



Lima Section



EXPERIENCIAS DE PERFORACIÓN Y COMPLETACIÓN EN POZOS HORIZONTALES EN EL BLOQUE 95

AGENDA

1. Background: Perforación de pozos de alto ángulo
2. Ubicación del Lote 95
3. Aspectos de Ingeniería de Perforación
 - Planificación de un pozo horizontal (Diseño)
 - Perforación de un pozo horizontal
 - Geo navegación
4. Aspectos de los Completación de Pozos
 - Completación de pozos horizontales
5. Conclusiones
 - Perforación de Pozos
 - Completación de Pozos

BACKGROUND: RAZONES PARA PERFORAR POZOS DE ALTO ANGULO

- Locaciones inaccesibles verticalmente, en nuestro caso una parte del reservorio está localizado debajo de la Reserva Nacional Pacaya Samiria.
- Minimizar el impacto medioambiental perforando desde una sola plataforma.
- La inversión en un pozo horizontal es menor que dos pozos verticales o direccionales y el factor de recuperación de petróleo es mayor.

BACKGROUND: RAZONES PARA PERFORAR POZOS DE ALTO ANGULO

- Incluir los artículos de la DS-032-2004-RM en relación a espaciamiento, unitización y zonas intangibles.....
- Estrategia para extraer HCs en zonas de alta sensibilidad...

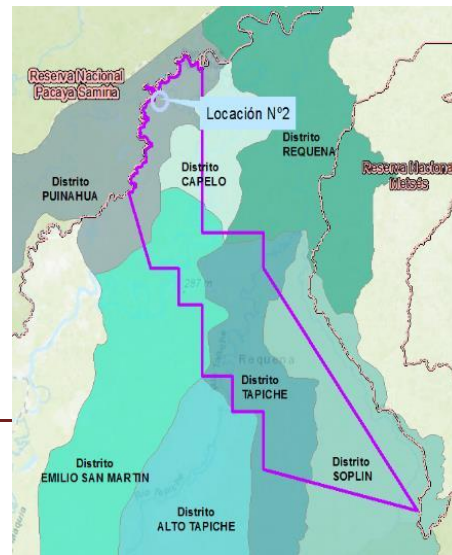
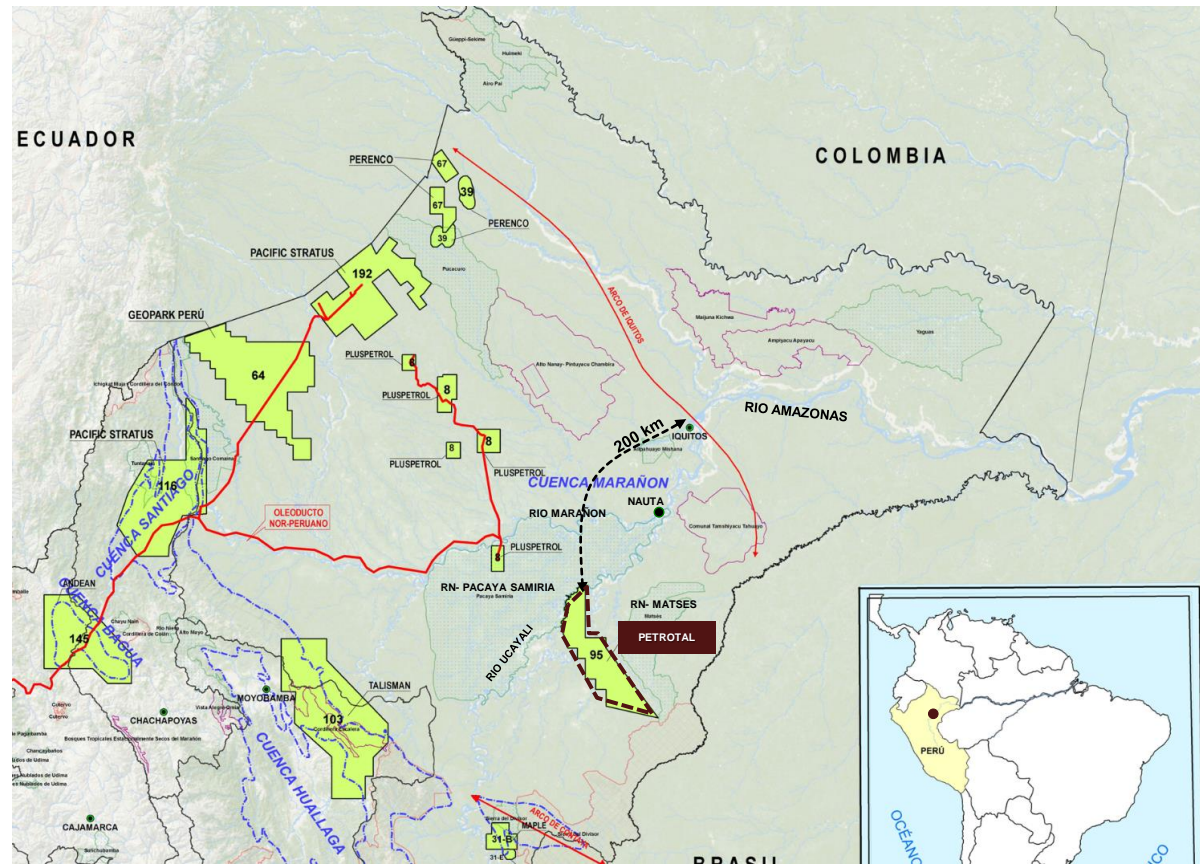
UBICACIÓN

LOTE 95

Región Loreto Perú.

La Locación **Bretaña Norte**, se ubica al Norte del Lote 95, a orillas del canal Puinahua. Precisamente la Reserva Ecológica “Pacaya Samiria” se encuentra en la orilla contraria del Puinahua.

Zona de amortiguamiento de la Reserva Pacaya Samiria, razón por la cual los pozos son direccionales y horizontales.

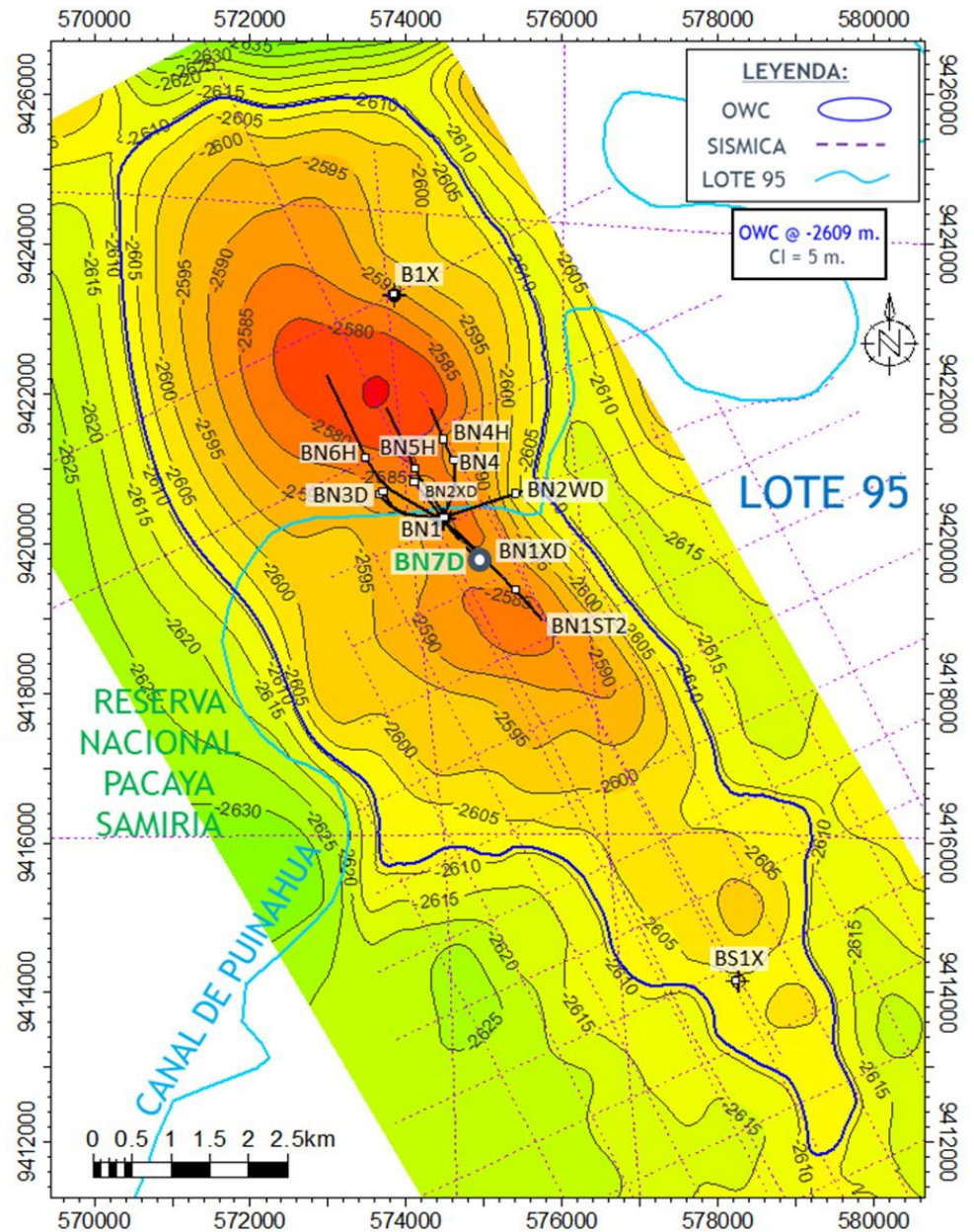


PERFORACIÓN DE POZOS

TRAYECTORIA DE LOS POZOS

En esta lámina podemos ver la trayectoria de los pozos sobre el tope de la formación Vivian.

El primer pozo horizontal fue desarrollado por la empresa Gran Tierra, pozo BN-1XD y BN-1ST2, debido que durante la perforación de este pozo la sección curva presento varios problemas de estabilidad y al final una pega de tubería



RESEÑA DE DISEÑO

POZO 3H

El primer pozo horizontal planificado por PetroTal, fue el pozo 3H. Hubieron muchos problemas durante la perforación de estabilidad en la sección curva del pozo, constantes y largos viajes, con la posterior pérdida de la sección, razón por lo cual se decidió cambiar el diseño de pozo horizontal a pozo direccional, cambiando el nombre BN-2-2-3H a BN-2-2-3D.

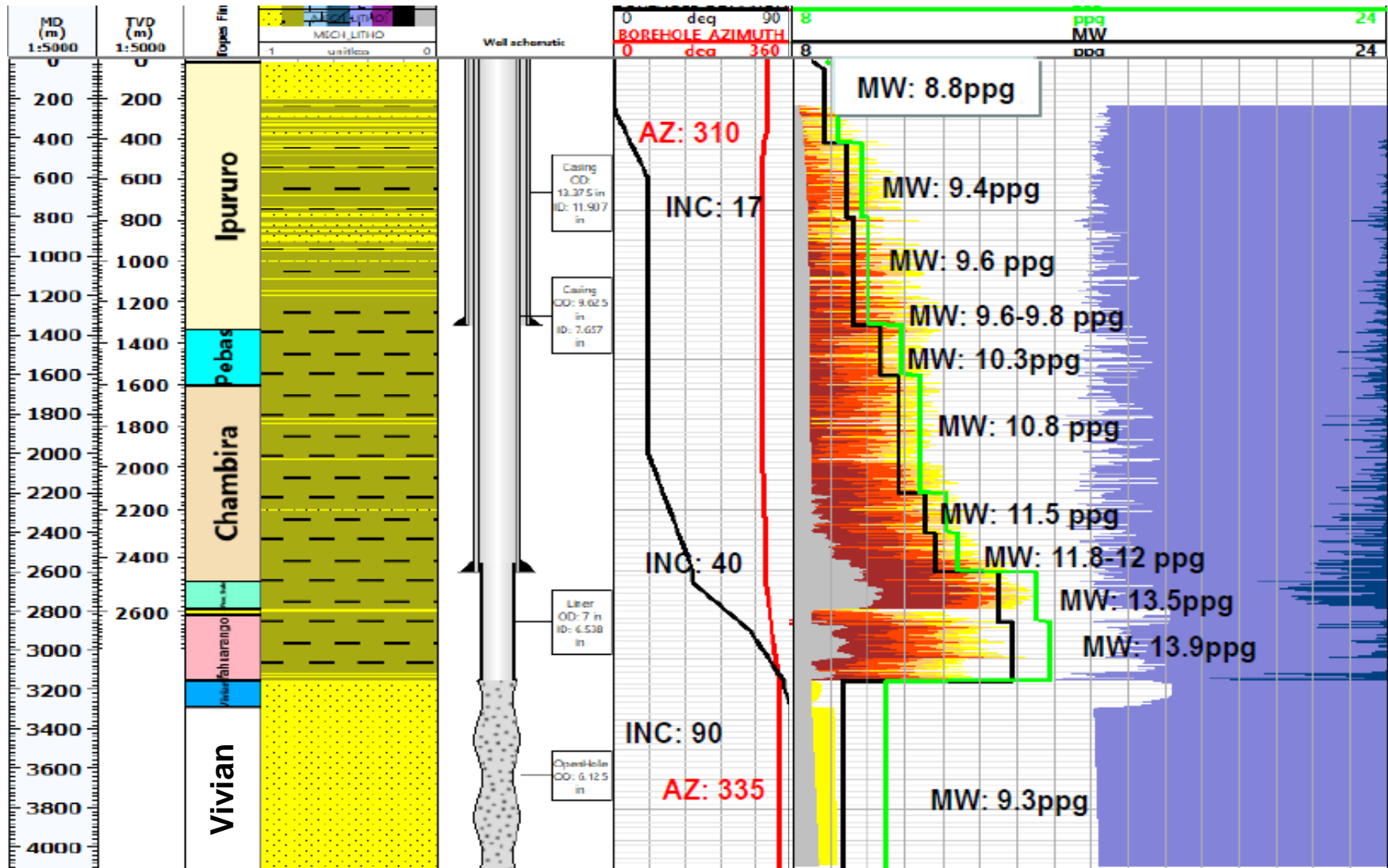
Como consecuencia de los problemas presentados, se reevaluó la geomecánica de las diferentes formaciones atravesadas.

