



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“MANUAL DE OPERACIONES PARA LEVANTAMIENTO
ARTIFICIAL POR BOMBEO HIDRÁULICO TIPO JET
CON UNIDAD MÓVIL DE EVALUACIÓN”**

ALEXI HONORIO, COELLO ZAMBRANO

TRABAJO DE TITULACIÓN
TIPO: PROYECTOS TÉCNICOS

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

**Riobamba–Ecuador
2017**

ESPOCH

Facultad de Mecánica

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

2016-10-31

Yo recomiendo que el trabajo de titulación preparado por:

COELLO ZAMBRANO ALEXI HONORIO

Titulado:

**“MANUAL DE OPERACIONES PARA LEVANTAMIENTO ARTIFICIAL POR
BOMBEO HIDRÁULICO TIPO JET CON UNIDAD MÓVIL DE
EVALUACIÓN”**

Sea aceptada como total complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Ing. Carlos José Santillán Mariño
DECANO FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Ángel Geovanny Guamán Lozano
DIRECTOR TRABAJO DE TITULACIÓN

Ing. José Francisco Pérez Fiallos
ASESOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

ESPOCH

Facultad de Mecánica

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: COELLO ZAMBRANO ALEXI HONORIO

TÍTULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN: “MANUAL DE OPERACIONES PARA LEVANTAMIENTO ARTIFICIAL POR BOMBEO HIDRÁULICO TIPO JET CON UNIDAD MÓVIL DE EVALUACIÓN”

Fecha de Examinación: 2017-07-19

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Homero Almendariz Puente PRESIDENTE TRIB. DEFENSA	x		
Ing. Ángel Geovanny Guamán Lozano DIRECTOR	x		
Ing. José Francisco Pérez Fiallos ASESOR	x		

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Marco Homero Almendariz Puente
PRESIDENTE TRIB. DEFENSA

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, Coello Zambrano Alexi Honorio, egresado de la Carrera de INGENIERÍA INDUSTRIAL de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH, autor del trabajo de titulación denominado **“MANUAL DE OPERACIONES PARA LEVANTAMIENTO ARTIFICIAL POR BOMBEO HIDRAULICO TIPO JET CON UNIDAD MOVIL DE EVALUACION”**, me responsabilizo en su totalidad del contenido en su parte intelectual y técnica, y me someto a cualquier disposición legal en caso de no cumplir con este precepto.

Coello Zambrano Alexi Honorio

Cédula de Identidad: 220011714-7

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Coello Zambrano Alexi Honorio, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Coello Zambrano Alexi Honorio
Cédula de Identidad: 220011714-7

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, por haberme dado la fortaleza, la oportunidad y permitirme llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

Se los dedico a mis padres Fausto Román Coello Alvarado, María Dioselina Zambrano Quintuña, ya que, por su esfuerzo, sacrificio y apoyo incondicional, pude lograr una de mis metas.

A mis hermanos por brindarme su confianza y a la vez su apoyo ya que fueron incondicionales en los buenos y malos momentos en el transcurso de mi vida, para lograr superarme.

Coello Zambrano Alexi Honorio
Este logro es para ustedes.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme fortaleza para lograr mis metas.

Agradezco inmensamente a mis padres por ser mi mayor inspiración y punto de partida para lograr mis metas.

A mis hermanos y familiares por brindarme todo el cariño y confianza para ver culminada una meta más de mi vida.

A mis amigos por brindarme su apoyo incondicional y sus palabras de ánimo en los buenos y malos momentos

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Industrial, por darme la oportunidad de ser profesional y ser una persona útil a la sociedad.

Agradezco al Ing. Ángel Guamán Lozano e Ing. José Pérez Fiallos, por brindarme su amistad y asesoramiento en el proyecto de titulación, quienes con la ayuda de su conocimiento y experiencia aportaron en el presente documento.

Coello Zambrano Alexi Honorio
Este logro es para ustedes.

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	
1.1	Antecedentes	1
1.1.1	<i>Manual de Procedimientos</i>	1
1.1.2	<i>Levantamiento Artificial</i>	2
1.1.3	<i>Bombeo Hidráulico</i>	3
1.1.4	<i>Unidades Móviles de Evaluación</i>	3
1.1.5	<i>Bombas Hidráulicas Tipo Jet</i>	4
1.1.6	<i>Mecánica de fluidos</i>	4
1.1.7	<i>Ingeniería de Petróleos</i>	4
1.1.8	<i>Evaluación de Riesgos</i>	5
1.2	Planteamiento del problema	5
1.3	Justificación.....	7
1.3.1	<i>Justificación Teórica</i>	7
1.3.2	<i>Justificación Metodológica</i>	8
1.3.3	<i>Justificación Práctica</i>	10
1.4	Objetivos	11
1.4.1	<i>Objetivo General</i>	11
1.4.2	<i>Objetivos Específicos</i>	11
1.5	Planteamiento de la Hipótesis	12
1.5.1	<i>Determinación de la Variable</i>	12
1.5.2	<i>Operacionalización Conceptual</i>	13
2	MARCO TEÓRICO	
2.1	Sistema de Levantamiento Artificial (SLA)(OilMail, 2011)	14
2.2	Definición del Sistema de Bombeo Hidráulico	15
2.2.1	<i>Principio de Pascal</i>	15

2.2.2	<i>Sistema de Levantamiento Artificial con Bomba de Sub Suelo Jet</i>	16
2.3	Funcionamiento de la Bomba Jet	17
2.4	Elementos del Bombeo Hidráulico	19
2.5	Equipos de Superficie.....	20
2.5.1	<i>Motor de combustión interna</i>	20
2.5.2	<i>Reductor de velocidad</i>	23
2.5.3	<i>Bomba de desplazamiento positivo</i>	25
2.5.4	<i>Manifold de inyección</i>	27
2.5.5	<i>Modulo separador</i>	29
2.5.6	<i>Tuberías para evaluación</i>	30
2.5.7	<i>Medidor de Flujo Tipo Turbina</i>	35
2.5.8	<i>MC II</i>	37
2.5.9	<i>Cabezal</i>	37
2.6	Equipo de Subsuelo (Completación Típica).....	38
2.6.1	<i>Casing</i>	38
2.6.2	<i>Tubing</i>	39
2.7	Herramientas para Completación o BHA.....	40
2.7.1	<i>Camisa (SLIDING SLEEVE)</i>	40
2.7.2	<i>Standing Valve</i>	41
2.7.3	<i>No-Go Niple</i>	42
2.7.4	<i>Empacadura o Packers de Prueba</i>	42
2.7.5	<i>Formación</i>	44
3	MÉTODOS Y TÉCNICAS	
3.2	Bombeo Hidráulico Tipo Jet	45
3.1.1	<i>Bombas Jet</i>	45
3.1.2	<i>Cavitación en Bombas Jet</i>	47
3.1.3	<i>Ejemplos de Cavitación</i>	48

3.2	Bomba Jet Kobe y Oilmaster	50
3.2.1	<i>Aplicaciones y Diseños</i>	50
3.2.2	<i>Ventajas de Utilizar Bombas Jet Oilmaster ya Kobe</i>	52
3.2.3	<i>Desventajas de Utilizar Bombas Jet Oilmaster y Kobe</i>	52
3.2.4	<i>Bomba Jet Oilmaster</i>	52
3.2.5	<i>Bomba Jet Kobe</i>	54
3.3	Bomba Jet Claw Directa.....	55
3.3.1	<i>Aplicaciones</i>	55
3.3.2	<i>Características</i>	55
3.3.3	<i>Ventajas</i>	55
3.4	Bomba Jet Reversa	56
3.4.1	<i>Características y Ventajas</i>	57
3.5	Problemas que se Presentan en las Bombas Jet.....	59
3.6	Unidad Móvil de Evaluación.....	60
3.6.1	<i>Ventajas de Uso Práctico</i>	61
3.6.2	<i>Ventajas de Operación</i>	61
3.7	Funcionamiento 2,5cm	61
3.8	Como Funciona un Sistema Unhidráulico de Dos Recipientes.....	63
4	MANUAL DE OPERACIONES PARA BOMBEO HIDRÁULICO	
4.1	Reglamento Interno del Ministerio de Relaciones Laborales	65
4.2	Situación Actual del Manual de Bombeo Hidráulico.....	66
4.3	Estructura de los Instructivos	66
4.4	Instructivo para Evaluar Pozo con Unidad MTU.....	69
4.5	Instructivo para Operar la Unidad Móvil de Evaluación (MTU).....	78
4.6	Instructivo para evaluar pozo con unidad MTU.....	90
4.7	Instructivo para Transportar y Ubicar un Tanque Bota.....	97
4.8	Instructivo para Trabajar con Tanque Bota.....	102

4.9	Instructivo para Realizar Pruebas de Bsw, Salinidad y Api.....	113
4.10	Protocolo para Movilización de Equipos	124
4.11	Protocolo de Seguridad, Normas y Recomendaciones	127
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
5.1	Conclusiones	135
5.2	Recomendaciones.....	137

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1. Sistemas de levantamiento artificial.....	15
Figura 2. Boceto del efecto Venturi en el interior de la garganta.....	18
Figura 3. Elementos que componen el Sistema de Bombeo Hidráulico.....	19
Figura 4. Manifold.....	28
Figura 5. Turbina de 2 pulgadas.....	36
Figura 6. Componentes de la turbina.....	36
Figura 7. Analizador de flujo MC-II.....	37
Figura 8. Cabezal de pozo tipo árbol de navidad.....	38
Figura 9. Camisa Sliding Sleeve abierta y cerrada.....	40
Figura 10. Standing Valve.....	41
Figura 11. NO-GO NIPLE.....	42
Figura 12. Empacaduras o packers de prueba utilizado.....	43
Figura 13. Tipos de Completación.....	44
Figura 14. Áreas del Nozzle y la Garganta.....	46
Figura 15. Cambio de presión y velocidad en el interior de la bomba.....	49
Figura 16. Tipos y partes de la bomba Jet Kobe.....	51
Figura 17. Partes de la Bomba JET OILMASTER.....	53
Figura 18. Bomba JET OILMASTER armada.....	53
Figura 19. Bomba JET KOBE.....	54
Figura 20. Despiece de Bomba JET KOBE.....	54
Figura 21. Bomba Jet Claw Directa.....	56
Figura 22. Bomba Jet Reversa.....	58
Figura 23. Cómo funciona el sistema hidráulico con un recipiente.....	61
Figura 24. Unidad Móvil de Evaluación con DOS Recipientes.....	63
Figura 25. Cómo funciona el Sistema Hidráulico con Dos Recipientes.....	63
Figura 26. Diagrama Jerárquico del área de Bombeo Hidráulico.....	67

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Ficha técnica del Motor CATERPILLAR 3406	21
Tabla 2. Identificación de problemas en el motor de acuerdo al color del humo.....	22
Tabla 3. Plan de mantenimiento de motor Caterpillar 3406 – 3306.....	23
Tabla 4. Ficha técnica del Reductor de velocidad	24
Tabla 5. Plan de mantenimiento de reductor	24
Tabla 6. Ficha técnica de la bomba Quintuplex.....	26
Tabla 7. Plan de mantenimiento de la Bomba Quintuplex	27
Tabla 8. Ficha técnica del módulo bifásico	29
Tabla 9. Ficha técnica de tuberías para alta presión Bombeo Hidráulico.....	30
Tabla 10. Ficha técnica de la Unión de golpe o Mariposa.....	31
Tabla 11. Ficha técnica de las Juntas Giratorias	32
Tabla 12. Ficha técnica de la Válvula Check.....	33
Tabla 13. Ficha Técnica de la Válvula Relief.....	34
Tabla 14. Ficha técnica de la válvula Piper	35
Tabla 15. Medidas y Capacidades del casing las más utilizadas	39
Tabla 16. Medidas y Capacidades del Tubing las más utilizadas.....	39
Tabla 17. Ejemplos de cavitación en la garganta de las bombas JET	48
Tabla 18. Geometrías de la Bomba JET OILMASTER	53
Tabla 19. Geometrías de la Bomba JET KOBE	54
Tabla 20. Geometrías de las Bombas JET CLAW	58
Tabla 21. Problemas más comunes en las Bombas JET, causas y soluciones.....	59
Tabla 22. Ejemplo de encabezado para los instructivos de Bombeo Hidráulico.....	68

RESUMEN

Un manual de operaciones es considerado la principal herramienta de trabajo que un empleador debe suministrar a un trabajador al momento de ingresar a laborar a una institución por supuesto acompañado de una charla y capacitación, así de esta manera la persona podrá entender cuáles son sus alcances, limitaciones y responsabilidades dentro de su puesto de trabajo, y; si el sitio o las condiciones de trabajo son cambiantes por factores que no se pueden controlar, el manual ayuda a determinar cuál es el objetivo de cada operación. El presente manual brinda los conocimientos necesarios para poder realizar la extracción de crudo de los yacimientos petrolíferos del oriente ecuatoriano a través del sistema de levantamiento artificial por bombeo hidráulico tipo jet con unidades móviles de evaluación; para tal efecto se detallan: los elementos de superficie y subsuelo que son utilizados para realizar tal operación, también el funcionamiento del sistema hidráulico de la Unidad Móvil de Evaluación y se describen los pasos para realizar los procedimientos para instalación y puesta en marcha de la MTU, evaluar y poner a producir un pozo, trabajar con Tanque Bota, transportar y ubicar un Tanque Bota, realizar BSW, Salinidad y API, Protocolo para la movilización de equipos y Protocolo de Seguridad, Normas y Recomendaciones. Con todos estos conceptos se gestiona la aprobación, difusión y capacitación al personal a cargo de operar las unidades móviles de evaluación, acompañado de una evaluación y auditoria periódica con la finalidad de mantener los estándares de calidad que destacan a la empresa en la prestación de servicio.

PALABRAS CLAVE: <BOMBEO HIDRÁULICO (BH)>, <UNIDAD MÓVIL DE EVALUACIÓN (MTU)>, <MAQUINAS HERRAMIENTAS>, <MECANICA DE FLUIDOS>, <MANUAL DE PROCEDIMIENTOS>.

ABSTRACT

An operations manual is considered the main work tool that an employer must provide a worker at the time of entering to work to an institution of course accompanied by a talk and training, thus the person can understand what their scope, limitations and responsibilities are within their job, and; If the site or working conditions are changed by factors that cannot be controlled, the manual helps to determine what the purpose of each operation is. This manual provides the necessary knowledge to be able to carry out the extraction of crude oil from the oil fields of Eastern Ecuador through the artificial lift system by hydraulic pump type jet with mobile evaluation units; for that purpose are detailed the surface and subsoil elements that are used to perform such operation, also the operation of the hydraulic system of the Mobile Evaluation Unit and it describes the steps to perform the procedures for installation and start-up of the MTU, to evaluate and put to produce a well, to work with Bota Tank, to transport and locate a Bota Tank, perform BSW, salinity and API, protocol for the mobilization of equipment and safety protocol, standards and recommendations. With all of these concepts, the approval, diffusion and training of the personnel in charge of operating the mobile evaluation units is managed, accompanied by a periodic audit evaluation in order to maintain the quality standards that highlight the company in the provision of service.

KEY WORDS: HYDRAULIC PUMPING (BH), MOBILE EVALUATION UNIT (MTU), TOOL MACHINES, FLUID MECHANICS, PROCEDURES MANUAL.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La empresa de servicios petroleros SOLIPET S.A. en su afán de mantener los altos estándares de calidad en sus servicios busca la actualización y mejoramiento de sus procesos, y; manual de operaciones para las actividades realizadas con la unidad móvil de evaluación.

Con el fin de aportar al desarrollo de la empresa, se propone la elaboración de un manual operativo para levantamiento artificial por bombeo hidráulico que permita alcanzar los objetivos encomendados y contribuya a orientar al personal adscrito a esa área sobre la ejecución de las actividades asignadas, constituyéndose así, en una guía de la forma en que opera e interviene.

Con la finalidad de ayudar a la comprensión del objetivo que busca la elaboración del presente manual se analizan los conocimientos previamente construidos y las áreas involucradas en los diferentes temas:

1.1.1 Manual de Procedimientos

Un manual de procedimientos es un instrumento administrativo que apoya el quehacer cotidiano de las diferentes áreas de una empresa.

En los manuales de procedimientos son consignados, metódicamente tanto las acciones como las operaciones que deben seguirse para llevar a cabo las funciones generales de la empresa. Además, con los manuales puede hacerse un seguimiento adecuado y secuencial de las actividades anteriormente programadas en orden lógico y en un tiempo definido.

Los procedimientos, en cambio, son una sucesión cronológica y secuencial de un conjunto de labores conectadas que constituyen a la manera de efectuar un trabajo dentro de un ámbito predeterminado de aplicación.

Todo procedimiento implica, además de las actividades y las tareas del personal, la determinación del tiempo de realización, el uso de recursos materiales, tecnológico y financiero, la aplicación de métodos de trabajo y de control para lograr un eficiente y eficaz desarrollo en las diferentes operaciones de una empresa.(Ingeniería.UNAM, 2016)

1.1.2 Levantamiento Artificial

Cuando el pozo deja de producir por flujo natural, es decir que la presión en el interior del pozo petrolífero es suficiente para elevar el crudo a la superficie sin la ayuda de algún sistema de levantamiento artificial; se requiere el uso de una fuente externa de energía para conciliar la oferta con la demanda de energía. La utilización de esta fuente es con el fin de levantar los fluidos desde el fondo del pozo hasta el separador, es lo que se denomina levantamiento artificial. El propósito de los métodos de levantamiento artificial es minimizar los requerimientos de energía en la cara de la formación productora, con el objeto de maximizar el diferencial de presión a través del yacimiento y provocar, de esta manera, la mayor afluencia de fluidos, sin que generen problemas de producción: arenamiento, conificación de agua, etc.(Estudiantes de Ingeniería de Petroleos, 2008)

1.1.3 Bombeo Hidráulico

Sistema de levantamiento artificial que funciona con una bomba de fondo de pozo. Una bomba hidráulica de superficie presuriza el petróleo crudo llamado petróleo motriz, que hace funcionar la bomba inferior. Cuando se utiliza una sola línea de tuberías para la producción, el petróleo motriz se bombea hacia abajo por la tubería de producción y se produce una mezcla del petróleo crudo de la formación y el petróleo motriz, a través del espacio anular comprendido entre la tubería de revestimiento y la tubería de producción. Si se utilizan dos sartas de tuberías de producción, el petróleo motriz se bombea a través de una de las tuberías y la mezcla de petróleo crudo de la formación y petróleo motriz se produce en la otra tubería paralela.(Schlumberger Limited., 2016)

1.1.4 Unidades Móviles de Evaluación

Son equipos transportables y versátiles, que proporcionan en forma continua el fluido motriz limpio y presión necesaria en superficie, parámetros requeridos para los trabajos de evaluaciones de pozos con bombas jet o pistón en forma confiable.

Estos equipos son de enorme utilidad para cubrir las necesidades de producción de crudo de petróleo, con esta unidad los pozos que no disponen de facilidades de producción en superficie entran inmediatamente en producción.

Las unidades cuentan con dispositivos de seguridad para una respuesta inmediata en el control de las operaciones, evitando la contaminación y protegiendo el medio ambiente.(SOLIPET, 2016)

1.1.5 Bombas Hidráulicas Tipo Jet

Esta bomba no posee partes móviles, la acción de bombeo está dada por la transferencia de energía, el fluido motriz a alta presión pasa a través de la boquilla (nozzle) donde la energía potencial es convertida en energía cinética. El fluido motriz a baja presión y alta velocidad arrastra el fluido producido por el pozo, la mezcla turbulenta se produce en la garganta, este fluido al ingresar al difusor transforma la velocidad del flujo en presión, la misma que permite llevar a superficie la mezcla del fluido motriz y el fluido producido por el pozo.(SOLIPET, 2016)

1.1.6 Mecánica de fluidos

La mecánica de fluidos es la rama de la física comprendida dentro de la mecánica de medios continuos que estudia el movimiento de los fluidos (gases y líquidos) así como las fuerzas que lo provocan. La característica fundamental que define a los fluidos es su incapacidad para resistir esfuerzos cortantes (lo que provoca que carezcan de forma definida). También estudia las interacciones entre el fluido y el contorno que lo limita. (wikipedia, 2016)

1.1.7 Ingeniería de Petróleos

La ingeniería del petróleo, ingeniería petrolífera, ingeniería de petróleos o ingeniería petrolera es la parte de la ingeniería que combina métodos científicos y prácticos orientados al desarrollo de técnicas para descubrir, explotar, desarrollar, transportar, procesar y tratar los hidrocarburos desde su estado natural, en el yacimiento, hasta los productos finales o derivados.(wikipedia, 2016)

1.1.8 Evaluación de Riesgos

La Ley de Prevención de Riesgos Laborales establece que la acción preventiva en las empresas se debe planificar por el empresario a partir de una evaluación inicial de los riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores.

La evaluación de riesgos es, pues el instrumento fundamental de la Ley, debiéndose considerar no como un fin, sino como un medio que debe permitir al empresario tomar una decisión sobre la necesidad de realizar todas aquellas medidas y actividades encaminadas a la eliminación o disminución de los riesgos derivados del trabajo. (Gómez-Cano, 1996)

La estructura con la que se basara la elaboración del Manual de Operaciones para MTU incluirá todas estas áreas de conocimiento previamente construidos; que permiten que el personal operativo conozca los diversos pasos que se siguen para el desarrollo de las actividades de rutina.

1.2 Planteamiento del problema

Los manuales de procedimientos son instrumentos administrativos que apoyan el que hacer institucional y están considerados como documentos fundamentales para la coordinación, dirección, evaluación y el control operativo, así como para consulta en el desarrollo cotidiano de actividades.

SOLIPET S.A. presenta soluciones integrales a todas las necesidades y exigencias de un mercado que evoluciona constantemente en la industria petrolera ecuatoriana.

Lo que busca la empresa actualmente es incorporar personal profesional y capacitado para que represente a la misma en todos los frentes de trabajo, pero se encuentran con la

principal falencia de no contar con un manual actualizado para la capacitación del nuevo personal, lo que representa pérdidas de tiempo y recurso, ya que los trabajos son realizados en campos remotos de la Amazonía, y; para esto se requiere de una complicada logística y técnicos capacitados para capacitar al nuevo personal.

Actualmente existen dos manuales de operación para bombeo hidráulico, el primero fue creado en el año 2008 el cual contempla las actividades para instalación y armado de la MTU, inspección y mantenimiento de bomba tipo jet y pistón; pruebas de laboratorio. La segunda versión fue actualizada en el año 2012 y básicamente es un resumen de la primera versión.

Lo que busca esta nueva guía es plasmar a detalle las actividades que se realizan con MTU y que no son tomadas en cuenta en los anteriores manuales, tales como:

- Recepción de la orden de servicio
- Pre liberación de la unidad
- Traslado y logística de la unidad
- Instalación de la unidad
- Inspección y arranque de la unidad
- Entrega de reportes
- Pruebas de laboratorio (BSW, salinidad, API)
- Manejo de químicos
- Mantenimiento de los equipos (Caterpillar, bomba quintuple o triple, bomba Jet)
- Acople de la unidad a la torre de perforación
- Vaciado de la unidad con VACUM
- Retiro de la unidad
- Entrega de locación y reporte final.

Todas estas actividades estarán fundamentadas con los conocimientos adquiridos en las aulas de la carrera de Ingeniería Industrial y con la aprobación del jefe de operaciones de la Empresa.

El trabajo que se busca elaborar no solo pretende ser un aporte para mantener los altos estándares de calidad que la empresa ofrece en sus servicios, sino también establecerse como referencia documental para precisar las fallas, omisiones y el desempeño de los empleados involucrados en un determinado procedimiento.

1.3 Justificación

1.3.1 Justificación Teórica

La unidad móvil de evaluación es un equipo usado en el sistema de levantamiento artificial por bombeo hidráulico; este sistema usa una bomba hidráulica que recibe energía mecánica de una fuente externa y la transforma en una energía de alta presión que se puede transmitir a través de un líquido cuyas moléculas están sometidas precisamente a esa presión.

El bombeo hidráulico se basa en un principio sencillo: “La presión ejercida sobre la superficie de un fluido se transmite con igual intensidad en todas las direcciones”. Aplicando este principio es posible inyectar desde la superficie un fluido a alta presión que va a operar la unidad de subsuelo en el fondo del pozo. Los fluidos de potencia más utilizados son agua y crudos livianos que pueden provenir del mismo pozo.(OilMail, 2011)

Las presiones extremas requieren una seguridad extrema. La hidráulica de Altísima Presión crea fuerzas extremas que podrían causar graves daños personales o, incluso, muerte. Aunque los accidentes no sean comunes, un acoplamiento cerrado indebidamente podría reventar y golpear a alguien, o el fallo de una manguera podría generar un chorro de aceite hidráulico suficientemente fuerte como para causar heridas graves a una persona. Cuando las presiones extremas se combinan con aplicaciones extremas, como

cuando un gato hidráulico se utiliza para elevar un edificio, ante todo debe prevalecer la seguridad.(CEJN, 2013)

Estas definiciones exponen la importancia de elaborar un Manual de Operaciones que proporcione una visión integral de la unidad móvil de evaluación y sus riesgos en la operación.

1.3.2 Justificación Metodológica

La elaboración de un manual de operaciones es una tarea exhaustiva y minuciosa que requiere el diseño de una metodología que conduzca a su elaboración en el menor tiempo posible.

Con este propósito, continuación se plantea los pasos fundamentales que habrá de seguirse para su elaboración:

Organización y planeación. - durante este periodo se debe localizar y definir los responsables de cada área de trabajo dentro de la organización con sus respectivas definiciones y delimitaciones; planear las acciones pertinentes respecto a la identificación y diseño de los procesos y procedimientos; y elaborar un cronograma de actividades.

Recolección de información. - Constituye en recabar los documentos y datos en general, los cuales una vez organizados, analizados, y sistematizados, deben permitir conocer los procesos y los procedimientos tal y como operan en el momento. Esta recolección de la información puede hacerse recurriendo a diversas fuentes como lo son: la investigación documental que se encuentra en los archivos de la organización, normas, leyes, etc.; Entrevistas a los empleados y funcionarios de la empresa, y; la observación directa a fin de confirmar la información recabada.

Procesamiento e integración de la información. - Organizar en forma lógica, ordenada y de manera secuencial la información obtenida de tal manera que permita y facilite el análisis de la misma

Análisis de la información. - Un enfoque muy eficaz en el momento del análisis de los datos consiste en adoptar una actitud interrogativa y formular de manera sistemática las interrogantes fundamentales siguientes: ¿Qué trabajo se hace?, ¿Para qué se hace?, ¿Quién lo hace?, ¿Cómo se hace?, ¿Cuándo se hace?, ¿Qué instrumentos, materiales, equipos o herramientas utiliza? Una vez que se obtengan las respuestas claras y precisas a las preguntas anteriores se procederá:

- ✓ A eliminar cualquier operación, cualquier paso, cualquier detalle que no sea indispensable.
- ✓ Combinar algún paso del procedimiento con otro, a efecto de simplificar la operación.
- ✓ Cambiar lo que sea necesario, como la secuencia de las operaciones, el lugar o simplemente sustituyendo el cargo de la persona que realiza determinada actividad.

Investigación. -Los pasos para la elaboración del presente manual están enmarcados dentro de los siguientes tipos de investigación:

- ✓ Investigación documental: Se toma como punto de partida los documentos, archivos, normas y políticas que se encuentran dentro de la empresa.
- ✓ Investigación de Campo: Se elabora un cronograma de entrevistas y observaciones de los sitios de trabajo a fin de verificar la información obtenida.
- ✓ Investigación descriptiva: Mediante este tipo de investigación se logra caracterizar un objeto de estudio o una situación concreta; es decir describir los equipos que conforman la MTU y las funciones que cumplen dentro de una evaluación de pozos,

1.3.3 Justificación Práctica

La finalidad que persigue el presente proyecto con la elaboración de este Manual de Operaciones es:

- Servir como medio de integración al personal de nuevo ingreso, facilitando su incorporación e inducción a las distintas áreas de la unidad operativa o entidad en su caso.
- Definir responsabilidades operativas para la ejecución, control y evaluación de las actividades que se desempeñen.
- Detectar y visualizar más rápidamente las fallas en las que se pueda incurrir.
- Conocer de manera detallada, el funcionamiento interno de las unidades operativas en el desempeño de sus tareas.
- Mejorar procedimientos ya establecidos.
- Proporcionar directrices para que el personal este en capacidad de realizar mantenimiento a los equipos en el campo y el taller.

El alcance que este manual propone, es la capacitación intensiva del personal con fundamentos teóricos que ayuden a elevar los estándares de calidad en los servicios que se ofrecen en la empresa.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

- Elaborar un manual de operaciones para levantamiento artificial por bombeo hidráulico tipo jet con unidad móvil de evaluación.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Detallar las actividades a realizarse con la unidad Móvil de Evaluación
- Proporcionar la descripción de cada una de sus funciones al personal.
- Proporcionar las pautas para evitar los riesgos a los que pueden estar expuestos al momento de realizar cada operación.
- Describir el funcionamiento de los equipos que se utilizan para la evaluación de pozos con Unidades Móviles de Evaluación.
- Proporcionar los pasos para realizar mantenimiento de los equipos en el campo.
- Registrar las características actuales del pozo.
- Evaluar el pozo con la bomba seleccionada por el cliente para asegurar su óptimo funcionamiento y producción.
- Describir las fallas que se dan en los equipos tanto de superficie como de subsuelo, así también las causas y las soluciones para eliminar dichas fallas.

1.5 Planteamiento de la Hipótesis

Un manual de procedimientos es un instrumento administrativo que apoya el quehacer cotidiano de las diferentes áreas de una empresa.

En los manuales de procedimientos son consignados, metódicamente tanto las acciones como las operaciones que deben seguirse para llevar a cabo las funciones generales dentro de empresa. Además, con los manuales puede hacerse un seguimiento adecuado y secuencial de las actividades anteriormente programadas en orden lógico y en un tiempo definido. Además de determinar los posibles riesgos y las medidas de mitigación de los mismos para salvaguardar la integridad física del personal y el de su entorno de trabajo.

1.5.1 Determinación de la Variable

El proyecto técnico para la elaboración de un Manual de Operaciones para levantamiento artificial por bombeo hidráulico tipo jet con Unidad Móvil de Evaluación se estructura mediante el estudio de las siguientes variables:

Variable independiente

Manual de Operaciones para levantamiento artificial por bombeo hidráulico tipo jet con Unidad Móvil de Evaluación

Variable dependiente

- Unidad Móvil de Evaluación (MTU o Móvil Unid Testing)

1.5.2 Operacionalización Conceptual

VARIABLE	CONCEPTUALIZACIÓN	CRITERIOS
Manual de Operación para levantamiento artificial por Bombeo Hidráulico	Guía técnica especializada para la ejecución de las operaciones con Unidad Móvil de Evaluación	<ul style="list-style-type: none"> • Objetivos • Alcance • Consideraciones teóricas y técnicas • Procedimiento de trabajo • Conclusiones y recomendaciones
Unidad Móvil de Evaluación (MTU)	Son equipos transportables y versátiles, que proporcionan en forma continua el fluido motriz limpio y presión necesaria en superficie, parámetros requeridos para los trabajos de evaluaciones de pozos con bombas jet o pistón en forma confiable.	<ul style="list-style-type: none"> • Especificaciones técnicas • Modo de instalación • Funcionamiento • Mantenimiento

CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Sistema de Levantamiento Artificial (SLA)(OilMail, 2011)

Un sistema de levantamiento artificial, es un mecanismo externo a la formación productora encargado de levantar crudo desde la formación a una determinada tasa, cuando la energía del pozo es insuficiente para producirlo por sí mismo o cuando la tasa es inferior a la deseada.

Los sistemas de levantamiento artificial son el primer elemento al cual se recurre cuando se desea incrementar la producción en un campo, ya sea para reactivar pozos que no fluyen o para aumentar la tasa de flujo en pozos activos. Estos operan en diferentes formas sobre los fluidos del pozo, ya sea modificando alguna de sus propiedades o aportando un empuje adicional a los mismos.

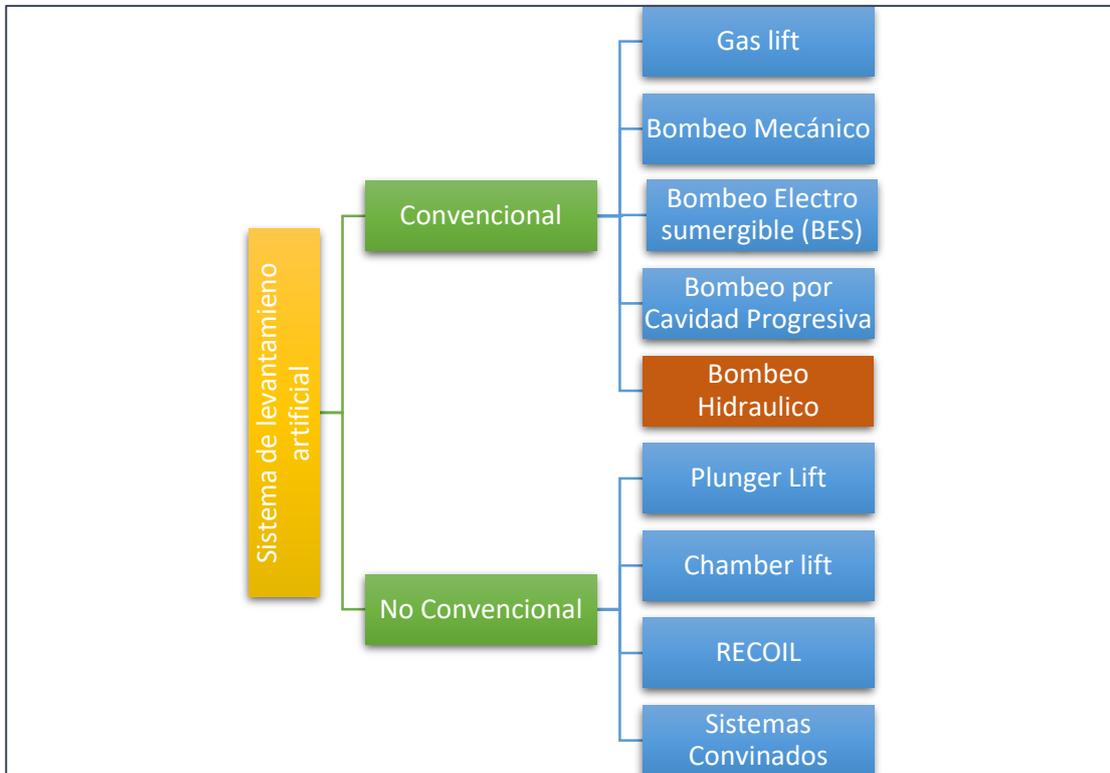
De forma general, los métodos de levantamiento artificial pueden ser clasificados en las siguientes categorías:

- Métodos que modifican propiedades físicas de los fluidos del pozo (Por ejemplo reducción de densidad).
- Métodos que aplican la acción de una bomba para suministrar energía externa al sistema.

