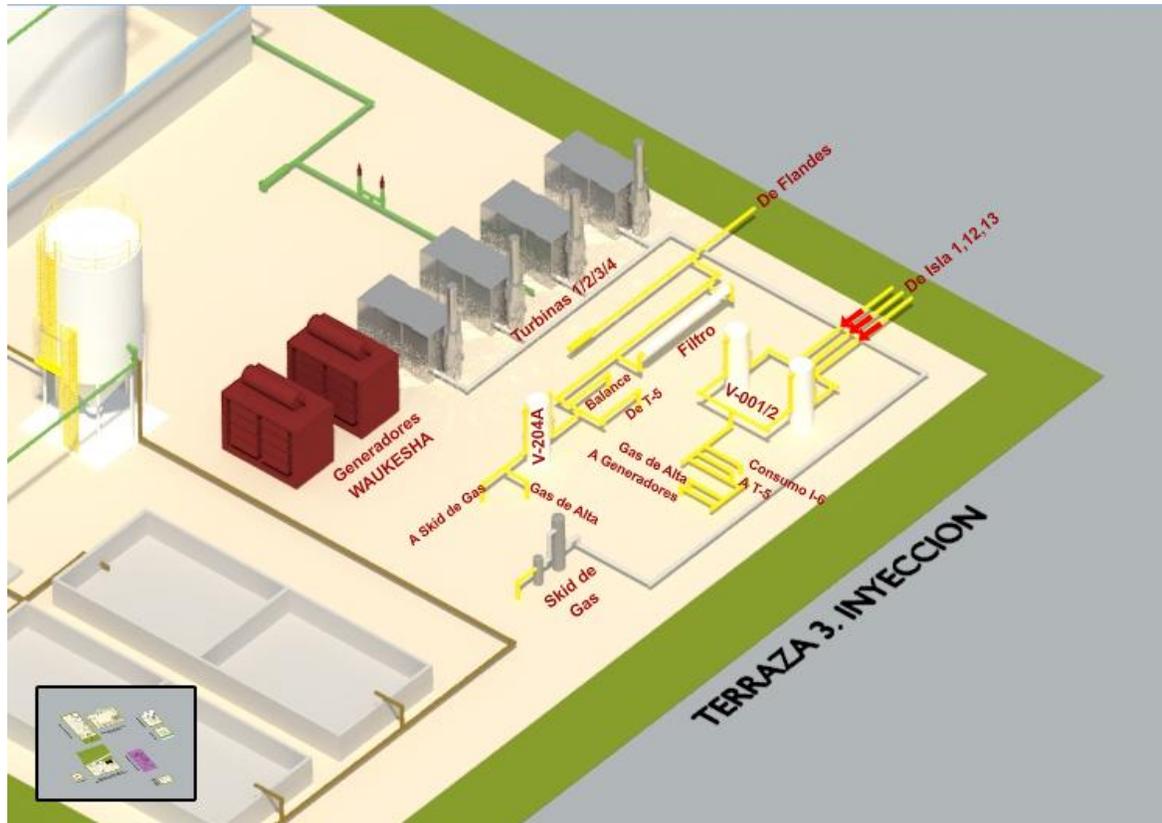
**Figura 14.** Islas y Distribución de Troncales para la Recuperación de Gas

El proceso de gas en Campo Guando es venteado por los espacios anulares de los pozos, por líneas independientes al múltiple general ubicado en cada isla, desde donde es direccionado por líneas troncales a las unidades compresoras (UVR's) que elevan a la presión necesaria (50 psi) para poder transportar el gas por tres troncales generales (1, 12 y 13) hasta terraza 3, donde se encuentra ubicado el centro de manejo y distribución de este.

- **TRONCAL ISLA 1:** En la isla 1 se recibe el gas producido por los pozos de las islas pertenecientes a la zona norte del campo. En ésta el gas es impulsado a través de las unidades recuperadoras que junto con el gas recuperado de las islas 9 y 8 es direccionado a la terraza 3 por la troncal de la isla 1.

- TRONCAL ISLA 12: Esta troncal direcciona a la terraza 3 el gas recuperado por las unidades compresoras las cuales reciben la producción de las islas 2, 12 y 19, adicionalmente a esta troncal se suma la producción recuperada de las islas 18,14 y 11.
- TRONCAL ISLA 13: Esta troncal direcciona a terraza 3 el gas recuperado de las islas 13 y 15.

## 4.2. TERRAZA 3. ESTACIÓN DE RECIBO DE GAS CAMPO Y GAS FLANDES



**Figura 15.** Terraza 3. Estación de Recibo de Gas Campo y Gas Flandes

Los scrubbers de baja (V-001 y V-002) reciben la producción general de gas la cual llega por las troncales de las islas 1, 12 y 13, éstas vasijas permiten la separación y retiro del condensado y agua asociada que se liberan a lo largo de su recorrido.

El gas que sale es distribuido finalmente así:

- A torres desoxigenadoras para retirar el oxígeno disuelto en el agua captada del río Sumapaz.
- A la succión de los motocompresores ubicados en terraza 5.
- A isla 6 y terraza 6 para el consumo de las vasijas.
- Finalmente es distribuido a los motogeneradores Waukesha para alimentar el sistema de generación de la energía eléctrica del campo.

Adicionalmente en esta terraza es recibido el gas proveniente de la estación Flandes, que opera como un sistema de respaldo. El gas Flandes pasa por un proceso de filtración y posteriormente enviado al scrubber de

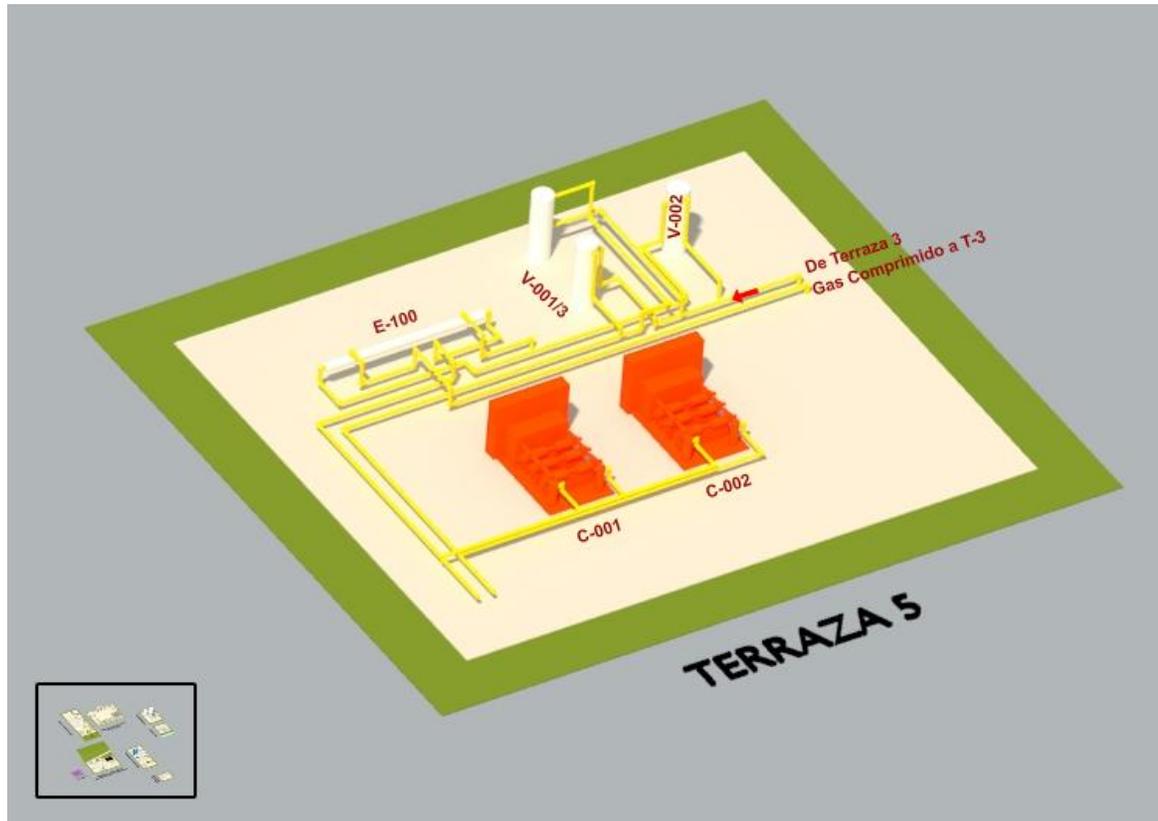
alta; que también recibe el gas comprimido por los motocompresores en terraza 5.

Del scrubber de alta es direccionado al skid de gas de los turbogeneradores donde eleva la temperatura a 147°F y realiza la última fase de filtración, el gas que sale fluye por una cubierta metálica a las 4 turbinas las cuales me generan la energía eléctrica necesaria para que campo cuando opere a condiciones optimas.

El gas para el balance es tomado del cabezal de alta, a donde llegan las corrientes de gas Flandes y gas comprimido del campo por los motocompresores, esta línea es direccionada y regulada a la presión que requiera en los separadores ubicados en terraza 6.

Existe a la salida de los scrubber de alta una línea que puede abastecer los motogeneradores Waukesha en caso de falta de gas campo.

