



ALGFS

LABORATORIO DE GEODESIA FÍSICA Y SATELITAL Dr. MELVIN HOYER

*Laboratorio de Geodesia Física y Satelital Dr. Melvin Hoyer
Desde su fundación en 1997 ha sido un referente en docencia, investigación
y extensión, contribuyendo en la formación de profesionales altamente
capacitados en Agrimensura e Ingeniería Geodésica.*

REVISTA TÉCNICA

DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Una Revista Internacional Arbitrada
que está indizada en las publicaciones
de referencia y comentarios:

- REDALYC
- REDIB
- SCIELO
- DRJI
- INDEX COPERNICUS INTERNATIONAL
- LATINDEX
- DOAJ
- REVENCYT
- CHEMICAL ABSTRACT
- MIAR
- AEROSPACE DATABASE
- CIVIL ENGINEERING ABTRACTS
- METADEX
- COMMUNICATION ABSTRACTS
- ZENTRALBLATT MATH, ZBMATH
- ACTUALIDAD IBEROAMERICANA
- BIBLAT
- PERIODICA



UNIVERSIDAD DEL ZULIA

Modelo de Estabilidad del Agujero en Presencia de un Cuerpo Ígneo -Intrusivo, Altamente Desafiante para la Perforación, Campo Yuralpa, Cuenca Oriente, Ecuador

Kelly Noris Rodríguez García¹ 

¹ Amazonic Crude Service S.A.S., Quito, Ecuador, 170150, Ecuador.

Autor de correspondencia: kalina_cuarzo@yahoo.es / kelly.rodriguez@igeoz.com

<https://doi.org/10.22209/rt.v48a06>

Recepción: 17 febrero 2025 | Aceptación: 15 octubre 2025 | Publicación: 29 octubre 2025.

Resumen

La investigación presenta el estudio de la estabilidad de agujero en presencia de un cuerpo intrusivo, de 3 pozos y una propuesta de modelo de estabilidad en el campo Yuralpa, Cuenca Oriente. El modelo geomecánico fue aplicado integrando las propiedades petrofísicas y comportamiento mecánico del intrusivo; en conjunto, con el monitoreo en tiempo real de la morfología y volumen de los derrumbes, para diagnosticar el mecanismo de falla y dar las acciones remediales en tiempo oportuno. Los resultados fueron incorporados en el diseño de los pozos y se establecieron las estrategias operacionales, por lo que ha sido exitosa la perforación. La presencia del cuerpo intrusivo bordeado por lutitas geopresurizadas y areniscas, ha ocasionado significativos tiempos no productivos “NPT’s” y costos operacionales, debido al efecto sobre la inestabilidad del agujero. La inestabilidad del agujero se presenta a nivel de las lutitas de Napo, asociada a la falla por presencia de planos de debilidad pre existente, como consecuencia de una densidad de lodo significativamente alta y alto tiempo de exposición y no a la presencia del intrusivo, ya que el agujero permanece estable dentro del mismo. Por otro lado, la alta densidad ocasionó evento de pega diferencial frente a las areniscas.

Palabras clave: estabilidad del agujero; intrusivo; lutita geopresurizada.

Borehole Stability Model in Presence of Intrusive-Igneous Body, Highly Challenging for Drilling, Yuralpa Field, Oriente Basin, Ecuador

Abstract

This paper presents three cases of wellbore instability in presence of igneous intrusive bodies but also a successful borehole stability model applied to a wellbore in the Yuralpa Field, Oriente Basin, Ecuador. The borehole stability model was integrated with petrophysics analysis from conventional logs to estimate presence of open or partially-open fractures and its impact on borehole stability. In addition, mechanical behavior response analysis during drilling of intrusive body was combined with morphology of caving analysis in real time for diagnose of failure mechanisms and to apply necessary corrective actions. Severe instability problems were observed at the level of the Napo shale, when wells are drilled at an oblique angle to the bedding planes. This condition has an effect on wellbore stability, so that the weak bedding planes of Napo shale can slip, due to having a low rock strength, thus jeopardizing the borehole stability. On the other hand, a significant mud weight can destabilize the wellbore wall due to that mud filtrate and mud itself inject between permeable bedding planes, reducing the already low existing cohesion, and inducing slip on weak bedding planes in wellbore walls. The instability problems have generated significant no production time or investment loss.

Keywords: intrusive body; geopressed; wellbore stability.

Modelo de estabilidad de poço na presença de um corpo ígneo intrusivo, altamente desafiador para a perfuração, Campo de Yuralpa, Bacia de Oriente, Equador

Resumo

Esta pesquisa apresenta um estudo da estabilidade de poços na presença de um corpo intrusivo, abrangendo três poços, e propõe um modelo de estabilidade para o campo de Yuralpa, na Bacia Oriental. O modelo geomecânico foi aplicado integrando as propriedades petrofísicas e o comportamento mecânico da intrusão, juntamente com o monitoramento em tempo real da morfologia e do volume dos colapsos, para diagnosticar o mecanismo de falha e implementar ações corretivas oportunas. Os resultados foram incorporados ao projeto do poço e estratégias operacionais foram estabelecidas, levando a uma perfuração bem-sucedida. A presença do corpo intrusivo, delimitado por folhelhos e arenitos geopressurizados, resultou em tempo improdutivo (TIR) e custos operacionais significativos devido ao seu efeito na instabilidade do poço. A instabilidade do poço ocorre no nível dos folhelhos Napo, associada à falha devido à presença de planos de fraqueza preexistentes. Isso é consequência de uma densidade de lama significativamente alta e longo tempo de exposição, e não da presença da rocha intrusiva, visto que o poço permanece estável dentro da lama. Além disso, a alta densidade da lama causou um evento de aderência diferencial nos arenitos. **Palavras-chave:** estabilidade do furo; intrusivo; xisto geopressurizado.

Introducción

Entender el comportamiento mecánico; así como, la respuesta de las fracturas (parcialmente abiertas y/o abiertas) del cuerpo Intrusivo, cuando es perforado en una misma sección con formaciones sílice-clásticas, resulta fundamental para la estabilidad del agujero y el impacto sobre los tiempos-costos de perforación.

Aun, cuando se cuenta con el desarrollo de alta tecnología y estudios avanzados, los problemas de inestabilidad del agujero son cotidianos en la industria petrolera, generando significativos NPT's y tiempo diferido en la tasa de producción. Peor aún, si se presenta en la columna estratigráfica a perforar formaciones intrusivas, las cuales no son comunes de perforar.

La forma de cómo las formaciones responden a la concentración de esfuerzos es función tanto de la resistencia de la roca como del campo de esfuerzo aplicado. El comportamiento de la estabilidad del agujero frente a la formación Intrusiva resulta particularmente interesante, debido a sus propiedades mecánicas como su resistencia y parámetros elásticos, lo que representa un desafío para perforación y, por otro lado, si presentan fracturas están poseen porosidad y permeabilidad.

Materiales y Métodos

La Cuenca Oriente de Ecuador (Figura 1), proporciona nuevas evidencias de un magmatismo continental alcalino basáltico intra-placa, asociado con la evolución del margen noroccidental de la placa continental sudamericana durante el Cretácico. El mismo se desarrolla sobre una sección sedimentaria fanerozoico durante la depositación de las formaciones Cretácicas Hollín y Napo (Barragán, et al., 1997; Walker, 1993) (Figura 2).

