

**INFORME FINAL PASANTÍA SUPERVISADA EN OPERACIONES RIGLESS
BP EXPLORATION COLOMBIA
WELL INTERVENTION TEAM**

LEIDY YANETH ESTRELLA MEDINA

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA INGENIERÍA DE PETRÓLEOS
NEIVA – HUILA
2008**

**INFORME FINAL PASANTÍA SUPERVISADA EN OPERACIONES RIGLESS
BP EXPLORATION COLOMBIA
WELL INTERVENTION TEAM**

LEIDY YANETH ESTRELLA MEDINA

Informe presentado para obtener el Título de Ingeniero de Petróleos

HAYDE MORALES
INGENIERA DE PETRÓLEOS
DIRECTORA DEL PROYECTO DE GRADO

CESAR AUGUSTO GIL
INGENIERO DE PETRÓLEOS
SUPERVISOR DE CAMPO
WELL INTERVENTION TEAM
BP COLOMBIA

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA INGENIERÍA DE PETRÓLEOS
NEIVA – HUILA
2008**

Nota de aceptación:

Directora de Proyecto
HAYDEE MORALES

Firma del jurado
LUIS HUMBERTO ORDUZ

Firma del jurado
LUIS FERNANDO BONILLA

Neiva, _____

AGRADECIMIENTOS

Los más sinceros agradecimientos a mi profesora de muchos años y ahora Directora del proyecto HAYDEE MORALES por su disciplina, conocimientos compartidos y por creer en mi.

A **BP EXPLORATION COLOMBIA**, grupo WIT BP Colombia que hizo posible que esta pasantía fuera una experiencia inolvidable, enriquecedora profesionalmente y que de manera inigualable contribuyó a mi crecimiento personal.

A mi Supervisor de CESAR AUGUSTO GIL quien siempre mostró un fuerte interés por guiarme en el mejor camino durante los 6 meses de la pasantía, además por sus explicaciones, dedicación y paciencia que fueron la herramienta constante para compartirme sus conocimientos y experiencias de toda su vida profesional.

Gracias a todos y cada una de las personas que siempre de alguna u otra manera hicieron que esta pasantía fuera una experiencia fructífera y que seguramente es el comienzo de una vida profesional de muchos éxitos.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	
2. OBJETIVOS	12
2.1 OBJETIVO GENERAL	12
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	12
3. DESARROLLO DE ACTIVIDADES	13
3.1. RESPONSABILIDADES EN EL CPF Y TAREAS RUTINARIAS	13
3.1.1 Reportes y Reuniones	13
3.1.2 Planeación y logística	14
3.1.3 Administración de información	15
3.2 INTERVENCIONES DE POZO	17
3.3 VISITAS	18
3.3.1 Parque Industrial	18
3.3.2 Bases compañías contratistas	18
4. RESULTADOS	19
4.1 ETAPA I: INDUCCIÓN	19
4.2 ETAPA II: TAREAS RUTINARIAS	19
4.3 INTERVENCIONES A POZOS	19
4.3.1 Intervenciones a pozos	20

4.3.2	Well Testing	22
4.3.3	Visitas	23
4.3.4	Otros	24
5.	CRONOGRAMA	26
5.1	CRONOGRAMA JULIO	27
5.2	CRONOGRAMA AGOSTO	28
5.3	CRONOGRAMA SEPTIEMBRE	29
5.4	CRONOGRAMA OCTUBRE	30
5.5	CRONOGRAMA NOVIEMBRE	31
5.7	CRONOGRAMA DICIEMBRE	32
5.8	CRONOGRAMA ENERO	33
6.	WELL INTERVENTION TEAM (WIT)	34
6.1	DÓNDE OPERA WIT?	34
6.2	QUÉ HACE WIT?	34
6.2.1	Mantenimiento de la línea base de producción	34
6.2.2	Trabajos de integridad	35
6.2.3	Monitoreo del pozo y yacimiento	36
6.2.4	Conversiones	36
6.2.5	Completamiento de pozos	37
6.2.6	Asistencia de pozos	37
6.3	QUIENES HACEN EL TRABAJO EN WIT	39

6.3.1 Organigrama WIT 2008	39
6.3.2 Compañías de servicios	40
6.4 CÓMO HACEN EL TRABAJO?	41
6.4.1 Separadores de prueba	41
6.4.2 Unidad de Slick Line y Braided Line	43
6.4.3 Unidad de E Line	49
6.4.4 Unidad de Coiled Tubing	50
7. CONCLUSIONES	53
9. RECOMENDACIONES	54
BIBLIOGRAFÍA	55

LISTA DE TABLAS

		pág.
Tabla 1.	Relación de entrenamientos durante la pasantía	19
Tabla 2.	Tareas rutinarias realizadas durante la pasantía	19
Tabla 3.	Participación de intervenciones de pozos durante la pasantía	19
Tabla 4.	Registro de intervenciones de pozo	21
Tabla 5.	Participación en pruebas de well testing durante la pasantía	22
Tabla 6.	Relación de visitas a las bases de las diferentes compañías contratistas	23
Tabla 7.	Relación de turnos realizados en la pasantía	26
Tabla 8.	Especificaciones de los diferentes separadores	41
Tabla 9.	Sensores y rango de operación en un separador ANSI 900	42
Tabla 10.	Sensores y rango de operación en un separador ANSI 600	43
Tabla 11.	Especificaciones de esfuerzos para diferentes tipos de cable	44
Tabla 12.	Herramientas más comunes que se corren para cada tipo de Cable	45
Tabla 13.	Especificaciones de esfuerzos para cables eléctricos	50

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Ubicación de los campos petroleros donde opera BP en Colombia	34
Figura 2. Organigrama WIT	39
Figura 3. Compañías de servicio que brindan soporte en la operación de WIT	40
Figura 4. Equipos y unidades más frecuentes utilizados en la operación de WIT	41
Figura 5. Equipo básico Slick Line	46
Figura 6. Equipo de control de presión	47
Figura 7. Herramientas Standard de Slick Line / Braided Line	49
Figura 8. Unidad de Coiled Tubing	51
Figura 9. Esquema de una operación de levantamiento de nitrógeno con Unidad de Coiled Tubing	51

INTRODUCCIÓN

WIT (Well Intervention Team) es un grupo multidisciplinario con diferentes operaciones trabajando por un mismo objetivo “la rentabilidad del negocio”, brindando un mundo de oportunidad de aprendizaje día tras día.

El grupo WIT como parte de BP XC tiene como metas incrementar la producción de los campos Cusiana, Cupiagua, Recetor y Floreña, además del mantenimiento o protección de la producción (programa de inyección de gas / agua en el campo), aseguramiento de la integridad de los pozos y monitoreo de la producción del campo (Well Testing).

Las principales actividades de WIT en intervención a pozos, especialmente del tipo rig less (Sin taladro), son llevadas a cabo con unidades de Coiled Tubing, Slick/Braided Line, Braided Line, separadores de arena y de prueba y equipos de bombeo para altas ratas y altas presiones. Dentro de estas operaciones se incluyen esencialmente: Estimulaciones mediante remoción de depósitos orgánicos y/o inorgánicos, levantamiento de pozos con Nitrógeno, aislamientos tapones de arena, fracturamiento, lavados de tubería (wash pipe, pickling), verificaciones de acceso, aislamiento de zonas de agua y/o gas, sentada y remoción de empaques y válvulas de subsuelo, inhibición de depósitos inorgánicos, conversión de pozos, cañoneo, memorias, PLT's (Production Logs Test), PBU's (Pressure Build-Up), PFO's (Pressure Fall Off), MRT's (Multi Rate Test) , matada de pozo, operaciones de pesca y molido (milling), well testing entre otras.

Culminado los 6 meses programados de pasantía y recordando la propuesta de trabajo inicial establecida, donde se definieron tres etapas, **Etapa I Inducción, Etapa II y III Tareas Rutinarias y Intervenciones de pozo** respectivamente, se puede concluir que el cumplimiento de los objetivos enmarcados en cada uno de ellas fue del 95%. Por un lado las tareas rutinarias asignadas durante la estadía en el CPF Cusiana, se efectuaron a tiempo y acorde a los requerimientos del grupo, dentro de estas están principalmente la asistencia a las reuniones diarias de informe de las Intervenciones de pozo y producción diaria, las auditorias de permisos de trabajo y formas del Ministerio de Minas y Energía. Los cambio mas relevantes se presentaron en la etapa III de Intervenciones de pozos debido a que estas se realizan según los requerimientos diarios del campo. Es difícil predecir con exactitud las intervenciones a realizar en los pozos, debido al dinamismo

permanente de la industria petrolera. Aunque existe un Plan de las 6 semanas que brinda una mirada hacia el desarrollo y mantenimiento del campo este no se cumple rigurosamente. La etapa III se vio afectada por todas las variables involucradas en el trabajo tales como personal, niveles de prioridad de los trabajos, condiciones operativas, procedimientos, conflicto de equipos, eficiencia de capital de los trabajos a ejecutar, HSE, movilización de fluidos, logística en servicios generales, compañía contratistas, disponibilidad de fuerza pública, etc.

A continuación se presenta un informe detallado de lo que fue el desarrollo de la pasantía durante los 6 meses.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Exponer el trabajo desarrollado durante los 6 meses de pasantía en BP Colombia en el grupo de Intervenciones de pozo con operaciones en el Casanare.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Mostrar en detalle cada una de las actividades desarrolladas durante los 6 meses de la pasantía.
- Identificar las variaciones en el cronograma inicial establecido con el desarrollo real de la pasantía.
- Facilitar a los futuros estudiantes en práctica en BP y específicamente en el grupo de Intervenciones a pozos una guía básica sobre la actividad realizada por este grupo en el Casanare y así puedan aprovechar al máximo el tiempo de práctica.

3. ACTIVIDADES DESARROLLADAS

3.1 RESPONSABILIDADES EN EL CPF Y TAREAS RUTINARIAS

Dentro de la propuesta de trabajo presentada antes del inicio de la pasantía se describieron las tareas principales a cumplir durante el desarrollo de la pasantía, como los forms del ministerio, las reuniones diarias con el grupo WIT en Bogotá y las reuniones de permisos de trabajo con el grupo de contratistas, todas ellas se cumplieron mes a mes como se muestra en cada uno de los cronograma adjunto en este documento, pero vale a notar que desde el mes de Octubre se desarrollaron otro tipo de actividades involucradas directamente con la operación diaria del grupo WIT en el área de planeación y logística, convirtiéndose está en una labor muy importante para el estudiante, con el valor agregado de aportar directamente al desempeño del grupo.