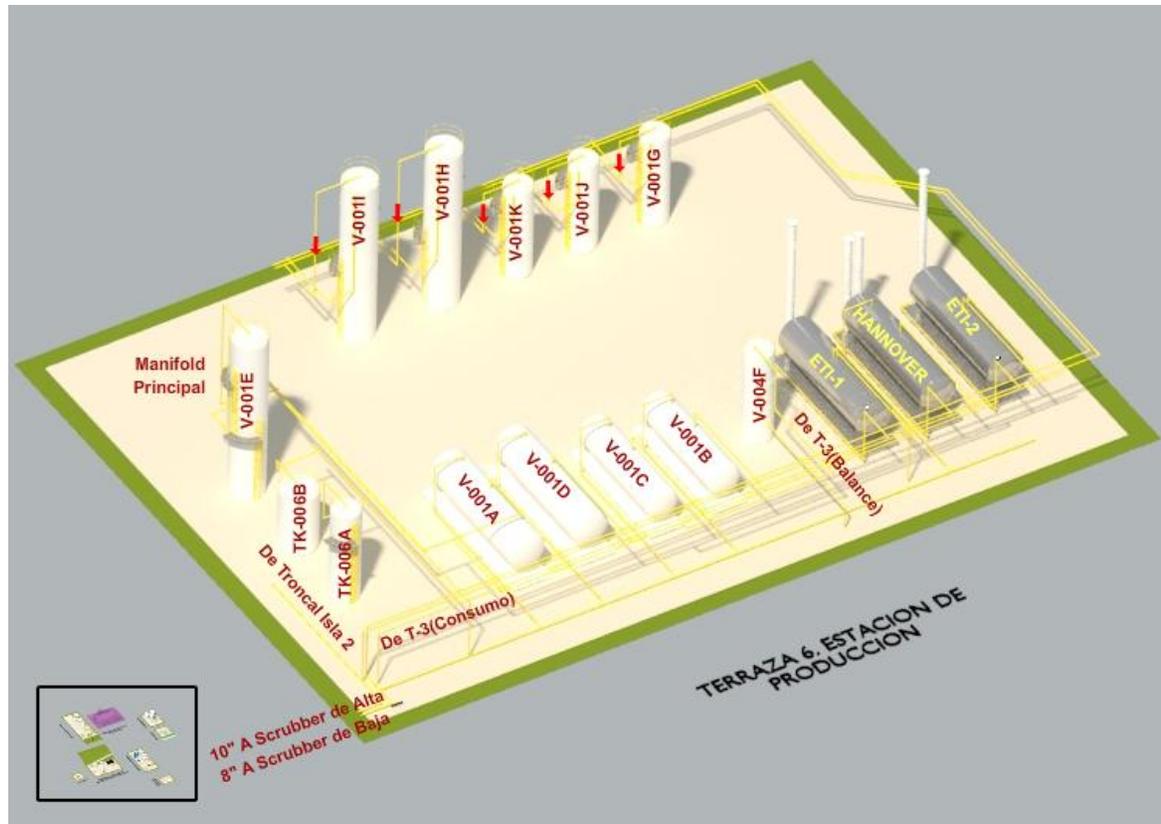
### 4.3. TERRAZA 5. MOTOCOMPRESORES DE GAS



**Figura 16.** Terraza 5. Motocompresores de Gas

En terraza 5, los scrubbers de baja (V-001 y V-003) reciben la producción de gas del campo; éstas vasijas permiten la separación y retiro del condensado y agua asociada gas. El gas es succionado por el compresor que se encuentre en línea (C-001/2) que lo toma a 30 psi y lo descarga a 450 psi aprox. El gas comprimido es direccionado al scrubber de alta (V-002), pasando por un intercambiador de calor, una vez realizada la última fase de filtración el gas.

#### 4.4. TERRAZA 6. GAS ASOCIADO DE ALTA, GAS DE COBERTURA Y GAS DE BALANCE



**Figura 17.** Terraza 6. Gas Asociado de Alta, Gas de Cobertura y Gas de Balance

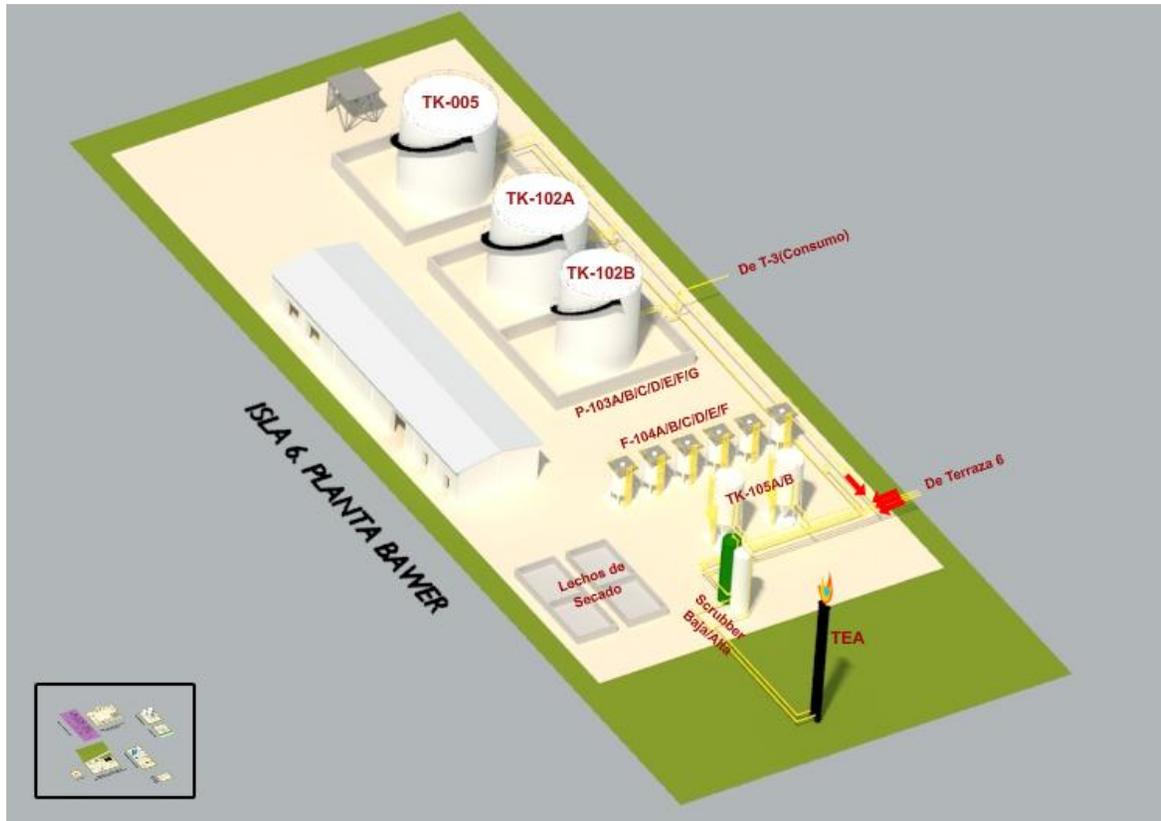
El gas que no alcanza a ser liberado a través de los espacios anulares de los pozos, llega con la corriente de crudo hasta los separadores de la terraza 6; el gas liberado en las vasijas, es utilizado para mantener la presión de operación de los equipos, el gas sobrante liberado en los separadores y tratadores es descargado por línea de 10" hacia el scrubber de alta, y el gas liberado en los tanques de prueba es descargado por línea de 8" al scrubber de baja ubicado en isla 6.

A la terraza 6 entra una línea de 4" por donde fluye el gas de consumo proveniente del cabezal de baja en la terraza 3 (gas campo), ésta línea entra y es distribuida para consumo en:

- Quemadores de los tratadores electrostáticos (ETI-1, HANNOVER Y ETI-2)
- Gas de cobertura para los tanques de prueba TK-006A/B

A la bota de gas V-004F entra una línea de 3" por donde fluye el gas de balance proveniente del cabezal de alta en la terraza 3, en donde es regulada a la presión necesaria para mantener estables el proceso de separación en las vasijas de la terraza 6.