Cada sistema de levantamiento tiene un principio de funcionamiento diferente, y por lo tanto una serie de características y rangos de operación propios, los cuales, deben ser debidamente identificados como una base previa para la correcta selección del sistema de levantamiento más adecuado para determinado proyecto.

Los sistemas de levantamiento también pueden ser clasificados como:

Figura 1. Sistemas de levantamiento artificial



Fuente: Autor

2.2 Definición del Sistema de Bombeo Hidráulico

El bombeo hidráulico se basa en un sencillo principio:

2.2.1 Principio de Pascal

(FISICA PARA TODOS, 2016) En física, el principio de Pascal o ley de Pascal, es una ley enunciada por el físico y matemático francés Blaise Pascal (1623-1662) que se resume en la frase: la presión ejercida en cualquier lugar de un fluido encerrado e incompresible se transmite por igual en todas las direcciones en todo el fluido, es decir, la presión en todo el fluido es constante.

La presión en todo el fluido es constante: esta frase que resume de forma tan breve y concisa la ley de Pascal da por supuesto que el fluido está encerrado en algún recipiente, que el fluido es incompresible... El principio de Pascal puede comprobarse utilizando una esfera hueca, perforada en diferentes lugares y provista de un émbolo. Al llenar la esfera con agua y ejercer presión sobre ella mediante el émbolo, se observa que el agua sale por todos los agujeros con la misma presión.

También podemos ver aplicaciones del principio de Pascal en las prensas hidráulicas.

La aplicación de este principio permite transmitir la presión deseada desde la superficie hasta la bomba de subsuelo a través de la tubería llena de fluido, esto es posible gracias a una bomba hidráulica.

Según (ADRIANAMADRIGAL, 2012)“Una bomba hidráulica es un dispositivo tal, que, recibiendo energía mecánica de una fuente exterior, la transforma en una energía de presión transmisible de un lugar a otro de un sistema hidráulico a través de un líquido cuyas moléculas estén sometidas precisamente a esa presión. Los sistemas de bombeo hidráulico proporcionan una flexibilidad extraordinaria en la instalación y capacidad de funcionamiento para cumplir una amplia gama de requerimientos de extracción artificial. La instalación de la potencia superficial puede ponerse en un lugar central para servir a pozos múltiples, o como una unidad conveniente montada sobre patín localizada en el lugar del pozo individual”

2.2.2 Sistema de Levantamiento Artificial Hidráulico con Bomba de Sub Suelo Jet

En el medio petrolero ecuatoriano existen muchas empresas que prestan el servicio de Bombeo Hidráulico ya sea para evaluación o producción de pozos, este sistema de levantamiento artificial es posible gracias a la bomba de subsuelo JET que es encargada de

transformar la energía potencial, suministrada por el sistema de bombeo de superficie, en energía cinética. En el mercado existen muchas marcas y modelos de bombas jet pero todas se basan en el principio de Venturi. El fluido suministrado a una tubería, al pasar por una sección reducida, sufre un cambio en su velocidad y por ende la presión disminuye, provocando una succión en ésta parte del tubo, si a ésta sección se la conecta a otra tubería con fluido se produce una aspiración de los mismos, que van a pasar a la otra sección de la primera tubería.

2.3 Funcionamiento de la Bomba Jet

(WEATHERFORD, 2003) La característica más importante de esta bomba es que no tienen partes móviles, la acción de bombeo está dada por la transferencia de energía que existe entre las dos corrientes de fluido, el fluido motriz a alta presión pasa a través del nozzle donde la energía potencial es convertida en energía cinética en la forma de fluido a gran velocidad. Los fluidos del pozo rodean al fluido motriz en la punta del nozzle que está espaciado de la garganta, la garganta es un agujero cilíndrico recto de 7 radios de largo con un borde de radio suavizado; El diámetro de la garganta es siempre mayor que el de la salida del nozzle, lo que permite que el fluido motriz entre en contacto con el fluido del pozo en la garganta, el fluido motriz y el fluido producido se mezclan y el momentum es transferido del fluido motriz al producido provocando que la energía se eleve en este último. Por el fin de la garganta los dos fluidos están íntimamente mezclados, pero todavía se encuentran a gran velocidad y la mezcla posee una energía cinética significativa. El fluido mezclado entra a un difusor que convierte la energía cinética en presión estática debido a que baja la velocidad del fluido, en este punto la presión del fluido es suficientemente como para alcanzar la superficie.

Como la bomba jet no tiene partes móviles, estas no tienen un acabado superficial fino, y toleran los abrasivos y la corrosión de los fluidos del pozo. La garganta y el nozzle son contruidos de carburo de tungsteno o de materiales cerámicos.

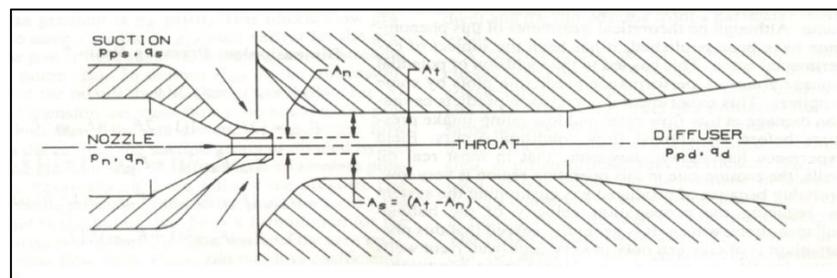
Con diferentes medidas de nozzles y gargantas las bombas pueden producir menos de 50 BFPD (Barriles de fluido por día) hasta más de 12 000 BFPD.

Volúmenes significativos de gas libre pueden ser manejados sin el desgaste excesivo que se presenta en las bombas de desplazamiento positivo el golpeteo de entrada que existe en las bombas centrífugas, no hay vibración.

Las bombas Jet son ideales para usar con medidores de presión para monitorear las presiones de fondo fluyente a diferentes tasas de flujo. Debido a la gran velocidad de la mezcla, se produce una significativa turbulencia y fricción en la bomba provocando que Baje la eficiencia de la misma, es por esta razón que para operar un equipo de subsuelo de esta naturaleza se requiere de mayor potencia en la superficie.

Las bombas Jet son propensas a la cavitación en la entrada de la garganta a bajas presiones de admisión de la bomba (Intake).

Figura 2. Boceto del efecto Venturi en el interior de la garganta.



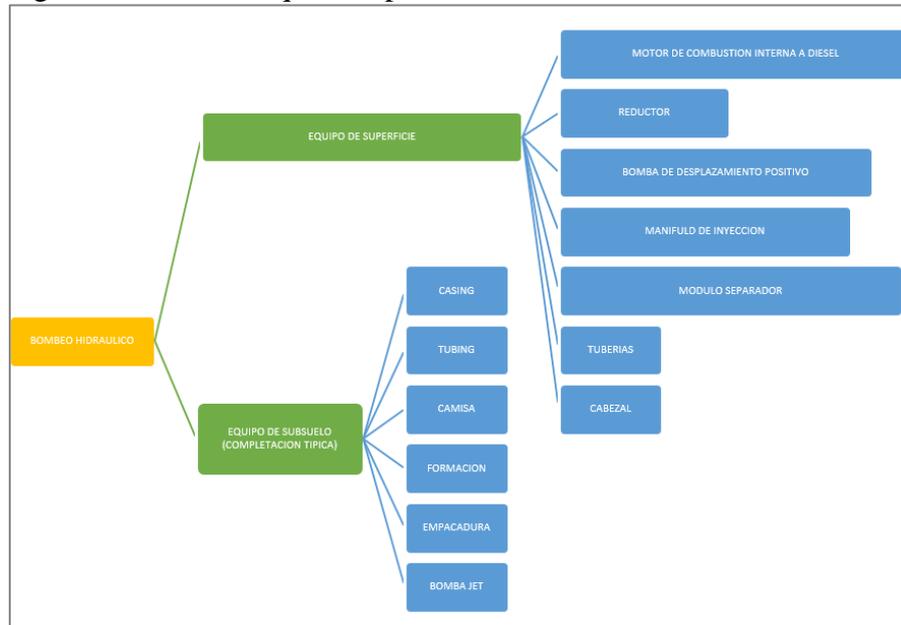
Fuente: (WEATHERFORD, 2003)

2.4 Elementos del Bombeo Hidráulico

El sistema de bombeo hidráulico o también llamado MTU por sus siglas en inglés (Unid Móvil Testinting), Unidad Móvil de Evaluación en español, es un conjunto de equipos que suministran fluido a altas presiones así el fondo del pozo para que a través de la bomba jet de subsuelo se produzca el efecto Venturi y así levantar el fluido de la formación hasta la superficie. Generalmente se recurre a este tipo de levantamiento cuando la presión del pozo no es la suficiente para producir a flujo natural y se necesita evaluar las facilidades que brinda el pozo para elevar la tasa de producción diaria con el sistema de levantamiento artificial por bombeo hidráulico o para diseñar algún otro tipo de levantamiento.

El sistema de bombeo hidráulico está compuesto por dos grupos de elementos: los equipos de superficie y los equipos de subsuelo.

Figura 3. Elementos que componen el Sistema de Bombeo Hidráulico.



Fuente: Autor

A continuación, se detallan los elementos que componen el sistema de Bombeo Hidráulico:

2.5 Equipos de Superficie

2.5.1 Motor de combustión interna

Los motores de combustión interna se basan en la quema de una mezcla en aire y combustible, en este caso el diésel, dentro de un cilindro o cámara con el propósito de elevar la presión y empujar el cilindro para generar con suficiente potencia el movimiento lineal que a su vez es convertido en movimiento rotativo gracias al eje principal de motor o cigüeñal.

Este mecanismo de funcionamiento es aprovechado por las unidades de evaluación para generar la potencia necesaria para que la bomba de desplazamiento positivo, a través del empuje de una serie de pistones, produzca en el fluido la presión requerida de trabajo.

Tabla 1. Ficha técnica del Motor CATERPILLAR 3406 utilizado en las Unidades Móviles de Evaluación.



MOTOR DE COMBUSTION

MARCA	CATERPILLAR
MODELO	3406
POTENCIA	361HP @ 1800 RPM
COMBUSTIBLE	DIESEL
AÑO DE FABRICACION	2012
ACEITE DE LUBRICACION	ACEITE HIDRÁULICO 14W40
CAPACIDAD DE ACEITE	9 GALONES

Fuente: Autor

A continuación se presenta una tabla de problemas que suceden en el motor, que se manifiestan de acuerdo a la variación del color del humo producidos por la combustión dentro de los cilindros. Estos problemas deben ser detectados por operador de la Unidad Móvil de Evaluación y verificado únicamente por el personal encargado del mantenimiento de los equipos de la empresa.

Tabla 2. Identificación de problemas en el motor de acuerdo al color del humo

HUMO GRIS	
PROBLEMA	POSIBLE CAUSA
Motor sobrecargado	Las revoluciones del motor no son las adecuadas a las condiciones de operación
Filtro de aire sucio	El indicador de aire está en rojo, cambiar o limpiar el filtro de aire
Deterioro o restricción en el tubo de admisión	Deteriorado el sistema de admisión o restricciones de alguna clase
Restricción en el sistema de escape	Retirar el escape y arranque el motor, para ver si cesa el problema
Ajuste incorrecto o fuga en las válvulas	Falta de calibración de válvulas
Boquillas de combustible defectuosas	Taponamiento o rotura de área de inyección de las boquillas
HUMO BLANCO	
PROBLEMA	POSIBLE CAUSA
Tiempo frío, se aplica cuando el motor trabaja en zonas altas	El aire del exterior es frío, la temperatura del cilindro es más fría, por lo que no todo el combustible se quema, este combustible sale por el escape en forma de humo blanco
Motor demasiado tiempo en vacío	El motor funciona mucho tiempo en vacío, los cilindros se enfrían y no se quema todo el combustible
Combustible de mala calidad	Presencia de agua o suciedad en el combustible
Boquillas de combustible defectuosas	Taponamiento o rotura de área de inyección en las boquillas
Aire en el sistema de combustible	Aire en las cañerías de combustible
HUMO AZUL	
PROBLEMA	POSIBLE CAUSA
Nivel alto de aceite	Demasiado aceite en el cárter
Desgaste en los rines del pistón o en las paredes del cilindro	Pistones y camisas rotos o con excesivo desgaste
Respiradero del cárter tapado	Taponamiento en el cárter
Tubo alimentador dañado	Desgaste en los ellos

Fuente: Autor

Tabla 3. Plan de mantenimiento de motor Caterpillar 3406 – 3306

PLAN DE MANTENIMIENTO DE MOTOR CATERPILLAR 3406 - 3306						
TAREAS A REALIZAR	100 HORAS	300 HORAS	900-1000 HORAS	2000-3000 HORAS	5000 HORAS	12000-15000 HORAS
Chequeo estado de bomba de combustible				x		OVER HAULD
Cambio de filtros de aire		X				
Calibración de bomba de inyección						
Cambio de filtros de combustible		X				
Cambio de filtro racord		X				
Cambio de aceite al motor		X				
Inspección de tensión y cambio de bandas de ventilador		X		x		
Engrasar polea de ventilador		X				
Controlar niveles de refrigerante		X				
Mangueras, abrazaderas		X				
Poleas y bandas de accesorios lubricación forzada – inyección de químicos		X				
Lavado de tanque de combustible		X				
Baterías		X				
Chequeo de alternador		X				
Banda de alternador		X			x	
Calibración de válvulas de motor					x	
Inspeccionar múltiple de escape		X				
Inspección de arresta llama		X				
Reajuste de pernos de anclaje		X				
Limpieza y engrasada		X				

Fuente: SOLIPET. SA.

2.5.2 Reductor de velocidad

Es un sistema de transmisión que utiliza engranajes para variar la velocidad generada por un motor, se caracterizan por que su velocidad de salida es menor que la de entrada.

Para la Unidad Móvil de Evaluación el reductor de velocidad este acoplado al eje de transmisión del motor Caterpillar, quien es el que proporciona la velocidad de entrada al reductor, y, la velocidad de salida esta acoplada al eje principal de la bomba de desplazamiento positivo o powerend. Se utilizan reductores de velocidad con relación de transmisión 4.38 a 1, es decir cuando el eje principal del motor gire 4.38 vueltas, el eje de la bomba de desplazamiento positivo habrá girado una vuelta.

Tabla 4. Ficha técnica del Reductor de velocidad



REDUCTOR DE VELOCIDAD	
MARCA	OIL WELL VARCO
RELACION	4.38: 1
AÑO DE FABRICACION	2008
CAPACIDAD DE ACEITE	3 Galones
ACEITE	Meropa 220 y 320

Fuente: Autor

Tabla 5. Plan de mantenimiento de reductor

PLAN DE MANTENIMIENTO DE REDUCTOR DE QUINTUPLEX-TRIPLEX						
TAREAS A REALIZAR	100 HORAS	300 HORAS	900-1000 HORAS	2000-3000 HORAS	5000 HORAS	12000-15000 HORAS
Cambio de aceite			x			Inspección y mantenimiento o general
Inspección sensor nivel de aceite		X				
Limpieza de respiradero (Breather)		X				

Fuente: SOLIPET. SA.

2.5.3 Bomba de desplazamiento positivo

Por lo general las unidades móviles de evaluación utilizan las bombas de tres pistones (Triplex) o de cinco pistones (Quintuplex). Cada pistón está equipado con una válvula de admisión y una válvula de descarga.

Cuando el pistón empieza la carrera de aspiración la válvula de descarga se encuentra cerrada y la válvula de admisión se abre para dejar entrar el fluido a baja presión. En la carrera que el pistón realiza para la descarga la válvula de admisión se cierra y la válvula de descarga se abre para dejar salir el fluido a alta presión y el ciclo se vuelve a repetir.

Las bombas, cual fuera su diseño, están compuestas por dos unidades: Powerend y Fluid end.

- **Powerend o Cuerpo Mecánico**

Es la parte mecánica de la bomba donde la energía producida por el motor y transmitida por la caja y el reductor de velocidad en forma de movimiento circular, se convierte en energía alternante o resiprocante. El cuerpo mecánico está constituido por muchas partes móviles por lo que la adecuada lubricación de la bomba es extremadamente importante.

- **Fluid end o Cuerpo Hidráulico**

Es la parte de la bomba que se encarga de recibir el fluido a baja presión para comprimirlo y bombearlo a alta presión con la ayuda de la energía recibida por la parte mecánica o Powerend.

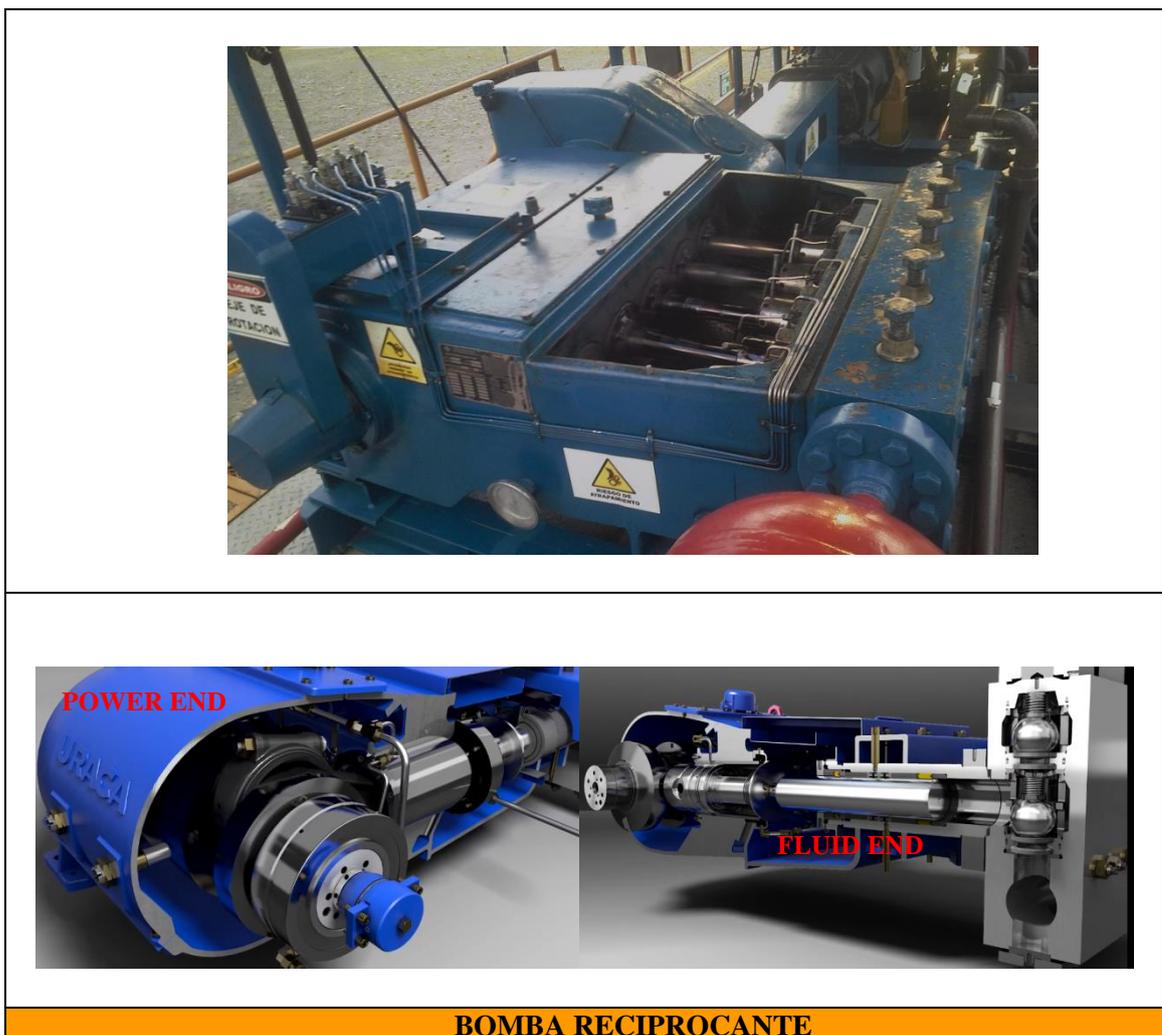
Para determinar la potencia que entrega los equipos, normalmente se utiliza la siguiente formula:

$$HP = Cudal(Bpm) \times Presion(Psi) \times 0,0245 \quad \text{Ó}$$

$$HP = \frac{Caudal(Bpm) \times Presion (Psi)}{40,8}$$

La descarga o desplazamiento es la cantidad de fluido que la bomba entrega en determinado tiempo. Para calcular la cantidad de fluido desplazado por un pistón se realiza el siguiente cálculo:

Multiplicar el radio del pistón al cuadrado por $\pi=3,1416$, por la longitud de la carrera del pistón y por la constante de conversión de pulgadas a galones; a este resultado multiplicar por el número de pistones y dará como respuesta la cantidad de galones desplazados en cada revolución de la bomba. Tabla 6. Ficha técnica de la bomba Quintuplex



TIPO	Quintuplex	
MARCA	OIL WELL HIDRAULICS	
POTENCIA	300 HP @ 400 Rpm (calculado al 100% de su eficiencia volumétrica)	
LONGITUD DE LA EMBOLADA (STROKE)	5plg	
AÑO DE FABRICACION	2012	
CAPACIDAD DE ACEITE	9 Galones	
ACEITE	Meropa 220 y 320	
DIAMETRO DEL PLUNGER	CAUDAL DE LA BOMBA	PRESION MAXIMA
1 1/2	0.19 GPR	5000
1 5/8	0.225 GPR	5000
1 3/4	0.26 GPR	4450
1 7/8	0.297 GPR	3850
2	0.34 GPR	3500

Fuente: Autor

Tabla 7. Plan de mantenimiento de la Bomba Quintuplex

PLAN DE MANTENIMIENTO BOMBA DE QUINTUPLEX-TRIPLEX						
TAREAS A REALIZAR	100 HORAS	300 HORAS	900-1000 HORAS	2000-3000 HORAS	5000 HORAS	12000-15000 HORAS
Chequeo de plunger		x				Inspección y mantenimiento general
Chequeo de packing		x				
Reajustar soportes stuffing box		x				
Chequeo de bomba de lubricación forzada		x				
Reajuste pernos de anclaje a skid		x				
Cambio de aceite			X			

Fuente: Autor

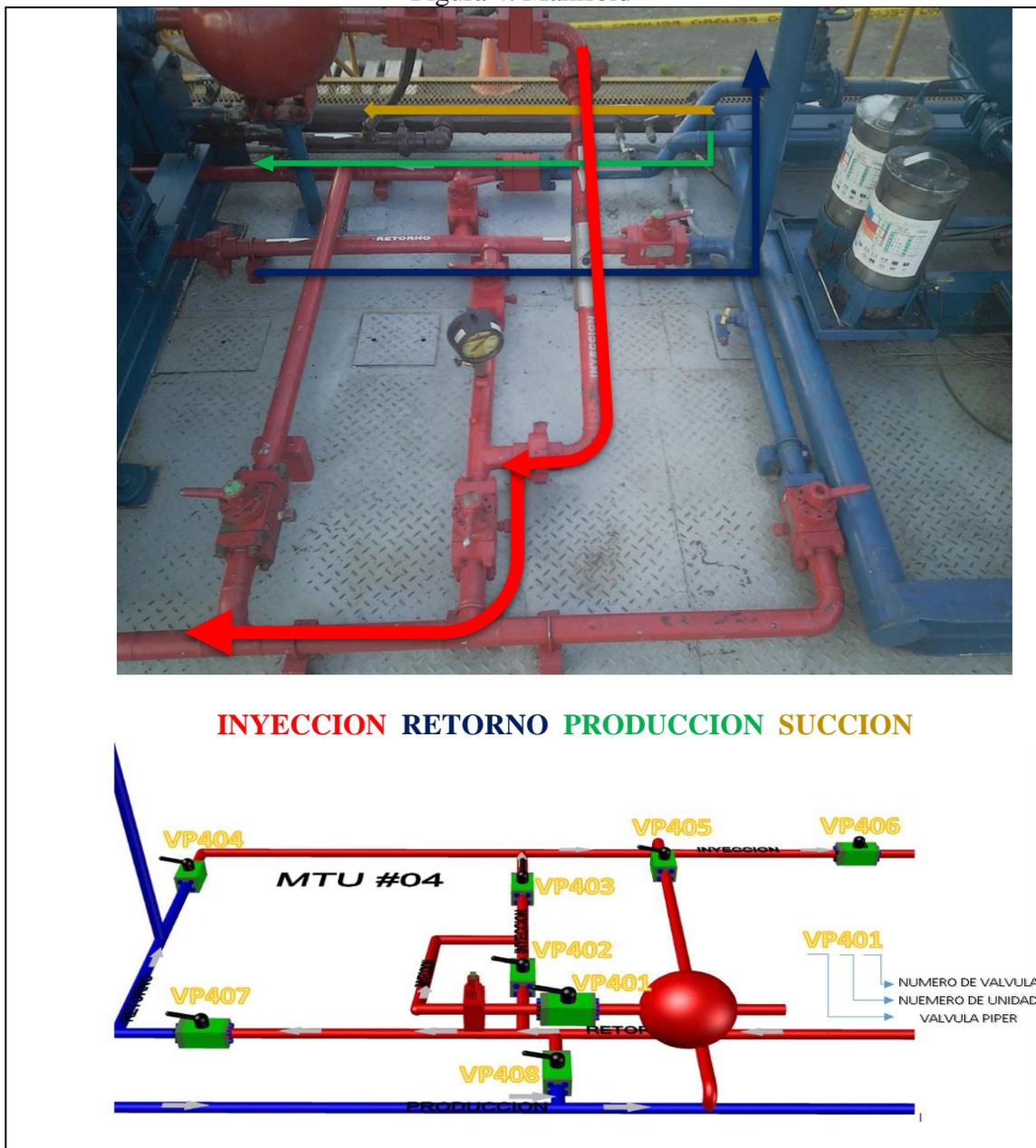
2.5.4 Manifold de inyección

Manifold es un conjunto o circuito de válvulas conectadas entre sí, por medio de las interconexiones y disposición de las válvulas, se puede fácilmente manejar, distribuir y controlar el fluido que ingresa.

En las Unidades Móvil de Evaluación el Manifold está compuesto por un conjunto de válvulas piper de alta presión que permite direccionar el fluido de trabajo hasta el pozo, ya sea por el tubing a alta presión para que trabaje la bomba de subsuelo o por el casing a baja presión para desasentar la bomba o circular. También puede direccionar el fluido

que retorna del pozo al módulo separador o la línea de producción, y en algunos casos el manifold puede ser configurado para aliviar alguna sobrepresión, por eso es importante que el operario conozca bien como están configurado el conjunto de válvulas ya que un equivocado manejo de alguna de ellas podría direccionar equivocadamente o restringir el fluido a alta presión y dañar los equipos o afectar la seguridad física al personal.

Figura 4. Manifold



Fuente: Autor

2.5.5 Modulo separador

Son recipientes diseñados para separar la mezcla de los hidrocarburos en sus componentes principales como son gas y petróleo. Además, los separadores permiten aislar el petróleo de otros elementos indeseables que son producidos por el yacimiento como el agua y sedimentos.

Tabla 8. Ficha técnica del módulo bifásico



MODULO SEPARADOR	
FABRICANTE	B&T CIA. LTDA.
ANSI	150
CAPACIDAD EN BARRILES	39.9 Bls
MAWP	240 PSI @ 260 °F
AÑO DE FABRICACION	2012
PRESION HIDROSTÁTICA	312 PSI
CAPACIDAD	6.33 m ³
DIAMETRO	10524 m
LONGITUD	2.184 m
PESO	6283.17 Lb
ESPESOR	12.7 mm
MATERIAL	SA 516-70

Fuente: Autor

2.5.6 Tuberías para evaluación

Algunos de los elementos de vital importancia ya sea para mantener en producción o evaluación de pozos sin duda son los accesorios y las tuberías que deben cumplir altos estándares de seguridad para garantizar los trabajos que se realizan en una evaluación.

A continuación, se describen los accesorios y tuberías que son utilizados para armar las líneas de evaluación:

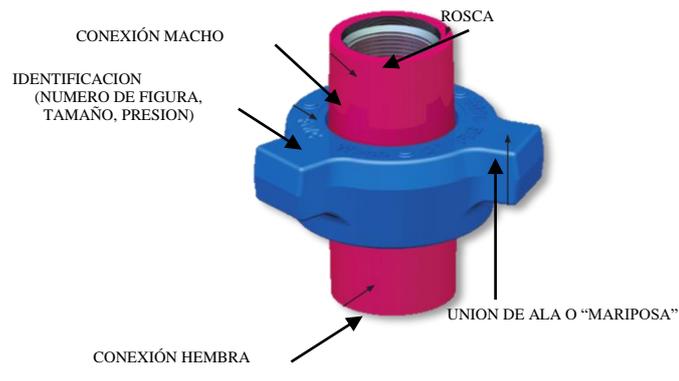
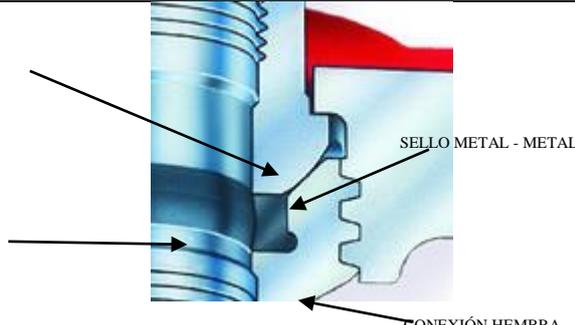
- **TUBERIAS Y ACCESORIOS**

Tabla 9. Ficha técnica de tuberías para alta presión utilizadas en Bombeo Hidráulico


<p>TUBERIA</p> <ol style="list-style-type: none">1. Este tipo de tuberías están diseñadas para trabajos en frío con presiones de hasta 20000 Psi.2. Por lo general para trabajos con MTU se usan las tuberías de 2 plg de diámetro y longitudes de máximo 20 pies.3. Todas las tuberías deben tener un anillo sello ubicado en el interior de la hembra.

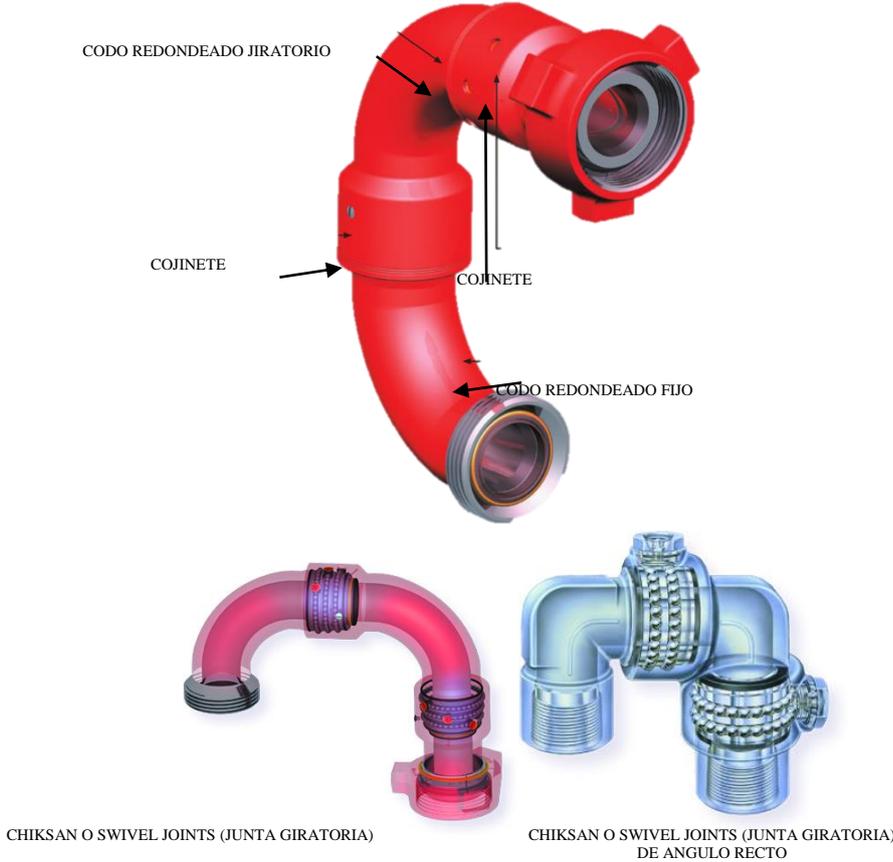
Fuente: Autor

Tabla 10. Ficha técnica de la Unión de golpe o Mariposa

<p>CONEXIÓN MACHO</p> <p>IDENTIFICACION (NUMERO DE FIGURA, TAMAÑO, PRESION)</p>	
<p>CONEXIÓN MACHO</p> <p>ANILLO DE SELLO</p>	
<p>UNIÓN DE ALA O “MARIPOSA”</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Son llamadas también conexiones o uniones de golpe. 2. Tienen roscas en el interior de las conexiones macho y hembra, lo que facilita poder intercambiarlas y adaptarlas a otros tamaños de figuras. 3. En la mariposa se encuentra grabada el tipo de figura, el diámetro de la tubería para la fue diseñada adaptarse y la presión que puede soportar. 4. Las uniones de alta presión cuentan con un anillo de sello en el interior de la conexión hembra que puede ser reemplazable si se detecta alguna deformidad o corte de fluido. 5. Los anillos de sellos ayudan a proteger al sello metal – metal de la abrasión y la corrosión al tiempo que minimiza la turbulencia del flujo. 	