A continuación se describen el trabajo de oficina desarrollado:

3.1.1 Reportes y reuniones

- **Elaboración del reporte diario:** En el transcurso de 5:30 a.m. a 6:00 a.m., el PE Supervisor elabora el **PE Daily Report**, contactar al operador de Well Testing de turno para registrar los resultados de las pruebas del día anterior, estos resultados se comparan con la última prueba y se calcula la declinación del pozo, los datos de producción de aceite, gas y agua al igual de las condiciones bajo las cuales se realizó la prueba tales como: Well Head Pressure (WHP), Well Head temperatura (WHT), Flow Line Pressure (FLP), Down Choke Pressure(DCP) son enviados al supervisor para incluirlos en el reporte.
- **Reporte de impacto:** Las intervenciones que impliquen un cierre del pozo, generan cierto valor de impactos en los barriles producidos por dicho pozo, contactar al control room del área (CUSIANA y/o CUPIAGUA) en las primeras horas de la mañana y reportar estos valores al PE Supervisor para incluir en el **PE Daily Report**.
- **Actualización Base de Datos WIT:** Después de recibir el PE Daily Report, se genera un reporte en la base de datos Production Engineering y posteriormente se carga a la red, Livelink es el nombre de la plataforma de

- información de la red interna de BP, además de la actualización de la carpeta física donde se almacena todos los días una copia del PE Daily Report.
- **Reportes de producción y quemas:** Se recibe el reporte de producción por parte de los Ingenieros de producción y se comparte en la reunión de WIT de las 7:30 a.m., también se recibe y se carga a Livelink el reporte de quemas enviado por el Supervisor de Well Testing de PTS, este reporte es la base para mantener al día el reporte mensual de quemas de las intervenciones de WIT el cual es requerido por el representante del Ministerio de Minas y Energía en campo.
- **Reporte semanal de quemas programadas en la intervenciones de WIT:** Todos los domingos se envía a el grupo de Ingeniería ambiental y Comunidades el estimado de los volúmenes de gas a quemar para la semana entrante vía e-mail, información que es usada para el monitoreo de emisión de gases a la atmósfera y evaluar los niveles contaminación auditiva en el área cercana al pozo.

3.1.2 Planeación y logística

- **Contacto con Well Pad Cusiana-Cupiagua:** Se coordinan los requerimientos en las operaciones de WIT tales como retiro de mallas, instalación de válvulas adicionales, líneas a quemadero y tanques, silenciadores, etc. Diariamente se contacta vía telefónica y e-mail al personal de well pad para comunicar y verificar el cumplimiento de estos requerimientos. Siempre se mantiene informado al supervisor de los movimientos y de los inconvenientes para darles oportuna solución cuando se presenten.
- **Plan semanal:** Los martes se informa a todos los contratistas y grupos de soporte el plan de las operaciones de WIT vía e-mail.
- **Soporte a los movimientos de contratistas a las operaciones:** Con base en el plan semanal y junto con el PE Supervisor se determinan los equipos y logística necesarios para las intervenciones en los pozos, diariamente se contacta al coordinador logístico de WIT y se verifica que se estén realizando los movimientos como se tenia previsto, si hay cambios en el plan se informa vía telefónica, mail o en la reunión de planeación y logística al personal y se inicia el proceso de seguimiento a los nuevos requerimientos. A su vez, se elabora diariamente un archivo de Excel con todos los movimientos de equipos a las locaciones, esta información es utilizada para los respectivos movimientos de seguridad física acordes con la operación de WIT.

- **Equipos:** Revisión del reporte enviado por parte de los contratistas (PTS y DOWELL) sobre la ubicación de los equipos en los frentes de trabajo, disponibilidad de los mismos y futuras movilizaciones. Este reporte debe estar acorde con la operación diaria de WIT, notificar alguna irregularidad en el mismo.

3.1.3 Administración de Información

- **Actualización carpeta de Intervenciones:** Mantener una carpeta actualizada con la información técnica relevante (Last well intervention program, perforating record, Mini-log, well schematic, SOR, etc.) de todos los pozos en intervención para el PE Supervisor.
- **Actas de delegación de autoridades y hand-over de pozos:** El acta de delegación de autoridades es necesaria para el inicio de las operaciones porque con esta se hace entrega formal de la locación y se definen las áreas que pasan a ser responsabilidad de WIT, una vez diligenciada se avala con la firma del PE Supervisor y el responsable del trabajo, posteriormente se envía a la superintendencia de operaciones. En el hand-over de los pozos se registran las condiciones con las que se hace entrega del pozo, comentarios y sugerencias para posteriores intervenciones, además se manifiesta por escrito las acciones que durante la operación se detectaron y que están a cargo de operaciones. Se archiva una copia física de actas de delegación y hand-over de locaciones que sirve como evidencia de las responsabilidades de WIT y operaciones en la locación.
- **Manejo de registros de pozos:** En el DCC del CPF Cusiana se archivan los registros físicos y su respectiva copia magnética, los registros son entregados a los Ingenieros encargados de la intervención según lo sugiera el programa de intervención. Los registros que llegan de los pozos son incluidos en el inventario de registros y una copia magnética que sirve como fuente de consulta para todo el personal es cargada a Livelink.
- **Formas 7, 10 y Permisos de quema:** De acuerdo a lo estipulado por el Ministerio de Minas y Energía, todos los trabajos en donde se realiza cambio en el completamiento del pozo o intervención directa en la formación requieren la elaboración de las Formas 7, 10. La Forma 7 se debe presentar antes de entrar a un pozo a realizar una intervención, esta reporta al Ministerio el estado actual del pozo, justificación de la intervención y un breve resumen de los trabajos que se piensan hacer.

La Forma 10 debe presentarse con un plazo máximo de 15 días una vez se ha finalizado la intervención en el pozo, consta de un resumen del trabajo realizado, y el estado final del pozo. Ambas formas tienen anexo el último esquemático y el record de cañoneo del pozo.

Los permisos de quema se solicitan para las intervenciones en las que se requiera levantar el pozo y fluir a tanques y quemadero, para cada trabajo en los que se necesite quemar gas están asignados ciertos volúmenes de quema que son aprobados por el representante del Ministerio de Minas y Energía, los ingenieros de PTS hacen seguimiento de los volúmenes de gas quemados en las operaciones y se compara con el volumen aprobado, así en los casos donde se requiera, se reporta al PE Supervisor para la elaboración de un nuevo permiso y se evita el pago de sanciones por sobrepasar el límite permitido de gas a quemar.

- **Manejo de Archivo de Programas de Intervención y documentación de pozo:** Todos los programas deben ser firmados por el PE Supervisor, el WIT Liaison y el Ingeniero programador, estos son archivados en las carpetas de los pozos que se encuentran en el archivo de WIT de igual forma una copia electrónica es subida a Livelink por el Ingeniero programador, verificar que las carpetas de los pozos en Livelink se encuentre la última versión del programa.

- **Auditorias de Permisos de Trabajo (PTW), revisión Aleatoria a Vehículos (RTS) y lecciones aprendidas:** Se lleva control del cumplimiento por parte de las compañías de servicios que tienen contrato en las operaciones de WIT (Schlumberger, PTS, BP Infraestructura & Logística, BJ, Parko, Halliburton, Mamut, IST, etc.) en la entrega de las auditorias y lecciones aprendidas que se tienen programadas para cada mes. Durante los últimos días de cada mes se programa con la Advisor en HSE para WIT el cronograma, de esta manera todos los días hay un contratista que debe entregar dicha documentación. Estas Auditorias y Lecciones aprendidas son divulgadas y recibidas en la reunión de planeación y logística. Se tiene una base de datos en Excel donde se registran todos los hallazgos resultantes de las auditorias y el consolidado mensual de actividades, basados en esto se generan las estadísticas de desempeño en HSE de las compañías, usualmente a fin de mes se evalúa el grado de cumplimiento por parte de los contratistas mediante las estadísticas.

3.2 INTERVENCIONES DE POZO

Llevar a cabo una intervención en un pozo cualquiera que sea su objetivo requiere de un proceso que involucra a un gran número de personas, los Ingenieros de yacimientos, los ingenieros en cargados de elaborar el programa de la intervención y evaluar las diferentes propuestas por parte de las compañías contratistas, el personal de logística de la operación, los ingenieros a cargo de ejecutar el trabajo, además de todo el personal de las diferentes compañías de servicios que participan de la operación, en fin una vez consumado toda esta cadena se espera conseguir los resultados que se establecieron, es por eso que se deben tener todas las precauciones tanto operacionales como de HSE del caso para que esto se cumpla.

Un análisis de riesgos bien definido, roles y responsabilidades claramente conocidos por cada uno de los involucrados en la operación, planes de contingencia, plan de respuesta de emergencias, permisos de trabajos, análisis de tareas, elementos de protección personal, procedimientos en sitio, son parte del aseguramiento que se hace llegar a una operación exitosa, recordando que en la industria del petróleo cualquier actividad es considerada de alto riesgo y solo nosotros podemos mitigar este riesgo estableciendo y respetando los diferentes controles y barreras.

Operacionalmente a todas las intervenciones de pozo a las cuales asiste dejaron muchas enseñanzas en cuanto a tecnología en equipos, herramientas utilizadas en los trabajos, ventajas y desventajas que tiene cada uno de las unidades de cada compañía acuerdo al requerimiento de la intervención. Consideraciones de tipo económico, operacionales como tecnología, eficiencia de las unidades, personal y disponibilidad de equipos hacen la diferencia a la hora de escoger el contratista con el cual se va hacer el trabajo.

A nivel de ingeniería siempre hubo soporte por parte de los Ingenieros del grupo, de los ingenieros de las empresas contratistas y de los operadores de pozo, al igual que la información técnica relevante (Last well intervention program, perforating record, Mini-log, well schematic, SOR, etc.) del pozo a intervenir fueron la clave del aprendizaje en etapa.

3.3 VISITAS

3.3.1 Parque Industrial

En el parque industrial están ubicadas dos de las muchas compañías contratistas que soportan la operación de WIT, estas son PTS y SCHLUMBERGER. PTS cuenta con dos líneas principalmente: Well Testing y Slick line y Braided Line, por su parte SCHLUMBERGER tiene a E- Line y Colied Tubing.

Las visitas programadas a estas instalaciones siempre fueron avaladas por el PE Supervisor y encaminadas a aprender de sus operaciones, equipos, procedimientos, software, etc. utilizados en las intervenciones de pozos. Estas visitas sirvieron en muchos casos para facilitar el entendimiento de una operación en campo.

3.3.2 Base compañías contratistas

Varias de las compañías contratistas que operan en BP Casanere tienen sus bases en el área, lo cual facilita el acceso a ellas. El objetivo principal de estas visitas era familiarizarse con las herramientas y/o equipos que utilizan en las operaciones de WIT. Entre estas bases visitadas está Baker Oil Tools, y BJ en El Yopal.

3.3.3 Operadores de Well Pad

Los operadores son responsables del monitoreo de las condiciones del pozo variables como: presión y temperatura en cabeza, apertura del choke, presión y temperatura de la línea, rata de inyección de inhibidor de químico, sistemas de protección de líneas (switches de alta y baja presión) etc.

