

**PROPUESTA PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LAS PLANTAS DE INYECCIÓN DE
AGUA DEL CAMPO SURORIENTE EN PUERTO ASÍS PUTUMAYO**

DIEGO MAURICIO SANMIGUEL PASCUAS

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE HIDROCARBUROS
BUCARAMANGA
2014**

**PROPUESTA PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LAS PLANTAS DE INYECCIÓN DE
AGUA DEL CAMPO SURORIENTE EN PUERTO ASÍS PUTUMAYO**

DIEGO MAURICIO SANMIGUEL PASCUAS

**TRABAJO DE MONOGRAFÍA PARA OPTAR TÍTULO
DE ESPECIALISTA EN GERENCIA DE HIDROCARBUROS**

**DIRECTOR
ANTONIO INOJOSA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOQUÍMICA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE HIDROCARBUROS
BUCARAMANGA
2014**

DEDICATORIA

A Dios, quien nos ama y en su amor nos bendice y perdona a todos los seres humanos. Con su bendición todo es posible.

Diego Mauricio

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa su agradecimiento a Vetra Exploración y Producción Colombia, que proporcionaron la información técnica y disposición, para cumplir los objetivos propuestos.

Agradecimientos: al director de la monografía, Ingeniero Antonio Inojosa (Vetra Exploración y Producción Colombia) y al Ingeniero Juan Carlos Palomino (Vetra Exploración y Producción Colombia); por su apoyo desinteresado e incondicional, por su sabia y eficiente asesoría en el proceso de elaboración de esta Monografía.

A la Universidad Industrial de Santander, por la oportunidad que nos brinda de adquirir nuevos conocimientos, con una excelente formación académica y por ayudarnos a crecer profesionalmente.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	13
1. DESCRIPCIÓN DE LOS ASPECTOS RELEVANTES DEL PROYECTO DE INYECCIÓN DE AGUA DEL CAMPO SURORIENTE.....	12
1.1 Análisis de Aguas:	15
1.2 Plantas de tratamiento e inyección de agua:	17
1.2.1 Bombas de descargue de agua.	17
1.2.2 Tanques de almacenamiento de agua.	18
1.2.3 Sistema de tratamiento del agua de Inyección.....	19
1.2.4 Decantador.	20
1.2.5 Lechos de Secado.....	21
1.2.6 Bombas booster.....	22
1.2.7 Bombas de Inyección.	23
1.2.8 Pozo Inyector.	23
2. ALTERNATIVAS DE INFRAESTRUCTURA Y OPERACIÓN PARA LAS PLANTAS DE INYECCIÓN DE AGUA DEL CAMPO SURORIENTE.	24
2.1 Infraestructura y operación para inyectar 25.000 BWPD.	24
2.1.1 PIA Cohembí 1	24
2.1.2 PIA Cohembí 6 15.000 BWPD	27
2.1.3 PIA Cohembí 6 20.000 BWPD.	33
3. PROPUESTA PARA AMPLIAR LA CAPACIDAD DE INYECCIÓN DE LAS PIAS DEL CAMPO SURORIENTE.....	39
3.1 Infraestructura y operación para inyectar 30.000 BWPD.	40
3.1.1 PIA Cohembí 1 10.000 BWPD	40
3.1.2 PIA Cohembí 6 20.000 BWPD	43
3.2 Alcance de la propuesta	49
3.2.1 Modelo 1 alquiler de equipos	49
3.2.2 Modelo 2 compra de equipos	49
4. CONCLUSIONES	50
5. RECOMENDACIONES.....	51
BIBLIOGRAFIA.....	52

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ilustración pozos inyectores.....	2
Figura 2. Ubicación geográfica del Campo Cohembí.....	4
Figura 3. Bombas de descargue de agua PIA Cohembí 1.....	6
Figura 4. Tanques de almacenamiento de agua PIA Cohembí 1.....	6
Figura 5. Sistema del tratamiento del agua de inyección PIA Cohembí 1.....	7
Figura 6. Decantador PIA Cohembí 1.....	8
Figura 7. Lechos de secado PIA Cohembí 6.....	8
Figura 8. Bombas booster PIA Cohembí 6.....	9
Figura 9. Bombas de inyección de agua PIA Cohembí 1.....	9
Figura 10. Pozo inyector PIA Cohembí 1.....	10
Figura 11. Pronostico de producción de agua 2014 – 2015 Campo Suroriente.....	30

GLOSARIO

BOMBA: Máquina generadora que transforma la energía mecánica (motor) en energía hidráulica del fluido que mueve incrementando su velocidad y presión.

BOMBA BOOSTER: Bomba centrífuga diseñada para elevar la presión y así alimentar la succión de la bomba reciprocante.

BOMBA RECIPROCANTE: Unidad de desplazamiento positivo, la cual descarga una cantidad definida de líquido durante el movimiento del pistón o émbolo a través de la distancia de carrera.

CARRO TANQUE: Vehículo diseñado para el transporte de fluidos por vía terrestre. El vehículo consta de cabezote (proporciona energía para su desplazamiento) y cisterna (tanque de almacenamiento montado sobre tráiler).

DESCARGADERO: Plataforma diseñada para el descargue de fluidos contenidos en carro tanques.

FILTRO CASCARA DE NUEZ: Equipo usado para el tratamiento de agua de producción, mejorando la calidad del agua, disminuyendo niveles de grasas y sólidos. Consta de una vasija la cual contiene un lecho filtrante de cascara de nuez, el agua a tratar ingresa por la parte superior y retorna filtrada por la parte inferior.

INYECCIÓN DE AGUA: Método dominante en inyección de fluido, esto se debe a los grandes volúmenes de agua producidos y la disponibilidad de la misma en el entorno, la facilidad con que se inyecta ya que la columna hidrostática que se logra en el pozo inyector, la relativa facilidad con que el agua se extiende en la

formación y la eficiencia de agua en el desplazamiento del aceite, sin problemas de incompatibilidades de los fluidos.

PIA: Planta de Inyección de Agua.

TABELRO DE CONTROL: Son tableros que contienen dispositivos de protección y de maniobra o únicamente dispositivos de maniobra y que permiten la operación de grupos de artefactos en forma individual, en conjunto, en sub-grupos en forma programada o no programada.

RESUMEN

TITULO: PROPUESTA PARA LA OPTIMIZACION DE LAS PLANTAS DE INYECCION DE AGUA DEL CAMPO SURORIENTE EN PUERTO ASIS PUTUMAYO

AUTOR: DIEGO MAURICIO SANMIGUEL PASCUAS

PALABRA CLAVE: RECOBRO MEJORADO, PIA, PRESIÓN.

DESCRIPCIÓN:

Con el desarrollo y explotación del campo Cohembí, es necesario sostener la presión del yacimiento como método de recobro mejorado, es por ello que se inició en el campo Suroriente con el proyecto de inyección de agua y se construyeron las facilidades para inyectar 15.000 BWPD distribuida en la PIA del pozo Cohembí 1 con una capacidad de inyección de 5.000 BWPD y en la PIA del pozo Cohembí 6 con una capacidad de inyección de 10.000 BWPD.

Con la campaña de perforación que brindó nueva información del yacimiento y confirmó mayores reservas a ser explotadas, surge la necesidad de incrementar el volumen de agua a inyectar para sostenimiento de la presión del yacimiento y garantizar extraer el máximo de esas reservas, es allí donde nace el presente trabajo y se genera la propuesta para ampliar las facilidades para inyectar 30.000 BWPD.

Para optimizar la producción del campo Suroriente, se está empleando la inyección de agua como método de sostenimiento de presión.

El proyecto de inyección de agua inicia con una inyección de 5.000 BWPD en la PIA del pozo Cohembí 1 y 10.000 BWPD en la PIA del pozo Cohembí 6, para un total de 15.000 BWPD inyectados al yacimiento Cohembí.

Con el desarrollo del campo que implica la extracción de mayores volúmenes de fluido del yacimiento, es necesario incrementar el volumen de agua a inyectar para garantizar mantener la energía del yacimiento, y es donde surge la necesidad de ampliar las facilidades para inyectar este nuevo caudal diario requerido.

Proyecto de grado
Facultad de Ingeniería Físicoquímicas, Escuela de Ingeniería de Petróleos. Director: Antonio Inojosa, Ingeniero de Petróleo

ABSTRACT

TITLE: PROPOSAL FOR OPTIMIZATION OF INJECTION WATER PLANTS FIELD IN PUERTO ASIS southeastern PUTUMAYO

AUTHOR: DIEGO MAURICIO SANMIGUEL PASCUAS

KEYWORD: ENHANCED RECOVERY, PIA, PRESSURE.

DESCRIPTION:

With the development and exploitation of COHEMBI field, it is necessary to maintain reservoir pressure and enhanced oil recovery method. Is why we started in the suroriente field with the draft water injection facilities were built to inject 15000 BWPD distributed PIA well Cohembi 1 with an injection capacity of 5000 BWPD and PIA well Cohembi 6 with an injection capacity of 10000 BWPD.

With the drilling campaign which provided new information of the deposit and confirmed to be exploited largest reserves arises the need to increase the volume of water injected to sustain reservoir pressure and extract maximum guarantee these reservations, there is the rising of the this paper and the proposal was generated to expand the facilities to inject 30000 BWPD.

To optimize the production of Suroriente field , is this using water injection method Como sustaining pressure .

The water injection project begins with An injection of 5,000 BWPD in PIA well Cohembí 1 and 10,000 BWPD in PIA well Cohembí 6, para un total 15,000 BWPD INYECTADOS the site Cohembí

With Field development What implications Extraction of Major Volumes Fluid reservoir is Necessary Increase the volume of water to be injected para Guarantee maintain energy reservoir , and is Where raises the need to expand facilities to inject this New daily flow required.

Graduation Project
Physicochemical Faculty Of Engineering, School of Petroleum Engineering, Director: Antonio Inojosa. Petroleum Engineer.

