



**UNIVERSIDAD ESTATAL
PENÍNSULA DE SANTA ELENA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA EN PETRÓLEOS**

TEMA:

**“ESTUDIO PARA LA SELECCIÓN DE TÉCNICAS DE
CAÑONEO MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE
PROPELENTE Y LA TECNOLOGÍA EASY CUT
PERFORATING, APLICADOS A UN CAMPO DE LA
CUENCA ORIENTE.”**

**PROYECTO PRÁCTICO DEL EXAMEN COMPLEXIVO
“TRABAJO DE INVESTIGACIÓN”
TESINA**

AUTOR:

NIVELA ROSALES GALO ALEXANDER

TUTOR:

ING. ROMEL ANGEL ERAZO BONE

**LA LIBERTAD - ECUADOR
2020**

**UNIVERSIDAD ESTATAL
PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA EN PETRÓLEO**

TEMA:

**“ESTUDIO PARA LA SELECCIÓN DE TÉCNICAS DE
CAÑONEO MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE
PROPELENTE Y LA TECNOLOGÍA EASY CUT
PERFORATING, APLICADOS A UN CAMPO DE LA
CUENCA ORIENTE.”**

**PROYECTO PRÁCTICO DEL EXÁMEN COMPLEXIVO
“TRABAJO DE INVESTIGACIÓN”**

TESINA

AUTOR:

NIVELA ROSALES GALO ALEXANDER

TUTOR:

ING. ROMEL ANGEL ERAZO BONE

LA LIBERTAD - ECUADOR

2020



La Libertad, 28 de Septiembre del 2020

CARTA DE ORIGINALIDAD

Ing. Marllelis Gutierrez Hinestroza, PhD
Directora de la Carrera de Petróleos
Universidad Estatal Península de Santa Elena

Cumpliendo con los requisitos exigidos, envío a Uds. La Tesina Titulada **“ESTUDIO PARA LA SELECCIÓN DE TÉCNICAS DE CAÑONEO MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE PROPELENTE Y LA TECNOLOGÍA EASY CUT PERFORATING, APLICADOS A UN CAMPO DE LA CUENCA ORIENTE.”**, para que se considere la Sustentación, señalando lo siguiente:

1. La investigación es original.
2. No existen compromisos ni obligaciones financieras con organismos estatales ni privados que puedan afectar el contenido, resultados o conclusiones de la presente Investigación.
3. Constatamos que la persona designada como autor es el responsable de generar la versión final de la investigación.
4. El Tutor certifica la originalidad de la investigación y el desarrollo de la misma cumpliendo con los principios éticos.

Nivela Rosales Galo Alexander

Autor: Nombres y Apellidos

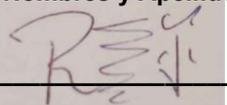
Firma: 

N° de Cédula: 0928272830

Correo: galo.nivelarosales@upse.edu.ec / galonivela14@gmail.com

Erazo Bone Romel Ángel

Tutor: Nombres y Apellidos

Firma 

N° de Cédula: 0802990838

Correo: raerazo@upse.edu.ec

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado en primer lugar a Dios por bendecirme siempre y por brindarme la fe, fortaleza y sabiduría necesaria para poder seguir avanzando y poder superar los obstáculos y dificultades que se presentaron durante el trayecto de este largo camino y así poder cumplir esta etapa de mi vida, de concluir con éxito mi carrera universitaria.

A mis padres, Alex Nivelá y Nancy Rosales, por ser los pilares fundamentales para la culminación de esta meta, por todo sus sacrificios y apoyo incondicional que me brindaron, por estar conmigo siempre apoyándome en todo momento y en cada decisión tomada, por todo su amor, cariño y fe que depositaron en mí, pero sobre todo por sus sabios consejos que me sirvieron para poder ser la persona de buenos principios y valores que soy ahora.

A mis hermanos Alex y Diego Nivelá, por ser un gran soporte y por todo el apoyo que de una u otra manera me brindaron para poder culminar con éxito esta etapa de mi vida.

A mis amigos, quienes fueron como una segunda familia, con quienes conviví durante estos largos años de estudio de esta etapa universitaria, compartiendo tanto buenos como malos momentos, pero siempre estuvieron ahí brindando ese apoyo incondicional, en especial a mi amigo Manuel Menoscal, compañero de lucha con quien enfrenté muchos obstáculos hasta poder cumplir cada uno de nuestros objetivos y llegar a la meta trazada.

A mi mejor amiga, María Esperanza De La Cruz, quien a pesar de los buenos y malos momentos que hemos pasado estuvo conmigo de una u otra forma apoyándome siempre, dándome ánimo para continuar y creyendo en mí durante cada momento incluso cuando ni yo mismo lo hacía.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Dios, quien diariamente me brindó la fuerza y sabiduría para atravesar cada obstáculo que se interponía en mi vida y por bendecirme siempre en cada paso que doy.

A mi familia, principalmente a mis padres y hermanos, quienes fueron parte fundamental para la culminación de esta meta trazada, por siempre acompañarme y brindarme todo su amor, cariño y paciencia tanto en los buenos como en los malos momentos y en especial por su apoyo incondicional ante las dificultades que se presentaron durante el largo trayecto de esta etapa de mi vida.

A mi tío Manuel Nivelá y a su familia, por quienes gracias a su apoyo y ayuda brindada fue posible la continuación y culminación del presente trabajo de titulación.

A la Universidad Estatal Península de Santa Elena, por permitirme realizar mis estudios universitarios en esta prestigiosa institución, poder formarme profesionalmente y cumplir con mi objetivo de obtener un título de tercer nivel.

A los docentes de la carrera de Ingeniería en Petróleos por brindarme las herramientas y conocimientos necesarios para mi formación académica y profesional, además de ofrecerme su amistad y apoyo durante esta etapa.

Al Ing. Romel Erazo, por haberme guiado durante el proceso de elaboración y desarrollo de este trabajo de titulación como docente tutor y haberme brindado las observaciones necesarias para la correcta culminación del mismo.

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA EN PETRÓLEO

**“ESTUDIO PARA LA SELECCIÓN DE TÉCNICAS DE CAÑONEO
MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE PROPELENTE Y LA
TECNOLOGÍA EASY CUT PERFORATING, APLICADOS A UN
CAMPO DE LA CUENCA ORIENTE.”**

Autor: Galo Alexander Nivelá Rosales.

Tutor: Ing. Romel Ángel Erazo Bone, MSc.

RESUMEN

El trabajo de investigación, trata acerca de un análisis comparativo de la técnica del propelente y Easy Cut Perforating en el campo Sacha, para poder definir los diferentes parámetros necesarios a indagar en la presente. El objetivo es establecer la técnica de cañoneo más eficiente, mediante la metodología descriptiva analítica y comparativa entre las técnicas de cañoneo con propelente y Easy Cut Perforating, para mejoramiento de la productividad de los pozos.

En este sentido, para el estudio se tomaron como muestra 4 pozos petroleros del campo Sacha, siendo uno de los más grandes en la actualidad, cabe resaltar que para efectos de investigación se buscó apoyo en trabajos similares al que estamos efectuando.

Palabras claves: Propelente, Easy Cut Perforating, Campo Sacha, Cañoneo, Parámetros.

ABSTRACT

The research work deals with a comparative analysis of the propellant technique and Easy Cut Perforating in the Sacha field, in order to define the different parameters necessary to investigate in the present. The objective is to establish the most efficient perforating technique, through the analytical and comparative descriptive methodology between the propellant perforating techniques and Easy Cut Perforating, to improve well productivity.

In this sense, for the study, 4 oil wells in the Sacha field were taken as a sample, being one of the largest at present, it should be noted that for research purposes support was sought in works similar to the one we are carrying out.

Keywords: Propellant, Easy Cut Perforating, Sacha Field, Perforating, Parameters.

ÍNDICE GENERAL

CARTA DE ORIGINALIDAD	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO	V
RESUMEN	VI
ABSTRACT	VII
ÍNDICE GENERAL.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	XII
ÍNDICE DE TABLAS	XII
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	2
1 Planteamiento del Problema.....	2
1.1 Formulación del problema	2
1.2 Justificación	4
1.3 Objetivos.....	5
1.3.1 Objetivo general.....	5
1.3.2 Objetivos específicos	5
1.4 Factibilidad	5
CAPÍTULO II	6
2 Marco Teórico.....	6
2.1 Antecedentes de la investigación	6
2.2 Generalidades de la Cuenca Oriente	7
2.3 Campo Sacha.....	9
2.3.1 Reseña histórica del campo Sacha.....	9
2.3.2 Ubicación	9
2.3.3 Datos Generales	9
2.3.4 Estructura del campo Sacha.....	10

2.3.5 Estratigrafía del campo sacha.....	10
Formación Tena.....	10
Formación Napo	11
Napo superior	11
Napo Medio.....	11
Napo Inferior	12
Napo basal.....	12
Formación hollín	12
2.3.6 Litología del campo Sacha.....	12
YACIMIENTO “BASAL TENA”	12
YACIMIENTO “U”.....	13
YACIMIENTO “T”	13
YACIMIENTO HOLLÍN SUPERIOR	13
YACIMIENTO HOLLÍN INFERIOR.....	13
2.3.7 Características Petrofísicas	13
2.3.8 Caracterización de los crudos.....	14
2.3.9 Datos PVT.....	15
2.4 Técnica de Cañoneo (Disparo o Punzonamiento).....	15
2.5 Tecnología de la técnica del cañoneo	17
2.6 Proceso de operación de la técnica de cañoneo	17
2.7 Factores de la técnica de Cañoneo que Afectan la Productividad de un Pozo	17
2.7.1 Factores Geométricos del Cañoneo.....	17
2.7.2 Daño Causado por el Cañoneo.....	18
2.7.3 Presión Diferencial Durante el Cañoneo	19
Capitulo III.....	21
3 Metodología de la Investigación	21