Además del programa de mantenimiento y funcionalidad de las válvulas del arbolito de navidad, válvula de subsuelo, control panel y sistemas de alarmas en los pozos. Los pozos están monitoreados desde un Control Room, una vez se presentan problemas o hay anomalía en las variables del sistema, los operadores asisten al pozo y regulan las mismas hasta los valores operativos si está a su alcance, de lo contrario reporta el problema para tomar acción desde otro nivel. De igual forma, semestralmente realizan pruebas de integridad de todas las válvulas del pozo, para identificar posibles daños.

4. RESULTADOS

4.1 ETAPA I: INDUCCIÓN

ENTRENAMIENTO	TOTAL
Competencias básicas en HSE	1
Programa cascos verdes	1
Primeros auxilios nivel I y II	2
Auditorias de permisos de trabajos	2
Depositaciones inorgánicas	1
Capital Value Process	1

Tabla 1. Relación de entrenamientos durante la pasantía

Cumplimiento del 100% según lo establecido en la propuesta inicial, incluso con algunas charlas no incluidas como las de Depositaciones Inorgánicas y Capital Value Process fueron tomadas.

4.2 ETAPA II: TAREAS RUTINARIAS

ACTIVIDAD	TOTAL
Reunión de Estados de las intervenciones de pozo y Producción Diaria	64
Auditorias de Permisos de Trabajo	56
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA	
Permiso de quemas	18
Forma 7	14
Forma 10	16

Tabla 2. Tareas rutinarias realizadas durante la pasantía

4.3 ETAPA III: INTERVENCIONES DE POZOS

ACTIVIDAD	TOTAL
Intervenciones de pozo	7
Well Testing	4
Visitas Parque Industrial y base Yopal	5

Tabla 3. Participación de intervenciones de pozo durante la pasantía

4.3.1 Intervenciones de pozos

WELL	INTERVENCION	OBJETIVO ESPECIFICO	ACTIVIDAD
LR YT8	Aislamiento de una Zona de Agua (Water Shut off)	Reducción del aporte de agua de la formación Mirador Imbricado	Trabajo realizado con E-Line (Hepta Cable)
			Registro de temperatura (Gamma Ray, CCL (Casing Collar Locator, Temperatura, Presión)
			Sentada de un MPBT (Mechanical Plug Back Tool) (tapón mecánico)
			Sentada de un tapón de cemento con bailers de cementación.
			Registros eléctricos de Producción en tiempo real (PLT).
LR YZ11	Completamiento Sin taladro. (Non Rig Completion)	Fractura en Mirador Medio	Verificación de acceso con Slick Line (Gauge Cutter)
			Limpieza de tubería con fluidos (Pickling) con Coiled Tubing Convencional (Scale Blaster).
			Bombeo de Nitrógeno con Coiled Tubing.
			Cañoneo con Smart Coiled Tubing
			Monitoreo de respuesta del pozo ante el caño - pozo fluyendo a tanques y quemadero. (Toma de muestras, y análisis de propiedades, API, BS&W, flash point, presión de vapor)
			Fractura hidráulica del intervalo (14,558 - 14,588 ft), equipo de 20,000 psi, con 250.000 Lbs de arena bombeada.
			Limpieza del tapón de arena
			Underbalance
			Cañoneo segundo intervalo
			Fractura con 120,000 Lbs de arena
			Limpieza de la arena
Prueba de pozo			
FLN C6	Completamiento con taladro (Rig completion)		PBU
			Tapón de arena
			Cañoneo

Tabla 4: Registro de las intervenciones de pozo

WELL	INTERVENCION	OBJETIVO ESPECIFICO	ACTIVIDAD
BA PA36	Mejoramiento de la inyección de Gas (GII)	Cancelar la inyección en Mirador IV y mejorar la inyección en Mirador I, II, III, IV y V en los cuales si se está haciendo un barrido en los pozos productores.	Trabajo realizado con E-Line (Hepta Cable)
			Registro de temperatura (Gamma Ray, CCL (Casing Collar Locator, Temperatura, Presión)
			Sentada de un MPBT (Mechanical Plug Back Tool) (tapón mecánico)
			Sentada de un tapón de cemento con bailers de cementación.
			Registros eléctricos de inyección en tiempo real.
CP T33	Integridad	Restablecer la integridad de la válvula de subsuelo sentando un Straddle Packer	Retiro de Straddle packer válvula de subsuelo con Slickline
			Instalar nuevo straddle packer con unidad de E-Line y explosivos
			Realizar pruebas de funcionalidad
			Prueba de pozos.
			Aseguramiento de pozo, doble barrera. Segunda swab valve.
BA DD17	Registro de producción (PLT)	Determinar perfil de producción y evaluar el soporte de presión de la inyección de gas del pozo BA DD22	Arme de Unidad de E Line con BHA
			Corre registro
			Correlacionar las profundidades en las estaciones establecidas
			Prueba de pozo.
			Prueba de funcionalidad de la válvula actual
BA C3	Integridad	Reestablecer integridad de la válvula de subsuelo.	Retiro de la válvula de subsuelo con unidad de Slick line. Determinar motivo de la falla.
			Instalación de una nueva válvula de subsuelo
			Prueba de funcionalidad

Continuación Tabla 4: Registro de las intervenciones de pozo

4.3.2 Well Testing

WELL	INTERVENCION	OBJETIVO ESPECIFICO	ACTIVIDAD
BA B2	Prueba de pozo	Verificar la producción de fluidos y permitir solo un flujo de 20 MMscf de gas para el mantenimiento de la presión del campo.	Garantizar la integridad del pozo, separador y manifold líneas de flujo.
			Prueba Multirata (diferentes aperturas del choque)
			Adquisición de datos tales como producción de fluidos, condición de cabeza de pozo y separador.
			Caracterización de las propiedades de los fluidos para
LR YR4 BA G19	Prueba de pozo	Monitoreo periódico del pozo según requerimientos del Ministerio de Minas y Energía	Garantizar la integridad del pozo, separador y manifold líneas de flujo.
			Pruebas al choke operativo. Periodo de estabilización 4 horas.
			Adquisición de datos tales como producción de fluidos, condición de cabeza de pozo y separador.
			Caracterización de las propiedades de los fluidos.
			Desarme de equipos. Pozo en condiciones normales.

Tabla 5: Participación en pruebas de pozos durante la pasantía

4.3.3 Visitas

COMPAÑÍA	OBJETIVO ESPECIFICO	ACTIVIDAD
PTS	Reconocimiento de unidad de Slick Line	Diferentes tipos de cable según el trabajo
		Equipo de control de presión
		Adquisición de datos
		Diferentes partes que conforman un BHA de acuerdo al objetivo del trabajo.
SCHLUMBERGER	Identificación de los componentes de una Unidad de Coiled Tubing	Identificación de cada una de la partes de una Unidad de Coiled Tubing
		Diferentes tamaños de coiled tubing
		Adquisición de datos y equipo de control de presión.
		Trabajos mas frecuentes con unidades de Coiled tubing.
SCHLUMBERGER	Software Scale blaster / Jet Advisor	Modo de uso.
		Data de entrada
		Simulaciones variando condiciones propias de de la herramienta.
		Identificación de puntos de posible fatiga de la coiled tubing según las condiciones dinámicas de la intervención.
SCHLUMBERGER	Isolation Scanner Log	Identificación física de la herramienta
		Variables que mide (estado físico de la tubería y con doble revestimiento)
		Posibles problemas en la corrida de un pozo CS K5
		Reducir costos de un workover, si es segundo revestimiento está en buen estado.
BAKER OIL TOOLS	Tapones WG Insert valve.	Reconocimiento y especificaciones técnicas de un tapón WG
		Setting tools para tapones WG
		Reconocimiento de las Insert valve
		Identificación de Storm Choke
BJ	Unidad de Fracturamiento	Reconocimiento de los equipos que hacen parte de un fracturamiento hidráulico, descripción del paso a paso de la operación y descripción del sistema de seguridad del equipo.

Tabla 6: Relación de visitas a las bases de las diferentes compañías contratistas

4.3.4 Otros

- **ACTIVIDAD:** Charla técnica sobre Fracturamiento Hidráulico

Alcance: Fue acordada con el profesor Luis Humberto Orduz, con el único propósito de compartir una de las experiencias aprendidas en operación de WIT, con los estudiantes de completamiento y perforación.

- **ACTIVIDAD:** Desarrollo de dos programas de intervenciones a pozo
BA DD22: Verificar acceso y hacer un diagnostico de la posición relativa de un pescado (MPBT plug) con un bloque de impresión de plomo.
BA C3: Recuperación de integridad válvula de subsuelo.

Alcance: Poder originar programas de intervenciones al final de la pasantía fue una actividad valiosa, donde se plasmó gran parte de lo aprendido durante la pasantía.

- **ACTIVIDAD:** Evaluación de costos de una estimulación con dos compañías de servicios diferentes.

Alcance: Con esta evaluación se definió cual de las dos compañías bombeaba los productos químicos de la estimulación. Fue necesario conocer las condiciones contractuales del contrato de ambas compañías al igual que las tarifas de sus productos.

- **ACTIVIDAD:** Evaluación de la viabilidad de correr una Herramienta DHST.(Down Hole Shutting Tool)

Alcance: Determinar los posibles pozos candidatos para correr una herramienta que permite evaluar el yacimiento haciendo una prueba de presión (Build up) de forma selectiva cuando se tienen varias formaciones abiertas. Esta herramienta hace un cierre en fondo usando un temporizador.

Según el objetivo en cada pozo, se determinó la profundidad de sentamiento de la herramienta, si existía el espacio suficiente para bajarla con la condiciones mecánicas actuales del pozo como mínimo diámetro interno del pozo y teniendo en cuenta el máximo diámetro de la herramienta, el record de los últimos accesos para verificar si era posible llegar a la profundidad deseada.

ACTIVIDAD: Presentación del grupo WIT

Alcance: Esta presentación incluye una descripción del trabajo que realiza WIT en BP, el personal que hace parte del grupo, compañías que trabajan para la

operación y desempeño del WIT durante el 2007. Fue presentada en una reunión de Gerencia, con el propósito de dar a conocer la labor del grupo a otros grupos que trabajan en la operación de BP. Además es muy útil para inducciones a personal nuevo en el grupo.

➤ **ACTIVIDAD:** Actividad de WIT en el enero a la fecha.

Alcance: Evaluación de las intervenciones realizadas en el mes de enero, comparando los costos estimados inicialmente en el programa con los costos reales una vez terminada la operación, además el incremento de la producción de aceite real comparado con el estimado, incluyendo aspectos claves de la operación y lecciones aprendidas.

Este trabajo fue importante para llevar un seguimiento de los resultados de las estimulaciones químicas que ayudan a cumplir los objetivos del grupo en términos de producción.

5. CRONOGRAMA

En esta sección se adjunta los cronogramas de cada uno de los turnos realizados.

Turno	Fecha inicio	Fecha de Terminación	Días
1	10 de Julio 2007	23 de Julio 2007	14
2	1 de Agosto 2007	28 de Agosto 2007	28
3	10 de Septiembre 2007	2 de Octubre 2007	23
4	7 de Octubre 2007	31 de Octubre 2007	21
5	7 de Noviembre 2007	27 de Noviembre 2007	21
6	5 de Diciembre 2007	21 de Diciembre 2007	17
7	29 de Diciembre 2007	11 de Enero 2008	14

Tabla 7: Relación de turnos realizados en la pasantía.

