



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE MAQUINARIA AGRÍCOLA

PERFORACIÓN DIRECCIONAL PARA POZOS DE HIDROCARBUROS

POR:

DOMINGO DAMIAN GARCÍA

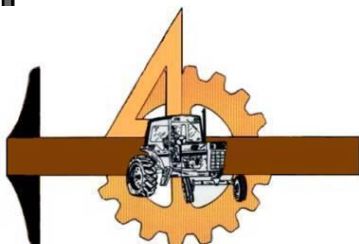
MEMORIA DE EXPERIENCIA PROFESIONAL

PRESENTADA PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Mayo de 2015



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE MAQUINARIA AGRÍCOLA

PERFORACIÓN DIRECCIONAL PARA POZOS DE HIDROCARBUROS

POR:

DOMINGO DAMIAN GARCÍA


MEMORIA DE EXPERIENCIA PROFESIONAL

Que Somete a Consideración del H. Jurado Examinador Como Requisito Parcial para
Obtener el Título de:

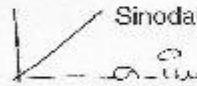
INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA

Aprobado por el comité de tesis


ASESOR PRINCIPAL


M.C. Héctor Uriel Serna Fernández

Sinodal

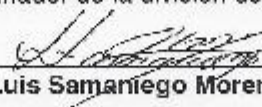

Dr. Karim de Alba Romenus
Sinodal

Asesor externo


M.C. Tomas Gaytán Muñiz

Sinodal

Coordinador de la división de ingeniería


Dr. Luis Samaniego Moreno

Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"



Coordinación de
Ingeniería

DEDICATORIA

Quiero expresar mi dedicatoria a mis padres y a mis hermanos por haberme dado la oportunidad de realizar mis estudios profesionales, gracias por su apoyo y sus bendiciones.

A la UAAAN por permitir y darme la oportunidad de realizar mis estudios y terminar mi carrera Profesional. Mil gracias.

Al **M.C. Héctor Uriel Serna Fernández**, por su apoyo dentro y fuera de las aulas, por ser mi asesor y su apoyo incondicional y consejos que fueron de mucha ayuda durante la estancia en la universidad, por su amistad. Por todo gracias.

A todo los profesores del departamento de maquinaria agrícola, expreso mi gratitud, **M.C. Héctor Uriel Serna Fernández, Dr. Martin Cadena Zapata, Dr. Jesús Rodolfo Valenzuela García, M.C. Juan Antonio Guerrero Hernández, M.C. Blanca Elizabeth de la Peña Casas, Ing. Juan Arredondo Valdez, M.C. Tomas Gaitán Muñiz, Ing. Jorge Alberto Flores Berrueto, Ing. Rosendo Gonzales Garza**, y a todos los profesores que durante el plan de estudios compartieron sus conocimientos y amistad. Muchas gracias.

A mis **compañeros de generación** que durante los estudios me brindaron su apoyo en las diferentes clases y fuera de ella. Mil gracias.

A mi amigo **Hugo Dante Saldaña** por todas las aventuras vividas dentro y fuera de la universidad. Mil gracias

AGRADECIMENTOS

Agradezco a mis padres, hermanos, amigos, profesores y a la UAAAN por haberme dado la oportunidad de estudiar una carrera profesional. Al iniciar esta aventura alejada del lecho familiar me fue difícil, pero con la ayuda de todos ello lo supere y me encamine hasta alcanzar mi objetivo Profesional.

La formación que obtuve en la UAAAN, en estos 12 años que llevo en el mercado laboral me ha sido de éxito, no ha sido fácil pero con el entusiasmo y dedicación que me caracteriza he sabido salir a delante.

También quiero agradecer a mi novia y esposa por acompañarme estos 8 años que hemos convivido, sin ella mi vida sería diferente, también agradecer porque me ha estado apoyando en todas las fases de mi vida, gracias por sus consejos, sus desvelos, su compañía y sobre todo su comprensión. Mil gracias.

Índice de Contenido

Índice de figuras	7
Resumen	8
I INTRODUCCIÓN	9
1.2 Objetivo	10
II MARCO TEÓRICO.....	11
2.1 Antecedentes históricos de la perforación direccional.....	11
2.2 Aplicaciones de la perforación direccional	13
2.2.1 Perforación direccional sidetracks	13
2.2.2 Perforación direccional sobre locaciones inaccesibles	14
2.2.3 Perforación direccional en domos salinos	15
2.2.4 Perforación direccional en control de fallas	16
2.2.5 Perforación direccional en múltiples pozos exploratorio desde un solo agujero	16
2.2.6 Perforación direccional terrestre hacia localizaciones marinas.....	17
2.2.7 Perforación direccional a costa fuera de pozos múltiples	18
2.2.8 Perforación direccional de pozos de alivio	19
2.2.9 Perforación direccional de pozos horizontales	20
2.2.10 Perforación direccional de pozos de alcance extendido	21
2.2.11 Perforación direccional de pozos multilaterales.....	22
2.2.12 Perforación direccional de pozos de radio corto, mediano y largo	23
III TIPOS DE POZOS DIRECCIONALES	24
3.1 Tipos de perfiles de pozos direccionales	24
3.1.1 Pozo direccional vertical.....	25
3.1.2 Pozo direccional tipo “J”	26
3.1.3 Pozo direccional tipo “S”	27
3.1.4 Pozos direccionales horizontales	28
IV ALGUNAS HERRAMIENTAS UTILIZADAS EN LA PERFORACIÓN DIRECCIONAL DE POZOS	30
4.1 Herramientas para desviar un pozo	30
4.1.1 Cuchara o cuñas de desviación (whipstock).....	30
4.1.2 Turbinas y motores de fondo (motores de desplazamiento positivo)	31
4.1.3 Sistema de navegación rotatorio	32

Perforación Direccional para Pozos de Hidrocarburos

4.1.4	Ensamble de fondo tipo fulcrum	33
4.1.5	Ensamble de fondo tipo estabilizado	35
4.1.6	Ensamble de fondo tipo péndulo	36
4.1.7	Ensamble de fondo con herramienta de medición MWD (medir mientras perfora)	37
4.1.8	Ensamble de fondo con herramienta de medición LWD (registrar mientras se perfora)	39
4.1.9	Ensamble de fondo con herramienta PWD (registrar presiones de fondo mientras se perfora)	41
V	CONCLUSIONES	42
	Apéndice 1	43

Índice de figuras

Figura 2.1	Perforación de un campo con varios equipos instalados	12
Figura 2.2	Sidetracks	13
Figura 2.3	Localizaciones inaccesibles.....	14
Figura 2.4	Perforación en domos salinos	15
Figura 2.5	Control de fallas	16
Figura 2.6	Múltiples pozos exploratorios desde un solo agujero.....	16
Figura 2.7	Perforación terrestre hacia Localizaciones marinas.....	18
Figura 2.8	Perforación costa afuera de pozos múltiples	19
Figura 2.9	Pozos de alivio	20
Figura 2.10	Pozos horizontales	21
Figura 2.11	Pozos de alcance extendido.....	22
Figura 2.12	Pozos multilaterales	23
Figura 2.13	Pozos de radio corto, mediano y largo	24
Figura 3.1	Pozo Vertical	26
Figura 3.2	Pozo tipo “J”	27
Figura 3.3	Pozo tipo “S”	28
Figura 3.4	Pozo horizontal.....	29
Figura 4.1	Cuchara o cunas de desviación (whipstock).....	31
Figura 4.2	Turbinas y motores de fondo.....	32
Figura 4.3	Sistema de navegación rotatorio	33
Figura 4.4	Ensamble de fondo tipo fulcrum	34
Figura 4.5	Ensamble de fondo tipo estabilizado	35
Figura 4.6	Ensamble de fondo tipo péndulo	36
Figura 4.7	Ensamble de fondo con herramienta de medición MWD	38
Figura 4.8	Ensamble de fondo con herramienta de medición LWD	40
Figura 4.9	Ensamble de fondo con herramienta PWD.....	41

Resumen

Desde los comienzos de la industria petrolera, un equipo importante para la explotación y el desarrollo de los campos petroleros es la perforación.

Con la disminución de los yacimientos someros y con el descubrimiento de yacimientos en zonas y profundidades cada vez más difíciles de alcanzar y desarrollar, se desarrolló la perforación direccional controlada, la cual consiste en desviar el pozo de su trayectoria vertical hasta alcanzar un objetivo.

El objetivo de este trabajo es proporcionar información básica de perforación direccional para los alumnos de la carrera de ingeniería mecánica agrícola y de esa forma tener otras opciones de desarrollo en su vida profesional.

Este trabajo incluye desde los antecedentes de la perforación direccional, sus aplicaciones, herramientas que se utilizan en la actualidad y los principales perfiles de pozos que se perforan en México.

Palabras clave: Perforación, pozos petroleros, dirección

Correo Electronico; Domingo Damian garcia, damiang_78@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

La perforación direccional se ha convertido en una herramienta muy importante para el desarrollo de los depósitos de aceite y gas.

Probablemente el aspecto más importante de la perforación direccional controlada es que les permite a los productores de todo el mundo desarrollar depósitos que nunca podrían ser alcanzados económicamente de otra manera. La perforación direccional controlada es la ciencia y arte de desviar un agujero a lo largo de un curso planeado, desde una localización de partida, ambos, definido por un sistema de coordenadas.

Un pozo direccional típico, comienza con un pozo vertical, de donde en algún punto se desvía de manera que la localización del fondo puede terminar a cientos de metros de distancia del punto de partida.

Con el descubrimiento de yacimientos en zonas y profundidades cada vez más difíciles de alcanzar y desarrollar, la tecnología de perforación fue evolucionando hasta el origen de la perforación direccional controlada.

Este trabajo es una guía básica de perforación direccional, con los conocimientos básicos para comprender las principales aplicaciones, así como algunas herramientas que son utilizadas para la desviación de un pozo.

Perforación Direccional para Pozos de Hidrocarburos

Por último, otro punto muy importante es que con este trabajo, los estudiantes de ingeniería van a tener otra opción para su desarrollo profesional en la industria petrolera y tener más probabilidades de éxito en su vida profesional.

Objetivo

Proporcionar información relacionada a perforación direccional de pozos petroleros, para que los alumnos de ingeniería tengan otra opción en el campo laboral.

II MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes históricos de la perforación direccional

En la industria petrolera, la exploración y desarrollo de los campos petroleros abarca varias especialidades, una de las más importantes, por su alto costo de inversión y el alto riesgo que representa la perforación. Esta actividad nace a mediados del siglo XIX. Debido a que su objetivo principal era la búsqueda de agua; al inicio la explotación de los campos de hidrocarburos se enfocó en la extracción de grandes volúmenes de hidrocarburos por medio de la perforación intensiva. Debido a esto disminuyeron rápidamente los yacimientos fáciles y someros, volviendo la perforación en una actividad estratégica, porque cada vez son mayores las profundidades que se debe alcanzar, las ubicaciones y las condiciones son más difíciles, por esta razón, la perforación direccional obtuvo su desarrollo para perforar nuevas reservas.

La perforación direccional inicialmente fue usada como operación correctiva, ya fuera para librar pescados, verticalizar agujeros desviados accidentalmente o para perforar pozos vecinos de alivio para controlar reventones. El interés en la perforación direccional controlada comenzó alrededor de 1929, después de la introducción de sistemas precisos de medición en los campos de Seminole, en Oklahoma.

El primer pozo direccional se perforó en 1930 en Huntington Beach, California, pero no recibió reconocimiento favorable hasta 1934, donde se perforó un pozo direccional para intersectar un pozo descontrolado.

Perforación Direccional para Pozos de Hidrocarburos

En nuestro país, el primer pozo direccional se realizó en 1960 en la Choapas, Veracruz. En México se han perforado pozos direccionales con éxito, en el norte del país, centro del país, sur del país, aguas del golfo de México.

A lo largo de los años los descubrimientos de yacimientos de hidrocarburos convencionales y no convencionales, tanto en el mar como en zonas pobladas, zonas

Hostiles y en zonas de protección ambiental, ha incrementado la aplicación de técnicas de perforación direccional y ahora es una de las técnicas más comunes para perforar campos en zonas marizas y terrestre. También para maximizar el incremento de producción de los pozos.