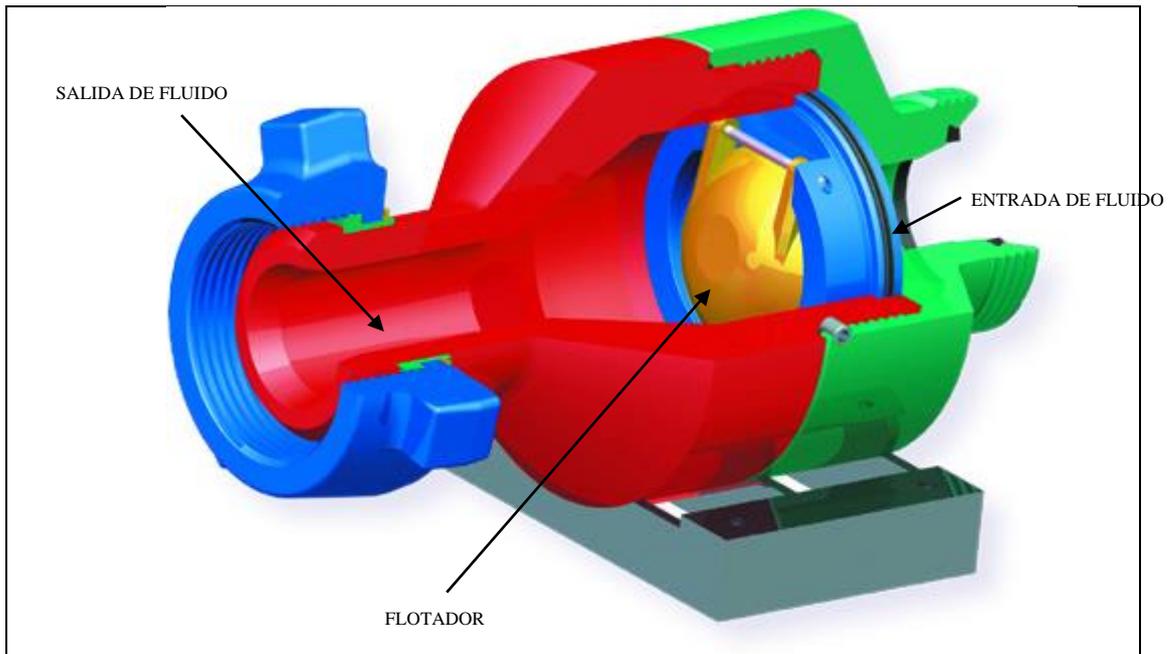
Fuente: Autor

Tabla 11. Ficha técnica de las Juntas Giratorias


<p>CHIKSAN</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Son también llamados Swivel Joints (Juntas Giratorias). 2. Estos accesorios se caracterizan por ser dos o más codos unidos entre sí por una serie de cojinetes de bolas. Permiten una rotación de 360° y movimientos en uno, dos o más planos. 3. Se encuentran disponibles chiksan con codos tipo redondeado y de ángulo recto. 4. Los chiksan de codo redondeado son los más recomendados porque generan poca pérdida de presión. En sus extremos se encuentran integradas conexiones hembra y macho, lo que facilita el acople con otros accesorios. 5. Los chiksan con codo de ángulo recto están diseñados para acoplarse a tuberías de diferentes longitudes y así poder reducir el número de accesorios para armar línea.

Fuente: Autor

Tabla 12. Ficha técnica de la Válvula Check

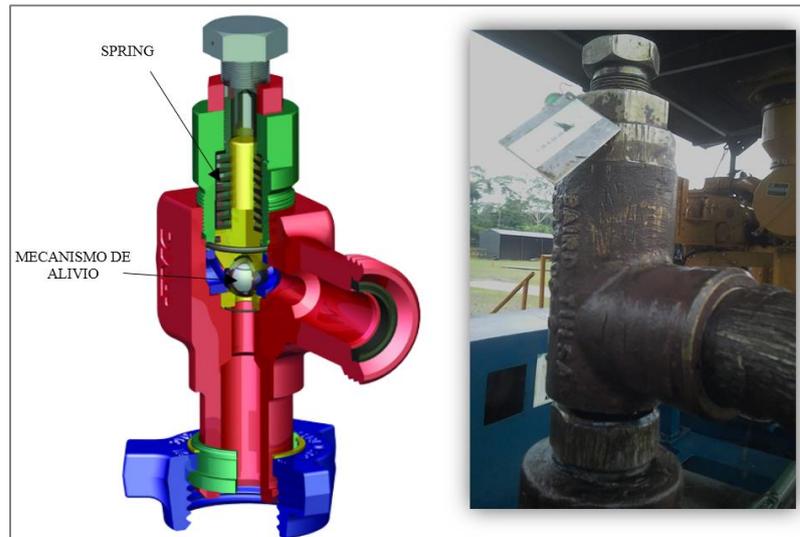


VALVULA CHECK

1. La función principal de estas válvulas es dejar pasar el fluido en una sola dirección. Cuando el fluido transita a través de la válvula empuja el flotador así arriba manteniéndolo suspendido, cuando se restringe el paso del fluido en la entrada de la válvula, el flotador por acción de su peso regresa a su posición inicial, esto hace que el fluido que paso a través de la salida de la válvula no regrese en dirección contraria y es así como se produce el empaquetamiento del fluido, la presión hidrostática que ejerce el fluido sobre el flotador produce un sellado hermético en la válvula.
2. Las válvulas chek vienen en distintos modelos y diseñadas para trabajar y distintas presiones, pero el principio de funcionamiento es el mismo.

Fuente: Autor

Tabla 13. Ficha Técnica de la Válvula Relief



VÁLVULA RELIEF (VÁLVULA DE ALIVIO DE PRESIÓN)

- 1.** Es una válvula que brinda protección contra sobrepresiones en bombas o recipientes sometidos a presión.
- 2.** No es considerada una válvula de alivio de flujo completa, lo que hace es señalar que se sobre paso la presión para la que fue diseñado el equipo o el recipiente. Para evitar que la presión siga aumentando la válvula actúa direccionado parte del fluido a una línea de descarga.
- 3.** En el equipo MTU se encuentran instaladas en el módulo separador y la bomba de desplazamiento positivo (Quintuplex o Triplex).

Fuente: Autor

Tabla 14. Ficha técnica de la válvula Piper

	
<p>VÁLVULA PIPER</p> <ol style="list-style-type: none">1. Son válvulas de alta presión de $\frac{1}{4}$ de vuelta2. Se las usa con frecuencia para la construcción de manifold y armado de líneas de prueba.3. En el interior se encuentra una bola de acero perforada que permite el paso del fluido cuando está totalmente abierta.4. La válvula piper está equipada con un orificio al costado, que en ocasiones es utilizado para alivio de presiones de flujo.	

Fuente: Autor

2.5.7 *Medidor de Flujo Tipo Turbina*

Es un instrumento que usa la energía mecánica generada por el líquido para hacer girar un rotor de aspas en el centro de la tubería. La velocidad de rotación del rotor es directamente proporcional a la velocidad del fluido que atraviesa la turbina.

Cuando las aspas de la turbina pasan a través de una bobina magnética, acoplada a la parte externa de la turbina, se produce un pulso de voltaje que se alimenta de un medidor de frecuencia. Un contador eléctrico o MC II empieza a convertir dicha velocidad en lecturas de velocidad de flujo, en el ambiente petrolero dichos valores se expresan en Barriles de fluido por día.

Para tener una lectura lo más confiable posible, es necesario tener un flujo laminar en la dirección de la tubería, para ello los fabricantes recomiendan instalar la turbina en una tubería recta con una longitud de 10 diámetros aguas arriba y 5 diámetros aguas abajo. La turbina debe instalarse de tal manera que cuando seda el flujo no se vacíe por completo ya que el choque del fluido a alta velocidad contra el rotor puede generar ciertos daños.

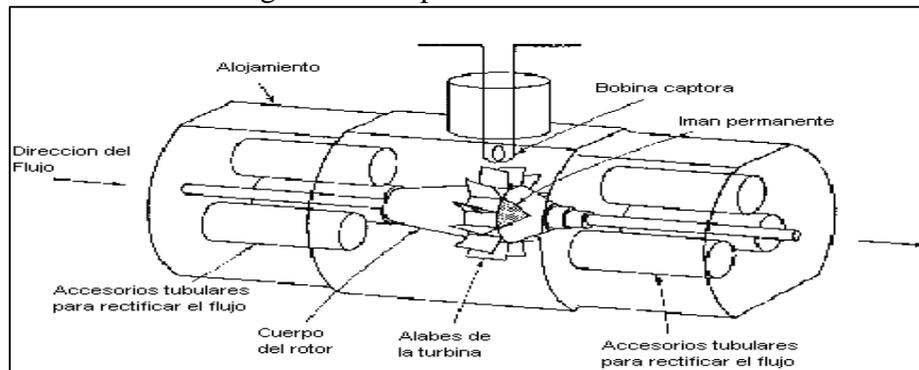
En la unidad móvil de evaluación existe una turbina principal instalada a continuación del amortiguador de pulsaciones o Dampers y la bomba de desplazamiento dispositivo.

Figura 5. Turbina de 2 pulgadas



FUENTE: Autor

Figura 6. Componentes de la turbina

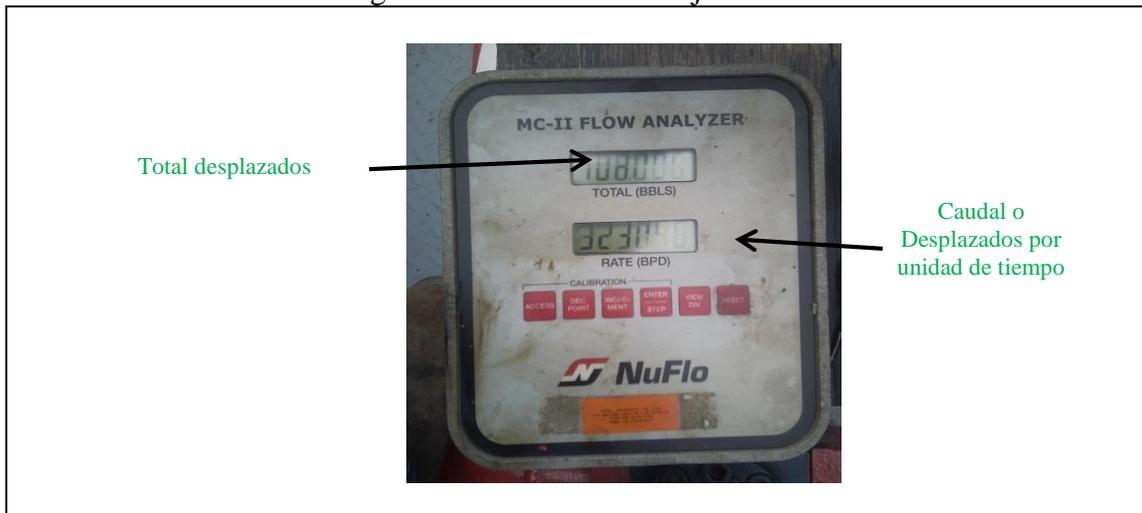


Fuente: HALLIBURTON

2.5.8 MC II

El MC II es el que recibe los pulsos electromagnéticos producidos en la turbina cuando las aspas del rotor pasan por la bobina. Este dispositivo los procesa y muestra los resultados en la pantalla en desplazados por unidad de tiempo y desplazados totales.

Figura 7. Analizador de flujo MC-II



Fuente: Autor

2.5.9 Cabezal

La mayoría de los pozos tienen cabezales tipo “árbol de navidad” como se muestra en la siguiente **figura** y consta de un conjunto de válvulas que según su posición forman el circuito de circulación del fluido. Este circuito puede ser para: desplazar y poner en operación la bomba de subsuelo, reversar la bomba de subsuelo, despresurizar y para circular en la superficie. (SOLIPET S.A., 2010)

Figura 8. Cabezal de pozo tipo árbol de navidad



Fuente: (SOLIPET S.A., 2010)

2.6 Equipo de Subsuelo (Completación Típica)

A continuación se detalla una completación típica para realizar pruebas de producción por Bombeo Hidráulico.

2.6.1 Casing

Es la tubería de revestimiento que hace las funciones de pared para el pozo, en bombeo hidráulico se la utiliza como tubería de producción o inyección del fluido motriz, todo depende del tipo de bomba Jet que se utilice para realizar la evaluación. Para poder inyectar fluido por esta tubería es necesario saber el tiempo de vida del pozo, ya que, si el tiempo es muy prolongado, la tubería no podrá soportar la alta presión. Es necesario que el cliente determine la presión a la que va estar sometida esta tubería.

A continuación se presenta una tabla de valores para determinar la capacidad volumétrica de la tubería en Bbl/ft haciendo énfasis en las más utilizadas.

Tabla 15. Medidas y Capacidades del casing haciendo referencia a las más utilizadas

Medidas del casing y capacidades			
Medida	Peso lb/ft	ID	bbl / ft
4 1/2	9.50	4.090	0.0162
4 1/2	12.60	3.958	0.0152
4 1/2	15.10	3.826	0.0142
5	15.00	4.408	0.0189
5	18.00	4.276	0.0178
5	21.00	4.154	0.0168
5 1/2	14.00	5.012	0.0244
5 1/2	17.00	4.892	0.0232
5 1/2	23.00	4.670	0.0212
7	17.00	6.538	0.0415
7	22.00	6.398	0.0398
7	26.00	6.276	0.0383
7	29.00	6.184	0.0317
7	38.00	5.920	0.0340
7 5/8	29.70	6.875	0.0404
9 5/8	47.00	8.681	0.0677
13 5/8	72.00	12.347	0.1481

Fuente: Autor

2.6.2 Tubing

En la evaluación de pozos con Bombeo Hidráulico esta tubería se la utiliza para inyectar el fluido motriz o en algunos casos, dependiendo de la bomba que el cliente decida utilizar ya sea Jet convencional o Jet reversa, se la puede utilizar como tubería de producción. A continuación se presenta una tabla de valores para determinar la capacidad volumétrica de la tubería en Bbl/ft haciendo énfasis en las más utilizadas.

Tabla 16. Medidas y Capacidades del Tubing haciendo referencia a las más utilizadas

Medidas de Tubing y capacidades				
Medidas		Peso lb/ft	ID	bbl / ft
1 7/8	1.900	2.90	1.610	0.0025
2 1/16	2.063	3.25	1.751	0.0030
2 3/8	2.375	4.70	1.995	0.0039
2 7/8	2.875	6.40	2.441	0.0059
2 7/8	2.875	8.60	2.259	0.0050
3 1/2	3.500	9.30	2.992	0.0087
3 1/2	3.500	10.20	2.992	0.0083
3 1/2	3.500	12.95	2.750	0.0074
4 1/2	4.500	12.75	3.985	0.0152

Fuente: Autor

2.7 Herramientas para Completación o BHA

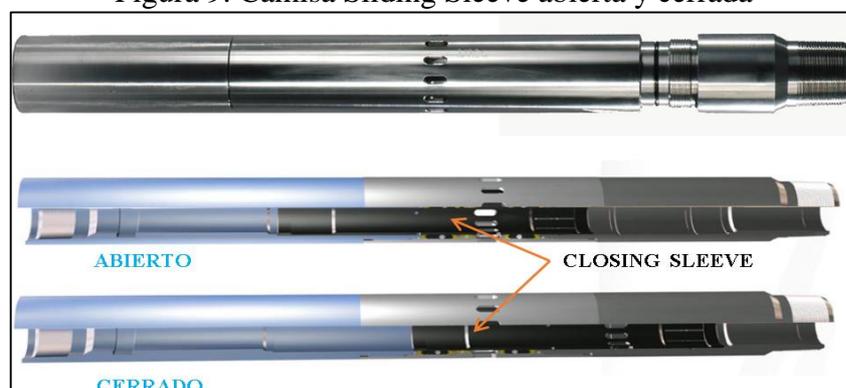
Actualmente la empresa que administra los pozos del bloque 7 y el bloque 21 utiliza herramientas suministradas por la empresa SERTECPET para armar las completaciones. Es por esto que a continuación se detalla las características de las herramientas de catálogo utilizadas en una completación típica, las mismas que son adaptables al diseño de las bombas de distintas marcas.

2.7.1 Camisa (SLIDING SLEEVE)

Es un nipple con orificios dispuestos en su parte media de manera especial para permitir la comunicación entre la tubería de producción y el espacio anular. En el interior de la camisa se aloja un elemento deslizante denominado Closing Sleeve que posee los elementos sellantes y que, mediante su operación permite abrir o cerrar los orificios de la camisa, de esta forma se permite o se impide el paso del fluido del tubing al casing o viceversa.

En esta herramienta se aloja la bomba jet para realizar las pruebas de producción o completaciones definitivas. Generalmente son colocadas cerca del intervalo de la zona o arena productora, permitiendo únicamente la producción de los fluidos de esta zona.

Figura 9. Camisa Sliding Sleeve abierta y cerrada



Fuente: Catálogo SERTECPET

2.7.2 *Standing Valve*

Es una válvula de retención que está conformada por una válvula de bola, un asiento y un bypass. Se utiliza como válvula check para permitir el flujo en un solo sentido, y; mantener el fluido en la tubería de producción para evitar que regrese a la zona productora.

Son utilizados para realizar pruebas de presión en tuberías de producción y del espacio anular. Estas herramientas son desplazadas o recuperadas únicamente con unidad de cable lizo o flexible.

Figura 10. Standing Valve



Fuente: Catálogo SERTECPET

2.7.3 *No-Go Niple*

Son herramientas que se utilizan cuando se requiere un medio para asentar equipos de control de flujo de fondo como el standing valve, elementos registradores de presión, tapones, entre otros elementos.

Se usan para prevenir la pérdida de herramientas en el interior del pozo y por lo general estos niples son colocados en el punto más profundo de la tubería de producción.

Figura 11. NO-GO NIPLE



Fuente: Catálogo SERTECPET

2.7.4 *Empacadura o Packers de Prueba*

El packer Esquimo es un set mecánico recuperable con un mandril integral y un sello simple para bypass, este packer reemplaza y cumple la misma función que el packer RBP, puede ser utilizado en operaciones de bombeo, inyección y producción. Posee un seguro mecánico que soporta presiones desde arriba o abajo del packer, sin importar que el packer se encuentre tensionado, en compresión o neutral. Posee un bypass interno que reduce el efecto de pintoneo cuando se lo corre o recupera. El mandril integral permite que el packer funcione con un sello elastomérico interno, maximizando la integridad del sello.

Características de la herramienta:

- Está diseñado para manejar presiones diferenciales desde arriba o abajo
- El tubing y el packer puede permanecer en compresión, en tensión o neutral.

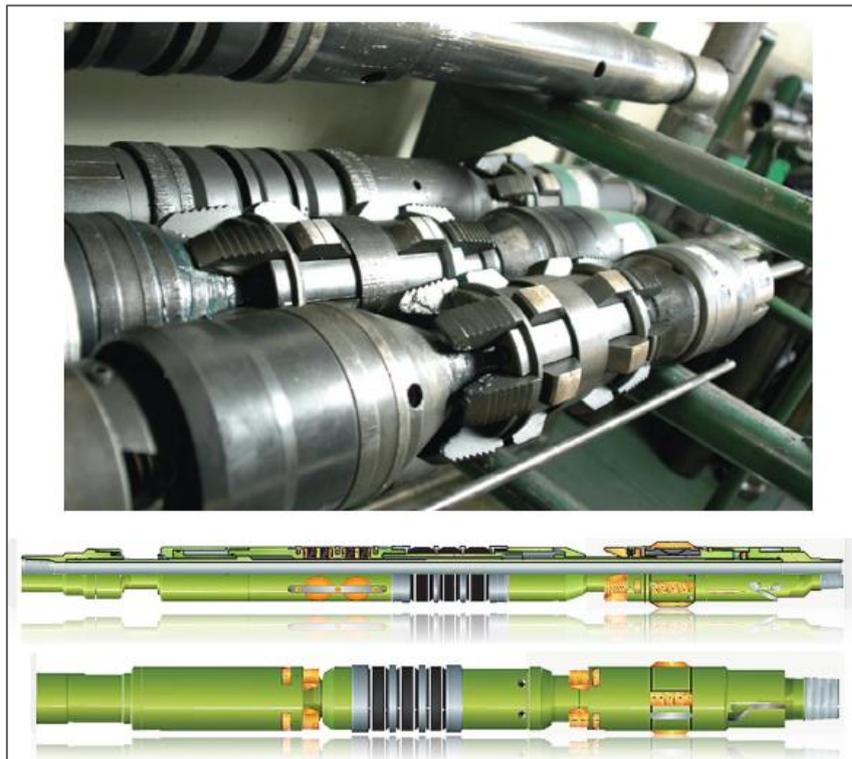
Puede ser instalado a poca profundidad.

Operación simple $\frac{1}{4}$ de vuelta a la derecha para colocar y soltar.

Diseño de cuñas para distribuir la fuerza sobre el diámetro interno del casing.

El bypass se abre antes de soltar el holddown.

Figura 12. Empacaduras o packers de prueba utilizados en las completaciones para asilar la arena productora.

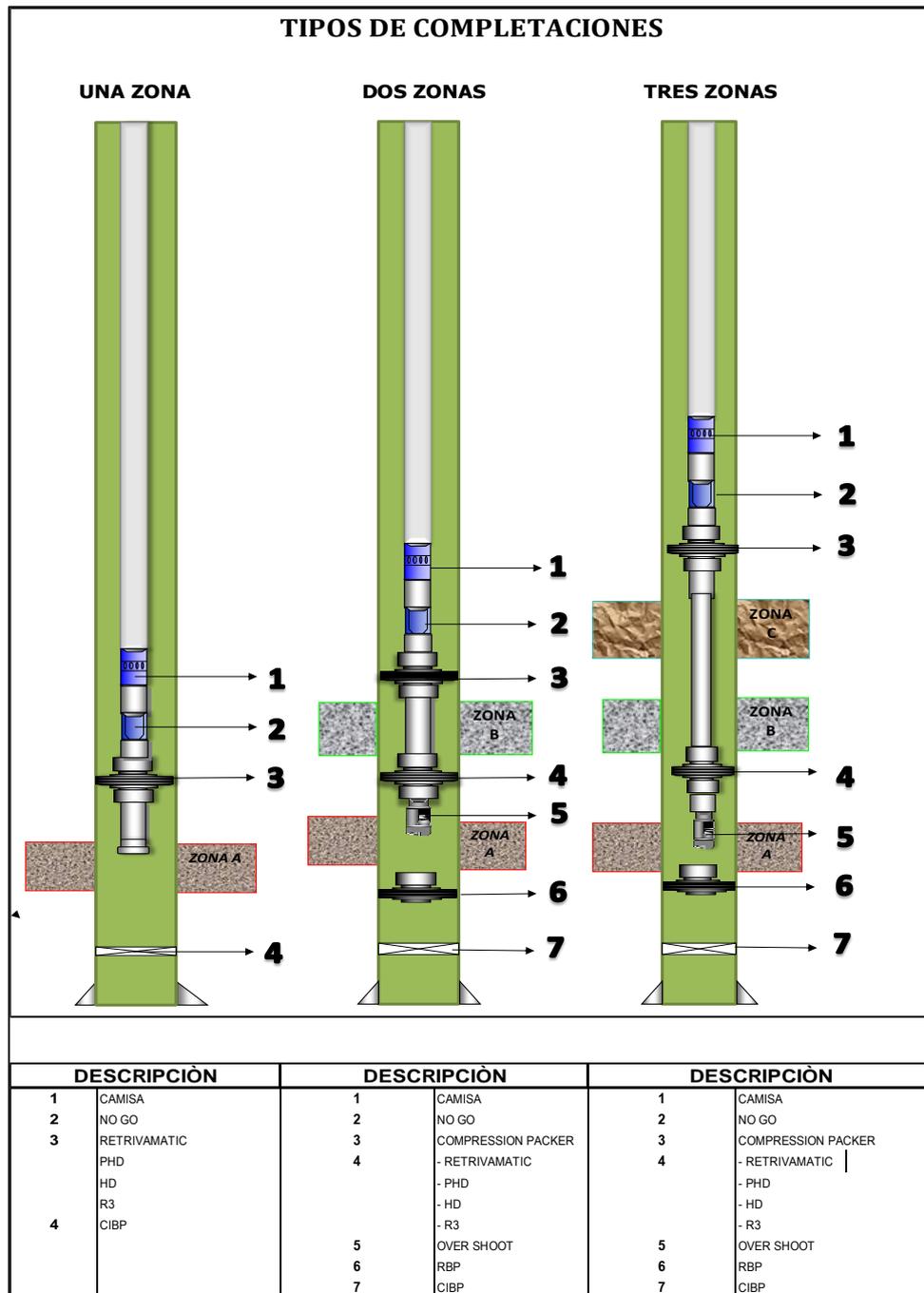


Fuente: Catálogo SERTECPET.

2.7.5 Formación

Es la zona productora de petróleo. Utilizando las unidades móviles de evaluación, se evalúan una o más arenas, dependiendo de las características productoras de las mismas.

Figura 13. Tipos de Completación



Fuente: Autor

CAPÍTULO III

3 MÉTODOS Y TÉCNICAS

3.2 Bombeo Hidráulico Tipo Jet

3.1.1 Bombas Jet

La característica más importante de esta bomba es que no tienen partes móviles, la acción de bombeo está dada por la transferencia de energía que existe entre las dos corrientes de fluido, el fluido motriz a alta presión pasa a través del nozzle donde la energía potencial es convertida en energía cinética en la forma de fluido a gran velocidad.

Los fluidos del pozo rodean al fluido motriz en la punta del nozzle que está espaciado de la garganta, la garganta es un agujero cilíndrico recto de 7 radios de largo con un borde de radio suavizado; El diámetro de la garganta es siempre mayor que el de la salida del nozzle, lo que permite que el fluido motriz entre en contacto con el fluido del pozo en la garganta, el fluido motriz y el fluido producido se mezclan y el momentum es transferido del fluido motriz al producido provocando que la energía se eleve en este último. Por el fin de la garganta los dos fluidos están íntimamente mezclados, pero todavía se encuentran a gran velocidad y la mezcla posee una energía cinética significativa. El fluido mezclado entra a un difusor que convierte la energía cinética en presión estática debido a que baja la velocidad del fluido, en este punto la presión del fluido es lo suficiente como para alcanzar la superficie.

Como la bomba jet no tiene partes móviles, estas no tienen un acabado superficial fino, y toleran los abrasivos y la corrosión de los fluidos del pozo. La garganta y el nozzle son contruidos de carburo de tungsteno o de materiales cerámicos.

Con diferentes medidas de nozzles y gargantas las bombas pueden producir menos de 50 BFPD (Barriles de fluido por día) hasta más de 12 000 BFPD.

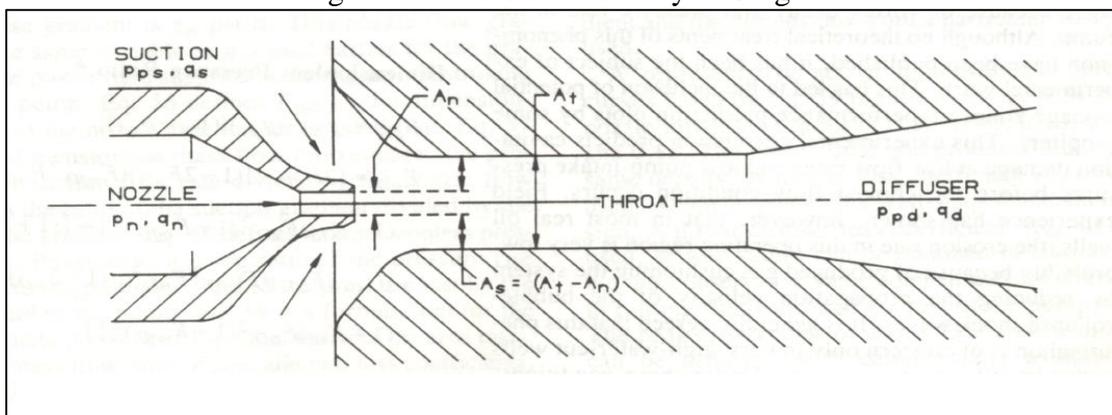
Volúmenes significativos de gas libre pueden ser manejados sin el desgaste excesivo que se presenta en las bombas de desplazamiento positivo el golpeteo de entrada que existe en las bombas centrífugas, no hay vibración.

Las bombas Jet son ideales para usar con medidores de presión para monitorear las presiones de fondo fluyente a diferentes tasas de flujo. Debido a la gran velocidad de la mezcla, se produce una significativa turbulencia y fricción en la bomba provocando que baje la eficiencia de la misma, es por esta razón que para operar un equipo de subsuelo de esta naturaleza se requiere de mayor potencia en la superficie.

Las bombas Jet son propensas a la cavitación en la entrada de la garganta a bajas presiones de admisión de la bomba (Intake).

La relación entre el área del nozzle y el área de la garganta, es una variable importante, porque determina el intercambio entre la cabeza producida y la tasa de flujo.

Figura 14. Áreas del Nozzle y la Garganta



Fuente: Autor

Donde:

P_{ps} = Presión del fluido de succión

P_n = Presión del nozzle

P_{pd} = Presión del fluido de descarga por el difusor

q_s = Caudal de succión

q_n = Caudal de inyección por el nozzle

q_d = Caudal de descarga por el difusor

A_n = Área del nozzle

A_t = Área de la garganta

A_s = Área de succión.

Si para un nozzle dado se selecciona una garganta de modo que el área del nozzle A_n sea del 60% del área de la garganta A_t , existirá una producción grande y un bombeo lento de la bomba, el área A_s como se ilustra en la figura anterior (chorro que sale del nozzle), sirve para que los fluidos del pozo pasen, esto provoca tasas de producciones bajas comparadas con las tasas de fluido motriz debido a que la energía del nozzle es transferida a una pequeña cantidad de producción, existirán grandes producciones.

Si para un nozzle dado se selecciona una garganta, de modo que el área A_n sea el doble del área de la garganta A_t , existirá mucho más flujo para el área A_n . Sin embargo, como la energía del nozzle es transferida a una producción más grande que la tasa del fluido motriz, existirá una producción más baja.

Cada conjunto de nozzle y garganta tiene su curva de rendimiento

3.1.2 Cavitación en Bombas Jet

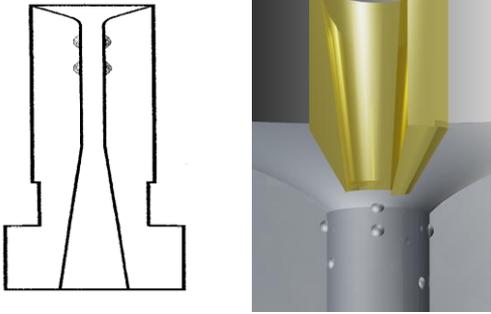
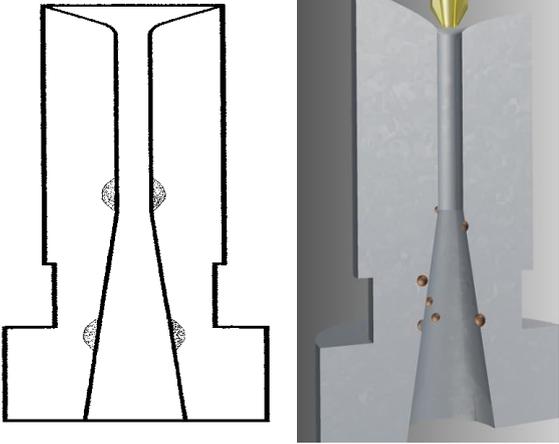
Debido a que la producción es acelerada hasta una velocidad (200 a 300 pie/seg.) para entrar a la garganta, la cavitación es un problema potencial, la presión estática del fluido cae hasta llegar a la presión de vapor del fluido a altas velocidades. Esta presión baja causa que se formen las cavidades bajas de vapor (cavitación), esto provoca choques de

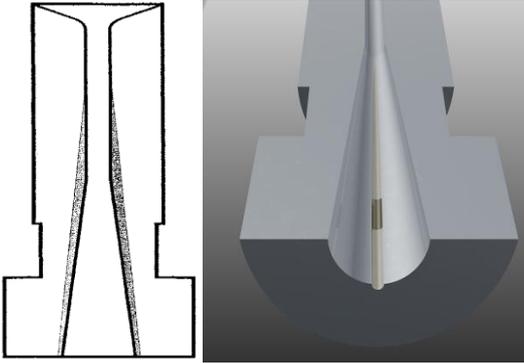
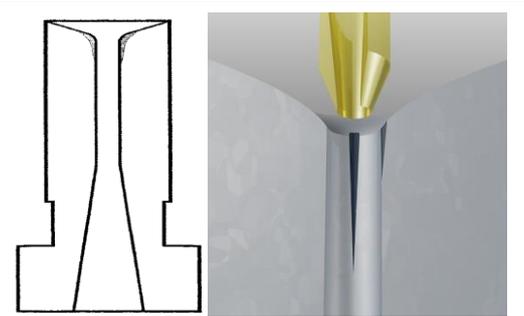
fluido en la garganta por lo que la producción no se puede aumentar a la presión de entrada de la bomba aun cuando la tasa de fluido motriz y la presión sean incrementadas.