INTRODUCCIÓN

Cuando se descubre un yacimiento petrolífero, se aprovecha inicialmente los mismos recursos de la naturaleza la cual facilita la salida del crudo hasta la superficie, pero a medida que se explota el yacimiento, por lo volúmenes que se extraen, este pierde energía lo cual hace que la producción decline considerablemente, siendo necesario comenzar a adicionarle y mantener la energía al yacimiento, mediante uno de los métodos como lo es la inyección de agua.

Para optimizar la producción del campo Suroriente, se está empleando la inyección de agua como método de sostenimiento de presión.

El proyecto de inyección de agua inicia con una inyección de 5.000 BWPD en la PIA del pozo Cohembí 1 y 10.000 BWPD en la PIA del pozo Cohembí 6, para un total de 15.000 BWPD inyectados al yacimiento Cohembí.

Con el desarrollo del campo que implica la extracción de mayores volúmenes de fluido del yacimiento, es necesario incrementar el volumen de agua a inyectar para garantizar mantener la energía del yacimiento, y es donde surge la necesidad de ampliar las facilidades para inyectar este nuevo caudal diario requerido.

La presente monografía revisa alternativas y genera una propuesta para ampliar las facilidades de inyección de agua, e inyectar hasta 30.000 BWPD.

1. DESCRIPCIÓN DE LOS ASPECTOS RELEVANTES DEL PROYECTO DE INYECCIÓN DE AGUA DEL CAMPO SURORIENTE

Cuando se descubre un yacimiento petrolífero, se aprovecha inicialmente los mismos recursos de la naturaleza la cual facilita la salida del crudo hasta la superficie, pero a medida que se explota el yacimiento, este pierde energía lo cual hace que la producción decline, siendo necesario comenzar a adicionarle energía al yacimiento y uno de los métodos es la inyección de agua.

La inyección de agua a nivel mundial es el método dominante en inyección de fluido, esto se debe a los grandes volúmenes de agua producidos y la disponibilidad de la misma en el entorno, la facilidad con que se inyecta ya que la columna hidrostática que se logra en el pozo inyector, la relativa facilidad con que el agua se extiende en la formación y la eficiencia de agua en el desplazamiento del aceite, sin problemas de incompatibilidades de los fluidos.

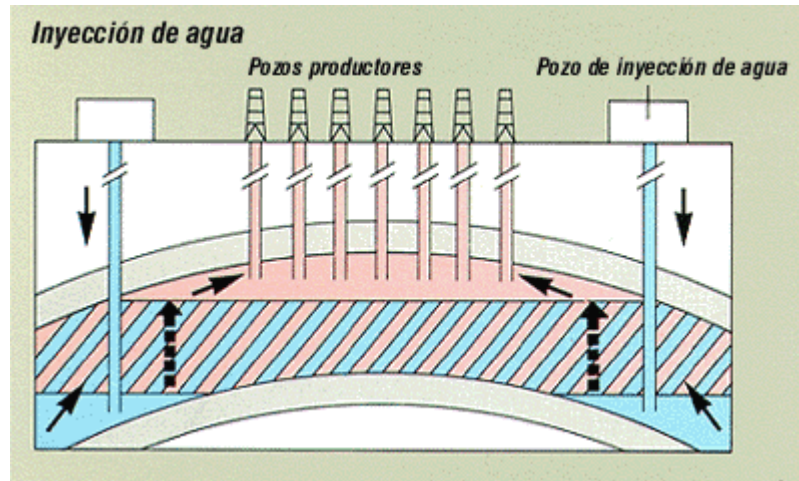
En general se reconoce que la primera inyección de agua fue accidental y ocurrió en 1865 en el área de la CD. de Pithole Pennsylvania. ¹

En el método más antiguo de inyección de agua, primero se inyectaba en un solo pozo y a medida que aumentaba la zona invadida y que en los pozos adyacentes producían agua, estos se utilizaban como pozo inyectores para ampliar el área invadida.² Luego aparece la inyección con otros patrones donde se inyectaban en 2 o más pozos

¹ Schoeppel R J, "Waterflood Prediction Methods", Oil and Gas J (1968).

¹ Suder F. E. y Calhoun J. C. Jr "Waterflood calculations" Drill and Prod (1941).

Figura 1. Ilustración pozos inyectoros



(http://4.bp.blogspot.com/_IsWDwannP0s/SW1yGICQrhI/AAAAAAAAAGw/4cXFg6muvnA/s400/img_pozosbig1.gif&imgrefurl=http://industria-petrolera.lacomunidadpetrolera.com/2009/01/inyeccion-de-agua.html&h=239&w=400&sz=40&tbnid=SRKndhpxt1xCSM:&tbnh=90)

Para la inyección es necesario realizar la selección y pruebas a la fuente del suministro de agua, esta se puede tomar del agua asociada al petróleo en la producción, de fuentes de agua subterráneas para las cuales es necesario perforar un pozo productor de agua o se puede captar de cuerpos de agua en la superficie; lo anterior depende de la compatibilidad del agua, el volumen máximo requerido para inyectar y de los permisos ambientales.

Sigue el diseño y la dimensión del equipo de tratamiento de agua, este depende de las características del agua, volumen a inyectar y condiciones de la zona de influencia.

Para el seguimiento a la inyección es fundamental la medición tanto de la calidad del agua inyectada como del volumen a inyectar, para esto se realizan las instalaciones de medición, tratamiento y prueba.

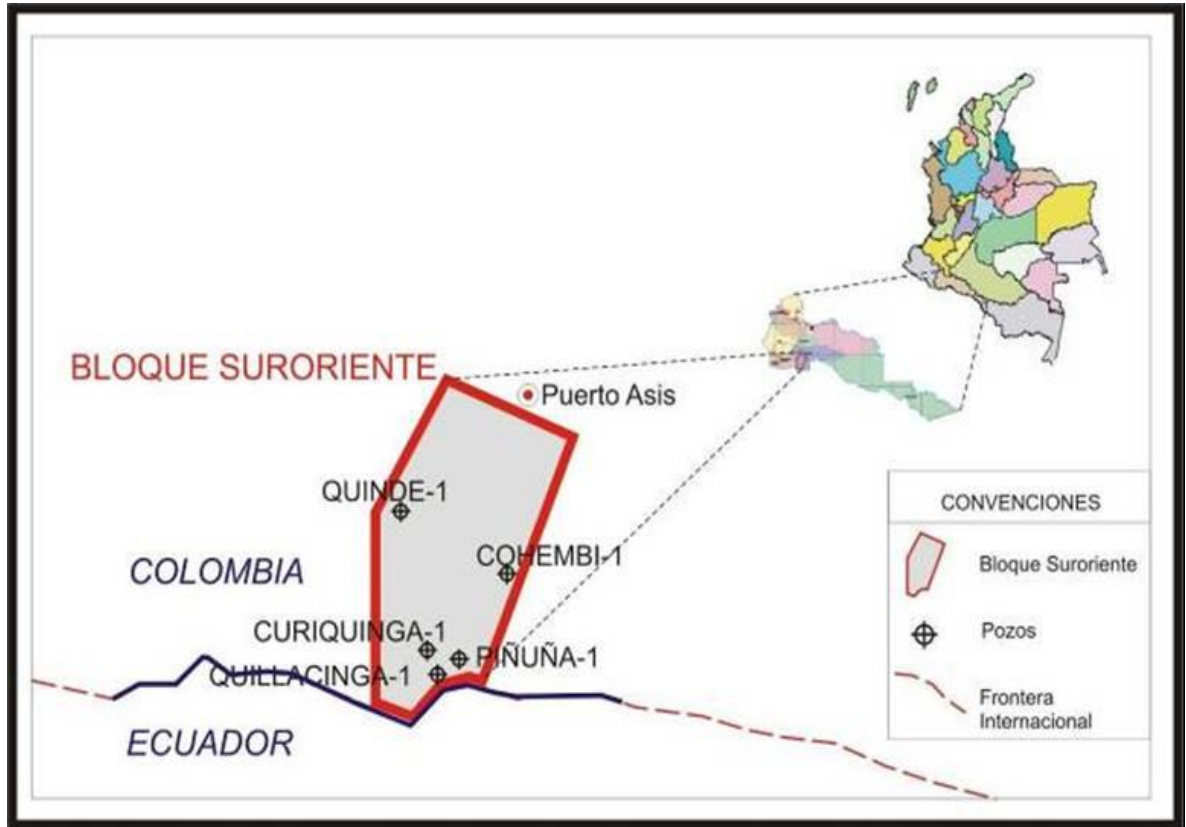
En todo proyecto de inyección de agua es fundamental la investigación de la corrosión y de las tendencias a incrustación que se pueden presentar en las facilidades de superficie y/o en el pozo inyector.

A medida que avanza la inyección es necesario realizar un estudio continuo a los pozos existentes para determinar cualquier trabajo correctivo necesario.

Para optimizar la producción del campo Suroriente, se está empleando la inyección de agua como método de sostenimiento de presión. Inicialmente el yacimiento con su energía propia coloca en superficie al petróleo pero a medida que va produciendo este pierde energía y deja de producir, es allí donde entran en juego los sistemas de levantamiento artificial, pero la declinación del yacimiento es continua y es necesario iniciar con la recuperación asistida del petróleo.

El campo Cohembí, está ubicado en el bloque Suroriente, el cual se ubica en la parte plana del Departamento del Putumayo en el Municipio de Puerto Asís. El área del bloque establece un volumen que se extiende verticalmente hacia abajo, hasta tocar la discordancia del Cretáceo; limita con la frontera del Ecuador al Sur a través del río San Miguel, extendiéndose hasta la altura de la población de Puerto Asís sobre el río Putumayo por el Norte (ver Figura 2).

Figura 2: Ubicación geográfica del campo Cohembí



(Vetra Exploración y Producción Colombia).

La prospectividad de las arenas de la arena N de la Formación Villeta para el Campo Cohembí se ha comprobado con éxito en los pozos perforados, con porosidades de hasta un 28%.

1.1 Análisis de Aguas:

Para el correcto desempeño de un pozo de inyección de agua, es necesario determinar una fuente de agua disponible que tenga un volumen suficiente, no afecte las facilidades de superficie, estado mecánico, ni las características de la formación.