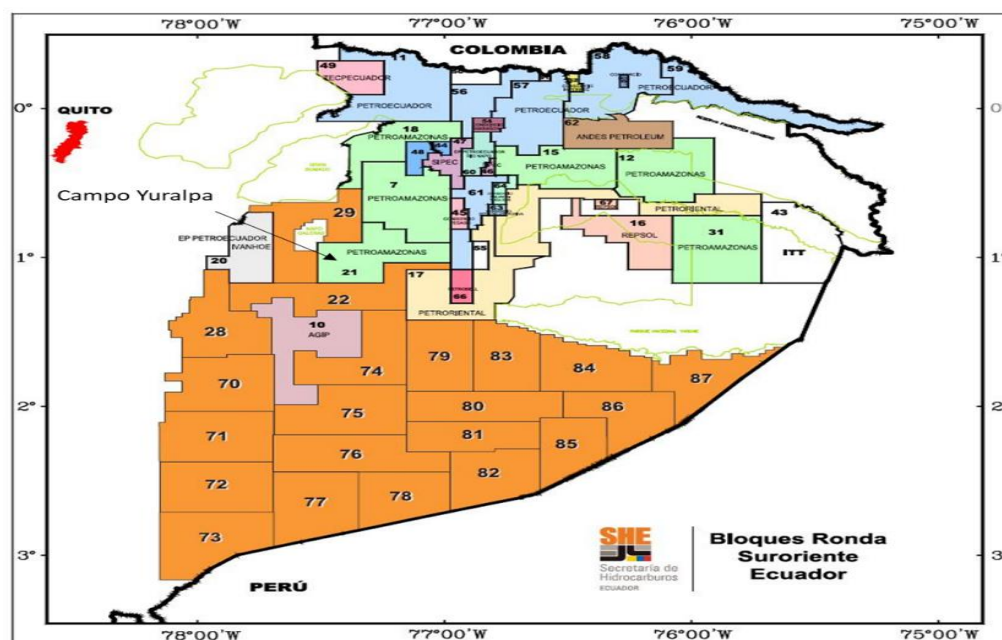


Figura 1. Mapa ubicación Campo Yuralpa ([www. https: mapa-petrolero-ecuador-mrn-r-hidrocarburos.jpg](http://www.mapa-petrolero-ecuador-mrn-r-hidrocarburos.jpg)).

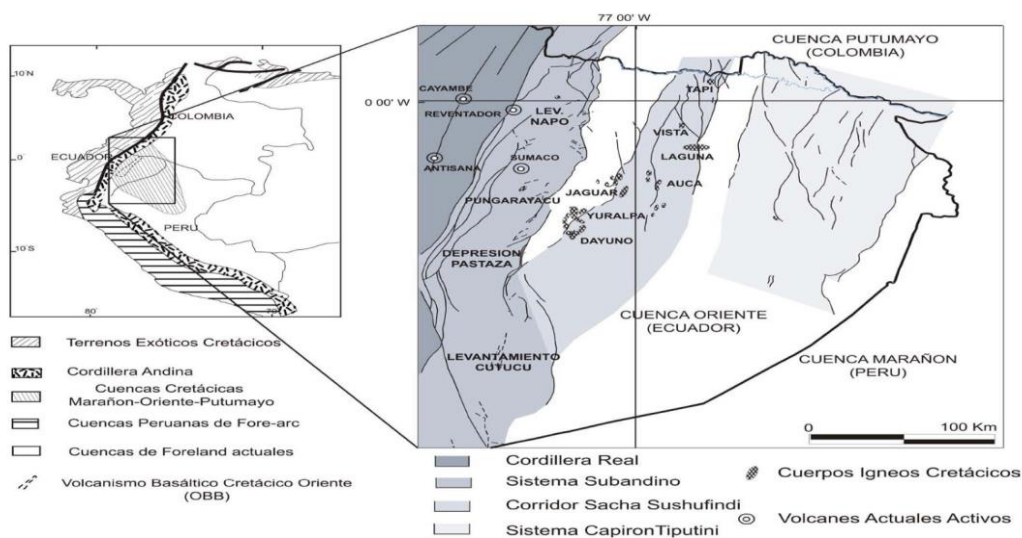


Figura 2. Mapa tectónico sintético de la Cuenca Oriente (Baby, et al., 1999) y su relación con la distribución de los eventos volcánicos.

La roca ígnea se forma bajo una amplia gama de condiciones y exhiben propiedades diversas, se clasifican en dos grupos:

1. Intrusiva o plutónica. El enfriamiento es lento genera rocas de grano grueso, poseen una porosidad intergranular baja y permeabilidad insignificante, o presentar porosidad secundaria-fractura.
2. Extrusiva o volcánica. Magma expulsado a la superficie, el enfriamiento genera rocas volcánicas cristalinas de grano fino a muy fino, poseen porosidad y permeabilidad significativa (Farroqui, et al., 2009).

El cuerpo intrusivo, en el campo Yuralpa, presenta composición de Gabbro, con un espesor promedio entre 80-200 m, obtenido en los pozos YC-01 y YC-02 (White., H, et al, 1999) (Figura 3).

Análisis Estabilidad del Agujero

Principales mecanismos de inestabilidad (Zoback, M. (2007); Bradley, A., (1979); Edward, et al., (2002); Addis, et al., (1993)).

Roca intacta:

1. falla por tensión: se excede la resistencia a la tensión de la roca;
2. falla en compresión: los esfuerzos exceden la resistencia la compresión de la roca, esta fallara.

Roca con planos de debilidad pre-existente

3. Resistencia anisotrópica: falla por corte referido al desplazamiento por corte.

Stephen, E., et al. (2023), han establecido que la inestabilidad del agujero asociada a la falla de planos de debilidad pre-existente se puede agrupar en dos clases:

1. Planos de debilidad pre-existente "impermeables"
2. Planos de debilidad pre-existente "permeable".

En el primer caso, la estabilidad del agujero no se ve afectada por incrementos en el peso de lodo. Contrario, al caso de planos de debilidad pre-existente permeable, donde un incremento en la densidad del lodo afecta la estabilidad, debido a que un diferencial de presión significativamente alto, permite la invasión del filtrado y/o lodo entre los planos, lo que debilita la poca o nada cohesión entre esto. En ambos casos, la inestabilidad del agujero podría ser más crítica, si se complementa que el ángulo entre la traza del agujero y los planos de debilidad es mayor a 40°, debido a una disminución de la capacidad mecánica uniaxial de la roca.

El intrusivo, por ser una roca extremadamente dura UCS 199.500 KPa, este mecánicamente permanece estable en la perforación. Desde el punto de vista de estabilidad, la presencia del cuerpo intrusivo, posiblemente no sea, la raíz fundamental del problema de pérdida de los pozos en el campo Yuralpa, sino el impacto sobre el incremento del tiempo de perforación y de exposición de las lutitas de Napo y los reservorios principales.

Supra adyacente al intrusivo se ubican las areniscas Basal Tena, U y T (reservorios secundarios) que muestran un nivel de presión de poro ligeramente igual o menor a la presión hidrostática; mientras que, los cuerpos de la lutita Napo (Superior, Medio e Inferior) están geopresurizadas, con características de fissil/subfissil y relativa permeabilidad; e infrayacente al cuerpo intrusivo, se presenta un estrato de lutita y la arenisca Hollín (reservorio principal), ambas con presión de poro normal (Figura 4).

La presión de poro fue estimada por medio de la correlación de Eaton (lutitas), mientras que, para los cuerpos de areniscas, la presión fue obtenida por pruebas de restauración de presión "Build up". En el caso, del cuerpo intrusivo, el reto fue determinar, si estaba fracturado y por ende si este contenía algún fluido que presentara un nivel de presión. Se llevo a cabo un análisis para identificar fracturas en el cuerpo intrusivo, por medio del comportamiento de registros convencionales.