Se puede manifestar que, con una tasa de flujo cercana a cero, desaparece la cavitación debido a que las velocidades del fluido son bajas. Sin embargo, bajo estas condiciones la diferencia de velocidades que existe entre el jet (chorro que sale del nozzle) y el fluido producido, hace que se produzca una zona de corte en los límites de los dos fluidos. Esta zona de corte entre los fluidos genera vórtices (torbellinos) que tienen una presión reducida, por lo tanto, se forman cavidades de vapor en el alma de los vórtices, permitiendo la erosión de las paredes de la garganta a medida que las burbujas de vapor colapsan debido al decaimiento del vórtice y el aumento de presión en la bomba.

3.1.3 Ejemplos de Cavitación

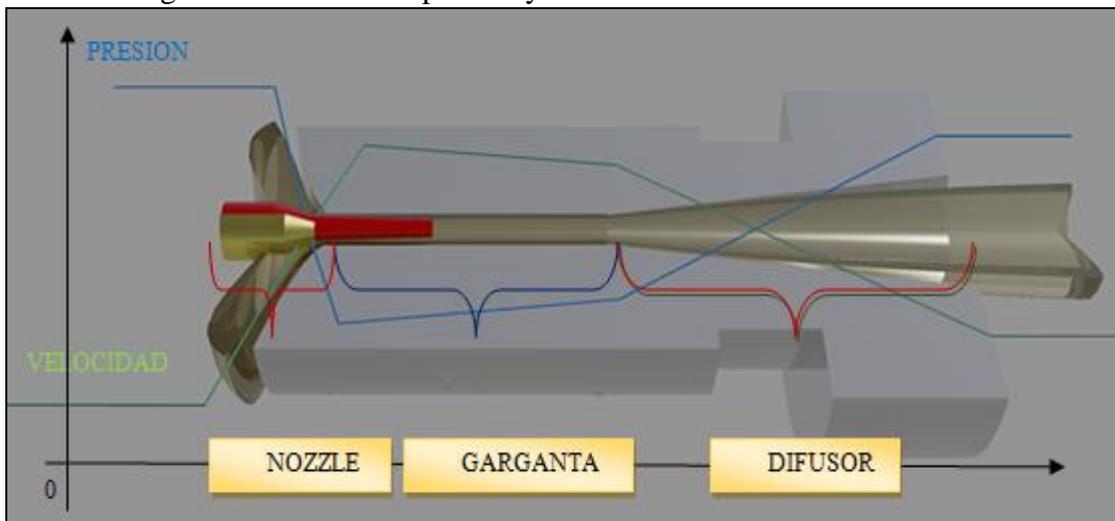
Tabla 17. Ejemplos de cavitación en la garganta de las bombas JET

 <p>The diagram on the left shows a cross-section of a nozzle with a narrow throat. Small circles representing vapor cavities are located at the inlet of the throat. The 3D model on the right shows a yellow jet entering a grey nozzle, with small white spheres representing cavities at the inlet.</p>	<p>Ejemplo A.- Cavitación en la entrada de la garganta, es provocado por el fluido de producción. Se necesita de un tamaño mayor de garganta, posiblemente el próximo mayor</p>
 <p>The diagram on the left shows a cross-section of a nozzle with a narrow throat. Small circles representing vapor cavities are located at the outlet of the throat. The 3D model on the right shows a grey nozzle with a yellow jet exiting, and small white spheres representing cavities at the outlet.</p>	<p>Ejemplo B.- La cavitación en el extremo inferior de la garganta y entre el difusor es causada por el fluido motriz, usualmente indica menor presión de intake</p> <p>Solución: disminuir el tamaño de la Garganta y presión de operación.</p>

	<p>Ejemplo C.- Erosión por arena normalmente ocurre en una gran longitud del área desde el extremo de la entrada de la garganta dentro de la sección del difusor de la garganta.</p>
	<p>Ejemplo D.- El extremo de entrada de la garganta más ancho usualmente causado por el intento de producir más que el área anular lo permite; También por mayores volúmenes de gas.</p>

Fuente: Autor

Figura 15. Cambio de presión y velocidad en el interior de la bomba



Fuente: Autor

El rendimiento de las bombas jet depende en gran medida de la presión de descarga que a su vez es influenciado por la taza gas / líquido en la columna de retorno hacia la superficie valores grandes de gas / líquido reducen la presión de descarga.

La cantidad de fluido motriz depende del tamaño del nozzle y la presión de operación, a medida que la presión del fluido motriz aumenta, el poder de levantamiento de la bomba

aumenta, la tasa de fluido motriz adicional hace que el gas / líquido disminuya, provocando que aumente el levantamiento efectivo.

3.2 Bomba Jet Kobe y Oilmaster

3.2.1 Aplicaciones y Diseños

Las bombas Kobe / Oilmaster Jet de Trico pueden adaptarse para funcionar en una amplia variedad de cavidades de fondo y herramientas de pozo. Los componentes reales de trabajo de la bomba son la boquilla, la garganta y el difusor están montados en una variedad de configuraciones y materiales para adaptarse a los requerimientos de producción y el entorno del pozo. A continuación, se muestran algunas de las aplicaciones más comunes de la bomba de chorro.

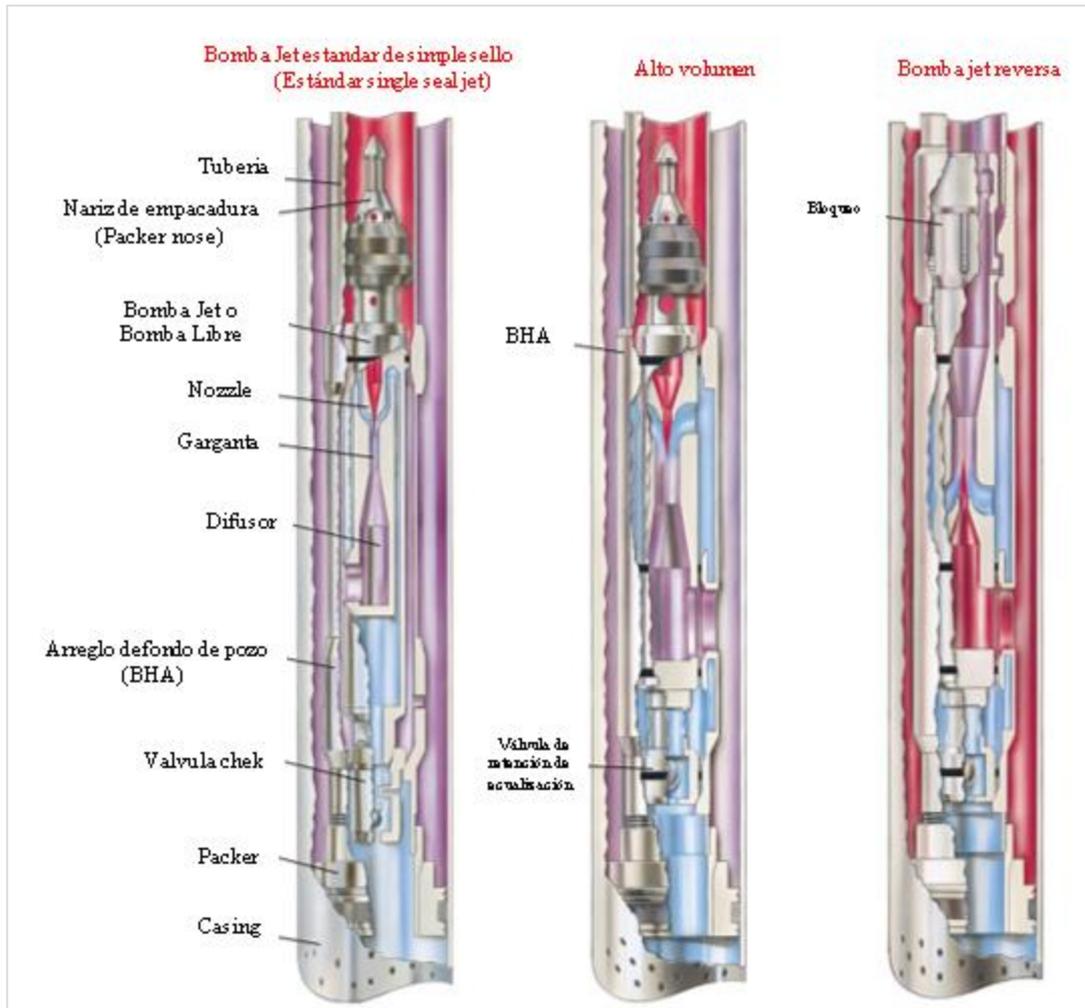
La bomba jet de sello simple estándar (Standard Single Seal Jet Pump) se muestra asentada en un conjunto de orificio inferior diseñado para una bomba de pistón hidráulica. Este diseño permite la adaptación a un amplio surtido de conjuntos de orificios inferiores de muchos fabricantes. Como una "Bomba Libre", la unidad puede ser recuperada simplemente cambiando el flujo de fluido de potencia por el anular, desasentando la bomba y devolviéndola a la superficie. La característica de "Bomba Libre" puede eliminar tirones costosos de la tubería para recuperar la bomba del fondo de la tubería.

La bomba jet de alto volumen (High Volume Jet Pump) también se muestra en una configuración de "bomba libre". Debido a los altos aportes de fluido del pozo, se requiere un conjunto de agujero inferior especial.

La bomba de alto volumen de chorro también se puede ejecutar en una circulación de modo inversa. Como se muestra, el diseño de circulación inversa no es un "Bomba libre", pero se mantiene en su lugar mediante una cerradura superior / mecánica Holddown.

Se instala y recupera fácilmente usando Herramientas convencionales de pesca con cable.

Figura 16. Tipos y partes de la bomba Jet Kobe



Fuente: Autor

El diseño de la bomba de chorro deslizante ha llegado a ser popular en particular con operadores costa afuera. Principalmente se ejecuta en un modo de circulación inversa con un bloqueo superior, la versión de manga deslizante también se puede ejecutar en la tubería si lo desea.

Operadores de plataforma que utilizan Las bombas sumergibles han encontrado que la bomba de chorro de manga deslizante se puede ejecutar en producción continua de un pozo cuando el ESP ha cerrado. Las bombas de chorro de manga deslizante de Trico han

sido ampliamente aceptadas y son especialmente adecuadas para pruebas de vástago de perforación, ya que las bombas de superficie ya están en su lugar y la capacidad de producción del pozo es incierta (las bombas de chorro pueden operar a menos del 5 por ciento de la capacidad nominal sin dañar la bomba).

3.2.2 Ventajas de Utilizar Bombas Jet Oilmaster ya Kobe

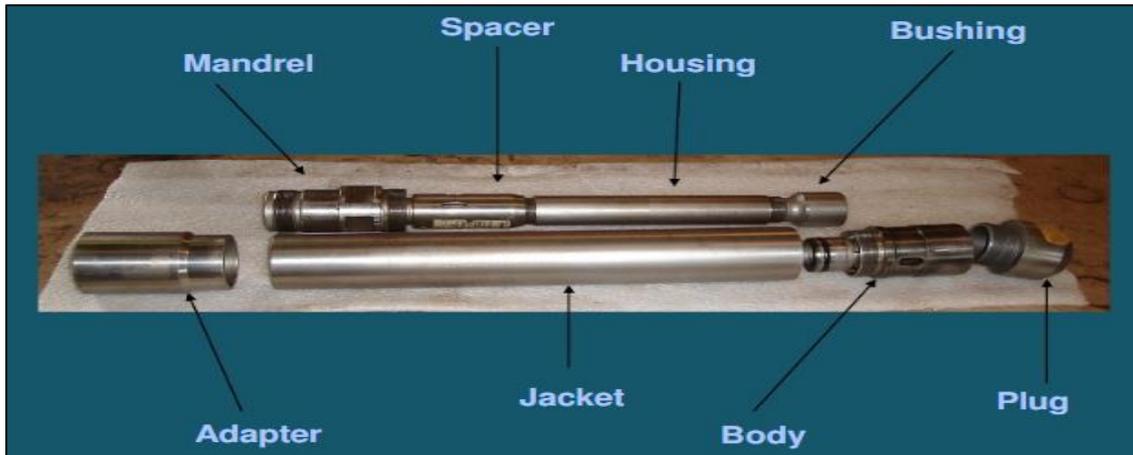
- Con una bomba jet Oilmaster se puede producir hasta 12 000 BFPB es decir mucho más que la capacidad de cualquier bomba alternativa adecuada.
- No adolece de problemas de golpes de fluido ni recalentamiento y el gas se puede liberar fácilmente.
- La bomba jet no tiene partes móviles, puede estar construida de piezas en donde se solucione problemas de producción para pozos altamente corrosivos.
- Las partículas sólidas abrasivas pasan fácilmente por la bomba jet
- El recubrimiento de carburo de tungsteno de la boquilla y la garganta rinde larga duración efectiva en pozos de alto contenido de materiales sólidos.
- Resuelve problemas relacionados con la producción de crudos pesados de alto corte de parafina, con altas temperaturas de fondo de pozo y con pozos de gas invadidos por agua
- Bajos costos de mantenimiento
- Adaptabilidad para uso en una camisa deslizante
- Capacidad de manejar producción con gas.

3.2.3 Desventajas de Utilizar Bombas Jet Oilmaster y Kobe

- La bomba jet requiere de un alto caballaje para trabajar idóneamente
- En pozos donde se tiene un alto corte de agua se requiere inyectar químicos para bajar emulsión producida por la jet en los tanques de almacenamiento.

3.2.4 Bomba Jet Oilmaster

Figura 17. Partes de la Bomba JET OILMASTER



Fuente: www.weatherford.com/doc

Figura 18. Bomba JET OILMASTER armada



Fuente: www.weatherford.com/doc

Tabla 18. Geometrías de la Bomba JET OILMASTER

BOMBA JET OILMASTER								
TAMAÑO	AREAS		INYECCION		PRODC.	DIAMETROS VOQUILLA Y THR		LONG.
GEOMETRIA	NOZLE	THROAT	MIN	MAX	MAX	NOZLE	THROAT	JET Y PISTON
7 ^a	7	7				0,0103	0,0271	2,5X48
8 ^a	8	8	1302	1512	300	0,0131	0,0346	267"
9 ^a	9	9	1400	2000	500	0,0167	0,0441	3X48
10 ^a	10	10	1792	2598	1100	0,0212	0,0516	272"
11 ^a	11	11	2322	3318	1268	0,0271	0,0715	3X54
								290"

Fuente: SOLIPET. SA.

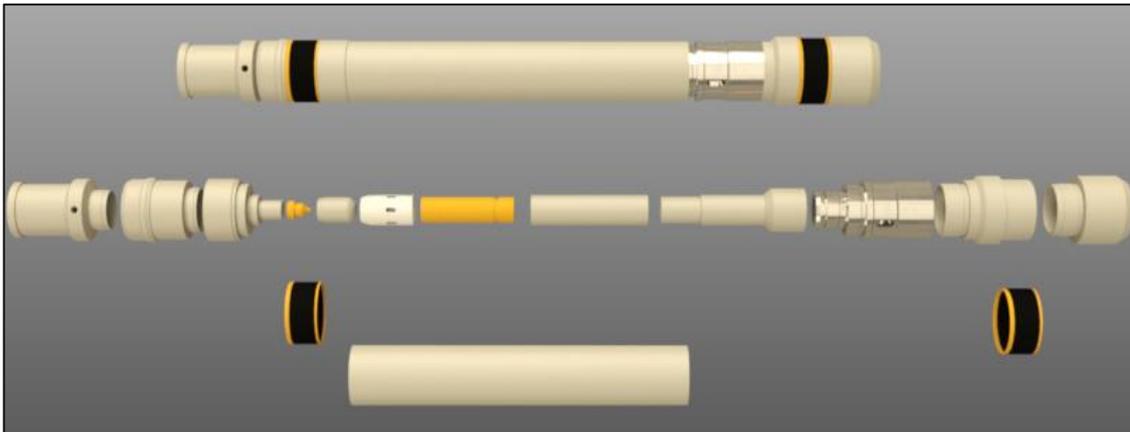
3.2.5 Bomba Jet Kobe

Figura 19. Bomba JET KOBE



Fuente: Autor

Figura 20. Despiece de Bomba JET KOBE



Fuente: Autor

Tabla 19. Geometrías de la Bomba JET KOBE

BOMBA JET KOBE								
TAMANO	AREAS		INYECCION		PRODC.	DIAMETROS VOQUILLA Y THR		LONG.
GEOMETRIA	NOZLE	THROAT	MIN	MAX	MAX	NOZLE	THROAT	B/J
7 ^a	7	7	900	1200	200	0,0278	0,0111	253'' O 21 ft.
8 ^a	8	8	1060	1520	300	0,0359	0,0144	
9 ^a	9	9	1400	2000	500	0,0464	0,0177	
10 ^a	10	10	1782	2598	1100	0,0599	0,0240	
11 ^a	11	11	2322	3318	1268	0,0774	0,0310	

Fuente: SOLIPET S.A.

3.3 Bomba Jet Claw Directa

3.3.1 Aplicaciones

La bomba convencional Jet Claw es comúnmente utilizada en pozos de producción continua y en operaciones de pruebas de pozos. Se la emplea en pozos con revestimientos deteriorado.

3.3.2 Características

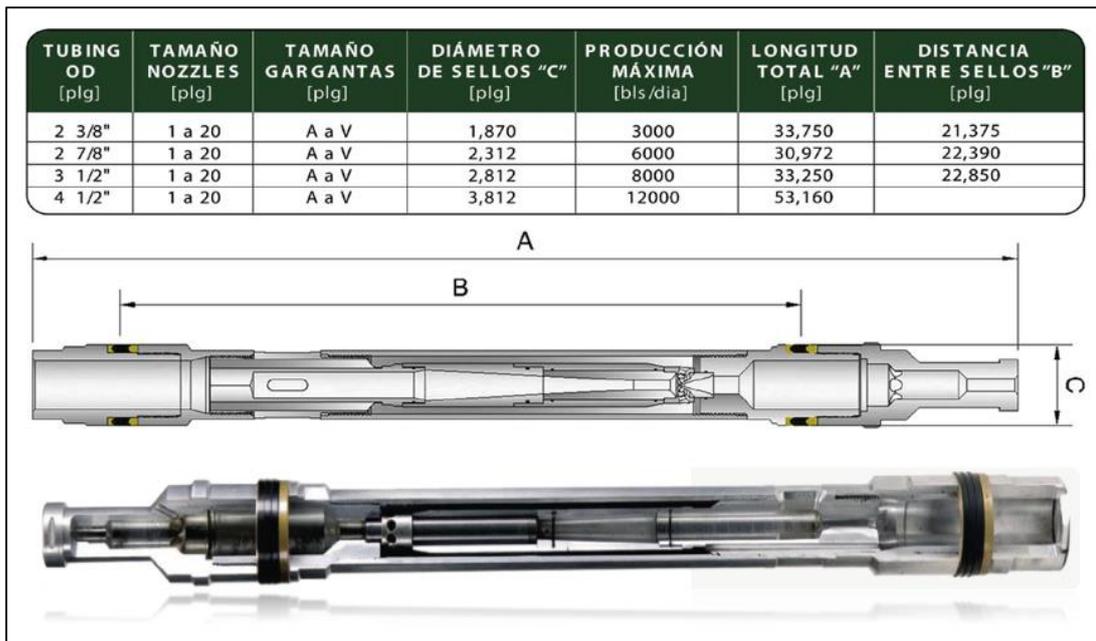
- Está compuesta por 11 partes fijas, las partes más importante son: el Nozzle y la garganta.
- Se puede asentar en una camisa, cavidad, mandril de gas lift.
- Construida en acero de alta calidad térmicamente tratados lo que permite que trabaje en ambientes severos.
- Puede adaptar sensores de presión o muestreadores para análisis PVT.
- Puede ser removida hidráulicamente o utilizando wire line

3.3.3 Ventajas

- Minimiza pérdidas por fricción
- La metalurgia de la bomba le permite trabajar en operaciones de recuperación de ácidos y solventes.
- Trabaja en pozos verticales, horizontales o desviados
- Existen 483 posibles geometrías que permiten rangos de producción desde 50 hasta más de 12000 BFPD.
- Se repara en la locación en 15 minutos
- Ideal para generación de pruebas multiratas

- Se asienta lo más cercano posible a la formación productora (+/- 200 pies) lo que permite que la información de presión y temperatura sean recopilados sin efecto de almacenamiento.
- Bajos costos de operación.

Figura 21. Bomba Jet Claw Directa



Fuente: Catálogo SERTECPET

3.4 Bomba Jet Reversa

Tiene los mismos componentes internos que la Jet directa, diferenciándose en el orden de los mismos. En la jet directa el nozzle está en la parte superior en la reversa está en la parte inferior.

El fluido motriz es inyectado por el espacio anular y la producción más la inyección retorna por el tubing.

3.4.1 Características y Ventajas

Además de las características y Ventajas que la bomba Jet claw convencional, se pueden adicionar las siguientes:

- Los fluidos del reservorio son recuperados una vez que la capacidad de la tubería de producción que se encuentra sobre la bomba ha sido desplazada, lo que implica un sustancial ahorro de tiempo de operación.
- La presión de operación puede ser manejada de acuerdo a las necesidades preestablecidas cuando se realizan pruebas de PVT
- No requiere presiones superficiales mayores a 2500 psi
- Son recomendables para pozos nuevos o con altos contenidos de sólidos ya que las partículas sólidas abrasivas pasan fácilmente por la bomba jet.
- Volúmenes significativos de gas libre pueden ser manejados sin el desgaste excesivo que se presenta en las bombas de desplazamiento positivo.
- No existe vibración en el uso de estas bombas. Trabajar en operaciones de recuperación de ácidos y solventes
- Trabaja en pozos verticales, horizontales o desviados

Figura 22. Bomba Jet Reversa

TUBING OD [plg]	TAMAÑO NOZZLES [plg]	TAMAÑO GARGANTAS [plg]	DIÁMETRO DE SELLOS "C" [plg]	PRODUCCIÓN MÁXIMA [bls/día]	LONGITUD TOTAL "A" [plg]	DISTANCIA ENTRE SELLOS "B" [plg]
2 3/8"	1 a 20	A a V	1,870	3000	33,750	20,015
2 7/8"	1 a 20	A a V	2,312	6000	35,500	21,250
3 1/2"	1 a 20	A a V	2,812	8000	36,250	20,050
4 1/2"	1 a 20	A a V	3,812	12000	53,160	

Fuente: Catálogo SERTECPET

A continuación se puede apreciar las medidas de las geometrías de las bombas jet claw.

Tabla 20. Geometrías de las Bombas JET CLAW

SERTECPET - CLAW			
NOZZLE		GARGANTA	
DENOM.	AREA	DENOM.	AREA
1	0,0018	A	0,0046
2	0,0030	B	0,0072
3	0,0038	C	0,0140
4	0,0054	D	0,0142
5	0,0074	E	0,0187
6	0,0094	F	0,0239
7	0,0108	G	0,0311
8	0,0122	H	0,0376
9	0,0148	I	0,0447
10	0,0175	J	0,0526
11	0,0239	K	0,0654
12	0,0311	L	0,0796
13	0,0450	M	0,0957
14	0,0658	N	0,1119
15	0,0851	O	0,1445
16	0,1251	P	0,1763
17	0,1552	Q	0,2154
18	0,1950	R	0,2593
19	0,2464	S	0,3127
20	0,3119	T	0,3780
21	0,3850	U	0,4515
		W	0,6520

Fuente: Catálogo SERTECPET

3.5 Problemas que se Presentan en las Bombas Jet

Las bombas luego de un cierto tiempo de operación pueden empezar a presentar problemas que se ven reflejados en la alteración de los parámetros de operación de superficie, muchos de estos problemas se deben a factores dentro del pozo.

A continuación esta una tabla con los problemas, las causas y las soluciones para eliminar estos inconvenientes:

Tabla 21. Problemas más comunes en las Bombas JET, causas y soluciones

PROBLEMA	CAUSA	SOLUCION
1.- Aumento súbito en la presión de operación de la bomba (la bomba toma fluido motriz)	<ul style="list-style-type: none"> a) Taponamiento por parafina y obstrucción en la línea de fluido motriz, línea de flujo o válvula. b) Taponamiento parcial en el nozzle 	<ul style="list-style-type: none"> a) Correr tapó soluble de aceite o remover la obstrucción. b) Reverse la bomba y limpie el nozzle.
2.- Cambio lento en la presión de operación (rata de fluido motriz constante) decremento lento en la tasa de fluido motriz, presión de operación constante.	<ul style="list-style-type: none"> a) Taponamiento lento de parafina. b) Garganta o difusor desgastada (posible cavitación) 	<ul style="list-style-type: none"> a) Correr un tapón soluble de aceite caliente. b) Reversar la bomba y reparar.
3.- Incremento repentino de la presión de operación (la bomba no toma fluido motriz)	<ul style="list-style-type: none"> a) El nozzle (garganta) completamente taponado. 	<ul style="list-style-type: none"> a) reversar la bomba y proceder a limpiar correctamente el nozzle.
4.- Decremento repentino de la presión de operación, rata de fluido motriz constante o incremento súbito de la rata de fluido	<ul style="list-style-type: none"> a) Falla del tubing. b) sello de la bomba soplado o nozzle roto 	<ul style="list-style-type: none"> a) Realice pruebas para determinar fugas o fisuras en el tubing, sacar el tubing y repararlo. b) Reversar bomba y reparar.

<p>5.- Caída de producción condiciones superficiales normales</p>	<p>a) Garganta o difusor gastado.</p> <p>b) Acoplamiento de standing valve o bomba.</p> <p>c) Fuga o taponamiento en la ventilación del gas.</p> <p>d) Condiciones del pozo cambiantes.</p>	<p>a) Presión operación incrementada, reemplace la garganta y el difusor.</p> <p>b) Suba la bomba y chequee. Recuperas standing valve.</p> <p>c) Chequee los sistemas de ventilación de gas.</p> <p>d) Rediseñar la bomba.</p>
<p>6.- La producción no aumenta cuando la presión de operación es aumentada.</p>	<p>a) Cavitación en la bomba o producción alta de gas</p> <p>b) Acoplamiento del standing valve de la bomba.</p>	<p>a) Presión de operación baja o instale una garganta más grande.</p> <p>b) Reversar la bomba y chequee. Recuperar standing valve.</p>

Fuente: SOLIPET SA.

3.6 Unidad Móvil de Evaluación

Bombeo hidráulico tipo jet es un sencillo y económico conjunto de equipos para bombeo hidráulico, exclusivamente para pozos individuales.

El conjunto que se instala en la locación contiene todos los controles y equipos necesarios para:

- Aislar el fluido producido que ha de utilizarse como fluido de inyección (fluido motriz), pudiendo ser agua o petróleo.
- Separar el crudo del gas y de los sedimentos producidos por el pozo.

- Circular el fluido motriz a la presión necesaria para accionar la bomba de subsuelo.

3.6.1 Ventajas de Uso Práctico

El sistema de bombeo hidráulico, a diferencia de los otros sistemas de levantamiento artificial, presenta mejores ventajas tanto económicas como operativas y es el sistema más utilizado por su adaptabilidad y sus buenos resultados de producción en pozos descartados.

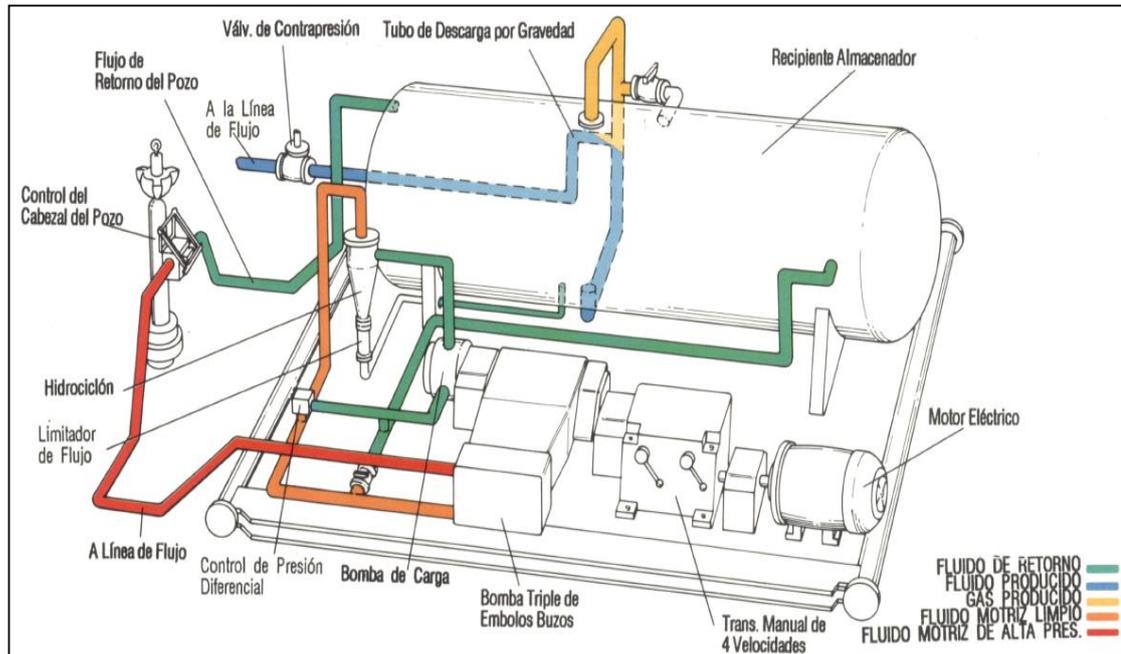
- Se adaptan a las cambiantes condiciones del pozo, es decir que se puede trabajar con tasas flexibles de producción.
- Puede usar agua o petróleo producido como fluido motriz (Según necesidad)
- Se pueden seleccionar capacidades de los recipientes dependiendo de las escalas de presión para así satisfacer las aplicaciones específicas a afrontar en el pozo.

3.6.2 Ventajas de Operación

- Facilidad del control del nivel del fluido dentro del recipiente y controles automáticos de presiones, encendido y parada de emergencia.
- El consumo de energía lo determinan las condiciones del pozo, esto es dependiendo del número de revoluciones a trabajar y la producción del pozo.
- Se puede inyectar al fluido motriz tratamientos químicos los mismos que nos facilitarán la operación y alargará la vida útil de la bomba.

3.7 Funcionamiento 2,5cm

Figura 23. Cómo funciona el sistema hidráulico con un recipiente



Fuente: SOLIPET SA.

El circuito de flujo del sistema es el siguiente:

El petróleo, el gas y el agua que produce más el fluido motriz regresan del pozo (línea verde) hacia el recipiente almacenador del conjunto unhidráulico, en el recipiente se realiza la separación por gravedad del petróleo, el agua (línea azul) y el gas libre (línea amarilla) producidos por el pozo se descargan en la línea de flujo.

En el depósito siempre se mantiene una reserva de fluido motriz, el fluido pasa después a la bomba de carga el cual eleva la presión para que pase al sistema del ciclón limpiador, en este al fluido se le extraen las partículas sólidas las cuales se descargan por debajo e inmediatamente pasan a la línea de flujo.

El fluido motriz (línea anaranjada) pasa del rebosadero (parte superior del hidrociclón) del ciclón a la bomba triple de émbolos buzos; el fluido que descarga la bomba a alta presión (línea roja) va pozo abajo para impulsar la bomba hidráulica.

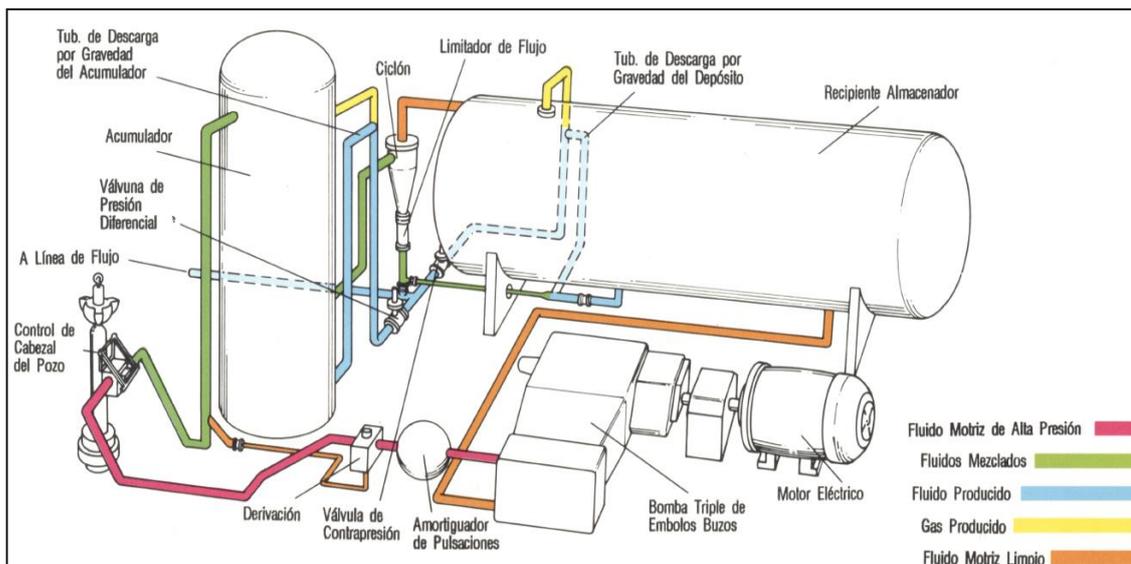
3.8 Como Funciona un Sistema Unhidráulico de Dos Recipientes

Figura 24. Unidad Móvil de Evaluación con DOS Recipientes



Fuente: Autor

Figura 25. Cómo funciona el Sistema Hidráulico con Dos Recipientes



Fuente: SOLIPET

El circuito de flujo del sistema es el siguiente:

El petróleo, el gas y el agua que produce más el fluido motriz regresan del pozo (línea verde) hacia el recipiente almacenador del conjunto hidráulico, en el recipiente ocurre la separación inicial por gravedad: el gas libre y los líquidos sobrantes descargan en la línea de flujo.

Los demás fluidos se cargan a presión al sistema limpiador del ciclón. En este ocurre la separación forzada por gravedad y los fluidos se descargan por la tubería del fondo saliendo a la línea de flujo (línea azul)

El fluido motriz limpio (línea anaranjada) pasa del rebosadero (parte superior del hidrociclón) del ciclón al tanque de depósito donde ocurre la separación final. En el tanque se mantiene una reserva del fluido motriz limpio (agua o petróleo) y los demás fluidos producidos (línea azul) y el gas (línea amarilla) pasan a la línea de flujo. Del tanque el fluido motriz (línea anaranjada) pasa a la succión de la bomba de émbolos buzos. El fluido que descarga la bomba a presión (línea roja) va al pozo para impulsar la bomba hidráulica.

Ya hemos reconocido los elementos y herramientas que son esenciales para realizar una evaluación; además de cómo funciona el sistema de bombeo hidráulico ya sea en la etapa de evaluación o producción de pozos petroleros en la zona oriental del país. Estos conocimientos son de vital importancia para comprender cada uno de los instructivos que conforman el manual de procedimientos.

CAPÍTULO IV

4 MANUAL DE OPERACIONES PARA BOMBEO HIDRÁULICO

Un manual es un elemento del sistema de control interno, el cual se crea para tener información detallada, ordenada, sistemática e integral que contiene todas las instrucciones, responsabilidades y procedimientos de las distintas operaciones.

4.1 Reglamento Interno del Ministerio de Relaciones Laborales

El código de trabajo en el **Art. 55** expresa que son obligaciones del trabajador:

Numeral 2, “Ejecutar sus labores en los términos determinados en su contrato de trabajo, y en la descripción de funciones de cada posición, según consta en el Manual de Funciones, desempeñando sus actividades con responsabilidad, esmero y eficiencia”

Numeral 3, “Ejecutar su labor de acuerdo a las instrucciones y normas técnicas que se hubieren impartido; y, cumplir estrictamente con las disposiciones impartidas por la Empresa y/o autoridades competentes, sin que en ningún caso pueda alegarse su incumplimiento por desconocimiento o ignorancia de la labor específica confiada.”

Art.- 56. Serán derechos de los trabajadores de...

Literal e) “Recibir capacitación o entrenamiento, de acuerdo con los programas de desarrollo profesional que determine la Empresa, tendiente a elevar los niveles de eficiencia y eficacia en el desempeño de sus funciones.”

4.2 Situación Actual del Manual de Bombeo Hidráulico

La empresa cuenta con un documento de OPERACIONES DE BOMBEO HIDRÁULICO creado en marzo del 2012 en el que se describe brevemente la instalación de los equipos, la puesta en marcha, parada de emergencia, descarga de fluido al tanque bota o a la estación y desmontaje de los equipos.

En un análisis y discusión se plantea la elaboración de un documento que cumpla con el principio de un manual que es brindar la información detallada, sistemática e integral que ayude a mejorar la eficiencia del puesto de trabajo, que permita controlar las funciones y responsabilidades de cada uno de los trabajadores dentro de las operaciones que se describen en el mismo y documentar todas las operaciones

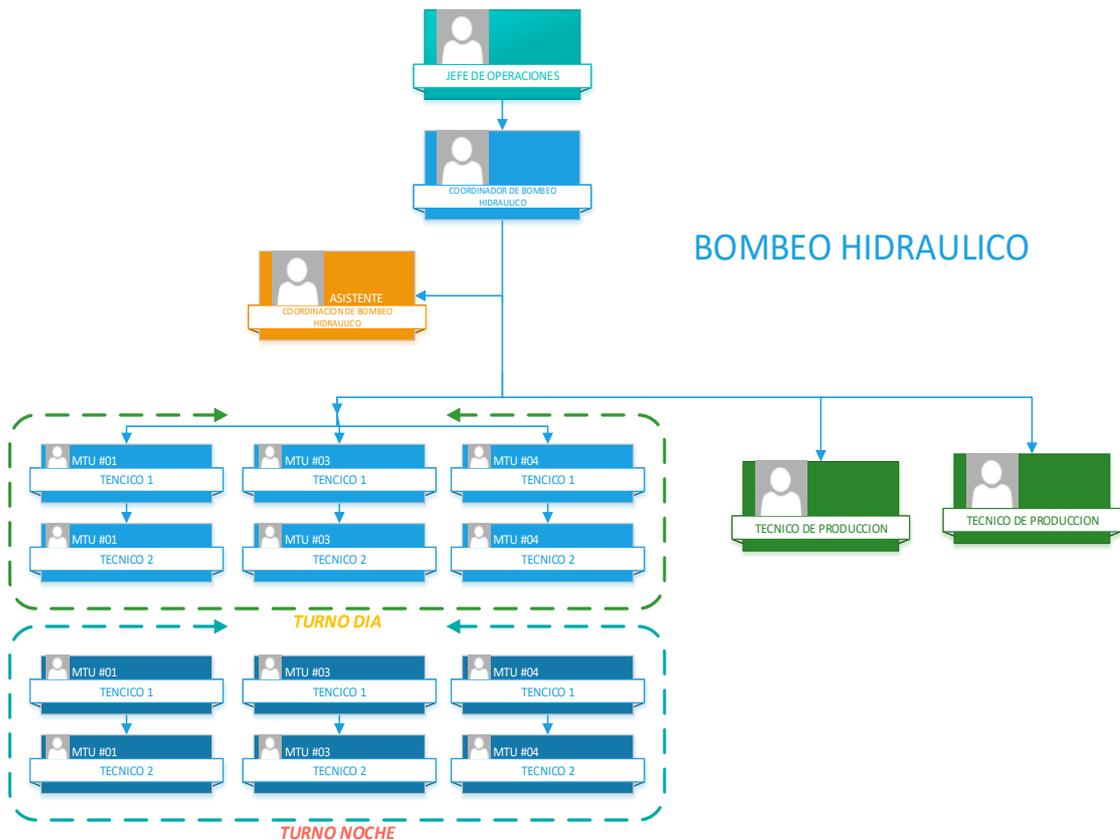
El presente trabajo busca detallar las operaciones en un orden cronológico, delimitar funciones y responsabilidades de los trabajadores, determinar los objetivos y alcances de cada uno de los instructivos, integrar las operaciones a los requerimientos del cliente (PAM) y describir otras operaciones que no son tomadas en cuenta en el documento de OPERACIONES DE BOMBEO HIDRÁULICO.

4.3 Estructura de los Instructivos

Para poder desarrollar cada procedimiento del manual de operaciones de bombeo hidráulico es necesario conocer las responsabilidades y funciones de cada puesto de trabajo. SOLIPET S.A como toda gran empresa, cuenta con un manual de funciones que ayuda a controlar las responsabilidades de cada uno de los puestos dentro de la compañía.

El área de Bombeo Hidráulico cuenta con 17 puestos de trabajo, cada uno identificado en el Organigrama Jerárquico Funcional de la institución.

Figura 26. Diagrama Jerárquico del área de Bombeo Hidráulico de la empresa SOLIPET S.A.



Fuente: Autor

Las funciones de los puestos de trabajo están identificadas en el **ANEXO**. Estas funciones determinan las responsabilidades de cada técnico dentro de las operaciones que se realizan con las Unidades de Evaluación y que están plasmadas en cada instructivo.

Cada instructivo está estructurado de la siguiente manera:

Encabezado.- En esta parte se ubica el logo de la empresa, título de la operación, número de registro y fecha de elaboración.

Tabla 22. Ejemplo de encabezado para los instructivos de Bombeo Hidráulico

	Sistema Integrado de Gestión ISO9001-ISO14001-OHSAS18001	Fecha: 01/02/17
	<u>INSTRUCTIVO PARA EVALUAR POZO CON UNIDAD MTU</u>	MAN SIG 001

Fuente: Autor

Objetivo.- Se describe la meta que se pretende alcanzar al realizar esta operación.

Alcance.- En este punto se señala los departamentos, el área, ubicación, el personal, los equipos y las operaciones simultáneas que se ven involucradas de manera directa o indirecta en la realización de cada procedimiento.

Instructivo.- Se detalla paso a paso las actividades a realizar en forma cronológica y sistematizada.

Anexo.- En esta parte se ubican los conceptos y definiciones de las terminologías usadas dentro de los procedimientos. Además de imágenes y planos que nos ayuden a tener una visión más clara de cómo realizar cada operación.

Las operaciones que se describen en este documento son:

Procedimiento para instalación de MTU

Procedimiento para operar MTU

Procedimiento para evaluar un pozo

Procedimiento para trabajar con Tanque Bota

Procedimiento para transportar y ubicar un Tanque Bota

Procedimiento para realizar BSW, Salinidad y API

Protocolo para la movilización de equipos

Protocolo de Seguridad, Normas y Recomendaciones

4.4 Instructivo para Evaluar Pozo con Unidad MTU

	Sistema Integrado de Gestión ISO9001-ISO14001-OHSAS18001	Fecha: 01/02/17
	<u>INSTRUCTIVO PARA REALIZAR LA INSTALACION DE LA UNIDAD MOVIL DE EVALUACIÓN</u>	MAN SIG INST-001

1. OBJETO

Definir las instrucciones de trabajo a seguir para realizar la instalación de la unidad móvil de evaluación en las locaciones donde se presta servicios, cumpliendo con los requerimientos del cliente, basados en el sistema de Gestión Integral de la empresa.

2. ALCANCE

Este instructivo se aplicará en la operación de evaluación de pozos, de acuerdo a las necesidades presentadas por el cliente; según las normas vigentes dentro de la empresa prestadora de servicio; relacionadas con los sistemas de gestión de calidad, medio ambiente, seguridad y salud ocupacional.

3. INSTRUCCIONES PARA REALIZAR EL TRABAJO

Este procedimiento lo ejecuta el equipo de operaciones en campo (Técnico 1 y Técnico 2- Operador), el Coordinador del área de Bombeo Hidráulico, y debe estar supervisado por el responsable de seguridad de la empresa prestadora de servicio; y, debe seguir los siguientes pasos:

Solicitud de servicio

1. La persona que receipta el requerimiento, solicita al cliente toda la información necesaria sobre el trabajo y condiciones del servicio

2. Determinar si se dispone o no del o los equipos que solicita el cliente, de igual forma la capacidad de presiones o caudales suficiente para cumplir con el requerimiento. Comunicar este particular inmediatamente al cliente.
3. Clarifica con el cliente sobre los tiempos mínimos que se requieren para llegar al sitio de trabajo.
4. Preparar al personal y dar instrucciones sobre el trabajo a realizar.
5. Realizar los protocolos de seguridad para la movilización de los Equipos.

Al llegar al sitio de trabajo:

6. Coordinar con el solicitante (representante de la compañía operadora) cuáles serán los parámetros del trabajo.
7. Si el cliente lo requiere, llenar un permiso de trabajo de la operadora y hacer firmar a los presentes.
8. La provisión del fluido limpio para llenar el módulo e iniciar el bombeo, también es competencia del Cliente. Y se debe solicitar con anticipación
9. Establezca el área donde colocará la unidad móvil. Si las condiciones de la locación (plataforma del pozo) lo facilitan, considere una distancia de 15 a 25 metros del cabezal del pozo y de otros equipos en la locación, con una orientación que facilite todas las instalaciones propias de este equipo, pero a la vez brindando posibilidades de desalojo inmediato y seguro de la locación en caso de que ocurra algún accidente.
10. Antes de proceder a instalar la unidad MTU la persona que firmó como ejecutor en el permiso de trabajo debe asegurarse de que el personal que va a colaborar con esta actividad use el equipo de protección personal de acuerdo a las normas establecidas por el departamento de seguridad de la empresa. ANEXO C.

11. Los valores de las distancias de ubicación de los equipos que se indican en el ANEXO B están en dependencia de las facilidades de la locación, es decir, pueden variar de acuerdo al espacio físico disponible.
12. Coloque la membrana en el área establecida anteriormente, que involucre las actividades con la unidad, para evitar todo tipo de contaminación.
13. Ubique la unidad en el lugar establecido lentamente, coloque topes en las ruedas de la unidad móvil, haga accionar y verifique el correcto bloqueo.
14. Coloque las bases de madera para asentar los apoyos principales de la unidad sobre un área plana.
15. Regule la altura de los apoyos, para suspender e independizar la unidad del camión transportador.
16. Arme el cubeto con la membrana de tal manera que tenga una capacidad volumétrica mínima de 110% del fluido que se maneja en la unidad MTU. Las medidas referenciales para la construcción del cubeto son: 0.17 m de alto, 2.9 m de ancho y 14.9 m largo.
17. Coloque escaleras y accesorios para el correcto tránsito sobre la unidad.
18. Si las facilidades de la locación lo permiten, ubique el extintor, de ruedas, de 100 libras con polvo químico ABC, a una distancia de 5 a 10 metros de la unidad.
19. Ubique los estabilizadores y obtenga la nivelación de la plataforma de la unidad con los soportes regulables, para evitar vibraciones facilitando el ajuste de los niveles de aceite y sensores.
20. Realizar la respectiva conexión a tierra, mínimo dos personas deben realizar esta actividad para evitar golpes en las manos mientras se introduce la varilla al piso. El trabajo debe ser realizado con un combo anti chispa (bronce) para

evitar crear un punto de ignición, lo que podría provocar un incendio por la presencia de gases peligrosos. ANEXO E

21. Determine y baje equipos y accesorios que va a utilizar en el ensamblaje y operación. Es importante verificar que las tuberías y accesorios tengan ubicados los sellos de caucho y que estén en buen estado.
22. Colocar los manómetros de alta y baja presión cubriendo los hilos de las roscas con teflón, ubicar el contador de barriles MC II en la turbina que se encuentra en la línea de inyección junto a la bomba Quintuplex.
23. Revise que las uniones de golpe tengan sus sellos en buen estado y, evite el contacto de las roscas con arena o sólidos. Resguardando cada conexión de la línea de inyección con estribos de seguridad de cable acerado 3/16" x 1 mt de largo.
24. Realice el tendido de líneas y accesorios para la instalación del sistema de bombeo hidráulico en superficie, desde la unidad de evaluación (Inyección) hasta el cabezal del pozo; desde el cabezal del pozo a la unidad de evaluación (Retorno), de la unidad de evaluación (producción) al tanque de almacenamiento o línea de flujo más cercana.
25. Las líneas de inyección y retorno pasarán por el manifold para facilitar de una manera segura la manipulación y los cambios de circuito en el sistema de superficie. Si el bombeo se realiza con cabezal de producción, determinar el uso o no del manifold.
26. Los accesorios que no consten en superficie (cabezal de pozo) como válvulas, conectores, universales, etc., los proporcionará el cliente.

NOTA: La unidad MTU está equipada con sensores, los mismos que se activan automáticamente (apagan la máquina) cuando existe alguna anomalía en el funcionamiento. ANEXO D

4. ANEXOS

ANEXO A

DEFINICIONES:

Cabeza de pozo (Wellhead): Equipo de control instalado en la parte superior del pozo. Consiste de salidas, válvulas, preventores, etc. Ver también Árboles de navidad.

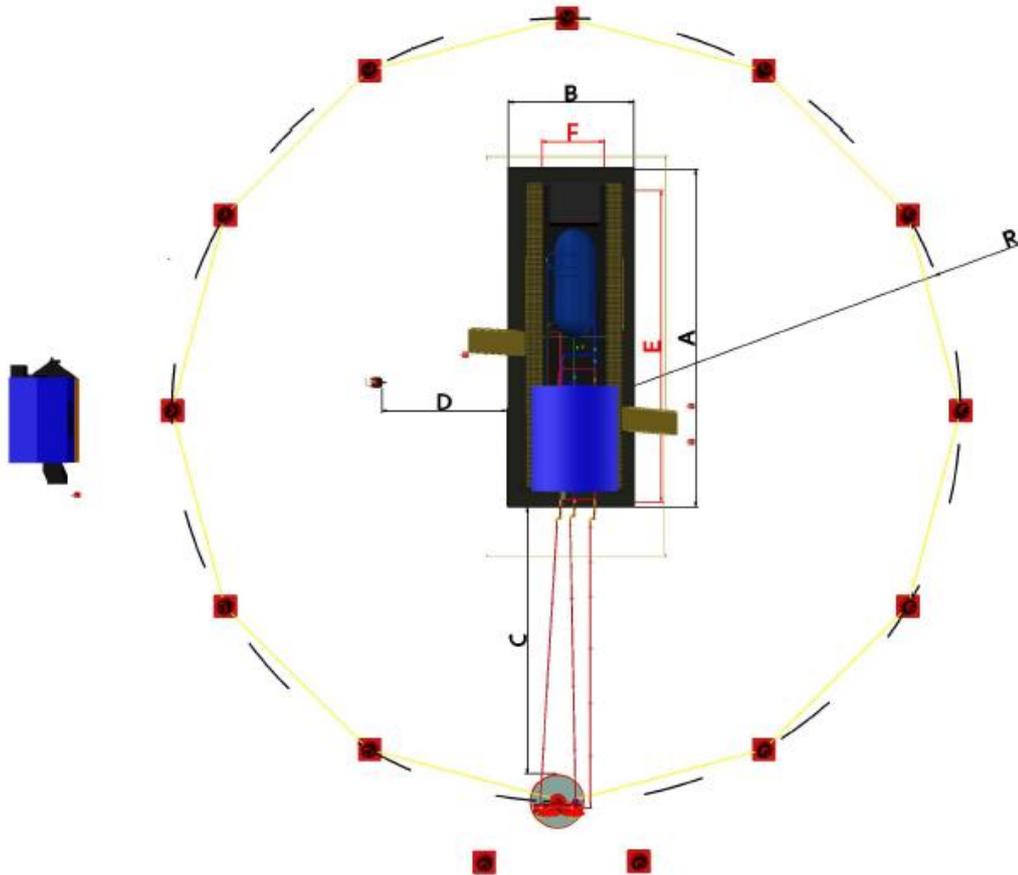
Manifold: Es un conjunto de válvulas que sirve para manipular fluidos y presiones, permite coleccionar o direccionar fluidos de un punto a otro según la necesidad.

Geomembranas: Son laminas geo sintéticas que permiten estancar fluidos en superficie, normalmente se utilizan para eliminar las pérdidas de fluido por filtración y evitar que algún contaminante tenga contacto con el suelo.

Extintor de Polvo químico ABC: son extintores que utilizan una mezcla de polvos químicos como agente extintor para fuegos de clase A, B, C. en nuestro medio es muy utilizado por ser eficaz al momento de combatir incendios por fuego de clase b que son generados por combustibles líquidos como el petróleo y sus derivados.

ANEXO B

FIGURA. Distribución y distancias de la Unidad Móvil De Evaluación en la Plataforma.



ITEN	MEDIDA	
A	14,9 m	Medidas del cubeto
B	2,9 m	
C	15 m	Distancia hasta el cabezal
D	5 @ 10 m	Distancias hasta el extintor 100lb
E	14,5 m	Dimensiones de la MTU
F	2,7 m	
R	15 m	Área asignada para MTU

Fuente: Autor

ANEXO C

Ficha técnica de elementos de protección personal para trabajos en MTU

ZONA DEL CUERPO	ELEMENTO DE PROTECCION PERSONAL	NORMA QUE CUMPLE	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
OIDOS	Protector auditivo tipo copa y normales 	NTC-2272 OSHA-NIOSH CE EN 24869-1 ANSI S 3.19 NRR. 26dB NRR. 30dB	Tipo: De copa o de inserción Material: Espuma de poliuretano, tapones blandos, suelas, autoajustables, cómodos de baja presión. Otros materiales: Silicona Usos: Ruido >85 dB.	Dependiendo del tiempo de exposición y la intensidad del ruido se requerirá EPP auditivo
CABEZA	Casco industrial 	ANSI / ISEA Z89.1-2009 Tipo 1 Clase E	Material: Polietileno de alta densidad. Usos: industria en general	Cuatro puntos de apoyo en la araña, con ala frontal redondeada, preferiblemente con rache, tipo 1
OJOS	Gafas de seguridad 	ANSI Z87.1 (Z87+)	Diseño ojo de gato clásico. Protección frontal y lateral. Diseñado para proteger el ojo contra golpes, impacto de partículas, polvos y chispas. Lente y patillas de policarbonato. Tornillo de acero inoxidable Filtro UV anti empañó.	Preferiblemente antiespumantes
MANOS	Guantes de vaqueta 	ANSI/ISEA 105-2000	Aplicaciones generales que requieran protección a la abrasión y la ventilación que brinda el cuero y el algodón, tales como ensamblaje, construcción, mantenimiento, trabajos con herramientas de alto riesgo, trabajos eléctricos.	Debe mantenerse limpio Si los guantes se encuentran rotos, defectuosos, deteriorados o presentan un riesgo para el desarrollo de la operación deben ser cambiados
	Guantes de nitrilo 		Están fabricados de un compuesto de nitrilo de alto rendimiento lo que les da una excelente combinación de fuerza y resistencia a los productos químicos líquidos como:	Los guantes están hechos de goma sintética
	Guantes largos revestidos de nitrilo 	388:2003 4102 374:2003 z-81	ácidos orgánicos, soluciones saturadas, álcalis, hidrocarburos alifáticos	Superficie en relieve para mejor agarre
	Guantes de pupos 		Guante tejido de algodón poliéster para caballero con panel de PVC negro en ambos lado ambidiestro	Uso: manejo de materiales, herramientas y ensambles
PIES	Calzado de seguridad 	NTC-ISO-20345:2007 Resistente al impacto en la puntera. ASTM-F2413-11 Resistente a la corrosión.	Calzado con puntera resistente a impactos, humedad y pinchazos	Debe mantenerse limpio seco Debe reemplazarse cuando se encuentre deteriorado o defectuoso
	Bota Industrial 	ASTM F2412/05 Y F2413/05	Punta de acero apto para hidrocarburos. Revestimiento de malla interior. Punta anti sudor. Suela antideslizante excelente agarre.	
PROTECCION CORPORAL	Camisa manga larga y pantalón Jean de trabajo 		Protege el riesgo biológico al contacto con insectos, además de la protección solar	Para conservar su prenda de vestir no utilizar detergente con blanqueador
	PONCHO EN PVC CON CAPUCHA 		Protege de riesgos biológicos, lluvia, se utiliza para trabajos para la intemperie	Crea un ambiente seco, previniendo irritaciones cutáneas
	KIT DE TRABAJO EN ALTURA 	OSHA, ANSI A 10.32-2004/Z359.1/Z359.3 /Z359.4	Regulación ultra rápida en piernas. Cinta de poliéster de alta tenacidad. Hebillas tipo ranura para una fácil colocación.	
	LINEA DE VIDA 	OSHA, ANSI A 10.32-2004/Z359.1/Z359.3 /Z359.9	Largo total de 1.5m	

Fuente: Autor

ANEXO D

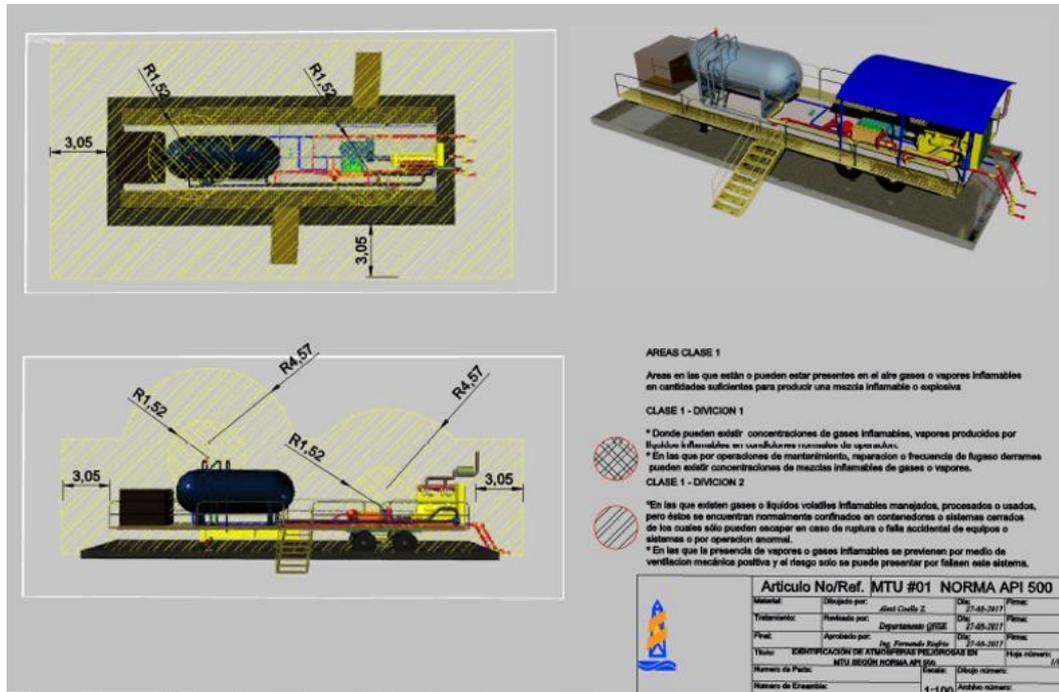
Identificación de las alarmas de la MTU

ALARMA	INGLES	ESPAÑOL
1	Low suction pressure	Baja presión de succión
3	Low discharge pressure	Baja presión de descarga
5	Low engine oil pressure	Baja presión de aceite de motor
6	High engine water temperatura	Alta temperatura del agua del motor
7	No flow	No hay flujo
11	Emergency stop	Parada de emergencia
12	Emergency stop - control remote	Parada de emergencia remota
20	High suction pressure	Alta presión de succión
22	High discharge pressure	Alta presión de descarga
25	Low engine oil level	Bajo nivel de aceite de motor
26	Low pump oil level	Bajo nivel de aceite de la bomba
27	Low gear reducer oil level	Bajo nivel de aceite en el reductor
28	Low plunger lubricator oil level	Bajo nivel de aceite de lubricación forzada
33	High pump vibration	alta vibración en la bomba
48	Emergency stop	Parada de emergencia
49	Loss of ignition (less than 90 vdc)	Perdida de encendido
50	Overspeed	Exceso de velocidad (rpm)
51	Underspeed	Poca velocidad (rpm)
52	Manual stop	Parada manual
60	Watchdog timer	Temporizador de vigilancia
61	Loss of spl link	Perdida de enlace spl
62	Low dc voltage (alarma)	Baja tensión dc (alarma)
63	Low backup battery (alarma)	Batería baja (alarma)

Fuente: Autor

ANEXO E.

Figura: Clasificación de áreas peligrosas en la MTU aplicando la norma API 500



Fuente: Autor

4.5 Instructivo para Operar la Unidad Móvil de Evaluación (MTU)

	Sistema Integrado de Gestión ISO9001-ISO14001-OHSAS18001	Fecha: 05/02/17
	<u>INSTRUCTIVO PARA OPERAR LA UNIDAD MÓVIL DE EVALUACIÓN (MTU)</u>	MAN SIG INST-002

1. OBJETO

Definir las instrucciones de trabajo a seguir para realizar la puesta en marcha de la MTU y operar bajo los parámetros requeridos por el cliente.

2. ALCANCE

Este instructivo se aplicará en la operación de encendido y puesta en marcha de la MTU de acuerdo a los datos técnicos de la geometría instalada en la bomba de subsuelo.

3. INSTRUCCIONES PARA REALIZAR EL TRABAJO

1. Anticípese y programe las actividades y equipos que el Cliente debe proveerle, como unidades de vacío (vacuum), de pesca (wire line o slickline), etc.
2. Obtenga, del Cliente y/o representante en el pozo, la información de las últimas operaciones, condiciones actuales del pozo y la autorización para el arranque del bombeo y la evaluación.
3. Analícese la geometría seleccionada según los rangos y datos de producción estimada. Anexo A
4. Realice una exposición sintetizada al Cliente, representantes y/o personal involucrado sobre las operaciones a realizarse, determinando sobre todo las áreas de riesgo y acciones a tomar en las distintas circunstancias que pueden presentarse durante ésta.

Antes de encender su equipo

Antes del primer arranque de la unidad de evaluación, constate el tendido de líneas, nivelación y alineamiento de unidad, calibración de sensores, encerado de contadores, etc.

Previo al desplazamiento de la bomba, es necesario realizar una circulación en superficie para limpiar cualquier suciedad propia de la manipulación de las líneas y accesorios en superficie.

Disponga las válvulas según el circuito preestablecido e indicado según el recorrido de circulación (Tubing – Casing, Casing – Tubing), en el cabezal, en la unidad, en el manifold y las líneas que competen. **Anexo D**

Revise el motor, las instalaciones de combustible (filtros y válvulas), niveles de agua de batería, de agua de radiador y que no esté acoplado el embrague.

Precaución: Utilice doble protección auditiva (los tapones auditivos y /o las orejeras) antes de encender el motor.

Operando su equipo

1. Encienda el motor, regulando las revoluciones por minuto suavemente, hasta obtener un promedio de 1100 a 1200 RPM.
2. Pruebe el apagado del motor desde el botón de apagado remoto (parada de emergencia)
3. Vuelva a encender el motor, regulando las revoluciones por minuto suavemente, hasta obtener un promedio de 1400 a 1500 R.P.M.

4. Acople el embrague suavemente para que la bomba comience a trabajar, verifique que el recorrido de los émbolos (plungers) tenga lubricación, que no exista vibración anormal ni ruidos extraños.

Si nota algún ruido extraño o excesiva vibración, desacople el embrague y revise las causas, comuníquelas a la base y solicite asesoramiento.

5. Regule las revoluciones entre 1500 y 1750 RPM., y controle el incremento de las presiones en el sistema, (de inyección y retorno).
6. Registre los parámetros del equipo con los que inicia las operaciones, horómetro, R.P.M., temperatura, nivel de aceite, etc. y controle el caudal recirculado con la ayuda del MCII reseteándolo a cero antes de empezar la operación.
7. Revise constantemente sus instrumentos, recalibre los sensores de nivel y los dispositivos de apagado emergente; controle la presión de operación constantemente y el nivel de fluido en las mirillas. Si el trabajo solamente es de recirculación, la operación no debe superar los 500 a 600 psi.
8. Para cambiar o detener el circuito que está bombeando y manipular las válvulas, primero despresurice el sistema, para lo cual reduzca las R.P.M. del motor (hasta un promedio de 1100 a 1200 R.P.M.) y desacople el embrague.

Para los trabajos en el cabezal, síganse los mismos procedimientos indicados para conseguir los circuitos de reversada o desplazada de bomba y recirculación.

9. Luego de asentar la bomba jet, ya sea en la camisa deslizable o en una cavidad, se obtiene paulatinamente el incremento de la presión de operación hasta un valor solicitado por el cliente (dependiendo de rangos de operación del equipo); regulando el VRP.

10. Alcanzada la presión de operación, luego de obtener el retorno de fluido y la estabilización del separador; encere los contadores e inicie un registro hora a hora de los datos de presión, inyección y producción. Si se tiene las facilidades del cliente, obtener y registrar los datos como el API, la salinidad, etc.
11. Constantemente se harán análisis del porcentaje de agua, para seguimiento y alcanzar paulatinamente la estabilización.
12. Durante el tiempo que el equipo permanece trabajando, el técnico y su ayudante son los encargados de chequear los parámetros de trabajo del equipo y registrar las pruebas de producción. Entre los parámetros que deben ser chequeados están:
 - **Caudal de Inyección** (de acuerdo a la bomba de subsuelo que está instalada (jet o pistón).
 - **Presión de Inyección** (de acuerdo a la bomba de subsuelo que está instalada (jet o pistón).
 - **Presión de casing** (tiene relación con la presión en el módulo Horizontal).
 - **Presión en el módulo horizontal:** (depende de la cantidad de gas producido, del potencial del pozo, BSW, de la distancia a la estación o tanque, depende también de si está utilizando o no la válvula de by-pass entre la línea de retorno y línea de producción. Este valor no debe exceder de las 250 psi por características de diseño del módulo).
 - **RPM del motor** (puede estar entre 1500 y 1750 rpm).
 - **Temperatura del motor y bomba triplex.**
 - **Nivel de fluido en el módulo horizontal.**
13. El registro de los datos será entregado conjuntamente con muestras de producción al Cliente y/o representante cuando éste lo requiera y como horario fijo se entregará el reporte de evaluación con datos hasta las 06:00 (reporte de la mañana) y otro hasta las

14:00 (reporte de la tarde). Si el cliente lo requiere, se entregará un reporte de evaluación a las 20:00 (reporte de la noche).