3.1 Tipo de estudio	21
3.2 Universo y muestra.....	21
3.2.1 Universo.....	21
3.2.2 Muestra	21
3.3 Métodos y técnicas de recolección de datos	21
3.3.1 Técnicas.....	21
3.3.2 Recolección de datos.....	22
3.4 Procesamiento de datos.....	23
3.5 Análisis de la información	23
3.6 Análisis de las técnicas utilizadas.....	24
3.6.1 Tecnología Easy Cut Perforating	24
Beneficios	25
Ventajas del Easy Cut Perforating	25
Desventajas del Easy Cut Perforating	26
Campos de aplicaciones	26
3.6.2 Técnica de Cañoneo con Propelente.....	26
Funciones del propelente.....	27
Ventajas del cañoneo con propelente.....	28
Desventajas del cañoneo con propelente	29
Tipo de composición del propelente	29
Capitulo IV.....	30
4 Interpretación de los Resultados	30
4.1 Análisis e interpretación de datos.....	30
4.1.1 Evaluación de la eficiencia del uso de propelente o la técnica Easy Cut Perforating	30
Datos de Los pozos antes del Cañoneo usando Propelente	30
Información general del pozo Sacha 380V	31

Información general del pozo Sacha 381D	32
Datos de los pozos después del cañoneo aplicando propelente	32
Datos de pozos antes de aplicar la técnica Easy Cut Perforating	33
Información general del pozo 382V	34
Información general del pozo 383D	34
Datos del antes y después de la aplicación de la técnica Easy Cut Perforating.....	35
CONCLUSIONES	37
RECOMENDACIONES	37
BIBLIOGRAFÍAS	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación de la Cuenca Oriente.	8
Figura 2: Ubicación del Campo Sacha.....	9
Figura 3: Áreas de Alcance en el cañoneo (vista superior).....	16
Figura 4: Áreas de Alcance en el cañoneo (vista lateral).	16
Figura 5: Factores Geométricos del Disparo.....	18
Figura 6: Daño Causado por el Cañoneo.....	19
Figura 7: Cañoneo con bajo balance en el pozo.	19
Figura 8: Cañoneo con sobre balance en el pozo.....	20
Figura 9: Categorías.	23
Figura 10: Equipo de fondo – Easy Cut Perforating.	24
Figura 11: Sarta de Cañoneo con Propelente.....	27

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Parámetros del campo Sacha.	14
Tabla 2: Caracterización de los crudos.	14
Tabla 3: Datos PVT del campo Sacha.....	15
Tabla 4: Técnica de recolección de datos.	22
Tabla 5: Pozos cañoneados antes del uso de Propelente.....	30
Tabla 6: Comparación de los pozos luego de aplicar la técnica de Cañoneo por Propelente.....	32
Tabla 7: Pozos cañoneados antes de aplicar la técnica Easy Cut Perforating.	34
Tabla 8: Comparación de los pozos luego de aplicar la técnica Easy Cut Perforating.....	35

INTRODUCCIÓN

La industria del petróleo a nivel mundial es uno de los que mayores rentas generan, en todo el orbe, ya que de la misma dependen muchos países en especial los que pertenecen a la Organización de Países Exportadores de Petróleo.

Cabe mencionar que más del 80% de la energía utilizada en el mundo es de origen fósil, por tanto, los países exportadores de petróleo están entre los que más renta reciben, teniendo un ingreso constante de divisas, dependiendo siempre de la fluctuación del precio del barril de petróleo (Hormaeche, 2018).

Ya centrándonos en el tema de investigación, se puede afirmar que el cañoneo es considerado como el proceso de crear una grieta por medio de la tubería de revestimiento y el cemento, para implantar una adecuada comunicación entre el pozo y las formaciones seleccionadas.

De la misma manera la técnica del propelente y la tecnología Easy Cut Perforating que entre otras cosas sirve para aumentar la productividad del pozo petrolero.

En base la industria petrolera va evolucionando, se han ido creando nuevas técnicas o tecnologías de punzonamiento, que permitan la comunicación directa entre el pozo y el yacimiento, mediante la generación de perforaciones a través de la tubería de revestimiento y el cemento hasta penetrar la formación, por esta razón es primordial instituir el método o técnica de cañoneo más eficiente, que consienta alcanzar un mayor grado de productividad del pozo, minimizando, en lo posible de esta manera los diferentes efectos adversos que se puedan producir en el transcurso del proceso, entre los que resalta el daño incitado por los punzados. (Guayasamin Calispa, 2018).

CAPÍTULO I

1 Planteamiento del Problema

1.1 Formulación del problema

En las funciones de la industria petrolera, geofísicas, petrofísicas y geólogos son los que se encargan de analizar y establecer las formaciones a perforar; teniendo en cuenta que son los ingenieros de petróleos, quienes se encargan de la planificación de perforar un pozo de petróleo para bajar el revestimiento hasta donde se hallan el tanque y el cemento.

Cabe señalar que, adicionalmente, se debe descifrar los registros e identificar las zonas de producción, para proceder con la producción de petróleo, en el respectivo campo de exploración.

Posteriormente a que sea escogida la formación, el subsiguiente paso es el cañoneo, también conocido como disparo o punzado, el mismo es indispensable delinearlos de forma óptima para de esta manera emanar a su ejecución, ya que de lo mismo acatará la producción eficaz de hidrocarburos y por lo tanto la renta del proyecto.

El propósito de los cañones es quitar la fuerza que produce el disparo, que generalmente se cubre con una capa de piedra triturada que se daña o tritura según la carga del cilindro al pozo. Si el daño no se retira del recipiente, obstruye el flujo de líquido, obstruye el tubo perforado.

Así mismo, un método de disparo inadecuado o una mala interpretación de los parámetros para la ejecución del cañón pueden incitar una baja de presión en las cercanías del pozo y perturbar la producción del pozo.

Los campos de la cuenca Oriente, son compatibles con la mayoría de las tecnologías de cañoneo compatibles y avanzadas, como: TCP, cableados

como wireline y slickline, amortiguadores de superficie y de choque, geles de plomo, agua abrasiva con gel y arena entre otros (Almeida, 2015).

Vale mencionar que, en la industria de la extracción petrolera, la fase de producción representa un papel de vital significancia, para de esta manera poder recuperar la mayor cantidad posible de crudo, guardado en el yacimiento, y así de esta forma, que las empresas puedan generar buenos ingresos mediante la comercialización del hidrocarburo.

Es por esto que la etapa de cañoneo o punzonamiento es uno de los procedimientos más importantes entre los trabajos realizados en un pozo petrolero antes de que inicie su vida productiva o durante un trabajo de reacondicionamiento.

En base a lo expuesto con anterioridad, se puede afirmar que el trabajo se enfoca en valorar técnicamente la eficacia de la aplicación de estos dos componentes de cañoneo, como son por medio de propelente y la tecnología Easy Cut Perforating, para seleccionar cuál de las dos técnicas resultó ser más favorable al aplicársela durante el cañoneo.

La finalidad del proceso de cañoneo es comunicar al pozo con la zona de interés del reservorio, permitiendo el flujo de los fluidos y obtener una alta productividad del pozo, tratando de producir el menor daño posible que se puede generar durante esta fase. Sin embargo, existen casos en los que el resultado de este proceso no es favorable, provocando daños considerables a la formación a través de los residuos del cañón y de la formación que pueden taponar los canales de comunicación, lo cual afecta a la productividad del pozo ya que genera una disminución de la permeabilidad de la zona de interés o zona objetivo.

Este problema se genera en la mayoría de los pozos al momento de realizar el cañoneo, por lo cual es importante realizar una correcta selección de la técnica de punzonamiento que se utilizará, con el fin de obtener una adecuada ejecución de los disparos con perforaciones más limpias evitando

taponamientos, ya que con esto se busca obtener una mejor productividad del pozo, la disminución de trabajos de reparaciones futuras y el alargue de la vida útil del pozo.

1.2 Justificación

A medida que la industria petrolera ha ido evolucionando, se han desarrollado nuevas técnicas o tecnologías de punzonamiento que permitan la comunicación entre el pozo y la formación, los adelantos en la tecnología de cañoneo exponen cargas optimizadas que obtienen mayores profundidades de penetración y mayor flujo, también se ha desarrollado técnicas que permiten controlar residuos, en especial en pozos desviados oprimiendo el daño que puede originar (Guayasamin, 2018).

Este, comprende correr equipos y terminales adentro del pozo petrolero para examinar y demarcar el yacimiento, subsiguientemente a alcanzar la profundidad que se ha trazado, se cañonea implantando agujeros en la formación, la tubería de revestimiento y el cemento para conectar con el yacimiento.

El cañoneo es una actividad clave y básica para el éxito de la producción de petróleo a corto, mediano y largo plazo, un correcto diseño o selección del mecanismo de punzonamiento implica una producción más eficiente del pozo, evitando en lo posible la generación de daño a la formación.

El enfoque trascendental para programar la valoración de la eficacia del uso de propelente en la técnica de cañoneo, es confrontar las 2 técnicas antes indicadas, deduciendo que se ayudará para acrecentar el flujo y se acortarán las limitaciones de conductividad causadas por el daño inducido por el cañoneo.