#### 4.5. ISLA 6. GAS ASOCIADO DE BAJA Y GAS DE COBERTURA



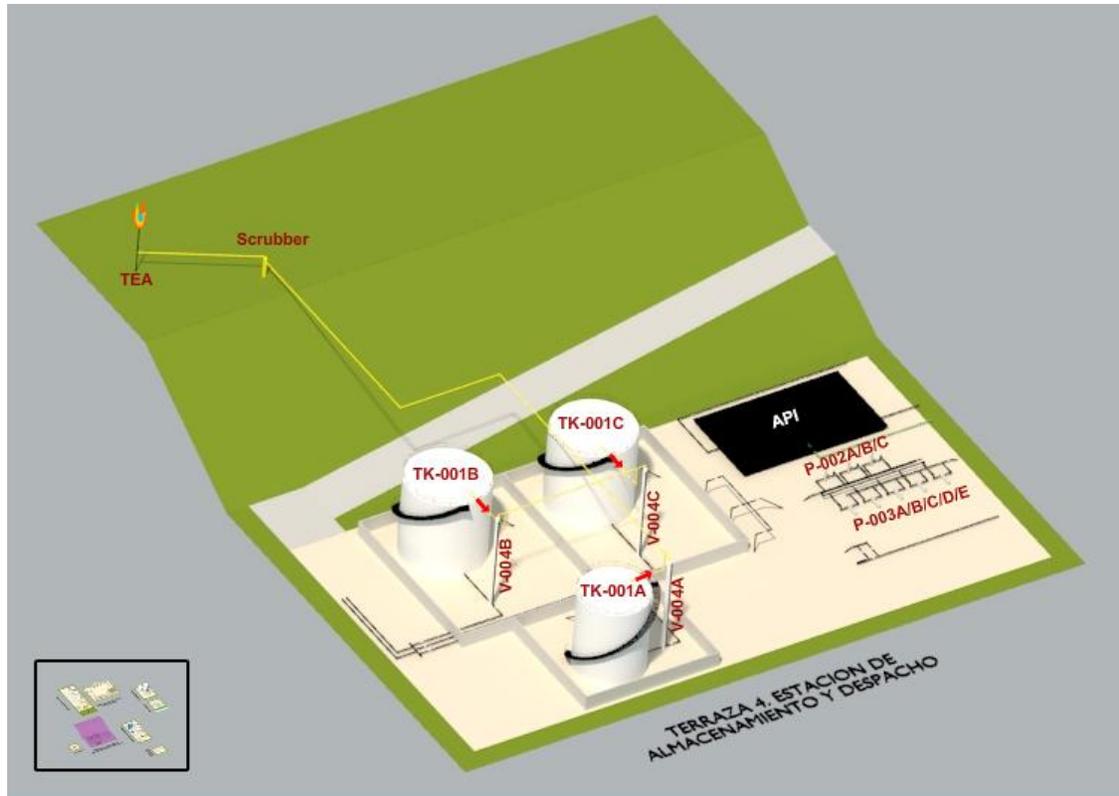
**Figura 18.** Isla 6. Gas Asociado de Baja y Gas de Cobertura

En la isla 6 está ubicado el scrubber de baja encargado de recibir el gas proveniente del tanque de rechazo TK-005, de tanques desnatadores TK-102A/B y de los tanques decantadores TK-105A/B.

En la isla 6 está ubicado también el scrubber de alta encargado de recibir el gas liberado en los separadores y de recibir parte de la producción de gas de los pozos transportada por la troncal de la isla 2; en la actualidad existen dos recuperadoras para maximizar el aprovechamiento del gas de los separadores que era quemado en la tea, el gas recuperado es direccionado a los compresores en la terraza 5.

A la Isla 6 entra una línea de 4" por donde fluye el gas de consumo proveniente del cabezal de baja en terraza 3 (gas campo), ésta línea entra y es distribuida para cobertura en el tanque de rechazo TK-005, en los tanques desnatadores TK-1006-102A/B y en los tanques decantadores TK-1006-005A/B.

#### 4.6. TERRAZA 4. GAS LIBERADO EN LAS BOTAS Y TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE CRUDO

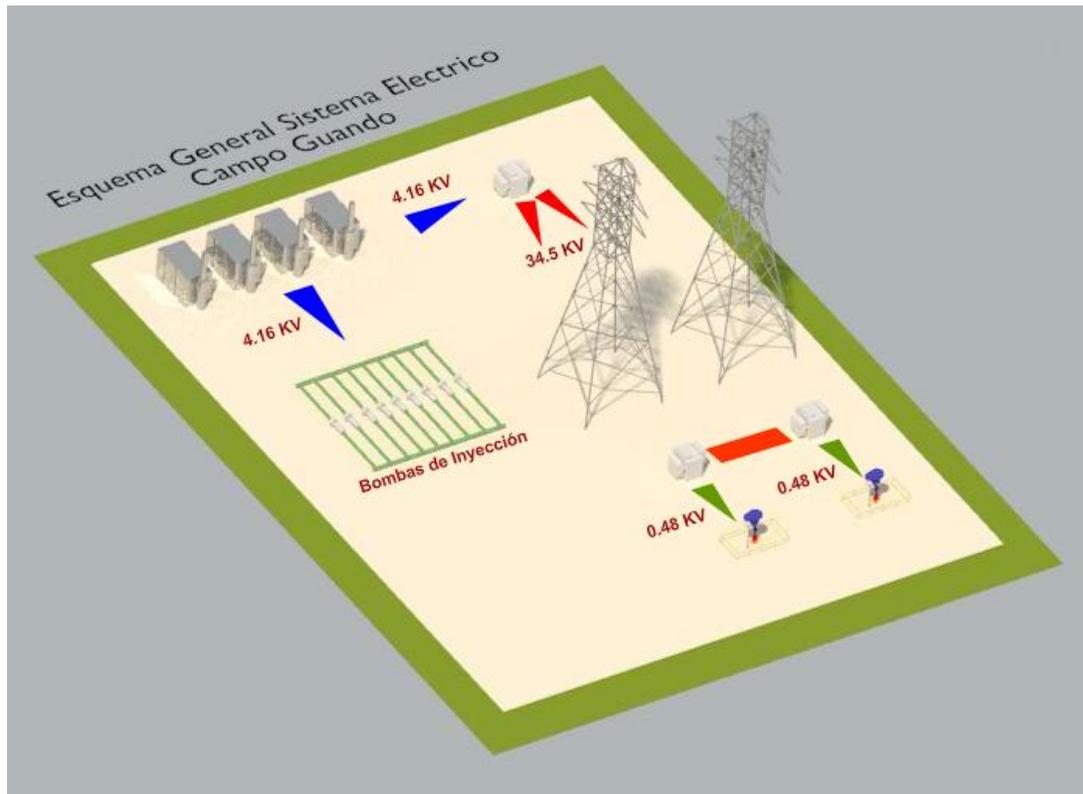


**Figura 19.** Terraza 4. Gas Liberado en las Botas y Tanques de Almacenamiento de Crudo

Para el manejo del gas liberado en las botas (V-004A/B/C) y en los tanques de almacenamiento en terraza 4 se han instalado un sistema para quemar el poco gas asociado liberado en su último proceso, los gases liberados son direccionados conjuntamente por línea de 4" a un scrubber para retirar las partículas pesadas y poder ser quemado finalmente por la tea.

## 5. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO EN CAMPO GUANDO

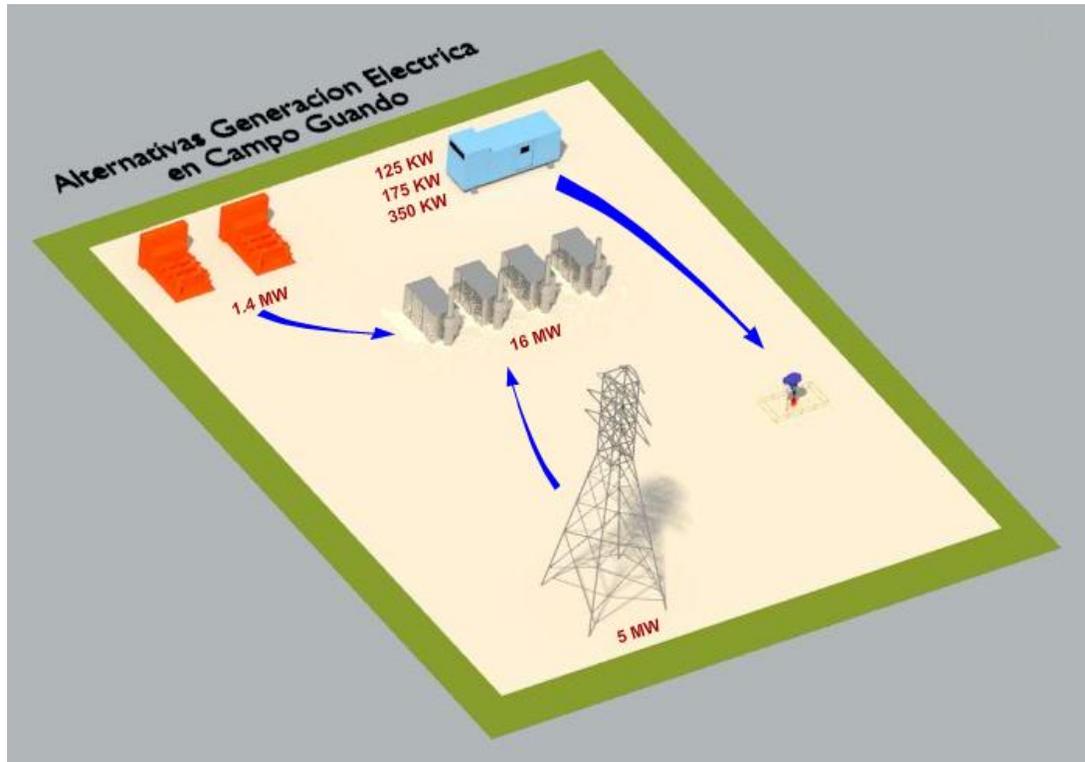
### 5.1. ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE CAMPO GUANDO



**Figura 20.** Esquema General del Sistema Eléctrico de Campo Guando

- Campo Guando cuenta con 4 turbinas marca solar con 4 MW cada una, están generan a 4.16KV, este voltaje pasa a una subestación de transformadores ubicados en terraza 3 para levantarlo a 34.5 KV.
- En cada isla se tiene unos transformadores que toman los 34.5 KV y los bajan a 0.480 KV, voltaje utilizado en los variados de los pozos.
- Las mismas turbinas la generación de 4.16KV nos sirve para alimentar los motores de las bombas Reda de 1550 Hp.