Las aguas disponibles en la zona para inyección y con posibilidad de uso de acuerdo con el plan de manejo ambiental del campo, corresponden a las aguas de producción de la Estación Cohembí, Estación Quillacinga y aguas del Río Cohembí. Se tomaron muestras de cada una de las fuentes y fueron enviadas para realizar análisis de compatibilidad entre ellas.

En julio de 2012 Corelab, entregó el resultado de los análisis de compatibilidad de aguas, observándose, una alta concentración de sales en las aguas de la estación con presencia de Carbonato de Calcio, sulfatos de algunos metales pesados tales como Bario y Estroncio, y una baja concentración de sales en las aguas del Río Cohembí.

Del mismo modo se realizó análisis del comportamiento de la mezcla de aguas a diferentes concentraciones y a condiciones de yacimiento.

Los resultados de índice de saturación mostraron que para diferentes mezclas existe la posibilidad limitada de deposición de carbonato de calcio, los demás componentes o se encuentran en equilibrio o no presentan una posibilidad de deposición.

Adicionalmente, se realizó el análisis del comportamiento de la permeabilidad de la formación ante la inyección de las dos aguas, la cual dio como resultado la incompatibilidad entre el agua del Río Cohembí y la formación; por lo anterior y de acuerdo a los resultados de estos estudios, el agua de la Estación Cohembí y Estación Quillacinga son las más apropiada para continuar con la inyección de agua.³

³ Vetra Exploración y Producción Colombia, Informe Campo Cohembí 2012.

1.2 Plantas de tratamiento e inyección de agua:

El agua separada del crudo debe ser tratada cumpliendo con las características fisicoquímicas, bacteriológicas y organolépticas exigidas por el Ministerio del Medio Ambiente antes de ser inyectadas.⁴

La inyección del agua en el Campo Cohembí se realiza inyectando en los pozos Cohembí 1 y Cohembí 6, para lo cual existen dos plantas de inyección de agua (PIA) denominadas PIA Cohembí 1 que inyecta en el pozo Cohembí 1 y PIA Cohembí 6 que inyecta en el pozo Cohembí 6 .Para realizar el tratamiento e inyección de agua en el campo Cohembí se tienen los siguientes equipos los cuales son los mismos en las dos PIAS:

1.2.1 **Bombas de descargue de agua.** Estas bombas se utilizan para realizar el trasiego de los carro tanques que traen agua de formación de la estación Quillacinga a la estación Cohembí:

Figura 3. Bombas de descargue de agua PIA Cohembí 1.



(Vetra Exploración y Producción Colombia).

⁴ Ariza Leon Emiliano, "Fundamentos en Upstream y Downstream de los Hidrocarburos, pag 216" (2012)

1.2.2 **Tanques de almacenamiento de agua.** Almacenan el agua de producción que va a ser tratada e inyectada en la PIA del Cohembí 1 y PIA del Cohembí 6:

Figura 4. Tanques de almacenamiento de agua PIA Cohembí 1.



(Vetra Exploración y Producción Colombia).

1.2.3 **Sistema de tratamiento del agua de Inyección.** El agua sale de los tanques de almacenamiento de agua y se les adiciona productos químicos tales como inhibidor de corrosión, inhibidor de incrustaciones, secuestrante de oxígeno, biosida, desengrasante y clarificante y se pasa por unos filtros cascara de nuez, para lograr agua bajo parámetros de inyección:

Figura 5. Sistema de tratamiento del agua de inyección PIA Cohembí 1.



(Vetra Exploración y Producción Colombia).

1.2.4 **Decantador.** Los filtros cascara de nuez se tapan y es necesario realizarles retrolavados, el cual consiste en pasar agua en sentido inverso al flujo para lavar el lecho filtrante, este producto de agua, más material sólido y trazas de aceite, se direccionan hacia un decantador donde por diferencia de densidad los sólidos van al fondo, el agua queda en medio y en la parte superior se ubican las trazas de aceite:

Figura 6. Decantador PIA Cohembí 1.



(Vetra Exploración y Producción Colombia).

1.2.5 **Lechos de Secado.** Los sólidos acuosos que salen del decantador son direccionados a un lecho de sacado donde se escurren los sólidos, se secan, se estabilizan y luego son trasladados a una planta de bio-remediación:

Figura 7. Lechos de secado PIA Cohembí 6.



(Vetra Exploración y Producción Colombia).

1.2.6 **Bombas booster.** Son las encargadas de tomar el agua que pasa por el filtro cascara de nuez y darle cabeza positiva a las bombas de inyección de la PIA:

Figura 8. Bombas booster PIA Cohembí 6.



(Vetra Exploración y Producción Colombia).

- 1.2.7 **Bombas de Inyección.** Estas reciben el agua que viene de los filtros cascara de nuez y la inyectan por lo general a alta presión en el pozo inyector Cohembí 1 y Cohembí 6:

Figura 9. Bombas de Inyección de Agua PIA Cohembí 1.



(Vetra Exploración y Producción Colombia).

- 1.2.8 **Pozo Inyector.** Es el pozo en donde se inyecta el agua hacia la formación. Se inyecta en los pozos Cohembí 1 y Cohembí 6:

Figura 10. Pozo Inyector PIA Cohembí 1.



(Vetra Exploración y Producción Colombia).

2. ALTERNATIVAS DE INFRAESTRUCTURA Y OPERACIÓN PARA LAS PLANTAS DE INYECCIÓN DE AGUA DEL CAMPO SURORIENTE.

Actualmente la planta de inyección de agua del pozo Cohembí 1, tiene una capacidad para inyectar 5.000 Bls de agua por día y la del pozo Cohembí 6, 10.000 Bls de agua por día, lo cual limita el proyecto de sostenimiento de presión. Para lograr un barrido eficiente que sostenga la presión del yacimiento es necesario incrementar la inyección a una tasa de 25.000 Bls diarios; para ello vamos a plantear dos alternativas las cuales se describen a continuación.

2.1 Infraestructura y operación para inyectar 25.000 BWP.D.

2.1.1 PIA Cohembí 1. Debido a la necesidad de inyectar un mayor volumen, es necesario ampliar la actual planta de inyección de agua en las instalaciones de Cohembí 1 en el departamento del Putumayo a una capacidad de inyección de 10.000 BWP.D y una presión entre 1500 y 2000 psi. El agua tratada proveniente del campo Quillacinga y es transportada por medio de carrotanques. Para ello el único equipo de tratamiento de agua que se ampliará son los dos filtros cascara de nuez de 10.000 BWP.D cada uno, los demás equipos son los necesarios para el recibo, almacenamiento y bombeo del agua así como los equipos auxiliares para el proceso de filtración y operación segura de la estación.

2.1.1.1 Descargue de Vehículos. Para el descargue de los carro tanques se contempla utilizar 2 brazos de conexión con 3 unidades arregladas de modo tal que sean de dedicación exclusiva (cada brazo opera con una bomba, y una en stan-by) las bombas actuales centrífugas de 15 HP, 280 GPM a 50 psi, tienen la capacidad de enviar el agua recibida a los tanques de almacenamiento. Estas bombas deben tener la facilidad de atender cualquiera de los dos brazos según la necesidad.

2.1.1.2 Tanques de almacenamiento de agua. El agua recibida del descargadero será almacenada en 6 tanques cilíndricos horizontales, código de diseño API 12 F cada uno con una capacidad nominal de 520 bbl y dimensiones de 10 ft de diámetro por 36 ft de longitud entre costuras. La pintura del recubrimiento interno es epoxifólico seri 45 SIKA, las boquillas de entrada son de 4 in y las de salida de 6 in y boquilla de medición de 4 in, trabajan a presión atmosférica y una temperatura entre 77 a 200 °F.

2.1.1.3 Bombas Booster. De los tanques de almacenamiento el agua es enviada a los Filtros Cascara de Nuez con la ayuda de las bombas Booster de 20 HP y 200 gpm, la cual es necesaria cambiarlas por tres bombas Booster Centrífuga de 25 HP y 300 gpm a 65 psi, con skid petrolero, material ASTM A-995/ASTM A-890.

2.1.1.4 Filtros Cascara de Nuez. Antes de ser inyectada el agua es filtrada en los Filtros Cascara de Nuez con capacidad de 5,000 BFPD, luego es necesario ampliar este filtro a 10.000 BWPD, el cual debe tener, Skit petrolero, boquilla de entrada y salida en 4 in, venteo en 2 in, material ASTM A-516 Gr 70, presión 65/85 psi, temperatura de 77 a 200 °F, medio filtrante dual malla 12x20 y 8x12, con una tasa de servicio de 23.2 gpm/f2 y tener un filtro de respaldo de igual capacidad, para no detener la operación cuando haya un proceso de retrolavado. Estos filtros tienen su propia bomba centrífuga de 20 Hp, 200 gpm a 30 psi, para realizar los retrolavados, la cual es parte integral del skid.

2.1.1.5 Decantador. El agua de retrolavado es enviada al decantador, el cual es vertical con techo y fondo cónico, montado sobre skid petrolero con mezclador estático, bombas de dosificación de químicos de 0.5 Hp, sistema de recirculación de lodos, boquillas de entrada y salida de 3 in al igual que el drenaje, funciona a presión atmosférica y temperaturas entre 77 y 200 °F. El agua clarificada de este tanque es reenviada a los tanques de almacenamiento mediante las bombas de 5 HP y 75 gpm la cual tiene otra de respaldo.

2.1.1.6 Bombas de Inyección Triplex. El agua filtrada es enviada a las Bombas de desplazamiento positivo (Triplex) que deben tener una capacidad de inyección de 300 gpm. Estas bombas son impulsadas por motores Diesel los

cuales cuentan con todos sus servicios auxiliares para su arranque y funcionamiento.

