ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

Diseño del Pozo ESG-2 y Selección de Taladro

Márquez Ramírez Carlos Alberto[1], Sarabia Llerena Byron Yamil [2]; Ing. Rodríguez Rafael U.[3]
Facultad de Ingenierías en Ciencias de la Tierra
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil, Ecuador
cmarquez@espol.edu.ec[1], bsarabia@espol.edu.ec[2]; rafael.rodriguez@andespetro.com[3]

Resumen

El objetivo del siguiente trabajo es desarrollar la planificación para la perforación de un pozo direccional sobre la base de la información y datos obtenidos de los pozos ESG-5, ESG-6, ESG-7 y ESG-10H. La planificación se inicia luego de los resultados provenientes de la elaboración de un Stick Chart y un Pad Layout ESG, mediante los cuales se determina la ubicación donde la perforación podría realizarse.

La importancia de este proyecto, es tener conocimiento de todos los procedimientos técnicos, que están inmersos e inciden en una planificación de pozos direccionales.

Como metodología, se suministrará toda la información proveniente de los pozos aledaños, para determinar en primera instancia, un pronóstico de perforación y los posibles problemas potenciales que puedan presentarse en la misma, así como su prevención y posibles soluciones, procedimientos de perforación recomendables, entre otras se logre obtener un paquete de información suficiente para elaborar un plan de desarrollo del pozo.

En segunda instancia, se comenzará a elaborar la planificación de la perforación abarcando temas como: diseño de la tubería de revestimiento, perforación direccional, fluidos de perforación, cementación, cálculos de la hidráulica, estimaciones de costos, y selección del taladro.

Palabras Claves: *BHA, MWD, Stick Chart, Pad Layout, Pozo direccional, Norma API, Cálculos hidráulicos, Estimación de costos y tiempo.*

Abstract

The objective of the following work is to develop the planning for the directional drilling of a well on the basis of information and data obtained from wells ESG-5, 6-ESG, ESG and ESG-7-10H. The planning began after the results from the development of a Stick Chart and a Pad Layout ESG, which is determined by the location where the drilling would take place.

The importance of this project is to be aware of all the technical procedures that are involved in planning of directional wells.

As a methodology, it will provide all the information from nearby wells to determine at first instance, a forecast of drilling and potential problems that may arise in it, as well as their prevention and possible solutions, recommended drilling procedures, among others in order to manage to get a packet of enough information to prepare a development plan of the well.

In the second instance, it will begin to develop the planning of drilling with topics such as: design of the casing, directional drilling, drilling fluids, cementing, hydraulic calculations, cost estimates, and selection of the rig.

Key words: *BHA, MWD, Stick Chart, Pad Layout, Directional Well, API norm, Hydraulic calculus, Cost-time estimation.*

1. Introducción

El presente trabajo trata del "Diseño del pozo ESG-1 y selección de Taladro" el cual consistió en realizar un Stick Chart con la información que se posee de cuatro pozos aledaños, analizarlo para la prevención de posibles problemas potenciales a la hora de realizar la perforación del pozo.
Para ello se utilizaron datos de brocas, tuberías de revestimientos, reología de lodos y ensamblajes de fondos utilizados.
Después del análisis de la información encontrada y la identificación de los principales problemas operacionales el estudio finaliza con la elaboración de un plan de perforación con su respectivo procedimiento.
Para la selección del taladro, una vez analizada y ordenada la información se lleno el formato A.P.I. #D-10 A (Drilling Plan Analysis D.P.A.) por medio del cual se concluye si el taladra disponible cumple con los requerimientos para una operación segura.

2. Tecnología De La Perforación Rotaria

La introducción de la tecnología rotativa direccional eliminó varias de las desventajas de los métodos de perforación direccional previos. Debido a que un sistema rotativo direccional perfora direccionalmente con rotación continua desde la superficie, no existe la necesidad de deslizar la herramienta, a diferencia de las perforaciones realizadas con motores direccionales. La rotación continua transfiere el peso a la broca en forma más eficaz, lo que aumenta la velocidad de penetración. Los sistemas rotativos direccionales de avanzada han sido concebidos para mejorar la circulación de los fluidos y la eliminación de los recortes. A su vez, la eliminación eficaz de los recortes reduce la posibilidad de que el arreglo de fondo de pozo (BHA, por sus siglas en inglés) se atasque o se obture.

La perforación direccional con un motor direccional se logra en dos modos: rotación y deslizamiento. En el modo de rotación, la totalidad de la sarta de perforación rota, como ocurre en la perforación rotativa convencional y tiende a perforar hacia adelante.

Para iniciar un cambio en la dirección del hoyo, la rotación de la columna de perforación es detenida en una posición tal, que la sección curva del motor se encuentre ubicada en la dirección de la nueva trayectoria deseada. Este modo de deslizamiento se refiere al hecho de que la porción de la sarta de perforación que no realiza un movimiento rotativo, se desliza por detrás del conjunto direccional.

Quizás el mayor problema que se presenta en la perforación por deslizamiento convencional sea la tendencia de la columna no rotativa a sufrir aprisionamientos. Durante los períodos de perforación por deslizamiento, la tubería de perforación se apoya sobre el lado inferior del hoyo, lo cual produce velocidades de fluido alrededor de las tuberías desparejas. Por otra parte, la falta de rotación de la tubería disminuye la capacidad del fluido de perforación de remover los recortes, afectando la limpieza del hoyo, la tortuosidad del hueco, el diseño de los BHA´s.

La perforación en el modo de deslizamiento disminuye la potencia disponible para hacer mover la broca, lo cual, sumado a la fricción de deslizamiento, reduce la tasa de penetración (ROP, por sus siglas en Inglés).

Finalmente, en proyectos de perforación de gran alcance, las fuerzas de fricción durante el deslizamiento se acumulan hasta tal punto que el peso axial resulta insuficiente para hacer frente al arrastre de la tubería de perforación contra el hoyo, haciendo imposible continuar la perforación.

2.1. Componentes del taladro

CORONA (Crown)
Es un ensamblaje de poleas montado sobre vigas en el tope del taladro. El cable de perforación es corrido sobre las poleas hasta el tambor de levantamiento (parte del malacate)

CATLINE Boom & Hoist Line
Estructura metálica erigida cerca del tope del taladro, usada para levantar material

Cable de Perforación (Drilling Line)
Es un cable grueso de acero, organizado en un tambor o carretel que recorre la corona y el bloque viajero.

Bloque Viajero (Travelling Block)
Es un arreglo de poleas a través del cual el cable de perforación es manejado y sube o baja en la torre.

Top Drive
El top drive rota la sarta de perforación y la broca sin usar la mesa rotaria. Es operado desde una consola de control en el piso del taladro (rig floor)

Torre ó Mástil (Mast)
Es una estructura portátil, con la capacidad de ser erigida ó izada como una unidad a la posición de trabajo.

Tubería de Perforación (Drill Pipe)
Son tubos de alto peso usados para rotar la broca y circular el fluido de perforación. Por lo general son juntas de 30 pies que permiten acoplarse entre ellas y con las herramientas necesarias para perforar.

Casa del Perro (Dog House)
Es un pequeño cuarto ubicado en el piso del taladro, usado cómo oficina del perforador y cómo almacén para herramientas pequeñas

Preventora Anular (Blowout Preventer)
Es una válvula de gran tamaño, instalada sobre la cabeza del pozo y sobre las preventoras de ariete, que forma un sello en el espacio anular entre la tubería y la pared del pozo ó en caso de no haber tubería presente, sella el pozo.

Tanque de Agua (Water Tank)
Usado para almacenar agua que es utilizada en la mezcla del fluido de perforación, de cemento y para la limpieza del taladro.

Bandeja de Cableado (Electric Cable Tray)
Soporta el peso de los cables eléctricos que alimentan el poder desde el panel de control a los motores del taladro y el equipo adicional.

Generadores (Engine Generators Sets)
La energía para el taladro es producida por motores que trabajan con diesel, gas ó gasolina, así cómo con un sistema mecánico de transmisión y generadores. La mayoría de taladros actuales usan generadores eléctricos que dan potencia a motores eléctricos en otras partes del equipo.

2.2 Características del Taladro

El taladro que poseemos posee las siguientes características, dicha información es obtenida de la oficina de Perforación de Andes Petroleum

Tabla 1. Características del taladro

CARACTERISTICAS DEL ZJ70DB		
PROFUNDIDAD	15000	FTS
CAPACIDAD CABRIA	1000	Mlbs
POTENCIA DEL MALACATE	2000	HP
POTENCIA DE LAS BOMBAS	1600	HP
CAPACIDAD DE TANQUES	1989	BBLS
MULTIPLE DE ESTRANGULADORES	JG35 / 5000	PSI

3. Desarrollo de la Correlación de Pozos del Campo ESG

Para la correlación de pozos se utilizará la información de cuatro pozos aledaños (ESG-5, ESG-6, ESG-7, ESG- 10H) con el objetivo de realizar una correlación para la selección de brocas, propiedades reológica de lodos, tubería de revestimiento y BHA a utilizar en cada sección de nuestro nuevo pozo (ESG-1), así mismo se analizaran los problemas suscitados en cada uno de ellos por formación atravesada y poder planificar una mejor selección de herramientas.

La información de los cuatros pozos será procesada elaborando un "STICK CHART", el cual servirá de referencia para la elaboración de diseños de nuevos pozos a perforar en sus cercanías.

3.1 Información de las brocas.

En todo plan de perforación tenemos el uso de las brocas, sean de PDC o Tricónicas. Dichas brocas tienen características que diagnostican su estado al momento de entrar y salir.

3.2 Información de los ensamblajes de fondo (BHA).

Cada broca, para poder realizar un hueco a través de la tierra, necesita de un ensamblaje de fondo que le otorgue tanto peso como soporte direccional.

3.3 Información de las tuberías de revestimiento.

Luego de perforar con ayuda de los BHA, se debe revestir el hueco del pozo para proteger el trabajo realizado en cada sección. Dichas tuberías de revestimiento ofrecen varios grados y resistencias usadas ampliamente en los cuatro pozos correlacionados.

3.4 Información de los parámetros de los lodos utilizados en la perforación.

En los programas de perforación debemos usar un fluido que otorgue una presión hidrostática lo suficientemente representativo para proteger la formación, la broca de perforación y la sarta de perforación. Dicho lodo de perforación posee parámetros reológicos como su densidad, su peso, su viscosidad plástica, entre otros.

3.6. Información de los problemas en las perforaciones.

En todo programa de perforación siempre se presentan problemas. Dichos problemas son registrados por pozo y por formación para correlacionar y generar futuros BHA y programas de lodos que faciliten la futura planeación de pozos vecinos a perforar.

4. Diseño del pozo ESG-1

Aquí se explicaran todos los cálculos realizados para la elaboración del diseño de la perforación del pozo ESG-1, según las coordenadas de superficie y del target dadas por el departamento de geología en la prognosis.

Primero se realizara la selección del cellar, elaboración del diseño del perfil del pozo, el numero de sarta de revestimiento, selección de el BHA de acuerdo al perfil pozos, estimación de los parámetros reológicas del lodo de perforación, cálculo de la hidráulica, diseño de las lechadas del cemento y la estimación de costos y tiempos. Todos estos cálculos serán basados en la correlación de pozos realizada atreves del STICK CHART elaborado en el capítulo II

4.1. Información para el plan direccional del pozo.

Para generar nuestro diseño direccional del pozo ESG-1, se contó con la siguiente información:

- Coordenadas de Superficie, objetivo y fondo del pozo (coordenadas UTM)
- Datos de la elevación de la mesa rotaria, elevación del nivel del suelo, profundidad total.
- Disposición geométrica de los cellars disponibles a usar.
- Dirección de los pozos perforados adyacentes al futuro ESG-1.

Tabla 2. Plan Direccional del ESG-1

PLAN DIRECCIONAL DEL ESG-1		
Profundidad del objetivo (pies debajo del mar)	9695	
Elevación sobre nivel del suelo (pies)	926,81	
Altura de la mesa rotaria (pies)	36,5	
Coordenadas de Superficie	9918343,7397 m N	303218,9074 m E
Coordenadas de Objetivo	9918642 m N	301153 m E
Profundidad del objetivo	9000 pies debajo del nivel del mar	
Formación	Arenisca Napo-U Inferior	
Edad	Cretácica	
Característica Litológica de la formación	Arenisca, de granulación fina a media, de porosidad aceptable. Intercalado con arcilla oscura.	
Presión y temperatura anticipada	3000 a 3100 PSI y 205 Deg F	
Hidrocarburo esperado	Crudo Napo de 19 ° API	

4.2. Selección del cellar de perforación.

Con los datos proporcionados por la prognosis realizamos los cálculos con las coordenadas de superficies y de nuestra arena productora, mediante los cuales obtenemos los siguientes resultados mostrados en las a continuación.

En el apéndice se mostraran las formulas utilizadas para estos cálculos.

Tabla 3. Coordenadas y Geometría del Pozo ESG-1

Coordenadas de superficie, m	9918343,7397 mN	303218,9074 mE
Coordenadas del objetivo, m	9918642 mN	301153 mE
Coordenadas parciales, m	298,26	-2065,90
Desplazamiento vertical, ft =	6848,18	
Azimuth	278	

4.3 Diseño del perfil direccional del pozo ESG-1

Para la elaborar el perfil j del pozo se utilizaran las formulas desarrolladas en el curso de perforación direccional, obteniendo así los siguientes resultados.

Tabla 4. Cálculo Direccional Del Pozo Esg-1

KOP (ft) =	500,00
Target depth, TVD (ft) =	10658,55
Departure (ft) =	6848,18
BUR (º/100ft) =	3,00

Curvature radius (ft) =	1909,86
Line D2 (ft) =	6848,18
Line DC (ft) =	4938,32
V3 (ft) =	10658,55
V1 (ft) =	500,00
Line DO (ft) =	10158,55
Angle DOC (º) =	25,93
Line OC (ft) =	11295,27
Angle BOC (º) =	80,27
Angle BOD (º) =	54,34
Maximun angle (º) =	35,66
EOB TVD (ft) =	1613,40
EOB MD (ft) =	1688,67
EOB displacement (ft) =D1=	358,12
TD MD al objetivo (ft) =	12821,31

La selección del KOP y del BUR fue basado en buscar una mejor curvatura para el diseño del nuevo pozo.

Una vez obtenidos estos resultados podemos elaborar el survey del pozo que nos permitirá realizar la grafica del perfil del pozo por medio de una tabla de Excel.

A continuación mostraremos el perfil J del pozo ESG-1 en la figura 2.

4.4 Brocas a utilizar en el pozo ESG-1

La broca de perforación es una herramienta especial que se enfrenta a la formación y la degrada o despedaza a medida que está rota, y de esta manera construye un hoyo, la broca se conecta en el extremo inferior de la sarta de perforación por medio de una unión a los Drill Collars, los cuales ejercen peso sobre ella para realizar la perforación.

La selección de las bracas a utilizar en el nuevo pozo se lo hace a través de la información de los 4 pozos aledaños tomando las de mejor rendimiento y una buena tasa de perforación.

4.5 Propiedades reológicas de los fluidos de perforación

Las propiedades físicas de un fluido de perforación, la densidad y las propiedades reológicas son monitoreadas para facilitar la optimización del proceso de perforación. Estas propiedades físicas contribuyen a varios aspectos importantes para la perforación exitosa de un pozo.

4.6 Selección de tubería de revestimiento

Para la selección de las tuberías de revestimientos debemos tomar en cuenta el perfil del pozo junto con la profundidad y el desplazamiento alcanzado.

Para elegir las tubería de revestimiento apropiadas para cada sección se tuvo que hacer el cálculo de las máximas presiones hidrostáticas que se puede llegar a tener en el pozo, y con las mismas se realizo la selección de una lista de tuberías con sus respectivos librajes, grado, presión de colapso, presión de estallido y su respectivo drift.

4.7 Diseño de los ensamblajes a utilizar en el pozo ESG-1

Uno de los objetivos de este trabajo se enfoca en la recomendación del ensamblaje de fondo a utilizar durante la perforación de pozos tipo ¨S¨, ¨J corto alcance¨ y ¨J largo alcance¨, basados en la comparación técnica entre los ensamblajes con motor de fondo.

Todos ensamblajes pueden perforar cualquier tipo de perfil y cualquier sección del hoyo, pero la selección del mismo depende de factores de costos. Hay que recalcar que el ensamblaje de fondo solo ayuda a mejorar la tasa de perforación y la calidad del hoyo, no influye directamente; estos parámetros dependen directamente de la broca y del fluido de perforación respectivamente.

A continuación los BHA's utilizados:

Tabla 5. Ensamblajes de fondo.

DESCRIPCION DEL BHA SECCION 1			
	OD	**ID**	**LENGTH**
HWDP	5	3	515,8
JARS	6,5	2,88	32,55
HWDP	5	3	91
CROSSOVER	7,75	2,88	3,65
DC	8	3	60,01
MWD	8,25	5,9	28,23
STABILIZER	8,31	2,75	7,56
PDM	9,625	N/A	30
BIT PDC	16	N/A	1
DESCRIPCION DEL BHA SECCION 2			
	OD	**ID**	**LENGTH**
HWDP	5	3	515,8
JARS	6,5	2,88	32,55
HWDP	5	3	91
CROSSOVER	7,75	2,88	3,65
DC	8	3	60,01
MWD	8,25	5,9	28,23
STABILIZER	8,31	2,75	7,56
PDM	9,625	N/A	30
BIT PDC	12,25	N/A	1
DESCRIPCION DEL BHA SECCION 3			
	OD	**ID**	**LENGTH**
HWDP	5	3	510,98
JARS	6,5	2,88	32,55
HWDP	5	3	90,63
Spiral Drill Collar	6,5	2,88	60,74
CROSSOVER	6,75	2,87	3,68
MWD	6,32	3,38	28,16
STABILIZER	6,62	2,81	5,88
PDM	6,69	N/A	30
BIT PDC	8,5	N/A	1

4.8 Cálculo de las hidráulicas del pozo ESG-1

La complejidad de las ecuaciones es tal que un ingeniero competente puede utilizar un sencillo programa de hoja de cálculo para llevar a cabo los análisis de la hidráulica de un pozo.

El objetivo de elaborar la hidráulica es proporcionar una comprensión básica y de orientación sobre la reología de fluidos de perforación y el sistema hidráulico, y su aplicación a las operaciones de perforación.

Tabla 6. Resultado Hidráulico Del Pozo ESG-2

PARA SECCION 1, GPM: 900 Bls	
Perdida de presión en conexiones, psi	*82,781*
Perdida de presión en sarta y bha, psi	*2049,64*
Perdida de presión en anular, psi	*27,982*
Perdida de presión total en el sistema, psi	***2160,404***
PARA SECCION 2, GPM: 700 Bls	
Perdida de presión en conexiones, psi	*119,585*
Perdida de presión en sarta y bha, psi	*2799,26*
Perdida de presión en anular, psi	*214,151*
Perdida de presión total en el sistema, psi	***3132,996***
PARA SECCION 3, GPM: 450 Bls	
Perdida de presión en conexiones, psi	*60,749*
Perdida de presión en sarta y bha, psi	*2108,205*
Perdida de presión en anular, psi	*396,953*
Perdida de presión total en el sistema, psi	***2565,907***

4.9 Diseño de las lechadas para la cementación

La cementación es un proceso que consiste en mezclar cemento seco y ciertos aditivos con agua, para formar una lechada que es bombeada al pozo a través de la sarta de revestimiento y colocarlo en el espacio anular entre el hoyo y el diámetro externo del revestidor.
Realizando los cálculos para la seleccionar la cantidad de cemento a bombearse para realizar la cementación se obtuvieron los siguientes resultados para cada sección mostrados en las siguientes tablas.

Tabla 7. Resultado de las lechadas de cemento del pozo ESG-1

Descripción	Tipos	Volumen (Bbls)
PRIMERA SECCION (SUPERFICIE)	**Tail**	51
	Lead	275
SEGUNDA SECCION (INTERMEDIA)	**Tail**	57
	Lead	127
TERCERA SECCION (PRODUCCION)	**Tail**	35
	Lead	129

Cabe destacar que prácticas de campo recomienda usar a 50 barriles para la sección intermedia y de producción en el cemento "tail" cuando el cálculo arroja resultados menores.

4.7 Estimación de Costos y Tiempos.

Para el cálculo del tiempo estimado se consideran los siguientes puntos:

- Rop, determinados del stick chart.
- Viajes de limpieza cortos y largos.
- Traslado del taladro.
- Cementación y corrida del revestimiento.
- Registros del pozo.
- Cellars construidos en sitio.

Con respecto a los viajes de limpieza debemos indicar que los viajes cortos se realizan cada cuatro horas seguidas de incrementos de 2 horas para los viajes posteriores, mientras que los viajes largos duran 8 horas con incrementos de 4 horas para los viajes posteriores. Dichos viajes van alternadamente (uno corto seguido de un largo) y solo en la sección superficial se empieza con un viaje largo mientras que en las otras secciones los primeros viajes largos duran 6 horas. A continuación mostramos el tiempo que se estimo para la perforación del pozo ESG-1.

Tabla 8. Estimado del tiempo de perforación

OPERACIÓN	DIAS ACUMULADOS
SKID	0.25
PERFORA 1º SECCION	2,51
BAJAR CSG Y CEMENTAR 1º SECCION	4,01
BAJAR ENSAMBLAJE	4,3
PERFORA 2º SECCION	12,66
BAJAR CSG Y CEMENTAR 2º SECCION	14,16
BAJAR ENSAMBLAJE	14,45
PERFORA 3º SECCION	21,33
REGISTROS	21,96
BAJAR LINER Y CEMENTAR 3º SECCION	**24,14**

Esta estimación se puede apreciar con mayor claridad en la figura 4.

En relación a los costos, presentamos un estimado de los rubros que más gastos generan en una perforación direccional.

Tabla 9. Estimado del costo de perforación.

Operación	Costo	%
Lodos	$ 153.856	5,17%
Sarta de Revestimiento	$ 762.520,50	25,64%
Control de sólidos	$ 192.319,65	6,47%
Colgador & Broca	$ 160.000,00	5,38%
Registros	$ 85.000,00	2,86%
Perforación Direccional	$ 392.088,00	13,19%
Taladro	$ 731.675,00	24,61%
Varios	$ 495.949,78	16,68%
Total	***$ 2.972.320,00***	***100,00%***

Como práctica de campo se recomienda un factor de seguridad del 10 por ciento para el presupuesto por motivos de contingencia.