## 5.2. ALTERNATIVAS DE GENERACIÓN ELÉCTRICA EN CAMPO GUANDO

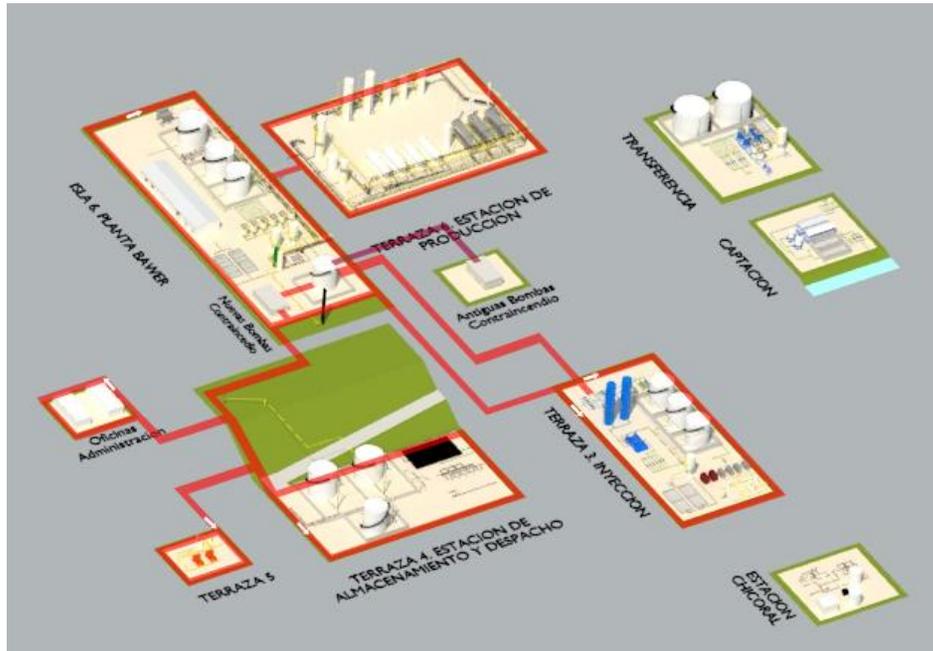


**Figura 21.** Alternativas de Generación Eléctrica en Campo Guando

- Se tienen 2 generadores Waukesha con capacidad de 1.4MW que se pueden sincronizar con las 4 turbinas Solar.
- También se tiene el sistema de lanceros con una capacidad de 5MW que permanentemente esta sincronizado con las turbinas.
- En las islas se cuenta con generadores para el manteniendo preventivo y correctivo de las islas, se tiene 5 generadores de 125KW, 3 generadores de 175KW y un generador de 350 KW, estos son utilizados para la alimentación de los pozos en cada isla .
- La capacidad total de las turbinas es de es 16KW

## 6. DESCRIPCION DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO EN CAMPO GUANDO

### 6.1. ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO EN CAMPO GUANDO



**Figura 22.** Esquema General del Sistema Contra Incendio en Campo Guando

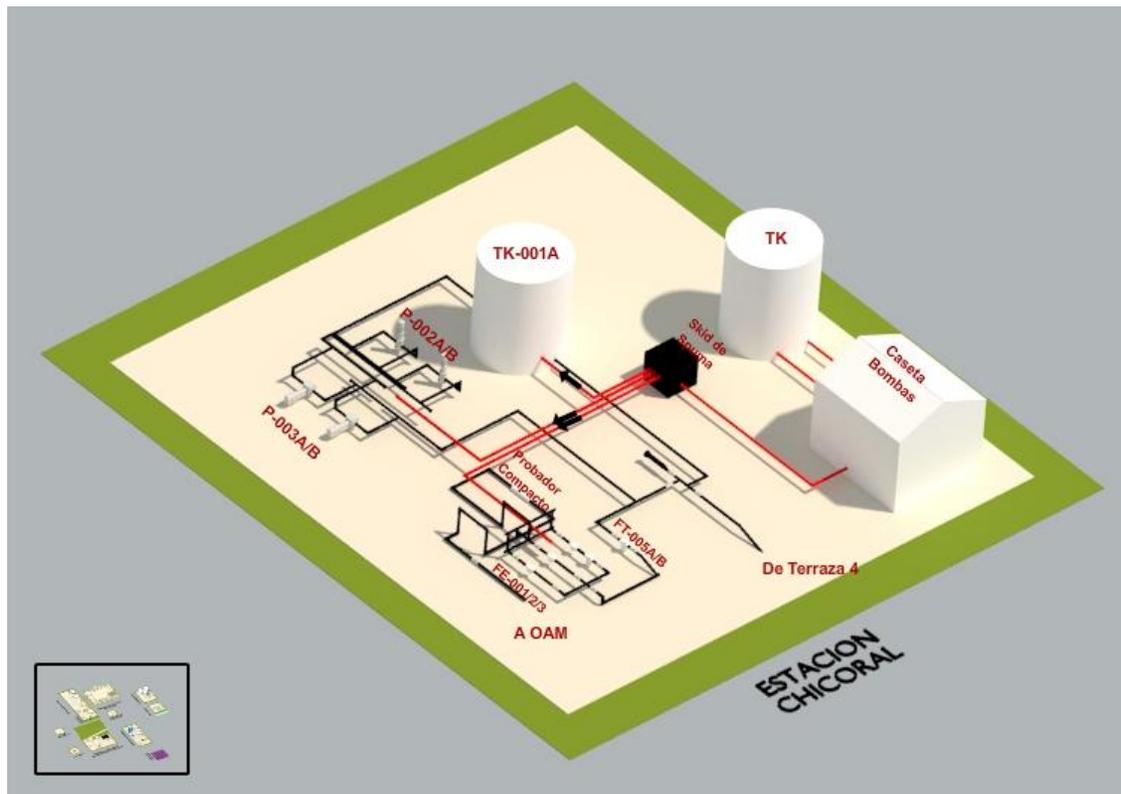
El tanque contra incendio es alimentado por línea de 3" desde las bombas Booster ubicada en terraza 3, el tanque de almacenamiento de agua cuenta con una capacidad de 10000 Bbls, el agua del tanque contra incendio sale por línea de 10" a alimentar el cabezal de las bombas principales del sistema contra incendio, el sistema nuevo es administrado por una bomba eléctrica y una bomba de respaldo acoplado a motor diesel cada una con una capacidad de 1500 gls/min a una presión de 150 psi.

El exceso de agua de las bombas es retornada por línea de 8" al tanque contra incendio por la parte superior, sobre esta línea se tiene instalada un dispositivo de prueba flujómetro para construir las curva de desempeño de las bombas.

Se cuenta con un sistema de contra incendio antiguo que cuenta con dos bombas, una bomba eléctrica y una bomba diesel con una capacidad de 750 gls/min a 150 psi cada una, este sistema es usado como respaldo del sistema contra incendio nuevo.

De las bombas de contra incendio es direccionada el agua a un manifold para distribuirla a las estaciones de campo. Cuando la línea de contra incendio forma un anillo en cada estación con el objetivo de suplir por las dos direcciones el agua a los equipos de contra incendio en caso de su activación.

## 6.2. ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO EN LA ESTACIÓN CHICORAL



**Figura 23.** Esquema General del Sistema Contra Incendio en la Estación Chicoral

La estación Chicoral cuenta con un tanque de almacenamiento de agua contra incendio con capacidad de 3000 Bbls, el agua del tanque sale a alimentar el cabezal de las bombas principales del sistema contra incendio, el sistema contra incendio cuenta con una bomba eléctrica y una bomba diesel, la descarga de agua de las bombas es direccionada a un skid de espuma para fluir conjuntamente a la zona de riego ya sea el tanque relevo TK-001A, la caseta de bombas de exportación o sea la caseta donde se encuentra la unidad LACT.

## 7. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto Manual Interactivo de Operaciones, surgió de la necesidad de contar con una base de datos completa y actualizada en el área de producción, para la empresa PETROBRAS del Campo Guando. Esto se presento debido a que una de las características principales de este campo, es que cuentan con muchas estaciones e islas, que ocasiona un gran manejo de información, lo cual resultaba difícil para el personal de la operación, saber dónde encontrar información actualizada ya que no se contaba con un medio apropiado para esto. De igual forma para el personal nuevo en la compañía, era complicado tener una noción de lo que es el Campo Guando y saber dónde encontrar la información.

Por ello se propuso la realización de un Manual Interactivo de Operaciones, el cual se enfocaba en reunir toda la información referente a los procesos de crudo, agua y gas de cada una de las estaciones, ya que la información de los manuales y descripciones generales, se encontraban en folletos, los cuales resultan poco didácticos a la hora de entender o dar una explicación a personal nuevo en la estación.