2.1.1.7 Lecho de Secado. En el lecho de secado tiene una capacidad de 250 Bbl y las siguientes dimensiones: L: 39'4", W: 7'4", H: 4'3", trabaja a presión atmosférica, temperatura entre 77 y 200 °F, las boquillas de entrada son de 3 y 6 in y la de salida son de 3 in. A estos lechos llegarán los disparos de las PSV de las Bombas Triplex, los sólidos con agua provenientes del decantador y la línea de alivio de los Filtros Cascara de Nuez. Los residuos de este tanque son enviados por vehículos a una planta de tratamiento de residuos o devuelto a los tanques de almacenamiento por medio de dos bombas centrífugas, de capacidad de 75 gpm a 25 psi.

2.1.1.8 Tablero de Control. Es necesario ampliar la capacidad de los tableros de control e instrumentación para el arranque y parada de los motores y control de la instrumentación. Se debe instalar un tablero tipo NEMA 4 voltaje 440/120, corriente 150 A, frecuencia de 60 Hz, con capacidad de arranque de motores instalados.

2.1.1.9 Tanques de almacenamiento Diesel. Almacena el ACPM para el funcionamiento de las unidades principales, es horizontal atmosférico, con una capacidad nominal de 5.000 galones, boquilla de entrada y salida en 2 in y drenaje en 1 in.

2.1.1.10 Medidor de Flujo. El medidor de flujo del agua de inyección se debe instalar un ultrasónico intrusivo, de 120 V y capacidad para 10.000 BWPD.

2.1.1.11 Operación PIA Cohembí 1. Actualmente la operación en la PIA Cohembí 1 está a cargo de una empresa contratista la cual funciona bajo el siguiente esquema:

Un operador

Un auxiliar de descargue

Un auxiliar de proceso

Un electromecánico

Un HSE

Como alternativa se plantea operar directamente la planta de inyección ya que se tiene los recursos y la experiencia. La operación directa se realizaría bajo el siguiente esquema.

El operador de la estación Cohembí, asumiría dentro de sus funciones la operación de la planta de inyección.

Se requeriría contratar únicamente por cada turno:

Un auxiliar de descargue

Un auxiliar de proceso

El electromecánico de la estación Cohembí, asumiría el mantenimiento preventivo y correctivo de las facilidades de la planta de inyección.

El HSE de la estación Cohembí, asumiría las funciones de vigía HSE en la planta de inyección.

2.1.2 PIA Cohembí 6 15.000 BWPD. El agua de producción tratada proveniente de la estación Quillacinga la cual llevara a la planta de inyección del pozo Cohembi 6, por medio de carrotanques con una capacidad diaria de transporte total de 15,000 bbl. Como se mencionó anteriormente la PIA actual tiene una capacidad para inyectar 10.000 BWPD y debido a la necesidad de inyectar un mayor volumen, es necesario ampliar la actual planta de inyección de agua en las instalaciones de Cohembí 6 en el campo Suroriente en el departamento del Putumayo, a una capacidad de inyección de 15.000 BWPD y una presión entre 1500 y 2000 psi. A continuación describiremos el proceso.

2.1.2.1 Descargue de Vehículos. Los carrotanques con agua tratada provenientes de la estación Quillacinga son recibidos en la PIA Cohembi 6 en un descargadero el cual contará con tres brazos, cada uno de 4 in. Cada brazo se conecta a una de las tres bombas disponibles para enviar el agua a los tanques de almacenamiento. El primer brazo se conecta con la unidad bomba centrífuga de 30 HP, 1,750 rpm, 440 volt y 60 Hz, la cual desplaza 400 gpm, el segundo y el tercer brazo desplazan el fluido con una bomba de iguales características, de esta forma las unidades son de dedicación exclusiva a cada brazo, la alineación de

esta unidad al brazo requerido se hace por medio de medio de válvulas de bola manuales. Es necesario implementar un bomba de respaldo.

En cada brazo se tiene la facilidad para inyección de inhibidor de corrosión. Cada una de las unidades está provista con un filtro en Y con el fin de retirar partículas suspendidas que pueda traer el agua después del transporte en los carrotanques; con el fin de conocer y realizar la limpieza requerida.

El agua bombeada se recibe en un cabezal de 6 in el cual tiene la facilidad para la conexión de cupones de corrosión y un toma muestras, de ahí se envía a los tanques de almacenamiento.

2.1.2.2 Tanques de almacenamiento de agua. El agua bombeada se recibe en un cabezal de 6" el cual tiene la facilidad para la conexión de cupones de corrosión y un toma muestras, de ahí se envía a 12 tanques cilíndricos horizontales de 500 bbl de capacidad y 10 pies de diámetro y 36 pies de longitud entre costuras. La pintura del recubrimiento interno es epoxilefólico seri 45 SIKA, las boquillas de entrada son de 4 in y las de salida de 6 in y boquilla de medición de 4 in, trabajan a presión atmosférica y una temperatura entre 77 a 200 °F. La alineación de tanques se hace por medio de válvulas de bola manuales, cada tanque tiene las facilidades de medición por cinta, cuellos de ganso y facilidades de acceso al interior del mismo.

2.1.2.3 Bombas Booster. El agua de los tanques de almacenamiento es enviada al sistema de filtración y de inyección para lo cual se debe implementar cuatro bombas centrífugas booster de 300 gpm, potencia de 25 HP, 1,750 rpm, 440 volt, 60 Hz y una presión diferencial de 65 PSI, cuenta con todas las protecciones requeridas por la bomba además están configuradas para ser apagadas por los siguientes factores:

Baja presión de succión en unidades principales.

Baja presión de descarga en unidades principales.

Alta presión de descarga en unidades principales.

Bajo-bajo nivel en los tanques (Interlock 08)

El encendido de esta unidad se hace de modo local con un Switch manual.

El cabezal de succión de 6" que comunica los tanques de almacenamiento con las bombas booster tiene 4 facilidades de inyección de químicos ya que es necesario inyectar, inhibidor de corrosión, biocida, secuestrante de oxígeno e inhibidor de incrustaciones. Cada una de las unidades está provista con un filtro en Y con el fin de retirar partículas suspendidas que pueda traer el agua que se hayan sedimentado en los tanques. La pérdida de presión cuando el equipo está limpio es de 5 psi, la máxima presión diferencial del filtro son 15psi.

2.1.2.4 Filtros Cascara de Nuez. El agua antes de ser inyectada pasa por un proceso de pulido donde se espera bajar los valores de TSS y OW de 5 ppm a menos de 2 ppm con un tamaño menor a 1 micra. Para ello se pasa el agua a través de un filtro el cual debe tener un medio filtrante de cascarilla de nuez el cual atrapa la grasa y los sólidos para dejar el agua en las condiciones esperadas, utilizando una malla dual 12x20 y 8x12. Cada filtro de 66 in de diámetro y 15 pies de alto, tiene la capacidad de manejar 15,000 BWPD con una caída de presión limpia de 5 psi. Dado que los sólidos retirados y la grasa obstruyen los poros entre la cascarilla se recomienda hacer un retrolavado de los filtros cada 10-12 horas o cada vez que la caída de presión este en valores cercanos a las 15 psig. La presión en los filtros es monitoreada por indicación local de presión en la entrada de los filtros y en la salida de los de estos. Las boquillas de succión y descarga de este filtro son líneas de 4 in de diámetro y una línea de 6 in, para el venteo se tiene una línea de 1 in.

2.1.2.5 Decantador. El tanque decantador deberá tener una capacidad de 110 bbl y un tamaño de 96 in de diámetro por 12 pies, de altura recibe el agua proveniente del retrolavado. Después de un tiempo determinado de decantación los lodos son enviados por gravedad al lecho de secado, mientras que el agua clarificada es retornada a los tanques por medio de dos bombas centrífugas de 140 gpm y una presión diferencial de 25 PSI con motor de 10 HP a 3,500 RPM. El encendido de esta unidad se hace de modo local con un Switch manual. En la succión de cada unidad se cuenta con indicación local de presión al igual que en

la descarga, con el fin de monitorear tanto la succión como la descarga de las unidades para garantizar la buena operación de las unidades y evitar daños en el sistema. Para evitar el posible retorno de cascarilla al sistema se cuenta con dos filtros en Y a la succión de las bombas centrífugas con indicación local con el fin de conocer el estado de limpieza del filtro y realizar la limpieza requerida. Para efectos de agilidad en el proceso de sedimentación se realiza la inyección de coagulante y floculante, el cual es inyectado en la línea de entrada al decantador y ayuda su homogenización con un mezclador estático y con las bombas de recirculación de lodos de 100 gpm y una presión diferencial de 40 PSI con motor de 5 HP a 1,800 RPM.

2.1.2.6 Bombas de Inyección Quintuplex. El agua proveniente de los filtros cascara de nuez es inyectada al pozo Cohembi 6 mediante la implementación de dos bombas Quintuplex A (Stand by B) de 15,000 BWPD y una presión diferencial de 2000 PSI con motor Diesel de 400 HP a 1,800 RPM cuenta con todas las protecciones requeridas por la bomba además están configuradas para ser apagadas por los siguientes factores:

Bajo-Bajo nivel en los tanques.

Baja presión de succión en unidades principales.

Baja presión de descarga en unidades principales.

Alta presión de descarga en unidades principales.

El encendido de esta unidad se hace de modo local, el consumo esperado de estas bombas es 240-320 galones por día de operación. Estas bombas se instalaran con Dampener de succión y de descarga.

El cabezal de succión de 6" que comunica los filtros cascara de nuez con las bombas de inyección tiene la facilidad para instalar cupón de corrosión. Cada una de las unidades está provista con un filtro canasta con el fin de retirar partículas suspendidas que pueda traer el agua de los filtros cascara de nuez; cada uno de estos filtros están provistos con indicación local con el fin de conocer el estado de limpieza del filtro y realizar la limpieza requerida.