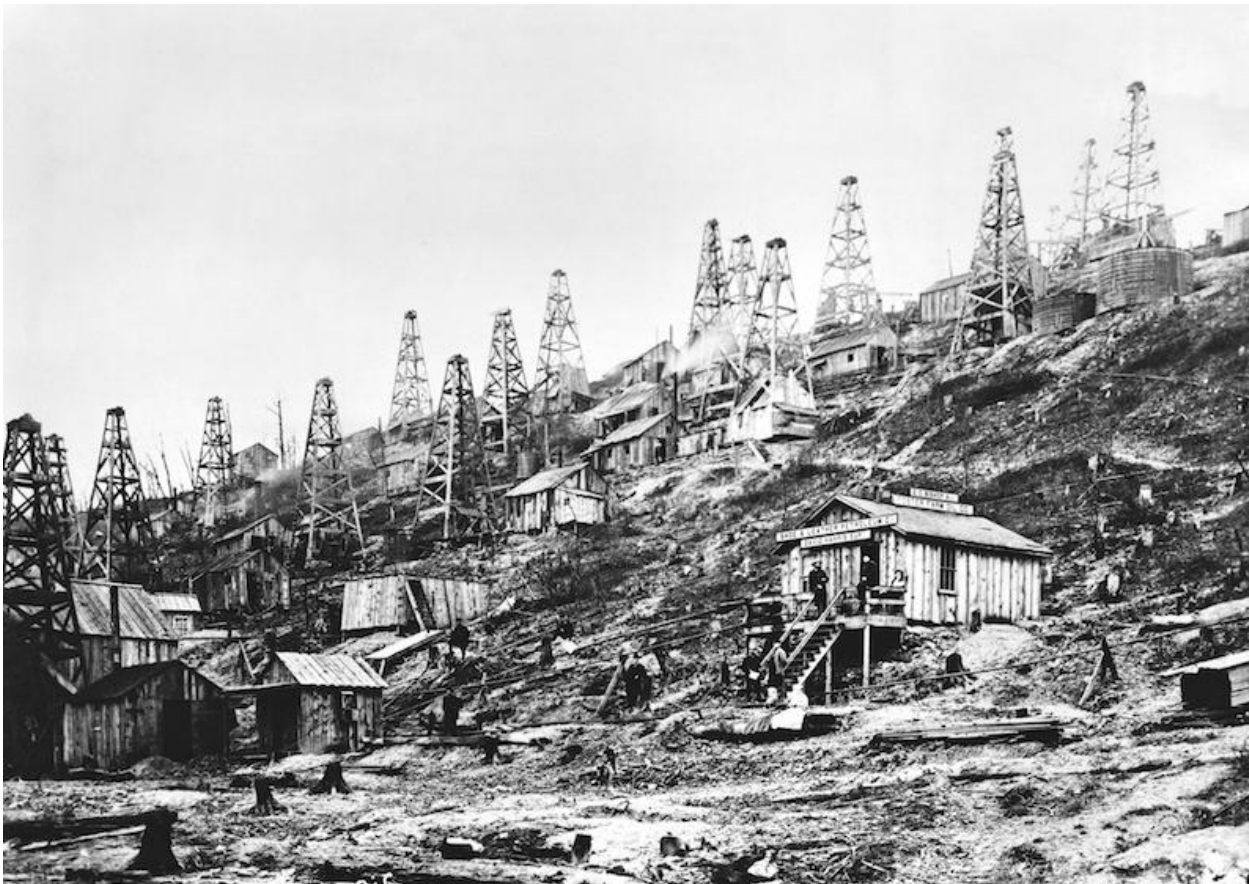


Figura 2.1 Perforación de un campo con varios equipos instalados

Aplicaciones de la perforación direccional

2.2.1 Perforación direccional sidetracks

El sidetrack fue la primera técnica de perforación direccional para librar obstrucciones (pescados). Esta resulta de la acción de desviar un pozo para iniciar un nuevo agujero en cualquier punto de la trayectoria del pozo viejo.

Existen diferentes razones para realizar un sidetrack, una de ellas es editar un pez, que se ha quedado en el agujero, desprendimiento de la sarta de perforación, otra razón interceptar una formación productora, evitar fallas geológicas.

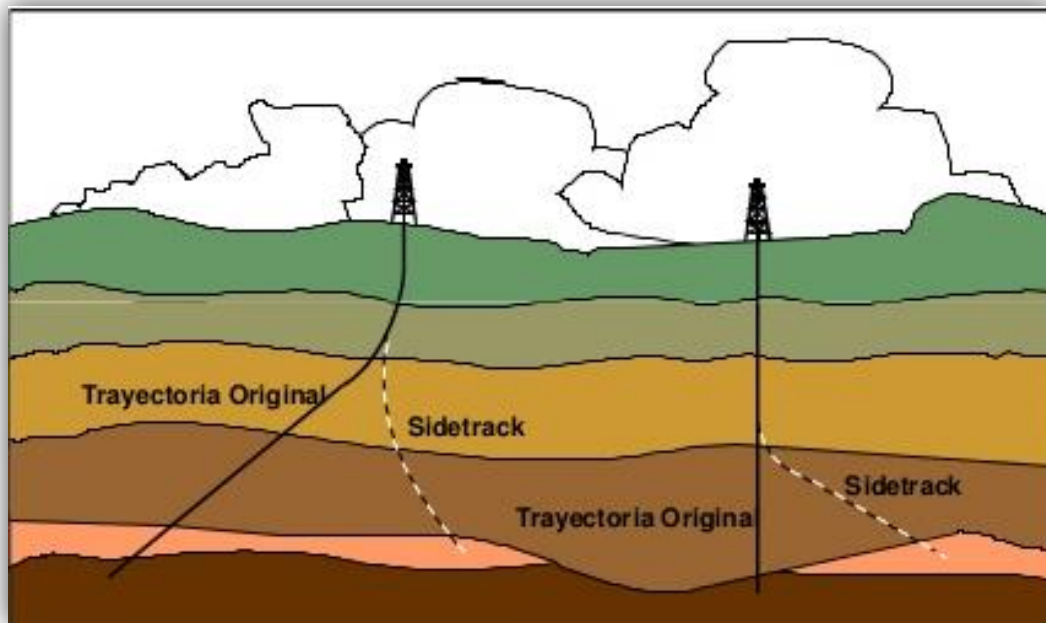


Figura 2.2 Sidetracks

Perforación Direccional para Pozos de Hidrocarburos

2.2.2 Perforación direccional sobre localaciones inaccesibles

Las localizaciones inaccesibles, tal como objetivos localizados bajo ciudades, ríos, o áreas sensitivamente ambientales hacen necesario localizar el equipo de perforación lejos del objetivo.

Este tipo de perforación son muy común en el sur de México y el centro del país ya que los yacimientos petrolíferos se encuentran por debajo de las ciudades, en este caso no se puede instalar un equipo en la ciudad y perforar, por esta razón los equipos se ubican fuera de la ciudad y se perfora direccionalmente hacia donde este el yacimiento.

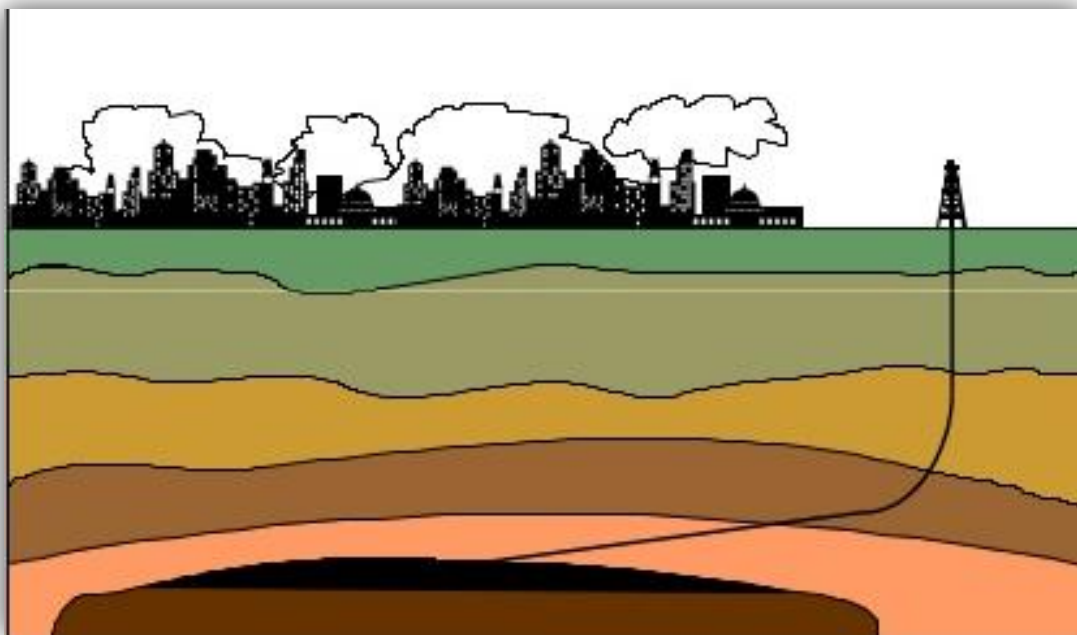


Figura 2.3 Localizaciones inaccesibles

Perforación Direccional para Pozos de Hidrocarburos

2.2.3 Perforación direccional en domos salinos

Se ha encontrado que los domos salinos son excelentes trampas naturales de hidrocarburos acumulados debajo de la tapa superior del domo. Se perfora un pozo direccional para alcanzar el yacimiento atrapado y así prevenir los problemas asociados con la perforación a través de estas estructuras.

Muchos de los campos petroleros están asociados con intrusioniones o con domos salinos, esta técnica de perforación direccional nos permite desarrollar y explotar los yacimientos que se encuentran atrapados. En el golfo de México hay muchos domos salinos, al principio no se explotaban por la problemática que generan pero hoy en día se perfora direccionalmente y se explota el yacimiento con buenos resultados.

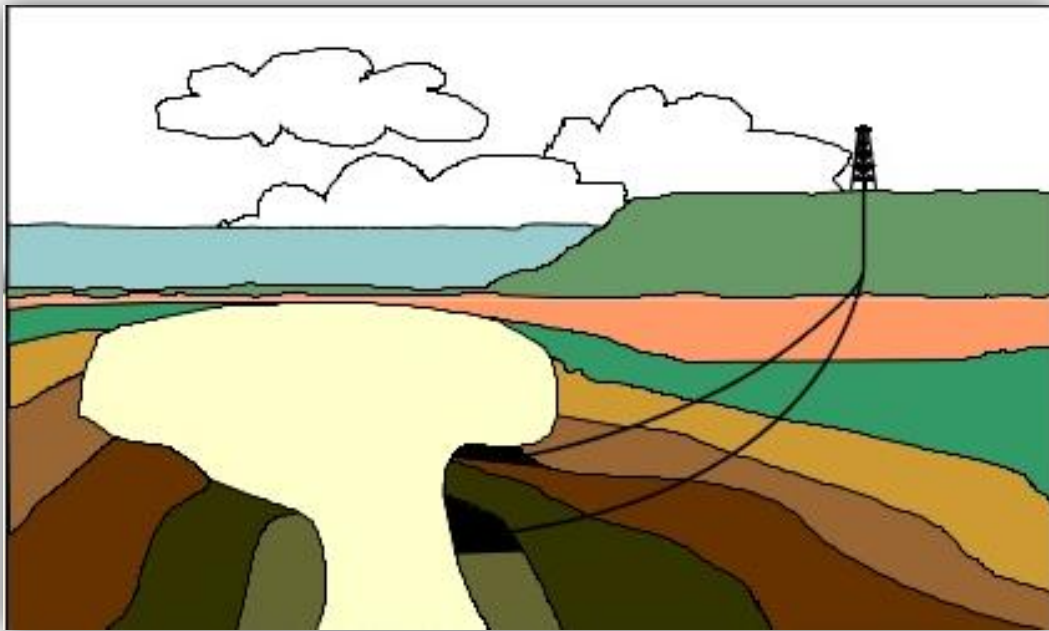


Figura 2.4 Perforación en domos salinos

Perforación Direccional para Pozos de Hidrocarburos

2.2.4 Perforación direccional en control de fallas

El control de fallas es una aplicación para perforar un pozo direccional en formaciones subterráneas donde exista una falla sin cruzar la línea de ésta. Es complicado perforar un pozo vertical donde haya una falla ya que los fuertes echados y planos de falla inclinada, al perforar la barrena seguirán el plano de falla. Para evitar este problema, el pozo puede ser perforado por la parte superior o inferior del bloque de falla y desviado posteriormente a la zona productora, para que la barrena no cambie de dirección y no siga el plano o la dirección de la falla.