5.2 CRONOGRAMA AGOSTO

	BP EXPLORATION COLOMBIA Well Intervention Team	DESARROLLO PASANTIA BP – PRIMER INFORME PARCIAL	
		PE Supervisor Cesar GI	Estudiante Leidy Yaneth Estrella

Descripción	AGOSTO 2007																																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
TAREAS RUTINARIAS																																	
CUS- CUP MEETING																																	
HSE- Seguridad Física- Ambiental																																	
PE Daily Report - operaciones																																	
WIT CAMPO-BOGOTA MEETING																																	
PE Daily Report – Operaciones																																	
Casanare Daily Report - Producción																																	
Auditorias de permisos de trabajo (PTW, RTS, Lecciones Aprendidas).																																	
Actualización del estado de auditorias Base de datos PTW y RTS																																	
Formas Ministerio de Minas & Energía																																	
OPERACIONES DE POZO																																	
Operaciones de Prueba de pozos (Well Testing) (WELL BABA B2)																																	
Visita a los pozos con operadores de well pads (Recorredores de pozos)																																	
INTERVENCIONES DE POZOS																																	
ASLAMIENTO DE UNA ZONA DE AGUA (WELL LRYT8)																																	
CURSOS																																	
Curso de Alcohol y Drogas E-Learning																																	
Curso de Actualización de LiveLink, E-Learning																																	
Primeros Auxilios (Nivel I y II)																																	
Coordinadores de Evacuación																																	
Curso Competencias Básicas en HSE, duración de 3 días																																	
OTROS																																	
Visita parque industrial (SLB & PTS)																																	

5.3 CRONOGRAMA SEPTIEMBRE

	BP EXPLORATION COLOMBIA Well Intervention Team	DESARROLLO PASANTIA BP – PRIMER INFORME PARCIAL	
		PE Supervisor Cesar GI	Estudiante Leidy Yaneth Estrella

Descripción	SEPTIEMBRE 2007																													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
TAREAS RUTINARIAS																														
CUS- CUP MEETING																														
HSE- Seguridad Física- Ambiental																														
PE Daily Report - operaciones																														
WIT CAMPO-BOGOTA MEETING																														
PE Daily Report – Operaciones																														
Casanare Daily Report - Producción																														
Auditorias de permisos de trabajo (PTW, RTS, Lecciones Aprendidas).																														
Formas Ministerio de Minas & Energía Quema LR YZ10, BA BA33, CP XH38																														
Forma 7, BA BA33, CP XH38																														
OPERACIONES DE POZO																														
Operaciones de Prueba de pozos (Well Testing)																														
Visita a los pozos con operadores de well pads (Recorredores de pozos)																														
INTERVENCIONES DE POZOS																														
FRACTURAMIENTO (WELL LRYZ11)																														
CURSOS																														
Charla técnica Depositaciones Inorgánicas NALCO																														
OTROS																														
Capital Value Process Talk																														

- CPF CUSIANA
- SALIDAS A INTERVENCIONES A POZO
- SALIDAS A PRUEBAS DE POZO (WELL TESTING)
- VISITAS PARQUE INDUSTRIAL
- DIAS DE DESCANSO

5.4 CRONOGRAMA OCTUBRE

	BP EXPLORATION COLOMBIA Well Intervention Team	DESARROLLO PASANTIA BP – PRIMER INFORME PARCIAL	
		PE Supervisor Cesar Gil	Estudiante: Leidy Yaneth Estrella

Descripción	OCTUBRE 2007																																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31					
TAREAS RUTINARIAS																																				
WIT CAMPO-BOGOTA MEETING																																				
PE Daily Report – Operaciones																																				
Casanare Daily Report - Producción																																				
Auditorías de permisos de trabajo (PTW, RTS, Lecciones Aprendidas)																																				
Formas Ministerio de Minas & Energía																																				
OPERACIONES DE POZO																																				
Operaciones de Prueba de pozos (Well Testing) Adquisición de los datos LR YR6/YR4																																				
Visita a los pozos con operadores de well pads (Recorredores de pozos) BA C3/ BA H41/ BH15/ CS M25																																				
INTERVENCIONES DE POZOS																																				
Operaciones - FLORENA C6 Rig Completion PBU – Cañoneo																																				
Aislamiento de una zona de gas (GSO) BA PA36																																				
VISITAS BASE																																				
Base de Baker Yopal																																				
Parque Industrial (SLB)																																				
Parque Industrial (PTS)																																				

- CPF CUSIANA
- SALIDAS A INTERVENCIONES A POZO
- SALIDAS A PRUEBAS DE POZO (WELL TESTING)
- VISITAS PARQUE INDUSTRIAL Y BASES EN YOPAL
- DIAS DE DESCANSO

5.5 CRONOGRAMA NOVIEMBRE

Descripción	NOVIEMBRE 2007																													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
TAREAS RUTINARIAS																														
WIT CAMPO-BOGOTA MEETING																														
PE Daily Report – Operaciones																														
Casanare Daily Report - Producción																														
Auditorias de permisos de trabajo (PTW, RTS, Lecciones Aprendidas)																														
Formas Ministerio de Minas & Energía																														
OPERACIONES DE POZO																														
Operaciones de Prueba de pozos (Well Testing) BA G19																														
Visita a los pozos con operadores de well pads (Recorredores de pozos) BA C3																														
INTERVENCIONES DE POZOS																														
Trabajo de integridad válvula de subsuelo CUP T33																														
OTROS																														
Presentación sobre Fracturamiento hidráulico clase de perforación y completamiento																														
Plantación logística en la operación diaria de WIT																														

- CPF CUSIANA
- SALIDAS A INTERVENCIONES A POZO
- SALIDAS A PRUEBAS DE POZO (WELL TESTING)
- VISITAS PARQUE INDUSTRIAL Y BASES EN YOPAL
- DIAS DE DESCANSO

5.7 CRONOGRAMA ENERO

	BP EXPLORATION COLOMBIA Well Intervention Team	DESARROLLO PASANTIA BP – PRIMER INFORME PARCIAL	
		PE Supervisor Cesar GI	Estudiante Leidy Yaneth Estrella

Descripción	ENERO 2008																															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
TAREAS RUTINARIAS																																
WIT CAMPO-BOGOTA MEETING																																
PE Daily Report – Operaciones																																
Casanare Daily Report - Producción																																
Auditorias de permisos de trabajo (PTW, RTS, Lecciones Aprendidas).																																
Formas Ministerio de Minas & Energía																																
OPERACIONES DE POZO																																
Visita a los pozos con operadores de well pads (Recorredores de pozos) BA A1, BA Z10																																
INTERVENCIONES DE POZOS																																
Trabajo de integridad válvula de subsuelo BA C3																																
OTROS																																
Programa de intervención de pozos																																
Cambio de válvula de subsuelo BA C3																																
Diagnósticos de acceso en posibles pozos candidatos correr una DHST.																																

- CPF CUSIANA
- SALIDAS A INTERVENCIONES A POZO
- VISITAS PARQUE INDUSTRIAL Y BASES EN YOPAL
- DIAS DE DESCANSO

6. WELL INTERVENTION TEAM

6.1 DÓNDE OPERA WIT?

Las operaciones están en el departamento del CASANARE en el oriente de Colombia, en los campos de Cusiana, Cupiagua, Recetor, Pauto y Floreña.

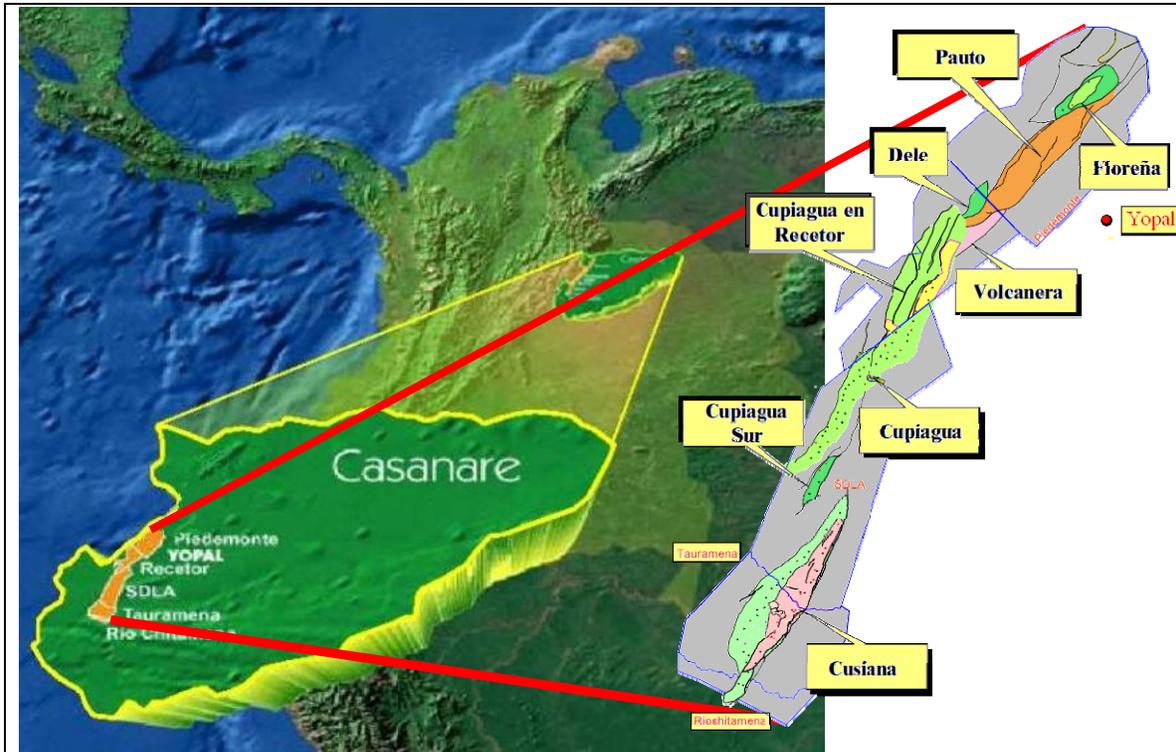


Figura 1. Ubicación de los campos petroleros donde opera BP en Colombia

6.2 QUÉ HACE WIT?

6.2.1 Mantenimiento de la línea base de producción

Una de las funciones del grupo de intervención de pozos es incrementar la producción de los mismos para el mantenimiento de la base a un costo razonable, es decir obteniendo una eficiencia de capital de forma rentable la cual a su vez depende del precio actual del crudo al momento de ejecutarse la intervención. Para el mantenimiento de la base de producción los ingenieros de este grupo monitorean permanentemente el desempeño de sus pozos comparándolo contra su potencial, el cual está determinado por el modelo de

yacimientos, las pruebas de pozos y los registros efectuados (PBU, PFO, PLTs) los cuales se integran. De la comparación de la producción de los pozos versus su potencial es que resultan las intervenciones de pozos con las cuales se pretende maximizar la producción del campo ya sea por incremento de producción de aceite o por reducción del GOR (Gas/ Oil Ratio) o mediante la disminución del contenido de agua (BSW) el cual redundaría en una mejora en la hidráulica del pozo y por ende, mejor producción de aceite.