En la succión y descarga de cada unidad se cuenta con indicación local de presión, esto con el fin de monitorear tanto la succión como la descarga de las unidades para garantizar la buena operación de las unidades y evitar daños en el sistema, además se cuenta en succión con un sistema de protección que apagan las unidades respectivas y las booster por baja presión y en la descarga con un sistema que envían señal de apagado a las unidades principales y booster tanto por alta como por baja presión en la descarga. Se tienen manómetros de respaldo instalados en el cabezal de succión y de descarga con el fin de tener duplicidad en la lectura y saber si alguno de los instrumentos está dando lectura errónea. En el cabezal de inyección se cuenta con un registro de presión para tener el histórico de la presión de inyección así como con un medidor ultrasónico Clampon no intrusivo para fiscalizar la cantidad de agua realmente inyectada al pozo; por protección también se instalara una junta de aislamiento.

Para el arranque de las unidades de inyección las bombas cuentan con válvula de choque a la descarga la cual también se puede utilizar en casos que se necesite enviar menos flujo al pozo del bombeado por las unidades, la válvula de choque devolverá el agua a los tanques de almacenamiento. Para protección de la línea también se cuenta con las PSV calibradas a 2100 psig que enviaran el agua al lecho de secado directamente.

2.1.2.7 Lecho de Secado. Los lodos retirados del decantador se envían al lecho de secado con capacidad de 250 bbl y dimensiones totales de 28 pies de largo, 7 pies con 4 in de ancho y 6 pies con 11 in de alto. Este equipo tiene la opción de operar como catch tank por medio de una facilidad de conexión a un camión de vacío para retirar el agua sucia y tratarla en planta externa o bien como lecho de secado empacando el fondo del tanque con un medio filtrante (arena) donde el agua clarificada se retira por la parte inferior y se envía a la caja A del mismo tanque; la caja B en cualquier caso recibe el relevo de las bombas y el venteo de los filtros cascara de nuez. Cada una de las cajas tiene dimensiones de 4 pies de largo, 7 pies de ancho y 5 pies de profundidad, y cada caja tiene facilidades tanto

para ser conectada a un camión de vacío o a las bombas centrífugas de agua clarificada y retornar el agua a los tanques de almacenamiento.

2.1.2.8 Tablero de Control. Es necesario ampliar la capacidad de los tableros de control e instrumentación para el arranque y parada de los motores y control de la instrumentación. Se debe instalar un tablero tipo NEMA 4 voltaje 440/120, corriente 150 A, frecuencia de 60 Hz, con capacidad de arranque de motores instalados.

2.1.2.9 Tanques de almacenamiento Diesel. Almacena el ACPM para el funcionamiento de las unidades principales, es horizontal atmosférico, con una capacidad nominal de 5.000 galones, boquilla de entrada y salida en 2 in y drenaje en 1 in.

2.1.2.10 Medidor de Flujo. El medidor de flujo del agua de inyección se debe instalar un ultrasónico intrusivo, de 120 V y capacidad para 15.000 BWPD.

2.1.2.11 Operación PIA Cohembí 6. Actualmente la operación en la PIA Cohembí 6 está a cargo de una empresa contratista la cual funciona bajo el siguiente esquema:

Un operador de la PIA

Un operador de las bombas de inyección Quintuplex

Un auxiliar de descargue

Un auxiliar de proceso

Un electromecánico

Un HSE

Como alternativa se plantea operar directamente la planta de inyección ya que se tiene los recursos y la experiencia. La operación directa se realizaría bajo el siguiente esquema.

Se requeriría contratar únicamente por cada turno:

Un operador de la Planta de Inyección

Un auxiliar de descargue

Un auxiliar de proceso

El electromecánico de la estación Cohembí, asumiría el mantenimiento preventivo y correctivo de las facilidades de la planta de inyección.

El HSE de la estación Cohembí, asumiría las funciones de vigía HSE en la planta de inyección.

2.1.3 PIA Cohembí 6 20.000 BWPD. El anterior planteamiento se presentó para ampliar la inyección a 15.000 BWPD, ahora se incluirá ampliar 5.000 BWPD adicionales, es decir se plantea la modificación para inyectar 20.000 BWPD. A continuación describiremos el proceso.

2.1.3.1 Descargue de Vehículos. Los carrotanques con agua tratada provenientes de la estación Quillacinga son recibidos en la PIA Cohembi 6 en un descargadero el cual contará con tres brazos, cada uno de 4 in. Cada brazo se conecta a una de las cuatro bombas disponibles para enviar el agua a los tanques de almacenamiento. El primer brazo se conecta con la unidad bomba centrífuga de 400 gpm, 30 HP, 1,750 rpm, 440 volt y 60 Hz, el segundo, tercer brazo desplazan el fluido con tres bombas más de iguales características, de esta forma las unidades son de dedicación exclusiva a cada brazo, la alineación de esta unidad al brazo requerido se hace por medio de medio de válvulas de bola manuales. En cada brazo se tiene la facilidad para inyección de inhibidor de corrosión. Cada una de las unidades está provista con un filtro en Y con el fin de retirar partículas suspendidas que pueda traer el agua después del transporte en los carrotanques; con el fin de conocer y realizar la limpieza requerida.

El agua bombeada se recibe en un cabezal de 6 in el cual tiene la facilidad para la conexión de cupones de corrosión y un toma muestras, de ahí se envía a los tanques de almacenamiento.

2.1.3.2 Tanques de almacenamiento de agua. El agua bombeada se recibe en un cabezal de 6" el cual tiene la facilidad para la conexión de cupones de corrosión y un toma muestras, de ahí se envía a 12 tanques cilíndricos

horizontales de 500 bbl de capacidad y 10 pies de diámetro y 36 pies de longitud entre costuras. La pintura del recubrimiento interno es epoxilefólico seri 45 SIKA, las boquillas de entrada son de 4 in y las de salida de 6 in y boquilla de medición de 4 in, trabajan a presión atmosférica y una temperatura entre 77 a 200 °F. La alineación de tanques se hace por medio de válvulas de bola manuales, cada tanque tiene las facilidades de medición por cinta, cuellos de ganso y facilidades de acceso al interior del mismo.

2.1.3.3 Bombas Booster. El agua de los tanques de almacenamiento es enviada al sistema de filtración y de inyección para lo cual se debe implementar cuatro bombas centrífugas booster de 400 gpm, potencia de 30 HP, 1,750 rpm, 440 volt, 60 Hz y una presión diferencial de 65 PSI, cuenta con todas las protecciones requeridas por la bomba además están configuradas para ser apagadas por los siguientes factores:

- ✓ Baja presión de succión en unidades principales.
- ✓ Baja presión de descarga en unidades principales.
- ✓ Alta presión de descarga en unidades principales.
- ✓ Bajo-bajo nivel en los tanques (Interlock 08)

El encendido de esta unidad se hace de modo local con un Switch manual.

El cabezal de succión de 6" que comunica los tanques de almacenamiento con las bombas booster tiene 4 facilidades de inyección de químicos ya que es necesario inyectar, inhibidor de corrosión, biocida, secuestrante de oxígeno e inhibidor de incrustaciones. Cada una de las unidades está provista con un filtro en Y con el fin de retirar partículas suspendidas que pueda traer el agua que se hayan sedimentado en los tanques. La pérdida de presión cuando el equipo está limpio es de 5 psi, la máxima presión diferencial del filtro son 15psi.

2.1.3.4 Filtros Cascara de Nuez. El agua antes de ser inyectada pasa por un proceso de pulido donde se espera bajar los valores de TSS y O/W de 5 ppm a menos de 2 ppm con un tamaño menor a 1 micra. Para ello se pasa el agua a través de un filtro el cual debe tener un medio filtrante de cascarilla de nuez el cual atrapa la grasa y los sólidos para dejar el agua en las condiciones esperadas, utilizando una malla dual 12x20 y 8x12. Cada filtro de 66 in de diámetro y 20 pies de alto, tiene la capacidad de manejar 20,000 BWPD con una caída de presión limpia de 5 psi. Dado que los sólidos retirados y la grasa obstruyen los poros entre la cascarilla se recomienda hacer un retrolavado de los filtros cada 10-12 horas o cada vez que la caída de presión este en valores cercanos a las 15 psig. La presión en los filtros es monitoreada por indicación local de presión en la entrada de los filtros y en la salida de los de estos. Las boquillas de succión y descarga de este filtro son líneas de 4 in de diámetro y una línea de 6 in, para el venteo se tiene una línea de 1 in.

2.1.3.5 Decantador. El tanque decantador deberá tener una capacidad de 160 bbl y un tamaño de 96 in de diámetro por 18 pies de altura, recibe el agua proveniente del retrolavado. Después de un tiempo determinado de decantación los lodos son enviados por gravedad al lecho de secado, mientras que el agua clarificada es retornada a los tanques por medio de dos bombas centrífugas de 180 gpm y una presión diferencial de 25 PSI con motor de 15 HP a 3,500 RPM. El encendido de esta unidad se hace de modo local con un Switch manual. En la succión de cada unidad se cuenta con indicación local de presión al igual que en la descarga, con el fin de monitorear tanto la succión como la descarga de las unidades para garantizar la buena operación de las unidades y evitar daños en el sistema. Para evitar el posible retorno de cascarilla al sistema se cuenta con dos filtros en Y a la succión de las bombas centrífugas con indicación local con el fin de conocer el estado de limpieza del filtro y realizar la limpieza requerida. Para efectos de agilidad en el proceso de sedimentación se realiza la inyección de coagulante y floculante, el cual es inyectado en la línea de entrada al decantador y ayuda su homogenización con un mezclador estático y con las bombas de

recirculación de lodos de 180 gpm y una presión diferencial de 40 PSI con motor de 15 HP a 1,800 RPM.

2.1.3.6 Bombas de Inyección Quintuplex. El agua proveniente de los filtros cascara de nuez es inyectada al pozo Cohembi 6 mediante la implementación de dos bombas Quintuplex A (Stand by B) de 20,000 BWPD y una presión diferencial de 2200 PSI con motor Diesel de 400 HP a 1,800 RPM (el diámetro de cada pistón es mayor) cuenta con todas las protecciones requeridas por la bomba además están configuradas para ser apagadas por los siguientes factores:

- ✓ Bajo-Bajo nivel en los tanques.
- ✓ Baja presión de succión en unidades principales.
- ✓ Baja presión de descarga en unidades principales.
- ✓ Alta presión de descarga en unidades principales.