5. Selección del Taladro.

Para la selección del taladro se llenara el formato A.P.I. # D-10A (Drilling plan analysis)
Utilizando todos los datos obtenidos en capitulo 3 y con la descripción del taladro de perforación detallado en el capítulo 1.
Una vez terminada de llenar el formato podremos concluir si el taladro descrito anteriormente cumple con los parámetros de operacionales adecuados para realizar la perforación del pozo ESG-1, caso contrario, elegir un taladro apto para su perforación.

Tabla 10. Necesidades calculadas.

NECESIDADES DE TALADRO	
PROFUNDIDAD (pies)	12821,31
Capacidad cabria (Mlbs)	561
Potencia del malacate (hp)	1200
Potencia de las bombas (hp)	1600
Capacidad de tanques (bbls)	1662
Múltiple de Estranguladores (psi)	JG35 / 3000

En la figura 5 mostramos la clasificación de taladros, de la cual vamos a escoger la que más se aproxime a nuestras necesidades calculadas.
Una vez obtenido los resultados mostrados en la tabla 10 decimos que nuestro pozo ESG-02 puede ser construido sin mayores problemas y que debido a sus valores entra en la clasificación D de taladros "rig land" para perforación en tierra.

6. Conclusiones.

1. Para una mejor selección de herramientas es necesario la elaboración de un stick chart para poder correlacionar la información de los pozos vecinos a nuestro nuevo pozo y de esta manera reducir la presencia de posibles problemas operacionales.

2. Analizando la tabla de clasificación de taladros con los datos obtenidos del Formato A.P.I. # D-10 A (Drilling Plan Analysis D.P.A.) basados en la hidráulica, propiedades del fluido, etc., se puede concluir que el taladro es el adecuado para las operaciones de perforación del pozo ESG-1.

7. Recomendaciones.

1. Para pozos que tienen un alcance vertical mayor a los 2000 pies es recomendable que el perfil del pozo sea en J y además si su profundidad es mayor a los 10000 pies en MD es recomendable dividirlo en tres secciones.

2. Para la selección del perfil de nuestro nuevo pozo uno de los factores que nos permitían evitar colisiones y tener una curva suave en la construcción del ángulo son el KOP y el BUR.

3. Podemos recomendar que para el control de las pérdidas de presión a la hora de realizar el diseño de la hidráulica, el diámetro de las boquillas o nozzles deben ser tomados en cuanta debido a que estos están directamente relacionados con el HSI y por consiguiente se pueden producir cambios bruscos en la pérdida de presión.

4. Producto de los cálculos de la hidráulica podemos recomendar que el factor de limpieza (HSI) mas óptimo para la primera sección es de 2,6 y para la segunda y tercera sección es de 2,5 debido a que estos parámetros nos permitieron manejar las pérdidas de presiones permisibles debido a la capacidad de las bombas del taladro.

8. Bibliografía.

[1]. DOWNTON G., SKEI KLAUSEN T., HENDRICKS A., PAFITIS D.; "Nuevos Rumbos En La Perforación Rotativa Direccional", Oilfield Review, Verano 2000.

[2]. CASADIEGO LABORDE E., WEATHERFORD; Curso Básico de Perforación, 2008.

[3]. RHEOLOGY AND HYDRAULICS OF OIL-WELL DRILING FLUIDS, NORMA API RP 13D, Tercera Edición; Junio de 1995

[4]. PROCEDURE FOR SELECTING ROTARY DRILLING EQUIPMENT, NORMA API BULL D10, Primera Edición; Enero 1973.

[5]. CASING & TUBING DESIGN WORKBOOK, Production Department Training of Exxon Co. USA

Figura 1. Spider del campo ESG “D”

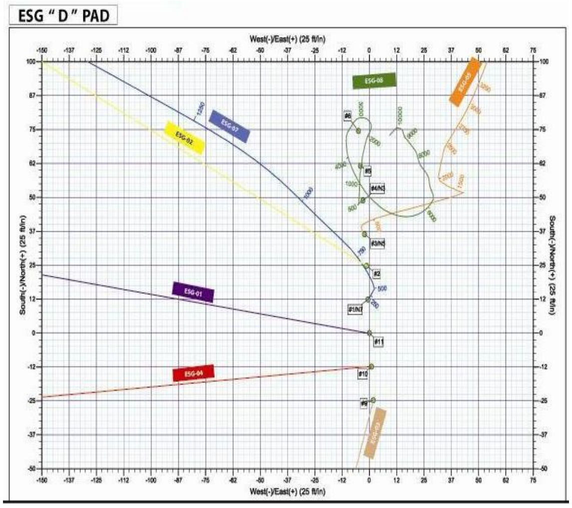

Figura 2. Perfil direccional del pozo ESG-1

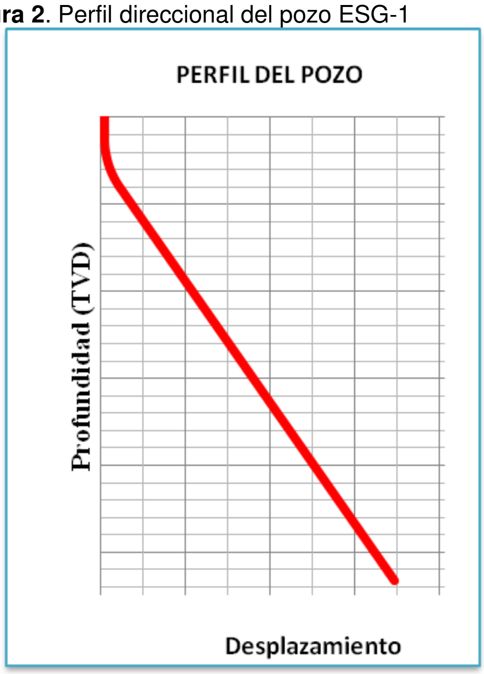

Figura 3. Diseño del revestimiento del pozo ESG-1

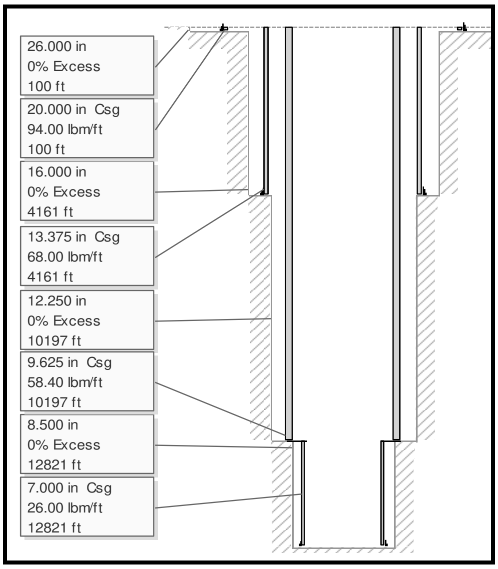

Figura 4. Grafico de Tiempo vs. Profundidad

Figura 5. Clasificación de Taladros

TABLA DE CLASIFICACIÓN DE TALADROS					
TIPOS	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**
PROFUNDIDAD (Pies)	8000	10000 - 12000	15000	20000	25000
CAPACIDAD CABRIA (Mlbs)	500	750	1200	1600	2000
POTENCIA MALACATE (HP)	400	600 - 750	1500	2000	3000
POTENCIA BOMBA (HP)	800	800 - 100	1300	1500	1600
CAPACIDAD TANQUE (Bls)	< 500	500 - 800	1200 - 1500	1200 - 1500	1200 - 1500
MÚLTIPLE ESTRANG. (LPC)	5000	5000	10000	10 - 15000	10000 - 15000