Una vez se identifica una opción para mejorar la producción del campo por parte del grupo de manejo de la base (Base Management) esta es analizada en conjunto con el grupo de intervención de pozos para determinar la viabilidad de la misma tanto operativa como económicamente. En el grupo del manejo de la base se determina la opción, es decir, “El Que” y el grupo de intervención de pozos determina “El Como” basados en las opciones tecnológicas viables y que económicamente sean rentables.

6.2.2 Trabajos de Integridad

Mantener confinados los fluidos producidos dentro de los recipientes y tuberías es una prioridad en BP. Para ello es necesario hacer mantenimientos que preserven la integridad de los pozos de manera anticipada antes de tener incidentes o escalamientos. Los trabajos de integridad se programan dependiendo de la criticidad del mismo. Aquellos pozos que presenten anomalías de integridad en estado alto son ejecutados de manera inmediata. Dentro de estos se encuentran los cambios, reemplazos o reparaciones de válvulas de subsuelo que no confinen los fluidos en caso de un atentado, altas presiones anulares en valores que pudieran ser un problema si incrementan a valores cercanos a los máximos permisibles para las tuberías y equipos, casos de corrosión severa que pudieran finalizar en rotura de tuberías o equipos, cambio de los sellos primarios (SBMS) del colgador de la tubería de producción (tubing hanger). Los pozos con problemas de integridad que se encuentren en estado medio se deben intervenir en un corto lapso de tiempo inferior a dos meses, ejemplos de ellos son las reparaciones de aquellas válvulas de subsuelo que aunque confinan los hidrocarburos, presentan fugas de hidráulico hacia el pozo o retornos de gas por la línea de control (control line), cambio “store chokes” los cuales de manera preventiva deben ser cambiados cada seis meses, reducción de la presión de los anulares mediante el reemplazo del fluido presente en el anular por fluidos de mayor densidad (lubricate & bleed). También dentro de los trabajos de integridad se ejecutan registros de calidad de cemento (CBL/VDL /USIT), registros del estado de las tuberías (USIT) para determinar ovalidad, corrosión, espesor de paredes, verificación de la viabilidad del estado del pozo para convertirse de productor a inyector a los rangos de presión de inyección que tanto para agua como para inyectores de gas deben probarse la tubería de producción a 6,000 psi.

6.2.3 Monitoreo del Pozo y Yacimiento

Del monitoreo que se realizan tanto a pozos como yacimientos se obtienen las opciones de intervenir los pozos con el objeto de mantener o incrementar la producción de los mismos. Los monitoreos son solicitados por los ingenieros del manejo de la base para determinar como es el desempeño de sus pozos. Estos monitoreos van desde las pruebas de pozo para cuantificar los fluidos (aceite, gas y agua), registros de perfiles de producción para determinar zonas aportantes y que tipo de fluido, caracterización de los fluidos producidos para determinar posibles obstrucciones por depositaciones de orgánicos (Parafinas, asfáltenos) o de inorgánicos (Scales como Carbonato de calcio o sulfuro de Bario principalmente), PBU (Pressure Build Up) en pozos productores o PFO (Pressure Fall Off) en pozos inyectores, para determinar daño (skin) y la posibilidad de ser removido, inyección de trazadores con los cuales detectar reciclo del gas inyectado, Flujo de pozos a tanques y quemadero con el fin de evaluar el potencial del pozo a menores presiones de flujo.

6.2.4 Conversiones

Cuando al interpretar los resultados de la simulación de yacimientos se determina que un pozo ofrece mejores beneficios al tenerlo como inyector para hacer un mejor barrido de las reservas, este se convierte de productor a inyector. La mayoría de las veces se hace conversión de aquellos pozos que al tener un GOR (Gas/Oil ratio) muy alto o no competitivo se han cerrado o son pozos que se abren esporádicamente (swing well). Otras veces la conversión se hace debido a que se requieren soportes de presión para los pozos productores o para evitar el avance del frente de agua que afecte negativamente la hidráulica del pozo y por consiguiente la producción de aceite del mismo.

Para los trabajos de conversión, inicialmente debe determinarse la viabilidad del pozo como inyector ya que maneja presiones mas altas que cuando es productor. Para ello debe aislarse la tubería perforada por cañoneos y verificar la resistencia de la tubería a 6,000 psi monitoreando que a la vez los sellos de la tubería de producción tanto en fondo (seal assembly o packer) como los sellos de superficie y el árbol de navidad soporten las 6,000 psi porque la presión de inyección es de alrededor de 5,500 psi. Si al verificar el estado del pozo se detecta fugas de fluido a través de los sellos de fondo o en la tubería misma, se suspende la intervención ya que esta solo podrá solucionarse usando un taladro de work over. Si se detectaran fugas en superficie ya sea en el sello del colgador de tubería de producción (SBMS) o en el adaptador de la cabeza de la tubería de producción (tubing head adapter), se procede a su reparación. Si el daño es

en el colgador de la tubería (tubing hanger) igualmente el trabajo debe ser suspendido ya que para el cambio de este debe hacerse con taladro.

Una vez se verifica la viabilidad del pozo como inyector, se hace el cambio del árbol de navidad de 5.000 psi por uno de 10.000 psi y se retiran del pozo los aislamientos utilizados, se hace un lavado ácido de la tubería para evitar que los depósitos en la tubería sean arrastrados en la etapa de inyección hacia el yacimiento y se taponen los perforados. Una vez se completa la línea de inyección, si la tasa de inyección es inferior a los requerimientos del grupo de yacimientos y manejo de la base, se procede a hacer una estimulación del pozo.

6.2.5 Completamiento de Pozos

Normalmente en la operación de BP Colombia la intervención del taladro termina con el hueco revestido y con la colocación de la tubería de producción. En algunos casos parte del completamiento del pozo se hace con el taladro en sitio, por ejemplo cuando para hacer fracturas en el pozo se requiere tubería de 20.000 psi o cuando se hace cañoneo con tubería (TCP = Tubing Conveyed Perforation).

El completamiento del pozo hasta dejarlo en condiciones normales de producción lo ejecuta el grupo de intervención de pozos aun cuando parte del completamiento se hace con el taladro en sitio. (underbalance), cañoneo con cable o con coiled tubing, flujo de pozo a tanques y quemadero y luego a la línea de flujo cuando el potencial de flujo lo permita, monitoreo de producción, estimulación de zonas para remoción de daño por torta de lodo, aislamiento de zonas de gas o agua si se requiriera, fracturamiento, entre otras.

Cuando el completamiento del pozo o parte de él se hace con el taladro en sitio, la función del taladro es la de meter y sacar tubería y las operaciones de completamiento descritas en el párrafo anterior son responsabilidad del grupo de intervención de pozos.

6.2.6 Asistencia a Pozos

Hay pozos en los campos de BP en el Casanare que requieren asistencia para iniciarlos a fluir a la línea de flujo, ya sea por un alto contenido de agua por una baja relación gas / líquido. Esta asistencia está limitada por la cantidad de gas a quemarse y por la evolución del desempeño del pozo. Existe un inventario de pozos perezosos (lazy wells) los cuales son los últimos en cerrarse por apagones de la planta o por mantenimientos programados ya que de hacerlo se requiere en la mayoría de los casos, asistirlos con flujo a baja presión a tanques y quemadero en la misma locación o en muchos casos mediante la inyección de

nitrógeno utilizando coiled tubing. En otros casos pozos con baja producción de gas, son incapaces de evacuar toda el agua presente en el pozo, presentándose acumulación de la misma con efectos negativos en la hidráulica de los fluidos en el pozo y con pérdida de producción. Estos pozos son asistidos ya sea con flujo a tanques y quemadero o ya sea por inyección de nitrógeno con el fin de remover al agua acumulada en el pozo y recuperar el potencial del pozo en aras de maximizar los barriles de aceite producidos.

6.3 QUIENES HACEN EL TRABAJO EN WIT?

6.3.1 ORGANIGRAMA WIT 2008

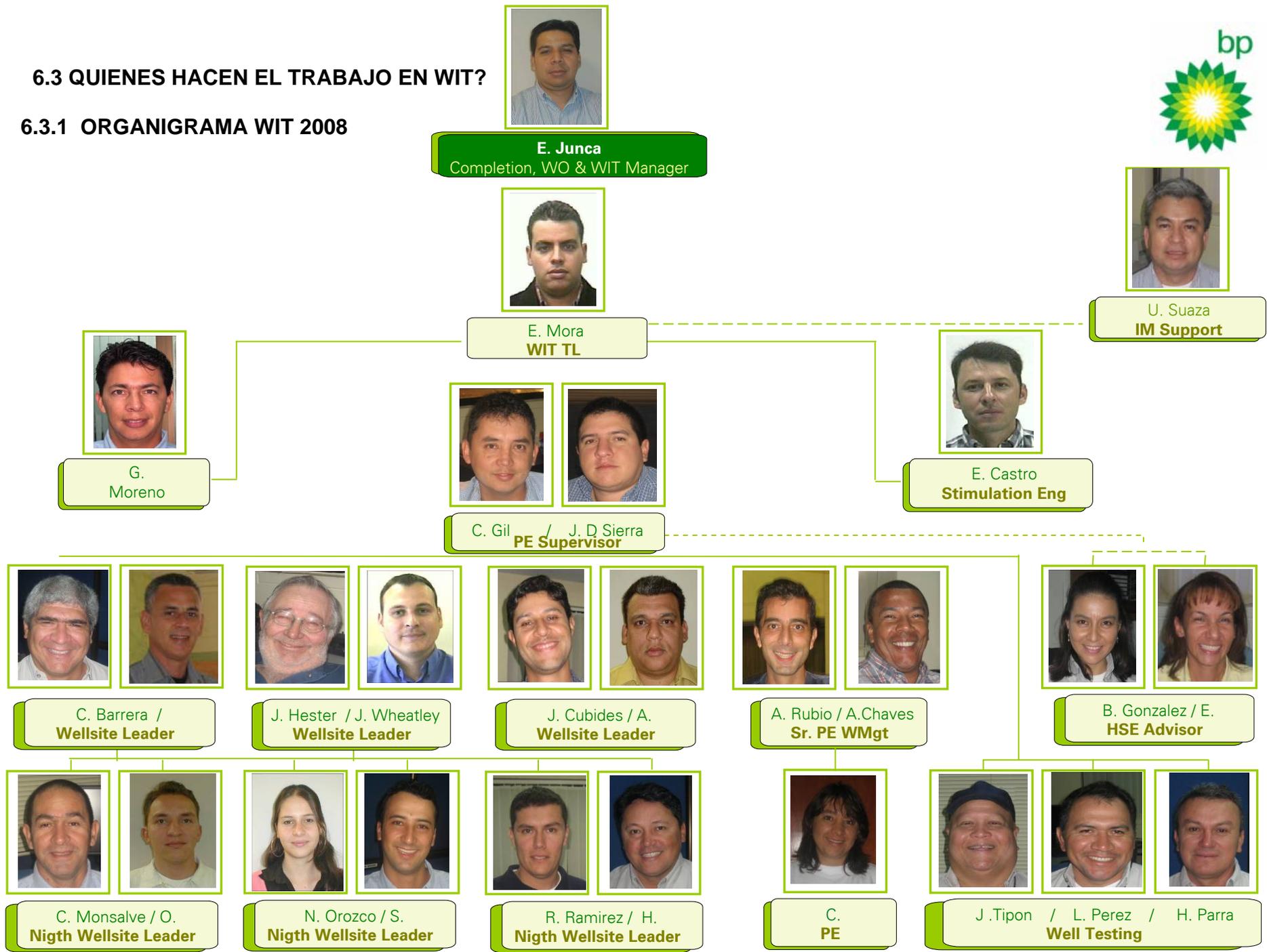


Figura 2. ORGANIGRAMA WIT 2008

6.3.2 Compañías de Servicios

Schlumberger presta el servicio de las unidades de Coiled Tubing para bombeo de estimulaciones, levantamiento de pozos con nitrógeno, cañoneos, trabajos de pesca, limpieza de tubería y perforados, además de las unidades de E- Line para sentamiento de straddle, cañoneos, tapones (WG, MPBT) diferentes registros de pozo, etc....entre otros servicios.