Por esta razón es de suma importancia determinar la técnica de cañoneo más apropiada a utilizarse durante la fase de punzonamiento, la cual nos brinde los mejores resultados en cuanto a optimización de la productividad,

minimizar el daño generado por los disparos, permitiendo de inmediato la producción del pozo, logrando con esto ahorro de tiempo y costos del taladro.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Establecer la técnica de cañoneo más eficiente mediante la metodología descriptiva analítica y comparativa entre propelente y Easy Cut Perforating para mejoramiento de la productividad de los pozos.

1.3.2 Objetivos específicos

- Describir las generalidades, ventajas y desventajas de las técnicas de cañoneo con propelente y tecnología Easy Cut Perforating.
- Recopilar resultados obtenidos en el uso de las técnicas mediante la revisión de artículos, tesis y casos de estudio.
- Evaluar los resultados a través de la comparación de los datos más importantes usados en las técnicas de cañoneo con propelente y tecnología Easy Cut Perforating.
- Analizar las técnicas de cañoneo con propelente y Easy Cut Perforating para la determinación de la más eficiente en el mejoramiento de la productividad de los pozos mediante la revisión bibliográfica de las técnicas.

1.4 Factibilidad

El proyecto es considerado como factible debido a que no requiere de mayores recursos económicos en lo que respecta a la recopilación, elaboración y presentación del mismo.

Se tiene la asesoría académica del tutor de la Universidad, quien supervisa y efectúa el seguimiento al proyecto.

CAPÍTULO II

2 Marco Teórico

El proyecto de tesina analiza los principales parámetros de punzonamiento, bajo las cuales fueron manipuladas las tecnologías de cañoneo en estudio y se evaluó, concediéndoles otros parámetros para encontrar diferencias en la efectividad.

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Observación del cañoneo "Easy Cut Perforating", para optimizar la creación del Pozo coca

En el siguiente estudio, se analizan las ventajas y desventajas de la tecnología Easy Cut Perforating, estudiando lo que corresponde a los parámetros físicos del fluido del pozo en lo que corresponde al campo Coca y como la aplicación de esta tecnología ha ayudado a mejorar la producción de dicho campo petrolero y tomar como base en el análisis de las dos técnicas que estamos estudiando en la presente investigación (Silva Espin, 2016).

2.1.2 Evaluar la eficacia del uso de propelente en el cañoneo

En el siguiente estudio, se tiene como propósito la evaluación de la eficiencia del uso de otra de las técnicas usadas en nuestra investigación, en este caso el cañoneo con fluido abrasivo en los pozos del bloque 7, siendo este uno de los procesos más importantes en la industria petrolera, para esto se utilizara como análisis de unidad los siguientes puntos: índice de productividad por pie disparado y por milidarcy (md) de permeabilidad (IP/kh), y el costo por cada barril producido, esto a su vez faculto la creación de una base de datos, donde se calculan los resultados, demostrando que la técnica más eficiente y que brinda mayores réditos económicos, en concordancia con la producción es la técnica del cañoneo con fluido abrasivo (Guayasamin Calispa, 2018).

2.1.3 Evaluación técnico-financiera del uso de un propelente

En el siguiente trabajo se procedió a evaluar mediante la aplicación con simuladores dos técnicas de cañoneo con propelente y su respectiva comparación, con la que se utiliza en los campos Floreña y Pauto, perteneciente al Bloque Piedemonte, donde luego de los respectivos análisis se llegó a la conclusión, que la técnica del cañoneo con propelente es la mejor alternativa, en estos bloques petroleros (Carrera & Carvajal, 2017).

2.2 Generalidades de la Cuenca Oriente

La Cuenca se halla en un lugar estructuralmente muy compleja entre los Andes centrales y septentrionales.

Esta perspectiva particular provoca que esta región esté forzada a cambios de energías significativas y, por tanto, responsable de la afanosa actividad sísmica y volcánica que la caracteriza.

Es decir, al frente de la costa ecuatoriana, la estructura de la placa Nazca está caracterizada por la presencia de la Dorsal asísmica de Carnegie, que se encuentra al momento en proceso de subducción por debajo de los Andes ecuatorianos.

La cuenca oriente contiene las mayores acumulaciones de crudo dentro de la provincia petrolera Putumayo-Oriente-Marañón, con alrededor de 30 000 millones de barriles de petróleo en sitio, acumulados en cien campos. Se diferencian tres “plays” petroleros individualizados, con características propias de sus trampas y crudos.

El play Occidental, adyacente a la cordillera Real de los Andes, está en proceso de destrucción por el levantamiento provocado por la última orogenia andina, que ha afectado las trampas, formadas en la primera etapa de la

inversión tectónica (cretácico tardío-paleoceno), provocando la degradación de los crudos, con excepción del campo Bermejo. En él se ubica el campo Pungarayacu de areniscas bituminosas, que contiene el mayor volumen de crudo en sitio de la cuenca. Este play contiene el 18 % del petróleo en sitio de la cuenca.

El play central, el más rico, y con las mayores reservas de crudos livianos, evoluciona a partir del rift jurásico abortado y se caracteriza por fallas profundas en flor, desarrolladas a partir de dos inversiones tectónicas: una cretácica tardía-paleocénica, y otra eocénica temprana. En él están los campos gigantes Shushufindi y Sacha. Contiene el 54 % del crudo en sitio de la cuenca.

El play oriental el segundo en importancia con el 28 % del petróleo en sitio de la cuenca, contiene un campo gigante: Ishpingo. Sus estructuras se desarrollaron sobre semigrabens jurásicos como resultado de una inversión tectónica del eoceno tardío (aunque parece que en el cretácico tardío se produjo una primera inversión). Es un play con predominio de crudos pesados.



Figura 1: Ubicación de la Cuenca Oriente.

Fuente: google maps.

2.3 Campo Sacha

2.3.1 Reseña histórica del campo Sacha

Fue descubierto por Texaco – Gulf en el año de 1969 con la perforación del pozo exploratorio SAC – 01, que tuvo una profundidad de diez mil ciento sesenta metros.

2.3.2 Ubicación

El campo petrolero Sacha, se encuentra localizado en la provincia de Orellana al nororiente de la amazonia ecuatoriana. En lo que respecta a límites son los que se mencionan a continuación al Norte con las estructuras Palo Rojo, Eno y Ron al Sur con el campo Culebra – Yulebra, al Este con los campos Shushufindi y Aguarico y al Oeste con Pucuna y Huachito (Petroamazonas, 2018).

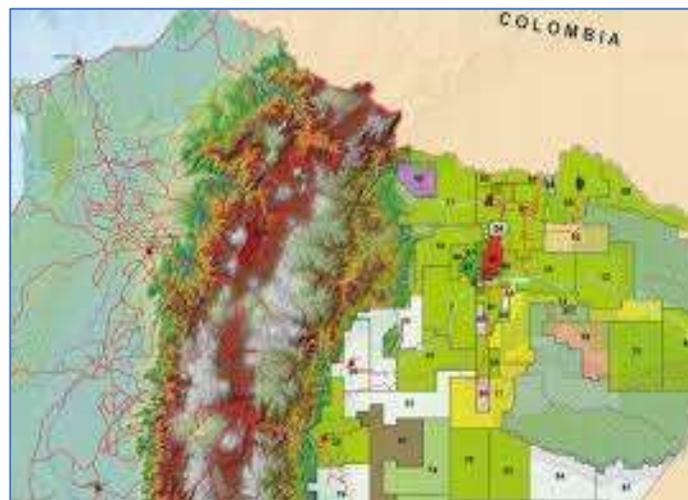


Figura 2: Ubicación del Campo Sacha.

Fuente: Google maps.

2.3.3 Datos Generales

El campo Sacha, es uno de los campos más grandes e importantes del país, después del Auca, debido a que viene funcionando desde 1978, se lo

considera como un campo maduro, que produce más de setenta mil barriles diarios.

2.3.4 Estructura del campo Sacha

Estructuralmente está integrado por un sistema de fallas de dirección Norte-Sur, las que cortan parte del flanco Oeste a lo largo del campo. Posee también un sistema de fallas secundarias de compensación como consecuencia del régimen transpresivo, orientadas en dirección Sureste-Noroeste, que dividen algunos de sus yacimientos en compartimentos separados.

2.3.5 Estratigrafía del campo sachá

La producción de hidrocarburos en la Cuenca Oriente del Ecuador, en general, está asociada a depósitos del Cretácico Inferior a Medio: las formaciones Hollín y Napo (areniscas “T”, “U” y M-2); y, depósitos del Cretácico Superior: las areniscas Basal Tena y M-1 (Rivadeneira, 2018).

El comportamiento estratigráfico del campo Sacha es generalizado a la Cuenca Oriental Ecuatoriana para la cual se han realizado muchos estudios sobre estratos y sus propiedades que van desde la superficie hasta las zonas de interés, para lo cual se ha diseñado una columna base.

A continuación, se tiene una descripción de los principales estratos de interés para este estudio en forma resumida dentro del Campo Sacha:

Formación Tena

Esta tiene un espesor de 400 a 3200 pies; cuerpo donde se puede localizar la subdivisión en dos miembros, que son:

- Tena Superior, esta pertenece a la era del Paleoceno y representa la base de la era Cenozoica. El ambiente de depositación es de carácter Continental.
- Tena inferior, la época Mesozoica tiene sus inicios en la parte inferior de Tena y concierne a la edad Cretácica. El ambiente de depositación de esta parte de la formación es de tipo Continental a Marina Somera (Villalba, 2016).

Formación Napo

Esta es cómodamente identificable por la representación de reflectores fuertes que atañen a niveles de calizas. Consiste en alrededor de 500 a 2500 pies de lutitas y calizas con intercalaciones de areniscas.