Para empezar, lo primero que se hizo fue recolectar toda la información existente de los manuales de procedimientos y averiguar las últimas fechas de actualizaciones que cada uno de estos tenían. Como la idea no era solo realizar el Manual Interactivo, sino dotarlo de información verídica y actualizada, se procedió a actualizar los procedimientos que lo necesitaran.

Después de contar con los manuales de procedimientos que iban a ser incluidos dentro del proyecto, se procedió a elaborar cada uno de los procedimientos restantes que hacen parte de la operación. Los procedimientos tienen un factor agregado, cuyo objetivo fue tener un manual de procedimientos explicito mediante registro fotográfico del paso a paso de cada una de las acciones que el operador realiza al ejecutar su trabajo.

Como la idea era que el manual fuera una herramienta didáctica, se graficaron todas las estaciones lo más real posible, para tener una idea clara de la ubicación de los equipos de cada una de estas. Para ello se conto con el programa Blender, que permite graficar en tres dimensiones, y extraer videos o imágenes según sea la necesidad. En la realización de estos esquemas vale la pena resaltar que fue uno de los procesos más dispendiosos en el transcurso del proyecto, debido a que cada estación cuenta con gran cantidad de equipos y líneas que pueden llegar a ser muy confusas a la hora de diseñar. Para evitar esta confusión, antes de

realizar el esquema, se fue a cada estación para verificar correctamente como va cada equipo y líneas. Terminado los diseños para cada una de las estaciones, se obtuvieron videos, que acompañado de animaciones por medio de movimiento de flechas para indicar el sentido flujo, se logro sistematizar toda la información en el Manual Interactivo de Operaciones, utilizando el programa Macromedia Flash 8, donde se explica de una forma clara y concisa, el proceso en cada una de las estaciones por medios multimedia.

Es importante resaltar que tanto operadores como auxiliares de cada una de las estaciones, poseen un gran dominio en todo lo referente a procesos en las estaciones, pero no se puede descartar que en cualquier momento se puede tener alguna duda de cómo operar un determinado equipo de la estación y es donde se tiene esta herramienta que le permite aclarar cualquier duda que puedan tener los operadores a la hora de tomar una decisión.

Como es de saber, los manuales de procedimientos son herramientas que nunca pueden faltar a la hora de operar un determinado equipo, para evitar tener fallas o causar accidentes de cualquier índole. Por esta razón, el Manual va acompañado de un estudio de seguridad a nivel personal, ambiental y operacional, con el fin de identificar los aspectos que se puedan generar a la hora de operar en la estación y así saber qué consecuencias se pueden tener y que medidas de control se deben implementar. La aplicación más importante que se encuentra, es la identificación de que hacer en caso de una situación imprevista y de emergencia, permitiéndole al operador o cualquier persona incluida dentro del proceso, conocer en que procedimientos se corre un mayor riesgo, y como responder de inmediato y seguramente a cualquier situación imprevista que se presente en el campo, que pueda afectar o atentar al empleador o al medio ambiente. Así se convierte en una herramienta de estudio a la hora de una auditoria, en la parte de SMS, para que la persona tenga una noción clara de los mayores riesgos a que está expuesto, ya que la mayoría de las veces las empresas tienen como tareas criticas una gran cantidad de procesos, resultando confuso para el personal que opera en las estaciones.

Otra de las funciones del Manual Interactivo, es que se convierte en un apoyo cuando se deben exponer las generalidades del campo, como cuantos pozos productores e inyectores se tienen, la historia y geología del campo, características del yacimiento, filosofía del control, filosofía del shutdown, etc. Por esta razón si se llega a tener una visita o una exposición inesperada, se cuenta con esta herramienta, que brinda la posibilidad de mantenerse actualizada constantemente de manera sencilla.

En conclusión el Manual Interactivo de Operaciones se implementa para permitir un correcto y adecuado control de las diferentes operaciones que se tiene en cada una de las estaciones, minimizando accidentes ya sean a nivel personal, operacional o ambiental, por medio del adecuado desempeño de los operarios de las estaciones.

La principal limitación que se puede presentar en la implementación de Manual Interactivo, es que los involucrados en el proceso, no realicen un adecuado uso del manual, donde se estaría desaprovechando una forma práctica para obtener información momento.

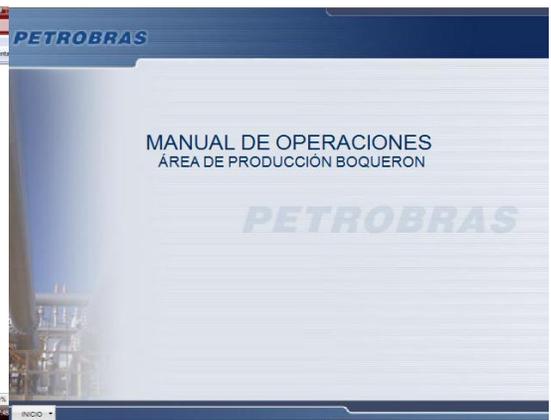
## 8. MANUAL DEL USUARIO

### 8.1. PÁGINA PRINCIPAL

Al abrir el Manual Interactivo de Operaciones, el primer pantallazo mostrado es el que se presenta en la **Figura 24**, es necesario dar un click sobre este, para activar la aplicación y a su vez acomodar la ventana principal automáticamente. (**Figura 25**)



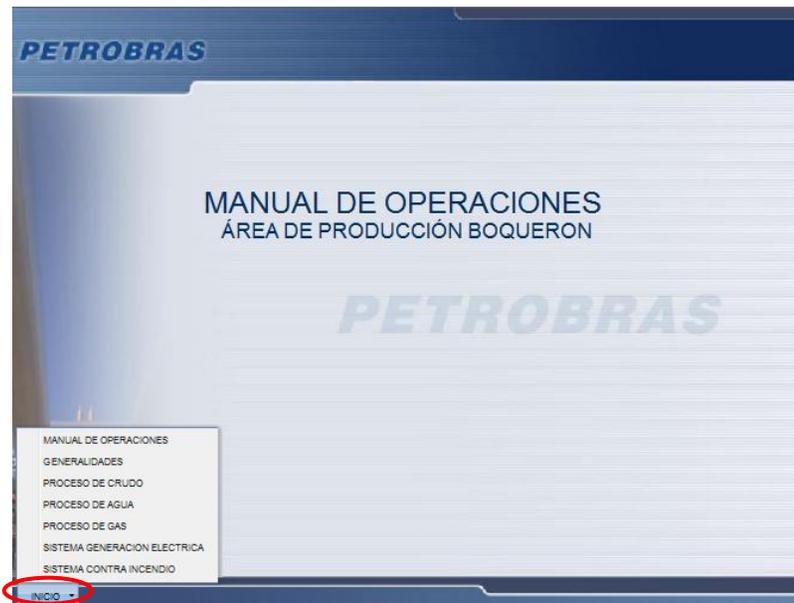
**Figura 24.** Pantallazo Principal



**Figura 25.** Pantalla Completa

Después de esto, se puede observar que en la parte inferior izquierda (**Figura 25**), se tiene la opción de inicio, al dar click nos mostrará los vínculos principales del manual interactivo (**Figura 26**) que serán explicados detalladamente en los siguientes puntos:

- **GENERALIDADES**
- **PROCESO DE CRUDO**
- **PROCESO DE AGUA**
- **PROCESO DE GAS**
- **SISTEMA GENERACIÓN ELÉCTRICA**
- **SISTEMA CONTRA INCENDIO**



**Figura 26.** Menú Inicio del Manual Interactivo

## 8.2. GENERALIDADES

El primer pantallazo mostrado por esta opción, se puede ver en la **Figura 27**, donde se observa una imagen aérea del Campo Guando, dentro de las generalidades se tiene información como cuantos pozos productores e inyectores se tienen, la historia y geología del campo, características del yacimiento, filosofía del control, filosofía del shutdown, etc.



**Figura 27.** Pantallazo Inicial para la Generalidades del Campo

Sobre el pantallazo inicial para las generalidades del Campo, existe la opción de dar un click sobre uno de los siete recuadros que aparecen en la parte superior, para tener la información del aspecto al que se quiere conocer. (Figura 28).



Figura 28. Información de cada una de la Generalidades del Campo

### 8.3. PROCESO DE CRUDO



Figura 29. Pantallazo Inicial Relacionado al Proceso de Crudo

Al elegir la opción Proceso de Crudo, el pantallazo que nos mostrará el Manual Interactivo, será como el de la **Figura 29**, el cual está conformado por los siguientes iconos:

- **Troncales Islas**
- **Descripciones**
- **Especificaciones**
- **Procedimientos**

Nota: Para estos iconos se tienen dos opciones de ingreso, mediante las figuras o por medio del listado que está en el recuadro superior izquierdo.

### 8.3.1. Troncales Islas

Esta opción, permite tener una noción de la distribución de las troncales para el transporte de crudo hasta la estación de producción ubicada en terraza 6. Esto se hace por medio de un video, que explica de forma general y esquemática el proceso de crudo en las islas de Campo Guando, como se muestra en la **Figura 30**.

Nota: Para regresar al pantallazo anterior realizar click en proceso de crudo o en su defecto continuar con el listado.