El encendido de esta unidad se hace de modo local, el consumo esperado de estas bombas es 260-360 galones por día de operación. Estas bombas se instalaran con Dampener de succión y de descarga.

El cabezal de succión de 6" que comunica los filtros cascara de nuez con las bombas de inyección tiene la facilidad para instalar cupón de corrosión. Cada una de las unidades está provista con un filtro canasta con el fin de retirar partículas suspendidas que pueda traer el agua de los filtros cascara de nuez; cada uno de estos filtros están provistos con indicación local con el fin de conocer el estado de limpieza del filtro y realizar la limpieza requerida.

En la succión y descarga de cada unidad se cuenta con indicación local de presión, esto con el fin de monitorear tanto la succión como la descarga de las unidades para garantizar la buena operación de las unidades y evitar daños en el sistema, además se cuenta en succión con un sistema de protección que apagan las unidades respectivas y las booster por baja presión y en la descarga con un sistema que envían señal de apagado a las unidades principales y booster tanto

por alta como por baja presión en la descarga. Se tienen manómetros de respaldo instalados en el cabezal de succión y de descarga con el fin de tener duplicidad en la lectura y saber si alguno de los instrumentos está dando lectura errónea. En el cabezal de inyección se cuenta con un registro de presión para tener el histórico de la presión de inyección así como con un medidor ultrasónico Clampon no intrusivo para fiscalizar la cantidad de agua realmente inyectada al pozo; por protección también se instalara una junta de aislamiento.

Para el arranque de las unidades de inyección las bombas cuentan con válvula de choque a la descarga la cual también se puede utilizar en casos que se necesite enviar menos flujo al pozo del bombeado por las unidades, la válvula de choque devolverá el agua a los tanques de almacenamiento. Para protección de la línea también se cuenta con las PSV calibradas a 2200 psig que enviaran el agua al lecho de secado directamente.

2.1.3.7 Lecho de Secado. Los lodos retirados del decantador se envían al lecho de secado con capacidad de 250 bbl y dimensiones totales de 28 pies de largo, 7 pies con 4 in de ancho y 6 pies con 11 in de alto. Este equipo tiene la opción de operar como catch tank por medio de una facilidad de conexión a un camión de vacío para retirar el agua sucia y tratarla en planta externa o bien como lecho de secado empacando el fondo del tanque con un medio filtrante (arena) donde el agua clarificada se retira por la parte inferior y se envía a la caja A del mismo tanque; la caja B en cualquier caso recibe el relevo de las bombas y el venteo de los filtros cascara de nuez. Cada una de las cajas tiene dimensiones de 4 pies de largo, 7 pies de ancho y 5 pies de profundidad, y cada caja tiene facilidades tanto para ser conectada a un camión de vacío o a las bombas centrífugas de agua clarificada y retornar el agua a los tanques de almacenamiento.

2.1.3.8 Tablero de Control. Es necesario ampliar la capacidad de los tableros de control e instrumentación para el arranque y parada de los motores y control de la instrumentación. Se debe instalar un tablero tipo NEMA 4 voltaje 440/120,

corriente 150 A, frecuencia de 60 Hz, con capacidad de arranque de motores instalados.

2.1.3.9 Tanques de almacenamiento Diesel. Almacena el ACPM para el funcionamiento de las unidades principales, es horizontal atmosférico, con una capacidad nominal de 5.000 galones, boquilla de entrada y salida en 2 in y drenaje en 1 in.

2.1.3.10 Medidor de Flujo. El medidor de flujo del agua de inyección se debe instalar un ultrasónico intrusivo, de 120 V y capacidad para 20.000 BWPD.

2.1.3.11 Operación PIA Cohembí 6. Actualmente la operación en la PIA Cohembí 6 está a cargo de una empresa contratista la cual funciona bajo el siguiente esquema:

Un operador de la PIA

Un operador de las bombas de inyección Quintuplex

Un auxiliar de descargue

Un auxiliar de proceso

Un electromecánico

Un HSE

Como alternativa se plantea operar directamente la planta de inyección ya que se tiene los recursos y la experiencia. La operación directa se realizaría bajo el siguiente esquema.

Se requeriría contratar únicamente por cada turno:

Un operador de la Planta de Inyección

Un auxiliar de descargue

Un auxiliar de proceso

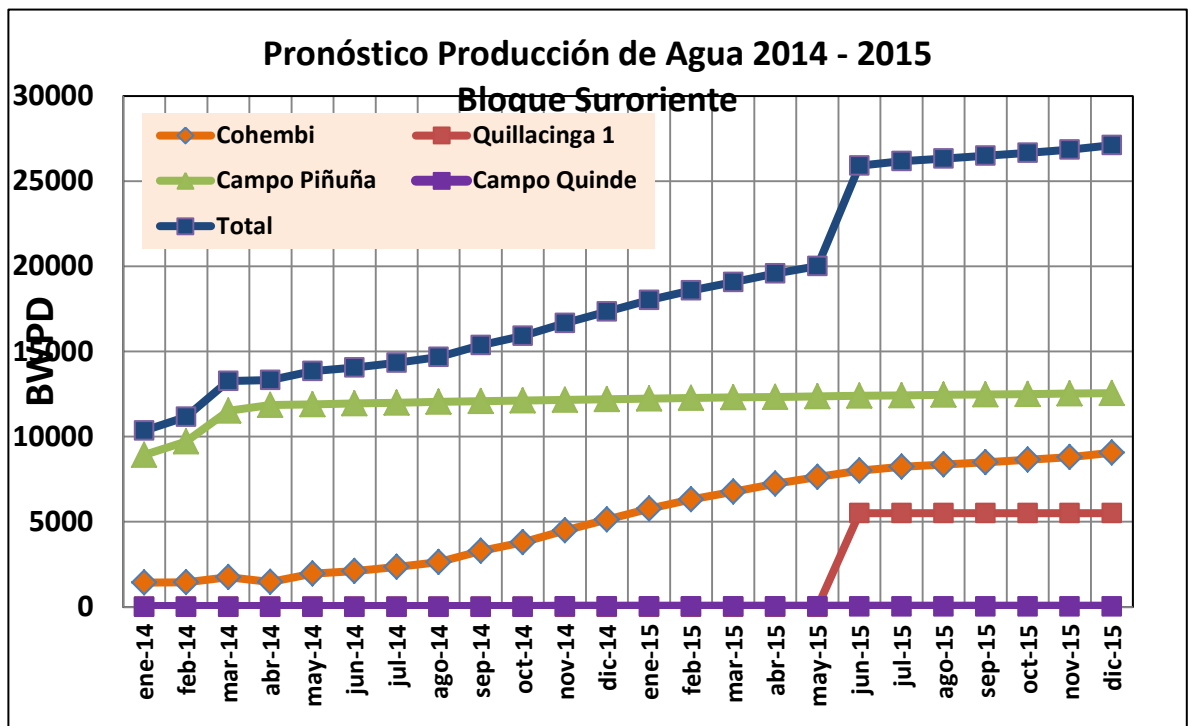
El electromecánico de la estación Cohembí, asumiría el mantenimiento preventivo y correctivo de las facilidades de la planta de inyección.

El HSE de la estación Cohembí, asumiría las funciones de vigía HSE en la planta de inyección.

3. PROPUESTA PARA AMPLIAR LA CAPACIDAD DE INYECCIÓN DE LAS PIAS DEL CAMPO SURORIENTE.

El pronóstico de producción de agua 2014 – 2015 para el campo Suroriente es de 27.100 BWPD; la siguiente gráfica ilustra este pronóstico:

Figura 11: Pronostico de producción de agua 2014 – 2015 Campo Suroriente



(Vetra Exploración y Producción Colombia).

Actualmente no se tiene licencia para verter agua, luego es necesario para el año 2015 inyectar 27.100 BWPDP, es decir se inyectará toda el agua asociada a la producción. Al validar los futuros volúmenes de inyección con el área de yacimientos, se determina que es beneficioso para la formación Villeta inyectar los 27.100 BWPDP ya que genera un mayor barrido y sostiene la presión.

Basados en la proyección de producción de agua y el requerimiento de inyección al yacimiento, se propone ampliar las facilidades de las plantas de inyección del Campo Cohembí a 30.000 BWPD.

Para lograr este objetivo, se inyectarán 10.000 BWPD en la PIA del pozo Cohembí 1 y 20.000 BWPD en la PIA del pozo Cohembí 6.

A continuación se describen las propuestas de ampliación y operación de estas dos plantas de inyección de agua:

3.1 Infraestructura y operación para inyectar 30.000 BWPD.

3.1.1 PIA Cohembí 1 10.000 BWPD. Debido a la necesidad de inyectar un mayor volumen, es necesario ampliar la actual planta de inyección de agua en las instalaciones de Cohembí 1 en el departamento del Putumayo a una capacidad de inyección de 10.000 BWPD y una presión entre 1500 y 2000 psi. El agua tratada proveniente del campo Quillacinga y es transportada por medio de carrotanques. Para ello el único equipo de tratamiento de agua que se ampliará son los dos filtros cascara de nuez de 10.000 BWPD cada uno, los demás equipos son los necesarios para el recibo, almacenamiento y bombeo del agua así como los equipos auxiliares para el proceso de filtración y operación segura de la estación.

3.1.1.1 Descargue de Vehículos. Para el descargue de los carro tanques se contempla utilizar 2 brazos de conexión con 3 unidades arregladas de modo tal que sean de dedicación exclusiva (cada brazo opera con una bomba, y una en stan-by) las bombas actuales centrífugas de 15 HP, 280 GPM a 50 psi, tienen la capacidad de enviar el agua recibida a los tanques de almacenamiento. Estas bombas deben tener la facilidad de atender cualquiera de los dos brazos según la necesidad.

3.1.1.2 Tanques de almacenamiento de agua. El agua recibida del descargadero será almacenada en 6 tanques cilíndricos horizontales, código de diseño API 12 F

cada uno con una capacidad nominal de 520 bbl y dimensiones de 10 ft de diámetro por 36 ft de longitud entre costuras. La pintura del recubrimiento interno es epoxilefólico seri 45 SIKA, las boquillas de entrada son de 4 in y las de salida de 6 in y boquilla de medición de 4 in, trabajan a presión atmosférica y una temperatura entre 77 a 200 °F.