Pertenece a la era que va desde el Cretácico Medio al Superior y marca el inicio de la era Mesozoica. Muchos autores dan a la formación Napo la categoría de grupo, dividiéndola en cuatro miembros (a los que se les asigna el nombre de formaciones), que corresponde a secuencias marinas de aguas poco profundas (Villalba, 2016).

Napo superior

Esta comprende las calizas “M-1” de la región sub andina, a las lutitas de Napo Superior y a las areniscas superiores del Grupo Napo (Villalba, 2016).

Napo Medio

Representa a las calizas “A” y a las calizas “M-2” sin las calizas “M-1”, que poseen una inmensa extensión geográfica y pasan ágilmente hacia el Este a lutitas y margas laminadas (Villalba, 2016).

Napo Inferior

Se halla bajo la hilera Napo Inferior, que contiene las calizas “B”, las lutitas “U” y las areniscas “U”. Cuya base está delimitada por el tope del último banco masivo de la arenisca “T” (Villalba, 2016).

Napo basal

Circunscribe la arenisca Basal, las lutitas negras y las areniscas “T”. Su base está precisada por el tope del último banco arenoso masivo de la formación Hollín (Villalba, 2016).

Formación hollín

Base de la edad del Cretácico dentro de la edad del Mesozoico; el ambiente de depositación es Marino Transgresivo.

2.3.6 Litología del campo Sacha

A continuación, se detalla de manera breve la litología de los yacimientos de interés para este estudio correspondiente a la columna estratigráfica del campo Sacha:

YACIMIENTO “BASAL TENA”

Está desarrollado por secuencias de grano fino a muy fino; lo que muestra un desarrollo de carácter irregular, atenuando la formación de estratos lenticulares o trampas estratigráficas en el campo y en la Cuenca Amazónica. Con un espesor promedio de 4 pies, porosidad de 18%, saturación de agua de 31 %, salinidad promedio que va de 24000 a 36000 ppm de Cl⁻ y un °API de 25,1 (Villalba, 2016).

YACIMIENTO “U”

Este yacimiento tiene un espesor neto promedio de 31 pies, porosidad de 20%, saturación de agua de 25% y una salinidad promedio de 25000-45000 ppm de Cl- y un °API de 28.6 (Villalba, 2016).

YACIMIENTO “T”

Se trata de una arenisca cuarzosa, cemento silicio, grano medio a fino, buena saturación de hidrocarburos. Con espesor neto saturado de entre 20 y 90 pies posee una porosidad promedio de 21%, saturación de agua de 14.8%, una salinidad promedio de 20000 a 25000 ppm de Cl- y un °API de 28 (Villalba, 2016).

YACIMIENTO HOLLÍN SUPERIOR

Presenta una sensible saturación de hidrocarburos con °API de 27. Su espesor saturado es de 7,5 pies al centro del campo, de porosidad 12%, saturación de agua 35% y salinidad de 3891 ppm de Cl-, se puede asemejar en la zona lentes de caliza y lutita intercalados (Villalba, 2016).

YACIMIENTO HOLLÍN INFERIOR

Constituido por una arenisca cuarzosa, consolidada, grano medio, subredondeada, matriz y cemento silicio, inclusiones locales de carbón, ámbar y caolín. De edad Cretácica Inferior. Buena saturación de hidrocarburos con °API de 29, tiene un espesor promedio saturado de 45 a 55 pies, porosidad de 15%, saturación de agua entre el 20 y 40% y una salinidad de 500 a 1500 (Villalba, 2016).

2.3.7 Características Petrofísicas

Los yacimientos del Campo Sacha corresponden a tres formaciones claramente identificadas que son:

- La Formación Tena con una sola arena productora: Basal Tena.
- La Formación Napo que se divide en dos arenas productoras: Napo “T” y Napo “U”.
- La Formación Hollín que se divide en dos areniscas productoras: Hollín Principal y Hollín Superior.

Tabla 1: Parámetros del campo Sacha.

PARÁMETRO	RESERVORIO				
	BT	“U”	“T”	Hs	Hi
DATUM (pies)	-7800	-8530	-8765	-8975	-8975
Espesor neto promedio (pies)	< 4	31	21	12	60
Porosidad (%)	18.0	16.7	14.5	14.2	17.1
Saturación de agua inicial (%)	25	20 – 25	15 - 20	30 -40	30 – 40
Permeabilidad (md)	600	425	240	130	350
Salinidad (ppm NaCl)	26000	25000 - 45000	30000	3400 - 11000	1000 - 1500

Fuente: Petroecuador.

2.3.8 Caracterización de los crudos

Mediante la toma de muestras se determinan las principales propiedades de los crudos para cada zona productora, como: la gravedad del crudo y el contenido de azufre.

Tabla 2: Caracterización de los crudos.

ZONA	GRAVEDAD	AZUFRE
	°API	%
BT	27 a 29	Sin dato
“U”	27 a 29	1.15 a 1.23
“T”	27 a 28	0.80 a 0.90
Hollín	27 a 28	0.4 a 1.1

Fuente: Petroecuador.

Los contenidos de S, Ni y V del petróleo del yacimiento “T” en general tiende a ser menores que los de “U” y Basal Tena, mientras que Hollín muestra

resultados muy divisibles con una variación fuerte de contenido de S, Ni y V a pesar de tener la misma gravedad.

2.3.9 Datos PVT

Para los yacimientos “U” y “T” solo se disponen de datos PVT para el Norte del campo y, entre estos, los del pozo SAC-003 son poco confiables. El análisis histórico de presión de reservorio muestra mayor frecuencia en repetición de datos que corresponde a la presión estabilizada de los yacimientos, sobre todo para los bloques del centro del campo que están en explotación desde un mayor tiempo.

Tabla 3: Datos PVT del campo Sacha.

PARÁMETRO	RESERVORIO				
	BT	“U”	“T”	Hs	Hi
Temperatura (°F)	181	219	221	225	225
Presión inicial (psi)	3587	4054	4146	4450	4450
Presión burbuja (psi)	870	1170	1310	550	80
GOR (PCS/BN)	150	284	389	93	93
Gravedad API	24.1	22.8	30.3	27.3	29.7
Coi (x 10 ⁶ psi ⁻¹)	7	8.02	9.02	9.2	5.7
Boi (BY/BN)	1.117	1.2302	1.3726	1.1334	1.1625
Uoi (cp)	2.5	1.8	1.6	1.4	3.7

Fuente: Petroecuador.

2.4 Técnica de Cañoneo (Disparo o Punzonamiento)

Se cree que la tecnología cañoneo es un proceso mecánico comúnmente utilizado en pozos de petróleo y desechos para establecer una conexión directa o indirecta entre los depósitos de agua y los pozos. Tiene una caída de cañón que sostiene los explosivos en el fondo del área deseada y una ráfaga de carga para dispersar el misil por la entrada del proyectil, cemento y formaciones,

creando túneles para la circulación del agua en el tanque con el pozo. (Cortez Palma & Cunalata Villeta, 2020).

Es decir, uno de los principales fines del proceso de cañoneo es la elaboración de canales, que sirvan de nexo o vía de comunicación entre el reservorio y el pozo petrolero, el mismo se denomina de cañoneo debido a que en el proceso se detonan pequeñas cargas explosivas, que perforan las tuberías de revestimiento.

El programa de cañoneo debe estar diseñado para lograr los siguientes objetivos:

- Evaluar los intervalos productores.
- Optimizar la producción, recuperación e inyección.
- Aislar las zonas no deseables (cementación forzada).

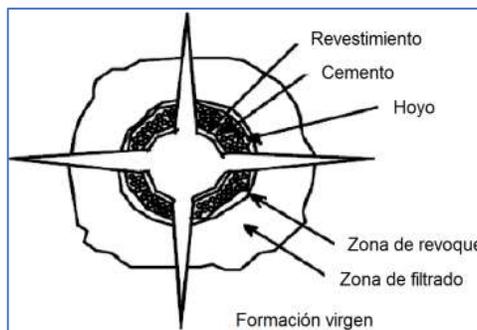


Figura 3: Áreas de Alcance en el cañoneo (vista superior).

Fuente: (Arrieta, 2010).

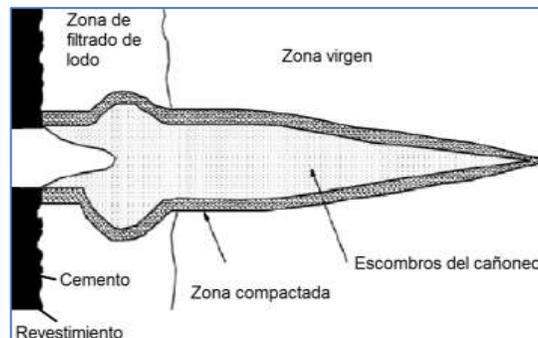


Figura 4: Áreas de Alcance en el cañoneo (vista lateral).

Fuente: (Arrieta, 2010).

2.5 Tecnología de la técnica del cañoneo

En la fase de explotación, el cañón juega un papel importante porque conecta el tanque a la pared del pozo. Por este motivo, el diseño debe ser clave en la planificación, se deben considerar las propiedades del pozo y del yacimiento para perfeccionar el proceso y la calidad (Basantes Lojan, 2017) .

2.6 Proceso de operación de la técnica de cañoneo

La función del cañón está determinada por el equipo utilizado y los detalles del proceso descrito en esta sección.

Cuando el cañón se puso en marcha, no pudo detenerse. Después de que se activa el dispositivo explosivo, se forma una cadena de explosivos en el momento especificado y en un proceso preciso. Este proceso toma unos microsegundos al final de la caja y el sellado de cemento, ya que este diseño y construcción son importantes.