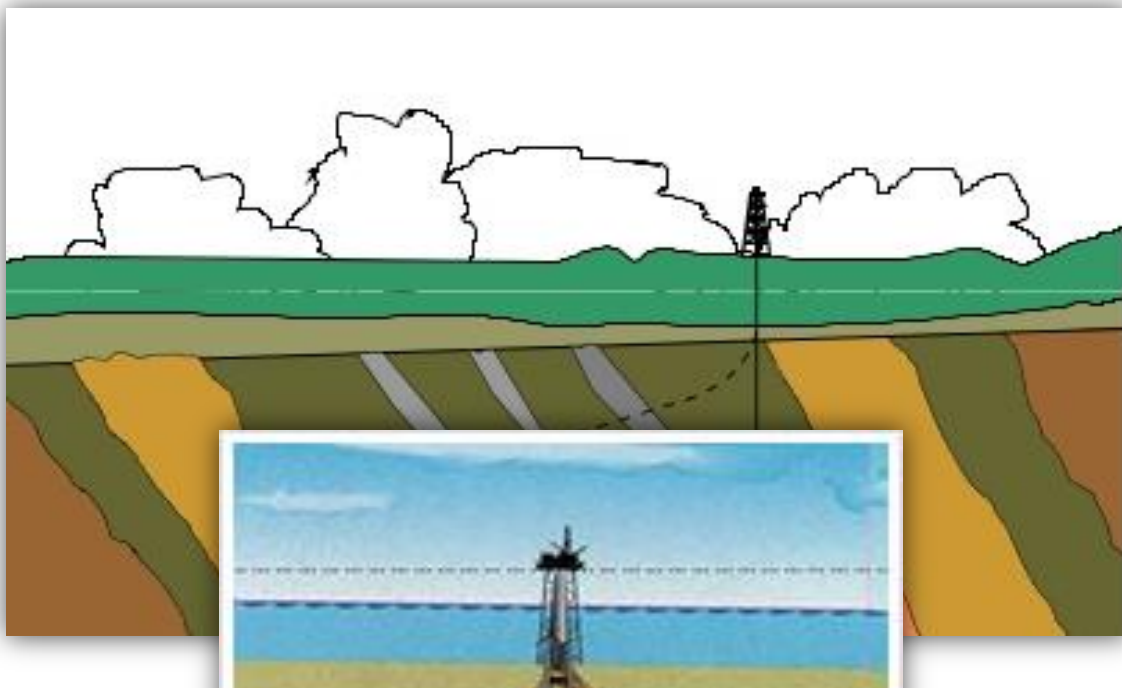
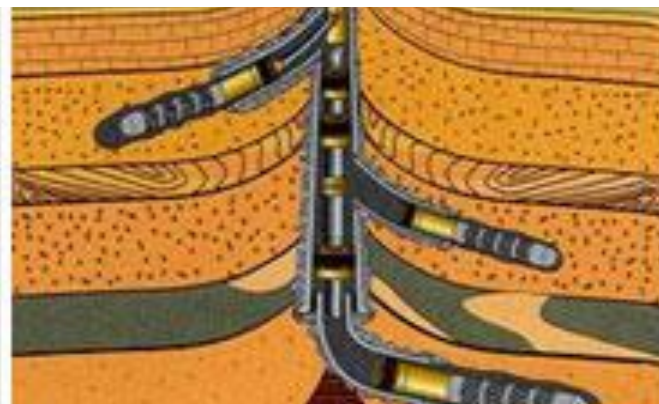


Figura 2.5 Control de fallas

2.2.6 direccional en pozos desde un solo

En este



Perforación múltiples exploratorio agujero

caso se

Figura 2.6 Múltiples pozos exploratorios desde un solo agujero

Perforación Direccional para Pozos de Hidrocarburos

perforan varios pozos exploratorios desde un solo agujero desviándose del pozo original a diferentes profundidades. Permite la exploración de localizaciones estructurales sin la necesidad de perforar otro pozo. Una de las aplicaciones especiales de la perforación direccional con múltiples objetivos es de la zona múltiple de arenas, como por ejemplo en campos del golfo de México se encuentran tres zonas productoras donde es más factible perforar un solo pozo y aprovechar los tres intervalos productores esto nos genera mayor incremento en la producción y bajo costo en la perforación.

2.2.7 Perforación direccional terrestre hacia localizaciones marinas

Perforación Direccional para Pozos de Hidrocarburos

Este tipo de perforación se desarrolla cuando un yacimiento que está localizado bajo grandes volúmenes de agua se encuentra dentro del alcance de un equipo terrestre. La cabeza del pozo está en tierra mientras que el agujero se perfora direccionalmente bajo el agua para alcanzar el yacimiento. Esta técnica ahorra dinero porque los equipos terrestres son mucho más económicos que las plataformas marinas.

En México es muy común este tipo de trayectorias de pozo, en la costa de Tabasco se perforan estos tipos de pozos, donde el equipo de perforación es localizado a orillas de la playa y dirigidos hacia el mar llegando alcanzar profundidades de más de 6 mil metros de profundidad.

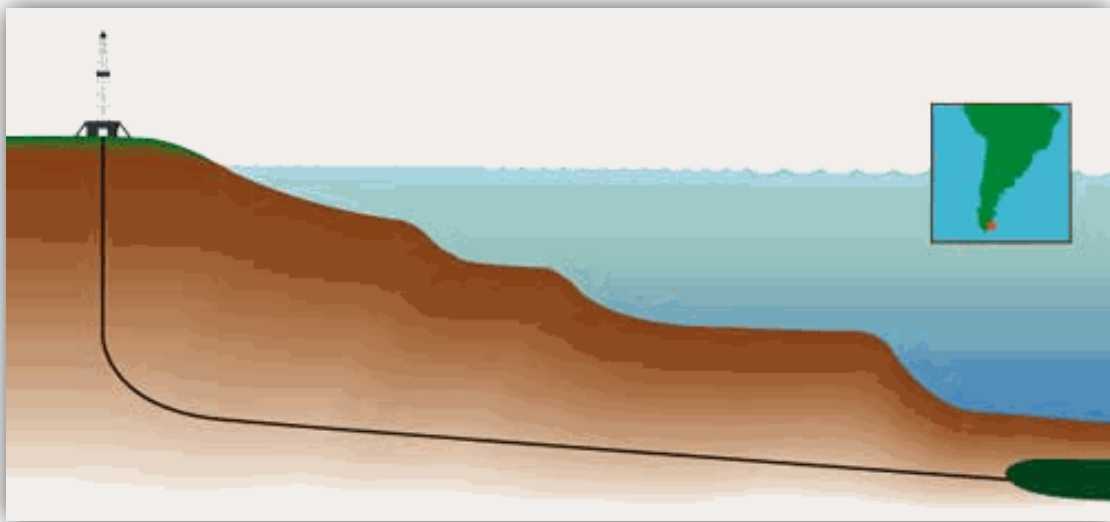


Figura 2.7 Perforación terrestre hacia Localizaciones marinas

2.2.8 Perforación direccional a costa fuera de pozos múltiples

Perforación Direccional para Pozos de Hidrocarburos

El uso de esta técnica es el modo más económico para desarrollar campos costa afuera. Se perforan varios pozos direccionales desde una sola plataforma.

En el campo Cantarell que se encuentra ubicado a 80 kilómetros mar adentro de Ciudad del Carmen, Campeche es muy común este tipo de pozos, en una sola estructura se llegan a perforar hasta 16 pozos, utilizando equipos de perforación que se encuentran en plataforma auto elevables. Esta técnica ha sido de gran ayuda para aprovechar el yacimiento que va en declive.

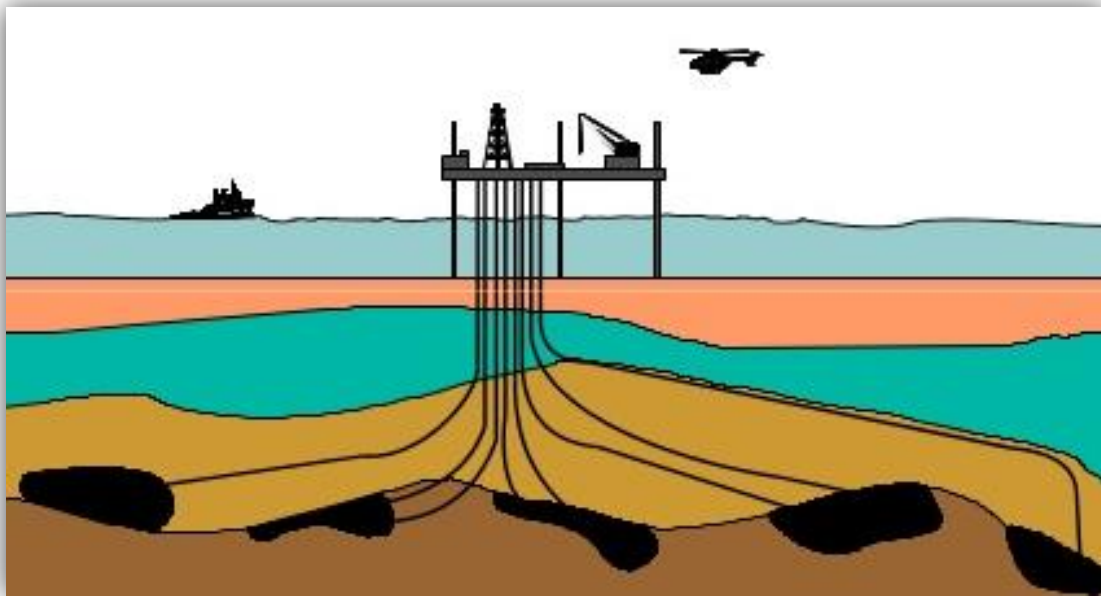


Figura 2.8 Perforación costa afuera de pozos múltiples

2.2.8 Perforación direccional de pozos de alivio

Perforación Direccional para Pozos de Hidrocarburos

Los pozos de alivio son usados para matar pozos descontrolados interceptándolos. Se debe planear cuidadosamente un pozo direccional para localizar e interceptar el pozo fuera de control.

Podemos decir que la perforación direccional en sus inicios se desarrolló para realizar pozos de alivio o de control, esta es una de las aplicaciones más especializadas debido a la alta precisión y riesgo que la involucra. Si un pozo sale fuera de control entonces se perfora un pozo de alivio para interceptar el pozo descontrolado. La perforación direccional debe ser extremadamente precisa y requiere de herramientas especiales para interceptar el pozo.

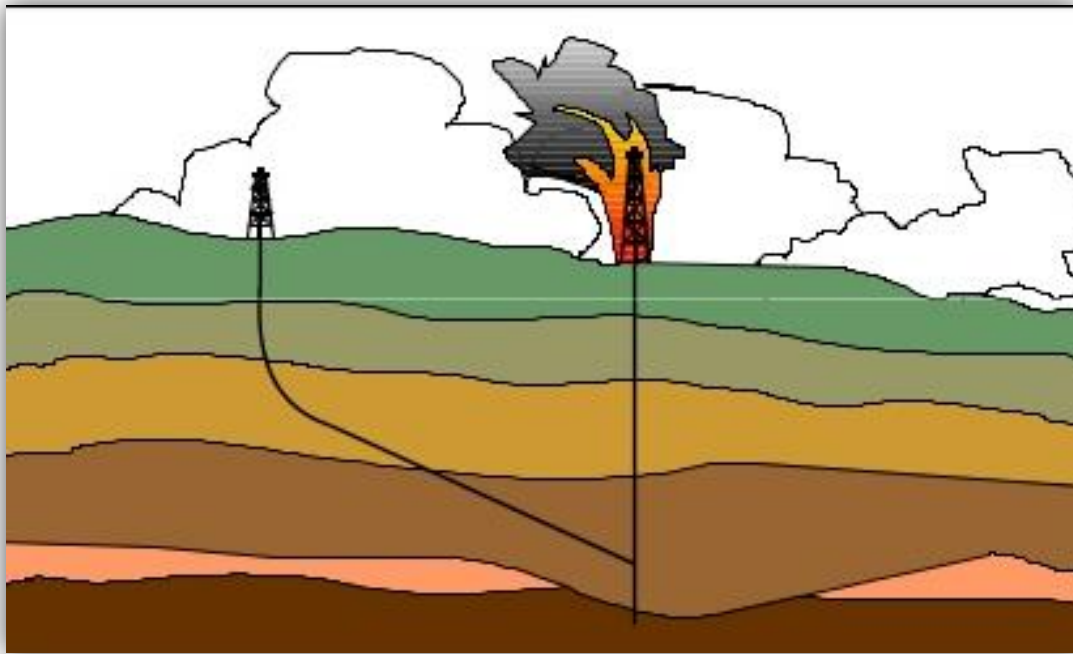


Figura 2.9 Pozos de alivio

2.2.10 Perforación direccional de pozos horizontales

Los pozos horizontales sirven para interceptar horizontalmente una formación productora para mejorar su producción. Esta técnica incrementa el área superficial de una formación productora., especialmente cuando la permeabilidad efectiva del yacimiento es vertical.

Perforación Direccional para Pozos de Hidrocarburos

Los pozos horizontales en muchos casos permite aumentar el radio de drenaje y con esto se puede incrementar la producción al igual nos permite reducir los problemas de codificación de agua o de gas, al colocar el pozo de forma óptima en la zona productora, con esto generar alto gasto de crudo. En muchos países es común perforar este tipo de pozo por su alta rentabilidad. En México se han perforado muchos pozos en tierra y actualmente en el mar para maximizar y aprovechar el yacimiento.

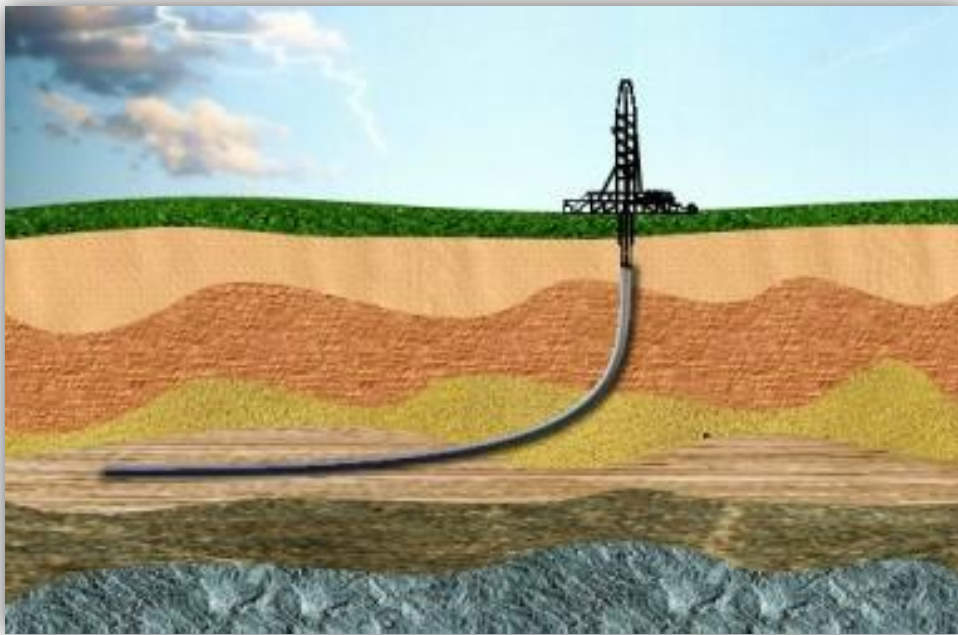


Figura 2.10 Pozos horizontales

2.2.2 Perforación direccional de pozos de alcance extendido

Los pozos de alcance extendido se perforan para alcanzar yacimientos que tienen un desplazamiento horizontal mayor a 5000 metros.

En esta aplicación los pozos tienen alta inclinación y grandes desplazamientos horizontales en la profundidad vertical verdadera perforada, la cual se utiliza para

Perforación Direccional para Pozos de Hidrocarburos

desarrollar campos con menos estructuras artificiales (plataformas) o donde hay secciones pequeñas de un yacimiento el cual sería incosteable económicamente.

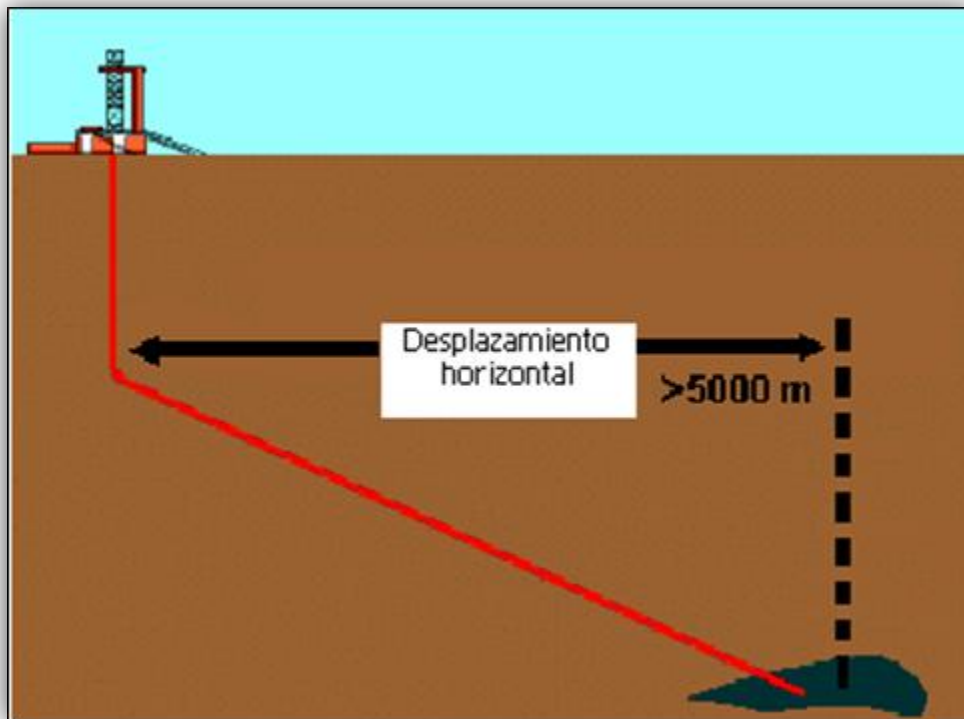


Figura 2.11 Pozos de alcance extendido

2.2.12 Perforación direccional de pozos multilaterales

Los pozos multilaterales tienen varios agujeros que corren lateralmente saliendo desde un solo pozo original, son perforados en costa fuera donde existe limitaciones en el número de pozos que puedan llegar a la plataforma, al igual se puede utilizar para colocar pozos horizontales adicionales en un yacimiento.

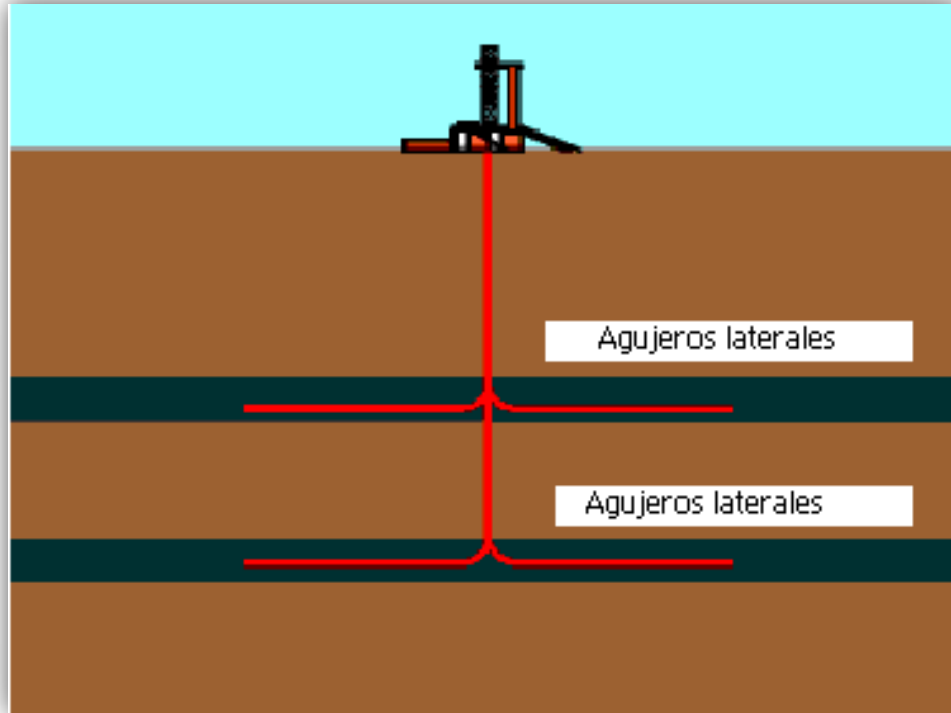


Figura 2.12 Pozos multilaterales

2.2.13 Perforación direccional de pozos de radio corto, mediano y largo

Los pozos de radio corto, normalmente reentradas de pozos verticales viejos, tienen curvas con un radio de 44 m o menos, que no pueden perforarse con motores convencionales. Se utilizan para aislar zonas de producción con alta/baja presión o arenas con agua sin la necesidad de asentar/cementar un liner. Este tipo de perforación es deseable cuando el inicio de desviación se realiza abajo de formaciones problemáticas.

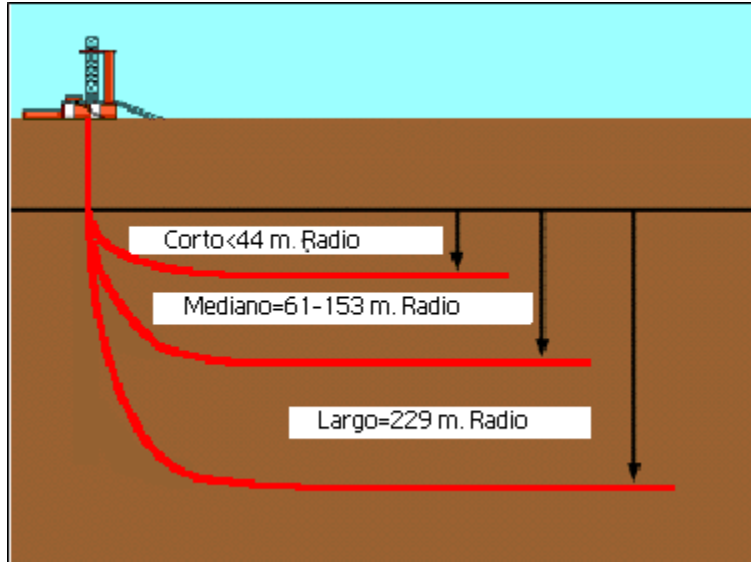


Figura 2.13 Pozos de radio corto, mediano y largo

III TIPOS DE POZOS DIRECCIONALES

3.1 Tipos de perfiles de pozos direccionales

El perfil de un pozo direccional es la trayectoria del pozo planeado desde la superficie hasta la profundidad final de perforación proyectando el agujero en dos planos graficados.

Perforación Direccional para Pozos de Hidrocarburos

En México y en todos los países petroleros se perforan infinidad de pozos petroleros pero todos tienen los siguientes perfiles o una combinación de la misma:

- Pozo direccional vertical
- Pozo direccional tipo “J”
- Pozo direccional tipo “S”
- Pozo direccional horizontal

La realización del perfil a perforar, dependerá de las necesidades del yacimiento, de la compañía de perforación, del costo por metro perforado y de la producción que se esté contemplando.

Otro factor muy importante para seleccionar que tipo de perfil de pozo se va a perforar, es la planeación. Una planeación cuidadosa es un factor crítico ya que nos reducirá costos del pozo, sumamente importante para una perforación direccional. Para comenzar la planeación de un pozo direccional debemos establecer las coordenadas del objetivo con respecto a la ubicación en la superficie, para tener una idea del curso a la trayectoria del pozo.

3.1.1 Pozo direccional vertical

Un pozo direccional vertical, es aquel donde no hay variaciones en inclinación y en azimut, en otras palabras se puede definir que la inclinación del pozo es cero y la dirección del mismo es cero. Las coordenadas de superficie son igual a las coordenadas del objetivo, en cualquier punto de su trayectoria.

Al inicio de la perforación de pozos de hidrocarburos todos fueron verticales, pero conforme la tecnología y las necesidades de explorar otros yacimientos fueron evolucionando hasta hoy en día, lo que menos se perfora en el mundo son pozos verticales.

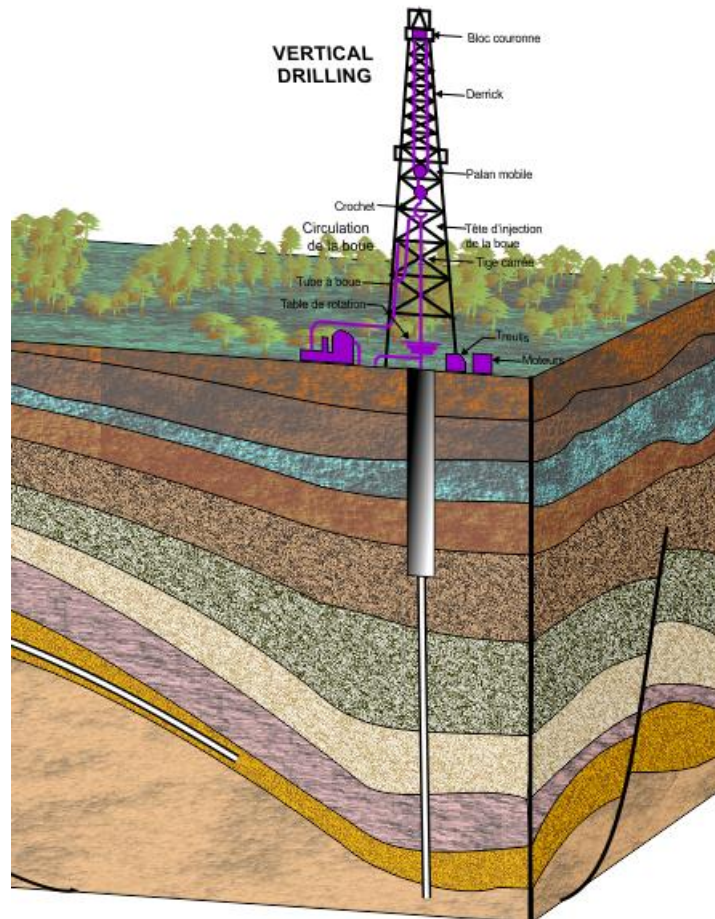


Figura 3.1 Pozo Vertical

3.1.2 Pozo direccional tipo “J”

Los pozos tipo “J” se perforan donde no es deseable o posible asentar el equipo de perforación directamente arriba del objetivo o en una plataforma que perfora varios pozos.

Perforación Direccional para Pozos de Hidrocarburos

Este tipo de trayectoria es llamada a menudo incrementar y mantener inclinación a un rumbo definido, como se muestra en la figura, se perfora verticalmente hasta el punto donde se inicia a construir suavemente hasta alcanzar la inclinación máxima, manteniendo dirección constante. Posteriormente se inicia a mantener tangente hasta alcanzar el objetivo final de pozo. Estos pozos son comunes en zonas donde el yacimiento está bajo ríos, ciudades, locaciones protegidas.

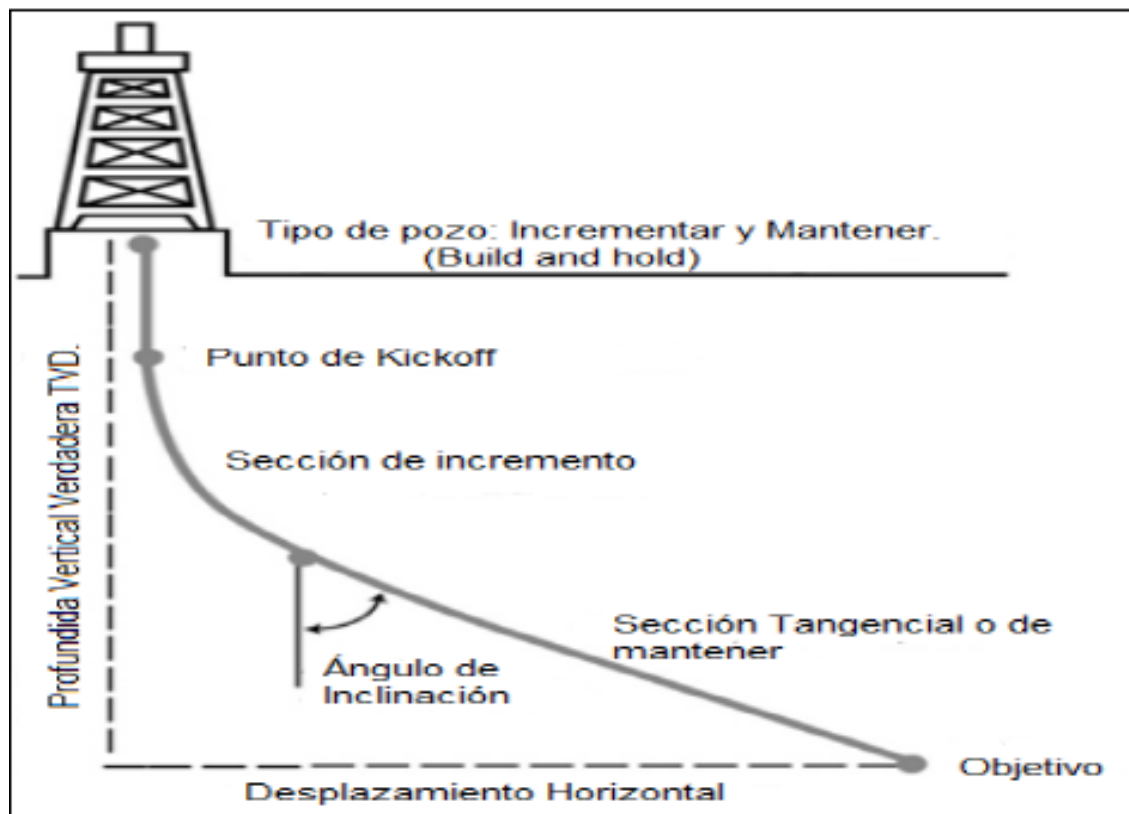


Figura 3.2 Pozo tipo "J"

3.1.3 Pozo direccional tipo "S"

Este tipo de pozo se perfora para mejorar la eficiencia del pozo y para la localización de un pozo descontrolado. En perforación marina los pozos tipo S pueden asegurar la precisión del espaciamiento entre pozos cuando se perforan varios pozos desde una misma plataforma.

Perforación Direccional para Pozos de Hidrocarburos

Al igual que las otras trayectorias anteriores esta inicia con una perforación vertical hasta llegar al primer punto donde se inicia la construcción y alcanzar inclinación máxima, posteriormente se navega manteniendo constante inclinación y dirección. Luego inicia el decremento de la segunda curva hasta alcanzar la vertical, y llegar al objetivo. Es muy común este tipo de pozo en pozos marinos ya que este perfil genera desplazamiento respecto a otros pozos productores.

❑ Métodos de Construcción – Tipo “S”



Figura 3.3 Pozo tipo “S”

3.1.4 Pozos direccionales horizontales

Los pozos horizontales tienen un agujero con una sección recta, una sección de construcción, una sección tangencial, una segunda sección de construcción y una sección horizontal.

El pozo se perfora hasta un punto arriba del yacimiento entonces se desvía y se incrementa el ángulo hasta que alcanza los 90 grados o más. Cuando se aplica

Perforación Direccional para Pozos de Hidrocarburos

apropiadamente, un pozo horizontal puede producir un yacimiento mejor que varios pozos perforados verticales.

La perforación horizontal es otra aplicación especial, se utiliza para aumentar la productividad de varias formaciones, una de sus primeras aplicaciones fue en yacimientos naturales fracturados o que presentan fracturamiento vertical, con este tipo de perfil se ha logrado maximizar la producción se aprovecha sustancialmente el yacimiento y los costos son bajos.

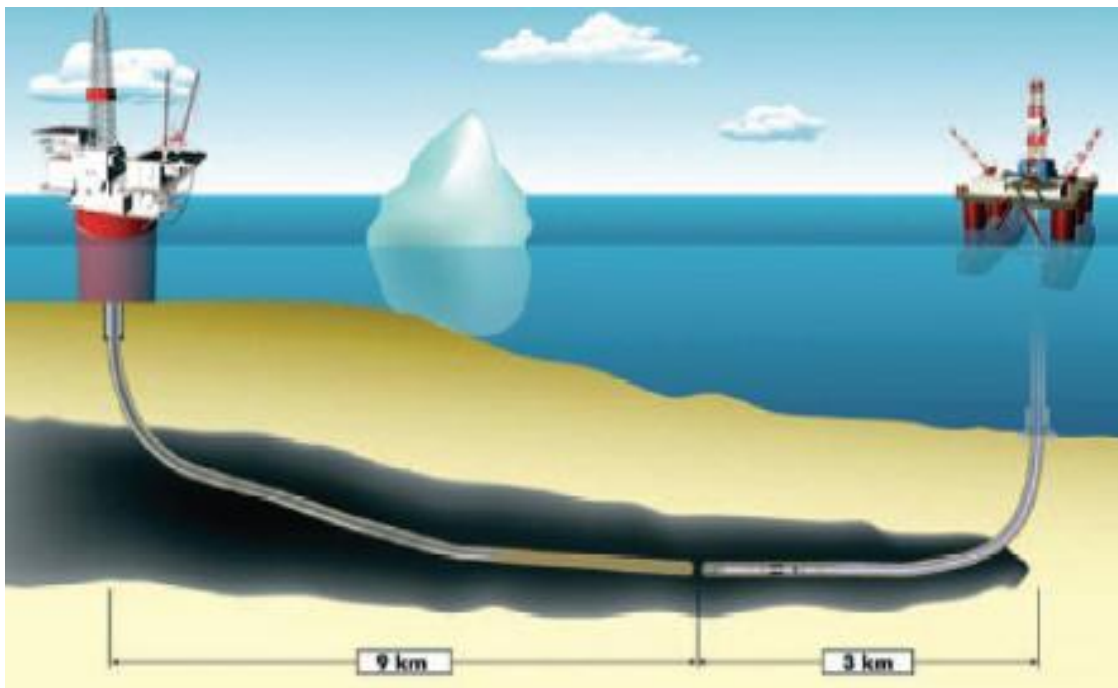


Figura 3.4 Pozo horizontal

IV ALGUNAS HERRAMIENTAS UTILIZADAS EN LA PERFORACIÓN DIRECCIONAL DE POZOS

4.1 Herramientas para desviar un pozo

Antes de la introducción de los motores de fondo, se utilizaban otras técnicas para desviar un pozo, como cucharas, y barrenas desviadoras (jetting). Las herramientas y tecnología direccional han evolucionado tremendamente en los últimos 20 años. Para desviar un pozo se emplea una amplia variedad de herramientas, entre las cuales, podemos mencionar las siguientes:

- Cuchara o cunas de desviación (whipstock)
- Turbinas y motores de fondo (motores de desplazamiento positivo)
- Sistema de navegación rotatorio
- Ensamble de fondo tipo fulcrum
- Ensamble de fondo tipo estabilizado
- Ensamble de fondo tipo péndulo
- Ensamble de fondo con herramienta de medición MWD (medir mientras perfora)
- Ensamble de fondo con herramienta de medición LWD (registrar mientras se perfora)
- Ensamble de fondo con herramienta PWD (registrar presiones de fondo mientras se perfora)

4.1.1 Cuchara o cuñas de desviación (whipstock)

Perforación Direccional para Pozos de Hidrocarburos

La cuchara o cuña de desviación (whipstock) es una herramienta utilizada ampliamente para generar un cambio en la trayectoria de un pozo, sus principales usos son realizar operaciones de desviación (sidetrack), al igual para realizar una operación de desvío tanto en agujero descubierto o con tubería de revestimiento, existen dos tipos de cucharas desviadoras: la cuchara desviadora recuperable y la cuchara desviadora permanente.

La cuchara desviadora recuperable, está formado por una cuchara o cuña invertida de acero, cóncava, el lado interior se encuentra acanalada para que la cuchara pueda ir guiando la sarta de perforación, esta herramienta tiene ángulo que varían de 1 a 5 grados.

La cuchara de desviación permanente, se utiliza en agujeros donde existe un medio donde asentarla y está conectado por un pasador cizallable, el cual se coloca con un conjunto compuesto con un molino, un orientador, esta cuchara se orienta utilizando herramientas electrónicas como MWD.

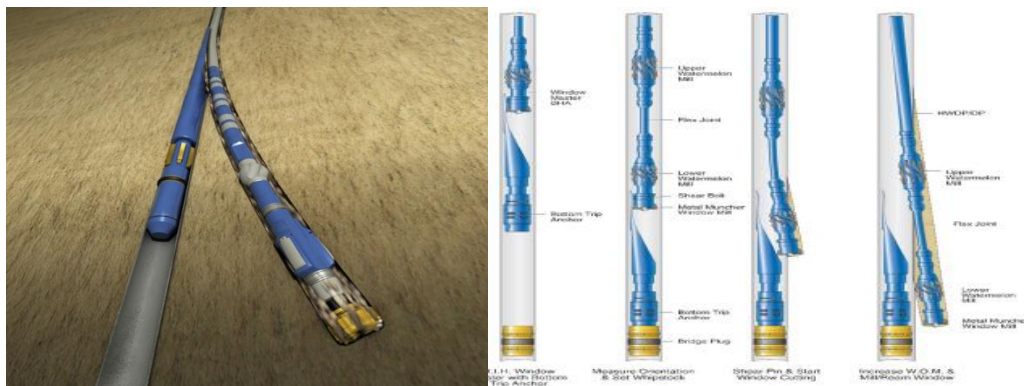


Figura 0.1 Cuchara o cunas de desviación (whipstock)

4.1.2 Turbinas y motores de fondo (motores de desplazamiento positivo)

Perforación Direccional para Pozos de Hidrocarburos

Este equipo de desviación, tanto el motor de fondo y la turbina, usan la presión y el fluido de perforación para generar que la barrena rote, lo cual en conjunto con otras herramientas logran una eficiente desviación controlada del agujero, la utilización de estas herramientas estará en función primero del equipo de bombeo con el que se pueda contar y segundo de las condiciones específicas del pozo.

Los motores de fondo o motores de lodo son más utilizados tanto en perforación direccional como en perforación no direccional, debido a su amplio rango de tamaños, a los bajos requerimiento de potencia hidráulica, lo cual permite tener una mayor y más amplia selección de barrenas. Esta herramienta tiene una mejor flexibilidad de velocidades de rotación y combinación de torques y el principal factor es que este método tiene menor costo unitario.



Figura 0.2 Turbinas y motores de fondo

4.1.3 Sistema de navegación rotatorio

Perforación Direccional para Pozos de Hidrocarburos

Los sistemas de navegación rotatorio actualmente es lo mejor que hay en el mercado para perforar pozos direccionales. Son sistemas robotizados donde el control direccional se lleva a través de computadoras, son muy precisos y muy costosos. En el mundo son pocos los países que utilizan esta tecnología, en México se ocupa mucho por los tipos de pozos y por los yacimientos petrolíferos son muy profundos, por esto se requiere mucha precisión. Un conjunto de fondo con estas herramientas llega a tener un costo de más de 5 millones de dólares, se necesita de personal especializado para operarlos debidamente. En los pozos de aguas profundas se ocupan muchos ya que con esto permite que los costos de plataforma y del pozo sean bajos.

En la empresa donde estoy laborando este tipo de herramienta se llama AutoTrak, tecnología Alemana, le brindamos servicio a Pemex y a otras perforadoras que van llegando a México, esta herramienta ha reducido los altos costos de los pozos y el cliente está muy satisfecho con este tipo de herramienta y el personal que los opera.



Figura 0.3 Sistema de navegación rotatorio

4.1.4 Ensamble de fondo tipo fulcrum

Perforación Direccional para Pozos de Hidrocarburos

Es usado para levantar ángulo (incrementar inclinación)

El incremento en ángulo dependerá de lo siguiente:

- Incremento en la distancia del estabilizador de barrena al primer estabilizador de tubería
- Incremento en inclinación del pozo
- Reducción en el diámetro del drill collar
- Incremento en peso sobre la barrena
- Reducción en la velocidad de rotación
- Reducción en la tasa de flujo (formaciones suaves)

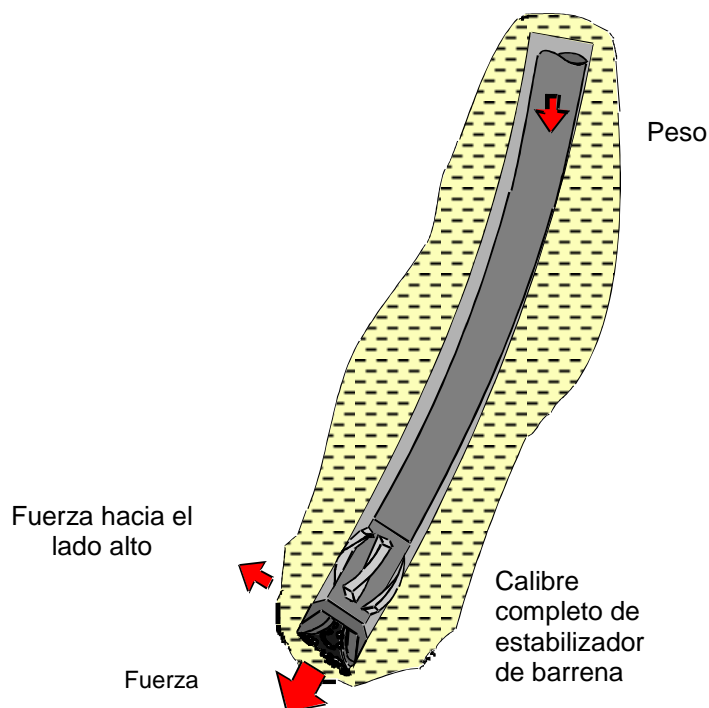


Figura 0.4 Ensamble de fondo tipo fulcrum

4.1.5 Ensamble de fondo tipo estabilizado

Para este tipo de ensamble lo que se busca principalmente es eliminar al mínimo las tendencias de construcción y rumbo de la trayectoria del pozo. Estos ensambles son muy prácticos y poco costosos en la industria de perforación de pozos, pero no garantiza que esto se cumpla ya que dependerá de muchos factores tales como tipo de formación a perforar, profundidad del pozo, buzamiento de las capas de la tierra, fluido de perforación que se ocupe.

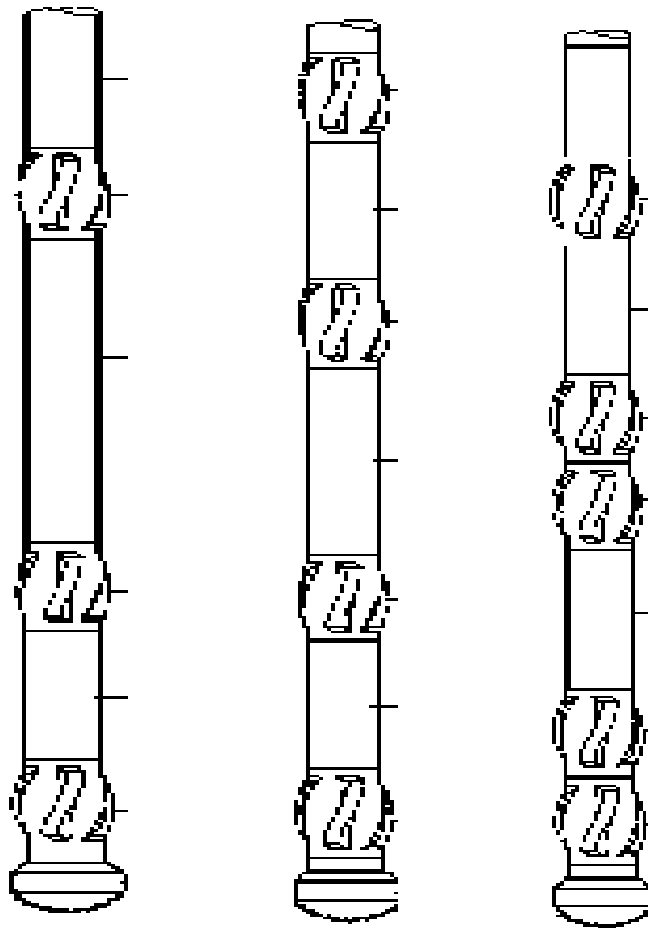


Figura 0.5 Ensamble de fondo tipo estabilizado

Perforación Direccional para Pozos de Hidrocarburos

4.1.6 Ensamble de fondo tipo péndulo

Este tipo de ensamble se ocupa para disminuir inclinación de un pozo direccional, su alta efectividad y su bajo costo nos ayuda a direccionar un pozo hasta llegar a su objetivo planeado. En países donde los pozos no son muy productivos se ocupa mucho este tipo de ensamble también son ocupados en pozos profundos donde no se puede bajar herramientas direccionales electrónicas.

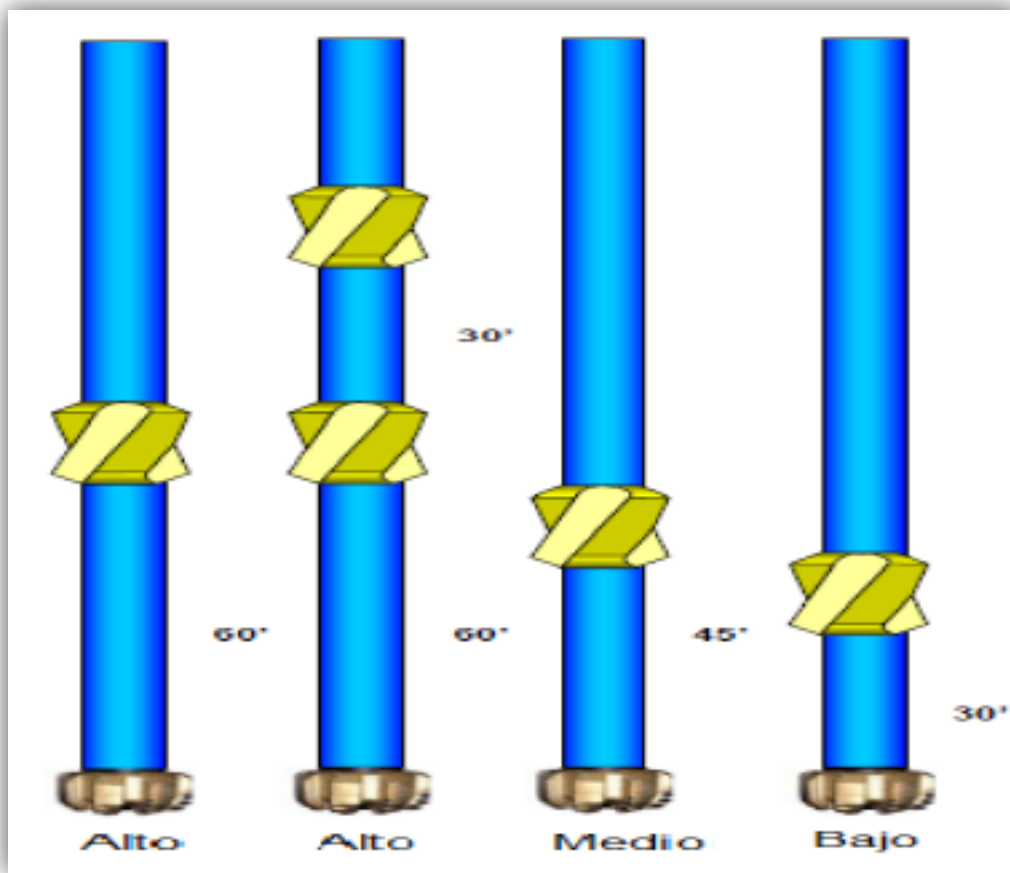


Figura 0.6 Ensamble de fondo tipo péndulo

4.1.7 Ensamble de fondo con herramienta de medición MWD (medir mientras perfora)

Es un instrumento electromagnético, de alta tecnología, la adquisición de mediciones durante la perforación (MWD) es ahora una práctica estándar en los pozos direccionales marinos y terrestres, esta herramienta es de gran utilidad para la perforación de pozos direccionales, sin ella no habría pozos direccionales, los datos que envía del fondo del pozo son: inclinación, dirección, temperatura de fondo, estos valores son enviados a superficie donde son decodificados por computadoras y los resultados nos indica la posición del pozo en cualquier punto de su trayectoria.

El MWD consta de tres componentes, un sistema de poder, un sistema telemétrico y un sistema de medición.

1. Sistema de poder.

Este sistema utiliza principalmente turbinas o baterías, las cuales son las encargadas de generar energía eléctrica para que funcionen todos los componentes de medición y transmisión de datos.

2. Sistema telemétrico.

Su principal función es de transmitir la información a la superficie, como datos de velocidad anular, presión de fondo, temperatura, inclinación, dirección, etc.

3. Sistema de medición.

Es la parte de la herramienta que se encarga de recabar la información, esta puede medir parámetros físicos de forma directa o indirecta, lo cual se logra mediante el uso de transductores, los cuales transforman un estímulo físico a un

Perforación Direccional para Pozos de Hidrocarburos

impulso eléctrico para después convertirlo en un código binario, los parámetros que puede medir el MWD son los siguientes:

- Temperatura
- Presión
- Peso en la barrena.
- Longitud medida.
- Inclinación y azimut.
- Vibraciones.
- Torque y arrastre en la tubería.
- Gasto de lodo.

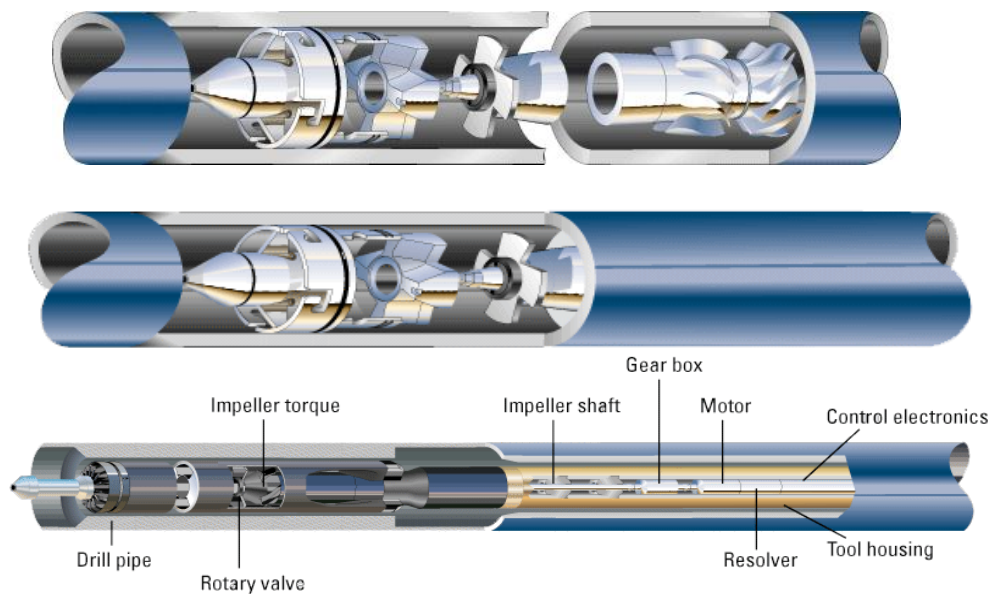


Figura 0.7 Ensamblaje de fondo con herramienta de medición MWD

4.1.8 Ensamble de fondo con herramienta de medición LWD (registrar mientras se perfora)

El LWD es una herramienta que se incluye dentro de los equipos MWD, pero cada una de estas herramientas tiene distintas funciones, el LWD permite medir las propiedades de la roca perforada y poder identificar las zonas con posible presencia de hidrocarburos, lo que genera que se puedan tomar decisiones en tiempo real durante la perforación.

Su principal función del LWD es caracterizar las formaciones que se están perforando, esto se logra midiendo la resistividad en tiempo real de las formaciones, lo que permitirá poder tomar decisiones en tiempo real para corregir la trayectoria del pozo a partir de la información que brinda la resistividad del LWD, con lo cual podremos ubicar las zonas donde se colocaran las tuberías de revestimiento, lo que reducirá sustancialmente el riesgo en zonas geológicamente complejas.

Los registros que brindan la herramienta LWD son:

- Registro de rayos Gamma.
- Registro de resistividad de la formación.
- Registro de densidad neutrón
- Registro de inclinación de la barrena.
- Registro sínico.

El registro LWD opera de forma muy similar al MWD ya que transmite la información a través de una señal a la superficie por la sarta de perforación y se instala en el ensamble de fondo por encima de la barrena.

Perforación Direccional para Pozos de Hidrocarburos

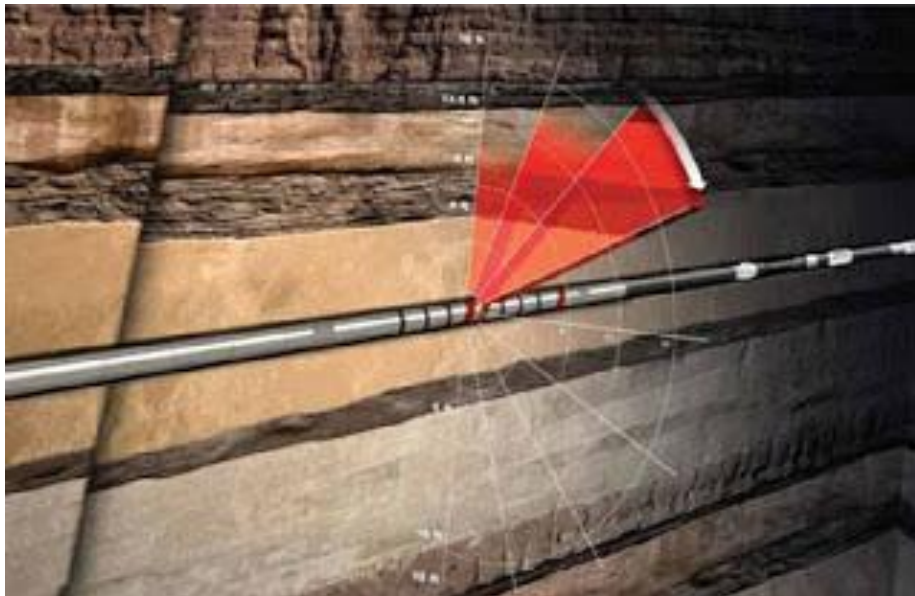


Figura 0.8 Ensamble de fondo con herramienta de medición LWD

4.1.9 Ensamble de fondo con herramienta PWD (registrar presiones de fondo mientras se perfora)

Muchos de los efectos de la presión pasan inadvertidos en nuestra vida cotidiana, rara vez nos planteamos porque fluye el agua desde un grifo o como vuela un avión. Y sin lugar a dudas, como llenamos el tanque de combustible de nuestro automóvil, no nos preocupa la naturaleza de las geo presiones que impulsa los hidrocarburos hacia la superficie. Nuestro mundo depende de la presión de muchas maneras y la producción de petróleo no escapa a esta regla.

La herramienta PWD, consta de sensores electrónicos que van dentro del ensamble de fondo, su principio es igual al del MWD y LWD. Los valores que registra son presiones que hay en el fondo del yacimiento, estos valores son enviados a la superficie, donde son evaluados por los, geólogos, petrofísicos y geofísicos. En base a estos valores se puede determinar qué tan rentable podría ser el yacimiento.

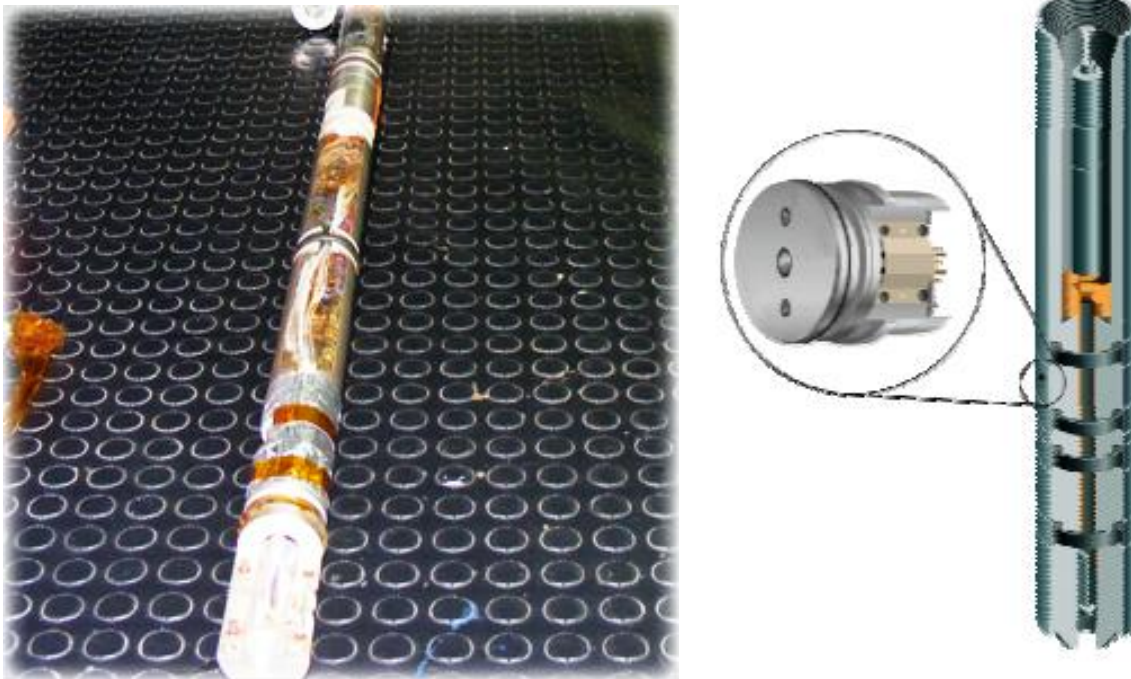


Figura 0.9 Ensamble de fondo con herramienta PWD

V Conclusiones

En México y en todo el mundo los hidrocarburos son de valiosa importancia para su desarrollo, sin el descubrimiento de ellos la vida fuera diferente. En mis 10 años de experiencia laboral en la parte de perforación direccional, he tenido muchos desafíos ya que la tecnología sigue evolucionando y yo tengo que ir a la par de ello, no es fácil pero tampoco es imposible.

México tiene necesidad de generar energía para su desarrollo y para todos sus habitantes, ahí juego un papel muy importante ya que me toca ir a perforar pozos en lugares inhóspitos y dirigirlos al yacimiento petrolífero, he tenido la oportunidad de realizar pozos direccionales en: Piedras Negras, Coahuila, Reynosa, Poza Rica, Tabasco, Campeche, aguas del Golfo de México. Viajar y adaptarme a cada necesidad de estos pozos ha sido un desafío ya que para las empresas transnacionales si no tienes el conocimiento y la habilidad no puedes formar parte de su equipo.

En todo este tiempo la preparación es muy importante para competir en el mundo laboral, cumplir con cursos presenciales y cursos en línea ha sido de gran ayuda para incrementar mis conocimientos y darles mejor soporte a nuestros clientes.

El éxito que he tenido me ha llevado a tener ofertas de trabajo fuera del país y hasta en el medio oriente, pero no he tomado ninguna decisión ya que en el futuro quiero dedicarme a mi propia empresa, también he trabajado en otros países proporcionándoles mi experiencia y realizando complejos perfiles direccionales. Estoy orgulloso por la vida que he tenido, soy importante en el desarrollo de mi país, los valores como: responsabilidad, respeto, honradez, siempre los llevo en alto y sobre todo saber que soy un egresado de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro del programa de Ingeniero Mecánico Agrícola.

Apéndice 1



www.bakerhughes.com

B.H. Services, S.A. de C.V.
Blvd. Manuel Ávila Camacho No. 138, Piso 6
Col. Lomas de Chapultepec C.P. 11560 Mexico D.F.
Comm.: +52 (55)8525-4440
Fax: +52 (55)8525-4466

3897962

13 de Marzo de 2015.

A QUIEN INTERESE:

Por medio de la presente certifico que el señor Domingo Damian Garcia, con CURP# DAGD780801HTCMRM00, labora para B.H. Services, S.A. de C.V., desde el 3 de Marzo de 2012, ocupando a la fecha el puesto de FIELD SPEC III - DRS.

Es todo cuanto puedo decir en honor a la verdad. El interesado puede hacer uso del presente como a bien tuviere.

Atentamente,



Carlos Alberto López
HR Generalist
carlos.lopez4@bakerhughes.com



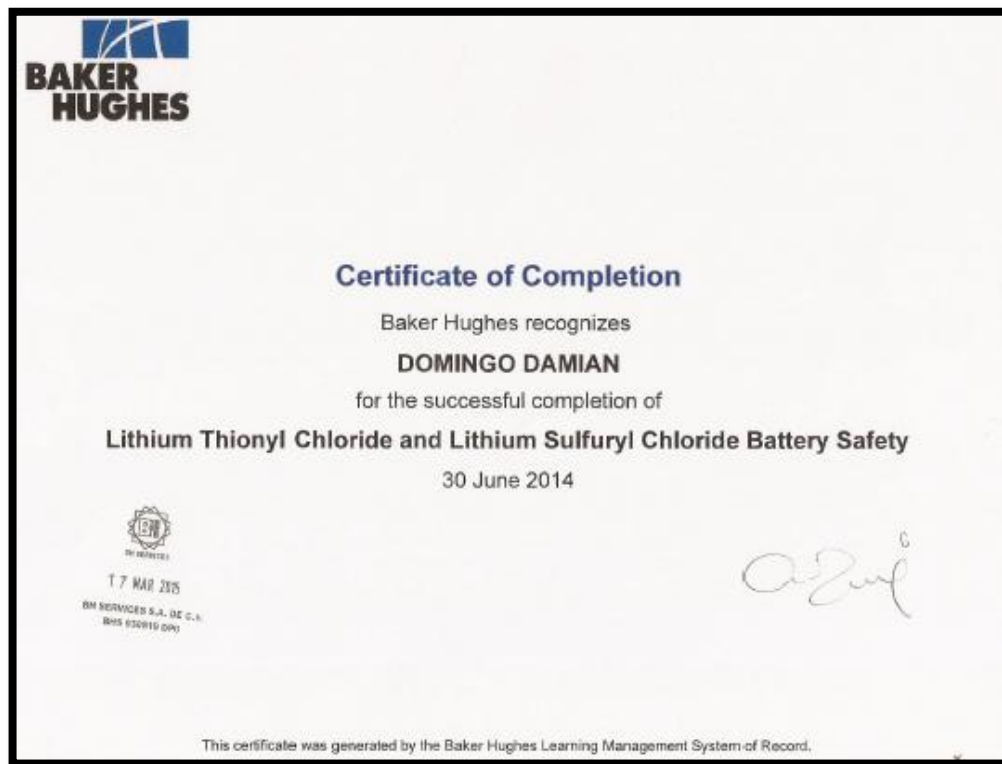
Certificate of Completion

Baker Hughes recognizes
DOMINGO DAMIAN
for the successful completion of
AutoTrak G3 and eXact Service
24 March 2015


24 MAR 2015
B.H. SERVICES S.A. DE C.V.
RIF 930819 DPU

This certificate was generated by the Baker Hughes Learning Management System of Record.

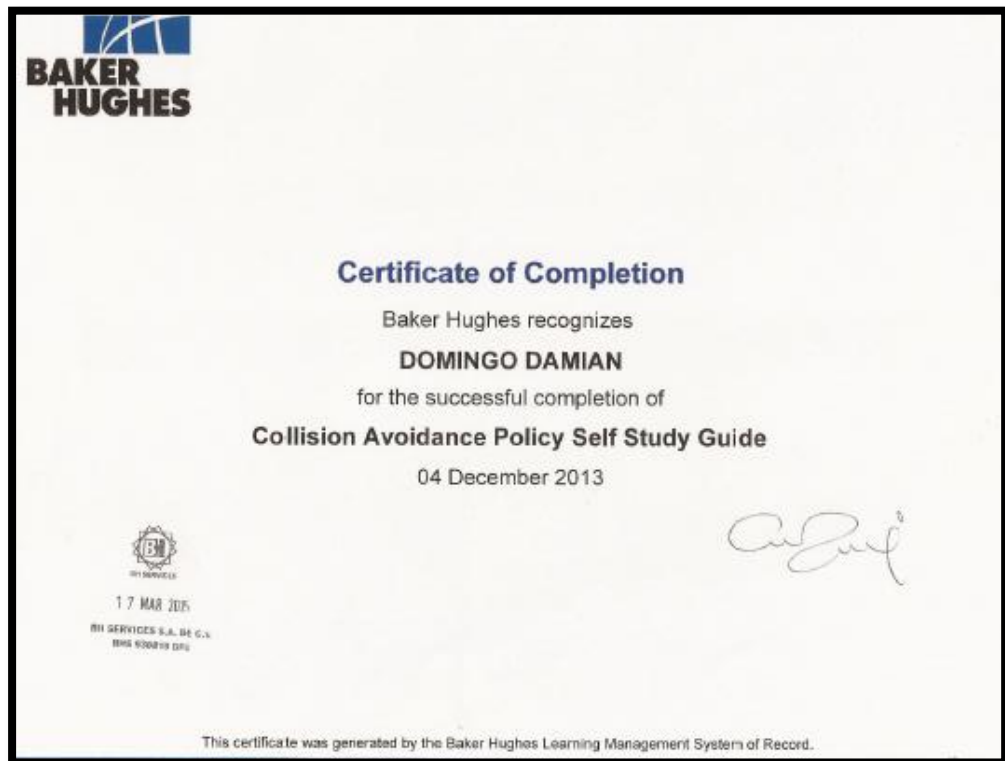






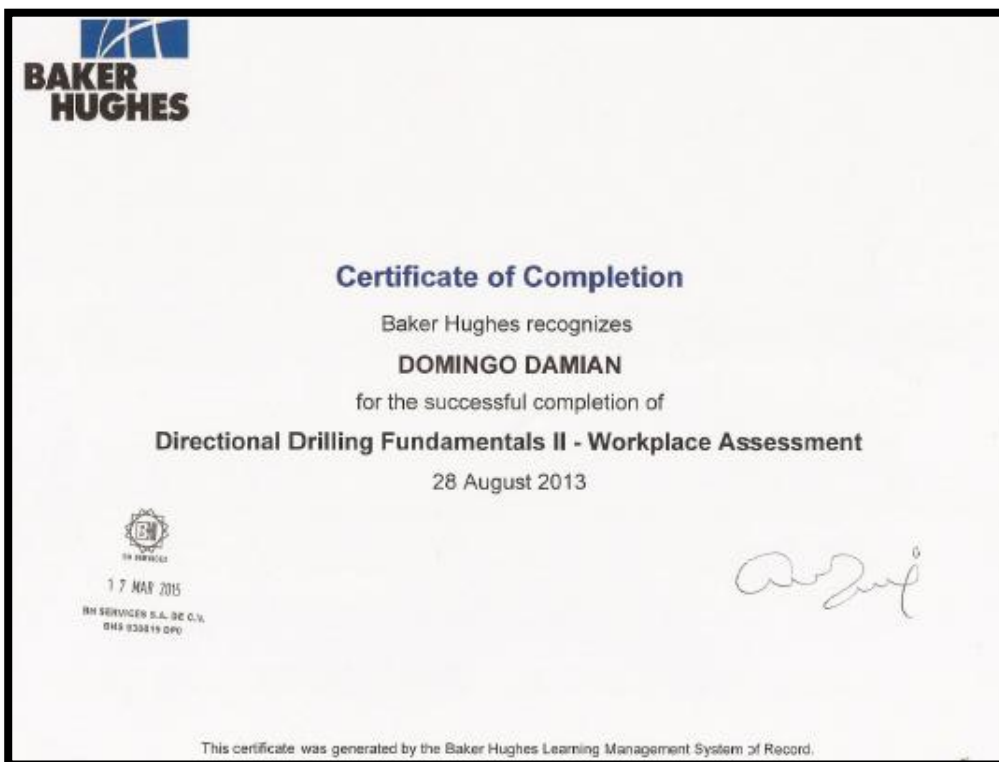










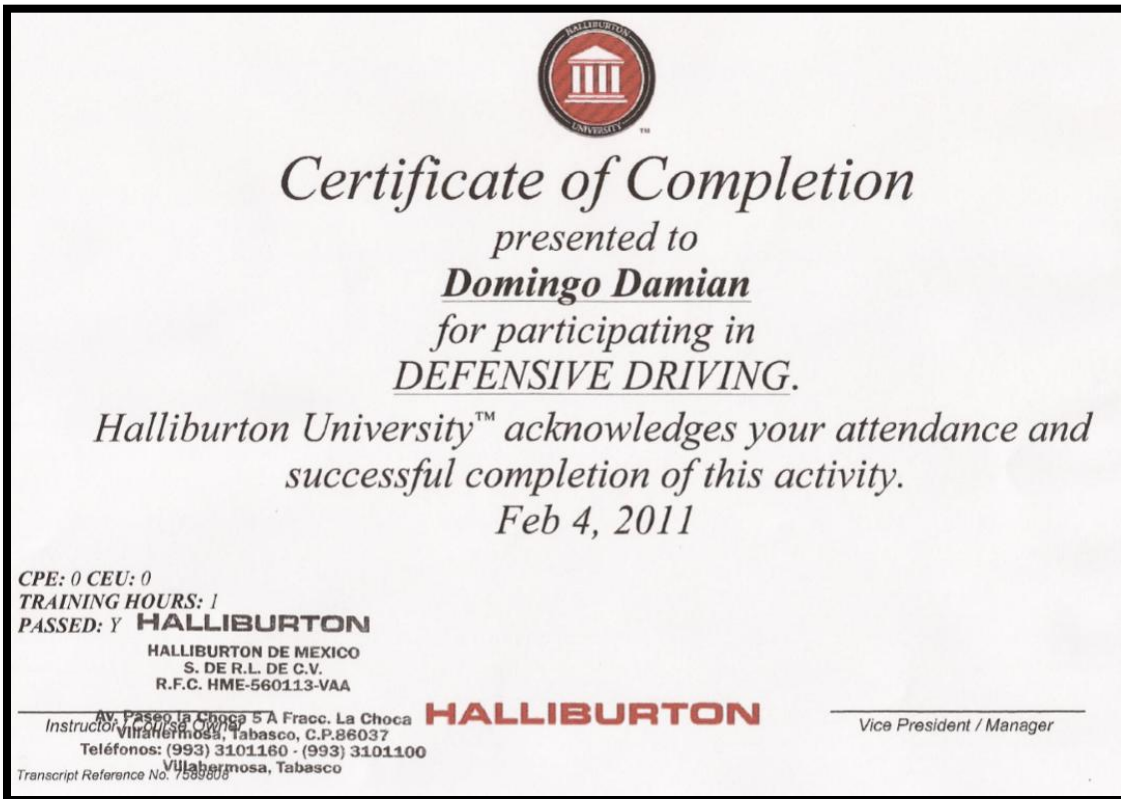














Certificate of Completion

presented to

Domingo Damian

for participating in

PRESSURE SAFETY AWARENESS- LATIN AMERICA SPANISH

Halliburton University™ acknowledges your attendance and successful completion of this activity.

Apr 25, 2010

CPE: 0 CEU: 0
TRAINING HOURS: 1
PASSED: Y

HALLIBURTON

HALLIBURTON DE MEXICO
S. DE R.L. DE C.V.

R.F.C. HME-560113-VAA

Instructor / Course Owner

Av. Paseo la Choca 5 A Fracc. La Choca
Villahermosa, Tabasco, C.P.86037
Transcript Reference No. 6439673
Teléfonos: (993) 3101160 - (993) 3101100
Villahermosa, Tabasco

HALLIBURTON

Vice President / Manager



Certificate of Completion

presented to

Domingo Damian

for participating in

WELLPLAN: HYDRAULICS & T&D LCL.

Halliburton University™ acknowledges your attendance and successful completion of this activity.

Mar 6, 2010

CPE: 0 CEU: 0
TRAINING HOURS: 1
PASSED: Y

HALLIBURTON

HALLIBURTON DE MEXICO
S. DE R.L. DE C.V.

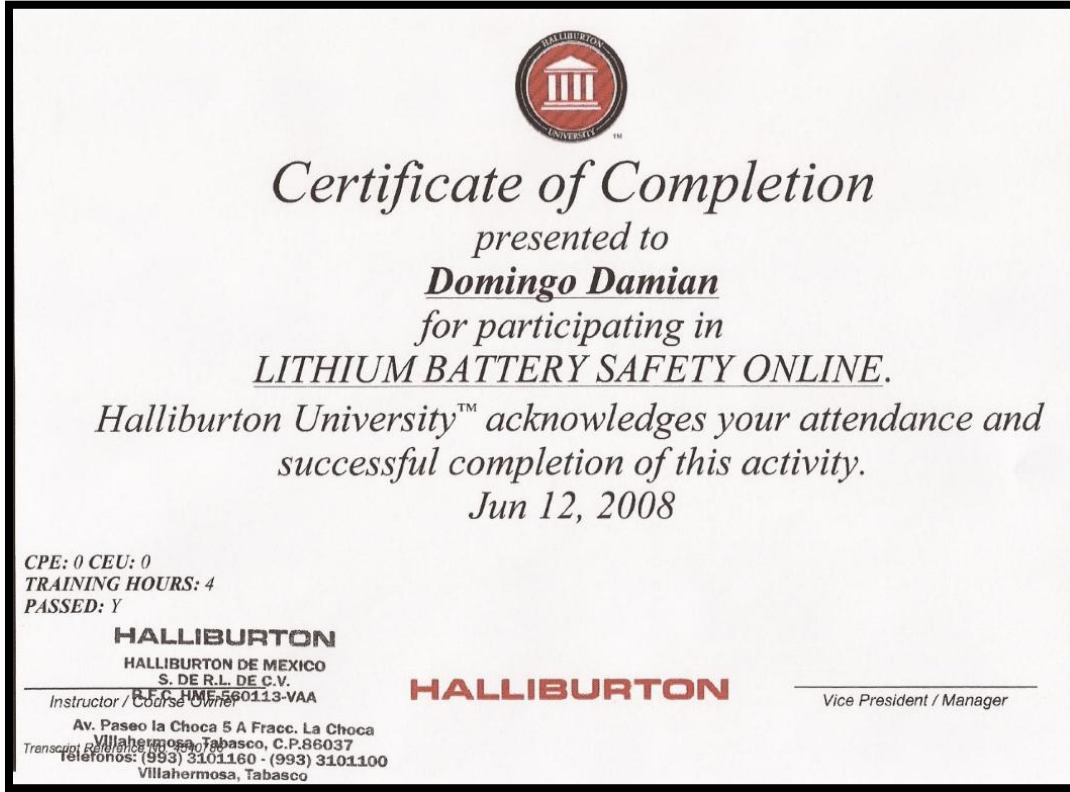
R.F.C. HME-560113-VAA

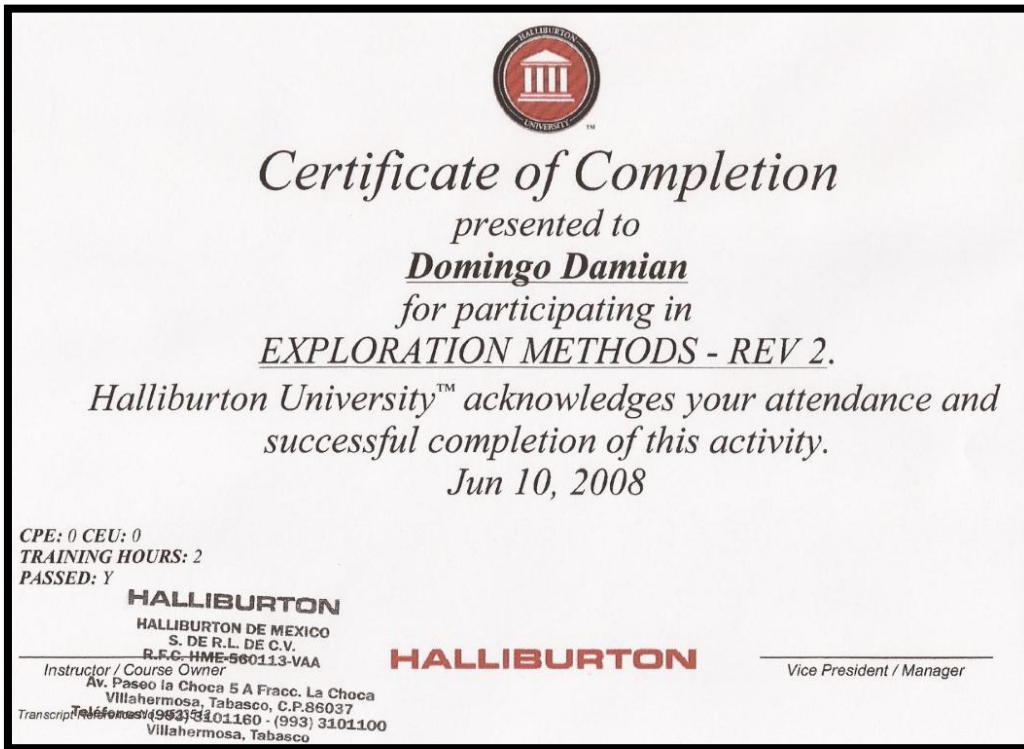
Av. Paseo la Choca 5 A Fracc. La Choca
Villahermosa, Tabasco, C.P.86037
Teléfonos: (993) 3101160 - (993) 3101100
Villahermosa, Tabasco
Instructor / Course Owner

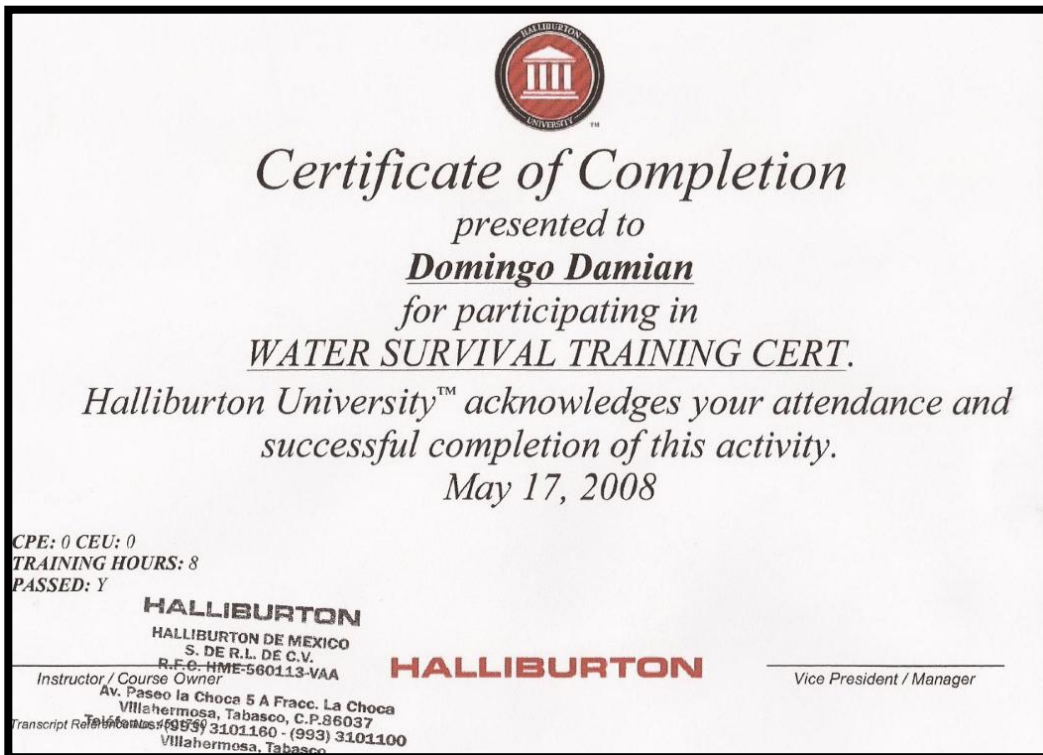
HALLIBURTON

Vice President / Manager

Transcript Reference No. 6439673











Certificate of Completion

presented to

Domingo Damian

for participating in

MEASURING SURVEYS - REV 2.

Halliburton University™ acknowledges your attendance and successful completion of this activity.

Apr 10, 2008

CPE: 0 CEU: 0

TRAINING HOURS: 2

PASSED: Y

HALLIBURTON

HALLIBURTON DE MEXICO

S. DE R.L. DE C.V.

R.F.C. HME-560113-VAA

HALLIBURTON

Instructor / Course Owner
Av. Paseo la Choca 5 A Fracc. La Choca
Villahermosa, Tabasco, C.P.86037
Teléfonos: (993) 3101160 - (993) 3101100
Transcript Reference No. 117922
Villahermosa, Tabasco

Vice President / Manager



Certificate of Completion

presented to

Domingo Damian

for participating in

GBA HMS TEST.

Halliburton University™ acknowledges your attendance and successful completion of this activity.

Apr 7, 2008

CPE: 0 CEU: 0

TRAINING HOURS: 1

PASSED: Y

HALLIBURTON

HALLIBURTON DE MEXICO

S. DE R.L. DE C.V.

R.F.C. HME-560113-VAA

HALLIBURTON

Instructor / Course Owner
Av. Paseo la Choca 5 A Fracc. La Choca
Villahermosa, Tabasco, C.P.86037
Teléfonos: (993) 3101160 - (993) 3101100
Transcript Reference No. 117922
Villahermosa, Tabasco

Vice President / Manager