PTS maneja toda la parte de monitoreo del pozo y yacimiento a través de la pruebas de well testing y registros de producción PLT, sentamiento de tapones, válvulas al igual que pesca de las mismas, verificaciones de acceso, con unidades de slick line y/o braided line.

Parko presta el servicio de camiones de vacío, necesarios para hacer las pruebas hidrostáticas a los separadores.

Weatherford venden herramientas tales como empaques, straddle, storm choke, insert valves, tapones, etc.

Baker Oil Tools, servicios a través de tubería de producción, (Thru Tubing) especialistas en herramientas de pesca, sentar y retirar empaques, insert valves, etc

BJ y Halliburton, presta entre sus servicios, bombas de contingencia, fracturadotes, productos químicos para estimulación, unidades de bombeo, entre otras.

NALCO apoyo en QA/QC, calidad en el monitoreo de los fluidos retornados una vez haga el flow back de la estimulación química, tratamiento de depósitos orgánicos e inorgánicos, caracterización de fluidos, muestras sólidas como scale, por dar ejemplo.

FMC, es una empresa encargada de la integridad del arbolito de navidad y sus accesorios.



Figura 3. Compañías de servicios que brindan soporte en la operación de WIT

6.4 CÓMO HACEN EL TRABAJO?

Los equipos y unidades más usados en las intervenciones de pozos son:

Separadores de prueba, unidades de Slick Line, Braided Line, E-Line y Coiled tubing.



Figura 4. Equipos y unidades más frecuentes utilizadas para la operación de WIT

6.4.1 Separadores de prueba

Los separadores de prueba y de arena son ampliamente usados en las operaciones de intervenciones de pozo en BP, con el propósito de fiscalizar los fluidos producidos del pozo, además de separación de arena y fluidos corrosivos durante limpieza de pozos. Las operaciones en las cuales estos equipos son comúnmente usados son: well testing, estimulaciones químicas para realizar flow back, levantamientos con nitrógeno, operaciones de limpieza cañoneos, registro de producción (PLT), limpieza de arenas entre otros.

➤ **Descripción de equipos y especificaciones**

SEPARADOR	ANSI 900 2,100 psi	ANSI 900 2,100 psi	ANSI 600 1,440 psi
TIPO	Trifásico, horizontal, Arena	Trifásico, horizontal	Trifásico, horizontal
DIAMETRO (IN)	48	48	60
LONGITUD (FT)	20	20	16
MAX. RANGO DE TEMPERATURA (°F)	20 - 650	-20 - 650	-20 - 200
MAXIMA PRESION (PSI)	2100 @ 160 °F	2100 @ 160 °F	1350 @ 160 °F
MAXIMA RATA DE GAS (MMscfd)	80 @ 1,200 psi	70 @ 1,200 psi	100 @ 1,200 psi
MAXIMA RATA DE LIQUIDO (Blscfd)	15000 @ 1,200 psi	15000 @ 1,200 psi	35,000 @ 1,200 psi

Tabla 8: Especificaciones de los diferentes separadores. ⁽¹⁾

El separador de arena tiene un punto de recolección de muestras a la entrada y salida de las líneas y cuatro puntos de drenajes independientes para la evacuación de sólidos hacia tanques de arena (Sand Tanks)

➤ **Adquisición de datos**

El sistema de adquisición de datos de PTS tiene un software “*Intellution*”, el cual es capaz de controlar por lo menos 20 sensores para la liquidación de la prueba de pozo y monitoreo de presiones. Los cables requeridos para la adquisición de datos deben ser lo suficientemente largos para brindar una señal desde los diferentes puntos de control.

➤ **Set de sensores**

Los sensores listados son los mínimos requeridos durante una operación normal, ocasionalmente otros sensores son requeridos.

Sensor	RANGO DE OPERCIÓN	Max. PRESIÓN
WHP (Well Head Pressure)	0 - 6,000 psi	10,000 psi
DCP(Down Hole Pressure)	0 - 6,000 psi	10,000 psi
FLP (Flow Line Pressure)	0 - 3,000 psi	10,000 psi
PRESIÓN DEL SEPARADOR	0 - 3,000 psi	10,000 psi
SENSOR DE REPUESTO	0 - 6,000 psi	10,000 psi
DIFERENCIAL DE PRESIÓN	0 - 500” H ₂ O	10,000 psi
WHT(Well Head Temperatura)	0 - 250 deg F	
TEMPERTURA DEL GAS A LA SALIDA	0 - 250 deg F	
MEDIDORES DE AGUA	0 - 10,000 bwpd	
MEDIDORES DE ACEITE	0 - 20,000 bopd	

Tabla 9: Sensores y rango operación en un separador ANSI 900. ⁽¹⁾

Sensor	RANGO DE OPERCIÓN	Max. PRESIÓN
WHP (Well Head Pressure)	0 - 6,000 psi	10,000 psi
DCP(Down Hole Pressure)	0 - 6,000 psi	10,000 psi
FLP (Flow Line Pressure)	0 - 3,000 psi	10,000 psi
PRESIÓN DEL SEPARADOR	0 - 3,000 psi	10,000 psi
SENSOR DE REPUESTO	0 - 6,000 psi	10,000 psi
DIFERENCIAL DE PRESIÓN	0 - 750" H ₂ O	10,000 psi
WHT(Well Head Temperatura)	0 - 250 deg F	
TEMPERTURA DEL GAS A LA SALIDA	0 - 250 deg F	
MEDIDOR DE ACEITE 3"	0 - 20,000 bopd	
MEDIDOR DE ACEITE 4"	3,400 - 41,000 bopd	
MEDIDOR DE AGUA 2"	0 - 6,000 bwpd	

Tabla 10: Sensores en un separador ANSI 600. ⁽¹⁾

6.4.2 Unidades de Slick Line & Unidades de Braided Line.

Existen dos tamaños de cable que son típicamente usados en los pozos de BP Colombia:

- Slick line: 0.125"
- Braided line: $\frac{7}{32}$ "

Las unidades de Braided line y Slick line son usadas para correr herramientas mecánicas dentro de los pozos. Slick line es un alambre simple con múltiples aplicaciones pero entre las más comunes se pueden citar:

- Instalación y recuperación de Válvulas de
- Estado de tubería.
- Asentamiento y recuperación de Tapones de aislamiento tipo Baker, Otis y Camco.
- Recuperación de Tapones WG Baker.
- Corrida de Sondas de PLT.
- Operaciones de pesca.
- Operaciones con Sand Bailer (Recuperación de arena).
- Limpieza de parafina.
- Operaciones con Dump Bailer.
- Instalación y recuperación de Válvulas de Gas lift.
- Apertura y cierre de Sliding Sleeve.
- Corridas de Sampler para análisis de PVT

Las unidades de Braided line consisten en un cable con múltiples alambres, usadas principalmente es operaciones de pesca donde mayor tensiones son requeridas.

➤ **Descripción general de la guaya.**

Las especificaciones de esfuerzos son dadas por los fabricantes:

TAMAÑO DE LA GUAYA	PESO EN EL AIRE (LBS/1000 FT)	TIPO	MINIMO ESFUERZO DE RUPTURA (LBS)	FACTOR DE SEGURIDAD EN EL TRABAJO (50 %) (LBS)
0.125"	40	Acero	3,400	1,700
⁷ / ₃₂ " STD	96	Standard	6,600	3,300

Tabla 11: Especificaciones de esfuerzos para diferentes tipos de cable ⁽¹⁾

Nota: EL valor de esfuerzo de ruptura que se muestra en la tabla es para cable nuevo. Si el cable ha estado en servicio por largos periodos de tiempo, el cable puede fallar con valores inferiores a estos esfuerzos.

Sin embargo acorde la política de BP XC no es permitido tensionar más de 1,600 Lbs un cable 0.125" y 3,300 Lbs un cable estándar de ⁷/₃₂", sin previa aprobación del PE Supervisor.

El máximo límite de tensión de la grúa debe ser considerado. Además es importante el test de torsión del cable como una de los monitoreos regulares antes de iniciar el trabajo.

El test de torsión para una alambre de 0.125" no debe ser superior a 17 vueltas y para uno cable ⁷/₃₂", se debe revisar el estado de los alambres, verificar el uso y cristalización del mismo.

UTILIZACION DE CABLE DE ACUERDO A TIPO DE TRABAJO A REALIZAR

CABLE 7/32 in. (Braided Line) Max. Tension 3,300 Lbs	CABLE 0.125 in. (Slick Line) Max. Tension 1600 Lbs
RECUPERAR BLANKING PLUG AFH 5.812	SENTAR Y RECUPERAR BLANKING PLUG AFH 3.750
RECUPERAR BLANKING PLUG AFH 5.950	SENTAR Y RECUPERAR BLANKING PLUG AFH 3.812
RECUPERAR BLANKING PLUG AFH 4.625	SENTAR Y RECUPERAR STANDING VALVE AFT-2 3.750
RECUPERAR BLANKING PLUG AFH 4.55	SENTAR Y RECUPERAR STANDING VALVE AFT-2 3.812
RECUPERAR STANDING VALVE AFT-2 5.950	SENTAR Y RECUPERAR TAPON X Y R CAMCO 3.68 A 4.625
RECUPERAR STANDING VALVE AFT-2 5.812	SENTAR Y RECUPERAR TAPON X Y R CAMCO 3.68 A 4.562
RECUPERAR STANDING VALVE AFT-2 4.625	SENTAR Y RECUPERAR PACK OFF CAMCO 7" Y 4.5"
RECUPERAR STANDING VALVE AFT-2 4.55	SENTAR Y RECUPERAR FLAPPER SPACER 5.5"
RECUPERAR STANDING VALVE AFT-2	SENTAR BLANKING PLUG AFH BAKER 4.55
RECUPERAR SEPARATION SLEEVE BAKER 7"	SENTAR BLANKING PLUG AFH BAKER 4.625
RECUPERAR SEPARATION SLEEVE BAKER 5.5"	SENTAR BLANKING PLUG AFH BAKER 5.812
RECUPERAR BRIDGE PLUG P,E,S 7 (10000FT)	SENTAR STANDING VALVE BAKER 5.812
RECUPERAR BRIDGE PLUG P.E.S 5.5 (10000FT)	SENTAR STANDING VALVE BAKER 4.624
RECUPERAR DEBRIS CATCHER P.E.S 7"	SENTAR STANDING VALVE BAKER 4.55
RECUPERAR DEBRIS CATCHER P E S 5.5	SENTAR SEPARATION SLEEVE BAKER 7"
CALIBRACION DE TUBERIA CON JUNK BSKET 7"	SENTAR SEPARATION SLEEVE BAKER 5.5"
CORRER SAND BAYLER DE 4.5"	OPERACIONES CON SAND BAYLER 3.25"
CORRER 20 FT DE DUMP BAYLER DE 4"	SENTAR Y RECUPERAR WLRSV 7"
CORRER DUMMY CON CAÑONES 2.875 X 20 FT	SENTAR Y RECUPERAR WLRSV 4.5"
CORRER DUMMY CON CAÑONES 3.375X 20 FT	TRABAJOS CON DUMP BAYLER DE 20FT HASTA 3"
CORRER DUMMY CON CAÑONES 3.875X 20 FT	TRABAJOS CON SAND BAYLER HASTA 3.25
CORRER DUMMY CON CAÑONES 4.72 X20 FT	CALIBRACION DE TUBERIAS CON GAUGE RINGS HASTA 5.93 Y 5000 FT
OPERACIONES DE PESCA DE CABLE	CORRIDA DE MEMORY GAUGES
OPERACIONES DE PESCA DE CAÑONES	CORRIDA DE MAGNETICS TOOLS HASTA 4.5"
OPERACIONES DE PESCA CON COILED TUBING	CORRIDA BLIND BOX HASTA 5.5
	CORRIDA POWER JARS KINLEY
	CORRIDA BOMBAS HANGERS HASTA 4.562
	CORRIDA CON GRAPS PARA DEJAR ROPE SOCKET EN PESCAS CON COILED TUBING

Tabla 12: Herramientas más comunes que se corren para cada tipo de cable. ⁽¹⁾

➤ **Equipo básico**

Consta de la Unidad de cable, el equipo de control de presión, panel de control y sistema hidráulico.

➤ **Unidad:**

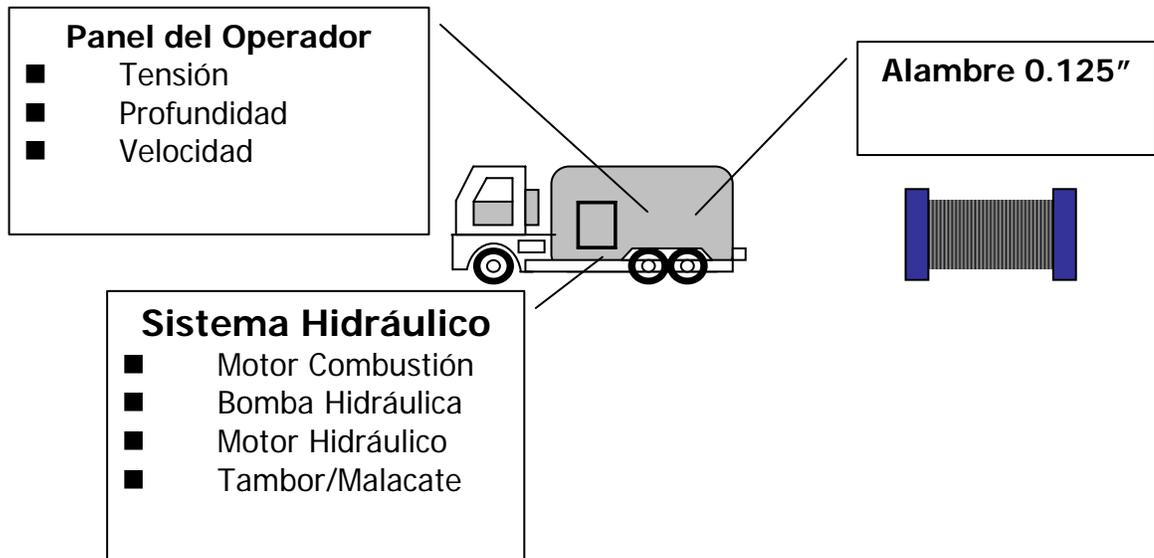


Figura 5. Equipo básico Slick Line.

➤ **Equipo de control de presión:**

El equipo de presión es manufacturado para varias presiones de trabajo: los rangos de presión normal son 5,000, 10,000, 15,000 y 20,000 psi.

Una vez determinada la presión específica para el trabajo, todas las partes y componentes de los equipos deben ser probados y certificados para el trabajo con los máximos límites de presión, incluso si la presión de trabajo está por debajo de estos valores.

En Colombia el rango de presión de los equipos es de 5,000 y 10,000 psi.

Las preventoras y lubricador son normalmente probados a 1.5 veces la presión de trabajo para equipos de 10,000 psi y 2 veces para equipos de 5,000 psi.

➤ **Parte del equipo de control de presión:**

Stuffin Box: Esta Herramienta es utilizada para Controlar la presión del pozo, haciendo un sello mecánico entre lo empaques y el cable.

Lubricador: Son simplemente una serie de Tubos metálicos interconectados, cuyo propósito es proporcionar un espacio para que la herramienta sea contenida bajo condiciones de presión.

BOP (Blow Out Preventer): Esta diseñada para controlar la presión del pozo al sellar alrededor del cable y es utilizada primordialmente cuando un cable debe ser reparado bajo presión, o cuando se es incapaz de tener sello en el Stuffing Box.

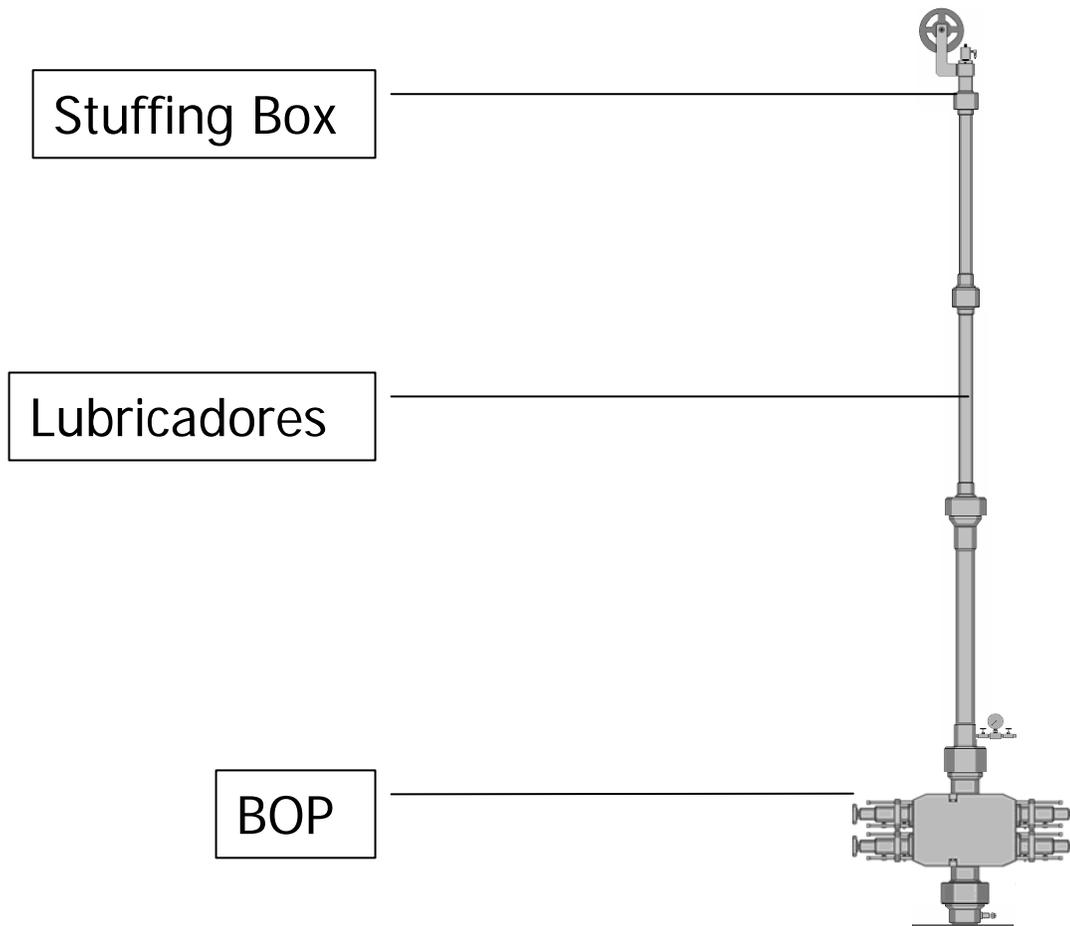


Figura 6. Equipo de control de presión

➤ **Sarta de Herramientas**

Rope Socket: Esta Herramienta es utilizada para sujetar el cable a la sarta de herramientas.

Barras de Peso: Esta Herramienta provee el peso requerido para realizar operaciones con guaya, al mismo tiempo ayuda a la sarta a vencer la presión del pozo y la fricción en el Stuffing Box.

Martillo Hidráulico (Oil Jar): Esta Herramienta esta compuesta por un sistema hidráulico cerrado el cual permite al operador determinar la intensidad de “la Patada” de pendiendo de la tensión del cable. Únicamente golpea hacia arriba.

Martillo Mecánico (Span Jar): Esta Herramienta utiliza el peso de las barras para dar un impacto efectivo (Arriba/Abajo) sobre la herramienta que se desea retirar o sentar en el pozo.

Pulling Tool: Estas Herramientas se utilizan para retirar del pozo herramientas como: Válvulas de Seguridad, Tapones, Frac Sleeve, y para realizar operaciones de pesca de otras herramientas. En caso de no poder recuperar la herramienta a sacar del pozo, se puede liberar mediante martilleo en dirección opuesta a la de trabajo para romper pines y liberarse dejando un cuello de pesca para operaciones posteriores con coiled tubing o unidad de workover.

Runnig Tool: Estas Herramientas se utilizan para colocar o sentar en del pozo herramientas como: Válvulas de Seguridad, Tapones, Frac Sleeve, etc.