2.7 Factores de la técnica de Cañoneo que Afectan la Productividad de un Pozo

2.7.1 Factores Geométricos del Cañoneo

La geometría de las perforaciones generadas por los disparos influye en la relación de productividad y en la eficiencia de flujo de un pozo. Los factores más importantes a considerar en el diseño de los disparos son (Ríos, Perozo, & Gonzalez, 1997):

- Densidad disparo
- Dirección tiro
- Separación cargas
- Longitud penetración
- Diámetro de perforación

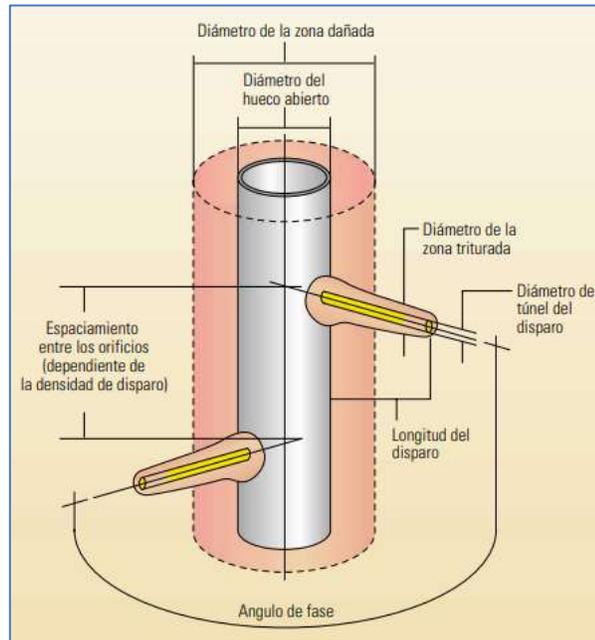


Figura 5: Factores Geométricos del Disparo.

Fuente: (Leiva & Peñuela, 2019).

2.7.2 Daño Causado por el Cañoneo

El daño generado por los disparos, es un factor muy importante a considerar, es por esta razón que se busca el empleo de métodos o técnicas que reduzcan en lo posible el daño que se produce durante el proceso de cañoneo, mejorando ya sea el diseño del mecanismo de disparos, la composición de las cargas o mediante el uso de técnicas como disparos en bajo balance o sobre balance (Pozo, 2013).

La zona dañada está compuesta por los granos triturados y compactados formando una capa de 0,25 a 0,5 pulgadas que rodea la perforación generada por el disparo. Esta compactación de la roca alrededor de la zona atravesada lo que genera como resultado es el aumento de la dureza de la superficie y reduce la porosidad local de la misma hasta en un 80%. Una opción para poder minimizar este tipo de daño generado por el disparo sería incrementar la longitud de penetración, para de esta manera, sobrepasar la zona de daño (Castillo & Lañón, 2013).

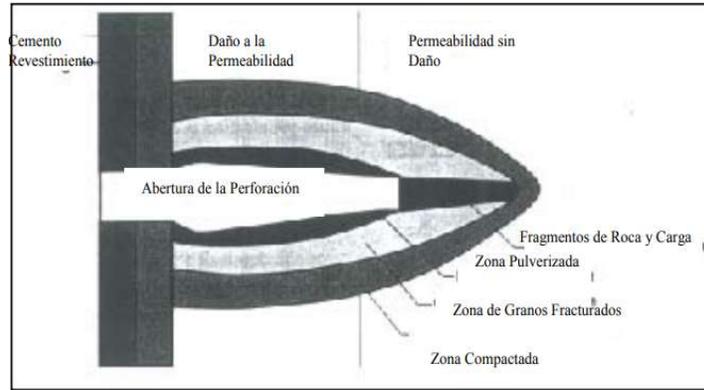


Figura 6: Daño Causado por el Cañoneo.

Fuente: (Simancas, 2005).

2.7.3 Presión Diferencial Durante el Cañoneo

Existen 2 técnicas para emplear durante la realización de los disparos:

- **Perforación Bajo Balance (Underbalance):** La presión hidrostática es menor a la presión de formación ($P_h < P_f$). Si se cañonea con estas condiciones, el desbalance de presiones en el momento del cañoneo genera flujo de fluidos inmediatos de la formación hacia el pozo dando el efecto de surgencia que es limpieza de los túneles cañoneados, en razón de que la presión de la formación es mayor a la presión ejercida por la columna hidrostática. La técnica prevé un menor daño de formación en el momento del disparo (Silva, 2016).

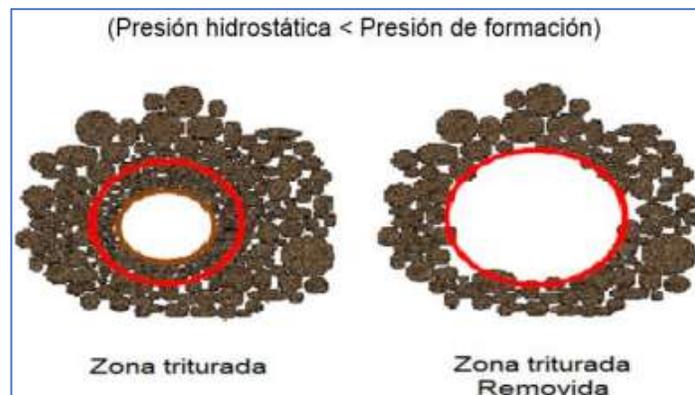


Figura 7: Cañoneo con bajo balance en el pozo.

Fuente: (Halliburton, 2013).

- **Perforación Sobre Balance (Overbalance):** La presión hidrostática es más alta que la configuración de presión ($P_h > P_f$): el propósito de los cañones bajo presión es detener la formación durante el disparo. Se recomienda que presione el botón necesario después de disparar y antes de disparar.

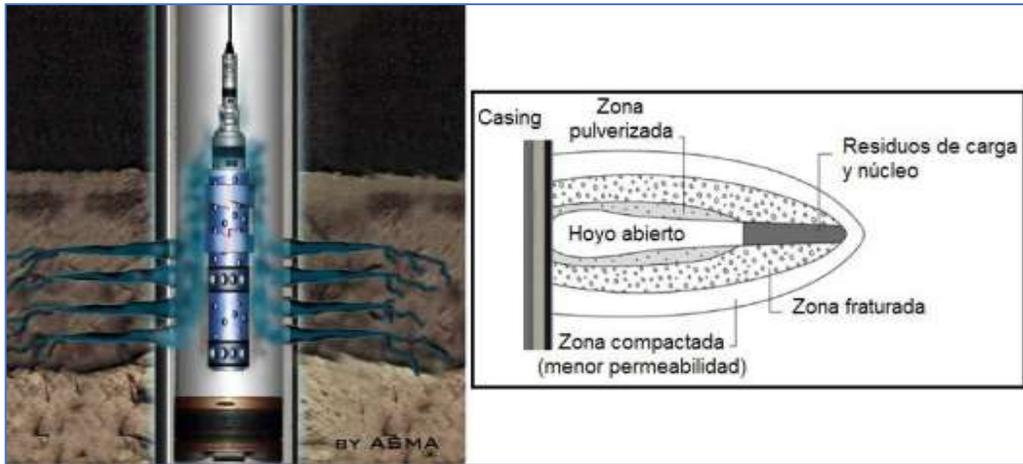


Figura 8: Cañoneo con sobre balance en el pozo.

Fuente: (Halliburton, 2013).

Capítulo III

3 Metodología de la Investigación

3.1 Tipo de estudio

El presente es un estudio de carácter descriptivo metódico de las variadas técnicas utilizadas en la industria petrolera, enfocado al campo Sacha.

3.2 Universo y muestra

3.2.1 Universo

El universo está compuesto por los pozos del campo Sacha.

3.2.2 Muestra

La muestra está constituida por 4 pozos de los cuales 2 se ha intervenido con la tecnología de cañoneo empleando propelente y en 2 pozos se ha utilizado la técnica de Easy Cut Perforating.

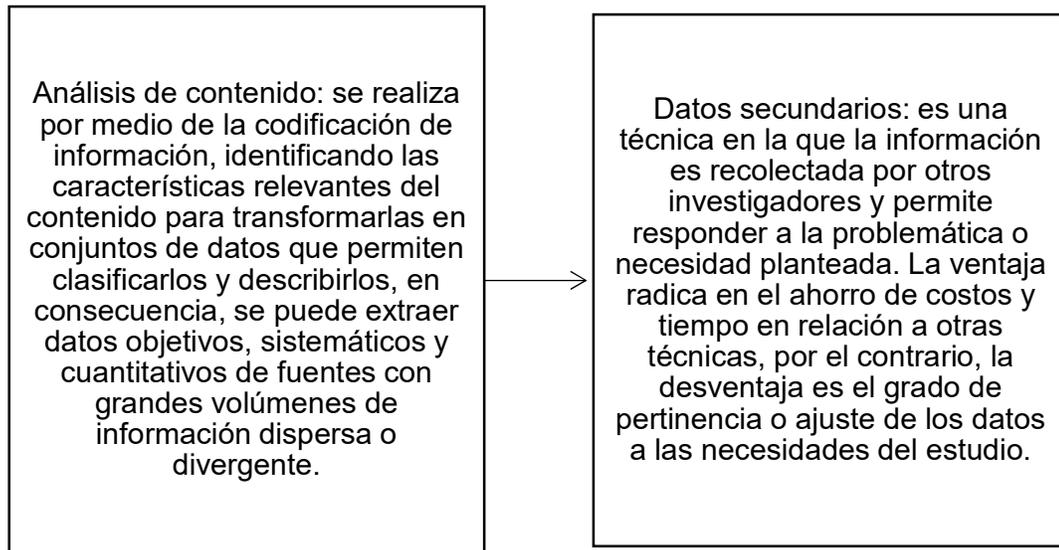
3.3 Métodos y técnicas de recolección de datos

Para el análisis de datos y desarrollo del proyecto se emplearán datos bibliográficos y estudios realizados con anterioridad con el fin de realizar un análisis comparativo de las diferentes técnicas de cañoneo anteriormente mencionadas.