POZO 4H

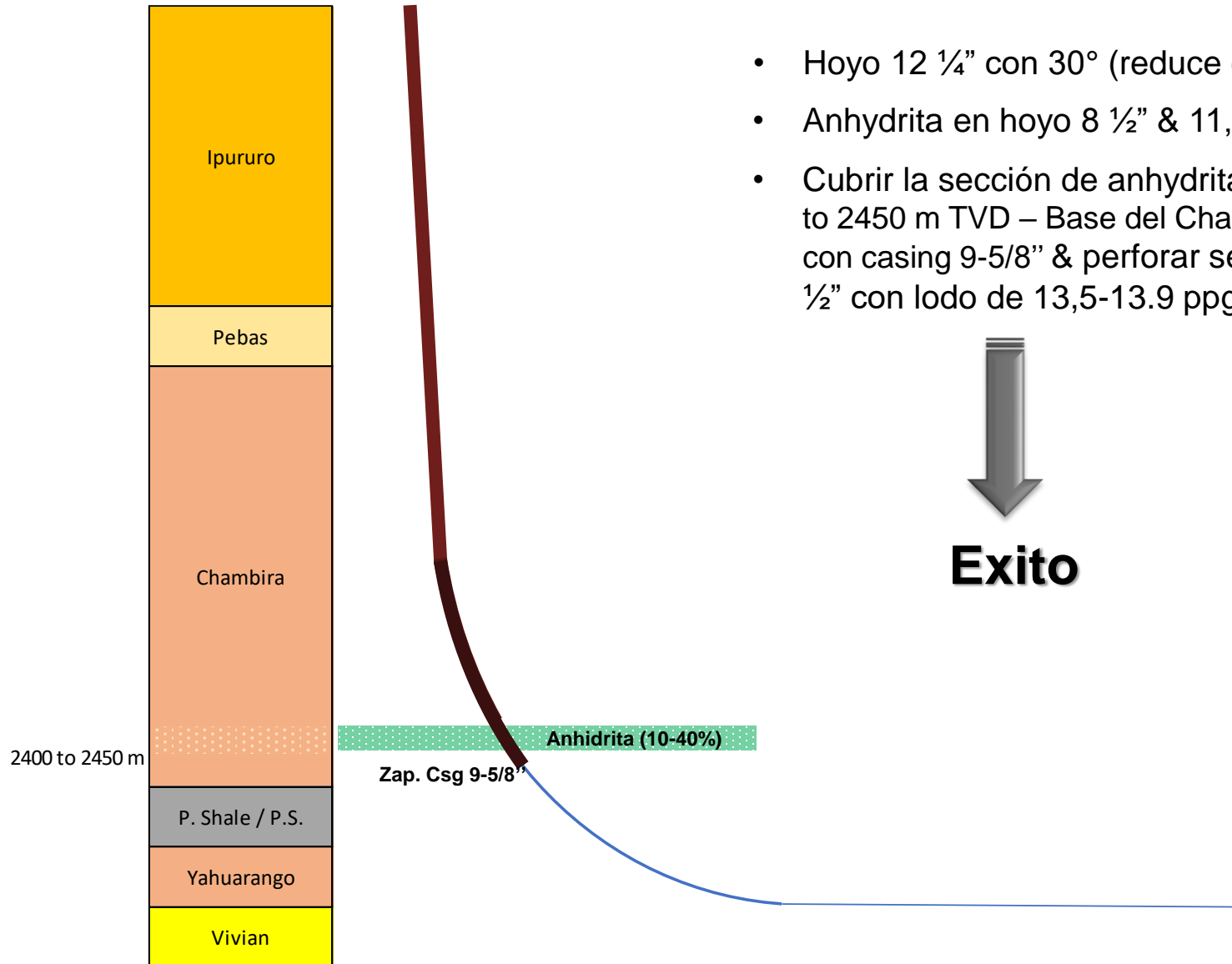
El primer pozo horizontal perforado por la empresa PetroTal, fue el pozo 4H. Para este pozo se planificó un diseño diferente al pozo 3H

Se tomó como lección aprendida, la mejora del sidetrack de Gran Tierra en el pozo 1XD-ST2, perforando toda la sección desde el inicio con pesos altos y además se profundizó el revestimiento de 9-5/8" para cubrir la zona de anhidrita dentro de la formación Chambira.

VENTANA DE LODO (GEOMECÁNICA)



ANHIDRITA Y 13.9 PPG EL PESO DEL LODO



- Hoyo 12 ¼" con 30° (reduce curva 8 ½")
- Anhydrita en hoyo 8 ½" & 11,5ppg
- Cubrir la sección de anhydrita (2400 to 2450 m TVD – Base del Chambira) con casing 9-5/8" & perforar sección 8 ½" con lodo de 13,5-13.9 ppg

Exito

Cabeza de Pozo - 3M

Lodo	
16" Hoyo	8,8 a 9,6 ppg (1100gpm) Bentonite / Lodo Yeso
12-1/4" Hoyo	9,6 a 11,8 ppg Lodo Yeso agua-barita (toda la sección)
8-1/2" Hoyo	13,5 a 13,9 ppg Lodo Polimérico (agua-barita)
6-1/8" Hoyo	9,3 ppg Drill in

Revestimiento		
13-3/8", 68#/FT K55-BTC-R3	1,370 m	0-1370m
9-5/8", 47#/FT. L80-TXP-R3 2 torque ring 47ppf float equipment	2622 m	0-2622m
7" .29.00#/FT. N80-TXP (SD 6-1/8") 2 torque ring 26ppf float equipment	647 m	2522-3161m
Liner, AICD, Malla Tubos: 4-1/2", 12,6 PPF, TN75, TB, R2 (aprox. 772 m) Mallas (50): 4-1/2", 12,6 PPF, L80-Cr1, TB, R2 (Horizontal) Con AICD y mallas (467 m)	1239 m	3061-4300 m
Tubing 4-1/2", 12,6 PPF, L80-Cr1, TB, R2	1700 m	0-1700m
Colgadores		
7" Liner Hanger Expandible, 7" x 9-5/8"		
4.5" Sand Packer Quantum, 4.5" x 7"		

16" Hoyo (17°) a 1370 m
(1327 TVD)

Conductor 20"
Hincada a 29 m

KOP1 @ 160 m

KOP2 @ 2000 m

TOL 7"
2522 m

12-1/4" Hoyo (40°) a 2622 m
(2470 TVD)

8-1/2" Hoyo (86°) a 3161 m
(2696 TVD)

TOL 4.5"
A 3063 m

6-1/8" Hoyo (90°) a 4300 m
(2699 TVD)

DISEÑO DE POZO

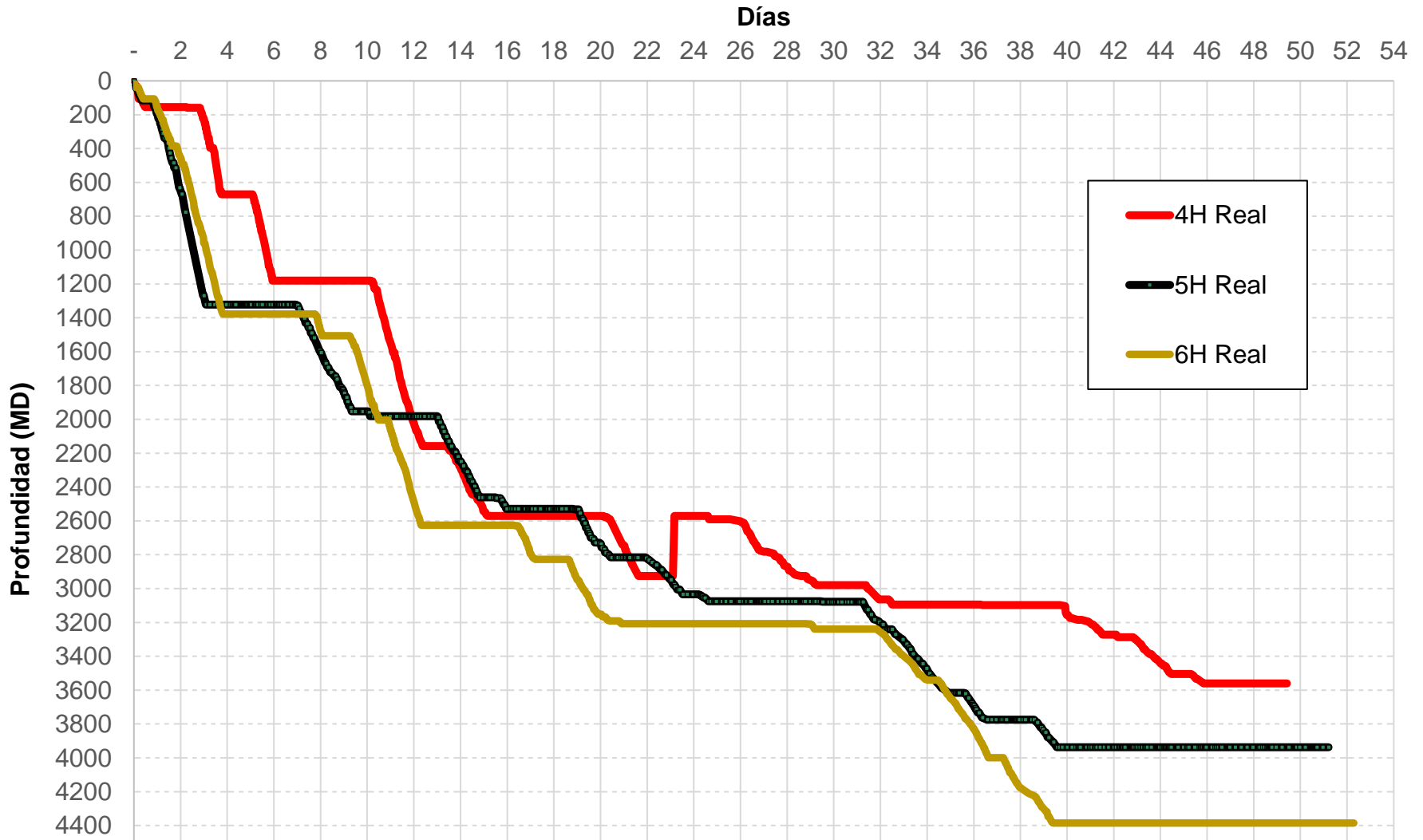
MEJORAS EN POZOS 5H Y 6H

Este nuevo diseño fue bastante exitoso, mejorando cada vez mas en el pozo 5H y 6H, perforando cada vez en menos tiempo y mayor sección horizontal.