➤ **Principales herramientas usadas en el campo**

Dentro del grupo de herramientas usadas en operaciones de SlickLine y Braided Line son comunes varios tipos de pulling/running tools, además de las siguientes:

1. Cortador de Parafina
2. Caja Ciega
3. Bloque de impresión
4. Go Devil (Diablo), cortadores de cable
5. Grab
6. Dump Bailer

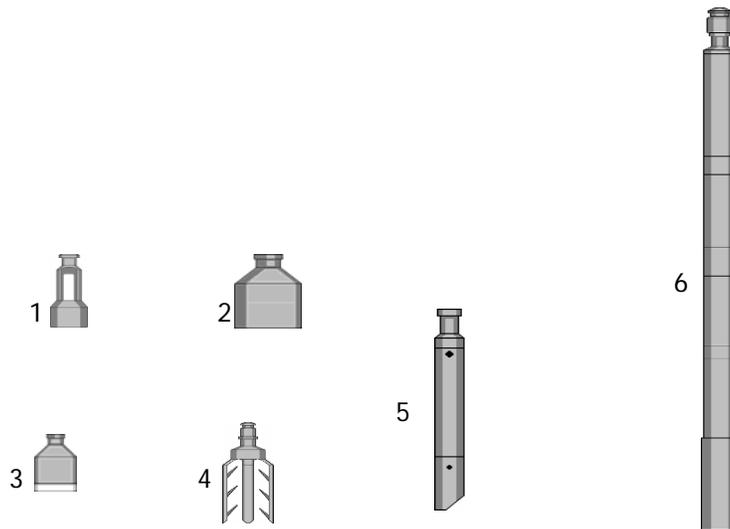


Figura 7. Herramientas Standard de Slick Line / Braided Line

6.4.3 Unidad de E-Line

Estas unidades son usadas para operaciones tales como registros de producción (PLT), presión como Pressure Build Up y Pressure Fall Off (PBU/PFO) Ultra Sonic Imagen Tool (USIT), Cement Bond Log, (CBL), cañoneos de nuevas zonas, re-cañoneo, instalación de empaques y tapones, desconexión de tubería libre en caso de pega.

Las unidades de E Line más usadas en BPXC tienen 4.89" y 5.50" de diámetro, un equipo de control de presión de 5,000 psi y 10,000 psi, y un cable de 7 conductores eléctricos de 0.32" de diámetro llamado (7-32).

Las componen un carrete de cable, la cabina de adquisición de datos, un indicador de peso, un sistema electrónico de profundidad y el equipo de control de presión y grúa.

Los registros de Gamma Ray y CCL (Casing Collar Locator) son usados para correlacionar la profundidad real.

➤ Equipo de control de presión

El equipo está diseñado para varios rangos de presión. Los ratings de presión más usados son 5,000 psi, 10,000 psi, 15,000 psi y 20,000 psi.

Cuando la máxima presión de trabajo es establecida todos los equipos y componentes deben ser probados.

En Colombia el equipo standard comúnmente usado es 5,000 psi y 10,000 psi resistentes a ambientes corrosivos (presencia de H₂S) de 4.89" y 5.5" de diámetro, BOP y lubricador. La prueba de presión es 1.5 veces la máxima presión de trabajo para equipo de 5.5". El sistema completo es normalmente probado a bajas presiones entre 300 y 500 psi en la primera etapa y se incrementa a 4,500 psi en pozos productores y 6,000 psi en pozos inyectores. Cada parte de las BOP debe ser probada, de igual forma que el lubricador a la misma presión.

➤ Esfuerzos

Schlumberger Wireline ha establecido el esfuerzo de ruptura para cada tipo de cable usados en Colombia, ver Tabla 13.

La máxima tensión de operación permitida en trabajos con cable eléctrico es el 50% de los esfuerzos de ruptura publicados por el contratista.

TAMAÑO CABLE ELECTRICO	TIPO	ESFUERZO DE RUPTURA	MAXIMA TENSION SEGURA DE TRABAJO
0.32" ZTXS	Cased Hole	11,600 lbs.	5,800 lbs.
7-42V XS (0.423")	Open Hole	16210 lbs.	8105 lbs.
7-46V XS (0.464")	Open Hole	19410 lbs.	9705 lbs.

Tabla 13: Especificaciones de esfuerzos para cables eléctrico ⁽¹⁾

6.4.4 Unidad de Coiled Tubing

Las aplicaciones consideradas típicas con unidades de Coiled tubing son:

- Limpieza de tubería
- Limpieza de la cara de la formación
- Estimulaciones matriciales
- Cementaciones remediales
- Levantamiento con nitrógeno
- Bombeo de tratamientos para parafinas, scale.

Además de aplicaciones específicas de pesca, sentada y retirada de tapones entre otras.

Correr un registro de pozo y hacer cañoneos con unidades de Coiled Tubing también es posible con una tecnología llamada SMART Coiled Tubing que no es otra cosa que una unidad de coiled convencional con un cable conductor eléctrico que hace las veces de unidad de E-Line.

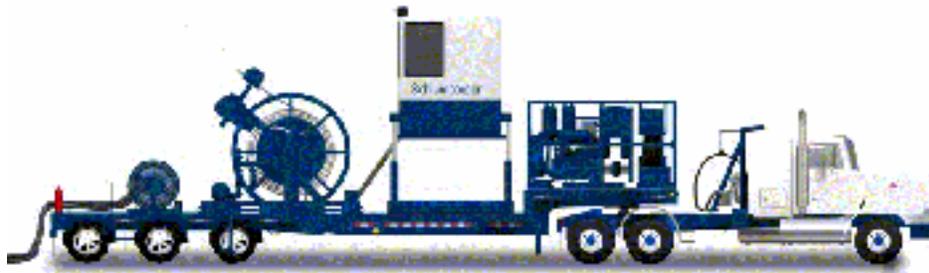


Figura 8. Unidad de Coiled Tubing

➤ **Equipos de una unidad de Coiled Tubing**

Los equipos principales de un trabajo con unidad de Coiled Tubing son:

- Carrete Coiled tubing con el diámetro y longitud apropiados para la operación (1,75 " y 2" de diámetro externo y entre 18,000 y 22,000 ft de longitud)
- Equipo de control de presión
- Herramientas de fondo (BHA) adecuado según el tipo de trabajo
- Equipos auxiliares como unidades de bombeo y fluidos.

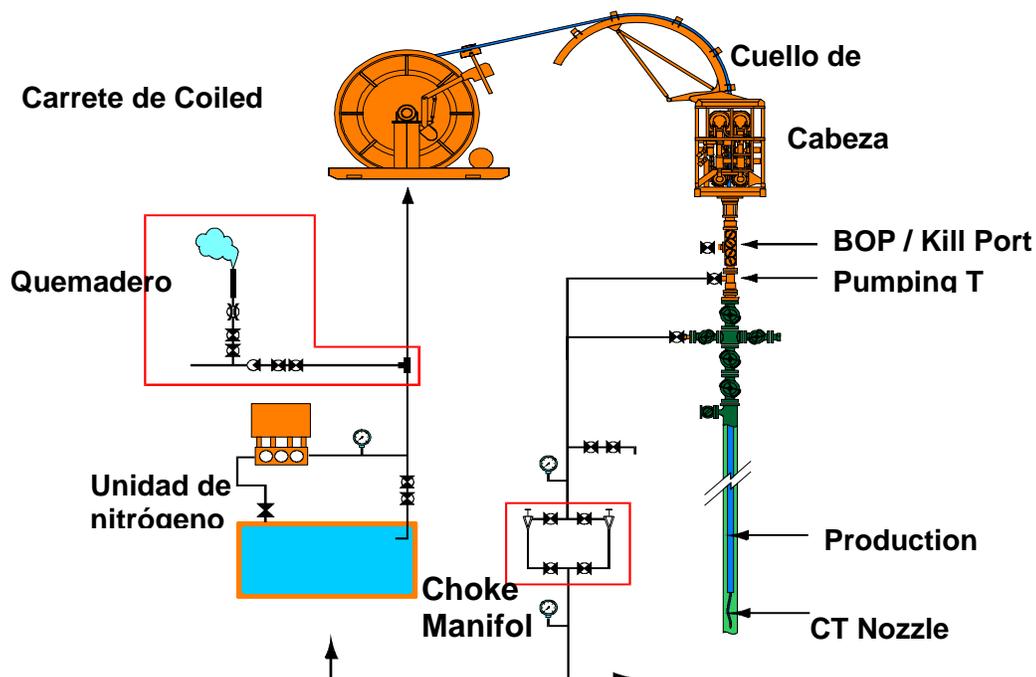


Figura 9. Esquema una operación de levantamiento de nitrógeno con Unidad de Coiled

➤ **Equipo de control de presión**

El equipo de control de presión asociado a una operación básica de Coiled Tubing incluye:

Stripper: permite un sello dinámico, generalmente ubicado en la cabeza inyectora.

Blow-out preventers (BOP), lubricador, flow "T", Kill port para matar el pozo en caso de una emergencia y válvulas cheques.

7. CONCLUSIONES

Definitivamente la pasantía es una herramienta muy eficaz para los estudiantes que quieren conocer de antemano el mundo petrolero al cual algún día estarán vinculados de una u otra forma.

BP Colombia, es una gran compañía con muchas oportunidades de crecimiento, con grupo humano excelente, además con un negocio que brinda la posibilidad de aprender, disfrutar y soñar con la industria del petróleo como un estilo de vida.

La oportunidad de vivir el día a día en un ambiente trabajo, de sentir la responsabilidad del mismo, de buscar siempre alcanzar las metas establecidas, de compartir con las empresas de servicios, son los mejores cimientos que muy seguramente serán el principio de una carrera exitosa.

La actividad desarrollada por WIT (Well Intervention Team) en el Casanare es muy amplia y ofrece la oportunidad de aprender de una amplia gama de actividades tales como operaciones con Coiled Tubing, E-Line, Slick Line, Braided Line, Unidades de bombeo, etc.

8. RECOMENDACIONES

- A los futuros estudiantes tener muy claro que el proceso de adaptación dependerá únicamente de ellos mismos, de la facilidad que tengan de interactuar con la gente, de las ganas, disposición y entrega que le inyecten a esta valiosa oportunidad de aprendizaje.
- La puntualidad y responsabilidad deben ser un permanente aliado en la búsqueda de sus objetivos.
- Ser preactivos y muy curiosos, aprovechar el conocimiento de todos y cada uno de las personas que lo rodean.
- El manual de operaciones de WIT y la política de integridad de pozos de BP son documentos excelentes que pueden consultar y les serán de mucha ayuda.
- A la Universidad y especialmente al programa de Ingeniería de Petróleos que continúen apoyando esta modalidad de grado, es verdaderamente enriquecedora para el estudiante que la toma, además de brindar la oportunidad al estudiante de mostrar su trabajo, creando quizás la posibilidad de vincularse al sector productivo.

BIBLIOGRAFIA

- 1. BP EXPLORATION (COLOMBIA)- WELL OPERATIONS MANUAL**