3.3.1 Técnicas

Para evaluar la eficiencia del uso de propelente o la tecnología Easy Cut Perforating en las técnicas aplicadas en los pozos del campo Sacha, se emplearon las siguientes técnicas de recolección de datos:

Tabla 4: Técnica de recolección de datos.



Elaborado por: Galo Nivelá.

3.3.2 Recolección de datos

La información fue suministrada por la base de datos de la ARCH, enviados por Petroamazonas EP, lo cual certifica que sean datos reales y confiables.

Las fuentes primarias que se usaron provienen de los pozos que pertenecen al campo Sacha y son:

- Caracterización del yacimiento
- Antecedentes de los pozos
- Registros eléctricos
- Historial de presiones
- Historial de producción
- Diseños de cañoneo

Las fuentes secundarias provienen de bases existentes como libros, papers, entre otros, estos son:

- Tecnologías de cañoneo
- Diseño de los disparos
- Factores que intervienen en los punzados

3.4 Procesamiento de datos

Una vez obtenido la información, los datos se encausaron a través de cuadros en donde se especificó, examinó y confrontó las técnicas de cañoneo con propelente y Tecnología Easy Cut Perforating consintiendo establecer la eficiencia de las tecnologías empleadas.

3.5 Análisis de la información

Esto facilitó el desarrollo de una base de datos que agrupa los pozos cañoneados en el campo Sacha.

La sucesión del análisis de los datos se detalla a continuación:

1. Inicialmente y para establecer la base de datos se escogió los pozos cañoneados en el campo Sacha en el 2014.

2. Se instituyó por categorías los datos notables de cada uno de los pozos, con relación a:

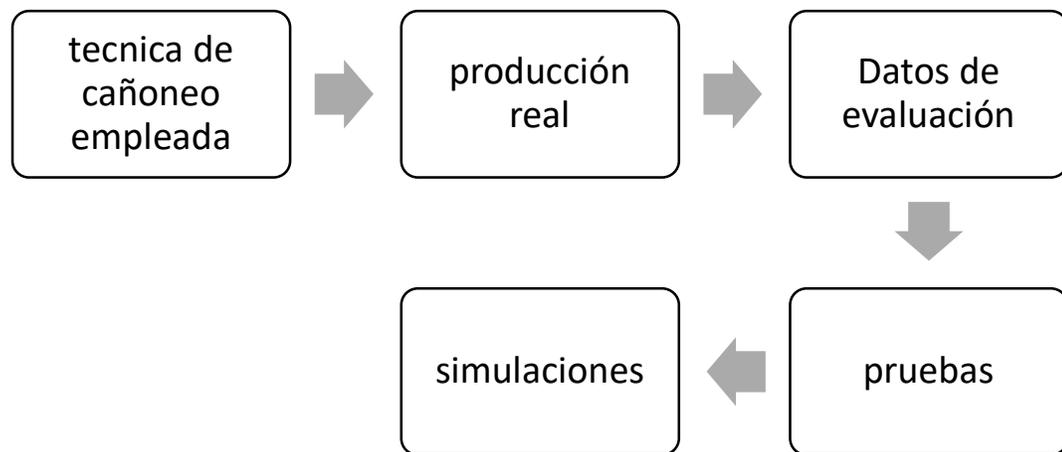


Figura 9: Categorías.

Elaborado por: Galo Nivelá.

3.6 Análisis de las técnicas utilizadas

3.6.1 Tecnología Easy Cut Perforating

Esta técnica de cañoneo se basa en la utilización del principio de jeteo de un fluido abrasivo, diseñado a una concentración adecuada, que permite la perforación de pequeños túneles que atraviesan tanto la tubería de revestimiento como el cemento hasta llegar a la formación productora alcanzando una penetración controlada. Este mecanismo permite crear un área de flujo mayor que la obtenida con sistemas de cañoneo convencionales.

DIAGRAMA	DESCRIPCIÓN	ROSCA TOPE (pulgadas)	ROSCA FONDO (pulgadas)	TUBOS	OD (pulgadas)	LONGITUD (pies)
	1 Joint 3 1/2 pulg, EUE	3 1/2 IF BOX	3 1/2 EUE PIN	1	3.5	31.2
	Centralizador con mandril para 7 pulg, 26-35 ppf Casing	3 1/2 IF BOX	3 1/2 EUE PIN	1	5.83	0.9
	Crossover Nipple 3 1/2 pulg x 3 1/2 pulg	3 1/2 EUE BOX	3 1/2 EUE BOX	1	3.06	0.8
	HYDRAJET TOOL de 4 x 0.25 pulg, nozzles	3 1/2 EUE PIN	3 1/2 EUE PIN	1	3.06	1.18
	Crossover Nipple 3 1/2 pulg x 3 1/2 pulg	3 1/2 EUE BOX	3 1/2 EUE BOX	1	3.06	0.55
	REVERSE CIRCULATING BALL SUB	3 1/2 EUE PIN	3 1/2 EUE PIN	1	3.06	1.5
	BULL NOSE	3 1/2 EUE BOX		1	3.06	0.62

Figura 10: Equipo de fondo – Easy Cut Perforating.

El fluido abrasivo empleado en esta técnica está constituido por una mezcla de agua pura, gel y material abrasivo (arena). El material abrasivo tiene como objetivo actuar sobre otro material para tritarlo, molerlo y/o romperlo, ya sea por frotamiento o choque. Cabe recalcar que debe tener una dureza mayor a la del material a intervenir (Cruz & Tamayo, 2016).

Este mecanismo ha sido ampliamente utilizado tanto en Pozos de petróleo y gas para comunicar el pozo con la formación, permitiendo obtener perforaciones limpias, libres de residuos metálicos, evitando la compactación de la formación y tortuosidades a lo largo del túnel generado, lo cual permite un incremento de la producción y remoción de daño (Silva, 2016). Esta tecnología ha sido aplicada en pozos del Ecuador desde finales de 2014.

Beneficios

Un beneficio primario es el diferencial de presión creado (1500-5000 psi) a través del jet para realizar el perforado, esto permite remover el material rocoso de la formación, al mismo tiempo el fluido levanta y saca fuera del perforado todas las partículas abrasivas, metálicas y material de la formación.

En perforaciones de esta magnitud con un ID mínimo de 2 pulgadas, el rompimiento de la roca es más fácil debido a que el túnel creado no tiene una zona compactada (por material residual, cemento y formación), la formación no es sometida a altas presiones para realizar el perforado “sin stress, no hay zona dañada”.

Ventajas del Easy Cut Perforating

- No daño por perforación.
- Mayor diámetro y penetración de perforaciones/túneles.
- No daña integridad de cemento/aislamiento zonal.
- Fluido abrasivo a base de RPM-Logard.
- El sistema implica el uso de un bache ácido posterior al cañoneo, para remoción de los residuos del filtro de perforación por el cual se estimula la arena.
- No usa explosivos.

Desventajas del Easy Cut Perforating

- Tiempo/duración de la operación.
- Presión de choke sujeta a condiciones/resistencia del casing.
- Disposición de arena en superficie.
- No aplicable en arenas no consolidadas.
- Costo.

Campos de aplicaciones

Esta herramienta que emplea la tecnología de chorro cumple con su objetivo de incrementar el índice de productividad del pozo, permitiendo de esta manera el desarrollo de zonas de interés con potencial hidrocarburífero que pueden ser explotados bajo su condición de migración del hidrocarburo.

Sus aplicaciones son:

- Daño por excesiva invasión de lodo base barita
- Contacto Agua-Petróleo muy cercano
- Corte rápido con el mínimo daño a otros tubulares.
- Focalizar perforaciones en puntos de mayor saturación de hidrocarburo.
- Maximiza drenaje en arena con poco espesor de pago.
- Cañoneo de pozo horizontales.
- Cañoneo antes de una fractura (admite concentraciones de arena 20 lb/gal reduce el nivel de fricción cercana al pozo).
- Cañoneo que requiera control de agua.

3.6.2 Técnica de Cañoneo con Propelente

Propelente es la designación que se le da a un material o sustancia química que genera un impulso. Ahora bien, un propelente enmarcado en el contexto del cañoneo, es el material que, por medio de una reacción química iniciada por condiciones instantáneas de presión y temperatura, es capaz de generar

ciertos volúmenes de gases los cuales remueven las pequeñas partículas de metal, roca, cemento entre otras, remanentes en el sitio de la perforación.

Los propelente han estado disponibles en la industria por muchos años, y han sido usados en una variedad de aplicaciones en países como lo son Estados Unidos, China, Rusia, y Canadá.

Funciones del propelente

Para garantizar un trabajo de disparos exitoso, es necesario remover los restos que quedan después de dicho proceso, y a su vez minimizar el daño causado, es así que, para evitar trabajos futuros como estimulación ácida o fracturamiento hidráulico, se desarrolló el cañoneo con propelente.