4. ANEXOS

ANEXO A

DEFINICIONES:

Geometría.- En el ámbito del bombeo hidráulico tipo Jet se le llama geometría a la combinación de áreas del nozle y garganta, dichas áreas son determinadas de acuerdo a las características de producción del pozo y a las facilidades de suministrar fluido que tienen las estaciones de bombeo.

Unidades de vacío (vacum).- Equipo móvil de succión y transporte de fluido cuyo principio de funcionamiento es similar al de una aspiradora.

Wire line o Slick line.- Equipo especial que usa un cable fino de alta resistencia para bajar o sacar herramientas del fondo del pozo

Tubing.- Tubería de acero de alta resistencia utilizada en algunos sistemas de levantamiento artificial para inyectar fluido motriz al pozo.

Casing.- Tubería de acero de alta resistencia cuyo diámetro es mayor al del tubing, que sirve como barrera para que las paredes del pozo no colapsen. También es utilizado como tubería de producción.

RPM.- Revoluciones Por Minuto; son la cantidad de vueltas que realiza un eje o una rueda en un minuto.

VRP.- Válvula Reguladora de Presión. Sirve para controlar la presión de funcionamiento de un sistema hidráulico dejando circular cierta cantidad de fluido a través de un by-pass en el interior del block de la valvula. Las VRP están diseñadas para trabajar a una presión de 5000 Psi.

Manifold.- Sistema de válvulas por el cual se recoge fluidos o gases desde distintas partes hasta un colector.

ANEXO B

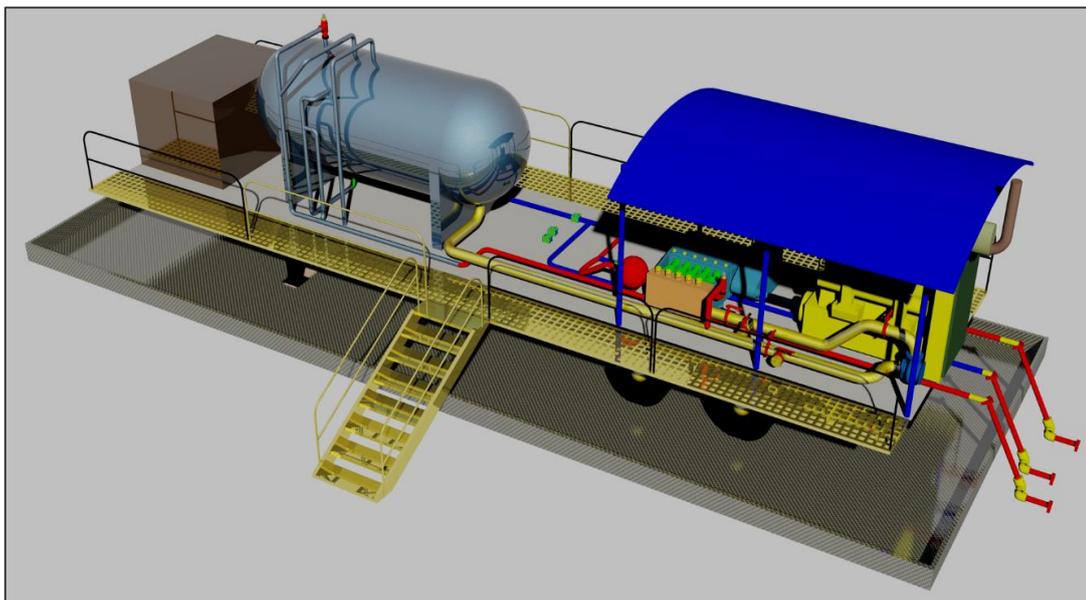
Tabla: Geometrías de Bomba Oilmaster

BOMBA JET OILMASTER				
TAMAÑO	AREAS		INYECCION	PRODC.
GEOMETRIA	NOZLE	THROAT	MAX	MAX
11 A	11	11	3318	1268
10 A	10	10	2598	1100
9 A	9	9	2000	500
8 A	8	8	1512	300
7 A	7	7		

Fuente: SOLIPET

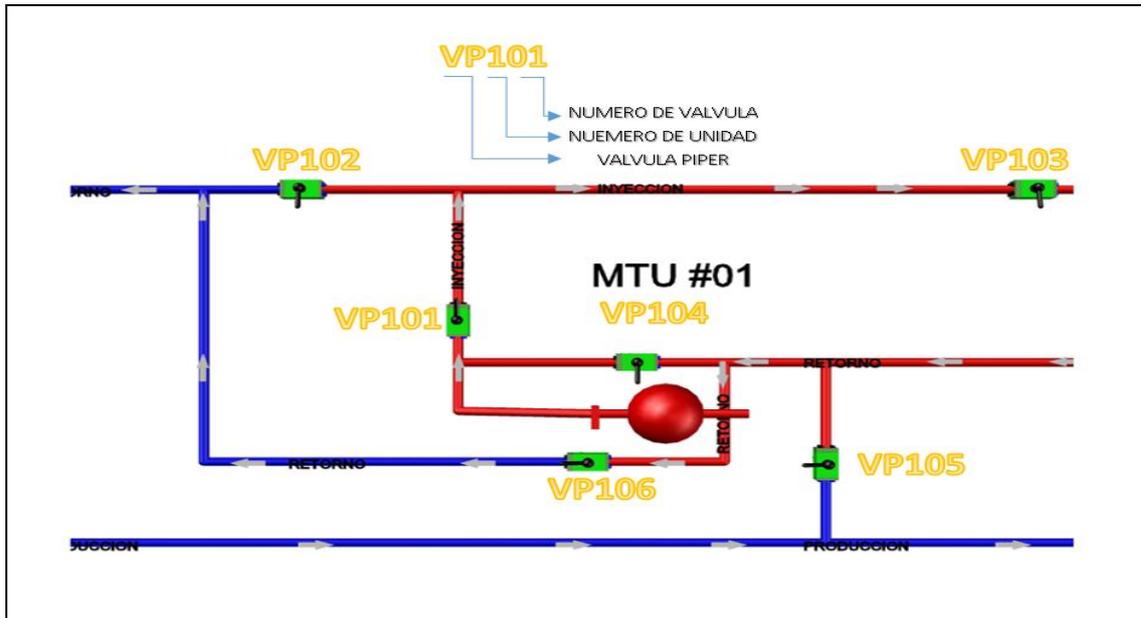
Anexo D

Figura: MTU en 3D



Fuente: Autor

Tabla: Diagrama esquemático del manifold de la MTU#01



Circuito Tubing – Casing

Este circuito es utilizado para evaluar o mantener pozos en producción y asentar las bombas jet directa

- Las válvulas de la **línea de producción** del manifold de la unidad, del cabezal del pozo, del manifold de la locación si el fluido es enviado directamente a la estación o la válvula de ingreso de fluido si se está trabajando con tanque bota; deben estar normalmente abiertas.
- En la **línea de inyección:** las válvulas VP101, VP103, la válvula de inyección y master en el cabezal del pozo deben estar normalmente abiertas; las válvulas VP102 y VP104 deben estar normalmente cerradas.
- En la **línea del retorno:** las válvulas VP106 y la válvula de retorno del cabezal del pozo deben estar normalmente abiertas; las válvulas VP104, VP105 y VP102 deben estar normalmente cerradas.

Circuito Casing – Tubing

Este circuito es utilizado generalmente para evaluar pozos con bombas jet reversa y desasentar las bombas jet directa

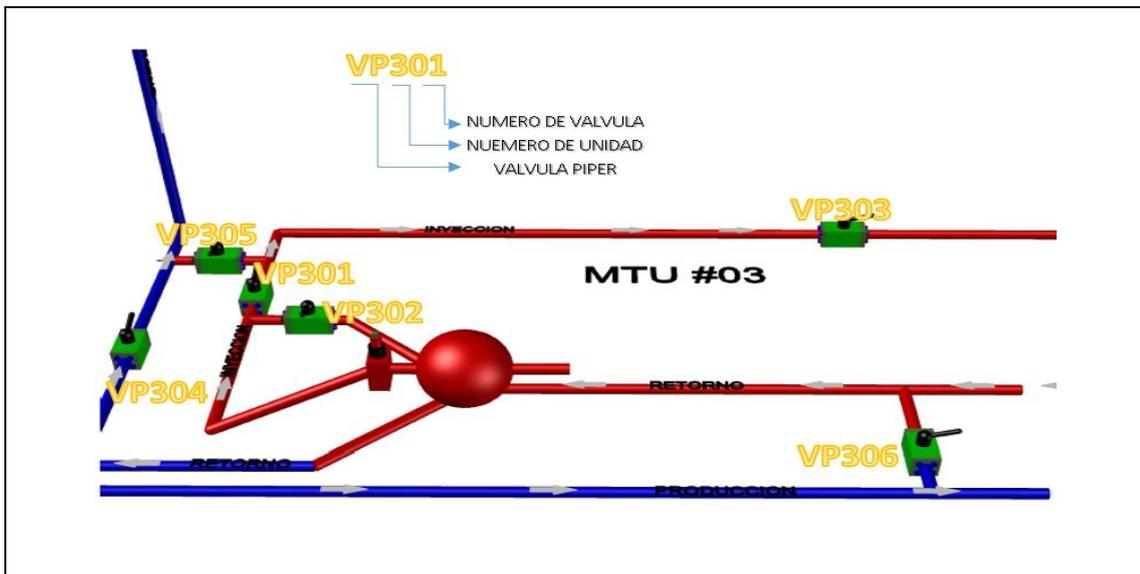
Las válvulas de la **línea de producción** del manifold de la unidad, del cabezal del pozo, del manifold de la locación si el fluido es enviado directamente a la estación o la válvula de ingreso de fluido si se está trabajando con tanque bota; deben estar normalmente abiertas.

En la **línea de inyección**: la válvula VP104 y la válvula de retorno o casing deben estar normalmente abiertas; las válvulas VP101, VP105 y VP106 deben estar normalmente cerradas.

En la **línea del retorno**: las válvulas VP103, VP102, en el cabezal las válvulas de inyección o tubing y la válvula master deben estar normalmente abiertas; las válvulas VP101, VP106 deben estar normalmente cerrada.

Fuente: Autor

Tabla: Diagrama esquemático del manifold de la MTU#03



Circuito Tubing – Casing

Este circuito es utilizado para evaluar o mantener pozos en producción y asentar las bombas jet directa

Las válvulas de la **línea de producción** del manifold de la unidad, del cabezal del pozo, del manifold de la locación si el fluido es enviado directamente a la estación o la válvula de ingreso de fluido si se está trabajando con tanque bota; deben estar normalmente abiertas.

En la **línea de inyección**: las válvulas VP301, VP303 del manifold de la unidad, en el cabezal del pozo la válvula de inyección o tubing y la válvula master deben estar normalmente abiertas; las válvulas VP302 y VP305 deben estar normalmente cerradas.

En la **línea de retorno**: la válvula VP304 en el manifold de la unidad, la válvula de retorno o casing en el cabezal del pozo deben estar normalmente abiertas; las válvulas VP302 y VP305 deben estar normalmente cerradas.

Circuito Casing – Tubing

Este circuito es utilizado generalmente para evaluar pozos con bombas jet reversa y desasentar las bombas jet directa

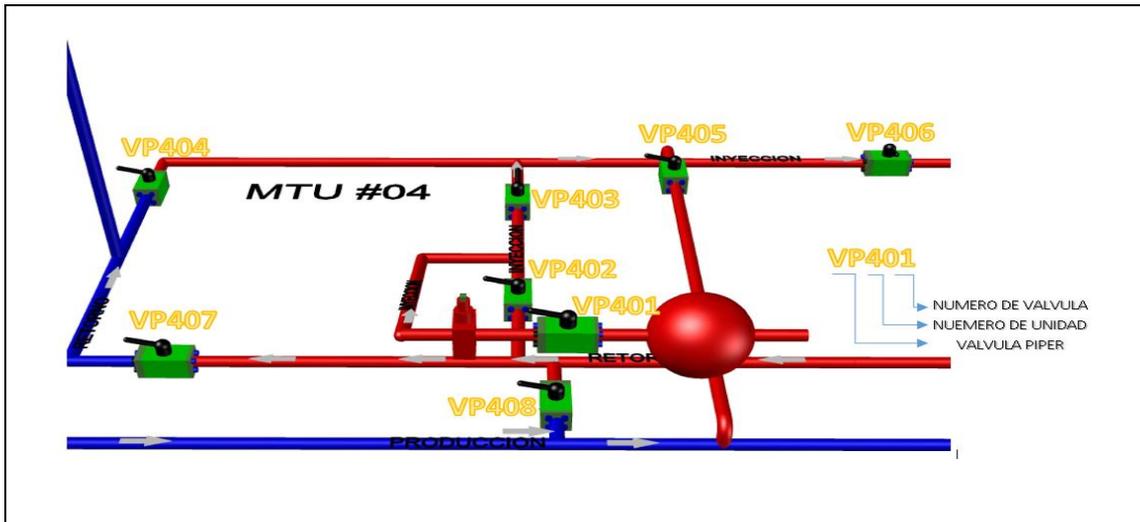
Las válvulas de la **línea de producción** del manifold de la unidad, del cabezal del pozo, del manifold de la locación si el fluido es enviado directamente a la estación o la válvula de ingreso de fluido si se está trabajando con tanque bota; deben estar normalmente abiertas.

En la **línea de inyección**: la válvula VP302 y la válvula de retorno o casing deben estar normalmente abiertas; las válvulas VP301 y VP304 deben estar normalmente cerradas.

En la **línea del retorno**: las válvulas VP303, VP305, en el cabezal las válvulas de inyección o tubing y la válvula master deben estar normalmente abiertas; las válvulas VP301 y VP304 deben estar normalmente cerrada.

Fuente: Autor

Tabla: Diagrama esquemático del manifold de la MTU#04



Circuito Tubing – Casing

Este circuito es utilizado para evaluar o mantener pozos en producción y asentar las bombas jet directa

Las válvulas de la **línea de producción** del manifold de la unidad, del cabezal del pozo, del manifold de la locación si el fluido es enviado directamente a la estación o la válvula de ingreso de fluido si se está trabajando con tanque bota; deben estar normalmente abiertas.

En la **línea de inyección**: las válvulas VP401, VP403, VP406 del manifold de la unidad, en el cabezal del pozo la válvula de inyección o tubing y la válvula master deben estar normalmente abiertas; las válvulas VP402, VP404 y VP405 deben estar normalmente cerradas.

En la **línea de retorno**: la válvula VP407 en el manifold de la unidad, la válvula de retorno o casing en el cabezal del pozo deben estar normalmente abiertas; las válvulas VP408, VP402 y VP404 deben estar normalmente cerradas.

Circuito Casing – Tubing

Este circuito es utilizado generalmente para evaluar pozos con bombas jet reversa y desasentar las bombas jet directa

Las válvulas de la **línea de producción** del manifold de la unidad, del cabezal del pozo, del manifold de la locación si el fluido es enviado directamente a la estación o la válvula de ingreso de fluido si se está trabajando con tanque bota; deben estar normalmente abiertas.

En la **línea de inyección**: la válvula VP402 y la válvula de retorno o casing deben estar normalmente abiertas; las válvulas VP403, VP407 y VP408 deben estar normalmente cerradas.

En la **línea del retorno**: las válvulas VP406, VP404, en el cabezal las válvulas de inyección o tubing y la válvula master deben estar normalmente abiertas; las válvulas VP405, VP403 y VP407 deben estar normalmente cerrada.

Fuente: Autor

4.6 Instructivo para evaluar pozo con unidad MTU

	Sistema Integrado de Gestión ISO9001-ISO14001-OHSAS18001	Fecha: 10/02/17
	<u>INSTRUCTIVO PARA EVALUAR POZO CON UNIDAD MTU</u>	MAN SIG INST-003

1. OBJETO

Definir las instrucciones de trabajo a seguir para realizar la evaluación de pozos con unidad MTU.

2. ALCANCE

Este instructivo se aplicará en la operación de evaluación de pozo para descargar el excedente a la estación de producción o al tanque bota.

3. INSTRUCCIONES PARA REALIZAR EL TRABAJO

En resumen evaluar consiste en obtener los datos reales de un pozo como son: el potencial (BFPD), porcentaje de agua (BSW), viscosidad (API), salinidad del agua de formación (PPCML), volumen de gas producido y otras características del fluido.

La información del yacimiento y los datos de la evaluación son utilizados por el cliente para diseñar el conjunto de fondo de cualquier sistema de levantamiento artificial y poner en producción el pozo evaluado.

Para obtener los datos del pozo en una evaluación es necesario instalar una bomba de subsuelo (bomba Jet) en el interior de una camisa a determinada profundidad (esta profundidad no es mayor a los 100ft.). Esto se consigue desplazándola por el tubing utilizando fluido motriz bombeado con una unidad de poder (camión bomba o una Unidad

M.T.U). Una vez que asienta, todo el fluido motriz pasa forzado a través de la misma e incrementa la presión en el tubing, produciéndose el efecto Venturi o JET en el interior de la bomba por reducción de área. Dicho efecto produce un arrastra del fluido de formación, el cual se mezcla con el fluido de inyección en el interior de la garganta y se descarga al Casing.

Transcurrido un lapso de tiempo, se empaquetan las líneas del sistema formando un circuito cerrado, que inicia en el módulo de la unidad MTU por la línea de succión de la bomba Triplex o Quintuplex y termina en el mismo módulo por la línea de retorno, el tiempo que tarda en empaquetarse depende del diámetro de las tuberías **ANEXO B**. Cuando ya existe aporte del pozo el nivel empieza a subir en el módulo de la unidad MTU teniendo que descargar este excedente a una estación de producción o a un tanque bota para poder realizar el cálculo de producción.

A continuación se describe el procedimiento para descargar el excedente producido en el módulo así la estación de producción o tanque bota.

Descargando el excedente a una estación de producción

1. El técnico debe coordinar con el jefe de pozo la ubicación de los equipos de evaluación, llenar un formato de Análisis de Trabajo Seguro y elaborar un Permiso de trabajo.
2. Una vez cumplido con los procedimientos para instalación de la unidad y tendido de líneas el técnico encargado de realizar la evaluación debe analizar la geometría seleccionada según los rangos y datos de producción estimada, también debe analizar el diagrama del pozo para determinar la cantidad de fluido necesario para poder llenar el circuito y así estimar el lapso de tiempo en cual se empezara a obtener producción del pozo. **ANEXO B**

3. Realice una exposición sintetizada al Cliente, representantes y/o personal involucrado sobre las operaciones a realizarse, determinando sobre todo las áreas de riesgo y acciones a tomar en las distintas circunstancias que pueden presentarse durante ésta.
4. Debe coordinar con el cliente para que proceda a colocar el pozo en el separador de pruebas. El técnico toma una hora inicial y encera el contador de barriles (que está ubicado junto al separador de pruebas) luego registra las lecturas cada hora, siendo este valor la producción por hora del pozo, para obtener los valores de producción por día se multiplica por 24.
5. Mientras está en prueba el técnico toma muestras de fluido de inyección y retorno para realizar el análisis de BSW, API, Salinidad etc. (Revisar el **INSTRUCTIVO PARAREALIZAR BSW, SALINIDAD, API** código: MAN SIG INST-004)

Para que las pruebas sean reales es necesario mantener el nivel del módulo y la presión de inyección estabilizados.

6. Durante el tiempo que el equipo permanece trabajando, el técnico y su ayudante son los encargados de chequear los parámetros de trabajo del equipo y registrar las pruebas de producción. Entre los parámetros que deben ser chequeados están:
 - **Caudal de Inyección** (de acuerdo a la bomba de subsuelo que está instalada (jet o pistón).
 - **Presión de Inyección** (de acuerdo a la bomba de subsuelo que está instalada (jet o pistón).
 - **Presión de casing** (tiene relación con la presión en el módulo Horizontal).
 - **Presión en el módulo horizontal:** (depende de la cantidad de gas producido, del potencial del pozo, BSW, de la distancia a la estación o tanque, depende también

de si está utilizando o no la válvula de by-pass entre la línea de retorno y línea de producción. Este valor no debe exceder de las 250 psi por características de diseño del módulo).

- **RPM del motor** (puede estar entre 1500 y 1750 rpm).
- **Temperatura del motor y bomba triplex.**
- **Nivel de fluido en el módulo horizontal.**

7. El registro de los datos será entregado conjuntamente con muestras de producción al Cliente y/o representante cuando éste lo requiera y como horario fijo se entregará el reporte de evaluación con datos hasta las 06:00 (reporte de la mañana) y otro hasta las 14:00 (reporte de la tarde). Si el cliente lo requiere, se entregará un reporte de evaluación a las 20:00 (reporte de la noche).

Descargando excedente a un tanque - bota.-

Para calcular la producción del pozo en esta forma de evaluar, el técnico debe conocer el aforo del tanque bota (puede ser cilíndrico o rectangular) y debe medir cada hora el nivel del mismo, la diferencia de medida en el nivel del tanque es convertido a volumen según el aforo. Este valor es la producción por hora del pozo. Si se quiere obtener los valores de producción por día se multiplica por 24. **ANEXO D**

Para esta operación, la línea de producción debe estar acoplada a la entrada de fluido del tanque bota. (Revisar **INSTRUCTIVO PARA TRABAJAR CON TANQUE BOTA**, código: MANSIG INST-006)

Los valores obtenidos se registran en el formato respectivo (REG GSC 004 Registro Seguimiento de Evaluación) y se entrega un reporte al cliente (REG GSC 005 Registro Reporte de Evaluación) en horas ya convenidas con el mismo.

Como los pozos no pueden permanecer las 24 horas en prueba de producción se la realiza durante cierta cantidad de horas, luego con el resultado obtenido se promedia y se continúa llenando el formato (REG GSC 004) hasta que se realice una nueva prueba y se confirmen los valores

4. ANEXOS

ANEXO A

DEFINICIONES:

BFPD.- Barriles de Fluido Producidos por Día.

BSW.- Base de sedimento y agua. Es la cantidad de agua y sedimentos que contiene una muestra de crudo.

API.- Instituto Americano del Petróleo.

TANQUE BOTA.- Tanque de 500 bls utilizado para realizar pruebas de pozos y separar el gas del crudo proveniente del pozo.

ANEXO B

Capacidad volumétrica de las tuberías

Medidas del casing y capacidades

Medida	Peso lb/ft	ID	bbl / ft
4 1/2	9.50	4.090	0.0162
4 1/2	12.60	3.958	0.0152
4 1/2	15.10	3.826	0.0142
5	15.00	4.408	0.0189
5	18.00	4.276	0.0178
5	21.00	4.154	0.0168
5 1/2	14.00	5.012	0.0244
5 1/2	17.00	4.892	0.0232
5 1/2	23.00	4.670	0.0212
7	17.00	6.538	0.0415
7	22.00	6.398	0.0398
7	26.00	6.276	0.0383
7	29.00	6.184	0.0317
7	38.00	5.920	0.0340
7 5/8	29.70	6.875	0.0404
9 5/8	47.00	8.681	0.0677
13 5/8	72.00	12.347	0.1481

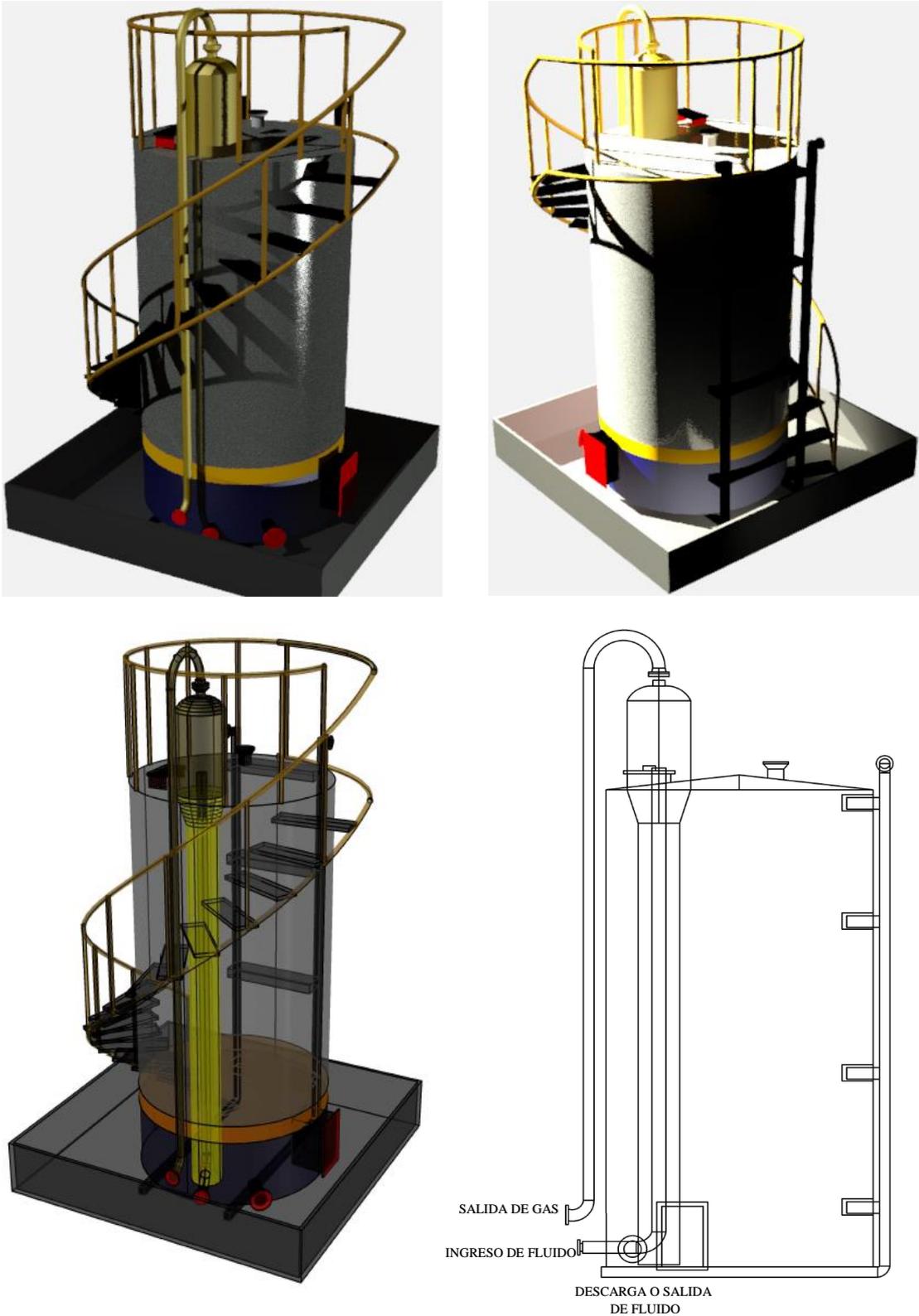
Medidas de Tubing y capacidades				
Medidas		Peso lb/ft	ID	bbl / ft
1 7/8	1.900	2.90	1.610	0.0025
2 1/16	2.063	3.25	1.751	0.0030
2 3/8	2.375	4.70	1.995	0.0039
2 7/8	2.875	6.40	2.441	0.0059
2 7/8	2.875	8.60	2.259	0.0050
3 1/2	3.500	9.30	2.992	0.0087
3 1/2	3.500	10.20	2.992	0.0083
3 1/2	3.500	12.95	2.750	0.0074
4 1/2	4.500	12.75	3.985	0.0152

Fuente: Autor

ANEXO D

Tanque bota.

Figura: Planos y vistas 3D del Tanque Bota



Fuente: Autor

4.7 Instructivo para Transportar y Ubicar un Tanque Bota

	Sistema Integrado de Gestión ISO9001-ISO14001-OHSAS18001	Fecha: 07/03/17
	<u>INSTRUCTIVO PARA TRANSPORTAR Y UBICAR UN TANQUE BOTA</u>	MAN SIG INST-005

1. OBJETO

Estandarizar el procedimiento para transportar y ubicar un Tanque Bota.

2. ALCANCE

Se aplicará todo el personal de Bombeo Hidráulico que trabaje evaluando pozos con MTU, bomba jet y Tanque Bota.

3. RESPONSABILIDAD Y AUDITORÍA

El jefe Departamental de Bombeo Hidráulico es responsable de conseguir los recursos para mantener el equipo certificado, aforado y operativo

El Coordinador de BH es responsable de dirigir la logística, ubicación e instalación del equipo.

El supervisor de QHSE es responsable de supervisar el transporte, la ubicación y mantener el tanque certificado.

4. DESCRIPCIÓN DE UN TANQUE BOTA

Entre los procesos de extracción de petróleo se encuentra el que se realiza utilizando un Tanque Bota como equipo de almacenamiento, para pruebas de evaluación y producción.

El Tanque Bota es un tanque cilíndrico de gran volumen con un diámetro de 3.8 metros y una altura de 6.8 metros, fabricado con planchas de tol de 6 mm de espesor, cuya

capacidad es de aproximadamente de 500 bls, está diseñado para trabajar sin otra presión más que la presión atmosférica. Este equipo es utilizado donde no hay facilidades de producción en el pozo o la estación se encuentra muy alejada.

Además del tanque bota en si (base, cuerpo y techo) se encuentran los siguientes accesorios ANEXO B, los cuales son muy importantes para el buen funcionamiento y manejo del mismo:

Escalera helicoidal: Para tener acceso al techo, para realizar y verificar mediciones.

Escotilla para aforo: entrada de 4" por donde se introduce la cinta de aforo para hacer mediciones de nivel de fluido.

Manhol inferior y superior: para acceso del operador con el fin de realizar mantenimiento, inspección o reparaciones.

Toma para entrada de fluido: se encuentra en la parte inferior del tanque, y está conectada internamente a la bota de gas, tiene instalada una válvula de 4" tipo bola para controlar el paso de fluido.

Toma para salida de fluido: se encuentra en la parte inferior del tanque diseñado para evacuar el fluido almacenado mediante vacuum o para conectarse mediante tubería a una batería de tanques, tiene una válvula de 4" de compuerta para controlar el paso de fluido.

Skid: estructura metálica soldada al tanque y diseñada para soportar el tanque durante el transporte.

Conexión a tierra: instalación de cable y varilla de cobre para descargar la electricidad electrostática.

4.1 LOGÍSTICA PARA TRANSPORTE

Las leyes ecuatorianas rigen la forma de transportar este tipo de equipos, para su transportación se debe:

- Utilizar un carro guía con una señalética de carga larga y ancha.
- Utilizar una plataforma cama baja
- Utilizar un winche petrolero para la carga y descarga del mismo hacia la plataforma que lo transporta
- Utilizar un ayudante paraqué vaya guiando y despejando el camino a transitar, se debe utilizar una pértiga para levantar los cables aéreos que se encuentran en la vía.
- Se debe movilizar solo éntrela 06H00 y las 18H00.

4.2 UBICACIÓN E INSTALACIÓN

1. Una vez que el tanque bota llegue a la locación, el técnico debe acercarse a hablar con el cliente o su representante para coordinar la ubicación del tanque de acuerdo a las facilidades de la locación.
2. Se debe tomar en cuenta la dirección del viento, dejar espacio suficiente para instalar el mechero lo más alejado posible y que la instalación de estos equipos no interfiera con las demás operaciones que se estén realizando en la locación.
3. Después de determinar la zona donde se ubicara el tanque se debe colocar la geomembrana para que el equipo de transporte lo baje en el sitio.
4. Una vez terminada la transportación se le construirá un muro de contención (cubeto) para una capacidad de 50 bls (10% de la capacidad del tanque bota como mínimo), las medidas referenciales para construir el cubeto son: 12 metros de largo por 12 metros de ancho por 0,6 metros de alto; para ello se utilizara una estructura metálica o sacos de arena y una geomembrana de 750 micras de espesor de 15m de ancho por 15 metros de largo.

5. Después de ubicar el tanque se debe delimitar la zona con cinta de peligro y conos alrededor.
6. Una vez ubicado se debe proceder a instalar la línea de producción de la MTU a la entrada del tanque bota, a la salida una conexión para manguera de vacuum si se evacuara con vacuum o a una línea de conexión si se formara parte de una batería de tanques.
7. Al bajante de la bota de gas se le instalara una línea de 3 ½” hasta uno de los extremos de la locación para al final conectar un arresta-llamas de 4”, a una distancia de 10 m después del arresta-llamas se instalara un “T” de 2” por 2 metros de alto, bajo la Tea se colocara una geomembrana de 3x3 mts.

7. ANEXOS

ANEXO A

DEFINICIONES:

Electricidad Estática.- Es el exceso de carga acumulada en un material aislante que se libera al tener contacto con un material conductor, en el cuerpo humano provoca calambres, y puede originar explosiones e incendios.

Ácido Sulfhídrico.- Es un hidrácido de fórmula H_2S . Este gas es más pesado que el mismo aire, es incoloro, inflamable, tóxico, odorífero: su olor es el de materia orgánica en descomposición, como de huevos podridos.

