

MODELO PARA OPTIMIZAR LA PERFORACIÓN DE POZOS DIRIGIDOS A PARTIR DE LA EVALUACIÓN ESTRUCTURAL EN RESORVORIO TIGHT

Sofía Zanetti, Weatherford, Sofia.zanetti@la.weatherford.com

Los modelos de optimización de tasas de perforación son indispensables en la ejecución de proyectos de perforación y desarrollo de campos de petróleo y gas. En los últimos años en la industria petrolera, varios modelos operativos se han formulado y ejecutado con resultados significantes asociados a los diseños de sarta, optimización de los fluidos de perforación, evaluación de los parámetros mecánicos en tiempo real (Energía Mecánica Específica), compresibilidad de roca (UCS, CCS), sensores de fondo para optimización, entre los más representativos. Aun cuando se tienen los modelos, la aplicación en un determinado campo específico, como el del presente estudio, demanda una complejidad mayor e involucra un factor adicional como es la determinación del comportamiento geológico estructural y la tectónica intrínseca de esa formación. Estas variables alteran la trayectoria planeada de los pozos y acusan un reto operacional como así también un factor determinante en la optimización de tiempos efectivos de perforación.

El modelo de ingeniería de perforación prospectiva que se ha desarrollado, incluye los factores estructurales de las formaciones, y se basa en las estadísticas obtenidas de pozos perforados en un yacimiento ubicado en la cuenca Neuquina, cuyo reservorio es tipo “Tight”. A partir de los datos obtenidos de las perforaciones, se construye un modelo predictivo que permite asociar los tiempos efectivos de perforación (rotando, deslizando, totales) y los porcentajes de trabajo direccional deslizando, con la tendencia estructural del yacimiento. Con el objetivo de mitigar los desvíos y riesgos, así como también alteraciones de trayectorias programadas, a fin de no comprometer el objetivo geológico.

Se destaca que la zona de estudio de este trabajo responde a un anticlinal con variaciones de buzamiento geológico en función de la dirección de deposición y tectonismo que varía entre un rango angular desde 0 ° hasta 60 ° de inclinación, que influyen en la generación de riesgos operacionales e incremento de la complejidad del trabajo direccional durante la perforación en pozos dirigidos tipo “S”.

Se concluye que incorporando el modelo diseñado en la planeación de la sección vertical, pozo tipo “S”, para este tipo de reservorio, se optimiza la trayectoria y presenta un impacto significativo en el aumento de la eficiencia operacional, en función de la previsión de los tiempos efectivos de perforación y por la eliminación de tiempos no-productivos durante la misma.

Palabras claves: buzamientos, planos de estratificación, porcentaje de trabajo direccional deslizado, Velocidad de penetración, tiempos efectivos de perforación.

Introducción

La cuenca Neuquina se despliega por las provincias argentinas de Neuquén (centro, este y norte), Mendoza (el sur y sudoeste), Río Negro (el norte y noroeste) y La Pampa (el sudoeste). Le corresponde una superficie de más de 200 000 km². Es uno de los mayores recursos de gas de la región, así como también el mayor potencial de recursos “no convencionales” del país entre los que se encuentran los reservorios de tipo “tight”.

Estos reservorios están compuestos por areniscas y conglomerados compactos con permeabilidades del orden del 1mD y porosidades de 3-10% (por ejemplo, Mulichinco, Punta Rosada, Lajas). Se conoce este tipo de reservorios como “Tight Sands”, y suelen producirse con una estimulación hidráulica, mayor a la utilizada en los reservorios “convencionales”.

Dado que este tipo de campos no cuenta con grandes permeabilidades, pero sí con grandes espesores útiles, el desarrollo de los mismos se llevan a cabo a través de la perforación tipo “factoría” buscando contactar el mayor volumen posible de reservorio. Por este motivo, es importante que a la hora de atravesar la formación productiva, el pozo se encuentre vertical para evitar la interferencia con el drenaje de algún pozo vecino.

Dado que la propagación de una fractura “tipo” suele estar en el orden de los 120 – 150m, muchos de los pozos para un campo en producción suelen realizarse desde una locación múltiple, dando como consecuencia que las trayectorias de los pozos sean tipo “S”.

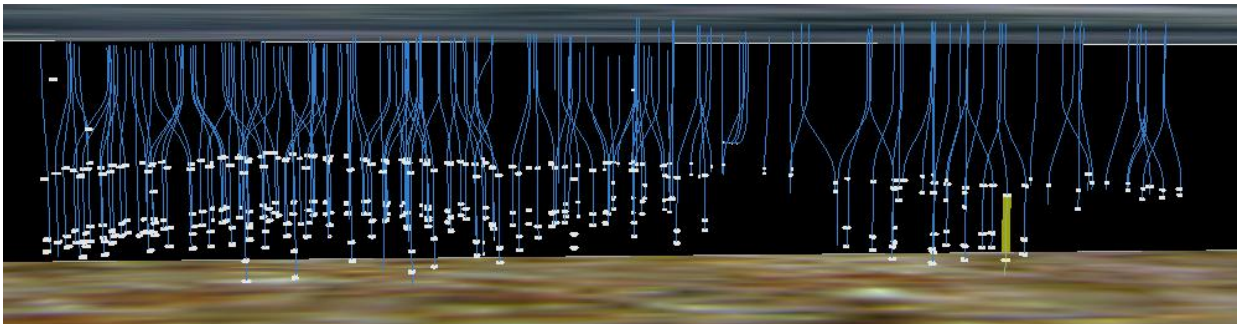


Fig.1 Vista lateral de un campo no convencional “tight”, construido con pozos tipo “S”

Dentro de los diversos motivos por los que se puede desviar un pozo del objetivo planeado, se encuentra la desviación por buzamiento en las formaciones perforadas. Numerosas experiencias e investigaciones han demostrado que la tendencia de una sarta de perforación en un ambiente de éste tipo, adopta una orientación perpendicular al plano de estratificación.

Una de las teorías que explican estos fenómenos, corresponde a la naturaleza de la deposición de los sedimentos. Las rocas sedimentarias poseen capas o lechos, causando un cierto grado de anisotropía. La superficie que separa cada capa sucesiva de una roca estratificada de su capa precedente, se define como plano de estratificación o de lecho (bedding planes) y es un área fácilmente fracturable.

El presente trabajo se basa en el estudio estadístico de pozos perforados en un yacimiento ubicado en la cuenca Neuquina citada, el cual se caracteriza por ser un anticlinal con variaciones de buzamiento que van desde 0° hasta 60°, lo que representa un desafío direccional.

A continuación, se muestra el mapa estructural de la zona de estudio:

Mapa Estructural

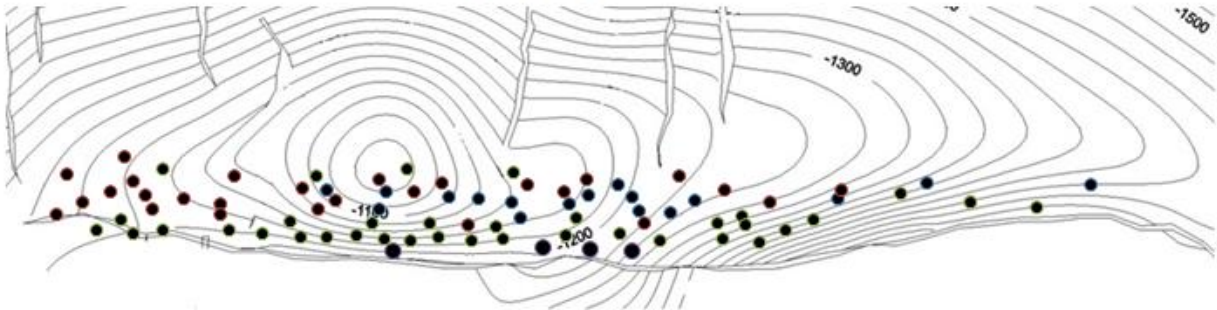


Fig. 2 Mapa Estructural zona en estudio

El trabajo está basado en la fase perforada con un diámetro de trépano de 6 1/8" con conjunto direccional, con el propósito de mantener verticalidad en la formación objetivo.

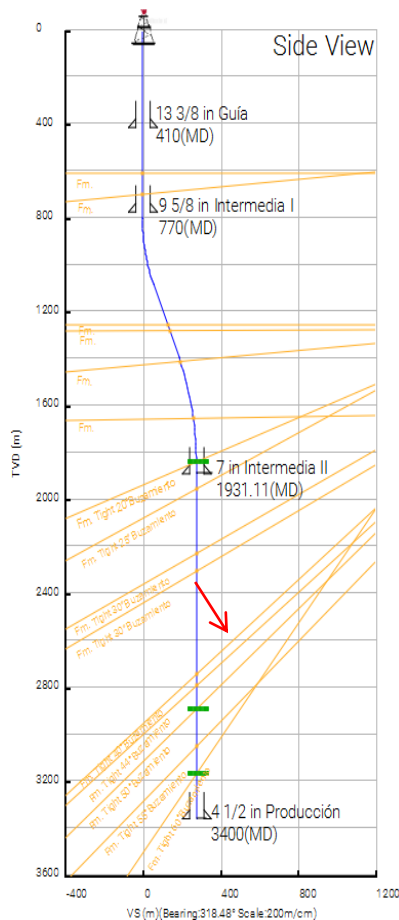


Fig.3 Pozo Tipo, Trayectoria "S".

Los pozos fueron diseñados bajo trayectorias tipo "S", con un esquema de 4 cañerías, tal como se muestra en la Figura 3.

Al momento de realizar las trayectorias direccionales se contemplaron los datos geológicos de buzamientos, en conjunto con el mapa estructural que lo caracteriza.

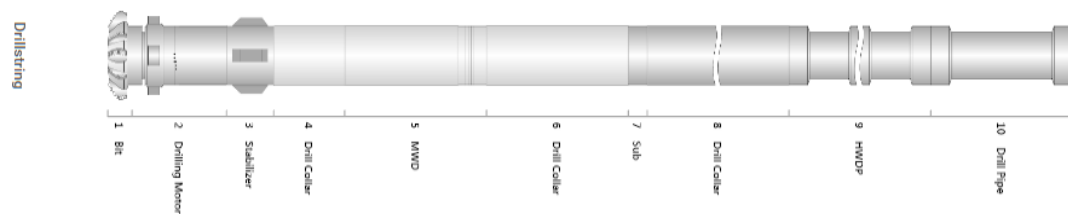
En la figura, se reflejan los buzamientos de las capas, siendo uno de los casos más críticos observados en la zona con 60° de inclinación.

De acuerdo con lo que indica la teoría y se ve reflejado en la práctica, a la hora de perforar en una zona con buzamientos, la tendencia a la desviación del pozo busca ser perpendicular al plano de la formación, tal como lo muestra la flecha de la Figura 3. Esta tendencia puede, o no, cambiar a medida que se van atravesando las diferentes formaciones. En la Figura se observa que a medida que se va incrementando en profundidad de la formación, aumenta el buzamiento de las capas.

Desarrollo

De acuerdo al comportamiento diverso observado en los pozos perforados en el yacimiento a nivel direccional, se busca realizar un análisis para caracterizar las zonas, y de esta manera llegar a predecir el comportamiento de los pozos de acuerdo a su ubicación.

El ensamblaje de fondo de la sarta de perforación (BHA), utilizado en la fase 6 1/8", esta compuesto por: Trepano PDC 6 1/8"+Motor de Fondo 4 3/4" (BH=1.5°) + estabilizador 5 1/2"



+MWD 4 3/4"+ 14 DC 4 3/4"+ 6 HW 3 1/2" + DP 3 1/2" (Fig. 4).

Fig. 4 BHA utilizado en fase 6 1/8"

A medida que se perforaban en diferentes zonas dentro del anticlinal, los resultados de los parámetros direccionales eran en algunos casos extremadamente diferentes a los previstos. Se identificó que existían zonas en las cuales los comportamientos dependían directamente del ángulo de buzamiento de las capas que se estaban atravesando. Por lo cual, el área en estudio se dividió en

4 grupos con respecto al valor angular de buzamiento más representativo, como se muestra a continuación:

Grupo	Buzamiento Real
1	0-9°
2	10°-19°
3	20°-50°
4	50°-60°

Fig. 5 División de grupos según su rango de buzamiento representativo

Se puede observar en el siguiente mapa estructural, la ubicación de los pozos con el color correspondiente al grupo que pertenecen de acuerdo a su inclinación de capa más representativa.

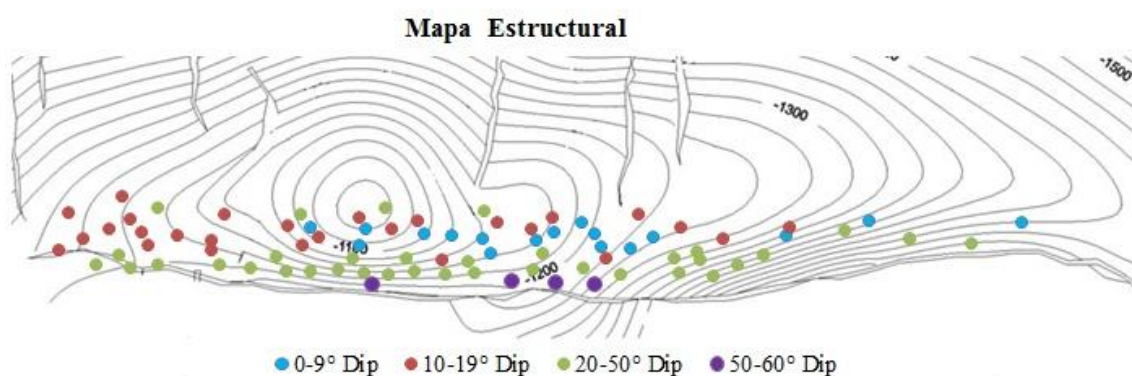


Fig. 6 Mapa estructural, buzamientos asociados.

Se perforaron 96 pozos bajo el diseño de la figura 3, ubicados en diferentes zonas del anticlinal. A continuación, se puede observar la distribución de los pozos realizados, según los grupos a los cuales pertenecían:

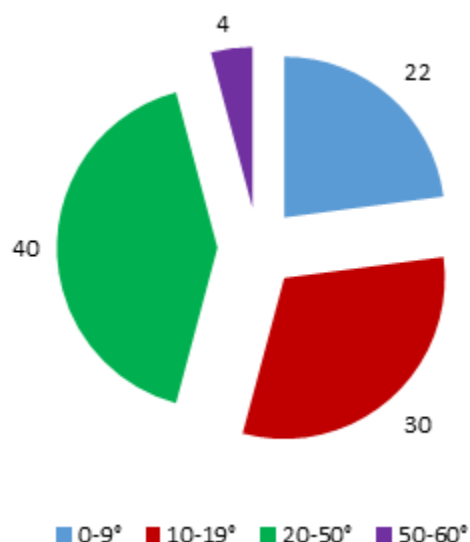


Fig. 7 Total de pozos perforados, en función de los buzamientos.

Se llevó a cabo una interrelación de la estadística para el total de los pozos perforados, en la que se evaluaron aspectos tales como las trayectorias y los resultados direccionales, como así también los tiempos efectivos de perforación.

A partir del análisis de los surveys a la profundidad final perforada y las hojas de trabajo direccional (slide sheets) correspondientes a los pozos estudiados, se ha obtenido un promedio de la tasa de crecimiento en inclinación (Build rate °/30m) mientras que la sarta se encontraba en rotación y los resultados obtenidos fueron los siguientes:

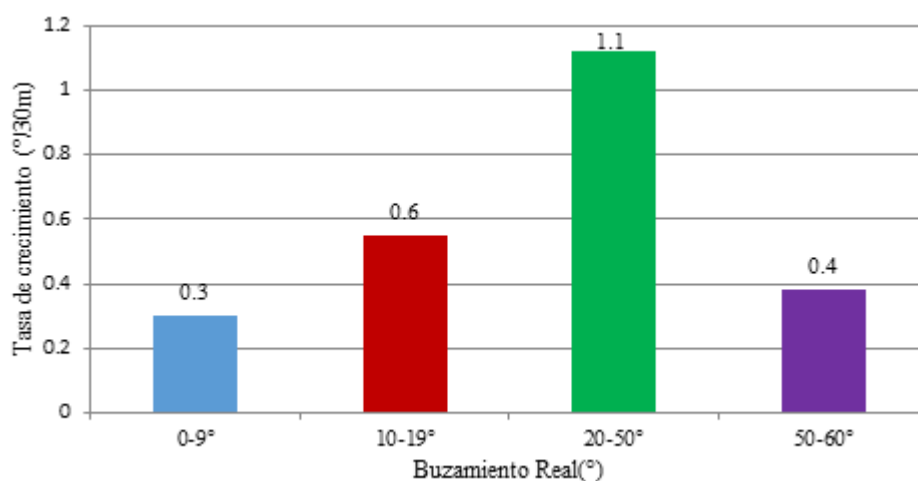


Fig. 8 Tasa de crecimiento en inclinación promedio obtenida en modo rotario.

Se observa que existe un incremento progresivo en la tasa de crecimiento en inclinación en los grupos 1, 2 y 3, a medida que los valores de buzamientos se acercan a 50°. Pero en el grupo 4,

cambia este comportamiento, ya que se muestra una disminución en dicha tasa, resultando un valor similar al del grupo 1.

Luego, se valoran los resultados de los surveys con respecto al plan direccional, y se analiza la distancia existente entre la posición final planificada-punto de verticalización (X, Y) y la posición final real según el último surveys registrado (X, Y).

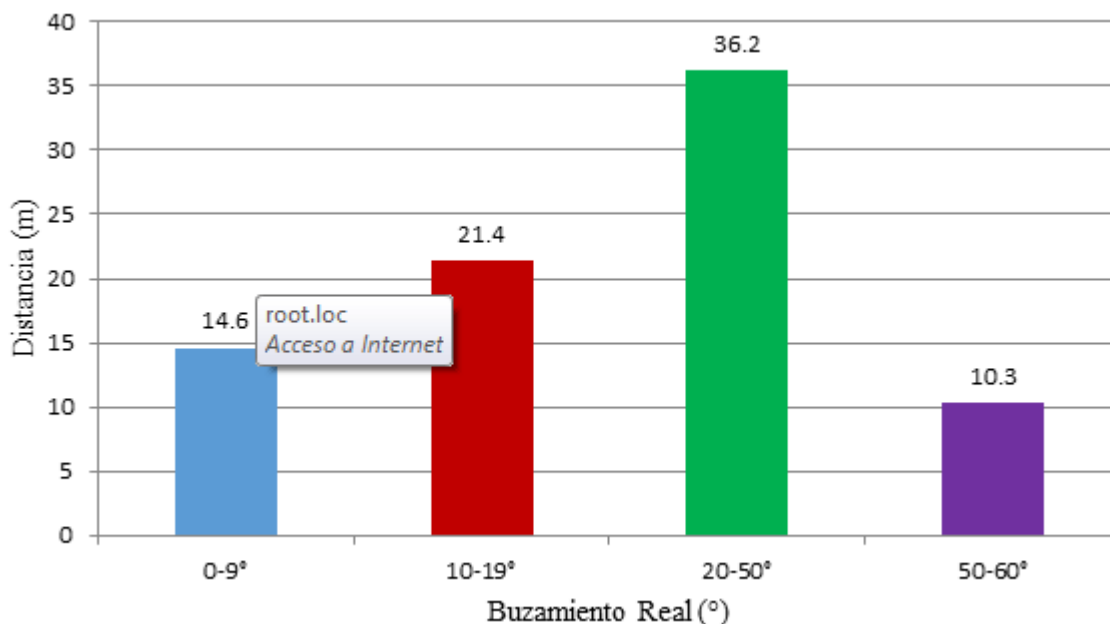


Fig.9 Distancia promedio al plan direccional a la profundidad final del pozo

Conjuntamente se analizan los porcentaje de trabajo direccional realizado durante la perforación en la fase de estudio, y se observa que los mismos presentan una diferencia según los tipos de

buzamientos, como muestra la figura 10.

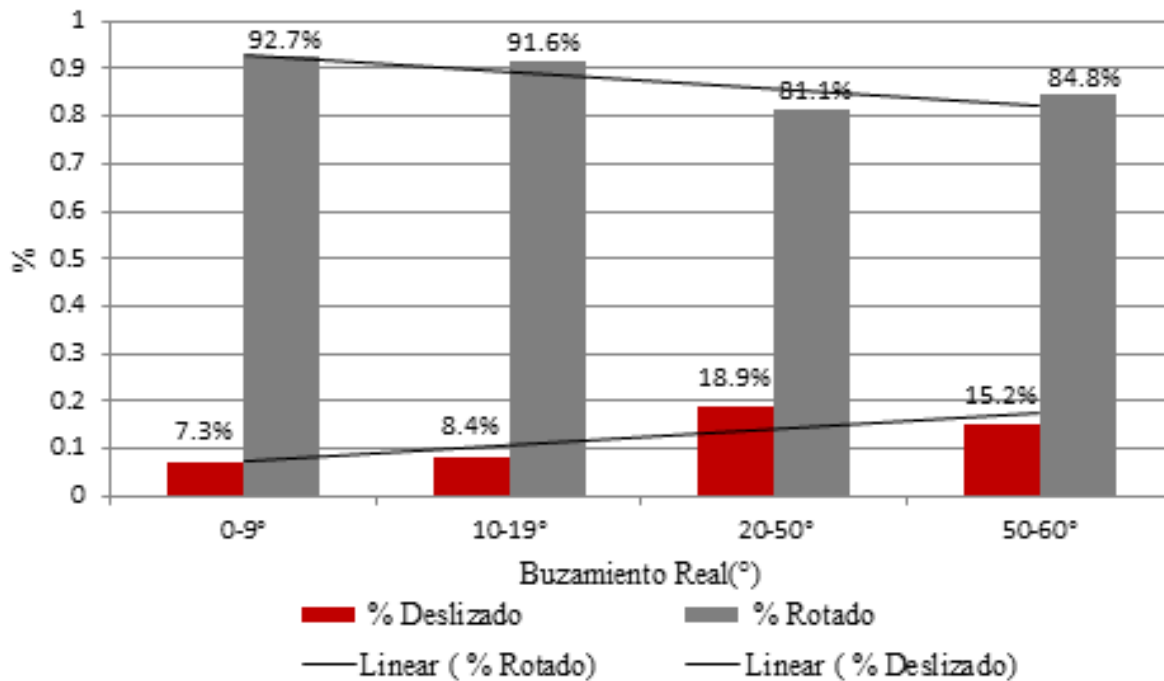


Fig.10 Comparación porcentual del trabajo realizado en modo deslizando versus rotario.

Se observa de los datos obtenidos, las siguientes características:

Grupo 1: en los pozos perforados dentro de este grupo, la tasa de crecimiento observada es de 0.3°/30 m, con una distancia final al plan direccional de 14.6 m; siendo el porcentaje de trabajo direccional deslizado 7.3% y en modo rotario de 92.7%.

Grupo 2: los resultados obtenidos de los pozos perforados en este grupo muestran que la tasa de crecimiento es de 0.6°/30 m y la distancia final al plan direccional fue de 21.4 m; siendo el porcentaje de trabajo direccional deslizado 8.4%.

Grupo 3: se observó que tasa de crecimiento para este grupo es de 1.1°/30 m y la distancia final al plan resultante es de 36.2 m; con un el porcentaje de trabajo direccional deslizado de 18.9%.

Grupo 4: se observa que la tasa de crecimiento es de 0.4°/30 m y la distancia final al plan direccional resulta de 10.3 m. Dando un porcentaje de trabajo direccional deslizado de 15.2% y en modo rotario de 84.8%.

Comparativamente, se valoran los datos extremos que se manifiesta entre grupo 1 y el grupo 3 de los pozos perforados, observando que los porcentajes de trabajo direccional deslizado del grupo 3 con respecto al grupo 1, aumenta en un 11.6% y además, las tasas de crecimiento en inclinación aumentan en un 59% en el grupo 3 con respecto al grupo 1.

Por último, se analizaron las velocidades de penetración promedio en cada grupo, resultando el siguiente gráfico:

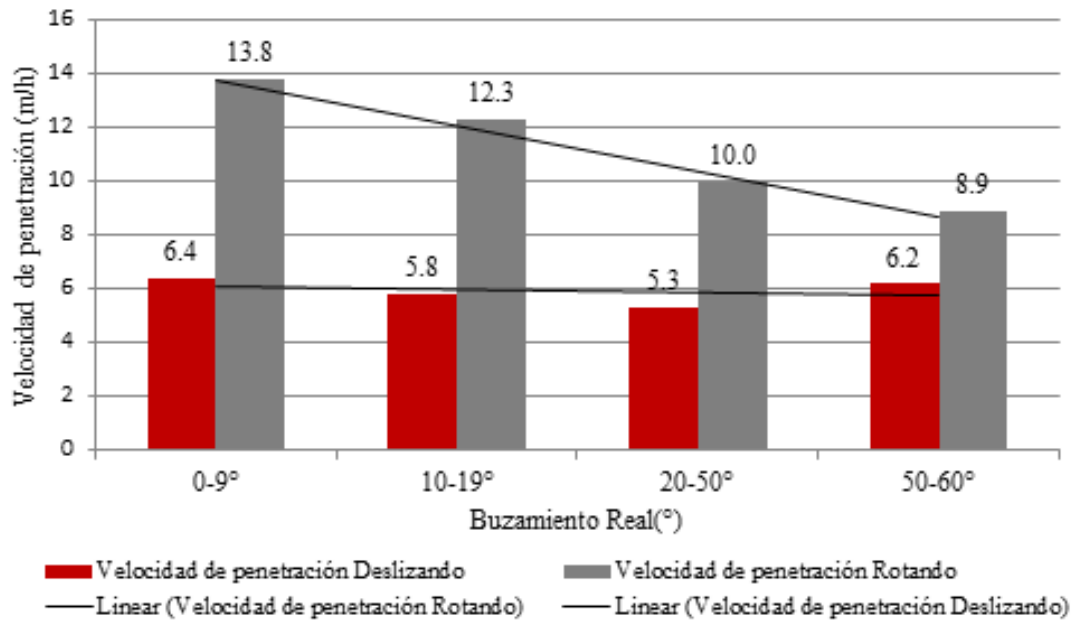


Fig.11 Velocidad de penetración promedio según el buzamiento de la formación.

Se observó que las velocidades en modo rotario disminuyen, a medida que se perforan zonas del anticlinal en las cuales los valores de las inclinaciones de las capas aumentan, sin embargo las velocidades de penetración deslizante se mantienen dentro de un rango similar. En el caso particular para el grupo 4, las velocidades en ambos modos se acercaban en su valor.

Tiempos efectivos por grupo

Se delimitó una zona de estudio, comprendida en un radio de 500 m, y se analizan las curvas de tiempos efectivos de pozos perforados, evaluándose los cuatro grupos de buzamientos seleccionados anteriormente, como muestra la figura 12.

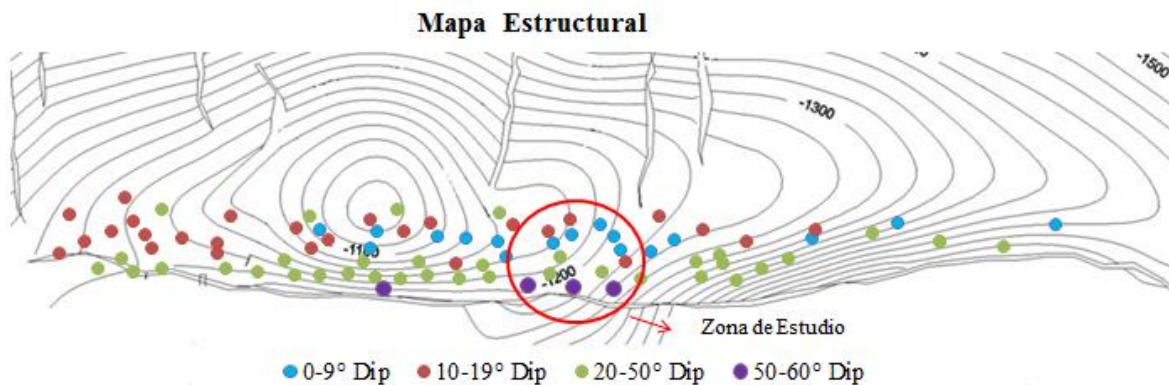


Fig. 12 Mapa estructural, zona de estudio

Se define como curvas de tiempos efectivos, a los tiempos de perforación sin los tiempos planos asociados a circulaciones o maniobras de calibres. Al efecto de que las velocidades de penetración puedan ser comparables, se normalizan las profundidades de la fase de 6 1/8" en 0m perforados.

Se toman 3 pozos de referencia de cada grupo para el estudio y se grafican los tiempos efectivos de la sección vertical de 6 1/8", con el objetivo de comparar los días de perforación.

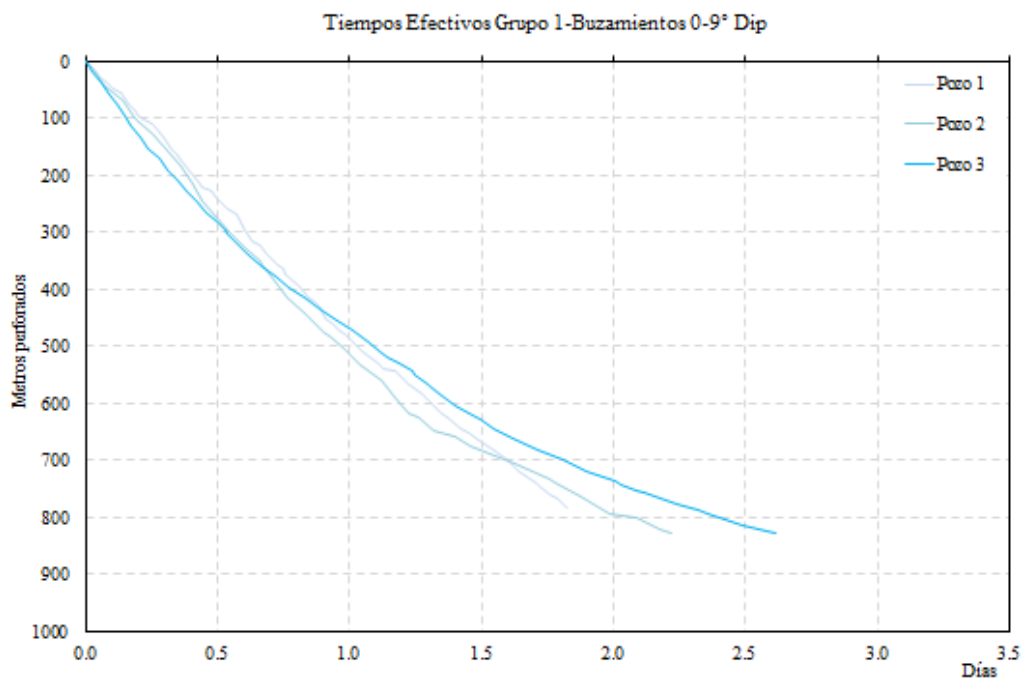


Fig. 13 Tiempos efectivos en fase aislación, grupo 1.

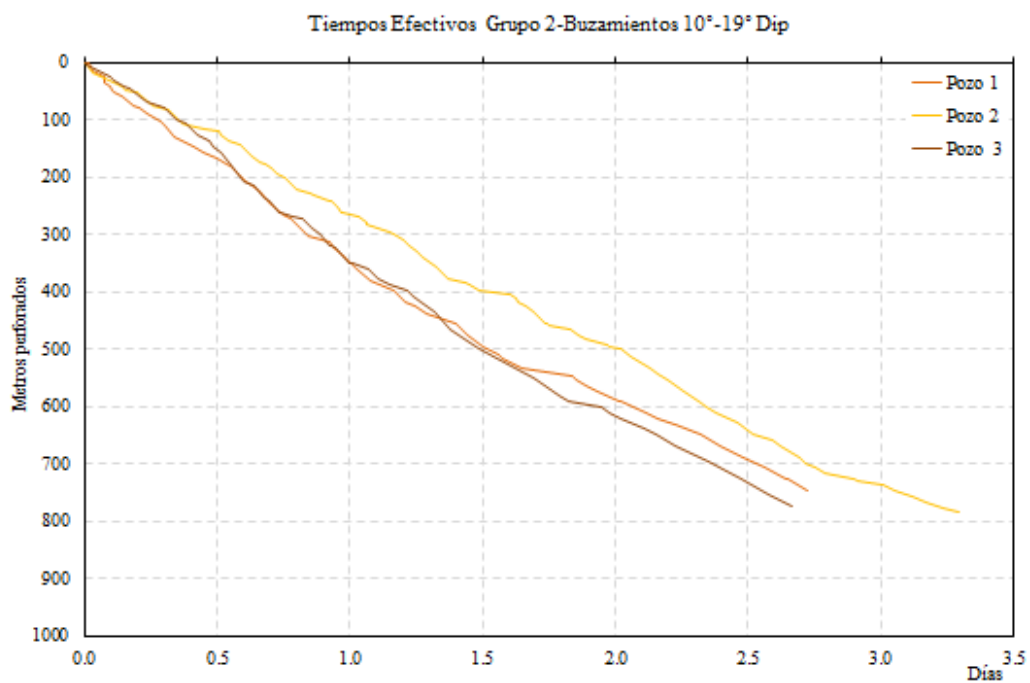


Fig. 14 Tiempos efectivos en fase aislación, grupo 2.

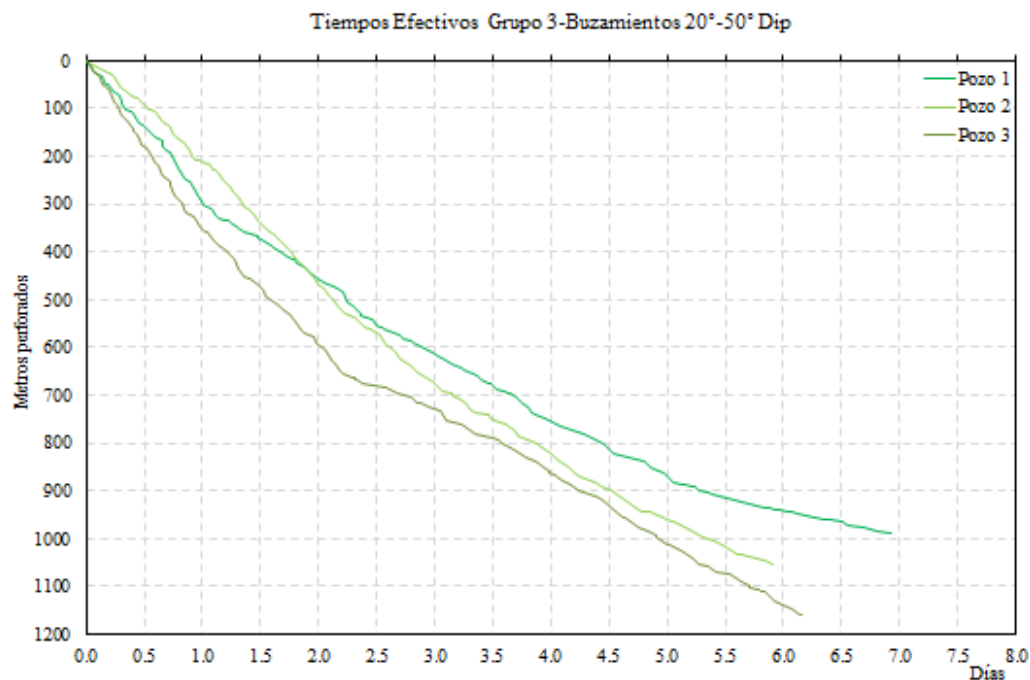


Fig. 15 Tiempos efectivos en fase aislación, grupo 3.

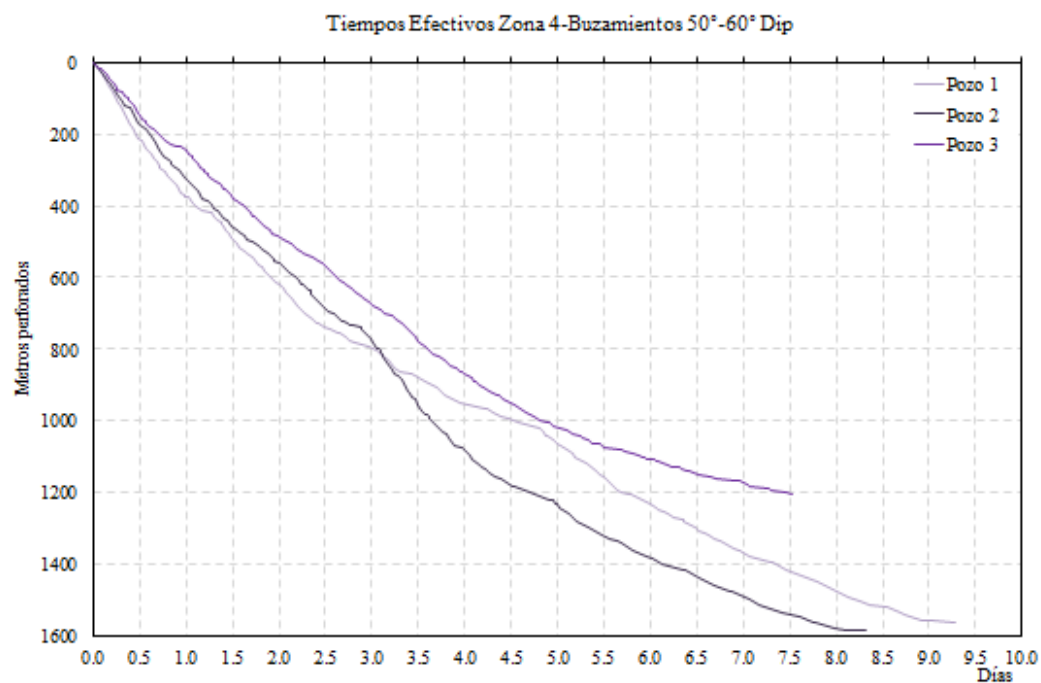


Fig. 16 Tiempos efectivos en fase aislación, grupo 4.

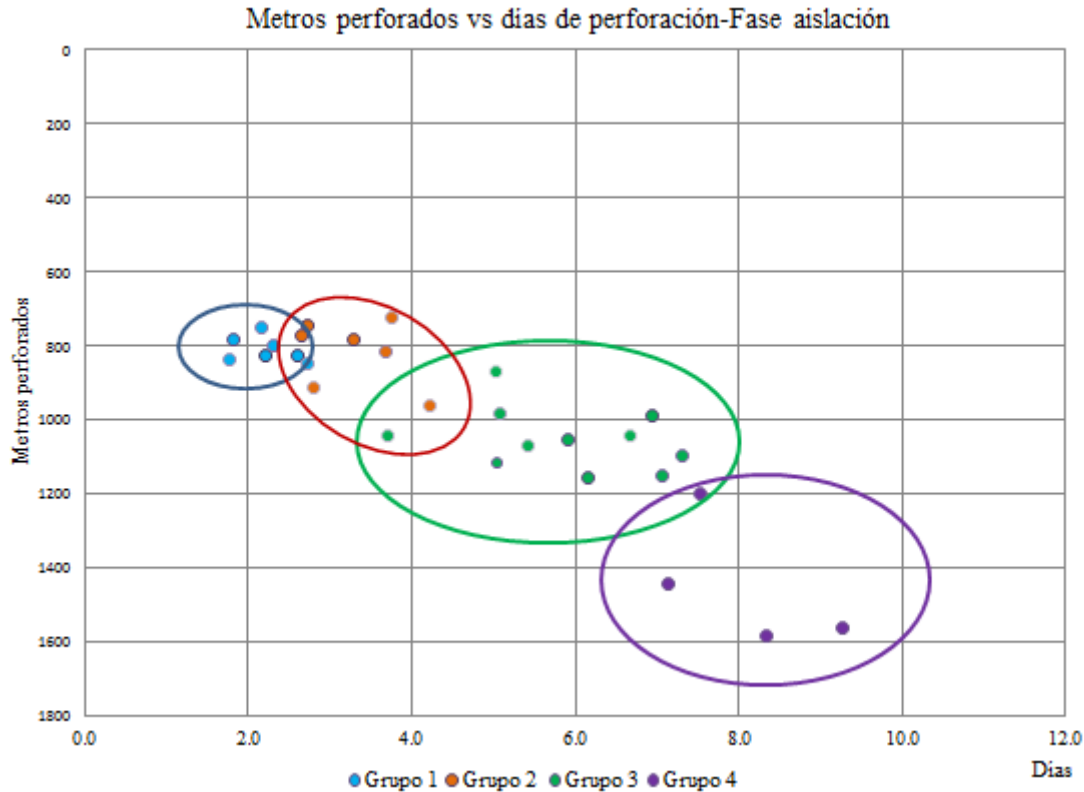


Fig. 17 Tiempo efectivo en fase aislación, el cual comprende los 4 grupos.

Se destaca de las gráficas anteriores, que el espesor de la capa objetivo se incrementa en los pozos ubicados en los flacos del anticlinal, donde también se observan los mayores buzamientos.

Los tiempos efectivos promedios fueron los siguientes;

Grupo 1: espesor promedio 800 m, tiempo efectivo promedio 2.2 días.

Grupo 2: espesor promedio 850 m, tiempo efectivo promedio 3 días.

Grupo 3: espesor promedio 1100 m, tiempo efectivo promedio 6.36 días.

Grupo 4: espesor promedio 1500 m, tiempo efectivo promedio 8.33 días.

Tiempos efectivos en pozos de referencias

Cuando se comparan los porcentajes de trabajo direccional deslizando de los diferentes grupos en la estadística realizada, se observa que el grupo 4 resulta poseer un alto porcentaje en trabajo direccional deslizando similar al grupo 3, mientras que la tasa de crecimiento en inclinación es menor a la que presentaba en el grupo 1.

Se toma un pozo de referencia para cada grupo de buzamiento y se grafican los valores resultantes, de las siguientes variables: inclinaciones, azimuth, DLS, tasa de crecimiento en inclinación (Build Rate) y tasa de giro en azimuth (turn rate) de los surveys resultantes, en relación a tiempos efectivos de cada grupo consignado:

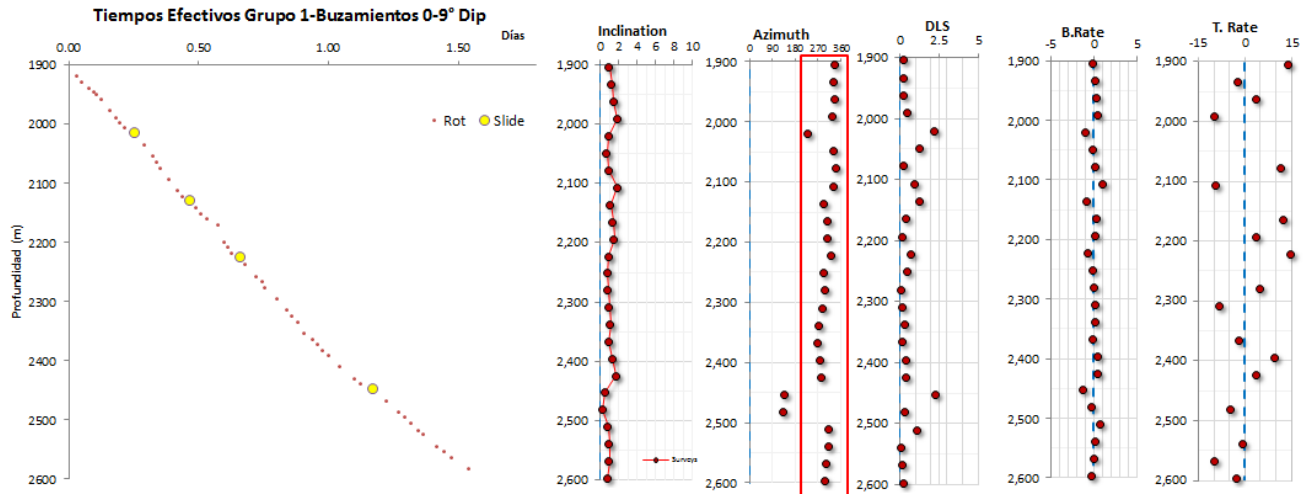


Fig. 18 Resultados direccionales Pozo Tipo, grupo 1.

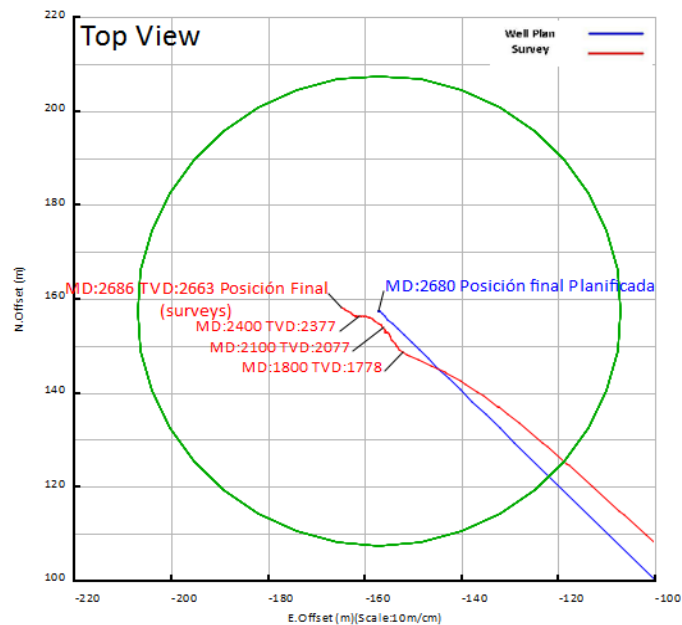


Fig. 19 Vista en planta, Pozo Tipo, grupo 1.

Grupo 1: la inclinación en los surveys se mantienen menor a 2°, el azimuth es constante en 360°, la tasa de crecimiento en inclinación se mantiene cercana a 0.2°/30 m y la tasa de giro en azimuth comprende valores desde $\pm 15^\circ/30$ m. El porcentaje de trabajo direccional deslizando resultante es de 2.81% y en modo rotario es de 97.19%.

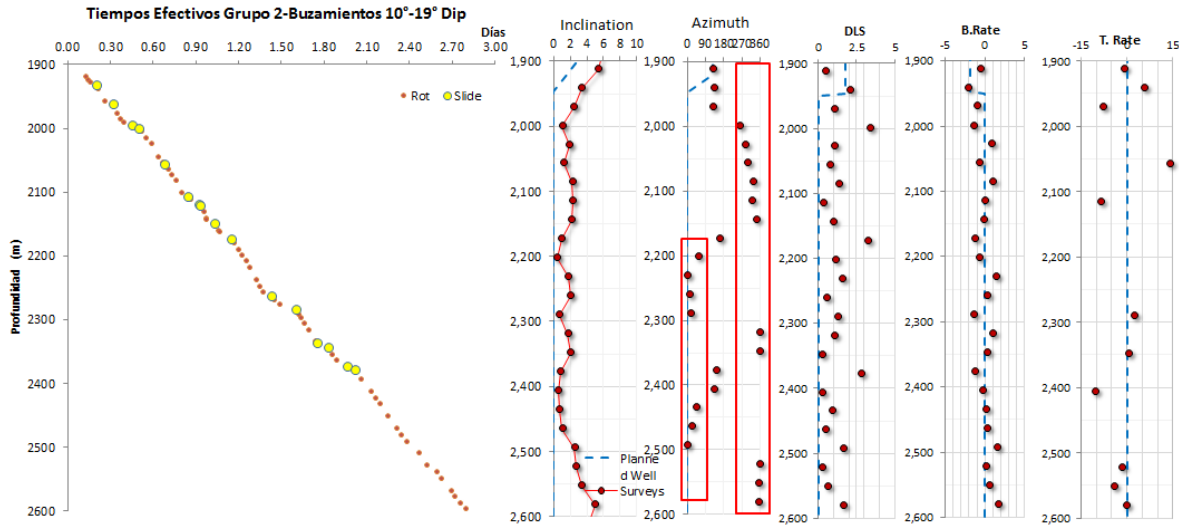


Fig. 20 Resultados direccionales Pozo Tipo, grupo 2.

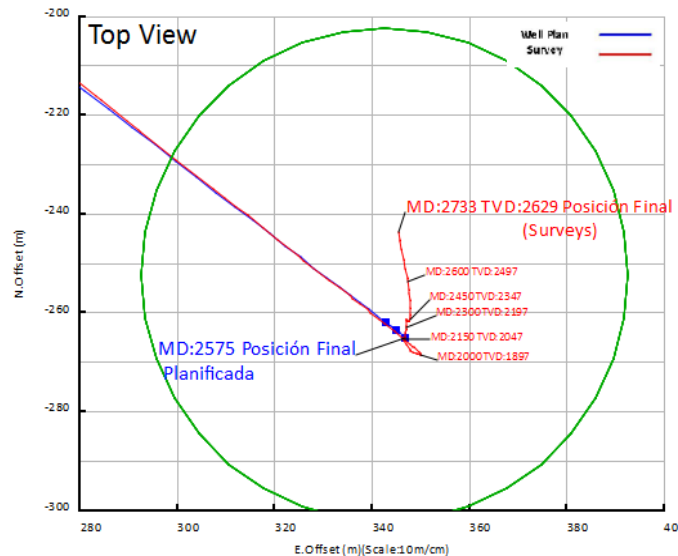


Fig. 21 Vista en planta, Pozo Tipo, grupo 2.

Grupo 2: la inclinación aumenta con la profundidad hasta alcanzar 5° en la profundidad final del pozo, el azimut se mantiene en un valor constante 360°. La tasa de crecimiento en inclinación se mantiene cercana a $\pm 1.5^\circ/30$ m y la tasa de giro en azimut comprende valores entre $\pm 7^\circ/30$ m cuando se perfora en modo rotario. El porcentaje de trabajo direccional deslizando resultante es de 13.36% y en modo rotario es de 86.64%.

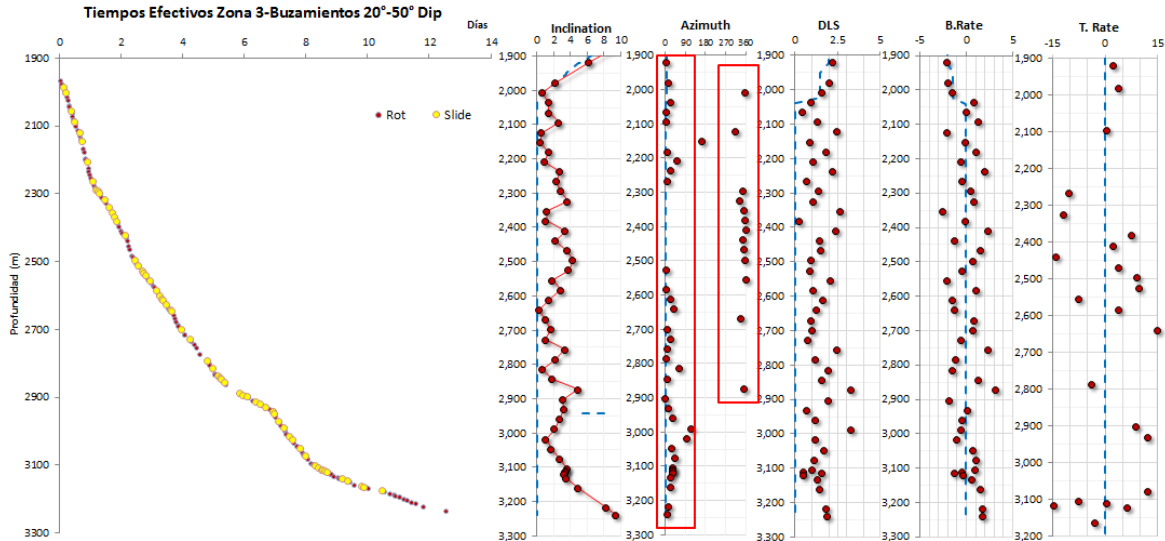


Fig. 22 Resultados direccionales Pozo Tipo, grupo 3.

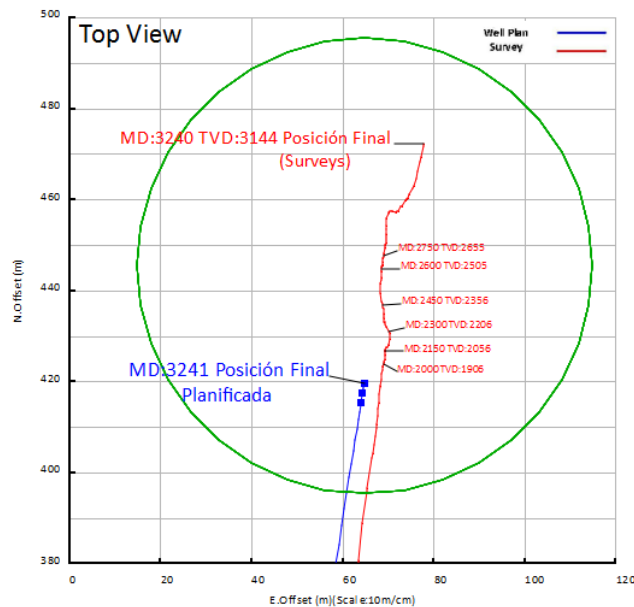


Fig. 23 Vista en planta, Pozo Tipo, grupo 3.

Grupo 3: la inclinación del pozo aumenta progresivamente y en la profundidad final alcanza 9° en modo rotación, el azimuth queda comprendido entre los valores 360-15°, la tasa de crecimiento en inclinación se mantiene cercana a $\pm 2.5^\circ/30$ m. El porcentaje de trabajo direccional deslizando resultante es de 29.97% y en modo rotario es de 70.03%.

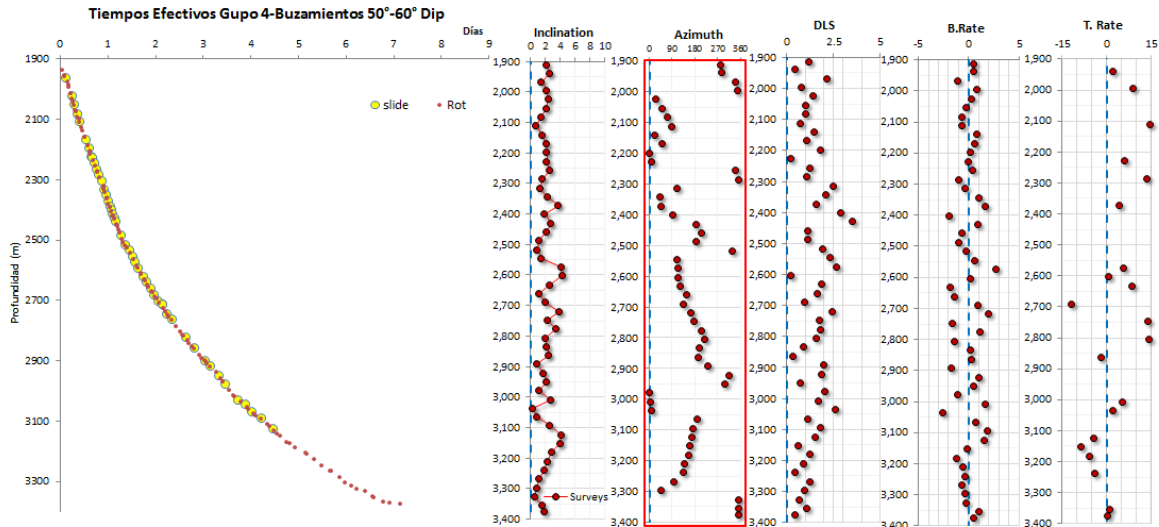


Fig. 24 Resultados direccionales Pozo Tipo, grupo 4.

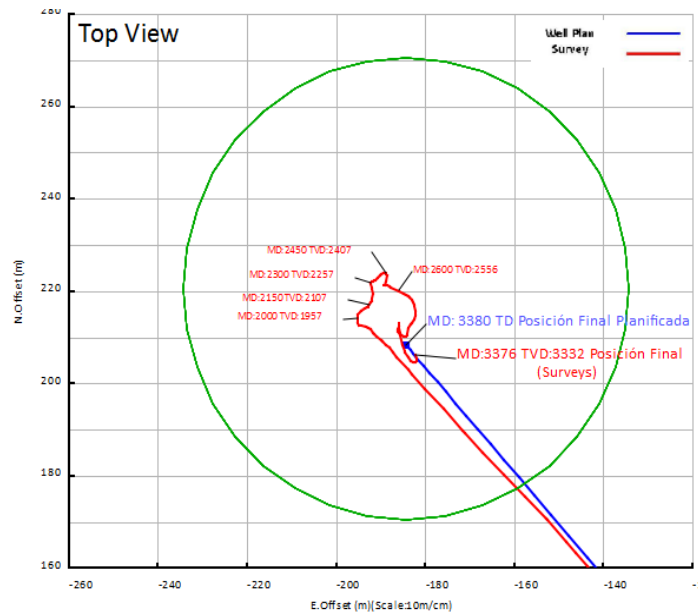


Fig. 25 Vista en planta, Pozo Tipo, grupo 4.

Grupo 4: las inclinaciones en los surveys se mantienen menor a 4° y disminuyen a medida que llega a la profundidad final, alcanzando 2° a la profundidad final en modo rotario. El azimuth es variable, se genera un helicoide alrededor del punto de verticalización. La tasa de crecimiento en inclinación se mantiene cercana a $\pm 2^\circ/30$ m y la tasa de giro en azimuth comprende valores desde $\pm 15^\circ/30$ m cuando se perfora en modo rotario. El porcentaje de trabajo direccional deslizando resultante es de 21.84% y en modo rotario es de 78.16%.

Se analiza la tasa de crecimiento en inclinación y de giro en azimuth, en los pozos que integran éste grupo, ya que se observa a partir de los surveys, que los azimuths no presentan un valor contante, como en los grupos anteriores. Para el grupo 4, la tasa de giro en azimuth resultante es mayor,

respecto a la tasa de crecimiento en inclinación, por lo cual las correcciones que se realizan, tienen como objetivo corregir el azimut.

Modelo de complejidad

En función de los tiempos y las problemáticas asociadas a la perforación de los pozos perforados, se generó un modelo para caracterizar la complejidad de los pozos tipo “S”, donde los datos de ingreso son la inclinación del plan direccional y por otro lado los buzamientos de las formaciones.

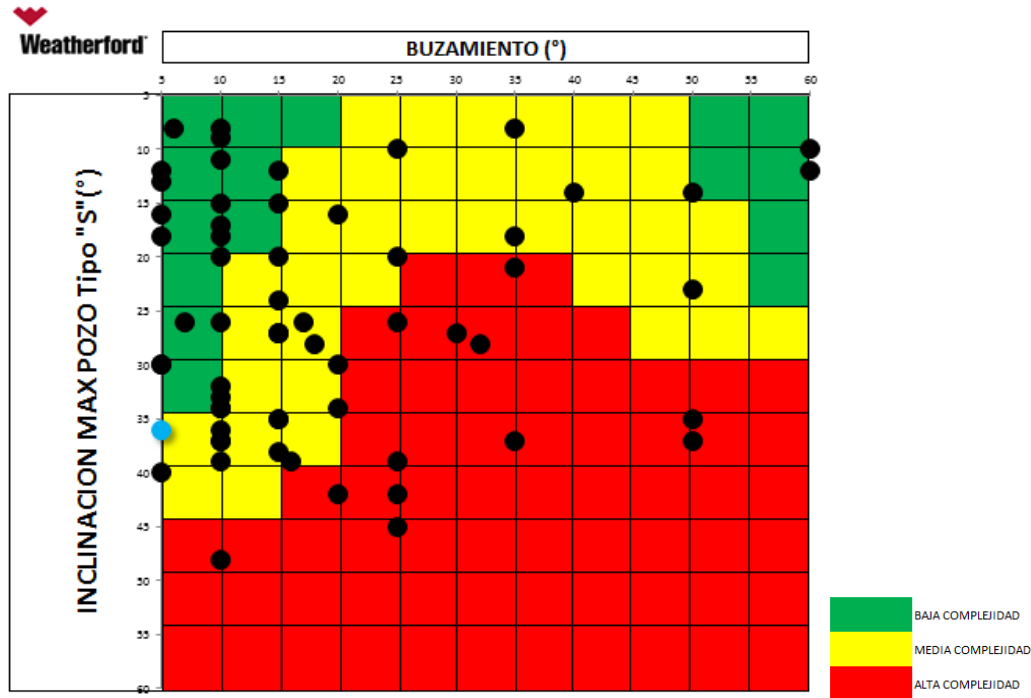


Fig. 26 Modelo de complejidad, pozos tipo “S”.

Como resultante de esta gráfica, se ha logrado predecir los tiempos estimados de las fases y los problemas asociados a la perforación direccional.

Los datos experimentales mostraron que al realizar pozos en zonas de alto buzamiento, y planificados con elevadas inclinación en la fase de $8\frac{3}{4}$ ” (construcción de la “S”), los tiempos requeridos para finalizar las fases son mayores, observándose valores elevados de arrastres y torques, y una pobre transferencia de peso al trépano, como así también mayor cantidad de carreras de BHA necesarios para la finalización de los mismos.

Predicción de tendencias

Al momento de realizar las trayectorias direccionales se analizó el mapa estructural del yacimiento teniendo en cuenta los datos de los buzamientos y el ángulo efectivo de buzamiento.

En el siguiente gráfico se observa que existe una orientación preferencial, hacia donde se dirigen los pozos. Dependiendo de la ubicación de la coordenada en el punto de verticalización de la trayectoria tipo “S”, la trayectoria resultante adopta una orientación preferencial perpendicular al plano de estratificación, dado por las isohipsas del mapa estructural geológico..

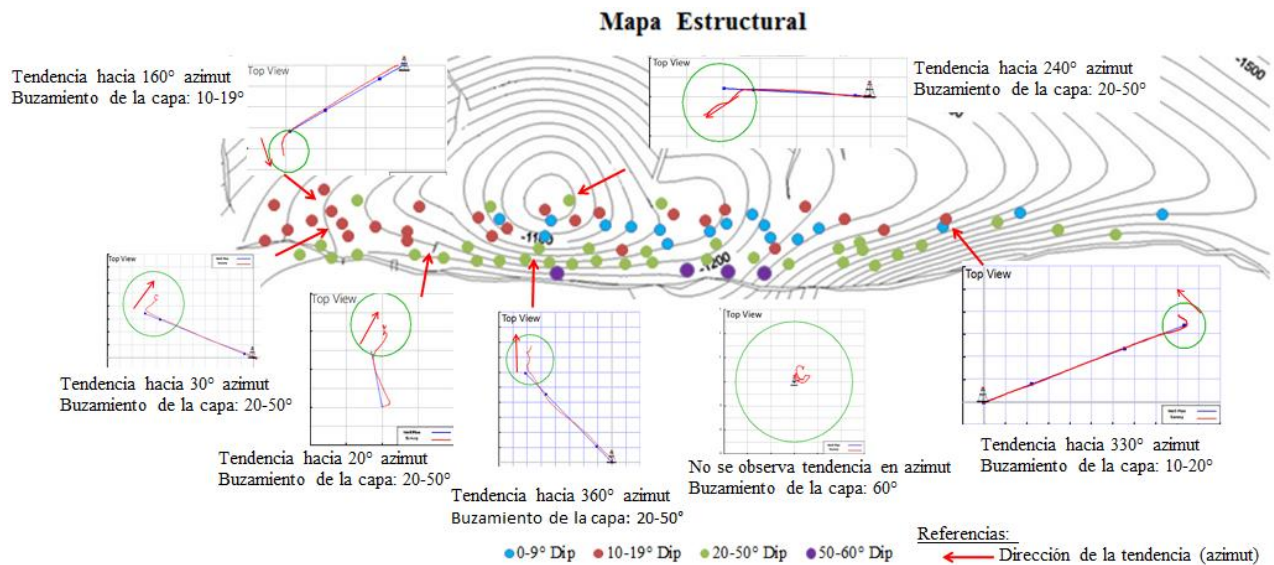


Fig. 27 Mapa estructural, evaluación de tendencia según la dirección preferencial, perpendicular a los planos de estratificación.

Cuando los buzamientos se encuentran comprendidos entre 0-50° de inclinación, se observa que el pozo se dirige en forma opuesta al rumbo de la capa ($\pm 180^\circ$), por lo cual avanza hacia la zona mas elevada del plano estratigrafico.

Dentro de los casos evaluados en el grupo 4, buzamientos mayores a 50°, se advierte una tendencia a desplazarse en dirección hacia arriba en el plano de estratificación, pero en menor medida que los grupos restantes. Sin embargo, los surveys resultantes han generado trayectorias en forma de helicoide asociado a las correcciones del trabajo direccional, no presentando un azimuth definido.

A medida que incrementaban los pozos perforados, y se evaluaban los resultados obtenidos en las distancias al objetivo, según los valores de los buzamientos, se debió modificar las trayectorias planificadas, descentrándolas del objetivo geológico para aprovechar las tendencias de la zona.

Optimización de trayectorias

Se toman en cuenta dos pozos, los cuales se encuentran a 390 m de distancia entre bocas de pozos, los cuales se ubican en una zona del yacimiento donde las inclinaciones de la formación objetivo se encuentran comprendidas entre 20-50° y el rumbo de la tendencia es hacia el primer cuadrante (0-15°).

En el primer caso, pozo “X”, se planifico el punto de verticalización en el centro del objetivo, ubicandose el mismo hacia un rumbo de 218° con respecto a la boca de pozo, con una inclinación del plan de 13.85° , figura 28.

Luego, se evaluo un segundo pozo “Y”, en el cual se planifico el punto de verticalización a 50 m de distancia del centro del objetivo hacia un rumbo de 350° , con respecto a la boca de pozo, con una inclinación de plan de 6.5° , figura 28.

La profundidad de asentamiento del casing de 7” y la profundidad final de la fase se planificaron de manera similar, ubicandose a las mismas profundidades verticales verdaderas (TVD), lo que resulta que los pozos puedan ser comparables.

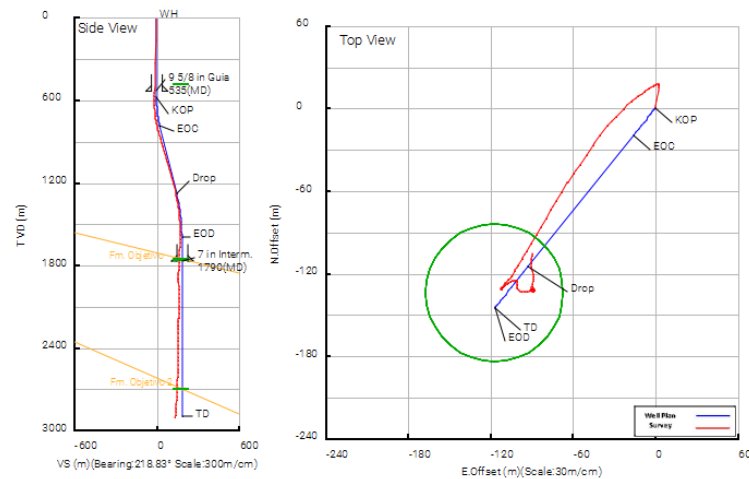


Fig. 28 Pozo “X”, trayectoria planificada al centro del objetivo.

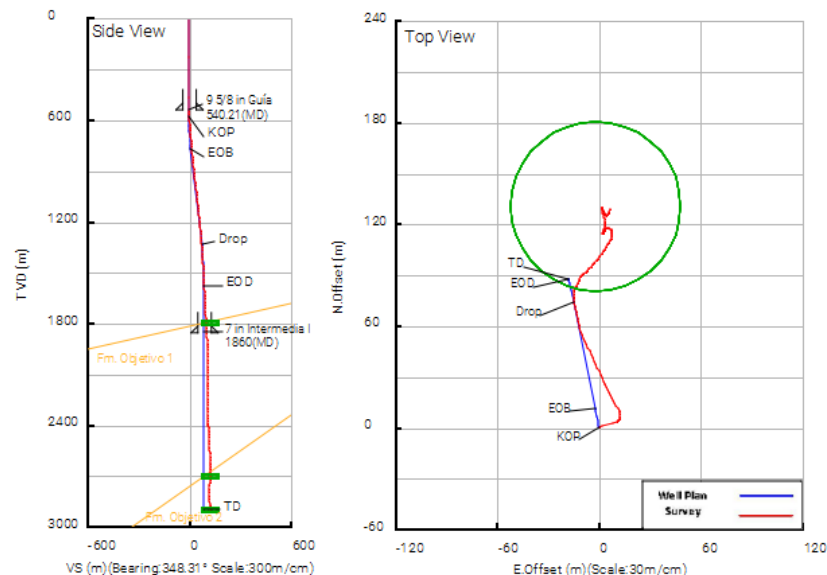


Fig. 29 Pozo “Y”, trayectoria planificada donde el punto de verticalización se encuentra desplazado del objetivo, teniendo en cuenta el buzamiento.

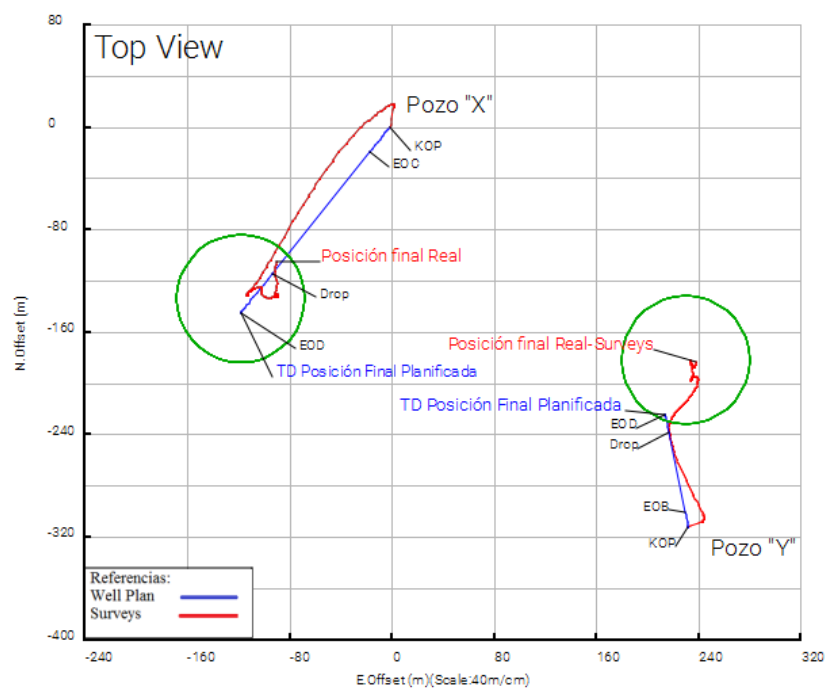


Fig. 30 Vista en planta, ubicación de las bocas de los pozos “X” y “Y”.

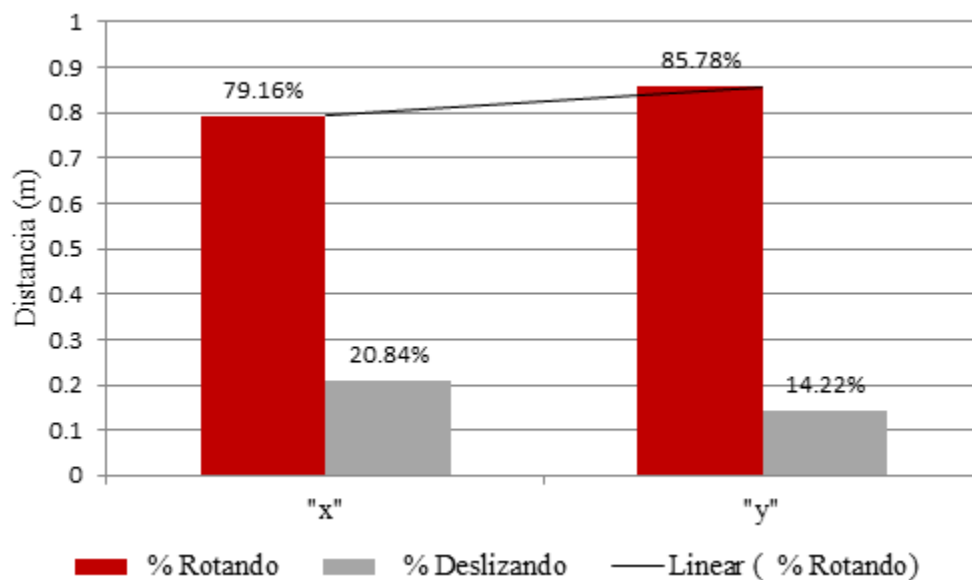


Fig. 31 Comparación porcentual del trabajo direccional deslizando y rotando.

En el pozo “X”, el porcentaje de trabajo direccional deslizando es 6.62% mayor que el pozo “Y”, lo cual refleja que el ultimo pozo mencionado, se realizo con un mayor porcentaje de metros perforados en modo rotario.

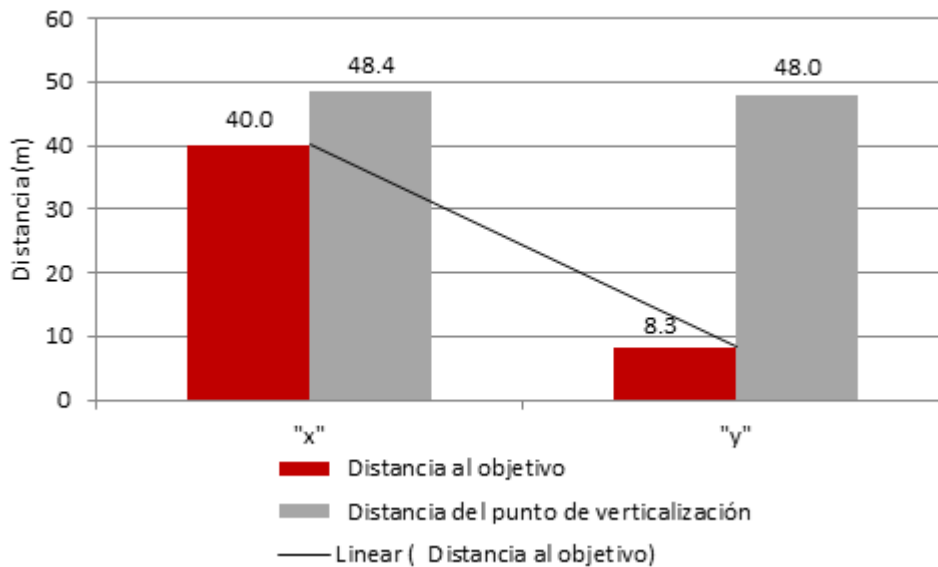


Fig. 36 Comparación de la distancia al plan/ objetivo a la profundidad final del pozo.

En el pozo "X", se observa que la distancia con respecto al objetivo planeado según trayectoria a la profundidad final es de 40 m, mientras que el pozo "Y" en la profundidad final, queda distanciado del centro del objetivo a 8.3 m.

Las distancias al punto de verticalización, en ambos pozos son similares (48 m), sin embargo en el pozo "Y" el porcentaje de trabajo direccional deslizante es menor y el objetivo no se compromete, ya que se cumple con la ubicación planeada en el centro del mismo.

En líneas generales, dentro del yacimiento, se modifica el punto de verticalización con respecto al objetivo hacia el rumbo opuesto al del buzamiento para los casos de pozos perforados que posean buzamientos comprendidos entre 0-50° de inclinación. El desplazamiento se realiza en función de la tasa de crecimiento en inclinación que caracteriza la zona, proyectando a la profundidad final del pozo en la etapa de planeación, con el objetivo de poseer mayor margen dentro del radio de tolerancia del objetivo. De esta manera, se ha logrado optimizar los tiempos con trabajo en modo rotario, llevando esta situación a reducir los porcentajes de trabajo direccional y se ha logrado cumplir con los objetivos propuestos.

Conclusiones

- No hay linealidad en el comportamiento de una sarta de perforación en modo rotario, mientras incrementan los ángulos de buzamiento.
- Los pozos que presentan mayores desafíos a nivel direccional son aquellos que se encuentran entre los 20° y los 50° de buzamiento de las capas.
- Para los pozos que se perforan en una zona con buzamientos mayores a 50° se debe tener presente que tendrá un alto porcentaje en trabajo direccional para corregir el rumbo, y un bajo porcentaje para corregir la tasa de crecimiento.
- Se ha observado que a medida que incrementan los buzamientos disminuye la ROP en modo rotario.
- En el yacimiento en estudio, los ángulos de buzamientos reales han sido similares al ángulo efectivo, por lo cual se ha observado que la fuerza de desviación ha generado que las trayectorias se dirijan hacia arriba en los planos de estratificación.
- Con un mapa estructural, se puede generar un modelo predictivo prospectivo, para optimizar la ubicación de las bocas de pozo, de manera tal, que los objetivos se encuentren a favor del buzamiento de las capas buscando disminuir los tiempos de trabajo direccional.
- Las optimizaciones se lograron, como consecuencia de un buen trabajo en equipo.

Pasos a Seguir:

- Se debe estudiar la compresibilidad de la roca en las distintas áreas del anticlinal, para asociarlo a las diferencias en velocidades de penetración.
- Para el caso de pozos perforados en buzamientos comprendidos entre 20-50 °, evaluar la posibilidad de planificar la inclinación del plan en la sección de 6 1/8" con un ángulo igual o similar al ángulo de buzamiento real. Lo mencionado anteriormente, tiene como objetivo que el ángulo efectivo resulte 0° y la fuerza resultante de desviación disminuya. Por lo cual, se deberá estudiar el ángulo de ingreso a la formación, dependiendo de la posición del plano de estratificación y la geomecánica de la zona a perforarse.

Bibliografía

Ibáñez, Hohl Introducción al Tight Gas, Junio, 2014. Revista Petrotecnia.

Shamsuzzoha, Md. Analysis of borehole failure related to bedding Plane June-2011.Pag.20.

McLamore, R.T. The Role of Rock Strength Anisotropy in Natural Hole Deviation, November, 1971.

Bernt Aadnoy & Reza Looyeh.Petroleum Rock Mechanics: Drilling Operations and Well Design.Elsevier.First edition,2011.

W. B. Bradley. Deviation Forces From the Wedge Penetration Failure of Anisotropic Rock. J. Eng. Ind 95(4), 1093-1100 (Nov 01, 1973).

Powell, D. (1992) Interpretation of Geological.Structures through Maps; Longman Scientific and Technical, 176 pp.

Curriculum Vitae

Título y lugar de estudio: Ingeniera de petróleos. Universidad nacional de cuyo.2012

Trayectoria:

- Auditora Externa, remediación de pasivos ambientales, Instituto de medio Ambiente. Universidad nacional de cuyo. (2008-2010),
- Becaria recuperación de petróleo con surfactantes, Laboratorio de Líquidos y medios porosos. Universidad nacional de cuyo. (2011-2012).
- Well planner, Weatherford. (2012-2015)

Cargo actual en la empresa: Drilling Engineer ABC, Weatherford

Foto:



(1080 pixeles de ancho por 675 pixeles de alto)