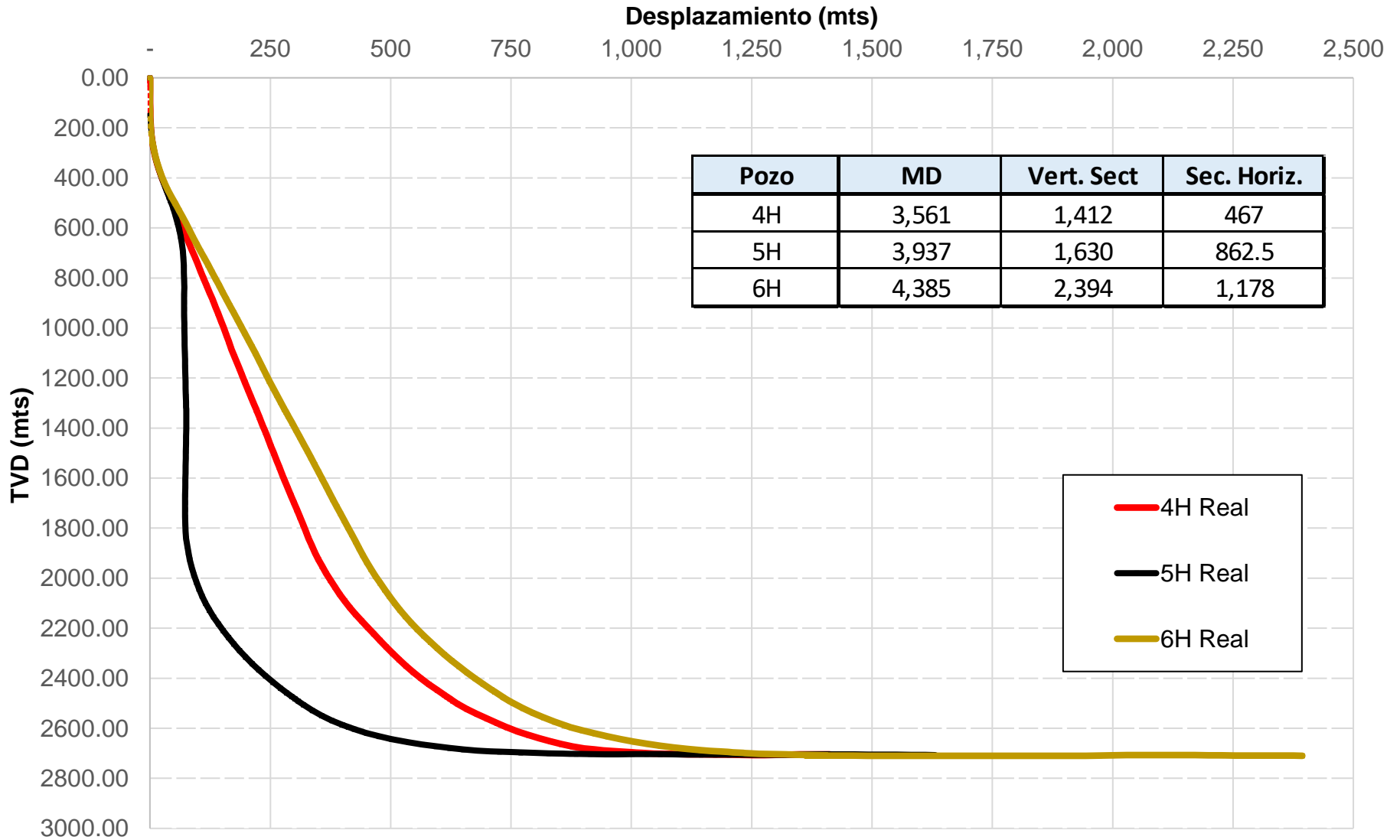
Las principales cambios y mejoras fueron:

1. Ir aumentando el DLS con un Power drive más moderno, de esta manera aumentamos la sección perforada con este equipo, mejorando los tiempos de viajes, ROP's y tiempos de re-logeo de las herramientas direccionales
2. Cambio del DP de 3-1/2" IF por DP de 4" HT, este cambio sirvió para poder extender la sección horizontal, pudiendo soportar el doble del torque con estas conexiones.
3. Utilización de lubricante liquido en concentración de 1% se pudo reducir entre el 40 y 50% del torque. Se confirmó con el personal de Geociencia que el lubricante liquido no originaría daño a la formación y sobretodo no sería un problema en la descripción de los cortes recuperados.

Tiempo vs Profundidad Bretaña Norte Horizontales

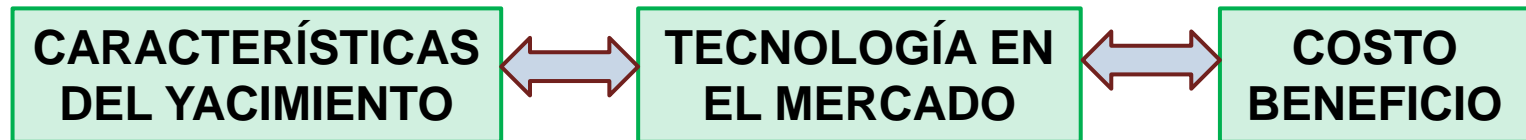


Profundidad Vertical vs Desplazamiento Horizontal Bretaña Norte Horizontales



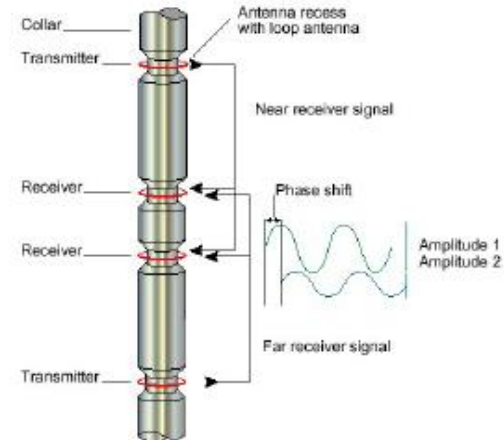
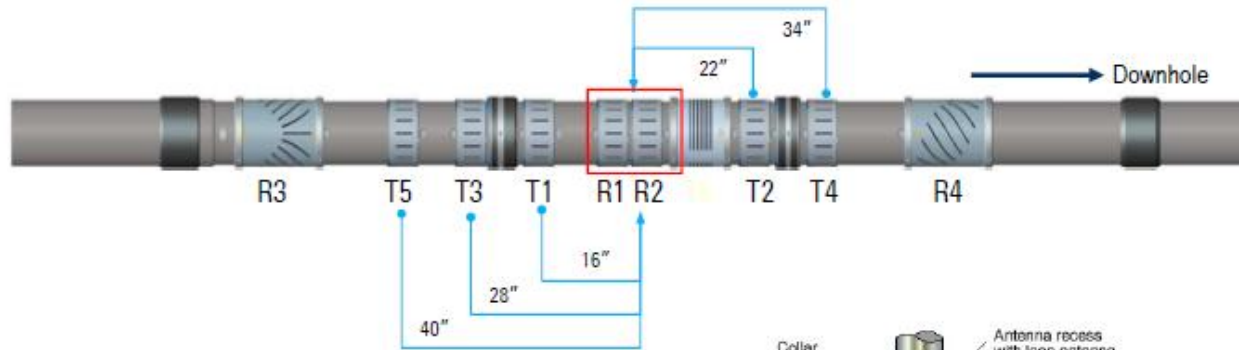
GEONAVEGACIÓN

La necesidad de adquirir data para geonavegación, evaluación geológica y petrofísica en pozos horizontales....



**PeriScope HD (Resistividad – GR) &
ADN (Azimuthal Density Neutron)**

PERISCOPE HD (RESISTIVIDAD & GR - LWD)

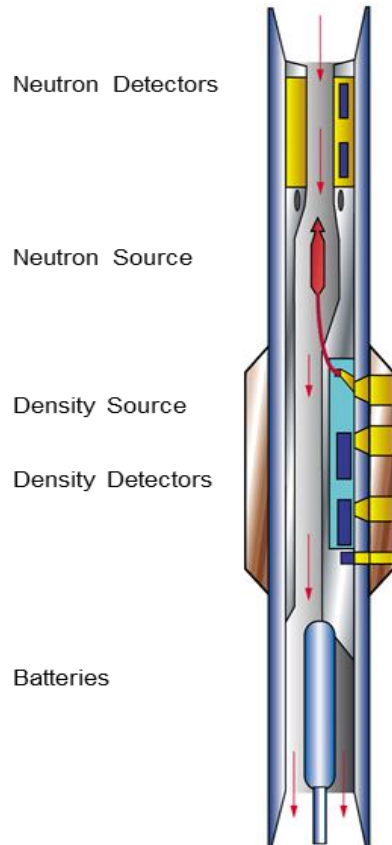


- Mediciones de Resistividad

- Frecuencias: 100 kHz, 400 kHz y 2 MHz
- Espaciamiento: 16", 22", 28", 34", 40"

IMAGENES CORTESIA SLB

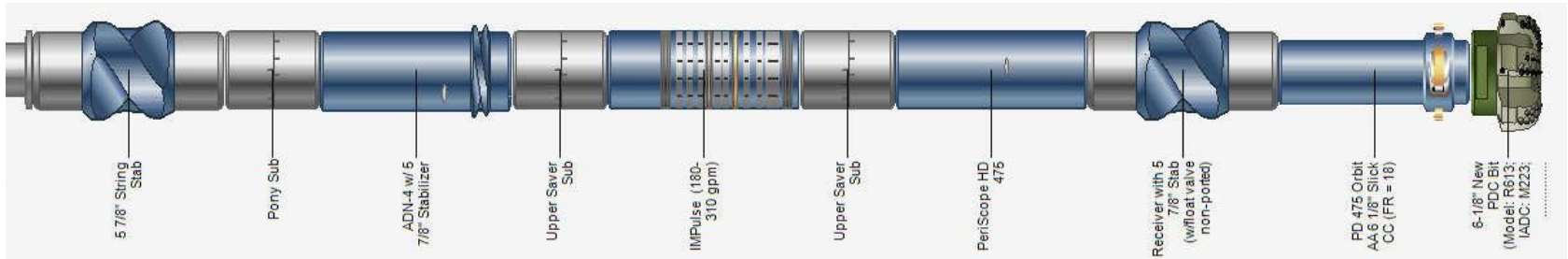
ADN (AZIMUTHAL DENSITY-NEUTRON – LWD)



- Proporciona densidad, porosidad neutrón, efecto fotoeléctrico y caliper de densidad.
- Mediciones de densidad enfocadas azimutalmente.
- Las mediciones de densidad del sector minimizan los efectos del pozo.
- Medición de la porosidad neutrón corregida por efectos ambientales.
- Se pueden obtener imágenes de todos los datos azimutales para aplicaciones de interpretación geológica y geonavegación.
- Fuentes nucleares recuperables por cable.

IMAGENES CORTESIA SLB

BHA SECCIÓN PRINCIPAL – SOLO LWD



ADN

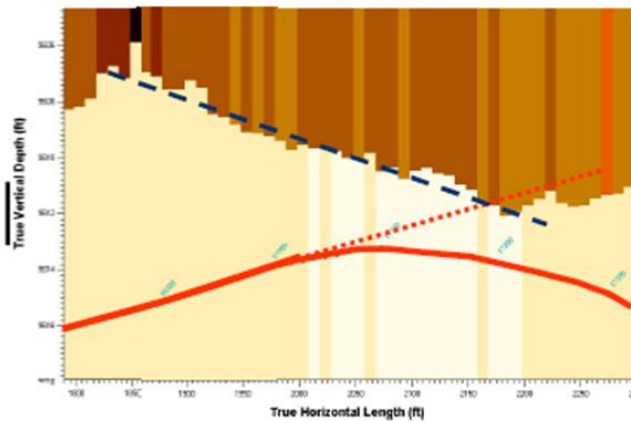
PERISCOPE HD

BROCA

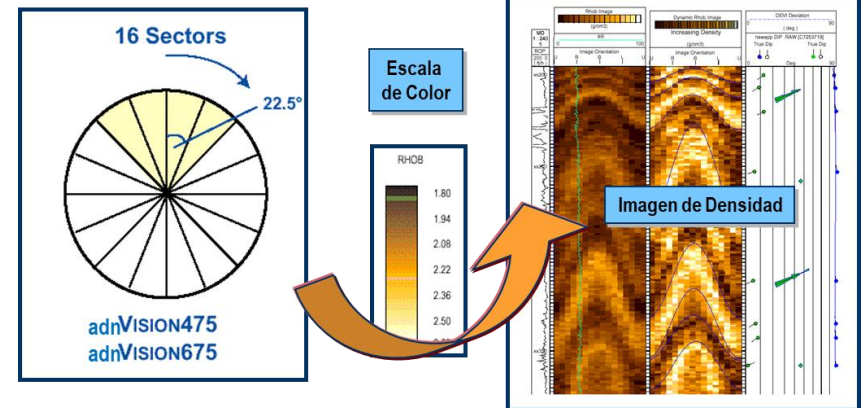
Sensor Offset from Bit (m)	
PD Gamma Ray	2.05
PD D+I	2.33
PD Azim	2.97
PeriScope APWD	12.01
PeriScope Res	9.28
PeriScope GR	12.25
Impulse D&I	18.08
ADN Density	26.35
ADN Neutron	27.46