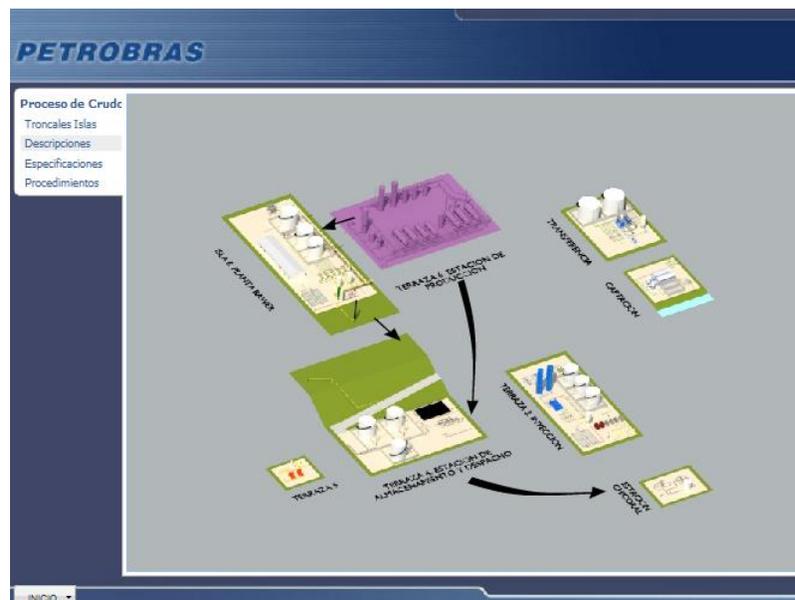
**Figura 30. Troncales Islas**

### 8.3.2. Descripciones

Esta opción nos da una descripción de cada uno de las estaciones existentes en Campo Guando relacionados al proceso de crudo.

El pantallazo mostrado es como el de la **Figura 31**, se debe dar click sobre la estación, dependiendo de la descripción del proceso de crudo que se desee consultar ya sea:

- TERRAZA 6. ESTACIÓN DE PRODUCCIÓN
- ISLA6. PLANTA BAWER
- TERRAZA 4. ESTACIÓN DE ALMACENAMIENTO Y DESPACHO
- ESTACIÓN DE MEDICIÓN CHICORAL



**Figura 31.** Descripciones de las Estaciones

Si necesitamos ir a terraza 6. Estación de Producción, se da click sobre ésta y por tanto la imagen se acercara de tal forma, que se pueda apreciar detalladamente, iluminándose el o los equipos a medida que se esté describiendo el proceso (**Figura 32**).

Para regresar a la pantalla anterior y consultar otra estación, se debe hacer click sobre el recuadro que aparece en la parte inferior izquierda.

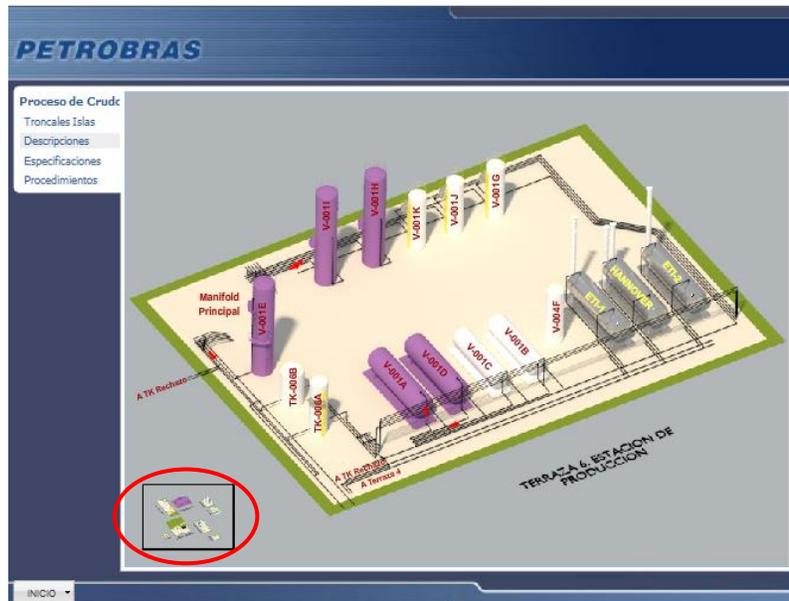


Figura 32. Descripción del Proceso de Crudo en Terraza 6. Estación de Producción

### 8.3.3. Especificaciones

Esta opción nos da una imagen (Figura 33), donde podemos seleccionar la estación donde se encuentre el equipo a consultar, y así poder observar su respectiva tabla de especificaciones.

CARACTERÍSTICAS	SEPARADORES DE GENERAL			UNIDADES
	ESPECIFICACIONES			
TAG	V-1006-001 A	V-1006-001 D	V-1006-001-EHII	-
UBICACION	TERRAZA 6	TERRAZA 6	TERRAZA 6	-
MARCA	MB S.A	INDUTANPAS LTDA	TECNITANGUES INGENIEROS LTDA	-
MODELO	TRIFASICO HORIZONTAL	TRIFASICO HORIZONTAL	TRIFASICO VERTICALES	-
SERIE		2532	0604-01/0706-01/0707- 02	-
AÑO DE CONSTRUCCION	2001	2004	2006/2007/2007	-
CAPACIDAD DE MANEJO	25000	25000	15000 C/U	BFPD
DIAMETRO / LONGITUD		102,88 OD / 39		FT
PRESION DE DISEÑO	100 / 250	100 / 150	100 / 150	PSI @ °F

Figura 33. Especificaciones de los equipos relacionados al proceso de Crudo

### 8.3.4. Procedimientos

En este icono, se encuentran todos los manuales de procedimiento para cada equipo existente relacionado al proceso de crudo en Campo Guando, clasificado según en la estación donde aplique. Los manuales se encuentran en forma de listado como lo indica la **Figura 34**.



**PETROBRAS**

Proceso de Crudo  
Troncales Islas  
Descripciones  
Especificaciones  
Procedimientos

**PZ**

PZ / PROCEDIMIENTOS RELACIONADOS A POZOS PRODUCTORES Y LINEAS TRONCALES

CODIGO	NOMBRE
PZ-001	ARRANQUE Y PARADA DE POZO CON PCP
PZ-002	ARRANQUE Y PARADA DE POZO CON ESP
PZ-003	TOMA DE MUESTRA EN POZOS PRODUCTORES
PZ-004	PRUEBA MANOMÉTRICA
PZ-005	SIARRANEO DE LINEAS DE MANIFOLD A CONTRAPOZO
PZ-006	LIMPIEZA INTERNA DE LINEAS

PZ / PROCEDIMIENTOS RELACIONADOS A ALINEACIÓN DE POZOS PARA PRUEBA ZONA NORTE

CODIGO	NOMBRE
PZ-007	ALINEACIÓN DE POZOS PARA PRUEBA EN ISLA 1
PZ-008	ALINEACIÓN DE POZOS PARA PRUEBA EN ISLA 3
PZ-009	ALINEACIÓN DE POZOS PARA PRUEBA EN ISLA 7
PZ-010	ALINEACIÓN DE POZOS PARA PRUEBA EN ISLA 17
PZ-011	ALINEACIÓN DE POZOS PARA PRUEBA EN ISLA 10
PZ-012	ALINEACIÓN DE POZOS PARA PRUEBA EN ISLA 16
PZ-013	ALINEACIÓN DE POZOS PARA PRUEBA EN ISLA 8
PZ-014	ALINEACIÓN DE POZOS PARA PRUEBA EN ISLA 9

PZ / PROCEDIMIENTOS RELACIONADOS A ALINEACIÓN DE POZOS PARA PRUEBA ZONA SUR

CODIGO	NOMBRE
--------	--------

INICIO

**Figura 34.** Listado de los Manuales de Procedimientos para el Proceso de Crudo en Campo Guando

Al elegir el procedimiento que se desee consultar se obtendrá la siguiente información:

1. OBJETIVOS
2. ALCANCE
3. DEFINICIONES
4. RESPONSABLES
5. DOCUMENTOS RELACIONADOS
6. RECURSOS
  - 6.1. MATERIALES Y EQUIPOS
  - 6.2. PERSONAL
7. ASPECTOS DE SMS
  - 7.1. ASPECTOS DE SEGURIDAD INDUSTRIAL

7.2. ASPECTOS DE ERGONOMÍA Y SALUD OCUPACIONAL

7.3. ASPECTOS DE SEGURIDAD AMBIENTAL

8. PROCEDIMIENTO

9. REGISTROS

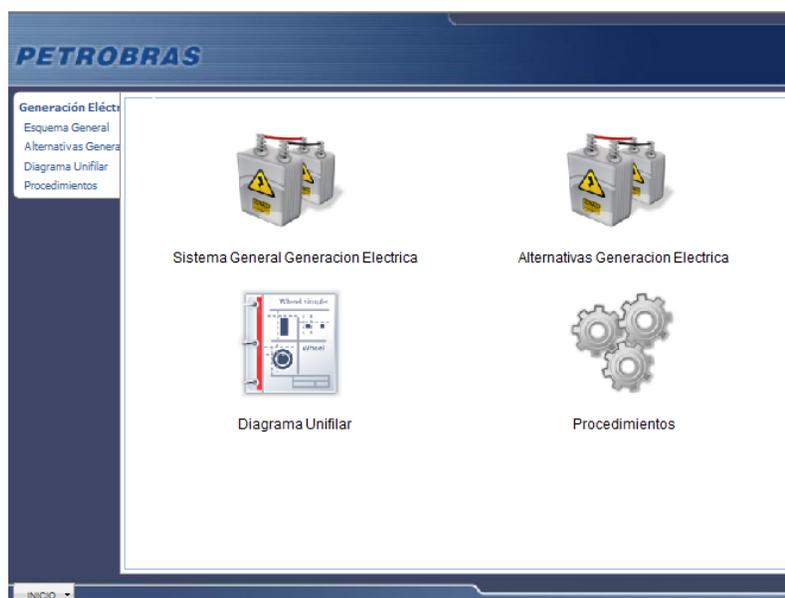
Nota: La opción de proceso de agua y gas contienen los mismos iconos y la misma estructura del proceso de crudo anteriormente explicado.