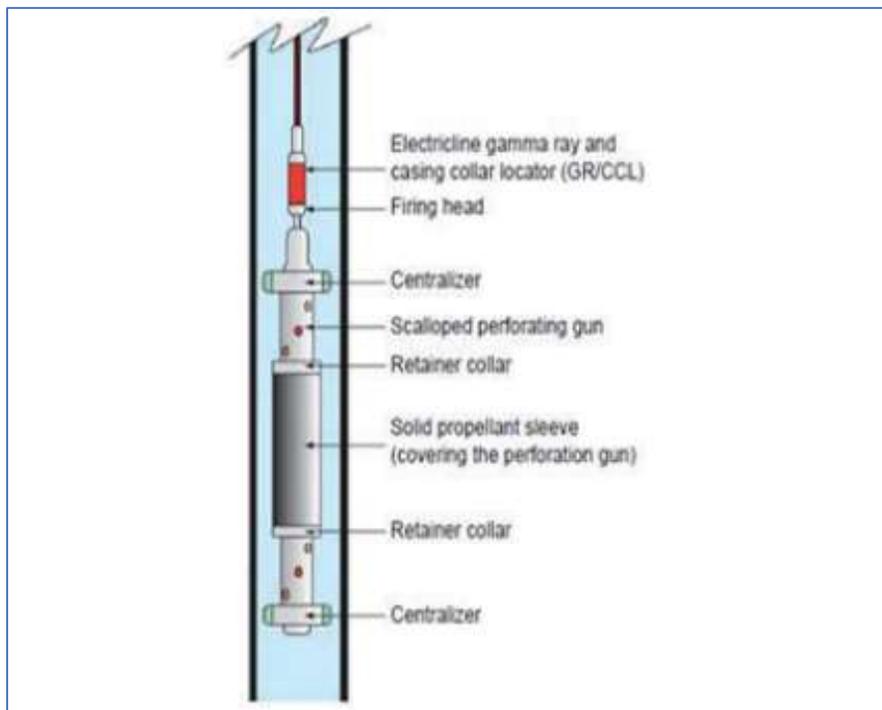


Figura 11: Sarta de Cañoneo con Propelente.

Fuente: (Acaro & Leon, 2015).

El propelente es un compuesto formado por partículas de perclorato de potasio, un oxidante que se quema rápidamente originando gases de combustión a altas presiones, y una resina epóxica, este no se considera como

explosivo, pues actúa en el momento en que las condiciones de presión, temperatura, y confinamiento generan una deflagración (Salazar, 2013).

La función principal de los propelentes es la de remover el daño causado en la cara del pozo por el cañoneo, los restos que quedan al impactar la roca reservorio reducen significativamente la capacidad de producción, la permeabilidad efectiva se puede ver reducida cerca del 75% alrededor del túnel de perforación (Carrera & Carvajal, 2017).

El propelente se activa en el momento en que se realizan los punzados, sin embargo, la velocidad de reacción es más lenta que la detonación de las cargas es así, que los perforados se generan antes de que se produzca el gas. Luego, el gas a alta presión que se genera ingresa por los orificios generados por el disparo, creando microfracturas, las cuales mejoran la comunicación entre el pozo y la formación productora (Acaro & Leon, 2015).

Ventajas del cañoneo con propelente

- Debido a que no trituran la roca, sino que su única función es fragmentar la roca, no requiere limpieza por lo cual la producción es inmediata.
- No hay pérdidas de energía.
- Comunica fracturas naturales por lo cual genera una mayor longitud de penetración.
- Puede ser usado en pozos cañoneados.
- No genera una zona de compactación.
- Remueve el daño de formación creado por operaciones anteriores a la de cañoneo.
- Estimula yacimientos naturalmente fracturados
- Asegura el tratamiento en el intervalo de interés.

Desventajas del cañoneo con propelente

- Tiene restricciones de temperatura en fondo dependiendo del fabricante.
- Si se baja mediante wireline la velocidad es restringida por protección del sistema.
- Las condiciones del pozo influyen en la cantidad de propelente.
- Las fracturas tienden a cerrarse dado a que no hay material de soporte.

Tipo de composición del propelente

Se describen 3 tipos de composición al hablar de propelente sólidos:

- Una base: sus componentes principales son la nitrocelulosa y los explosivos, además de estos componentes, llevan estabilizadores y otros aditivos los cuales se encargan de mantener la reacción química de sus componentes y estabilizarla.
- Doble base: Este además de la nitrocelulosa contiene nitroglicerina, explosivos, estabilizadores y otros aditivos. La función principal de la nitroglicerina es disminuir el humo a la hora de la combustión y aumentar la energía de esta, son usados en cañones.
- Triple base: Conformados por nitroglicerina, nitrocelulosa y explosivos, pero estos son líquidos y de nitrato orgánico.

Capitulo IV

4 Interpretación de los Resultados

En el presente capítulo se ponen de manifiesto los datos procesados de los pozos del campo Sacha, que representan la muestra, es decir la información perteneciente a los sistemas de cañoneo por propelente y la técnica Easy Cut Perforating con el propósito de identificar la eficiencia de las técnicas.

4.1 Análisis e interpretación de datos

El proceso del siguiente estudio técnico se enfoca en dos fases, en la primera etapa se realiza la recopilación de información general de los pozos a estudiarse y la segunda fase constituye el procesamiento de los datos que fueron obtenidos por medio de las fuentes bibliográficas y documentales como internet y los buscadores científicos google académico y Scielo.

4.1.1 Evaluación de la eficiencia del uso de propelente o la técnica Easy Cut Perforating

Para la valoración de los pozos elegidos y con el fin de tabular los datos, se toma en consideración la arena de la cual producen, el daño a la formación, la producción final promedio y los datos del cañoneo.

Para que los resultados sean homogéneos y comparables, se trabajará con los datos de una sola arena, por este motivo es necesario identificar los reservorios hidrocarbúferos del campo Sacha.

Datos de Los pozos antes del Cañoneo usando Propelente

Tabla 5: Pozos cañoneados antes del uso de Propelente.

Pozo	Intervalos (ft)	h (ft)	Densidad (dpp)	Penetración del disparo (pulg)	Diámetro del disparo (pulg)	Pwf (psi)	Pr (psi)	Pb (psi)	BFPD	BSW	IP	K	Skin
SACHA 380 V	9310 – 9340	30	6	6,18	0,43	1975	4200	895	323,07	23	0,14	73	1,34
SACHA 381 D	8570 – 8584	14	6	5,76	0,39	1990	4185	870	299,76	37	0,13	227	1,56

Elaborado por: Galo Nivelá.

Fuente: Petroecuador.

En la tabla anterior, se puede observar los datos de los dos pozos antes de que se aplique la técnica del cañoneo con propelente, que son el pozo Sacha 380 V y el pozo Sacha 381 D, en el cual se puede observar la información de cada pozo, como es la producción diaria de cada pozo, la penetración del disparo y su diámetro.

Información general del pozo Sacha 380V

El pozo Sacha 380V fue cañoneado con la técnica de cañoneo con propelente. Se utilizaron cañones de 4-1/2 pulgada de diámetro y carga PJN 4505 a una densidad de disparo de 6TPP. Los intervalos cañoneados fueron a una profundidad de 9310 – 9340 ft.

Información general del pozo Sacha 381D

El pozo, Sacha 381D fue cañoneado con la técnica de cañoneo con propelente. Se utilizaron cañones de 4-1/2 pulgada de diámetro con carga PJN 4512 a una densidad de disparo de 7TPP. Los intervalos cañoneados fueron a una profundidad de 8570 – 8584 ft.

Datos de los pozos después del cañoneo aplicando propelente

Tabla 6: Comparación de los pozos luego de aplicar la técnica de Cañoneo por Propelente.

Pozo	Intervalos	h (ft)	Densidad (dpp)	Penetración del disparo (pulg)	Diámetro del disparo (pulg)	BFPD (antes)	BSW (antes)	SKIN (antes)	Pwf (psi)	Pr (psi)	Pb (psi)	BFPD (Después)	IP (después)	K (después)	BSW (Después)	SKIN (Después)	Incremento de la producción
SACHA 380 V	9310 – 9340	30	6	7,58	0,57	323,07	23	1,34	1975	4200	895	341,16	0,16	83	30	0,29	5%
SACHA 381 D	8570 – 8584	14	6	6,86	0,48	299,76	37	1,56	1990	4185	870	319,11	0,15	267	41	0,4	6%

Elaborado por: Galo Nivelá.

Fuente: Petroecuador.

Una vez que se ha aplicado la técnica del cañoneo por propelente en los pozos 380V y 381D, se pudo notar un incremento de la producción en el 5% y 6% respectivamente, por ende, se nota un ligero incremento en el índice de productividad de cada pozo, mejorando de esta manera su productividad, lo que incide en la decisión de cuál de las técnicas estudiadas, es la más adecuada para ser aplicada.

En la tabla 6 se presenta un resumen de la información más relevante para fin del análisis de los pozos cañoneados con la técnica Easy Cut Perforating.

A continuación, se procederá a analizar los pozos 382V y 383D aplicando la técnica Easy Cut Perforating en el campo Sacha.

Datos de pozos antes de aplicar la técnica Easy Cut Perforating

En la tabla siguiente, se puede observar los datos de los dos pozos antes de que se aplique la técnica Easy Cut Perforating, que son el pozo Sacha 382 D y el pozo Sacha 383 V, en el cual se puede observar la información de cada pozo.

Tabla 7: Pozos cañoneados antes de aplicar la técnica Easy Cut Perforating.

Pozo	Intervalos (ft)	h (ft)	Densidad (dpp)	Penetración del disparo (pulg)	Diámetro del disparo (pulg)	Pwf (psi)	Pr (psi)	Pb (psi)	BFPD	BSW	IP	K	Skin
SACHA 382 D	10124 – 10156	32	7	6,43	0,3	2049	4700	790	1340	81	0,50	301	1,9
SACHA 383 V	10211 – 10245	34	7	5,78	0,23	2003	4450	767	1510	72	0,61	311	1,78

Elaborado por: Galo Nivelá.