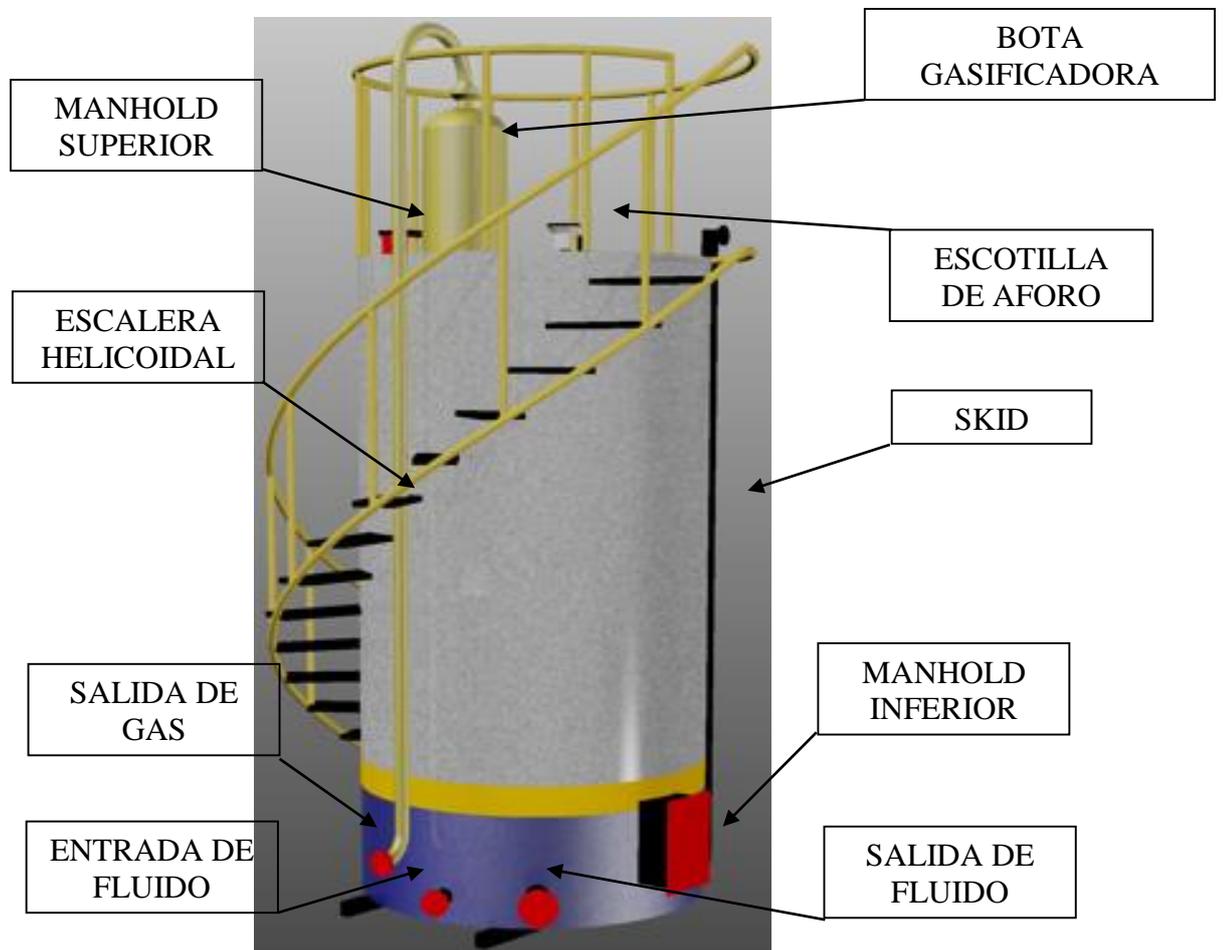
Winche.- Un cabrestante (o winche) es un dispositivo mecánico, impulsado por un motor eléctrico, destinado a levantar y desplazar grandes cargas.

Pértiga.- Vara larga, fuerte y flexible que se utiliza para levantar los cables que atraviesan las vías para que las cargas de grandes dimensiones no los toquen.

ANEXO B

Descripción del Tanque Bota

Figura: Elementos del tanque bota



Fuente: Autor

ANEXO B

Figura: Ubicación de tanque bota



Fuente: SOLIPET S.A

4.8 Instructivo para Trabajar con Tanque Bota

	Sistema Integrado de Gestión ISO9001-ISO14001-OHSAS18001	Fecha: 14/03/17
	<u>INSTRUCTIVO PARA TRABAJAR CON TANQUE BOTA</u>	MAN SIG INST-006

1. OBJETO

Estandarizar el procedimiento para transportar, ubicar, conectar y realizar pruebas de evaluación y producción utilizando un Tanque Bota.

2. ALCANCE

Se aplicará todo el personal de Bombeo Hidráulico que trabaje evaluando pozos con MTU, bomba jet y Tanque Bota.

3. RESPONSABILIDAD Y AUDITORÍA

El jefe Departamental de Bombeo Hidráulico es responsable de conseguir los recursos para mantener el equipo certificado, aforado y operativo

El Coordinador de BH es responsable de dirigir la logística, ubicación e instalación del equipo.

El Técnico de operaciones de MTU es responsable de armar el cubeto, ubicar el tanque bota, armar líneas, y tomar la medida de nivel a cada hora.

El supervisor de QHSE es responsable de recibir la locación, supervisar el transporte, la ubicación y mantener el tanque certificado. A más de realizar las mediciones de gases peligrosos al inicio de las pruebas.

4. RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD

Antes de empezar a trabajar con Tanque Bota es necesario que todos los involucrados en esta actividad tomen en cuenta las siguientes recomendaciones de seguridad:

- Toda persona que manipule petróleo o algún derivado deben conocer sus características, con el fin de prevenir accidentes y riesgos contra la salud, incluyendo la muerte.
- Es responsabilidad de cada persona consultar la MSDS o solicitar información del producto antes de manipularlo.
- Es una buena práctica seguir las recomendaciones indicadas en el MSDS al igual que todas las reglas implantadas en la industria del petróleo.
- Con la finalidad de eliminar los riesgos de la electricidad estática debemos frotar las manos con las barandas de la escalera o cuerpo del tanque al momento de subir y antes de realizar cada medición.
- El petróleo acumula características estáticas. Las cuerdas o hilos que se utiliza para suspender equipos de medición deben ser de algodón, el cual no produce conductividad.
- Nunca utilice cuerdas, hilos o vestimenta de fibra sintética ya que pueden producir electricidad estática.
- Las cintas de aforo deben tener un cable a tierra (ground) debe ser conectado a las escotillas o cuerpo del tanque antes de introducir la cinta en el tanque.
- Nunca suba ni mida el tanque durante una tormenta eléctrica.
- Todo producto derivado del petróleo o el petróleo mismo diluye gases en el aire pueden ser tóxicos, especialmente el Ácido Sulhídrico, mejor conocido como H₂S que es una molécula compuesta de 2 átomos de hidrogeno y 1 de azufre.

- El H₂S es un gas extremadamente tóxico para el hombre en concentraciones altas, puede causar la muerte.
- Antes y durante la apertura de la escotilla para el aforo ubíquese en una posición donde no esté expuesto a inhalar gases, se recomienda ubicarse en dirección al viento, muchos de los gases que emana el petróleo son incoloros, utilice una mascarilla con filtro de carbono en caso de ser necesario.

1.1 DESCRIPCIÓN DE UN TANQUE BOTA

Entre los procesos de extracción de petróleo se encuentra el que se realiza utilizando un Tanque Bota como equipo de almacenamiento, para pruebas de evaluación y producción.

El Tanque Bota es un tanque cilíndrico de gran volumen con un diámetro de 3.8 metros y una altura de 6.8 metros, fabricado con planchas de tol de 6 mm de espesor, cuya capacidad es de aproximadamente de 500 bls, está diseñado para trabajar sin otra presión más que la presión atmosférica. En su interior se encuentra instalada una bota de gas la cual es utilizada para separar el gas del fluido producido, con el fin de controlar la emanación de gases al medio ambiente, se lo quema en una Tea ubicada en una línea alejada del tanque bota y en su instalación consta un arresta llama con lo que vamos a prevenir accidente o conatos de incendio.

Este equipo es utilizado donde no hay facilidades de producción en el pozo o la estación se encuentra muy alejada.

Además del tanque bota en si (base, cuerpo y techo) se encuentran los siguientes accesorios **ANEXO B**, los cuales son muy importantes para el buen funcionamiento y manejo del mismo:

Escalera helicoidal: Para tener acceso al techo, para realizar y verificar mediciones.

Válvula de venteo: Instalada en la parte superior del tanque para evacuar vapores que se acumulan en el tanque cuando se llena y para permitir la entrada de aire al tanque cuando es evacuado.

Escotilla para aforo: entrada de 4" por donde se introduce la cinta de aforo para hacer mediciones de nivel de fluido.

Man-hol inferior y superior: para acceso del operador con el fin de realizar mantenimiento, inspección o reparaciones.

Toma para entrada de fluido: se encuentra en la parte inferior del tanque, y está conectada internamente a la bota de gas, tiene instalada una válvula de 4" tipo bola para controlar el paso de fluido.

Toma para salida de fluido: se encuentra en la parte inferior del tanque diseñado para evacuar el fluido almacenado mediante vacuum o para conectarse mediante tubería a una batería de tanques, tiene una válvula de 4" de compuerta para controlar el paso de fluido.

Skid: estructura metálica soldada al tanque y diseñada para soportar el tanque durante el transporte.

Conexión a tierra: instalación de cable y varilla de cobre para descargar la electricidad electrostática.

No son parte del tanque pero si son tan importantes como el mismo tanque, los accesorios que se deben utilizar durante la operación del mismo: **ANEXO C**

Cinta de aforo: es un instrumento de medida diseñado para medir el nivel de fluido desde el techo del tanque, en un extremo tiene una plomada de bronce de 6" de largo, viene graduada en el sistema ingles al igual que la cinta.

Arresta llamas: es un accesorio que se encuentra instalado casi al final en la línea de gas y se utiliza para detener la propagación de las llamas con el fin de evitar una explosión en el tanque.

Quemador de gas (mechero o Tea): diseñado para quemar de forma segura y controlada los gases que se produce del pozo y los que se generan en el interior del tanque, evitando su emisión directa a la atmosfera. Los productos de combustión son ambientalmente más ecológicos que los gases no quemados.

2. PRUEBA DE PRODUCCIÓN CONTRA TANQUE BOTA

En síntesis evaluar consiste en obtener los datos reales de un pozo como son: el potencial (BFPD), porcentaje de agua (BSW), Viscosidad (API), salinidad del agua de formación (PPCML), volumen de gas producido y otras características del fluido.

La información del yacimiento y los datos de la evaluación son utilizados por el cliente para diseñar el conjunto de fondo de cualquier sistema de levantamiento artificial y poner en producción el pozo evaluado

Para evaluar o producir con unidad MTU + Bomba Jet en fondo se debe formar un circuito cerrado, en donde por la línea de descarga se inyecta el fluido a alta presión y retorna por el espacio anular o casing el fluido inyectado más el fluido producido más el gas formando un flujo multifasico. Cuando la formación que está siendo probada o evaluada genera aporte de fluido y se puede evidenciar en el módulo cuando en el nivel que empieza a subir y la presión interna se incrementa. Es en este instante que se empieza a estabilizar el sistema y el excedente se descarga por la línea de producción al tanque bota.

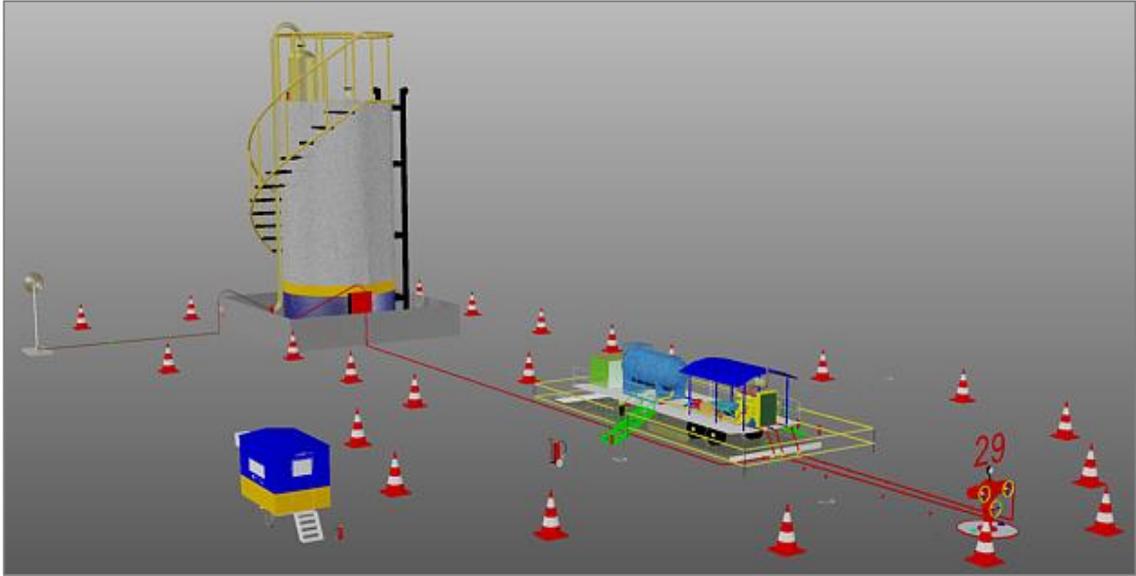
1. Antes de iniciar la operación de evaluación es necesario coordinar con el cliente las actividades que se van a realizar como: la apertura de los permisos de trabajo, la

ubicación de los equipos (Consultar el **INSTRUCTIVO PARA TRANSPORTAR Y UBICAR UN TANQUE BOTA** código: MAN SIG INST-006), el circuito que se va utilizar para evaluar (En directa Tubing-Casing o Reversa Casing-tubing), el tiempo durante el cual se va a evaluar y coordinar el horario para la entrega de reportes.

2. Antes de iniciar operaciones y como medida de prevención se enciende la Tea, para cuando exista presencia del gas que se separa a través de la bota separadora de gas en el interior del tanque, este se consuma.
3. Es importante que el mechero este ubicado lo más alejado posible de la locación en dirección contraria al viento y que la zona este despejada de obstáculos.
4. Para el encendido del mechero se lo debe realizar entre dos personas, los operarios deben estar lo más alejado posible del mechero antes de encenderlo. Se utiliza una vara larga con un trapo humedecido de diésel en un extremo, un operario sostiene la vara por un extremo y el otro enciende el extremo con diésel, mientras se acercan al mechero se debe desplazar la vara por el suelo para quemar el gas que esté presente alrededor ya que el H₂S es más pesado que el aire y tiende a descender hasta la altura del suelo. Una vez encendido el mechero deben asegurarse de que nunca se apague hasta dar por terminada la evaluación.
5. Se debe realizar la alineación de las válvulas en el tanque bota.
6. Una vez que exista aporte de fluido el tanque se empezara a llenar, el operador debe fijar una hora de partida para tomar la medida inicial.
7. El operador de la MTU se coloca la mascarilla con filtro de carbono y sube al techo del tanque por la escalera helicoidal, cogiéndose de los pasamanos para eliminar la electricidad estática del cuerpo.

8. Despliegue la cinta de aforo por la escotilla de 4” hasta hacer aterrizar la plomada en el fondo, luego recoja la cinta, el nivel del tanque se verá reflejado con una huella de crudo en la cinta y esa será su medida inicial.
9. Repita el proceso cada hora y registre las medidas en el formato de evaluación hora a hora REG GSC 004 SEGUIMIENTO DE EVALUACION, conocido el aforo del tanque, la diferencia entre las medidas representara la cantidad de crudo que produce el pozo por hora y multiplicado por 24 dará una proyección en Barriles de Fluido Producidos por Día o BFPD.
10. Paralelo a la medición del tanque bota se debe realizar prueba de BSW, salinidad y API.
11. Por lo general para las evaluaciones se utiliza agua limpia o agua de formación tratada y por ende el BSW será alto en las primeras horas de evaluación. Es necesario calcular la capacidad volumétrica del tubing y casing; multiplicando el factor volumétrico correspondiente a cada tubería (ANEXO D) por la profundidad, y; con el caudal proporcionado por la bomba y la cantidad de fluido que ingresa al tanque se puede estimar el tiempo en que se empiece a recibir el crudo y el agua de la formación.
12. Ya que el BSW de las primeras horas de evaluación son altos, se recomienda realizar la prueba de BSW por decantación. Esta prueba consiste en tomar una muestra de las líneas en un recipiente de vidrio graduado a escala, luego agitarlo y dejarlo reposar por unos minutos; por diferencia de masas el crudo se queda en la parte superior y así se puede determinar el porcentaje de agua que existe en una muestra.

Figura: Evaluación de pozo contra Tanque Bota.



Fuente: Autor

2.1 EVACUACIÓN DEL TANQUE BOTA

1. Una vez que el tanque llena sus tres cuartas partes de capacidad, el técnico u operador debe coordinar con el cliente para que un vacum evacue le fluido
2. El conductor debe estacionarse en reversa lo más cercano al tanque, debe accionar el vacum para succionar el fluido, conectar la manguera de salida del tanque a la entrada del vacum, abrir la válvula del vacum y luego la válvula del tanque.
3. Una vez llena su capacidad cierra la válvula del tanque y ciérrala válvula del vacum, despresurizar y desconectar la manguera para dirigirse a la estación más cercana a descargar el fluido, repite este proceso hasta que el tanque quede 3 pies de nivel.
4. El operador del vacuum debe asegurarse de dejar un tapón a la salida del tanque para evitar contaminación.

Figura: Evacuación del Tanque Bota con Vacum



Fuente: SOLIPET S.A.

6. ANEXOS

ANEXO A

DEFINICIONES:

Electricidad Estática.- Es el exceso de carga acumulada en un material aislante que se libera al tener contacto con un material conductor, en el cuerpo humano provoca calambres, y puede originar explosiones e incendios.

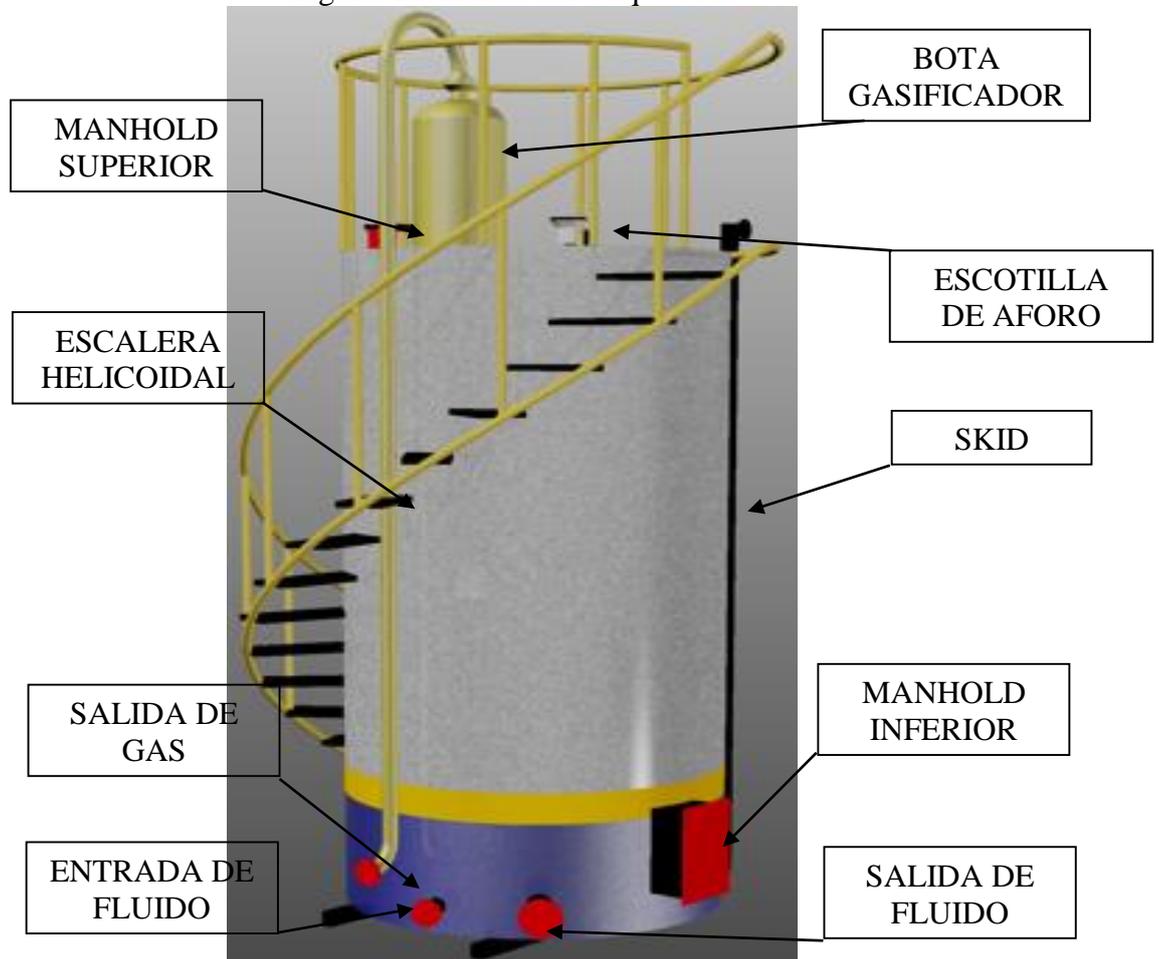
Ácido Sulhídrico.- Es un hidrácido de fórmula H_2S . Este gas es más pesado que el mismo aire, es incoloro, inflamable, tóxico, odorífero: su olor es el de materia orgánica en descomposición, como de huevos podridos.

MSDS.- Una ficha de datos de seguridad (FDS) (en inglés, Material safety data sheet o MSDS) es un documento que indica las particularidades y propiedades de una determinada sustancia para su uso más adecuado

ANEXO B

Descripción del Tanque Bota

Figura: Elementos del tanque bota



Fuente: Autor

ANEXO C

Figura: Cinta de aforo



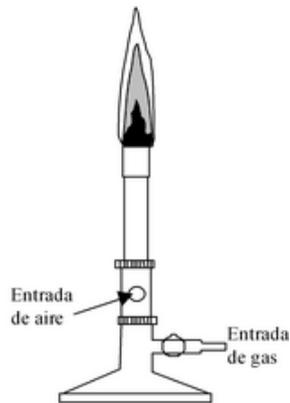
Fuente: <https://www.google.com.ec>

Figura: Arresta llama



Fuente: <https://www.google.com.ec>

Figura: Quemador de gas



Fuente: <https://www.google.com.ec>

ANEXO D

Tabla: Medidas del casing

<i>Medidas del casing y capacidades</i>			
<i>Medida</i>	<i>Peso lb/ft</i>	<i>ID</i>	<i>bbl / ft</i>
4 1/2	9.50	4.090	0.0162
4 1/2	12.60	3.958	0.0152
4 1/2	15.10	3.826	0.0142
5	15.00	4.408	0.0189
5	18.00	4.276	0.0178
5	21.00	4.154	0.0168
5 1/2	14.00	5.012	0.0244
5 1/2	17.00	4.892	0.0232
5 1/2	23.00	4.670	0.0212
7	17.00	6.538	0.0415
7	22.00	6.398	0.0398
7	26.00	6.276	0.0383
7	29.00	6.184	0.0317
7	38.00	5.920	0.0340
7 5/8	29.70	6.875	0.0404
9 5/8	47.00	8.681	0.0677
13 5/8	72.00	12.347	0.1481

Fuente: Autor

Tabla: Medidas del tubing

Medidas de Tubing y capacidades				
Medidas		Peso lb/ft	ID	bbl / ft
1 7/8	1.900	2.90	1.610	0.0025
2 1/16	2.063	3.25	1.751	0.0030
2 3/8	2.375	4.70	1.995	0.0039
2 7/8	2.875	6.40	2.441	0.0059
2 7/8	2.875	8.60	2.259	0.0050
3 1/2	3.500	9.30	2.992	0.0087
3 1/2	3.500	10.20	2.992	0.0083
3 1/2	3.500	12.95	2.750	0.0074
4 1/2	4.500	12.75	3.985	0.0152

Fuente: Autor

4.9 Instructivo para Realizar Pruebas de Bsw, Salinidad y Api

	Sistema Integrado de Gestión ISO9001-ISO14001-OHSAS18001	Fecha: 18/02/17
	<u>INSTRUCTIVO PARA REALIZAR PRUEBAS DE BSW, SALINIDAD Y API</u>	MAN SIG INST-004

1. OBJETO

Proporcionar las instrucciones que permitan a los técnicos determinar el BSW, la Salinidad y el API del pozo que se encuentran evaluando.

2. ALCANCE

Este instructivo se aplicará en todas las operaciones de evaluación de pozos, tanto en el campo como en los laboratorios tomando en cuenta las normas ambientales y de seguridad vigentes en la empresa.

3. PROCESO PARA REALIZAR EL ANÁLISIS DE UNA MUESTRA DE BSW.

BSW significa Base de Sedimento y Agua, consiste en determinar la cantidad de agua que contiene una muestra de crudo. Como sabemos, los fluidos de la formación del pozo una vez producidos salen a la superficie mezclados entre gas, petróleo, agua, emulsiones,

metales, sedimentos, etc. ya, en la superficie a los fluidos de cada pozo se lo encauza o direcciona a las estaciones de producción iniciando el proceso de limpieza en los separadores horizontales (trifásico), pasando luego a los separadores verticales (bota; bifásicos), al tanque de lavado y por último el tanque de reposo llamado de surgencia en el ámbito petrolero ecuatoriano. En los que separadores básicamente se separa valga la redundancia el gas y la deshidratación se la obtiene mediante el uso de una combinación de químicos tanto demulsificante, antiparafinicos, antiespumantes, temperatura que al final sirven para lograr un crudo con un BSW menor al 1% apto para ser comercializado.

En el sistema de levantamiento artificial por bombeo hidráulico el BSW del pozo si bien es cierto sale a partir de los análisis de laboratorio, también es cierto que el BSW se lo calcula a partir de una fórmula matemática de igualdad de masas; de ahí que el BSW en un pozo Hidráulico está en función de los datos del BSW de la línea de inyección y de los datos del BSW de la línea de retorno.

- **TOMAR UNA MUESTRA.-**

1. Para tomar las muestras es necesario un recipiente seco, limpio y debe ser pequeño (en lo posible recipientes de 0.25 de litro).
2. Previamente se abrirá válvula toma muestra para sacar el fluido acumulado (en reposo).
3. No se debe llenar el recipiente en su totalidad, únicamente llenarlo en un 50%.
4. Las muestras se toman de línea de retorno y de succión la que correspondería a fluido de Inyección (en servicio con MTU).

- **EN LABORATORIO**

El principio que se utiliza en el laboratorio es el de diferencia de peso de las sustancias. Una vez que la muestra pasa por el proceso de centrifugado, las sustancias que se encuentran presentes empiezan a separarse en el siguiente orden: primero los sedimentos se alojaran en el fondo, luego el agua desciende hasta la parte baja del recipiente, luego

las emulsiones (mezclas de agua y crudo) y en la parte superior queda el petróleo mezclado con el diluyente (JP1)

Antes de realizar las pruebas de laboratorios se debe solicitar al cliente la autorización para el uso de las instalaciones y equipos para poder determinar los porcentajes de BSW de la muestra tomada, utilizando el correcto equipo de seguridad se procede de la siguiente manera:

1. Tomar dos recipientes (vasos con la forma similar a una zanahoria con una escala impresa) para llenarlo con el 50% con diluyente (generalmente JP1) y el 50% restante con fluido de muestra.
2. Agitar el vaso de la muestra para eliminar gases.
3. Una vez se encuentre los vasos con la mezcla (en proporciones 50% -50%). Durante este proceso se tiene la centrifuga activada con botón de pre-calentamiento, ya que la temperatura ayuda a obtener una mejor separación de las mezclas.
4. Antes de alojar los vasos en los contenedores de la centrifuga se deba de verificar que se encuentren instaladas las bases (cónicas) tipo cerámica la cual ayuda a mantener el balance y estabilidad de los vasos en el proceso de centrifugado para evitar el daño o rotura de estos.
5. Los vasos se colocarán uno frente a otro para mantener balance.
 6. Una vez alojados los recipientes se cierra la tapa y se enciende el motor de la centrifuga procediendo con este acto a la separación de la mezcla, este proceso tiene un tiempo estimado de 5 minutos.
 7. Transcurrido el tiempo se apaga la centrifuga y el precalentamiento; se acciona el freno para detener la rotación lentamente con el objetivo de sacar los vasos con seguridad de la centrifuga una vez se encuentre estático.

8. Se hace la lectura de los porcentajes de los fluidos directamente con la escala impresa en el vaso, la parte superior es crudo, la parte inferior es agua, sedimentos y otros.
9. Muchos de los casos cuando no se obtiene una buena lectura por la apreciación de emulsiones en el recipiente se recomienda la aplicación de demulsificante de acción rápida (F46), para romper la emulsión y separar las fases. El departamento de corrosión recomienda que la aplicación de este químico de acción rápida sea mediante el uso de un gotero y la cantidad a aplicar en un inicio es de 5 gotas, luego se procede a centrifugar nuevamente de acuerdo a lo manifestado anteriormente y si la emulsión persiste se procede a incrementar paulatinamente hasta romper la emulsión.
10. Una vez se obtenga los porcentajes reales, se procede a dejar completamente limpio y en orden los equipos e instalaciones.
11. Con los datos (porcentajes obtenidos) se procede mediante fórmula matemática a obtener el valor del BSW real o de formación.

CÁLCULO DEL BSW REAL DE LA FORMACIÓN

Para este cálculo aplicar la siguiente fórmula:

$$BSW_{Real} = \frac{(BFPD + BIPD) \times BSW_{Retorno} - BIPD \times BSW_{Inyeccion}}{BFPD} \times 100\%$$

Dónde:

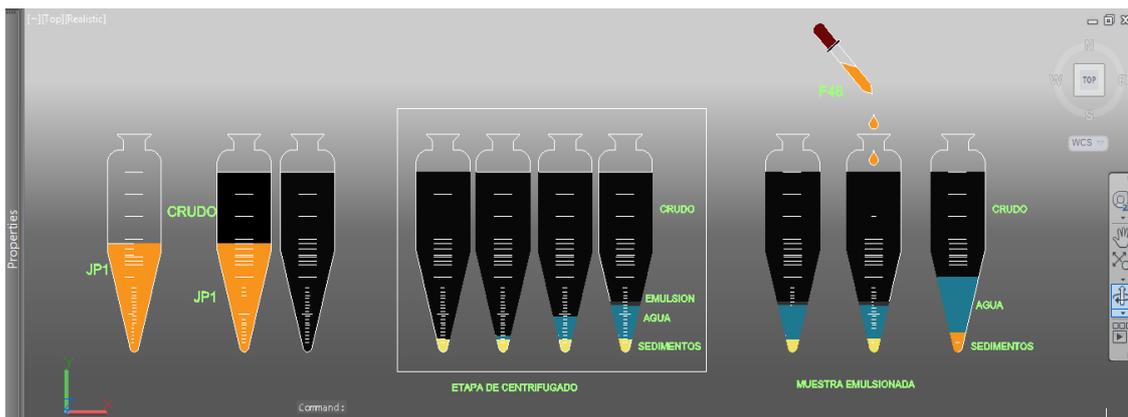
BFPD = Barriles de fluido producidos por día

BIPD = Barriles de fluido inyectados por día

BSW retorno = Porcentaje de agua de la muestra del fluido de retorno

BSW inyección = Porcentaje de agua de la muestra del fluido de inyección

Figura: BSW por centrifugado



Fuente: Autor

CÁLCULO DEL BSW POR DECANTACIÓN

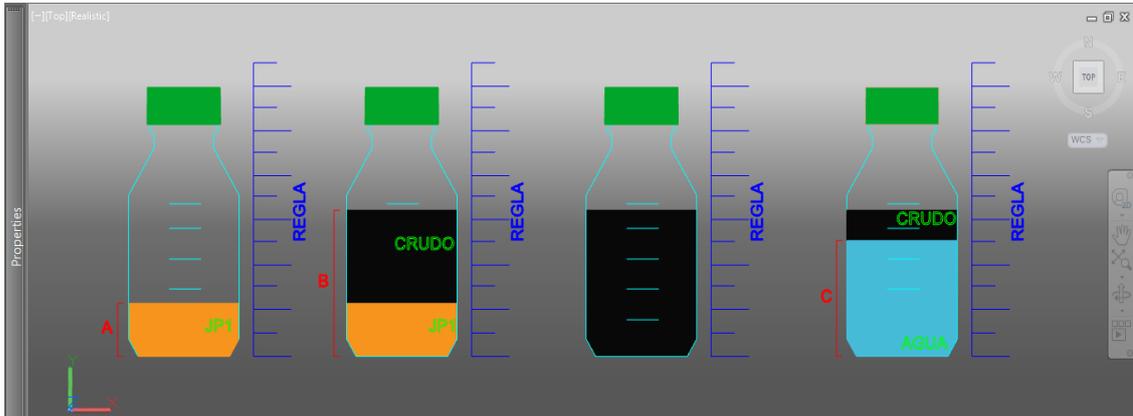
Primero hay que tomar en cuenta que ésta forma de calcular el BSW se aplica en pozos con altos porcentajes de agua $>50\%$, es decir con altos cortes de agua. También se utiliza este cálculo en las primeras horas de evaluación cuando se utiliza agua tratada como fluido motriz, luego de transcurrido cierto tiempo se recupera dicho fluido y el pozo empieza aportar fluido de formación, el cual se ve reflejado en las pruebas de BSW cuando el porcentaje de agua empieza a disminuir.