#### 8.4. SISTEMA GENERACIÓN ELÉCTRICA

Al elegir la opción Generación Eléctrica, el pantallazo que nos mostrará el Manual Interactivo, será como el de la **Figura 35**, el cual está conformado por los siguientes iconos:

- **Sistema General del Sistema Eléctrico**
- **Alternativas de Generación Eléctrica.**
- **Diagrama Unifilar**
- **Procedimientos**

Nota: Para estos iconos se tienen dos opciones de ingreso, mediante las figuras o por medio del listado que está en el recuadro superior izquierdo.

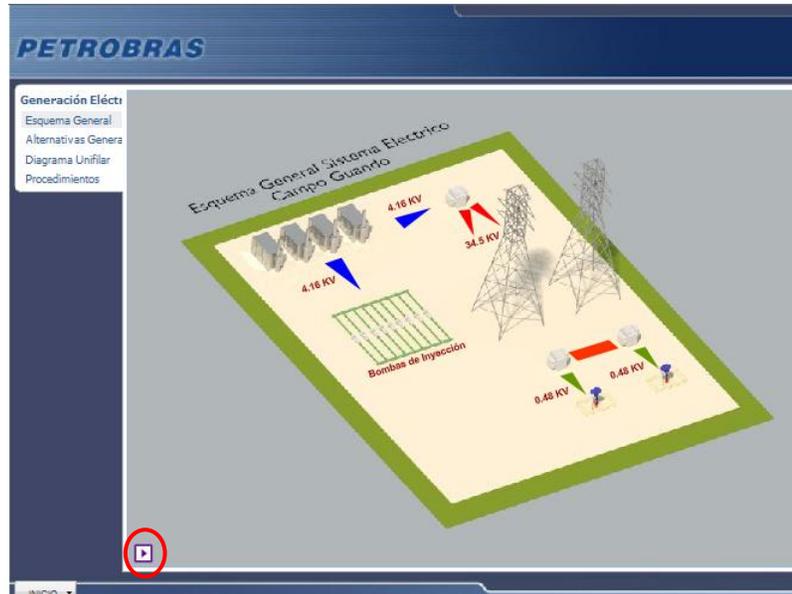


**Figura 35.** Pantallazo Inicial Relacionado al Sistema de Generación Eléctrica.

### 8.4.1. Sistema General del Sistema Eléctrico

Esta opción se hace por medio de un video, que explica de forma general y esquemática la generación eléctrica de Campo Guando (**Figura 36**).

Nota: Para regresar al pantallazo anterior realizar click en generación eléctrica o en su defecto continuar con el listado.



**Figura 36.** Sistema General del Sistema Eléctrico

### 8.4.2. Alternativas de Generación Eléctrica

Esta opción se hace por medio de un video, que explica de forma general y esquemática las alternativas de generación eléctrica del Campo Guando (**Figura 37**).

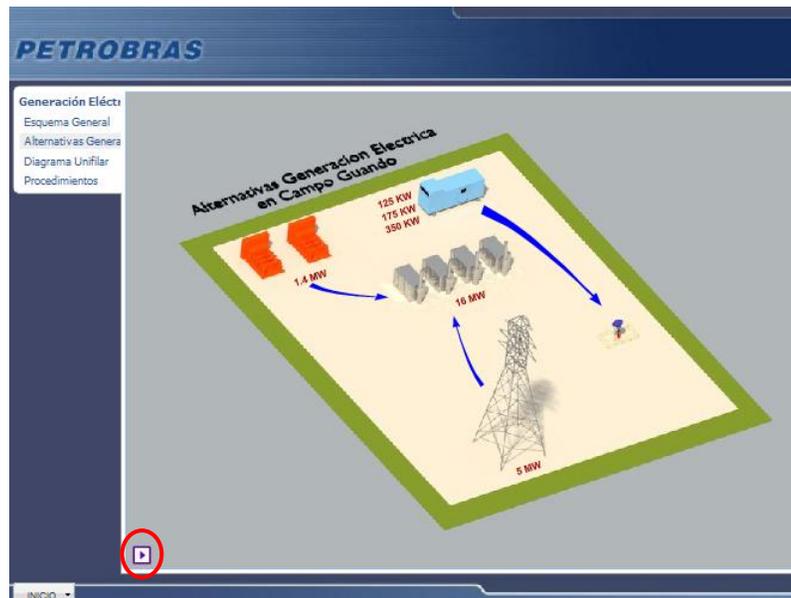


Figura 37. Alternativas de Generación Eléctrica

### 8.4.3. Diagrama Unifilar

Esta opción nos da una imagen, donde podemos observar detalladamente el diagrama unifilar de Campo Guando (**Figura 38**).

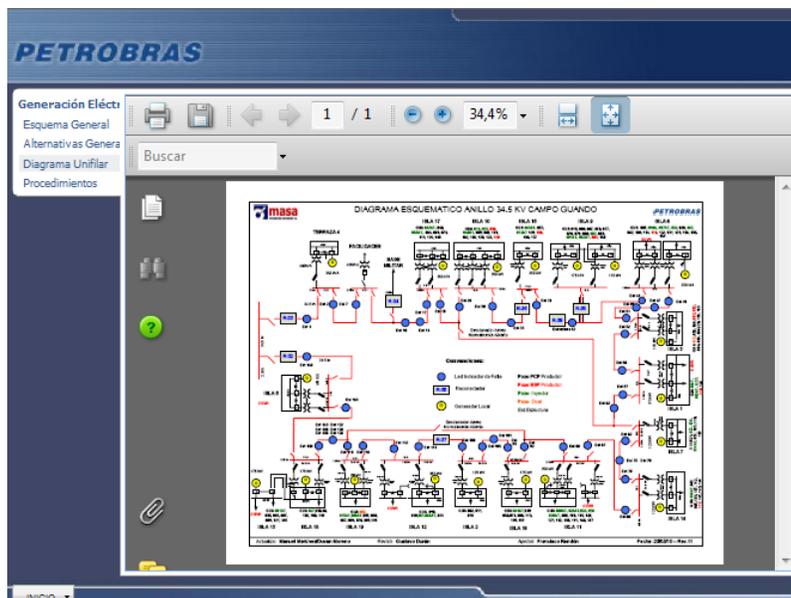
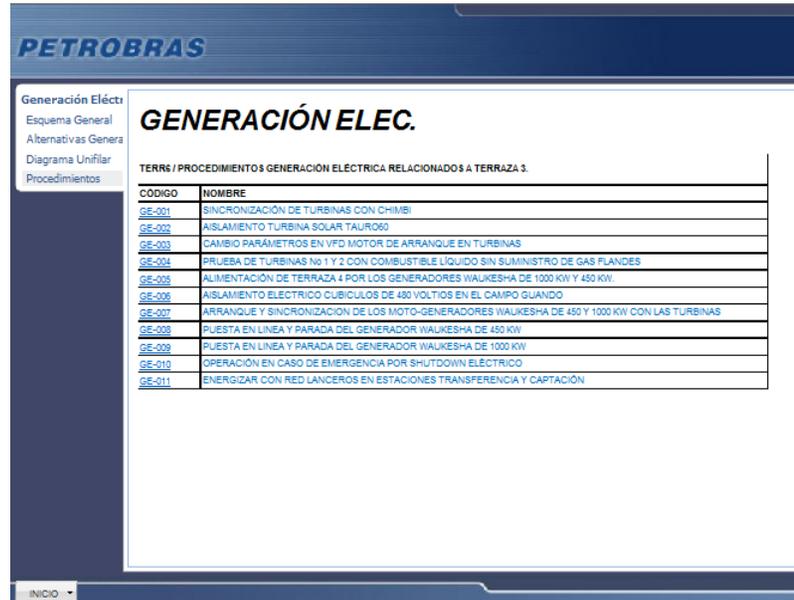


Figura 38. Diagrama Unifilar

#### 8.4.4. Procedimientos

En este punto, se encuentran todos los manuales de procedimiento para cada equipo relacionado a la generación eléctrica del campo. Los procedimientos se encuentran en forma de listado como lo indica la **Figura 39**.



CODIGO	NOMBRE
GE-001	SINCRONIZACIÓN DE TURBINAS CON CHIMBI
GE-002	AISLAMIENTO TURBINA SOLAR TAUROSO
GE-003	CAMBIO PARÁMETROS EN VFD MOTOR DE ARRANQUE EN TURBINAS
GE-004	PRUEBA DE TURBINAS Nº 1 Y 2 CON COMBUSTIBLE LÍQUIDO SIN SUMINISTRO DE GAS FLANDES
GE-005	ALIMENTACIÓN DE TERRAZA 4 POR LOS GENERADORES WALKESHA DE 1000 KW Y 450 KW
GE-006	AISLAMIENTO ELÉCTRICO CUBÍCULOS DE 480 VOLTIOS EN EL CAMPO GUANDO
GE-007	ARRANQUE Y SINCRONIZACIÓN DE LOS MOTO-GENERADORES WALKESHA DE 450 Y 1000 KW CON LAS TURBINAS
GE-008	PUESTA EN LINEA Y PARADA DEL GENERADOR WALKESHA DE 450 KW
GE-009	PUESTA EN LINEA Y PARADA DEL GENERADOR WALKESHA DE 1000 KW
GE-010	OPERACIÓN EN CASO DE EMERGENCIA POR SHUTDOWN ELÉCTRICO
GE-011	ENERGIZAR CON RED LANCEROS EN ESTACIONES TRANSFERENCIA Y CAPTACIÓN

**Figura 39.** Listado de Manuales de Procedimientos Relacionados a la Generación Eléctrica

#### 8.5. SISTEMA CONTRA INCENDIO

Al elegir la opción Contra Incendio, el pantallazo que nos mostrará el Manual Interactivo, será como el de la **Figura 40**, el cual está conformado por los siguientes iconos:

- **Descripciones**
- **Procedimientos**

Nota: Para estos iconos se tienen dos opciones de ingreso, mediante las figuras o por medio del listado que está en el recuadro superior izquierdo.



**Figura 40.** Pantallazo Inicial Relacionado al Sistema Contra Incendio

### 8.5.1. Descripciones

Esta opción nos da una imagen, donde podemos seleccionar la descripción general del sistema contra incendio de Campo Guando y/o la descripción de la estación de medición en Chicoral (**Figura 41**).



**Figura 41.** Descripciones del Sistema Contra Incendio

Sobre el pantallazo inicial para la descripción del Sistema Contra Incendio, existe la opción de video donde se tiene información acerca del sistema contra incendio general de Campo Guando (**Figura 42**).



**Figura 42.** Sistema General del Sistema Contra Incendio de Campo Guando

Sobre la imagen principal dar click en la estación Chicorol para tener una noción del sistema contra incendio (**Figura 43**).

Para regresar a la pantalla anterior y consultar otra estación, se debe hacer click sobre el recuadro que aparece en la parte inferior izquierda.

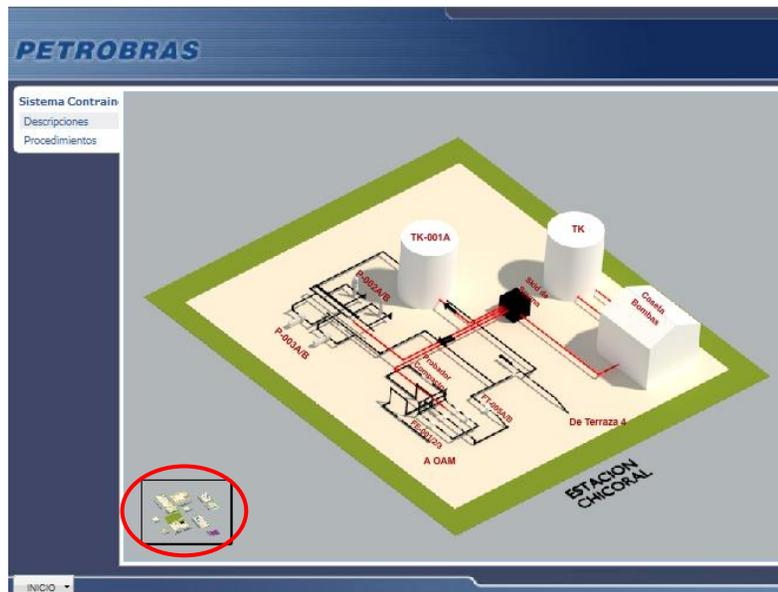


Figura 43. Sistema General del Sistema Contra Incendio de la Estación Chicoral

### 8.5.2. Procedimientos

En este punto, se encuentran todos los manuales de procedimiento para cada equipo relacionado a como operar en caso de un incendio en las estaciones del campo, los procedimientos operacionales están clasificados según en la estación donde aplique. Los manuales se encuentran en forma de listado como lo indica la **Figura 44**.

El software muestra un listado de procedimientos clasificados por estación. El título principal es 'SCI- SIST. CONTRA INCENDIOS'.

CODIGO	NOMBRE
<b>SCI / PROCEDIMIENTOS RELACIONADOS AL SISTEMA CONTRA INCENDIOS EN TERRAZA 6, ESTACION DE PROCESO</b>	
SCI-001	ACTIVACION REMOTA O MANUAL DEL SCI VIEJO
SCI-002	HIDRANTE MONITOR DE ESPUMA ZONA DE SEPARADORES VERTICALES-T6
SCI-003	HIDRANTE MONITOR DE ESPUMA ZONA DE SEPARADORES VERTICALES Y MANIFOLD-T6
<b>SCI / PROCEDIMIENTOS RELACIONADOS AL SCI EN ISLA 6, PLANTA BAWER</b>	
SCI-004	OPERACION AUTOMITICA SISTEMA BOMBAS CONTRA INCENDIOS NUEVO
SCI-005	OPERACION MANUAL SISTEMA BOMBAS CONTRA INCENDIOS NUEVO
SCI-006	SISTEMA CONTRA INCENDIOS PROVISIONAL
SCI-007	HIDRANTE MONITOR OSCILANTE DE ESPUMA EN EL TALUD
SCI-008	OPERACION TK VEJIGA
SCI-009	ESTACION MANUAL DE ESPUMA
SCI-010	OPERACION HIDRANTE
SCI-011	OPERACION MANUAL SISTEMA BOMBAS CONTRA INCENDIOS ANTIGUO
SCI-012	OPERACION TRAILER MOVIL DE ESPUMA PIROTEC
SCI-013	OPERACION GABINETE DE MANGUERAS CONTRA INCENDIOS
<b>SCI / PROCEDIMIENTOS RELACIONADOS AL SCI EN TERRAZA 5, COMPRESORES DE GAS</b>	
SCI-014	ACTIVACION MANUAL DE LOS HIDRANTES MONITORES OSCILANTES T5

Figura 44. Listado de Manuales de Procedimientos Relacionados al Sistema Contra Incendio

## 9. CONCLUSIONES

- ✓ El manejo de una herramienta como el Manual Interactivo de Operaciones, permite agilizar la adquisición de información confiable y actualizada.
- ✓ La elaboración del manual fue gran aporte ya que se cuenta con un completo y más claro conocimiento acerca del manejo de producción en superficie referente al proceso de crudo, agua, gas, generación eléctrica y sistema contra incendio del campo.
- ✓ Durante la elaboración del manual se fueron aplicando y corroborando todos los conocimientos adquiridos durante la formación académica.
- ✓ El Manual Interactivo de Operaciones se convierte en una base de datos para el estudiante de Ingeniería de Petróleos, permitiendo ser un apoyo para materias como Producción en Superficie.
- ✓ La implementación del Manual Interactivo, se convierte en una herramienta eficaz de capacitación, para el personal nuevo de la compañía.
- ✓ Para el personal de otras áreas diferente a las de proceso, este manual puede convertirse en una ayuda, para mejorar sus conocimientos en cuanto a los procedimientos de cada estación.
- ✓ Es importante conocer los Manuales de Procedimientos, ya que al realizarlo de forma correcta, se disminuirá el riesgo de tener un accidente o se evitara el mismo.
- ✓ El resultado de este Manual Interactivo, depende del uso y buen manejo que tenga por parte del personal incluido en la operación.

## 10. RECOMENDACIONES

- ✓ Dar un correcto manejo al Manual Interactivo de Operaciones, especialmente los operadores y auxiliares de las estaciones, para conocer debidamente los procesos y así disminuir las posibilidades de sufrir algún tipo de accidente.
  
- ✓ A medida que se realicen cambios en los procesos y operación de los equipos, actualizar continuamente el Manual Interactivo, ya que de esto depende el éxito de obtener información verídica y reciente de cada estación.
  
- ✓ Debido a que el Manual Interactivo solo presenta información de producción de superficie y algo de mantenimiento, lo ideal sería que se complementara con datos de otras áreas como Ingeniería, Obras Civiles, Proyectos, etc.

## 11. BIBLIOGRAFÍA

- ✓ VALBUENA, Oscar H., SPE, Petrobras, SOARES, Luis Carlos de Freitas, PIMENTEL, Hamilton and José: Guando field: Underpressured-field Development, SPE 94569, Pereira, Petrobras, 2005.
- ✓ [http://s8651bows01/uncolnet/\(petronet\)COLOMBIA](http://s8651bows01/uncolnet/(petronet)COLOMBIA)
- ✓ [http://s8651bows01/uncolnet/BancoConocimiento/S/sms\\_sinpep/sms\\_sinpep.asp](http://s8651bows01/uncolnet/BancoConocimiento/S/sms_sinpep/sms_sinpep.asp)