USO PRÁCTICO EN EL YACIMIENTO

PERISCOPE HD



ADN



Geometría de la Formación:

- Mediciones direccionales profundas
 - Cubrimiento 360°, > 15 pies de detección
 - Cálculo de distancia a límites de capa
- Imagen de Rayos Gamma

Propiedades de la Roca:

- Resistividad de propagación EM
- Rayos Gamma (Azimutal)

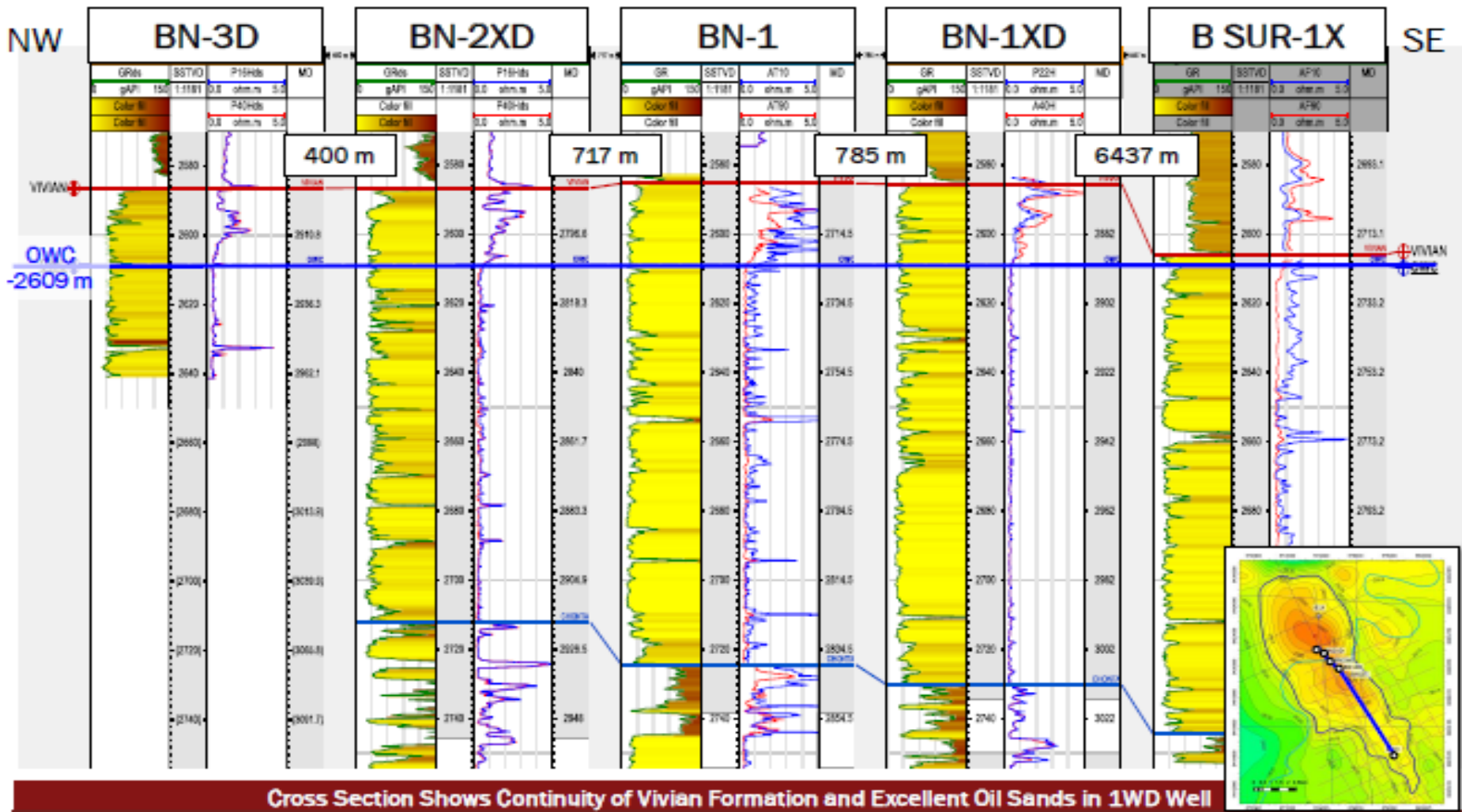
Condición del hueco:

- Presión y Temperatura Anular

- 16 mediciones de densidad repartida en sectores
- Escala de colores aplicada a cada sector

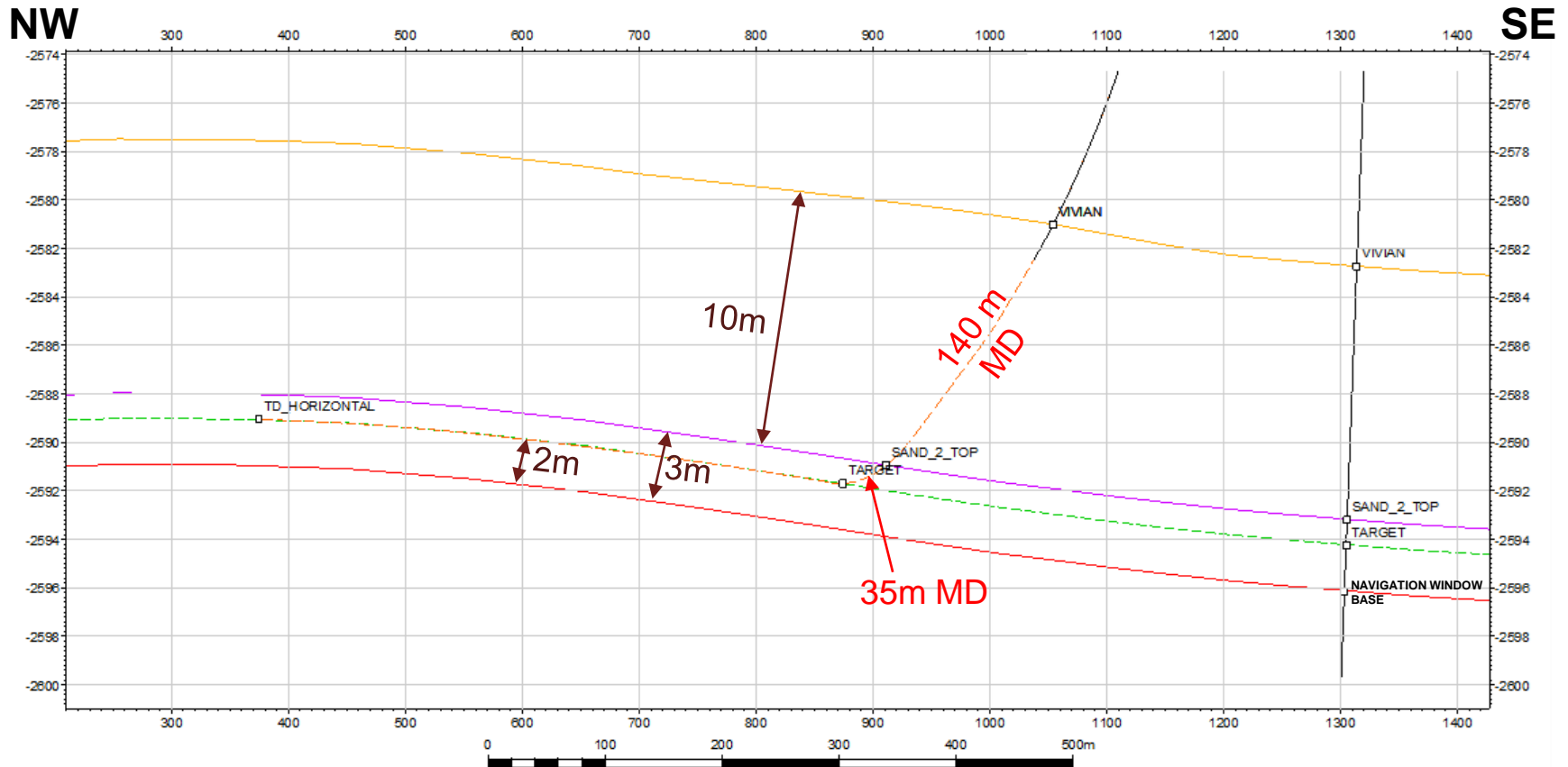
IMAGENES CORTESIA SLB

SECCIÓN ESTRUCTURAL – YACIMIENTO BRETAÑA

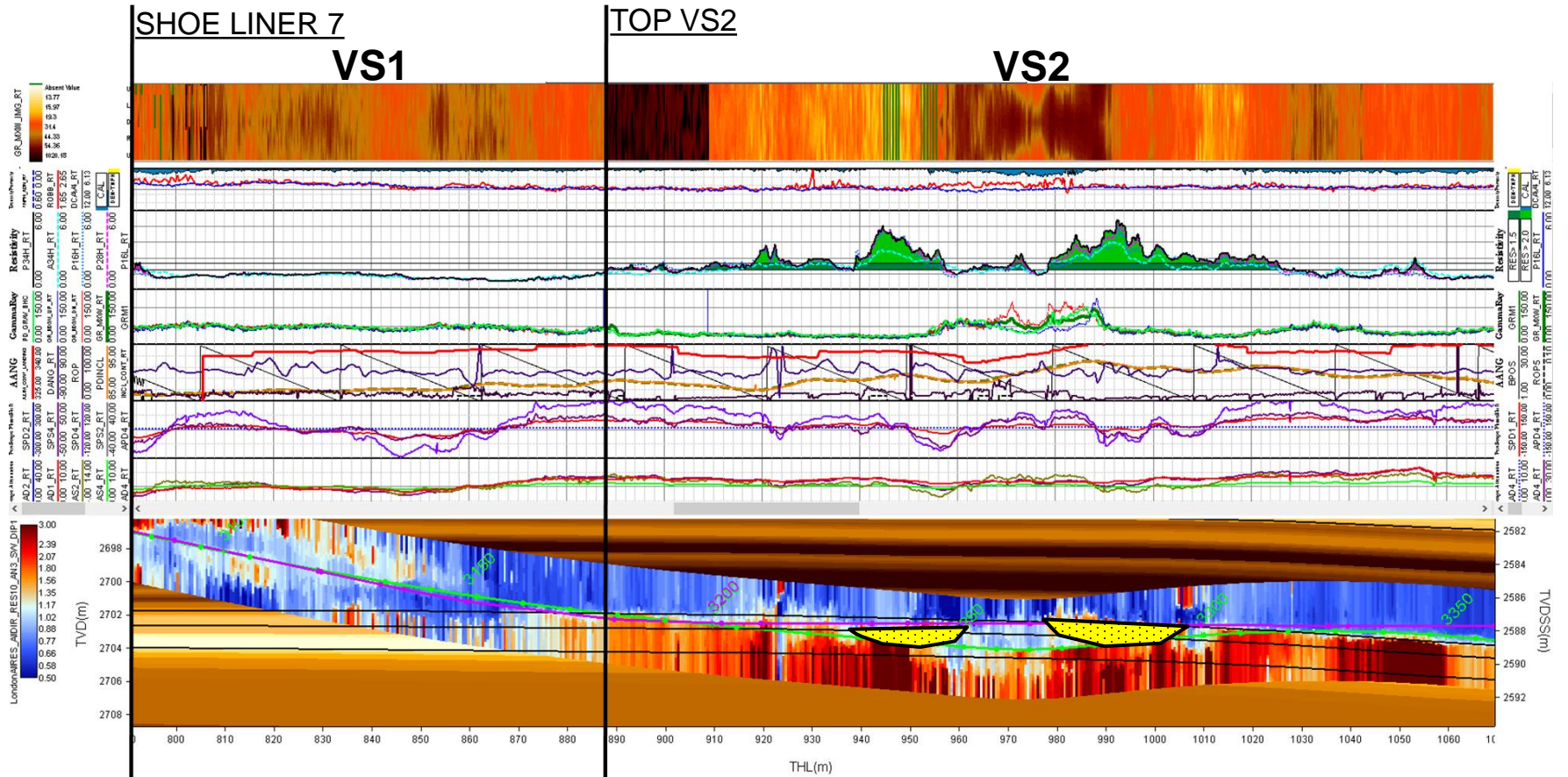


Cross Section Shows Continuity of Vivian Formation and Excellent Oil Sands in 1WD Well

CORTE ESTRUCTURAL – YACIMIENTO BRETAÑA



GEONAVEGACIÓN POZO REAL – YACIMIENTO BRETAÑA



COMPLETACIÓN DE POZOS

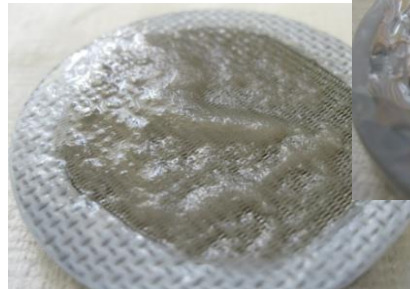
COMPLETACION DE POZOS HORIZONTALES

Luego de terminada la Perforación, se procede a:

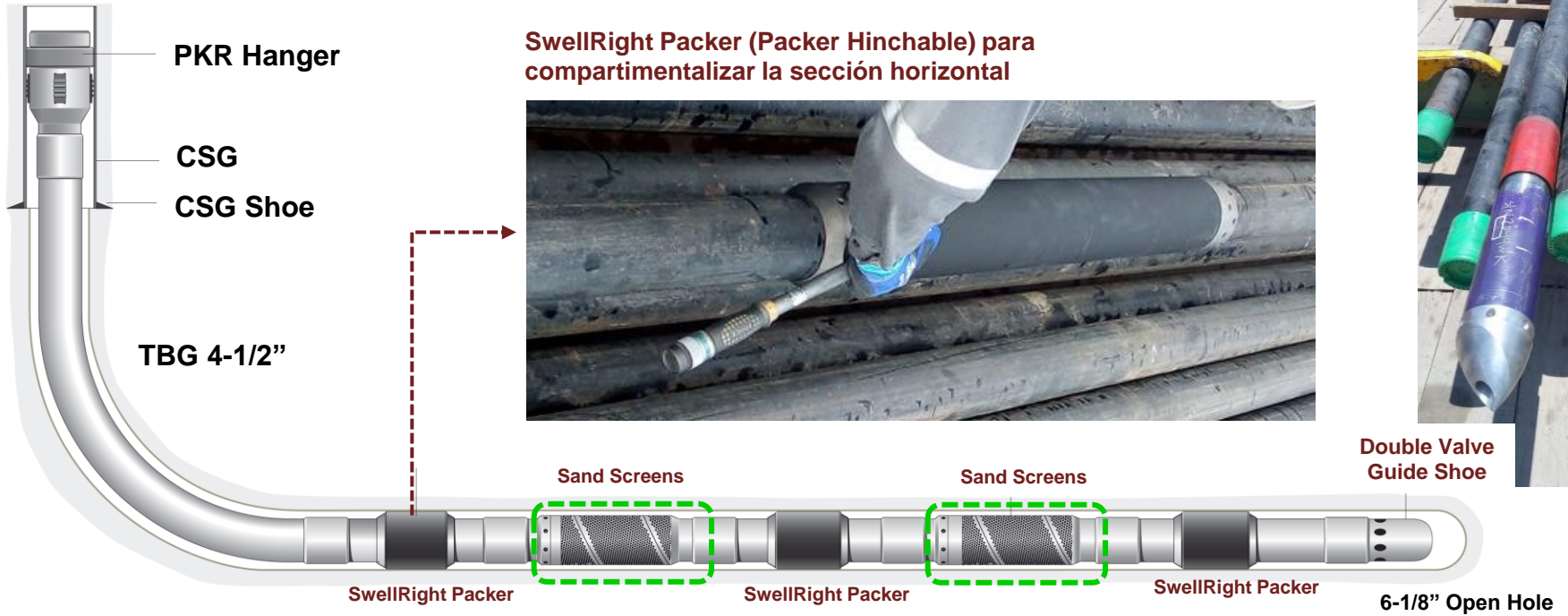
1. **Simular la bajada de las Mallas**: Armar y bajar BHA de Calibración (Dummy Run) en el Hueco Horizontal OD 6-1/8"+ Mutiback Casing 7" hasta TD Final.
2. **Limpieza de Hoyo y cambio de Lodo**: Con la broca en el fondo del pozo, bombear una Píldora de limpieza seguido de nuevo lodo en base formiato de sodio (para no taponear las mallas) con la misma densidad del lodo usado para perforar (9.3 ppg).
3. **Bajada de Mallas**: Bajar el conjunto de completación (Zapato Guía + mallas con AICDs + Swell Pkrs + Centralizadores) junto con el colgador de mallas.
4. **Limpieza Final**: Circular pozo y bombear rompedor de Costra de lodo (Break Down). Sentar Colgador de mallas.

Mud Flowing Screen Testing

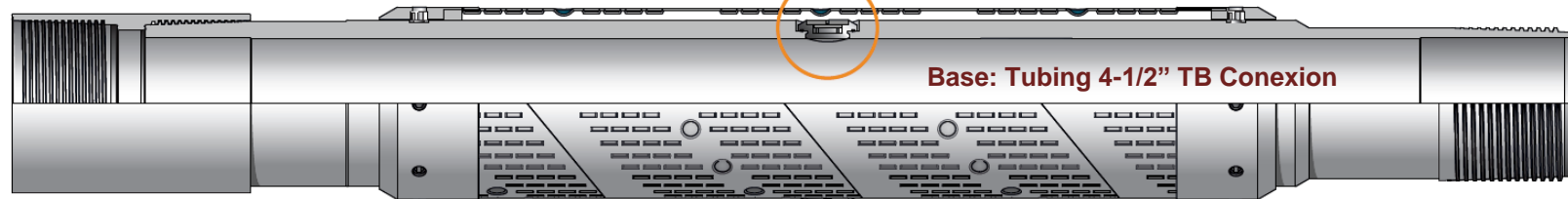
Prueba en superficie para asegurar que el lodo no taponee las mallas.



COMPLETACION DE POZOS HORIZONTALES

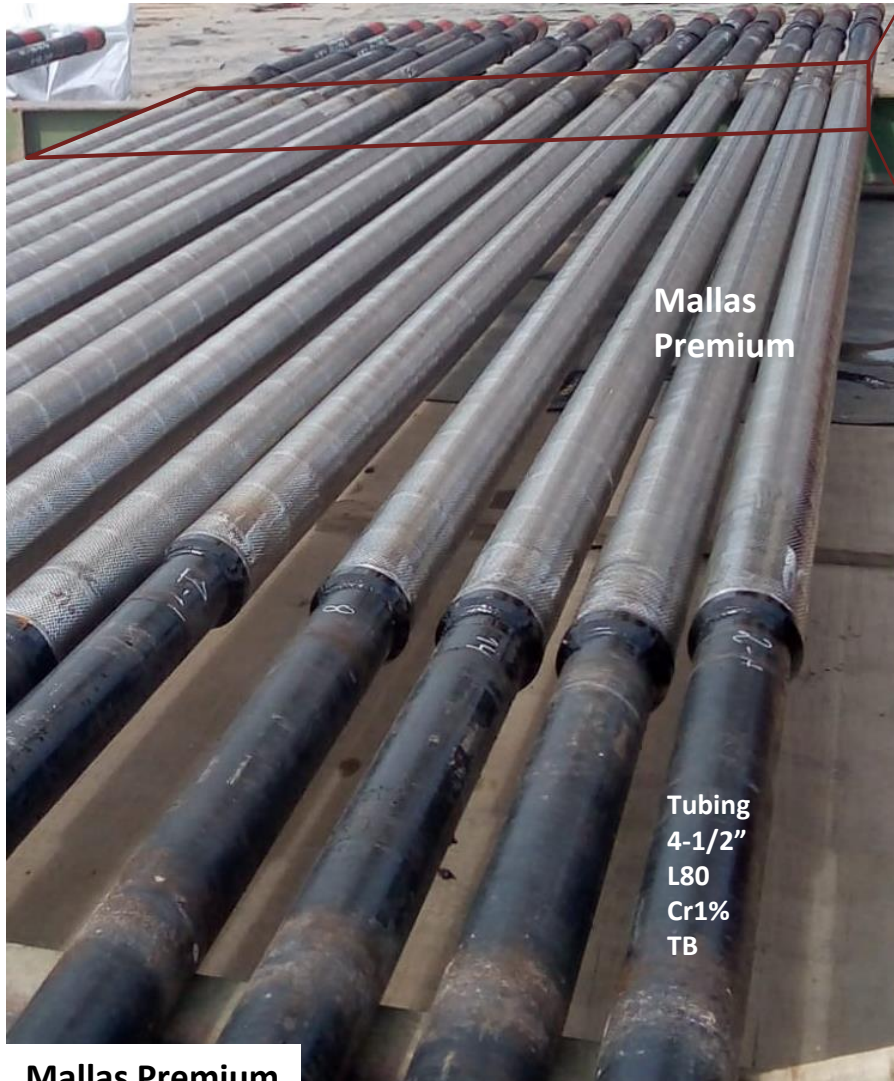


Sand Screens (mallas) w/ Autonomous ICD



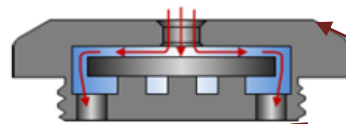
- ✓ Control de arena (filtro de 250 um)
- ✓ Retrazar el ingreso de agua

TRAYECTORIA DEL FLUJO

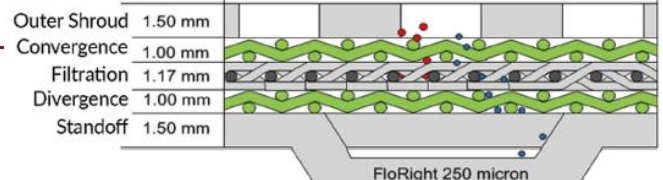


AICD Housing

Autonomous Inflow Control Devices
AICD 7.5 mm

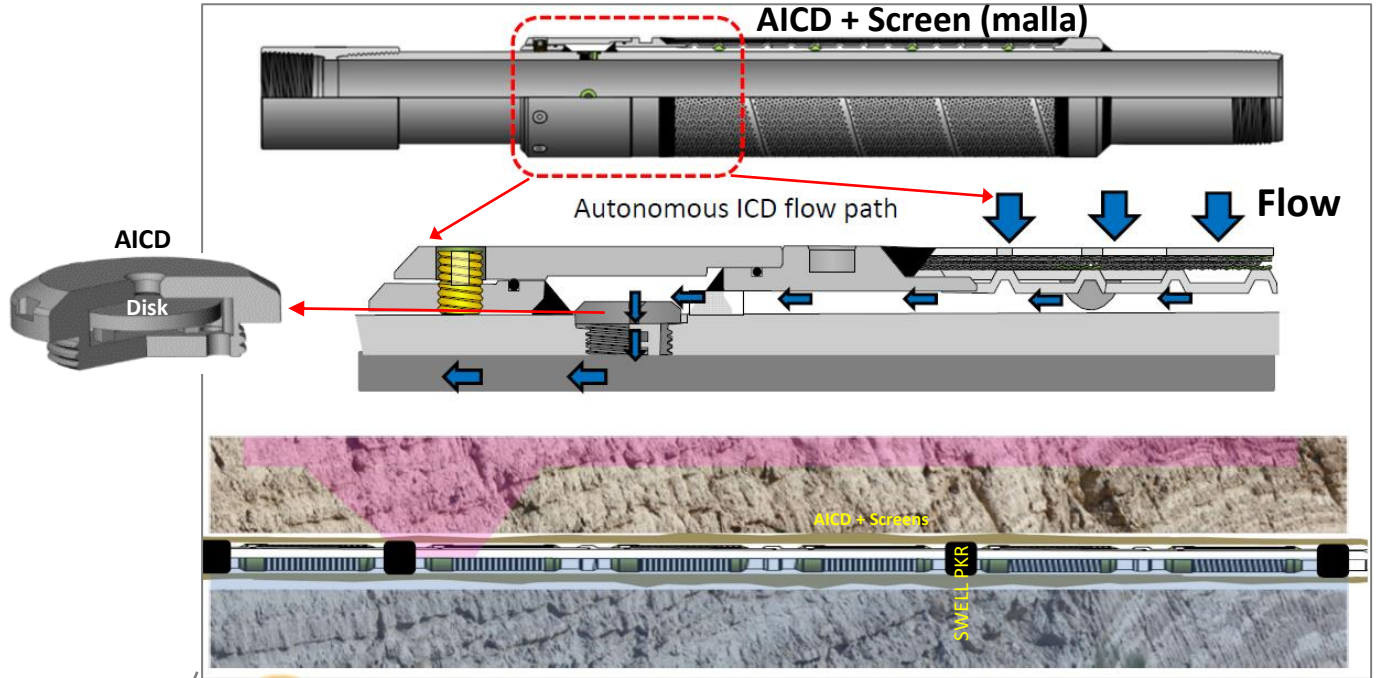
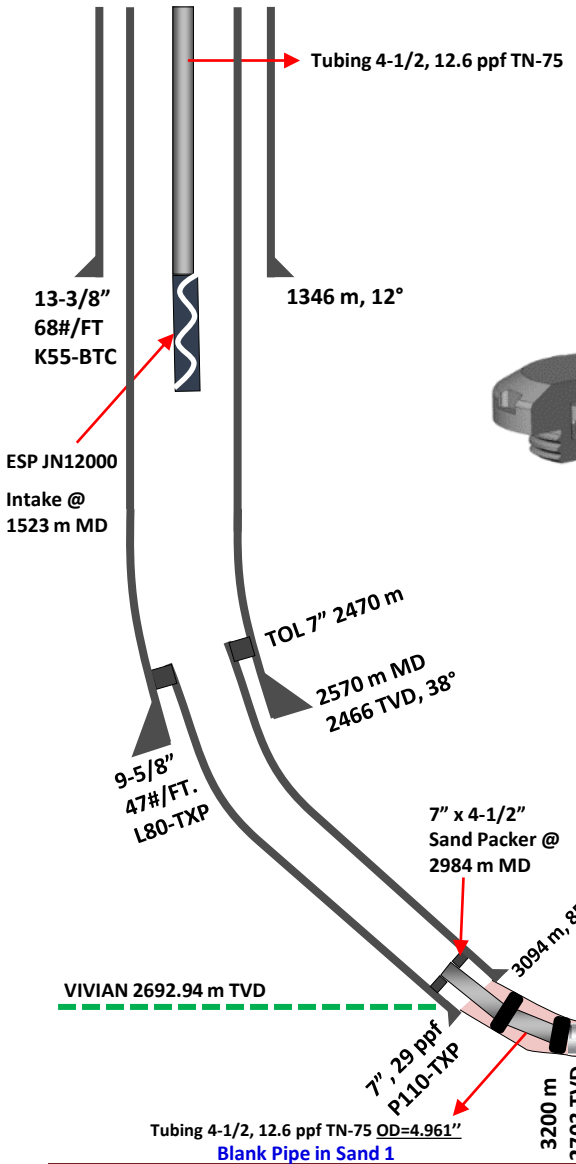


Mallas Premium

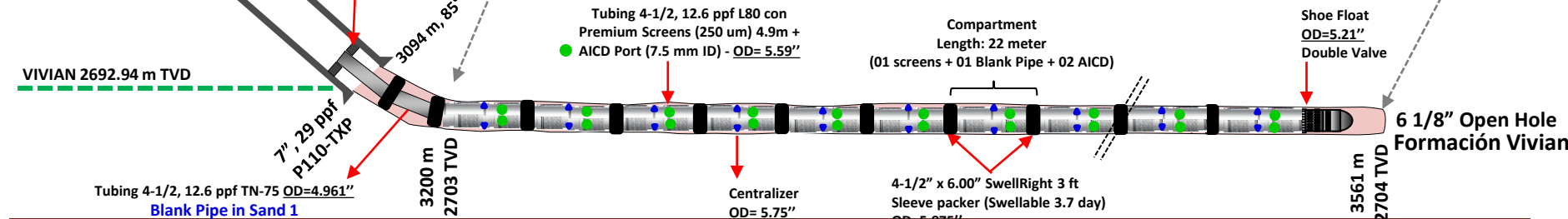


Pozo Horizontal 4H

Autonomous Inflow Control Device "AICD" Completion for Water Control



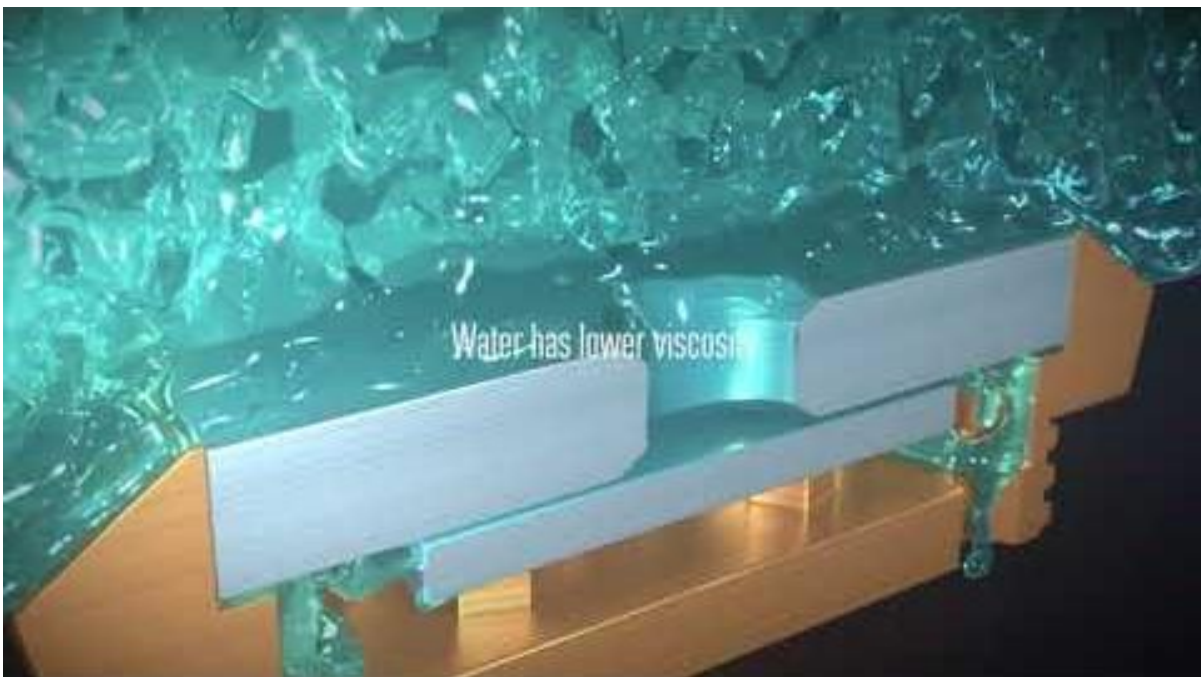
34 AICD & 10 Swell Packers



360 meter horizontal completed

Autonomous Inflow Control Device "AICD"

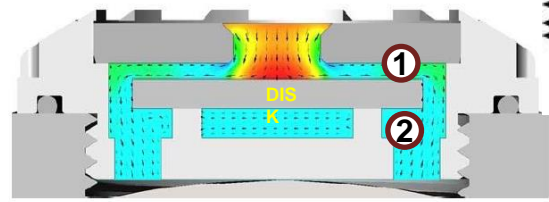
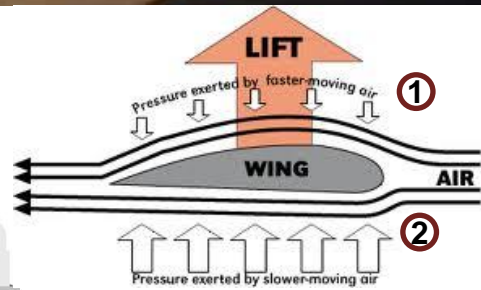
More Viscous Fluids generate less Pressure Drop when passing through the AICD



Principio de Bernoulli

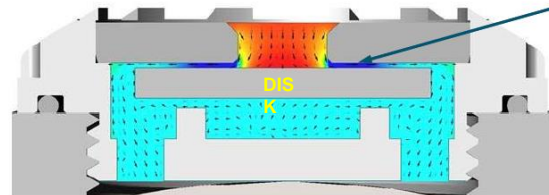
$$P_1 + \frac{1}{2} \rho V_1^2 = P_2 + \frac{1}{2} \rho V_2^2 + \Delta P_{friction\ loss}$$

CFD Analysis – Pressure Plot

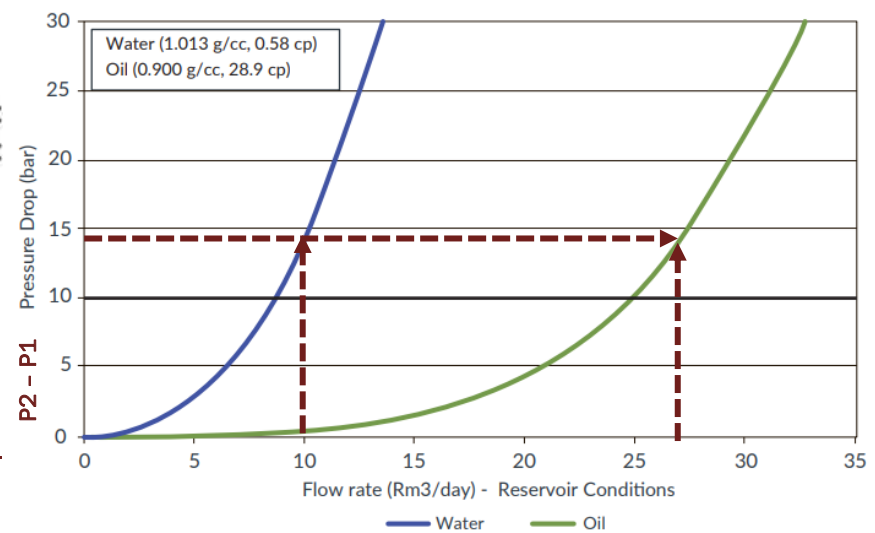


100% OIL

La presión en (2) será menor mientras mayor sea la velocidad del fluido con respecto a (1).

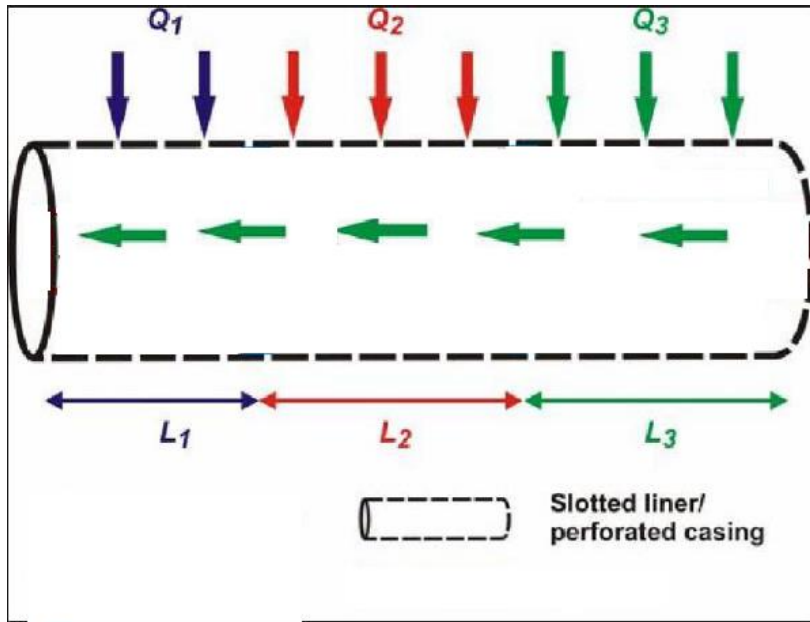


25% OIL, 75% WATER

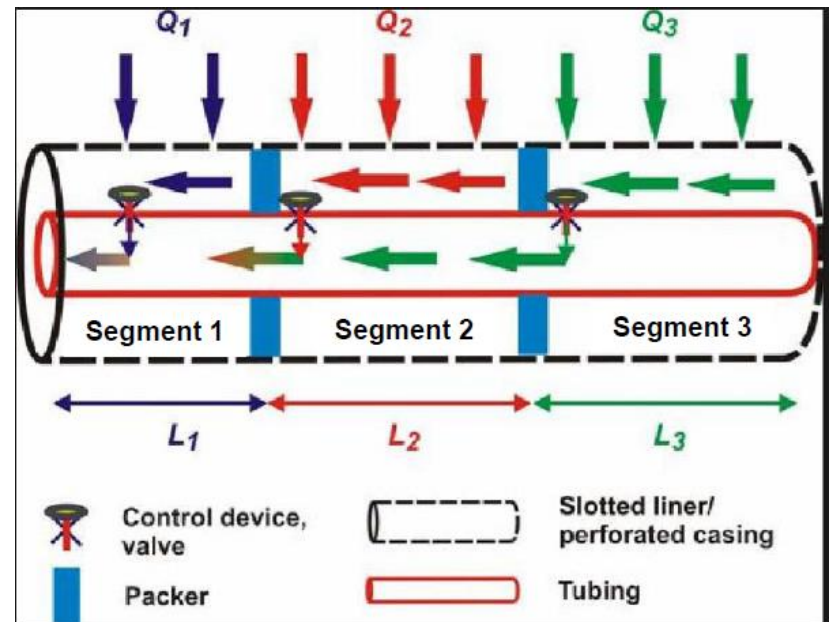


Ubicación de AICD - Modelamiento

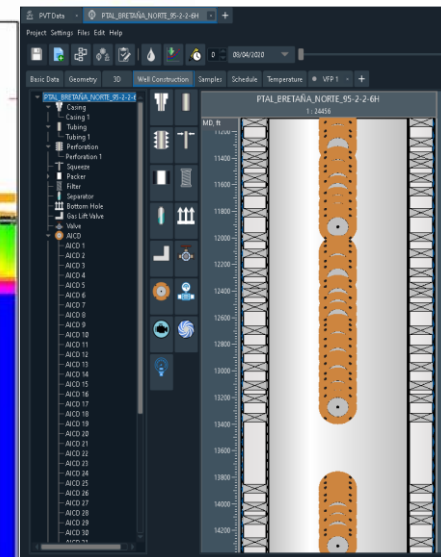
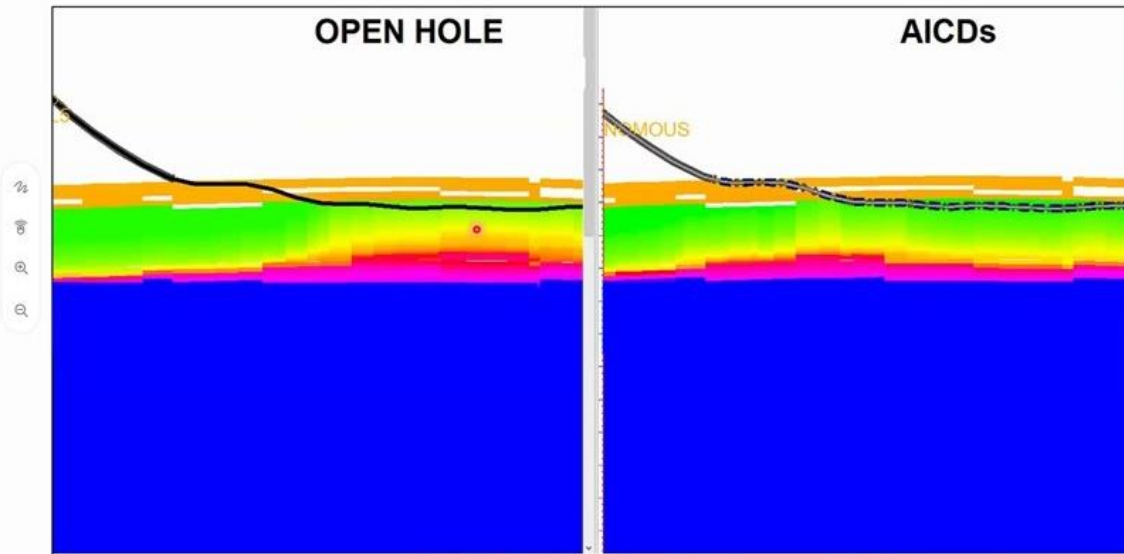
HORIZONTAL WELL MODEL



MULTISEGMENT WELL MODEL



La zonificación (compartimentación) considera la evaluación petrofísica, la simulación de reservorios y las lecciones aprendidas.

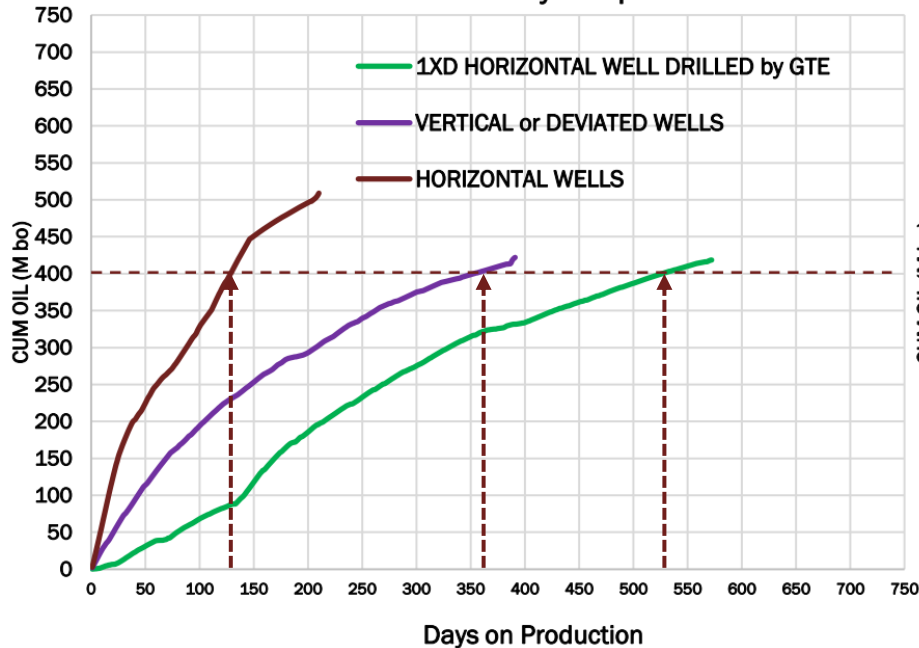


Performance de Pozos Horizontales

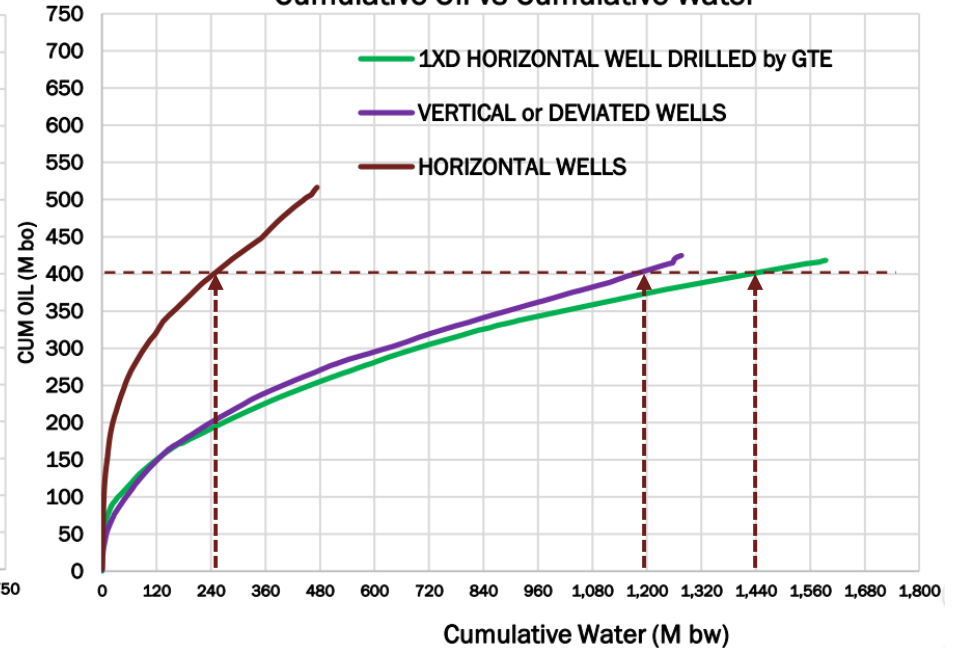
Los pozos horizontales han recuperado más petróleo y acelerado su producción

Los pozos horizontales con AICD han retrasado el avance temprano del agua

Cumulative Oil vs Days on production



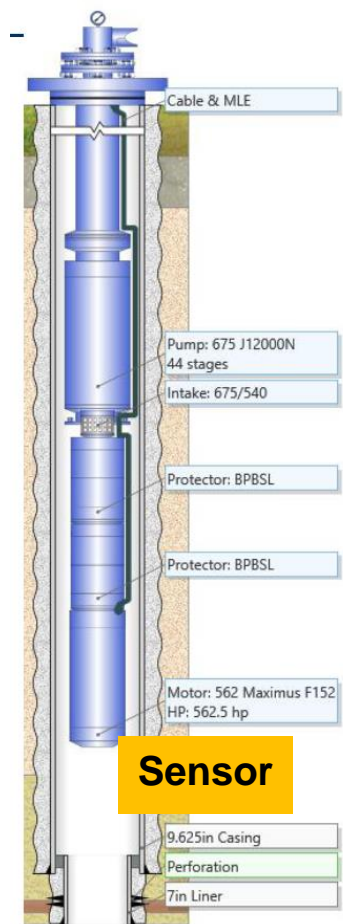
Cumulative Oil vs Cumulative Water



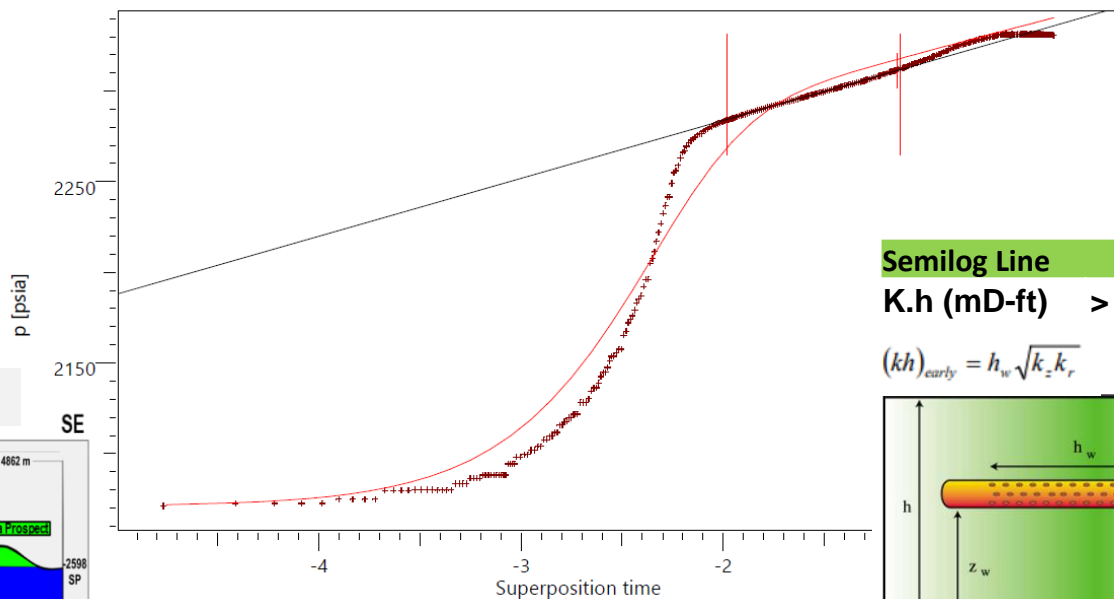
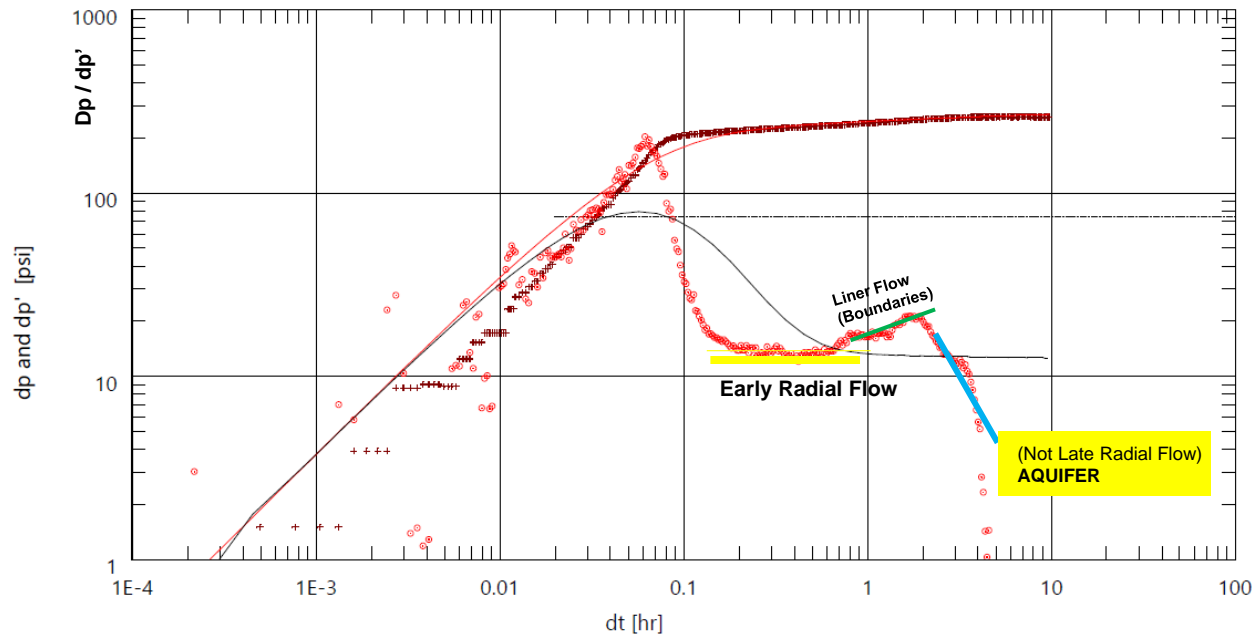
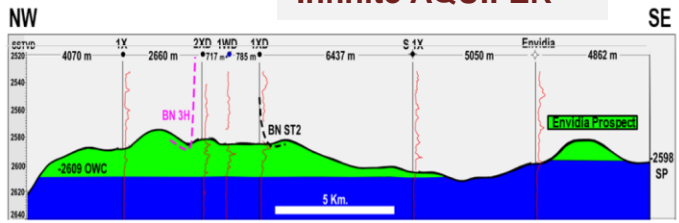
Fuente: <https://petrotal-corp.com/investor-relations/>