Esta prueba se la puede realizar en la misma locación del pozo y para realizarla se necesita: un recipiente cilíndrico uniforme de cristal transparente (botella con cuerpo largo), JP1, una regla, calculadora y una muestra de fluido. El procedimiento consiste en:

1. Colocar en la botella JP1 hasta $1/3$ de su capacidad y registrar esta medida con la regla. **MEDIDA “A”**.
2. Previamente se abrirá válvula toma muestra para sacar el fluido acumulado (en reposo).
3. Llenar la sección cilíndrica de la botella con fluido de formación.
4. Agitar la botella por unos segundos para que el JP1 se mezcle con el crudo y las moléculas de agua se puedan separar.
5. Dejar reposar por un minuto para que el agua se separe completamente del crudo y se asiente en la parte inferior de la botella.
6. Medir con la regla la cantidad de fluido total que se encuentra en la botella (agua + crudo) y registrar esta medida. **MEDIDA “B”**.
7. Medir con la regla solamente la cantidad de agua. **MEDIDA “C”**.

8. Para calcular el BSW de la muestra se divide la cantidad de JP1 que se colocó en la botella para la diferencia entre el total de la muestra y la cantidad de agua; y, multiplicar por 100.

Figura: Secuencia para realizar BSW por decantación.



Fuente: Autor

$$\%BSW = \frac{"A"}{"B" - "C"} * 100$$

Donde:

“A”: La medida de JP1 que se colocó en la botella.

“B”: La medida total de la muestra.

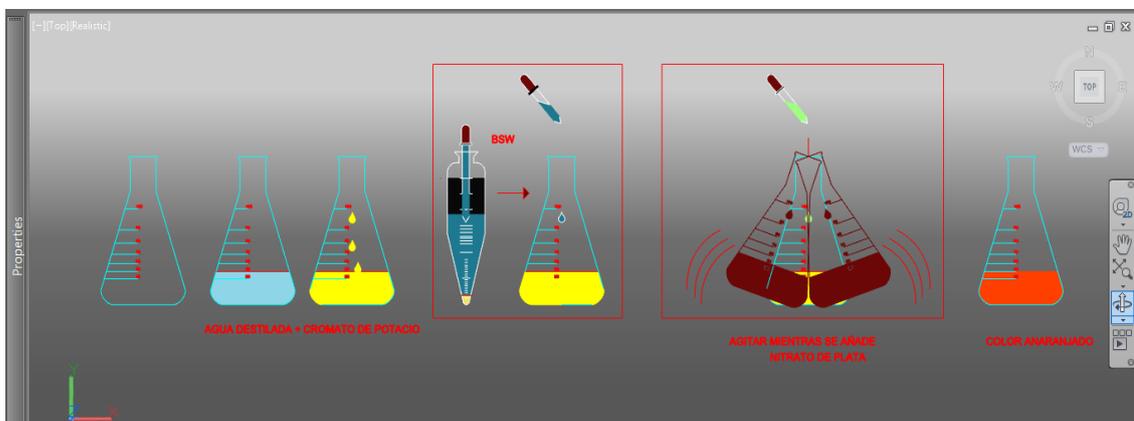
“C”: La medida de agua que se separó de la muestra.

4. PROCEDIMIENTO PARA HACER PRUEBA DE SALINIDAD.

1. Colocar 50 ml de agua destilada en una probeta de 100 ml.
2. Añadir de 3 a 5 gotas cromato de potasio en la probeta con el agua destilada.
3. Coger 1 ml de agua de la probeta de 200 ml en la que se realizó el BSW y verter en la probeta con el agua destilada con cromato de potasio.

4. En la probeta que contiene el agua destilada, cromato de potasio y agua de la muestra, poner paulatinamente el Nitrato de Plata e ir agitando la probeta hasta llegar a obtener un cambio de color de amarillo a color anaranjado.
5. La cantidad de nitrato de plata utilizado multiplicar por la constante, esta constante es determinada de acuerdo a la concentración de nitrato de plata.
6. El valor obtenido viene dado en ppm cl-(partes por millón de cloruros).

Figura: Secuencia para realizar salinidad



Fuente: Autor

Cálculo de la salinidad real de formación

Para este cálculo aplicar la siguiente fórmula:

$$Salinidad\ real = \frac{(BFPD + BIPD) \times Salinidad_{Retorno} - BIPD \times Salinidad_{Inyeccion}}{BFPD}$$

Donde:

BFPD = Barriles de fluido producidos por día

BIPD = Barriles de fluido inyectados por día

Salinidad retorno. = Salinidad del agua del amuestra del fluido de retorno

Salinidad inyección. = Salinidad del agua de la muestra del fluido de inyección

5. PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR EL API.

En el ámbito del petróleo es común utilizar la gravedad API (American Petroleum Institute). Es una escala arbitraria, calibrada en grados y que relaciona la gravedad específica de un líquido, también llamada densidad relativa es la relación entre la densidad de una sustancia y la densidad de otra sustancia tomada como referencia, en este caso el agua.

Las gravedades específicas de una sustancia pueden variar conforme varía la temperatura, por lo que es necesario especificar la temperatura a la que fue tomado el dato API.

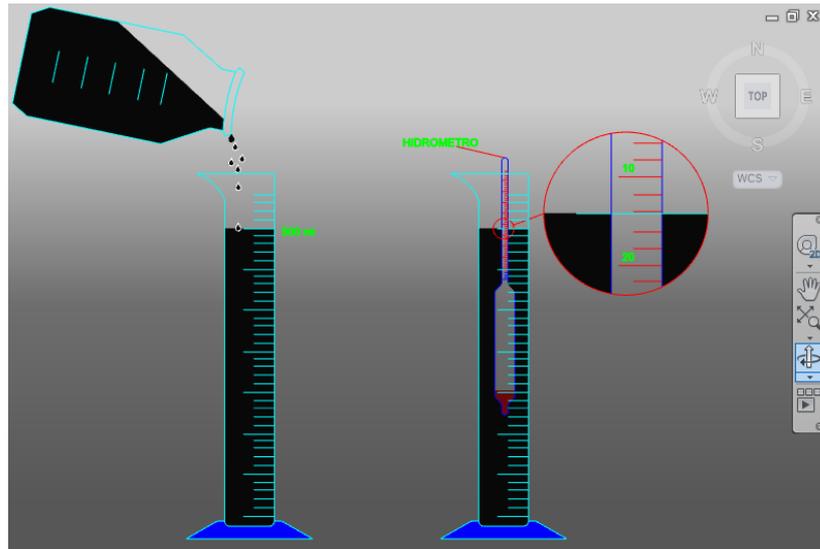
Tabla: Densidad API

ACEITE CRUDO	DENSIDAD (g/cm ³)	DENSIDAD GRADOS API
Extra pesado	>1.0	10
Pesado	1.0-0.92	10,0 - 22,3
Mediano	0,92-0,87	22,3 - 31,1
Ligero	0,87-0,83	31,1 - 39
Supe ligero	<0.83	>39

Fuente: www.api.org

1. Tomar una muestra de +/- 1000 ml dependiendo del porcentaje de agua.
2. Sacar la mayor cantidad de agua centrifugando sin mezclar con JP1.
3. Colocar en una probeta de 500ml el petróleo centrifugado, éste debe ser con un porcentaje de agua menor al 10%.
4. Colocar el hidrómetro en la probeta de 500 ml.
5. Dejar el hidrómetro por 15 minutos hasta que se estabilice, este no debe rozar con las paredes y no tener contacto con la base de la probeta.
6. Leer en el hidrómetro el GRADO API y la temperatura.
7. El valor leído es el GRADO API OBSERVADO.

Figura: Lectura del hidrómetro en una probeta con muestra de crudo.



Fuente: Autor

5.1 PROCEDIMIENTO PARA CALCULAR EL API A 60° F

1. Con el valor del API OBSERVADO y la temperatura observada ir a tablas y corregirlo a la temperatura de 60° F.
2. El valor leído es el ° API CORREGIDO.

5.2 PROCEDIMIENTO PARA CALCULAR EL API SECO

1. En una probeta de 200 ml que se utiliza para el análisis de BSW verter 100 ml de petróleo de la probeta de 500 ml.
2. Agregar 100 ml de JP1 a la probeta de 200 ml y centrifugarlo por 5 minutos.
3. Leer el porcentaje de agua.
4. Con el valor del API CORREGIDO y el porcentaje de agua ir a tablas y corregirlo.
5. El valor leído es el API SECO.

Para el cálculo también se puede utilizar las siguientes fórmulas matemáticas:

Para muestras de crudo con BSW *menor al 1%*

$$API\ Seco = \frac{100 * (API60^{\circ}F) - (10 * BSW)}{100 - BSW}$$

Para muestras de crudo con BSW *mayor al 1%*

$$API\ Seco = \frac{141,5 * (1 - BSW)}{SG60^{\circ}F - BSW} - 131,5$$

SG: Gravedad Especifica

$$SG60^{\circ}F = \frac{1415}{131,5 + (API60^{\circ}F)}$$

6. ANEXOS

ANEXO A

DEFINICIONES:

GRAVEDAD API: Método que se utiliza para medir el grado de volatilidad del crudo.

BS&W: Porcentaje de agua y emulsión que hay en una muestra de crudo.

FLUIDO: Mezcla agua aceite que se extrae del pozo.

ANEXO B

Tabla: Tabla 5A para determinar el API corregido.

TABLE 5A GENERALIZED CRUDE OIL API CORRECTION TO 60 F API GRAVITY AT OBSERVED TEMPERATURE												
TEM F	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0	12,5	13,0	13,5	14,0	14,5	15,0	TEMP F
CORRESPONDE API GRAVITY AT 60 F												
60,0	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0	12,5	13,0	13,5	14,0	14,5	15,0	60,0
60,5	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0	12,5	13,0	13,5	14,0	14,5	15,0	60,5
61,0	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0	12,4	12,9	13,4	13,9	14,4	14,9	61,0
61,5	9,9	10,4	10,9	11,4	11,9	12,4	12,9	13,4	13,9	14,4	14,9	61,5
62,0	9,9	10,4	10,9	11,4	11,9	12,4	12,9	13,4	13,9	14,4	14,9	62,0
62,5	9,9	10,4	10,9	11,4	11,9	12,4	12,9	13,4	13,9	14,4	14,9	62,5
63,0	9,9	10,4	10,9	11,4	11,9	12,4	12,9	13,3	13,8	14,3	14,8	63,0
63,5	9,8	10,3	10,8	11,3	11,8	12,3	12,8	13,3	13,8	14,3	14,8	63,5
64,0	9,8	10,3	10,8	11,3	11,8	12,3	12,8	13,3	13,8	14,3	14,8	64,0
64,5	9,8	10,3	10,8	11,3	11,8	12,3	12,8	13,3	13,8	14,3	14,8	64,5
65,0	9,8	10,3	10,8	11,3	11,8	12,3	12,8	13,2	13,7	14,2	14,7	65,0
65,5	9,7	10,2	10,7	11,2	11,7	12,2	12,7	13,2	13,7	14,2	14,7	65,5
66,0	9,7	10,2	10,7	11,2	11,7	12,2	12,7	13,2	13,7	14,2	14,7	66,0
66,5	9,7	10,2	10,7	11,2	11,7	12,2	12,7	13,2	13,7	14,2	14,7	66,5
67,0	9,7	10,2	10,7	11,2	11,7	12,2	12,7	13,1	13,6	14,1	14,6	67,0
67,5	9,7	10,1	10,6	11,1	11,6	12,1	12,6	13,1	13,6	14,1	14,6	67,5
68,0	9,6	10,1	10,6	11,1	11,6	12,1	12,6	13,1	13,6	14,1	14,6	68,0
68,5	9,6	10,1	10,6	11,1	11,6	12,1	12,6	13,1	13,6	14,1	14,6	68,5
69,0	9,6	10,1	10,6	11,1	11,6	12,1	12,6	13,1	13,5	14,0	14,5	69,0
69,5	9,6	10,1	10,6	11,0	11,5	12,0	12,5	13,0	13,5	14,0	14,5	69,5
70,0	9,5	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0	12,5	13,0	13,5	14,0	14,5	70,0
70,5	9,5	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0	12,5	13,0	13,5	14,0	14,5	70,5
71,0	9,5	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0	12,5	13,0	13,4	13,9	14,4	71,0
71,5	9,5	10,0	10,5	11,0	11,4	11,9	12,4	12,9	13,4	13,9	14,4	71,5
72,0	9,4	9,9	10,4	10,9	11,4	11,9	12,4	12,9	13,4	13,9	14,4	72,0
72,5	9,4	9,9	10,4	10,9	11,4	11,9	12,4	12,9	13,4	13,9	14,4	72,5
73,0	9,4	9,9	10,4	10,9	11,4	11,9	12,4	12,9	13,3	13,8	14,3	73,0
73,5	9,4	9,9	10,4	10,9	11,3	11,8	12,3	12,8	13,3	13,8	14,3	73,5
74,0	9,4	9,8	10,3	10,8	11,3	11,8	12,3	12,8	13,3	13,8	14,3	74,0
74,5	9,3	9,8	10,3	10,8	11,3	11,8	12,3	12,8	13,3	13,8	14,3	74,5
75,0	9,3	9,8	10,3	10,8	11,3	11,8	12,3	12,8	13,2	13,7	14,2	75,0
. DENOTES EXTRAPOLATED VALUE					38	API GRAVITY = 10.0 TO					15,0	

Fuente: Autor

4.10 Protocolo para Movilización de Equipos

	Sistema Integrado de Gestión ISO9001-ISO14001-OHSAS18001	Fecha: 20/03/17
	PROTOCOLO PARA <u>MOVILIZACIÓN DE EQUIPOS</u>	MAN SIG PRT-001

1. OBJETO

Definir las instrucciones de trabajo a seguir para realizar movilización de los equipos bajo protocolos de seguridad, desde el campamento base hasta la locación designada por el cliente para realizar las operaciones.

2. ALCANCE

Este instructivo se aplicará en la operación de movilización de equipos de bombeo hidráulico que se trasladan hasta la locación del cliente para prestar los servicios bajo normas de seguridad para salvaguardar la integridad de los mismos y la del personal designado para realizar estas operaciones.

3. INSTRUCCIONES PARA REALIZAR EL TRABAJO

1. Una vez aprobada la orden de servicio por el jefe de operaciones, se designa al coordinador de bombeo hidráulico y al encargado de SSA gestionen la movilización de los equipos.
2. El coordinador de área organizara con la empresa prestadora de servicio de transporte pesado para que el vehículo se presente en el campamento base a determinada hora para le revisión de los papeles actualizados del conductor, así mismo el encargado de SSA realiza la inspección y evaluación de dicho vehículo para posterior liberación.
3. El Coordinador de Bombeo Hidráulico designa el personal necesario que va a estar presente durante la sujeción y montaje de los equipos al transporte pesado, estos deben ser:

- Encargado de SSA
 - Personal designado para operar la MTU (Técnicos 1 y Operadores)
 - Responsable del área de mantenimiento.
 - Conductor de transporte pesado
4. La persona a cargo del departamento de SSA debe realizar una evaluación de la ruta a seguir antes de la movilización de los equipos, identificar y controlar los riesgos que se pueden presentar en la ruta, determinar la distancia a recorrer, velocidad permitida, hora de salida y llegada, zonas pobladas, puentes, estado de las vías, etc. El mapa de ruta debe ser aprobado por el Jefe de Operaciones, el Coordinador de Bombeo Hidráulico y socializado al personal designado para esta operación.
 5. El personal a cargo de la operación debe realizar el Gerenciamiento de cada uno de los vehículos designados para la movilización, y deben ser aprobados por el Coordinador de Bombeo Hidráulico, el Jefe de Mantenimiento y el Departamento de SSA
 6. El Departamento de SSA junto con el personal designado para operar la Unidad Móvil de Evaluación deben realizar la inspección de los equipos a movilizar para su posterior liberación (llenar el formato de liberación de los equipos de la empresa).
 7. Verificar la correcta ubicación y sujeción de los accesorios, herramientas y camper.
 8. Una vez socializado el mapa de la ruta a seguir previamente aprobado, debe conformarse una caravana de movilización de la siguiente manera:
 - Carro guía.
 - Equipo pesado con la carga a transportar.
 - Camión encargado de transportar el camper.
 9. El departamento de SSA organizara con el cliente la entrega y recepción de la locación antes de instalar los equipos.

10. Ya en el sitio de trabajo el personal técnico debe coordinar con el cliente: el permiso de trabajo, ubicación y desmontaje de los equipos; y, la actividad que se va a realizar dentro de la locación, provisión de vacumm para suministrar líquido a la unidad.

4. ANEXOS

ANEXO A

DEFINICIONES:

SSA: Seguridad, Salud y Ambiente

Maquinaria pesada / transporte pesado: Vehículo automotor destinado exclusivamente a obras industriales, que por sus características técnicas y físicas no pueden transitar por las vías de uso público o privado

Gerenciamiento: Inspección detallada de los vehículos para determinar su correcto funcionamiento y si es apto para ser usado dentro y fuera de las locaciones del cliente.

Locación: Espacio físico delimitado para realizar operaciones, en este caso, relacionadas a la actividad petrolera bajo normas de seguridad y ambiente.

Carro Guía: Vehículo utilizado por seguridad en la movilización de cargas ancha.

4.11 Protocolo de Seguridad, Normas y Recomendaciones

	Sistema Integrado de Gestión ISO9001-ISO14001-OHSAS18001	Fecha: 20/03/17
	PROTOCOLO DE SEGURIDAD, NORMAS, RECOMENDACIONES	MAN SIG 001

1. OBJETO

Definir las instrucciones de trabajo a seguir para realizar movilización de los equipos bajo protocolos de seguridad, desde el campamento base hasta la locación designada por el cliente para realizar las operaciones.

2. ALCANCE

Este instructivo se aplicará en la operación de movilización de equipos de Bombeo Hidráulico que se trasladan hasta la locación del cliente para prestar los servicios bajo normas de seguridad para salvaguardar la integridad de los mismos y la del personal designado para realizar estas operaciones.

3. SEGURIDAD, NORMAS Y RECOMENDACIONES

El factor más importante en la prevención de fallas de los equipos y accidentes es una actitud positiva hacia la seguridad. Recuerde que usted es la persona más importante en cualquier programa de seguridad, conozca bien su equipo y sus herramientas, opérelas adecuadamente.

Pasar por alto las normas y recomendaciones de este instructivo podrá revertirse en daños y/o fatales accidentes.

Es indispensable que cada operación sea realizada bajo las más estrictas normas y reglamentaciones de seguridad e higiene industrial, manteniendo la aplicación y el control

de las mismas en todo momento; por lo tanto: las áreas de operación, los materiales, las herramientas, y los equipos requieren de nuestra atención en la correcta aplicación de los estándares de seguridad e higiene, así como el control y la concentración mental para la realización de estas actividades.

Tome en cuenta las siguientes reglamentaciones para la manipulación y operación de los equipos y herramientas:

- Reconozca las áreas de encuentro y las salidas de emergencia del lugar,
- Si usted no está calificado o no ha recibido entrenamiento, jamás opere los equipos
- Ubique sus equipos de forma segura, evite la obstrucción del paso peatonal, vehicular, y sobre todo de las áreas de desalojo de emergencia
- No levante pesos que superen su capacidad, solicite ayuda a sus compañeros
- No olvide que se opera con altas presiones. *Jamás intente detener fugas de líquidos a presión con sus manos*
- No introduzca las manos ni objetos en máquinas y equipos en movimiento
- Use siempre la herramienta adecuada para golpear, ajustar o aflojar las partes
- No exceda las capacidades de torque
- Mantenga limpia su área de trabajo, sus herramientas, accesorios y equipos
- Ordene y guarde sus herramientas después de usarlas, no las maltrate, ni use para golpear otros objetos
- Mantenga las partes móviles de los equipos y herramientas lubricadas
- Evite toda contaminación con basura, solvente, combustible, químicos o petróleo
- Jamás fume en el lugar de trabajo
- Evite ruidos innecesarios en el taller
- Es prohibido laborar bajo los efectos de licor y/o estupefacientes

- Comunique a tiempo a su superior cualquier indisposición para laborar
- Ponga atención y respete las señales de seguridad,

3.1 PLAN CONTROL DE DERRAMES (PLAN DE CONTINGENCIA)

Recuerde que antes de cualquier operación, usted debe incluir entre los materiales que dispone para la ejecución de trabajo, el kit anti derrame con sus respectivos materiales de contingencia (absorbentes, geo-membrana, diques, pala, etc.).

En caso de fuga a presión, no intente detenerla con sus manos, cierre la válvula Block de inyección (para sistema centralizado o Power Oil), o realice una parada de emergencia (E.S.D. para unidad M.T.U.), despresurice, proceda al cerrado de válvulas, principalmente las que forman el circuito donde se produce el derrame, forme diques, utilice absorbentes u otro elemento encapsulante, coloque recipientes para depositar el fluido recuperado.

- Coordine (Técnico de Operaciones - Cliente) y divida las acciones para reducir el factor tiempo.
- Comunique y coordine con el Cliente y/o representante en el pozo, solicite ayuda.

Posición...

Normativa...

Canal...

- Adelante acciones de contingencia, coloque recipientes, absorbentes, prepare diques.
- Cuantifique riesgos de la emergencia.
- Analice causas y soluciones.
- Limpie toda el área afectada, recolecte los residuos y envíelos a la base.
- Registre los acontecimientos.

3.2 CONTROL Y MANEJO DE DESECHOS

Todos los elementos que por efecto de operación se generen y sean objeto de contaminación, deben ser confinados, almacenados y transportados a la base, excepto por los residuos de petróleo que se recolecten por efecto de despresurización, serán depositados en sumideros de la estación, del cliente, más cercano; igual tratamiento se aplica para los aceites producto del mantenimiento de los equipos.

Los residuos sólidos contaminados con petróleo, provocados por parte de Solipet S. A. serán enviados a la base o depositados en los recolectores asignados por el cliente.

3.3 PLAN CONTRA INCENDIOS

Recuerde que antes de cualquier operación, usted debe adecuar la zona de trabajo con los equipos de seguridad, tal como se indica en el **INSTRUCTIVO PARA INSTALACIÓN DE UNIDAD MTU** código: MAN SIG INST-00.

El tipo de fuego que puede producirse en el ambiente que usted maneja, en su mayoría es el de tipo B, líquidos combustibles, y en menor proporción el tipo A, papel, madera y textiles, por ello su extintor es tipo AB.

Si se presenta una emergencia, recurra al sitio de encuentro preestablecido, (letrero “Punto de Encuentro”).

Coordine y divida las acciones para reducir el factor tiempo.

Comunique y coordine con el Cliente y/o representante en el pozo, solicite ayuda.

Posición...

Normativa...

Canal...

Cuantifique riesgos antes de intervenir, (apagar equipos, cerrar válvulas, etc.).

Comunique a la base, los acontecimientos.

Adelante acciones de contingencia, utilice los extintores según las indicaciones y distancias de acción.

Analice causas del siniestro, y revise el sistema.

Limpie toda el área afectada, recolecte los residuos y envíelos a la base o déjelos en los recolectores asignados por el cliente.

Registre los acontecimientos.

3.4 EQUIPO DE SEGURIDAD PERSONAL

- **Calzado y Vestimenta**

El equipo de seguridad personal es fundamental para ello se requiere que cada elemento tenga la ficha técnica del producto a fin que cumpla con las especificaciones técnicas en seguridad industrial.

Es obligatoria la utilización de zapatos de seguridad con protección de acero en la punta, con base anti-deslizable, deberá calzarse cómodo según la talla; y reemplazarse inmediatamente cuando esté presente signos de desgaste o daño en su plantilla, rasgaduras, cortes o desprendimiento de algunos de sus componentes, para ello se recomienda que posea la norma ASTM F2413-05

Se usarán pantalones y camisas en tela *jean*, además se permite el uso de camiseta tipo algodón. La vestimenta que se usará será la proporcionada por la empresa. Esta se ajustará a la talla del operador de manera cómoda. Estas prendas deberán reemplazarse

inmediatamente cuando presenten signos de desgaste, rasgaduras, manchas excesivas de aceite o petróleo. Evítese, de preferencia, el uso de dotaciones anteriores al período correspondiente, la ropa de trabajo será de fibras ignífugas o retardantes de llama y deberá cumplir con la norma NFPA 2112

- **Protección de las Manos.-**

Utilícese guantes para la manipulación de los equipos y las herramientas de trabajo en seco, en todo lo posible deberán estar libres de aceite y humedad

Para algunos trabajos de taller como calibración, inspección de partes y otros, no se recomienda usar guantes, pero es necesario tomar en cuenta que algunos materiales poseen aristas que pueden provocar cortes.

Para la utilización de las máquinas herramientas de revolución (rectificadoras, esmeril, lapiadora, etc.) debe retirarse los guantes para evitar que éstos sean atrapados y provoquen accidentes. *No acerque trapos a las máquinas de revolución.*

- **Protección Visual y Auditiva.-**

Utilícese gafas de seguridad mientras se encuentre operando con las máquinas de revolución del taller, serán reemplazadas cuando presenten rayones, roturas o algún otro daño, para ello se recomienda que deben cumplir con la norma ANSI Z87.1-2003 o su equivalente.

Úsese protectores auditivos (orejeras y/o tapones desechables) en las áreas que presenten ruido. Reemplace los tapones con su utilización a diario, las orejeras deberán cumplir con la norma ANSI S3.19- 1974.

Protección de la Cabeza

Es obligatoria la utilización del casco de seguridad en áreas industriales, en áreas en las que exista riesgo de objetos en caída libre y *todas aquellas en las que los avisos de seguridad lo exijan*; será reemplazado cuando presente daño el arnés, haya sido objeto de golpes, daños, roturas, deformación o hayan cumplido su ciclo de vida útil, se recomienda que cumpla la norma ANSI Z89.1-2003, Tipo I, Clase E

ANEXO A

Ficha técnica de elementos de protección personal para trabajos en MTU

ZONA DEL CUERPO	ELEMENTO DE PROTECCION PERSONAL		NORMA QUE CUMPLE	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
OIDOS	Protector auditivo tipo copa y normales		NTC-2272 OSHA-NIOSH CE EN 24869-1 ANSI S 3.19 NRR. 26dB NRR. 30dB	Tipo: De copa o de inserción Material: Espuma de poliuretano, tapones blandos, suevas, autoajustables, cómodos de baja presión. Otros materiales: Silicona Usos: Ruido >85 dB.	Dependiendo del tiempo de exposición y la intensidad del ruido se requerirá EPP auditivo
CABEZA	Casco industrial		ANSI / ISEA Z89.1-2009 Tipo 1 Clase E	Material: Polietileno de alta densidad. Usos: industria en general	Cuatro puntos de apoyo en la araña, con ala frontal redondeada, preferiblemente con rache, tipo 1
OJOS	Gafas de seguridad		ANSI Z87.1 (Z87+)	Diseño ojo de gato clásico. Protección frontal y lateral. Diseñado para proteger el ojo contra golpes, impacto de partículas, polvos y chispas. Lente y patillas de policarbonato. Tornillo de acero inoxidable Filtro UV anti empañeo.	Preferiblemente antiespumantes
MANOS	Guantes de vaqueta		ANSI/ISEA 105-2000	Aplicaciones generales que requieran protección a la abrasión y la ventilación que brinda el cuero y el algodón, tales como ensamblaje, construcción, mantenimiento, trabajos con herramientas de alto riesgo, trabajos eléctricos.	Debe mantenerse limpio Si los guantes se encuentran rotos, defectuosos, deteriorados o presentan un riesgo para el desarrollo de la operación deben ser cambiados
	Guantes de nitrilo			Están fabricados de un compuesto de nitrilo de alto rendimiento lo que les da una excelente combinación de fuerza y resistencia a los productos químicos líquidos como: ácidos orgánicos, soluciones saturadas, álcalis, hidrocarburos alifáticos	Los guantes están hechos de goma sintética
	Guantes largos revestidos de nitrilo		388:2003 4102 374:2003 z-81		Superficie en relieve para mejor agarre
	Guantes de pupos			Guante tejido de algodón poliéster para caballero con panel de PVC negro en ambos lado ambidiestro	Uso: manejo de materiales, herramientas y ensamblajes
PIES	Calzado de seguridad		NTC-ISO-20345:2007 Resistente al impacto en la puntera. ASTM-F2413-11 Resistente a la corrosión.	Calzado con puntera resistente a impactos, humedad y pinchazos	Debe mantenerse limpio seco Debe reemplazarse cuando se encuentre deteriorado o defectuoso
	Bota Industrial		ASTM F2412/05 Y F2413/05	Punta de acero apto para hidrocarburos. Revestimiento de malla interior. Punta anti sudor. Suela antideslizante excelente agarre.	
PROTECCION CORPORAL	Camisa manga larga y pantalón Jean de trabajo			Protege el riesgo biológico al contacto con insectos, además de la protección solar	Para conservar su prenda de vestir no utilizar detergente con blanqueador
	PONCHO EN PVC CON CAPUCHA			Protege de riesgos biológicos, lluvia, se utiliza para trabajos para la intemperie	Crea un ambiente seco, previniendo irritaciones cutáneas
	KIT DE TRABAJO EN ALTURA		OSHA, ANSI A 10.32-2004/Z359.1/Z359.3 /Z359.4	Regulación ultra rápida en piernas. Cinta de poliéster de alta tenacidad. Hebillas tipo ranura para una fácil colocación.	
	LINEA DE VIDA		OSHA, ANSI A 10.32-2004/Z359.1/Z359.3 /Z359.9	Largo total de 1.5m	

Fuente: Autor

CAPÍTULO V

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Este manual presenta 6 instructivos y 2 protocolos en los que se detallan objetivos, alcance, responsabilidades y funciones de cada puesto de trabajo dentro de las operaciones. También se proporciona los pasos y las actividades que se deben seguir en forma cronológica tomando en cuenta las normas de seguridad y ambiente para proporcionar un servicio de forma eficiente.
- Cada instructivo está elaborado de tal manera que se puedan eliminar todos los riesgos a los que se está expuesto durante las operaciones. Se proporciona también protocolo de seguridad, normas y recomendaciones a seguir en caso de que exista una situación en la que se vean afectados la integridad del personal, los equipos y la locación.
- Se describieron todos los equipos y principios de funcionamiento que se utilizan para realizar una evaluación con el propósito de que los trabajadores conozcan los elementos tanto de superficie como de subsuelo e interpreten los resultados de las evaluaciones. Dichos conocimientos permitirán capacitar a los trabajadores nuevos rápidamente y a los operadores a desarrollar nuevas actividades, proporcionar soluciones y respuestas al cliente que lo ayudaran a destacar dentro y fuera de la empresa, además de proporcionar un buen servicio y elevar los estándares de calidad de la empresa.
- Durante la evaluación se pueden presentar distintas situaciones que alteran los resultados. El primer paso es descartar y eliminar las fallas que se pueden originar en

los equipos de superficie, si los parámetros continúan variando y los resultados no son lo que esperaban; este trabajo también proporciona las fallas más comunes que se dan en el interior del pozo, las causas y las soluciones para que de esta manera tanto técnico como operador analicen que es lo que pasa con los elementos de subsuelo.

- Una de las ventajas del Bombeo Hidráulico es que las fallas que se presentan durante una evaluación se las puede solucionar en la misma locación y en el menor tiempo posible, lo que ayuda a reducir los costos y eliminar grandes pérdidas de producción. Con las pautas proporcionadas por este manual ayudaran a los trabajadores a determinar dichas fallas y solucionarlas antes de que suceda, lo que representa un aumento de la vida útil de los equipos.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda la difusión y publicación de este manual a todo el personal de Bombeo Hidráulico ya sea de forma impresa o digital.
- Se recomienda que se proporcione el presente manual en forma impresa para que sean ubicados en el camper de todas las unidades y sirva de apoyo y consulta.
- Se recomienda a la Coordinación y al Departamento QHSE capacitar y evaluar periódicamente a los trabajadores para todos tenga el mismo nivel de conocimiento.
- Ya que las locaciones y los pozos son diferentes en cada campo, se recomienda a los técnicos que adapten las operaciones de acuerdo a las facilidades que el sitio y el cliente proporcionen tomando en cuenta las normas de seguridad y ambiente.

6 BIBLIOGRAFÍA

UNAM. *Manual de Procedimientos.* [En línea] 2016. . [Consulta: 01 de noviembre 2016]. Disponible en:<http://www.ingenieria.unam.mx/~guiaindustrial/disenoinfo/6/1.htm>.

ESTUDIANTES DE INGENIERIA DE PETROLEOS. *La Comunidad Petrolera.* [En línea] 01 de 2008. [Consulta: 02 de noviembre 2016]. Disponible en: <http://industria-petrolera.lacomunidadpetrolera.com>.

SCHLUMBERGER LIMITED. *Bombeo Hidráulico.* [En línea] Octubre de 2016. [Consulta: 03 de noviembre 2016]. Disponible en: <http://www.glossary.oilfield.slb.com/>.

SOLIPET. *Unidades móviles de evaluación.* [En línea] 2016. [Consulta: 05 de noviembre 2016]. Disponible en: www.solipet.com.

GÓMEZ-CANO, M. *Evaluación de riesgos laborales.* Descatalogado : Publicacion Española, 1996.

OILMAIL. *Sistema de Levantamiento Artificial.* [En línea] 2011. [Consulta: 10 de noviembre 2016]. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos63/metodos-levantamiento->.

CEJN. *Solution provider.* [En línea] FEBRERO de 2013. [Consulta: 15 de noviembre 2016]. Disponible en: <http://www.cejn.com/>.

INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO. [En línea] 9 de DICIEMBRE de 2014. [Consulta: 18 de noviembre 2016]. Disponible en: <http://www.imp.mx/petroleo/?>.

MADRID, M. *Portal Del Petroleo.* [En línea] Abril de 2016. [Consulta: 20 de noviembre 2016]. Disponible en: <http://www.portaldelpetroleo.com/>.