3.1.1.3 Bombas Booster. De los tanques de almacenamiento el agua es enviada a los Filtros Cascara de Nuez con la ayuda de las bombas Booster de 20 HP y 200 gpm, la cual es necesaria cambiarlas por tres bombas Booster Centrífuga de 25 HP y 300 gpm a 65 psi, con skid petrolero, material ASTM A-995/ASTM A-890.

3.1.1.4 Filtros Cascara de Nuez. Antes de ser inyectada el agua es filtrada en los Filtros Cascara de Nuez con capacidad de 5,000 BFPD, luego es necesario ampliar este filtro a 10.000 BWPD, el cual debe tener, Skit petrolero, boquilla de entrada y salida en 4 in, venteo en 2 in, material ASTM A-516 Gr 70, presión 65/85 psi, temperatura de 77 a 200 °F, medio filtrante dual malla 12x20 y 8x12, con una tasa de servicio de 23.2 gpm/f2 y tener un filtro de respaldo de igual capacidad, para no detener la operación cuando haya un proceso de retrolavado. Estos filtros tienen su propia bomba centrífuga de 20 Hp, 200 gpm a 30 psi, para realizar los retrolavados, la cual es parte integral del skid.

3.1.1.5 Decantador. El agua de retrolavado es enviada al decantador, el cual es vertical con techo y fondo cónico, montado sobre skid petrolero con mezclador estático, bombas de dosificación de químicos de 0.5 Hp, sistema de recirculación de lodos, boquillas de entrada y salida de 3 in al igual que el drenaje, funciona a presión atmosférica y temperaturas entre 77 y 200 °F. El agua clarificada de este tanque es reenviada a los tanques de almacenamiento mediante las bombas de 5 HP y 75 gpm la cual tiene otra de respaldo.

3.1.1.6 Bombas de Inyección Triplex. El agua filtrada es enviada a las Bombas de desplazamiento positivo (Triplex) que deben tener una capacidad de inyección de 300 gpm. Estas bombas son impulsadas por motores Diesel los cuales cuentan con todos sus servicios auxiliares para su arranque y funcionamiento.

3.1.1.7 Lecho de Secado. En el lecho de secado tiene una capacidad de 250 Bbl y las siguientes dimensiones: L: 39'4", W: 7'4", H: 4'3", trabaja a presión atmosférica, temperatura entre 77 y 200 °F, las boquillas de entrada son de 3 y 6 in y la de salida son de 3 in. A estos lechos llegarán los disparos de las PSV de las Bombas Triplex, los sólidos con agua provenientes del decantador y la línea de alivio de los Filtros Cascara de Nuez. Los residuos de este tanque son enviados por vehículos a una planta de tratamiento de residuos o devuelto a los tanques de almacenamiento por medio de dos bombas centrífugas, de capacidad de 75 gpm a 25 psi.

3.1.1.8 Tablero de Control. Es necesario ampliar la capacidad de los tableros de control e instrumentación para el arranque y parada de los motores y control de la instrumentación. Se debe instalar un tablero tipo NEMA 4 voltaje 440/120, corriente 150 A, frecuencia de 60 Hz, con capacidad de arranque de motores instalados.

3.1.1.9 Tanques de almacenamiento Diesel. Almacena el ACPM para el funcionamiento de las unidades principales, es horizontal atmosférico, con una capacidad nominal de 5.000 galones, boquilla de entrada y salida en 2 in y drenaje en 1 in.

3.1.1.10 Medidor de Flujo. El medidor de flujo del agua de inyección se debe instalar un ultrasónico intrusivo, de 120 V y capacidad para 10.000 BWPD.

3.1.1.11 Operación PIA Cohembí 1. Actualmente la operación en la PIA Cohembí 1 está a cargo de una empresa contratista la cual funciona bajo el siguiente esquema:

Un operador

Un auxiliar de descargue

Un auxiliar de proceso

Un electromecánico

Un HSE

Como alternativa se plantea operar directamente la planta de inyección ya que se tiene los recursos y la experiencia. La operación directa se realizaría bajo el siguiente esquema.

El operador de la estación Cohembí, asumiría dentro de sus funciones la operación de la planta de inyección.

Se requeriría contratar únicamente por cada turno:

Un auxiliar de descargue

Un auxiliar de proceso

El electromecánico de la estación Cohembí, asumiría el mantenimiento preventivo y correctivo de las facilidades de la planta de inyección.

El HSE de la estación Cohembí, asumiría las funciones de vigía HSE en la planta de inyección.

3.1.2 PIA Cohembí 6 20.000 BWPD. Actualmente la PIA del pozo Cohembí 6, tiene capacidad para inyectar 10.000 BWPD, luego es necesaria su modificación para inyectar 20.000 BWPD y así cumplir la meta de inyección logrando de esta forma el desarrollo sostenible del Yacimiento Cohembí. A continuación se presenta la propuesta de ampliación y operación:

3.1.2.1 Descargue de Vehículos. Los carrotanques con agua tratada provenientes de la estación Quillacinga son recibidos en la PIA Cohembi 6 en un descargadero el cual contará con tres brazos, cada uno de 4 in. Cada brazo se conecta a una de las cuatro bombas disponibles para enviar el agua a los tanques de almacenamiento. El primer brazo se conecta con la unidad bomba centrífuga de 400 gpm, 30 HP, 1,750 rpm, 440 volt y 60 Hz, el segundo, tercer brazo desplazan el fluido con tres bombas más de iguales características, de esta forma las unidades son de dedicación exclusiva a cada brazo, la alineación de esta unidad al brazo requerido se hace por medio de medio de válvulas de bola manuales. En cada brazo se tiene la facilidad para inyección de inhibidor de corrosión. Cada una de las unidades está provista con un filtro en Y con el fin de retirar partículas suspendidas que pueda traer el agua después del transporte en los carrotanques; con el fin de conocer y realizar la limpieza requerida.

El agua bombeada se recibe en un cabezal de 6 in el cual tiene la facilidad para la conexión de cupones de corrosión y un toma muestras, de ahí se envía a los tanques de almacenamiento.

3.1.2.2 Tanques de almacenamiento de agua. El agua bombeada se recibe en un cabezal de 6" el cual tiene la facilidad para la conexión de cupones de corrosión y un toma muestras, de ahí se envía a 12 tanques cilíndricos horizontales de 500 bbl de capacidad y 10 pies de diámetro y 36 pies de longitud entre costuras. La pintura del recubrimiento interno es epoxilefólico seri 45 SIKA, las boquillas de entrada son de 4 in y las de salida de 6 in y boquilla de medición de 4 in, trabajan a presión atmosférica y una temperatura entre 77 a 200 °F. La alineación de tanques se hace por medio de válvulas de bola manuales, cada tanque tiene las facilidades de medición por cinta, cuellos de ganso y facilidades de acceso al interior del mismo.

3.1.2.3 Bombas Booster. El agua de los tanques de almacenamiento es enviada al sistema de filtración y de inyección para lo cual se debe implementar cuatro bombas centrífugas booster de 400 gpm, potencia de 30 HP, 1,750 rpm, 440 volt, 60 Hz y una presión diferencial de 65 PSI, cuenta con todas las protecciones requeridas por la bomba además están configuradas para ser apagadas por los siguientes factores:

- ✓ Baja presión de succión en unidades principales.
- ✓ Baja presión de descarga en unidades principales.
- ✓ Alta presión de descarga en unidades principales.
- ✓ Bajo-bajo nivel en los tanques (Interlock 08)

El encendido de esta unidad se hace de modo local con un Switch manual.

El cabezal de succión de 6" que comunica los tanques de almacenamiento con las bombas booster tiene 4 facilidades de inyección de químicos ya que es necesario inyectar, inhibidor de corrosión, biocida, secuestrante de oxígeno e inhibidor de

incrustaciones. Cada una de las unidades está provista con un filtro en Y con el fin de retirar partículas suspendidas que pueda traer el agua que se hayan sedimentado en los tanques. La pérdida de presión cuando el equipo está limpio es de 5 psi, la máxima presión diferencial del filtro son 15psi.

3.1.2.4 Filtros Cascara de Nuez. El agua antes de ser inyectada pasa por un proceso de pulido donde se espera bajar los valores de TSS y O/W de 5 ppm a menos de 2 ppm con un tamaño menor a 1 micra. Para ello se pasa el agua a través de un filtro el cual debe tener un medio filtrante de cascarilla de nuez el cual atrapa la grasa y los sólidos para dejar el agua en las condiciones esperadas, utilizando una malla dual 12x20 y 8x12. Cada filtro de 66 in de diámetro y 20 pies de alto, tiene la capacidad de manejar 20,000 BWPD con una caída de presión limpia de 5 psi. Dado que los sólidos retirados y la grasa obstruyen los poros entre la cascarilla se recomienda hacer un retrolavado de los filtros cada 10-12 horas o cada vez que la caída de presión este en valores cercanos a las 15 psig. La presión en los filtros es monitoreada por indicación local de presión en la entrada de los filtros y en la salida de los de estos. Las boquillas de succión y descarga de este filtro son líneas de 4 in de diámetro y una línea de 6 in, para el venteo se tiene una línea de 1 in.

3.1.2.5 Decantador. El tanque decantador deberá tener una capacidad de 160 bbl y un tamaño de 96 in de diámetro por 18 pies de altura, recibe el agua proveniente del retrolavado. Después de un tiempo determinado de decantación los lodos son enviados por gravedad al lecho de secado, mientras que el agua clarificada es retornada a los tanques por medio de dos bombas centrífugas de 180 gpm y una presión diferencial de 25 PSI con motor de 15 HP a 3,500 RPM. El encendido de esta unidad se hace de modo local con un Switch manual. En la succión de cada unidad se cuenta con indicación local de presión al igual que en la descarga, con el fin de monitorear tanto la succión como la descarga de las unidades para garantizar la buena operación de las unidades y evitar daños en el sistema. Para evitar el posible retorno de cascarilla al sistema se cuenta con dos filtros en Y a la succión de las bombas centrífugas con indicación local con el fin

de conocer el estado de limpieza del filtro y realizar la limpieza requerida. Para efectos de agilidad en el proceso de sedimentación se realiza la inyección de coagulante y floculante, el cual es inyectado en la línea de entrada al decantador y ayuda su homogenización con un mezclador estático y con las bombas de recirculación de lodos de 180 gpm y una presión diferencial de 40 PSI con motor de 15 HP a 1,800 RPM.