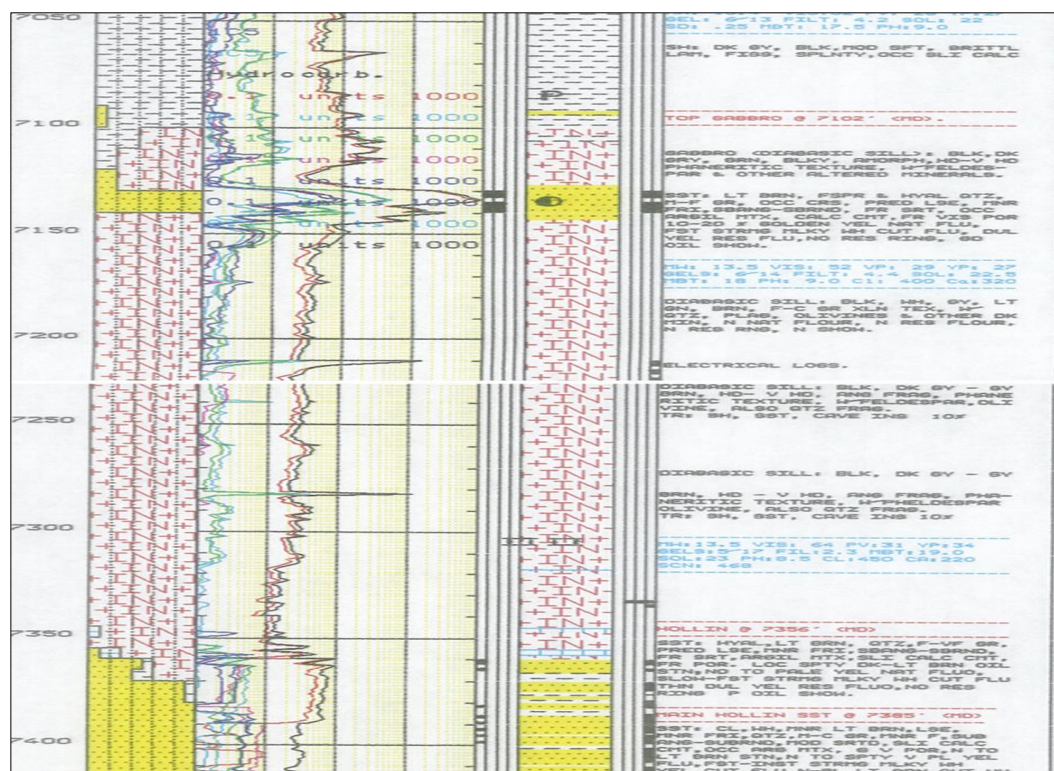


Figura 3. Registro litológico pozo YRCA 01, cuerpo intrusivo entre 7100-7356 pies (Final Well Report Geología 12311997 YRCA-01A)

Uno de los principales riesgos, en la sección de $12 \frac{1}{4}$ " y/o $8 \frac{1}{2}$ ", era estimar el valor de la densidad del lodo que: 1. permitiera contener la presión del fluido en las fracturas en el intrusivo, 2. minimizar inestabilidad de las lutitas Napo debido a la falla por planos de debilidad pre-existente y 3. minimizar el riesgo de pega diferencial por la presencia de areniscas agotadas.

Detección de Fractura en el Intrusivo

Un aspecto fundamentalmente crítico, es identificar si el cuerpo intrusivo esta fracturado. Se realizó un análisis, con el propósito principal de identificar fracturas en el cuerpo intrusivo, utilizando los registros convencionales, usados con cierta limitación, para identificar y caracterizar fracturas naturales (resistividad, porosidad y sónico), y su efecto sobre la estabilidad del agujero al comunicar regímenes de presión y comportamiento mecánico diferentes en la sección $12 \frac{1}{4}$ " y/o $8 \frac{1}{2}$ ". No se dispone de imagen para una mejor definición. Del análisis de la respuesta de los registros convencionales de YRCA 01 (Figura 4), se puede concluir que, no se identifican fracturas parcialmente abiertas y/o abiertas debido a que: las lecturas del RHOB, hacia la parte superior del intrusivo hasta 7240 pies están afectados por problemas en herramienta; desde 7240 pies hasta 7356 pies, el valor promedio es de $\sim 3,50$ gr/cc, sin observar una disminución del valor de densidad, que indique fluido (fractura abierta). Entre 7303-7325 pies, se puede observar picos de incremento en RHOB de hasta 4,24 gr/cc asociado a la densidad de los minerales pesados como Chlorite, Olivine, plagioclasas (White, H, et al, 1999) y sónico de hasta 70 $\mu\text{s}/\text{ft}$. Las lecturas promedio del DTCO es de 47 $\mu\text{s}/\text{ft}$ y para DTSM de 98 $\mu\text{s}/\text{ft}$; así directamente la razón DTCO/DTSM permanece constantes 2,17, sin mayor variación y sin efecto en el tiempo de tránsito, o indicador de caída por la presencia de agua/gas/petróleo (correlacionado con otros registros). A partir de 7260 pies, las lecturas de NPHI están entre 0,30 - 0,22. Aun cuando, estos valores son significativos, se correlacionaron con el RHOB sin indicar porosidad por la presencia de un fluido en fractura abierta. La resistividad RT se ve afectada por problemas de la herramienta.

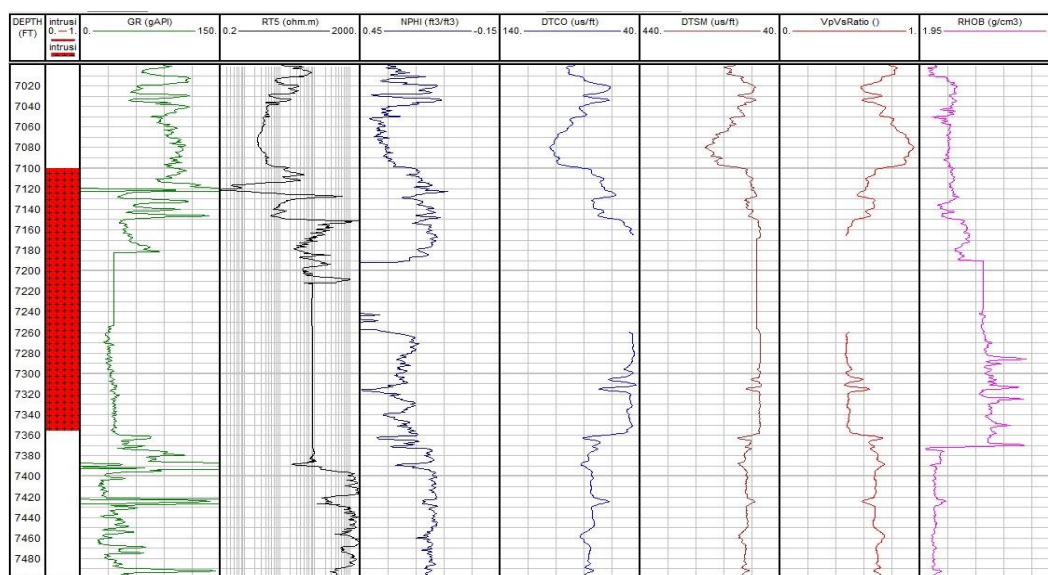


Figura 4. Comportamiento de los registros convencionales (GR, RT5, NPHI, DTCO, DTSM, VpVs Ratio y RHOB) en la zona del cuerpo Intrusivo pozo YRCA 01, campo Yuralpa.

Entre 7300-7320 pies, todos los registros muestran deflexiones en sus lecturas, afectadas posiblemente por el tipo de mineral (densidad) pero no son indicativos de presencia de fracturas parcialmente abiertas y/o abiertas.

Finalmente, el análisis se correlacionó con los eventos de perforación a nivel del intrusivo, no se reportan pérdida ni ganancia de fluido, que permitieron corroborar la ausencia de fracturas parcialmente abiertas y/o abiertas. En YRCA 11 ST, perforado con una densidad de 13,4 lpg y en YRCA 12H con 11,5 lpg, en ninguno de los casos reportan pérdida o ganancia de fluido.

Casos de Estudio

Los esfuerzos realizados por Perenco, y PetroAmazonas EP, para entender la respuesta mecánica del intrusivo y las formaciones clásticas en una misma sección en la perforación, no fue lo suficiente, para evitar incremento de los NPT's, asociados a la inestabilidad del agujero (pozos altamente inclinados y/u horizontales), del campo Yuralpa. Este trabajo presenta una solución a la inestabilidad del agujero, en la sección de 8 ½" y/o 12 1/4", donde se presenta el intrusivo, mediante la implementación de un modelo geomecánico adecuado para pozos. A continuación, un resumen de los pozos más crítico del Pad A:

Yuralpa Centro A-03H. Planificado de alto ángulo, objetivo Hollín Principal, PT 11026 pies (7374 pies, profundidad vertical "PV"). En la sección de 12 ¼", con inclinación de 72°, ocurre evento de pega diferencial de forma instantánea a 8857 pies, con una densidad de 10,4 lpg, ocasionando la pérdida de herramientas direccionales y un tiempo de 31 días, decide realizar un desvío del agujero original "side track #1". El side track #1 fue abandonado por empaquetamiento y atascamiento a 7520 pies, densidad usada de 10,4 lpg e inclinación de 67°, tiempo total de 20 días. Se observó indicios de señales de inestabilidad por empaquetamiento a 7040 pies, observando en las zarandas cortes finos y angulares. Decide realizar side track #2, la densidad de lodo usada en 12 ¼", entre 10,2 – 11,2 lpg, en 8 ½", entre 10,2-10,6 lpg y en 6 1/8" de 9,5 lpg con inclinación 93°, respectivamente para un tiempo de 30 días. Se resalta el hecho, que se realizó un cambio de compañía de servicio de fluido por la pérdida del pozo. El tiempo total entre agujero original más 2 desvíos del agujero original "side track" fue de 92 días (Figura 5).

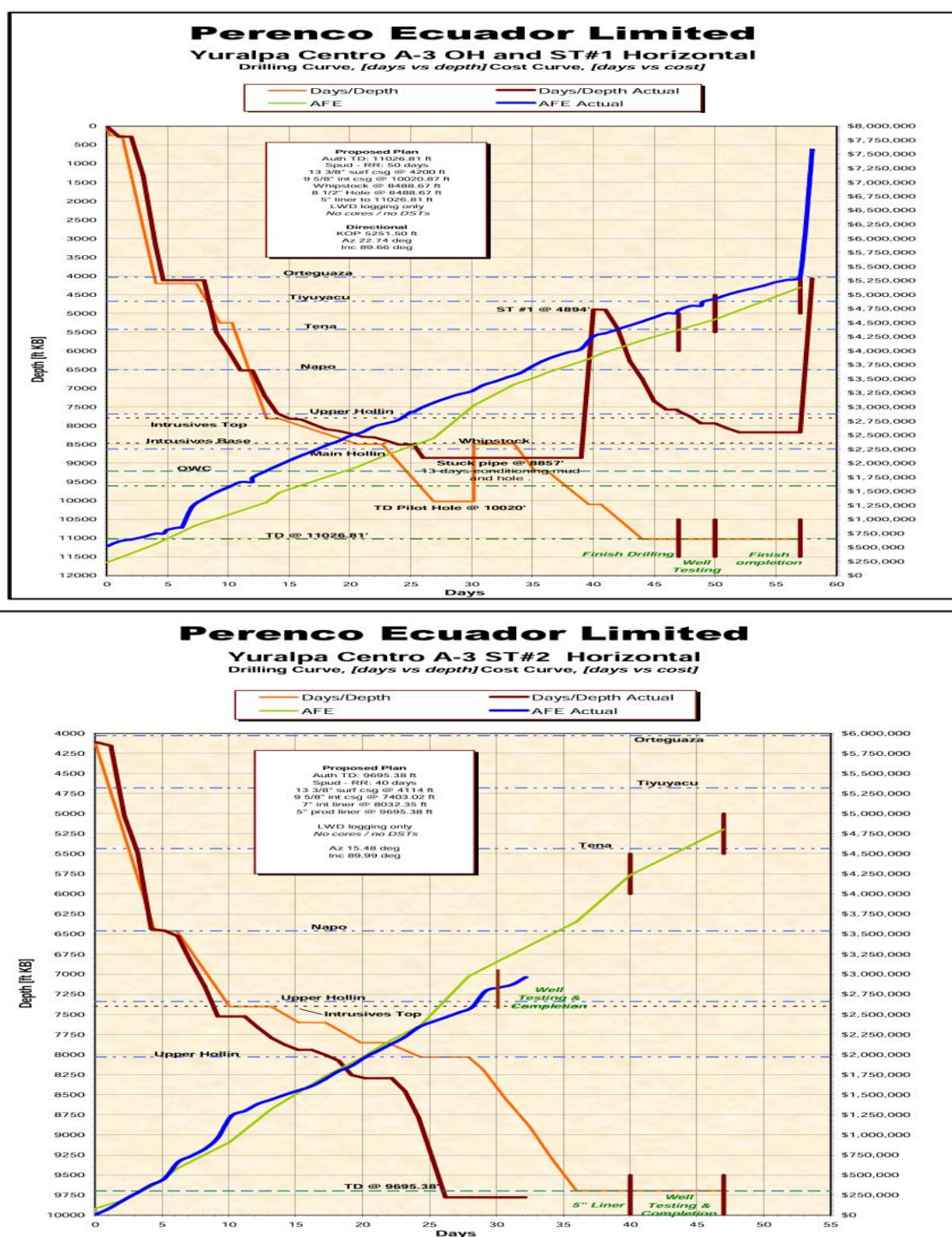


Figura 5. Curva tiempo-profundidad en YRCA 03, superior: agujero original, side trak ST#1 e inferior: side trak ST#2 (Final well report yuralpa centro A-3 original hole and ST#1 y yuralpa field final well report yuralpa centro A-3 side track #2).

Yuralpa Centro A-12H. Planificado horizontal, objetivo Hollín Principal, PT de 11000 pies (7488 pies PV). En 8 ½" a 9487 pies, perforó el intrusivo, Hollín (Superior y Principal) y lutita con una densidad de lodo de 11,5 lpg. En 6 ½", entre 9740 - 9860 pies 100% lutita (densidad de lodo entre 8,8 - 9,1 lpg), observó empaquetamiento a 9740 pies, sin lograr liberar, se pierde sección con inclinación 82°. Desafortunadamente, no hay registro de fotos de los

cortes que ayuden a identificar el mecanismo de falla. Quedaron en el pozo las herramientas direccionales y broca. El tiempo total 62 días (42 en perforación y 20 en operación de pesca), decide realizar side track. El side track #1, en sección de 8 1/2" con inclinación 80° y densidad de lodo entre 12,2 – 12,9 lpg; inicio de pega diferencial y logra liberar. El tiempo total de 43 días del ST #1 (Figura 6).

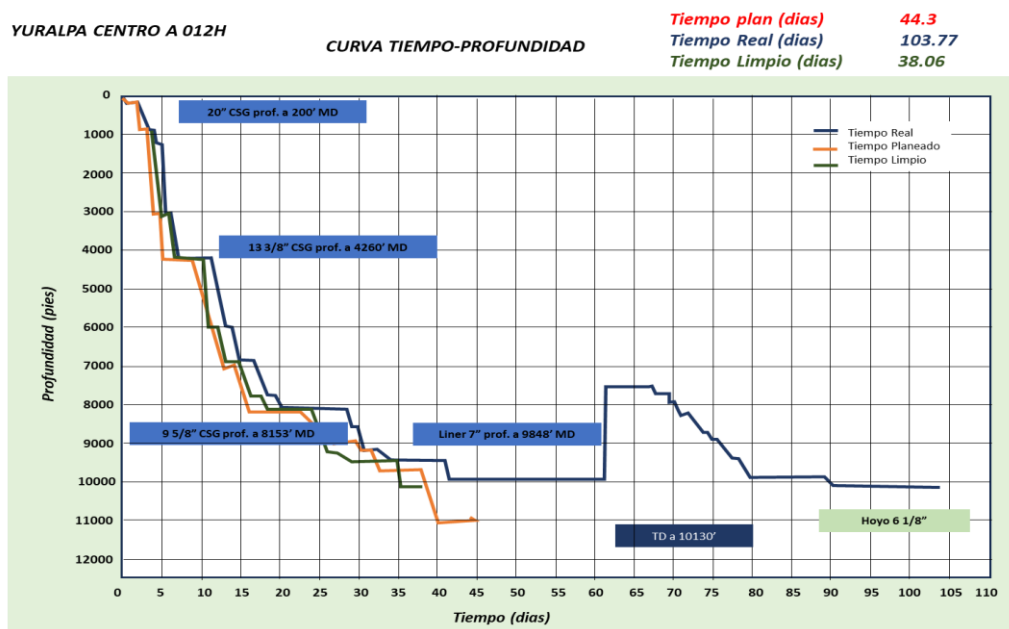
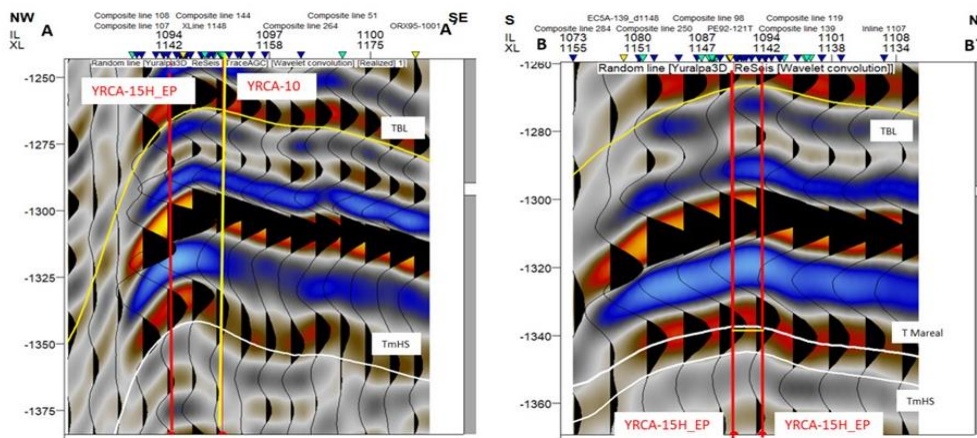


Figura 6. Curva tiempo-profundidad en YRCA 12 H (PetroAmazonas EP. (2013). Reporte final de perforación Yuralpa Centro A-012H-S1).

En todos los casos, el ángulo β fue $> 50^\circ$, aproximadamente, ángulo entre el esfuerzo máximo aplicado y la normal de los planos de estratificación de la lutita de Napo.

Modelo de Estabilidad del Agujero.

El modelo de estabilidad del agujero se realizó en base a la información estructural, geología, petrofísica, perforación y geomecánico. La ventana operacional estimada de: presión de poro, presión de colapso y presión de inicio de fractura permitió perforar un agujero estable y evitó y/o minimizó los posibles potenciales riesgos que impactan en los NPT's. El mayor riesgo se presentaba en la zona supra e infrayacente al intrusivo, donde se presentan las areniscas y lutitas, conectando formaciones con régimen de presión diferente y comportamiento mecánico extremadamente opuestos. En la Figura 7, se muestra la sección sísmica NW-SE con el mapeando el cuerpo intrusivo, a nivel de la traza del agujero YRCA 15H.



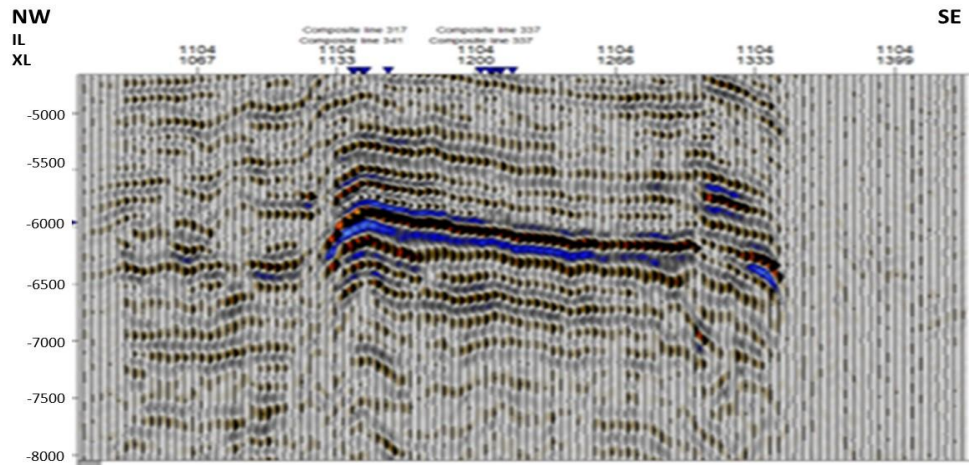


Figura 7. Mapeo del cuerpo intrusivo en sección sísmica NW SE, a nivel de la traza del agujero YRCA 15H (Check List Pozo YRCA-15H_11Jun2019).

La presión en el intrusivo, debido a la inexistencia de fractura, análisis descrito anteriormente, se asume una presión de cero. Las propiedades mecánicas se obtuvieron a partir de los registros de densidad y tiempo de tránsito. La UCS del Intrusivo se estimó y comparó con correlaciones de la literatura, mostrando un carácter extremadamente duro, UCS 199.500 KPa (Figura 8), mientras que las rocas sedimentarias entre 21.000 - 87.000 KPa. El gradiente de fractura se estimó y calibró con pruebas de integridad de la formación- FIT, y no con pruebas LOT, por lo que se usara con moderación. La presión de colapso en las rocas sedimentarias al intrusivo definió el valor de densidad del lodo, lo cual permitió mantener el agujero estable (Figura 9).

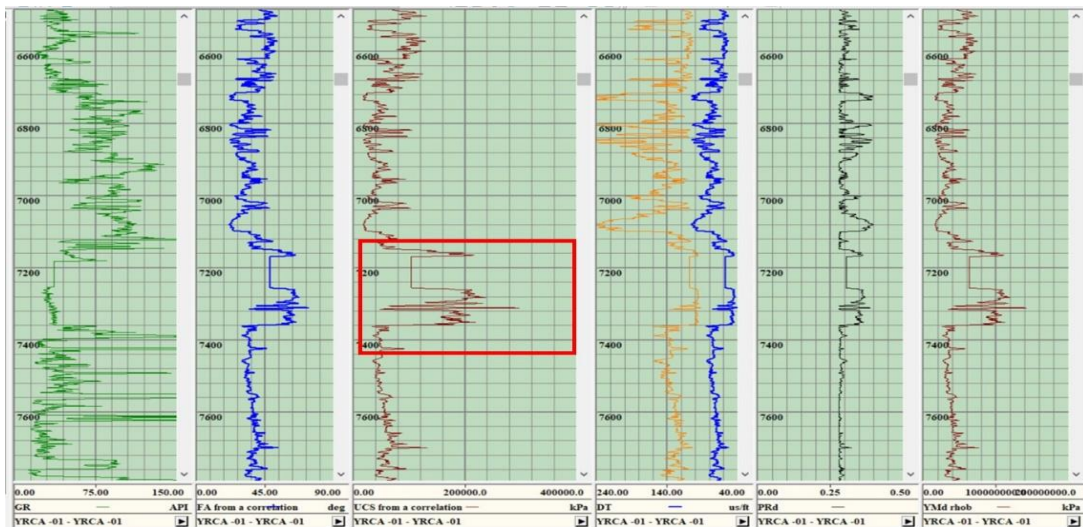


Figura 8. Parámetros de resistencia y módulos elásticos (dinámicos) de la roca en el pozo YRCH 01, campo Yuralpa.

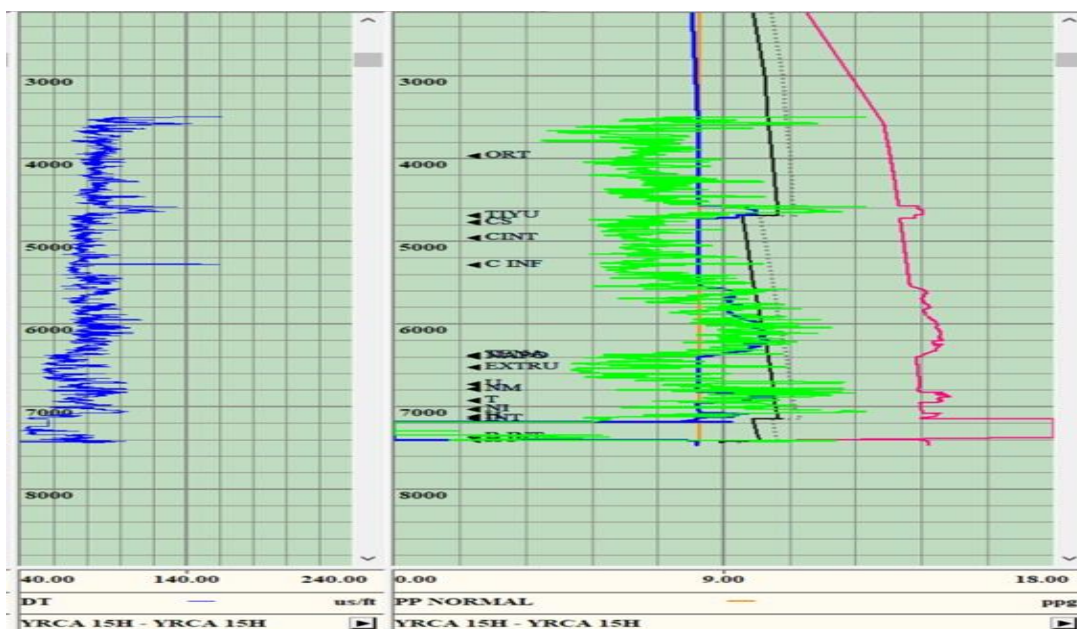


Figura 9. Ventana operacional localización YRCA 15H, campo Yuralpa.

Aplicación del Modelo Geomecánico. Yuralpa Centro A-15H (YRCA 15H), planificado horizontal, objetivo Hollín Principal, PT a 9482 pies (6180 pies PV), en 5 secciones. La sección de 8 ½’’ a 8968 pies, de interés del estudio, la densidad de lodo usada entre 9,6 – 9,8 lpg (Figura 10). Todas las sesiones fueron perforadas sin mayores consecuencias. Se debe mencionar que, en el viaje a superficie, con una inclinación 82°, se presentó evento de empaquetamiento, liberando con éxito. Lo que ocasionó 3 días de NPT’s, aproximadamente, debido a una mala práctica operacional, asociado a falta de limpieza y no por inestabilidad del agujero, evidenciado por un incremento de 10 % de retorno de ripios, lutitas retrabajadas y cortes de tamaño normal, el asentamiento del liner quedó 100 pies por encima del plan. El pozo fue perforado en 24,83 días (Figura 11).

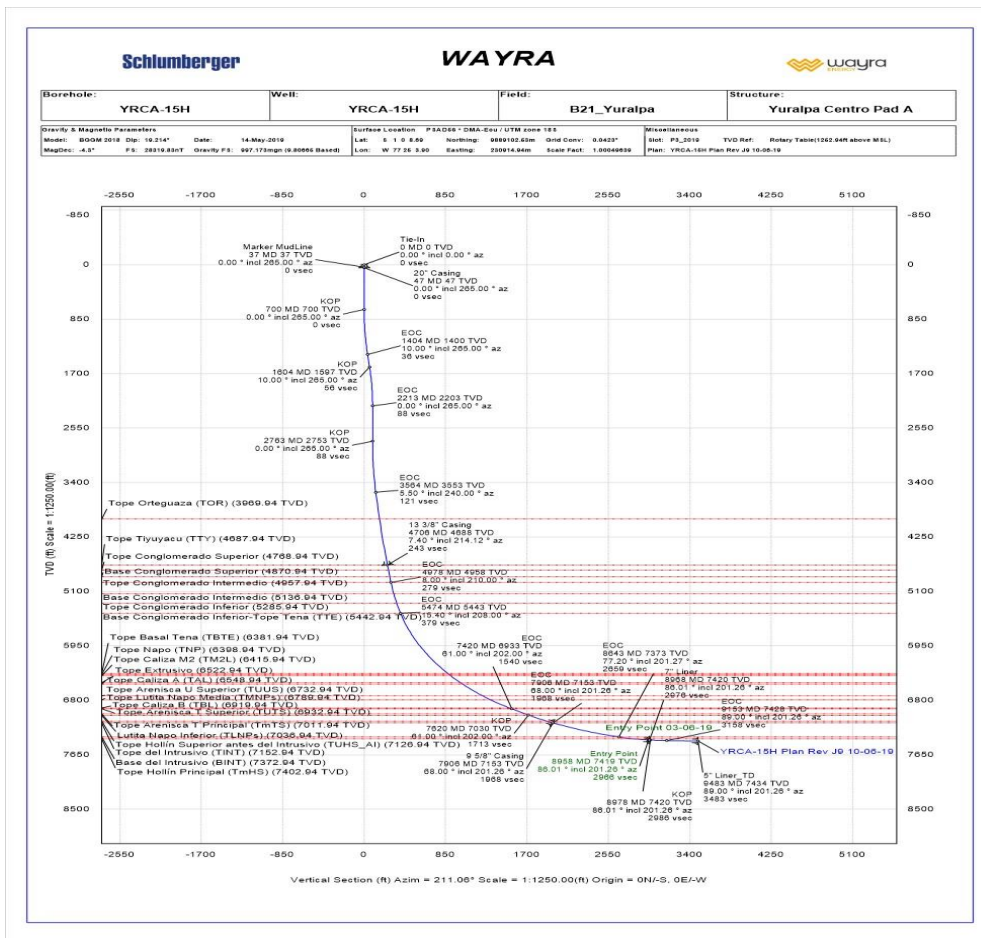


Figura 10. Perfil direccional de YRCA 05 H (Check List Pozo YRCA-15H_11Jun2019).

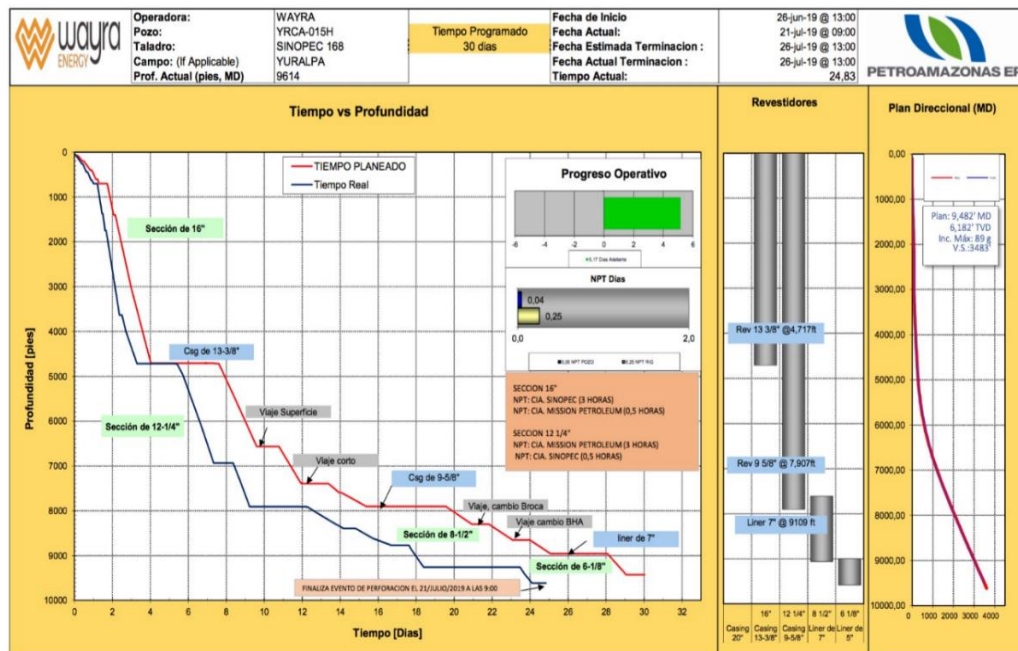


Figura 11. Curva tiempo vs profundidad de YRCA 15H, tiempo real 25 días y 30 días plan (Informe final de perforación pozo YRCH015H).

La Figura 12, muestra el registro de litología “Masterlog” de YRCA 15H indicando la litología que bordea el intrusivo. La Figura 13, muestra la morfología de la lutita con corte normal de tamaño promedio de 7,5 mm, suprayacente al intrusivo; sin evidencia de algún mecanismo de falla correspondiente a la sección de 12 ¼”. En la Figura 14, se muestra la morfología observada de los cortes del cuerpo intrusivo, con un espesor de 847 pies (238 pies PV), con un tamaño promedio de 2,0 mm y en la Figura 15, se muestra la morfología de la lutita con corte normal de 4,0 mm, sin evidencia de algún mecanismo de falla, infrayacente al intrusivo.

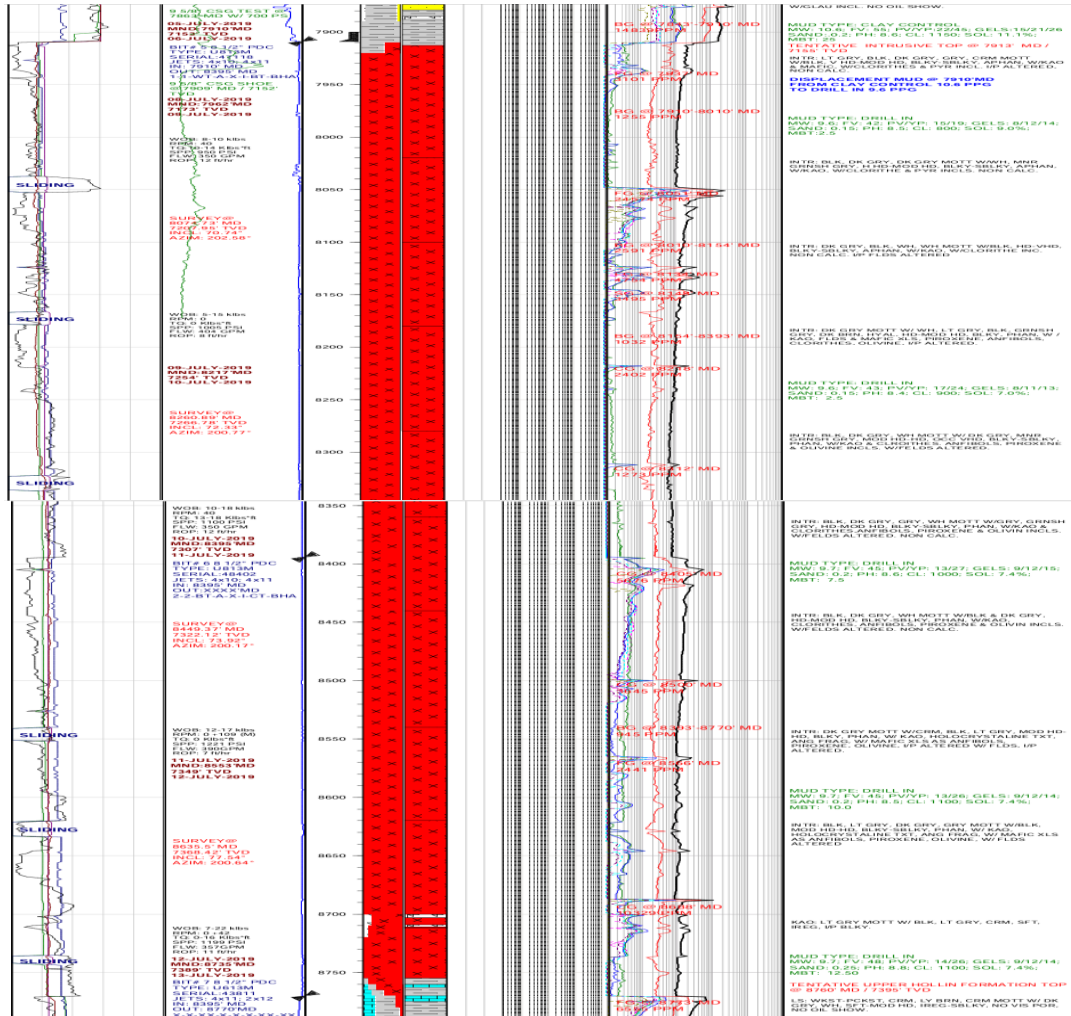


Figura 12. Descripción litológica pozo YRCA 15H, espesor del intrusivo 847 pies (238 pies PV) (Reporte final de perforación Yuralpa Centro A-015H).



Figura 13. Morfología de los cortes de: lutita tamaño promedio 7,5 mm, limestone y arenisca suprayacente al intrusivo, pozo YRCA 15H (Reporte final de perforación Yuralpa Centro A-015H).

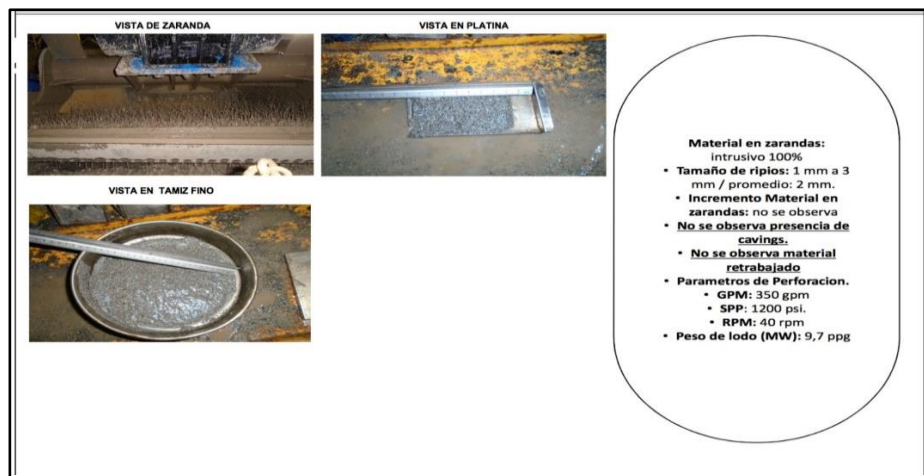


Figura 14. Morfología de los cortes del intrusivo tamaño promedio 2 mm, pozo YRCA 15H (Reporte final de perforación Yuralpa Centro A-015H).



Figura 15. Morfología de los cortes lutita tamaño promedio 4,0 mm, infrayacente al intrusivo, pozo YRCA 15H (Reporte final de perforación Yuralpa Centro A-015H).

Resultados y Discusión

Los resultados han reforzado el punto de vista sobre que, el valor de la densidad del lodo de 9,7 lpg fue determinado por el valor máximo de presión de colapso de las rocas sedimentarias circundante al Intrusivo, lo que permitió garantizar un agujero estable en el YRCA 15H.

La falla por compresión con morfología tipo aguja “splinter, en inglés” (baja densidad con respecto a la presión de poro en la lutita Napo) y/o la falla por resistencia anisotrópica – roca con planos de debilidad pre-existente, ángulo beta > 50° (ángulo de intersección con los planos de estratificación) de las lutitas fue controlada con una densidad de 9,7 ppg, conectados con el Intrusivo. Además, un posible evento de pega diferencial se evitó, como consecuencia de un menor diferencial de presión, ~ 500 psi. Los resultados concuerdan con lo obtenido del modelo geomecánico desarrollado en este estudio.

Fue necesario considerar, una serie de limitaciones importantes en el estudio: en primer lugar, no disponer de un estudio de caracterización de fractura en el intrusivo; segundo, la falta del set de registros eléctricos convencionales y especiales para calibrar, particularmente, a nivel del intrusivo. Estas limitaciones suponen que los resultados del estudio deben ser interpretados con cautela específicamente, el comportamiento del intrusivo y densidad del lodo.

Un aspecto relevante de esta investigación fue que, a partir del análisis exploratorio de detección de fractura, por primera vez, se determinó la ausencia de fracturas en el intrusivo, evidenciado por la respuesta de los registros convencionales (resistividad, sónico y densidad) y los eventos de perforación presentes en cuerpo intrusivo. Estos resultados sugieren, el papel esencial del comportamiento inerte del cuerpo intrusivo sobre la estabilidad del agujero. Este hecho, resulto fundamental, ya que contribuyo a minimizar la densidad del lodo, hasta el valor de presión de colapso de las lutitas de Napo. Para propósitos de este estudio, la discusión se enfoca en la estabilidad del agujero, donde se presenta el intrusivo y las rocas sedimentarias supra e infrayacente a este (sección 8 ½”). Aun cuando, el agujero estuvo estable en las otras secciones, no se aborda de forma explícita.

Modelos geomecánicos previos en el área, se centraron en incrementar de la densidad del lodo, por ejemplo, hasta 12,4 lpg en YRCA 12H ST1, conectando formaciones en una misma sección: las areniscas Basal Tena, U, T y Hollín (reservorios), las lutitas de Napo (Superior, Media e Inferior) y el cuerpo Intrusivo. En el caso particular de, YRCA 12H (agujero original), se perforaron 234 pies PV de Intrusivo y 31 pies y 545 pies de las areniscas Hollín Superior y Hollín Principal y lutitas, supra e infra yacente al intrusivo- sección 8 ½”, con una densidad de lodo de 11,5 lpg. Sin diferencias significativas en los resultados de la estabilidad del agujero y valor de densidad del lodo, cuando se comparan con pozos sin modelo geomecánico, estos ejemplos ilustran algunas evidencias: 13,2 lpg en YRCA 11 ST1, 12,8 lpg en YRCG 4H, 12,7 lpg en YRCD 05H. Donde se experimentó, también, inestabilidad del agujero, ocasionando hasta 2 side track, ej. YRCA 03H. Los modelos geomecánicos previos han mostrado la poca compresión de los mecanismos de falla en las rocas sedimentarias, así como el comportamiento del Intrusivo, y el alto impacto en los costos-tiempos de perforación, inclusive con pérdida de herramientas direccionales. Por otro lado, en ningún modelo se hace mención específica del comportamiento del intrusivo y su efecto en la estabilidad del agujero. White, H., et al, 1999, concluyen que, incremento de la densidad del lodo dentro del intrusivo no son necesarios.

El análisis de la morfología de los cortes y la medición del volumen, en tiempo real y simultáneamente, el análisis de la densidad equivalente de circulación “ECD” y los parámetros operacionales condujo a mejorar la comprensión acerca de la inestabilidad del agujero.

Los resultados de este estudio proporcionan una contribución especial para el entendimiento de la estabilidad del agujero, en presencia de una formación altamente desafiante como lo es intrusivo, en los pozos del Pad A del campo Yuralpa, así como un impacto significativo en los costos-tiempo de perforación “NPT`s”.

Conclusiones

El análisis integrado es usado para definir el valor de densidad de lodo, que permita perforar un agujero estable, minimizando y/o evitando los diferentes mecanismos de falla de las formaciones conectadas en una misma sección. Los resultados del estudio confirman que:

1. No se identificaron fracturas en el Intrusivo (cuerpo ígneo), haciendo que se comporte de manera “inerte” frente a la estabilidad del agujero.

2. La brusca interface entre el intrusivo y las rocas clásticas no ocasionaron problemas operacionales a pesar del alto ángulo de inclinación.
3. El valor de la densidad del lodo usado fue definido por la presión de colapso de las rocas clásticas.
4. La densidad del lodo usada controló los dos principales mecanismos de falla tanto por tensión y resistencia anisotrópica, ángulo Beta- β mayor a 60° , de las lutitas de Napo –Superior, Media e Inferior, altamente sensibles:
5. Mínimo diferencial de presión entre la columna hidrostática y los reservorios, redujo el riesgo de pega diferencial.

Incremento de la densidad del lodo podría ser significativamente más grave, ocasionando: la falla por resistencia anisotrópica y evento de pega diferencial de forma simultánea. También, alta reología del lodo y practicas operacionales para limpieza del agujero ocasionan la inestabilidad de las lutitas de Napo.

La serie de análisis desarrollados permitió un entendimiento más comprensivo de la respuesta mecánica del intrusivo, consistente con las observaciones realizadas, coincidiendo con White, H., et al. (2001), que el intrusivo no requiere incremento de lodo.

Agradecimientos

El autor desea dar una especial gracias al gerente de perforación de WayraEnergy S.A., Ing. Bastidas Alejandro, por la oportunidad y su soporte en esta investigación.

Referencias Bibliográficas

Addis, T, Boulter, D., Roca Ramisa, L., Plumb, D. (1993). The quest for borehole stability in the Cusiana field Colombia. OilField Review. 33-43.

Baby, P., Rivadeneira, M., Barragán, R. (1999). La Cuenca Oriente: Geología y Petróleo. 1 st Ecuador. IEFA Instituto Frances de Estudios Andinos.

Baby, P., Rivadeneira, M., Christophoul, F., Barragan, R. (1999). Style and timing of deformation in the Oriente Basin of Ecuador. 4nd International Symposium on Andean Geodynamics (ISAG-99). Univ. Gouingen (Germany), Extended Abstracts Volume, 68-72.

Barragan, R., Baby, P. (1999). A Cretaceous hot spot in the Ecuadorian Oriente Basin: geochemical, geochronological, and tectonic indicators, 4nd International Symposium on Andean Geodynamics (ISAG-99), Univ. Gortingen (Germany), Extended Abstracts Volume 77-81.

Bradley, W.B. (1979). Failure of inclined boreholes. Journal Energy Resource. Technology. 101(4), 232-239.

Edward, S.T., Bratton, T.R., Standifird, W.B. (2002). Accidental geomechanics: capturing in situ stresses from mud losses encountered while drilling. SPE/ISRM Rock Mechanics Conference. SPE-78205-MS.

Farroqui, M.Y., Hou., H., Li, G., Machin, N., Neville, T., Pal, A., Shrivastva, C., Wang, Y., Yang, F., Yin, C., Zhao, J., Yang, X. (2009). Evaluación de yacimientos volcánicos. Oilfield Review, Volumen 21 (1), 36-48.

González Freites, D. A., Zambrano Mendoza, O. y Barrios, J. L. (2024) «Comparación del Modelo Geomecánico obtenido a través de DInSAR con el Modelo existente generado a partir de Registros de Pozos para el yacimiento Lagunillas Inferior-07 (LGINF-07) en el Lago de Maracaibo, Venezuela», Rev. Téc. Fac. Ing. Univ. Zulia, 47, p. e244709. doi: 10.22209/rt.v47a09.

Mapa de bloques petroleros del Ecuador continental (2018). disponible en: [https:// www.petroamazonas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/03/CAMPOYURALPA.pdf](https://www.petroamazonas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/03/CAMPOYURALPA.pdf)

Mark, D. Zoback. (2007). Reservoir Geomechanics. 1th ed. United Kingdom: at The University Press, Cambridge.

-
- ORYX Energy Company. (2007). Final Well Report Geología 12311997 YRCA-001A. Campo Yuralpa. Ecuador.
- ORYX Energy Company. (2007). Masterlog pozo YRCH 01. Campo Yuralpa. Ecuador.
- Perenco Ecuador Limited. (2002). Final well report yuralpa centro A-3 original hole and st#1 y yuralpa field final well report yuralpa centro A-3 side track #2.
- PetroAmazonas EP. (2013). Reporte final de perforación Yuralpa Centro A-012H-S1
- Stephen, E., Bruce, M., Steve, W. (2003). Imaging unstable wellbore while drilling. SPE/IADC, 79846, 19-21.
- Wayra Energy. (2019). Curva de tiempo versus profundidad 07272019 pozo YRCA-015H.
- Wayra Energy. (2019). Check List Pozo YRCA-15H_11Jun2019.
- Wayra Energy. (2019). Reporte final de perforación Yuralpa Centro A-015H.
- Walker, G. (1993). Basaltic-volcano systems. In: Prichard, H., Alabaster, T., Harris, N., and Neary, C; (eds), Magmatic processes and plate tectonics, Special Publication: Geological Society of America, 76, 3-38.
- White, H., Barragán, R., Jordan, D., Robbs, E., Ramírez, F. (1999). Predictability of reservoir facies within a sequence stratigraphic framework, Oriente Basin, Ecuador. AAPG Annual Convention, San Antonio Texas, A 149.

Editor Asociado: Dr. Orlando Zambrano Mendoza
Facultad de Ingeniería, Escuela de Petróleo
Universidad del Zulia
Correo electrónico institucional: ozambrano@fing.luz.edu.ve
Venezuela



REVISTA TECNICA

DE LA
FACULTAD DE
INGENIERIA
UNIVERSIDAD
DEL ZULIA

Volumen 48. Año 2025, Edición continua _____

*Esta revista fue editada en formato digital y publicada en enero 2025, por el **Fondo Editorial Serbiluz, Universidad del Zulia.** Maracaibo-Venezuela*

www.luz.edu.ve

www.serbi.luz.edu.ve

www.produccioncientificaluz.org