Monitoreo de pozos con sensor de fondo

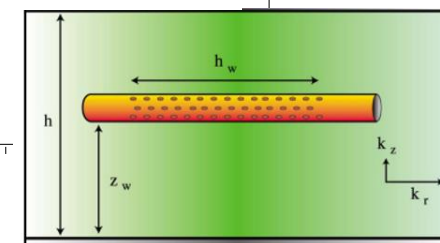
Sistema BES



Infinite AQUIFER

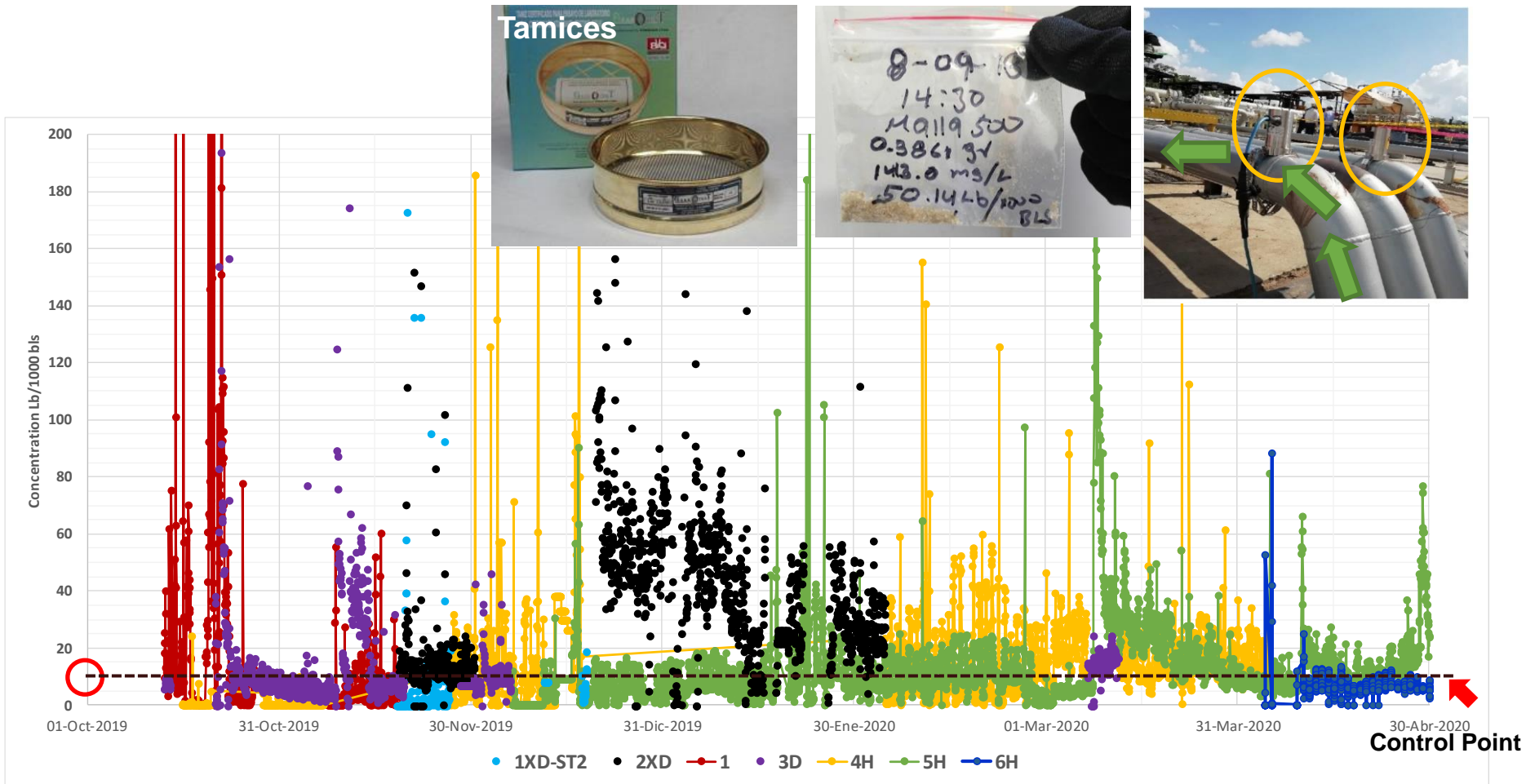


$$(kh)_{early} = h_w \sqrt{k_z k_r}$$



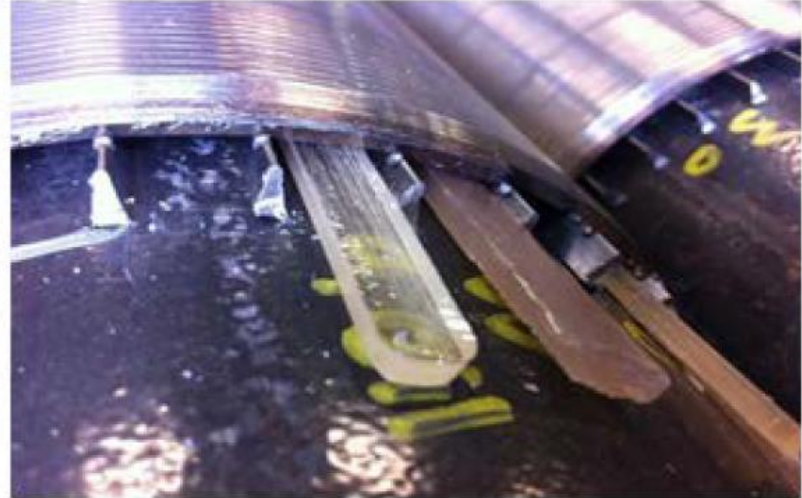
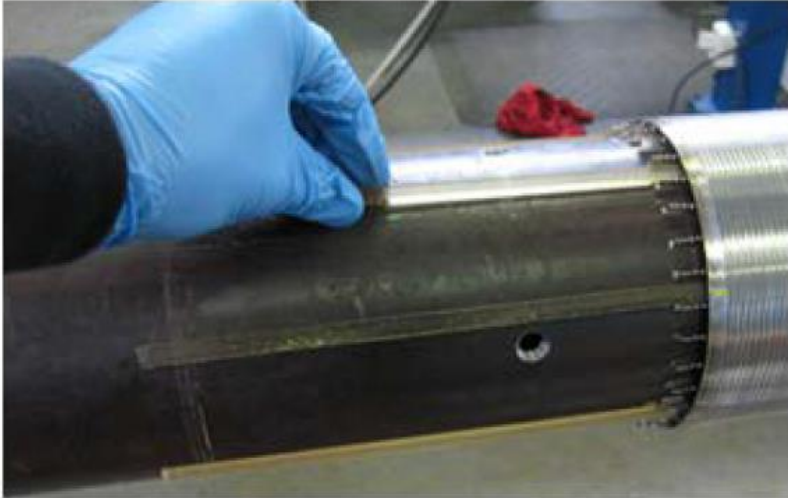
Monitoreo de la producción de arena

02 Ultrasonic Sensor Clampon

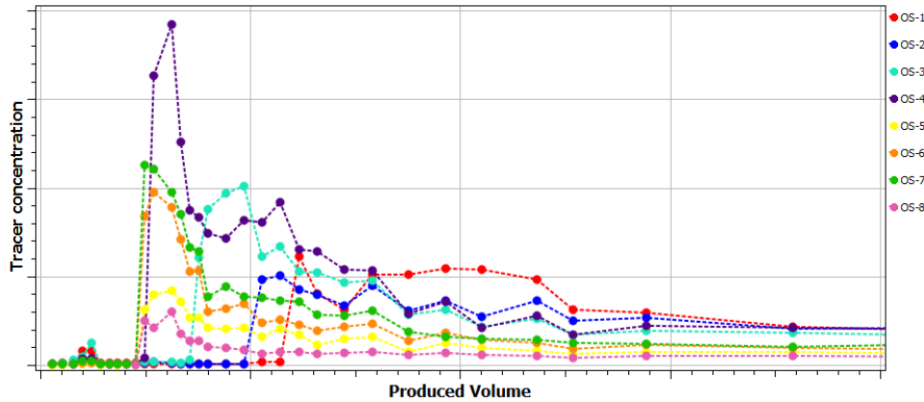


Los pozos horizontales han mostrado una menor tasa de producción de arena, lo que demuestra el buen trabajo de las mallas instaladas. La concentración de arena está dentro del punto de control de 10 lbs/1000 bbl.

Próximas completaciones – Sistema de Trazadores



SPE-176563-MS

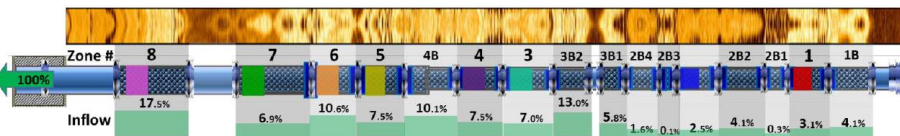


Esto nos va a permitir:

- Cuantificar el flujo de petróleo de cada sector completado
- Localizar los intervalos donde se haya producido rompimiento del agua de formación
- Monitoreo a largo tiempo de la producción de agua y petróleo

La información procesada a su vez nos va a:

- Ayudar a caracterizar el reservorio
- Mejorar los modelos estático y dinámico
- Optimizar la longitud horizontal de los pozos
- Evaluar el comportamiento de los AICD
- Ajustar el plan de desarrollo del campo



CONCLUSIONES

CONCLUSIONES: PERFORACIÓN DE POZOS

Se han conseguido mejoras en cada pozo, en tiempos y profundidades reales. Tenemos como próximos objetivos reducir aun mas los tiempos y costos de perforación, para lo cual se esta planificando lo siguiente:

1. Utilizar en la sección curva un solo BHA, con una herramienta mas moderna de Power drive que nos permita construir mas de $3^{\circ}/30$ m.
2. Cambiar el DP de 5-1/2" por DP de 5-7/8" para tener mayor capacidad de caudal para los siguientes pozos que son mucho mas distantes.
3. Cambiar el sistema de lodo base agua por base sintético, para los pozos mas extensos. Esto no solo presentaría una mejora en la sección curva si no también en la sección de 12-1/4", la cual serían secciones tangentes de mas de 45° y de mas de 1,500 metros.

CONCLUSIONES: GEONAVEGACIÓN

- La geonavegación nos permite detectar con al menos 1-2 m TVD de anticipación (> 10-12m MD) la posición del tope de la formación Vivian para ajustar la inclinación final de aterrizaje y evitar ubicar el talón del pozo muy bajo estructuralmente.
- Identificar el espesor de las arenas en el tope de la formación Vivian para definir trayectoria durante la geonavegación.
- La herramienta Periscope HD nos permite resolver el contraste conductivo relacionado al tope de la Arena 2 (VS2) y poder navegar dentro de la arena objetivo con más altas resistividades (> S_o) y GR limpio (< V_{cl}). Así mismo la herramienta ADN nos da información de porosidad, lo cual nos ayuda a validar si se ha navegado en las mejores características de reservorio.
- Geonavegar, nos permite mantener una distancia vertical adecuada al contacto Agua/Petróleo.
- Con la aplicación de las mejoras en perforación y tecnología de navegación, al momento PetroTal ha alcanzado el récord de perforación de tramo horizontal en el Perú con el pozo BN-2-2-6H de 1178 mts

CONCLUSIONES: COMPLETACIÓN DE POZOS

1. XXX
2. YYY
3. ZZZ



¡PetroTal, Empresa Liderada y Operada por Peruanos!

Gracias