3.1.2.6 Bombas de Inyección Quintuplex. El agua proveniente de los filtros cascara de nuez es inyectada al pozo Cohembi 6 mediante la implementación de dos bombas Quintuplex A (Stand by B) de 20,000 BWPD y una presión diferencial de 2200 PSI con motor Diesel de 400 HP a 1,800 RPM (el diámetro de cada pistón es mayor) cuenta con todas las protecciones requeridas por la bomba además están configuradas para ser apagadas por los siguientes factores:

- ✓ Bajo-Bajo nivel en los tanques.
- ✓ Baja presión de succión en unidades principales.
- ✓ Baja presión de descarga en unidades principales.
- ✓ Alta presión de descarga en unidades principales.

El encendido de esta unidad se hace de modo local, el consumo esperado de estas bombas es 260-360 galones por día de operación. Estas bombas se instalaran con Dampener de succión y de descarga.

El cabezal de succión de 6" que comunica los filtros cascara de nuez con las bombas de inyección tiene la facilidad para instalar cupón de corrosión. Cada una de las unidades está provista con un filtro canasta con el fin de retirar partículas suspendidas que pueda traer el agua de los filtros cascara de nuez; cada uno de estos filtros están provistos con indicación local con el fin de conocer el estado de limpieza del filtro y realizar la limpieza requerida.

En la succión y descarga de cada unidad se cuenta con indicación local de presión, esto con el fin de monitorear tanto la succión como la descarga de las

unidades para garantizar la buena operación de las unidades y evitar daños en el sistema, además se cuenta en succión con un sistema de protección que apagan las unidades respectivas y las booster por baja presión y en la descarga con un sistema que envían señal de apagado a las unidades principales y booster tanto por alta como por baja presión en la descarga. Se tienen manómetros de respaldo instalados en el cabezal de succión y de descarga con el fin de tener duplicidad en la lectura y saber si alguno de los instrumentos está dando lectura errónea. En el cabezal de inyección se cuenta con un registro de presión para tener el histórico de la presión de inyección así como con un medidor ultrasónico Clampon no intrusivo para fiscalizar la cantidad de agua realmente inyectada al pozo; por protección también se instalara una junta de aislamiento.

Para el arranque de las unidades de inyección las bombas cuentan con válvula de choque a la descarga la cual también se puede utilizar en casos que se necesite enviar menos flujo al pozo del bombeado por las unidades, la válvula de choque devolverá el agua a los tanques de almacenamiento. Para protección de la línea también se cuenta con las PSV calibradas a 2200 psig que enviaran el agua al lecho de secado directamente.

3.1.2.7 Lecho de Secado. Los lodos retirados del decantador se envían al lecho de secado con capacidad de 250 bbl y dimensiones totales de 28 pies de largo, 7 pies con 4 in de ancho y 6 pies con 11 in de alto. Este equipo tiene la opción de operar como catch tank por medio de una facilidad de conexión a un camión de vacío para retirar el agua sucia y tratarla en planta externa o bien como lecho de secado empacando el fondo del tanque con un medio filtrante (arena) donde el agua clarificada se retira por la parte inferior y se envía a la caja A del mismo tanque; la caja B en cualquier caso recibe el relevo de las bombas y el venteo de los filtros cascara de nuez. Cada una de las cajas tiene dimensiones de 4 pies de largo, 7 pies de ancho y 5 pies de profundidad, y cada caja tiene facilidades tanto para ser conectada a un camión de vacío o a las bombas centrífugas de agua clarificada y retornar el agua a los tanques de almacenamiento.

3.1.2.8 Tablero de Control. Es necesario ampliar la capacidad de los tableros de control e instrumentación para el arranque y parada de los motores y control de la instrumentación. Se debe instalar un tablero tipo NEMA 4 voltaje 440/120, corriente 150 A, frecuencia de 60 Hz, con capacidad de arranque de motores instalados.

3.1.2.9 Tanques de almacenamiento Diesel. Almacena el ACPM para el funcionamiento de las unidades principales, es horizontal atmosférico, con una capacidad nominal de 5.000 galones, boquilla de entrada y salida en 2 in y drenaje en 1 in.

3.1.2.10 Medidor de Flujo. El medidor de flujo del agua de inyección se debe instalar un ultrasónico intrusivo, de 120 V y capacidad para 20.000 BWPD.

3.1.2.11 Operación PIA Cohembí 6. Actualmente la operación en la PIA Cohembí 6 está a cargo de una empresa contratista la cual funciona bajo el siguiente esquema:

Un operador de la PIA

Un operador de las bombas de inyección Quintuplex

Un auxiliar de descargue

Un auxiliar de proceso

Un electromecánico

Un HSE

Como alternativa se plantea operar directamente la planta de inyección ya que se tiene los recursos y la experiencia. La operación directa se realizaría bajo el siguiente esquema. Se requeriría contratar únicamente por cada turno:

Un operador de la Planta de Inyección

Un auxiliar de descargue

Un auxiliar de proceso

El electromecánico de la estación Cohembí, asumiría el mantenimiento preventivo y correctivo de las facilidades de la planta de inyección.

El HSE de la estación Cohembí, asumiría las funciones de vigía HSE en la planta de inyección.

3.2 Alcance de la propuesta. Esta ampliación se puede realizar bajo los siguientes dos modelos.

3.2.1 Modelo 1 alquiler de equipos. Este modelo consiste en continuar con el alquiler de los equipos, luego se ampliaría las facilidades realizando un otrosi al contrato actual.

3.2.2 Modelo 2 compra de equipos. Este modelo consiste en comprar los equipos, para lo cual se solicitaría una cotización al proveedor actual y se procedería con la compra. Se aclara que el contrato de alquiler que se tiene firmado con el proveedor, tiene incluida la opción de compra de equipos.

NOTA: Para definir cuál de estos dos modelos es la mejor opción, se realizó la evaluación económica la cual concluyó que el modelo más favorable es la compra de equipos. Por política de privacidad y datos reservados, la compañía operadora no aprobó publicar esta evaluación económica, solo aprobaron publicar la conclusión de que el modelo de compra de equipos es la mejor opción, ya que en el tiempo de duración del contrato de producción incremental que se tiene firmado, la compañía operadora logra un ahorro significativo, reduce en más del 15% el costo por barril inyectado, optimizando los recursos y generando valor.

4. CONCLUSIONES

- La ampliación de las plantas de inyección es viable con la compra de los equipos, ya que el valor presente neto (VPN) es positivo, la tasa interna de retorno (TIR) es mayor que la tasa de interés de riesgo, la inversión se recupera en los primeros tres (3) años y se logra un ahorro mayor al 15% en el costo de cada barril inyectado.
- Revisando facilidades actuales de las plantas de inyección tienen capacidad para inyectar 15.000 BWPD, pero estas permiten su ampliación hasta 30.000 BWPD.
- La producción de agua al 2015, se proyecta a un caudal diario de 27.100 BWPD, luego ampliando la inyección a 30.000 BWPD se inyectaría toda el agua de producción ya que la licencia actual no permite vertimiento de agua al ambiente.
- Se plantearon las dos alternativas para inyectar 25.000 BWPD o 30.000 BWPD, se realizó la descripción del proceso para cada una, se realizó la evaluación económica y teniendo presente el pronóstico de producción de agua, se concluyó que la mejor alternativa es la de ampliar las facilidades y así tener la capacidad de inyectar hasta 30.000 BWPD.
- Es necesario ampliar la PIA del pozo Cohembí 1 a 10.000 BWPD.
- Es necesario ampliar la PIA del pozo Cohembí 6 a 20.000 BWPD.
- La operación directa de las plantas de inyección favorece a la compañía operadora ya que se logra un ahorro significativo.

5. RECOMENDACIONES

- Este proyecto de ampliación de las facilidades de inyección de agua debe ser socializado con las comunidades del área de interés.
- En caso de que el pronóstico de producción de agua no se cumpla, se puede considerar la opción de perforar un pozo productor de agua.
- No es recomendable utilizar el agua de los cuerpos hídricos superficiales en el momento que no se cumpla con el pronóstico de producción de agua, ya que no son compatibles con el yacimiento.
- Una vez se finalice la ampliación de las facilidades de inyección, es necesario iniciar con el estudio y seguimiento continuo de la integridad de líneas, tanques y equipos.

BIBLIOGRAFIA

1. ARIZA Leon Emiliano, "Fundamentos en Upstream y Downstream de los Hidrocarburos pag 216" (2012).
2. ARNOLD Ken, Setewart M. Surface Production Operation. Desing of Oil Handing system and facilities (1986).
3. BRADLEY Howard B. Petroleum Engineering Handbook. Trid printing society of Petroleum Engineers Richardson (1992).
4. http://4.BP.blogspot.com/_IsWDwannP0s/SW1yGICQrhl/AAAAAAAAAGw/4cXFg6muvnA/s400/img_pozosbig1.gif&imgrefurl=http://industria-petrolera.lacomunidadpetrolera.com/2009/01/inyeccion-de-agua.html&h=239&w=400&sz=40&tbnid=SRKndhpxt1xCSM:&tbnh=90
5. <http://TANGARA.uis.edu.co/>
6. SCHOEPEL R J, "Waterlood Prediction Methods", Oil and Gas J (1968).
7. SUDER F. E. y Calhoun J. C. Jr "Waterflood calculations" Drill and Prod (1941).
8. VETRA Exploración y Producción Colombia, Informe Campo Cohembí (2012).