Fuente: Petroecuador.

Información general del pozo 382V

El pozo Sacha 382V fue cañoneado con la técnica Easy Cut Perforating. Se utilizaron cañones de 4-1/2 pulgada de diámetro con carga PJN 4505 a una densidad de disparo de 7TPP. Los intervalos cañoneados fueron a una profundidad de 10124 – 10156 ft.

Información general del pozo 383D

El pozo Sacha 383D fue cañoneado con la técnica Easy Cut Perforating. Se utilizaron cañones de 4-1/2 pulgada de diámetro con carga PJN 4505 a una densidad de disparo de 7TPP. Los intervalos cañoneados fueron a una profundidad de 10211 – 10245 ft.

Datos del antes y después de la aplicación de la técnica Easy Cut Perforating

Tabla 8: Comparación de los pozos luego de aplicar la técnica Easy Cut Perforating.

Pozo	Intervalos	h (ft)	Densidad (dpp)	Penetración del disparo (pulg)	Diámetro del disparo (pulg)	BFPD (antes)	BSW (antes)	SKIN (antes)	Pwf (psi)	Pr (psi)	Pb (psi)	BFPD (Después)	IP (después)	K (después)	BSW (Después)	SKIN (Después)	Incremento de la producción
SACHA 382 D	10124 - 10156	32	7	13	0,5	1340	81	1,9	2049	4700	790	1520	0,71	314	89	-2	13%
SACHA 383 V	10211 - 10245	34	7	12	0,45	1510	72	1,78	2003	4450	767	1700	0,76	317	76	-1,9	14%

Elaborado por: Galo Nivelá.

Fuente: Petroecuador.

Se puede observar en la siguiente tabla que tras la aplicación de la técnica del Easy Cut Perforating en los pozos de estudio, la producción de cada uno aumento entre un 13% y 14% respectivamente, lo cual indica un aumento del índice de productividad de cada pozo, el cual fue mayor y más notable en comparación a los pozos en los que se utilizó cañoneo con propelente, además de eso se puede observar que el factor de daño de cada pozo disminuyo, cuya disminución fue mayor que la que se pudo observar en los pozos cañoneados con propelente.

Dados los resultados presentados anteriormente en las tablas adjuntadas se puede notar que la técnica Easy Cut Perforating muestra mejores resultados que el cañoneo usando propelente, empezando desde que se tuvo un mayor incremento de la productividad de los pozos, como consecuencia generando un aumento del índice de productividad, además de eso se pudo notar que una mayor disminución del factor de daño se obtuvo mediante la aplicación de esta técnica.

Todos estos parámetros fueron considerados para realizar la respectiva comparación entre las técnicas de cañoneo de estudio y se pudo notar que los mejores resultados que se obtuvieron en base a los parámetros analizados se consiguieron con la técnica de cañoneo Easy Cut Perforating, por lo cual se determinó que esta técnica de cañoneo más resultó ser más eficiente para aplicar en estos pozos y en posibles trabajos de cañoneo futuros a realizarse dentro del campo.

CONCLUSIONES

- La tecnología que resultó ser más eficiente en los pozos, fue la Easy Cut Perforating, debido a que generó un aumento mayor en la productividad del pozo, en comparación con la técnica de cañoneo con propelente.
- La mayor profundidad de los disparos de la tecnología Easy Cut Perforating hace que la misma atraviese con mayor facilidad la zona de daño, generando una mayor área de flujo, en los pozos donde ha sido aplicada.
- La mayor ventaja de la técnica de Easy Cut Perforating es que sus disparos resultan en un proceso de punzado más profundo y limpio, lo cual disminuye el factor de daño causado en el pozo, en comparación con la técnica de cañoneo con propelente.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar equipos de buena calidad y resistencia, que cumplan con todos los parámetros establecidos para su óptimo funcionamiento.
- Se recomienda utilizar estudios más a fondo que permitan comprobar que la tecnología Easy Cut Perforating resulta la más adecuada en este campo de acuerdo con las características presentadas por los pozos petroleros.
- Capacitar al personal acerca de la técnica Easy Cut Perforating y sus respectivos beneficios que se tiene al aplicar esta técnica de cañoneo.

BIBLIOGRAFÍAS

- Acaro, A., & Leon, J. Estudio técnico-económico de las tecnologías de cañoneo implementadas en el complejo yanaquincha para una futura aplicación. (*Proyecto previo a la obtención del título de Ingeniero en Petróleos*). Escuela Politécnica Nacional, Quito.
- Almeida, J. Análisis del proceso de cañoneo a chorro en el pozo coca-k44 - bloque 7, mediante la utilización de hydrajet perforating technology para optimizar la producción de crudo. (*Trabajo previo a la obtención del título de Ingeniero de Petróleos*). Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito.
- Arrieta, M. (Mayo de 2010). Daño de Formación y Cañoneo. Obtenido de <https://profesormario.files.wordpress.com/2010/05/dac3b1o-de-formacion-y-cac3b1oneo.pdf>
- Benavides, C. Estudio técnico-económico de la utilización de los diferentes sistemas de cañoneo a las arenas "U" y "T" en el área cuyabeno. (*Proyecto previo a la obtención del título de Ingeniero en Petróleos*). Escuela Politécnica Nacional, Quito.
- Carrera, D., & Carvajal, S. Evaluación técnico-financiera del uso de un propelente para el mejoramiento de las operaciones de cañoneo en dos pozos del bloque piedemonte. (*Proyecto Integral de Grado para optar al título de Ingeniero de Petróleos*). Fundación Universidad de América, Bogotá.
- Castillo, M., & Lañón, J. Aplicación de la tecnología de propelentes en cañoneo para incrementar la producción, en los pozos seleccionados del campo dragón. (*Trabajo de grado para optar el Título de Ingeniero en Petróleos*). Universidad Central del Ecuador, Quito.
- Chávez, P. Estudio técnico económico de la aplicación del cañoneo tipo ancla en pozos del campo sachá en la amazonía ecuatoriana. (*Trabajo previo a la obtención del título de Ingeniero de Petróleos*). Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito.
- Cortez Palma, A., & Cunalata Villeta, L. (2020). Estudio para evaluar procesos de cañoneo utilizando cargas reactivas para minimizar la zona afectada en pozos en el Campo Armadillo. Obtenido de

<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/21110/1/T-UCE-0012-FIG-204.pdf>

- Cruz, E., & Tamayo, N. Fluido abrasivo: alternativa de disparos para incrementar la productividad en pozos de petróleo. Campo coca – oriente ecuatoriano. (*Trabajo revio a la obtención del título de Ingenieros en Petróleos*). Escuela Politécnica Nacional, Quito.
- Díaz, J., & Sánchez, C. Análisis técnico-económico el uso de las diferentes técnicas de cañoneo en los campos operados por petroproducción. (*Tesis de grado previo a la obtención del título de Ingeniero en Petróleo*). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil.
- Farid, J. *Importance of perforation process and its techniques*. Dalhousie University, Halifax.
- Guayasamin, L. Evaluar la eficiencia del uso de propelente en el cañoneo y fluido abrasivo como técnicas aplicadas en los pozos del bloque 7. (*Estudio técnico presentado como requisito para optar por el título de Ingeniero de Petróleos*). Universidad Central del Ecuador, Quito.
- Halliburton. (30 de Mayo de 2013). Combinación de Sobre balance y Bajo balance Dinámicos a Través de Cañoneo Convencional en un Dinámicos a Través de Cañoneo Convencional en un pozo de la Cuenca Oriente de Ecuador. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/285380012/Combinacion-de-Bajo-y-Sobre-Balance>
- Hernández Sampieri, R. (2014). Metodología de la Investigación. México: Mc Graw Hill Education.
- Leiva, J., & Peñuela, G. Evaluación técnico-financiera de la selección del método de conectividad pozo-yacimiento, para la nueva campaña de perforación 2018 de un campo ubicado en la cuenca de los llanos orientales mediante análisis nodal. (*Proyecto Integral de Grado para optar al título de Ingeniero de Petróleos*). Fundación Universidad de América, Bogotá.
- Pozo, S. Factibilidad de aplicación de nuevas tecnologías de cañoneo en pozos petroleros del área cuyabeno, para incrementar la producción. (*Proyecto previo a la obtención del título de Ingeniero en Petróleos*). Escuela Politécnica Nacional, Quito.

- Ríos, E., Perozo, A., & Gonzalez, G. (1997). Completación y Reacondicionamiento de Pozos. Maracaibo: Segunda Versión.
- Salazar, E. Estudio técnico-económico de la aplicación de diferentes técnicas de cañoneo para incrementar la producción en el campo Sacha. (*Proyecto previo a la obtención del título de Ingeniero en Petróleos*). Escuela Politécnica Nacional, Quito.
- Silva, X. Análisis de la técnica de cañoneo "easy cut perforating", para mejorar la productividad del pozo coca 046 ubicado en el campo coca del oriente ecuatoriano. (*Trabajo previo a la obtención del título de Ingeniero de Petróleos*). Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito.
- Simancas, F. Manual teórico-práctico de ingeniería de completación y rehabilitación de pozos escuela de petróleo de la u.c.v. *Trabajo especial de grado para optar al título de Ingeniero de Petróleo*. Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- Sobrevilla, N. Estudio actualizado de cañoneo en un pozo petrolero para optimizar la producción y evitar el daño en la formación. (*Tesis previa la obtención del título de tecnóloga de Petróleos*). Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito.