



## XVIII Congreso Peruano de Geología

# Experiencias de Perforación Horizontal en Calizas en Qatar y su aplicación al desarrollo del Reservorio Copacabana en la Cuenca Ucayali

**Orestes Orrego Albañil**

<sup>1</sup> Consultor, Los Cedros 777 – 602, San Isidro Lima, Peru (orestesorrego@yahoo.com)

## 1. Introducción

La perforación de pozos horizontales para desarrollar calizas Cretácicas, Jurásicas y Permotriásicas en Qatar se lleva a cabo desde la década de 1990 tanto por la Compañía Estatal Qatar Petroleum así como las Contratistas Internacionales entre las cuales destacan Exxon Mobil, Occidental, Shell, Maersk. El campo Id El Shargi North Dome (ISND) operado actualmente por Occidental Pet. fue descubierto en 1959 por Shell Oil Co. El incremento de la producción tanto de petróleo como de gas con resultados positivos se debe al uso de tecnología de punta principalmente con herramientas LWD-MWD y con la ayuda de transmisión de datos en Tiempo Real (Real Time data).

## 2. Geonavegación (Geosteering)

### 2.1. Definición

Geonavegar significa usar tecnología de perfilaje avanzado para seguir el horizonte reservorio en Tiempo Real y que se perfora en alto ángulo u horizontalmente con la finalidad de exponer el máximo reservorio posible y así incrementar las tasas de producción de hidrocarburo.

#### Planeamiento del Desarrollo del Campo:

El desarrollo del campo lo evalúa y recomienda un equipo multidisciplinario que lo integran básicamente el Geólogo del Proyecto (o Producción), el Ingeniero de Reservorio, El Geofísico, el Ingeniero de Producción, el Ingeniero de Perforación, el Petrofísico y el Ingeniero de Planificación que evalúa la economía del pozo a perforar.

### 2.2. Planeamiento del Pozo

#### 2.2.1. Geólogo de Operaciones, Geólogo de Pozo y su preparación

Una vez que el Geólogo de Proyecto ha definido los objetivos del pozo se pasa a la fase de preparación del Plan Direccional del Pozo por parte del Ingeniero de Perforación y del Ingeniero Direccional de la Compañía Direccional (Dos conocidas compañías de servicio son las más usadas). El Geólogo de Operaciones y el Geólogo de Pozo se preparan con anticipación familiarizándose con los objetivos del pozo. Para esto se contacta con el Geólogo del Proyecto y así obtener la información geológica actualizada de los pozos vecinos, mapas actualizados en el Modelo Geológico Petrel, secciones estructurales y estratigráficas, herramientas MWD/LWD a utilizar en el pozo y familiarizarse con los riesgos geológicos y operativos que puedan encontrarse.

Dentro de la información a recopilar y usar está el Programa Geológico y de Perforación del Pozo, el último Plan Direccional del Pozo, Perfiles con topes actualizados de pozos vecinos, análisis de los datos especialmente identificando potenciales problemas a encontrar durante la perforación, discutir los máximos doglegs permitidos en la trayectoria para evitar problemas al correr el casing de producción, diseño de completación, ubicación de las bombas de producción, etc,

#### 2.2.2. Perforación del pozo

En esta etapa el Geólogo de Operaciones y el Geólogo de Pozo trabajan conjuntamente con el Ingeniero de Perforación, Ingeniero Direccional y el Geólogo de Proyecto para tratar de seguir el Plan lo más cercanamente posible y así evitar desviaciones que potencialmente podrían devenir en problemas de correcciones graves como abandono del pozo o perforar un pozo desviado (sidetracking).

En la ejecución de la perforación hay dos fases muy importantes: la sección de aproximación al objetivo (Build up section) y la sección horizontal. La sección horizontal puede tener uno, dos o tres laterales dependiendo de la formación. Los reservorios más profundos como Arab y Uwainat consisten principalmente de un lateral mientras que en el reservorio superior Shuaiba se perforan dos o tres laterales.

**3. Geología Generalizada de Qatar**

**3.1. Geología Regional**

**3.1.1. Resumen**

Qatar está ubicado al Suroeste del Golfo de Arabia (o Pérsico) y cubre un área aproximada de 12,000 Kms cuadrados. La porción de tierra está formada por una extensa área regional de dirección NE-SW Qatar-Arco Fars Sur que separan dos cuencas salinas Intracambrianas. El primer campo de petróleo encontrado en Qatar fue el de Dukhan ubicado al oeste de la Península con reservorio de calizas del Jurásico Superior (Formacion Arab) en el año 1940. Luego se hicieron una serie de descubrimientos y Qatar se hizo miembro de la OPEP en 1973.

Las acumulaciones de petróleo están dispersas a través de la columna estratigráfica con producción de gas y petróleo desde el Pérmico hasta el Cretácico Superior. Las formaciones más prolíficas son secuencias de calizas de plataformas carbonatadas y con menores acumulaciones en clásticos de edad Albiana. La roca-madre se encuentra ubicada en rocas arcillosas y calcáreas con un TOC que va desde 1 a 6%. El ambiente depositacional y evolución tectónica han influenciado positivamente en el desarrollo de facies y estructuras que controlan las calidades de reservorio, roca madre y características de roca sello para una posterior generación, migración y entrapamiento de los hidrocarburos.

microcristalinas y textura sucrosa. Este es el reservorio del campo más grande de gas en el mundo llamado North Field ubicado en el Golfo de Arabia con áreas que abarcan principalmente Qatar y en menor extensión en Iran.

Los reservorios de Araej/Uwainat de edad Jurásico Medio con calizas que gradan de grainstones en el tope a calizas arcillosas en la base. Las porosidades varían de 12 a 25% con permeabilidades de 5 a 200mD. Los pozos horizontales alcanzan profundidades de 14,000’ a 15,000’ con sección horizontal entre 2,000’ y 3,000’.

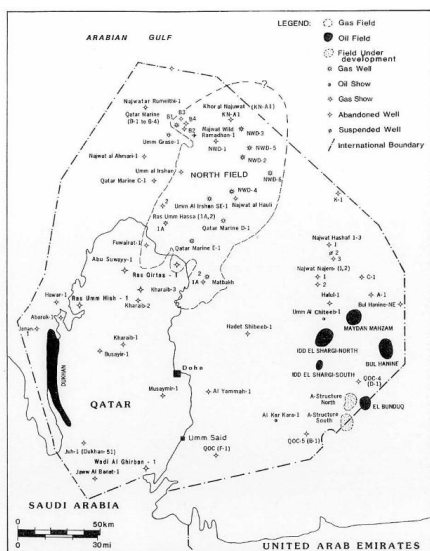
Uno de los principales reservorios en el Medio Oriente es la Formacion Arab de edad Jurásico Superior con calizas que gradan de grainstones hasta wackestones y en menor cantidad mudstones. Las porosidades varían entre 20 a 30% y permeabilidades de 10 a 200 mD. El espesor varía entre 100 a 200 pies. Se perforan pozos horizontales con un solo lateral que pueden alcanzar los 15,000’ con una sección horizontal de 4,000’ a 5,000’.

*[indicar inserción figura (si hay una)]*

Otro importante reservorio es la Formacion Shuaiba y Kharaiib de edad Cretácico Inferior con calizas que gradan de grainstones en la parte superior a mudstones en la parte inferior. El espesor varía entre 300 y 500 pies. Las porosidades entre 3 a 39% con permeabilidades de 1 a 32mD. En esta formación se perforan pozos con 2 o 3 laterales en los cuales las profundidades pueden variar entre 8,000’ y 12,000’. La sección horizontal puede alcanzar longitudes entre 1,000’ y 4,000’.

Sobreyaciendo a la Formacion Shuaiba se encuentra la Formacion Nahr Umr que consisten principalmente de areniscas arcillosas y glauconíticas en su base. El espesor varía de 10 a 30 pies. Las porosidades de 25% y permeabilidades de hasta 100 mD. Los pozos han alcanzado profundidades entre 10,000’ y 12,000’. Se perfora un lateral de aproximadamente 5,000’ a 6,000’.

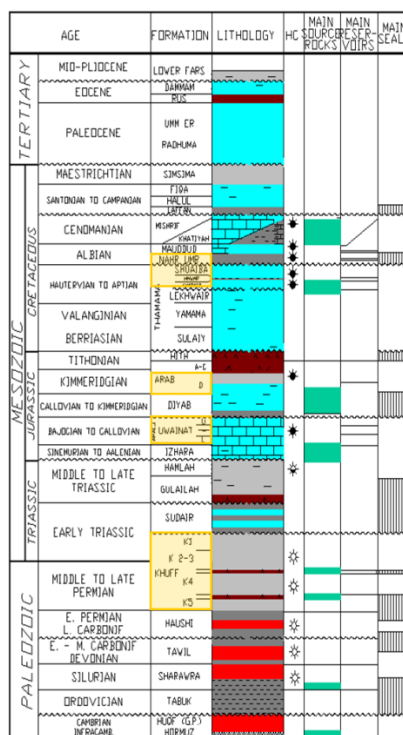
**Mapa de Qatar y Campos de Hidrocarburos**



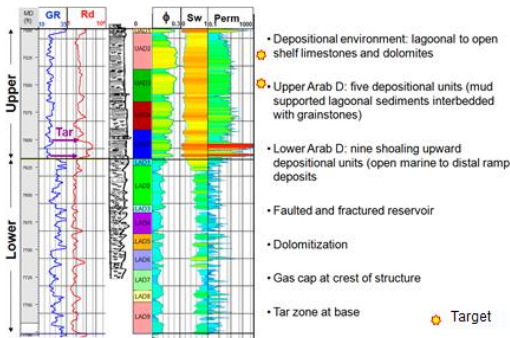
**3.1.2. Estratigrafía- Principales Reservorios**

Cronológicamente de abajo hacia arriba los principales reservorios son La Formacion Khuff de edad Permo-Triásica con dolomitas y calizas dolomíticas,

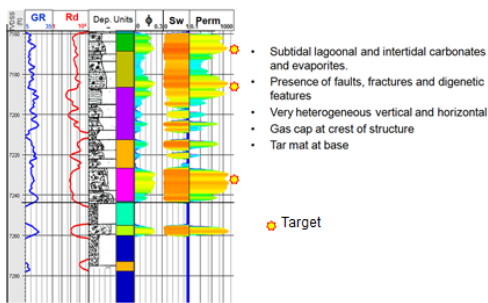
**Columna Estratigrafica Generalizada de Qatar**



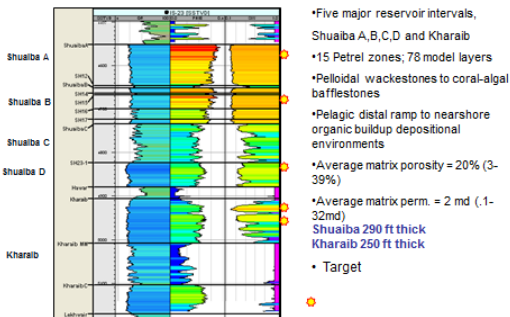
**Perfil Tipo del Reservorio ISND ARAB D**



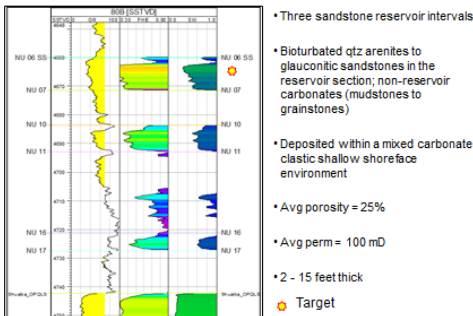
**Perfil Tipo ISND ARAB C**



**Perfil Tipo ISND SHUAIBA / KHARAIB**

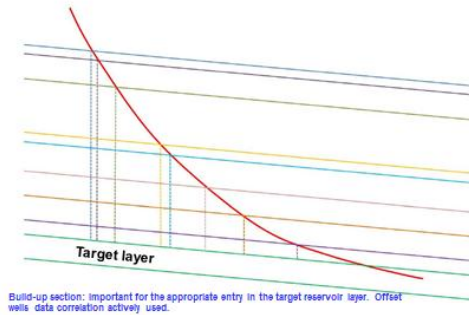


**Perfil Tipo ISND Nahr Umr**



En la sección de Build up, zona intermedia, que se perfora con diámetros de 12 ¼" u 8 ½" sólo se usa como el GR debido a la buena correlación con pozos vecinos y donde se tiene información de más de 200 pozos perforados en el Campo ISND y ISSD (Id El Shargi North and South Domes). En esta fase se usa solo el Motor de Fondo (Downhole Mud Motor). Los principales problemas en esta sección son las pérdidas de circulación debido a fracturas o fallas, derrumbes de lutitas que pueden ocasionar stuckpipes que algunas veces inducen al abandono de pozos y la necesidad de perforar pozos desviados (sidetrack holes).

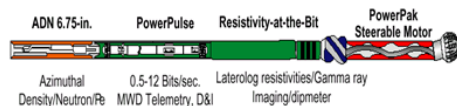
**SECCION BUILD-UP (BUS)**



En el reservorio y ya con diámetros menores que van de 6" a 8 ½" el conjunto de herramientas utilizadas en el (BHA) por la compañía de servicios son sistemas de Rotary Steerable como X-ceed, Powerdrive y ocasionalmente mud motors. Como herramientas de LWD (Logging while Drilling) se usan GR (up and down), Resistividades de diferente profundidad de investigación (RAB) y porosidades de Densidad y Neutron (Azimuthal ADN). Los principales problemas que se encuentran en esta fase son pérdidas de circulación debido a fracturas y fallas abiertas, zonas depletadas con baja presión de formación que inducen a cambios en la densidad del lodo, herramientas que no puedan mantener la inclinación o azimuth del pozo con una consecuente pérdida de tiempo y costo adicional por el viaje para cambiar el BHA, algunas veces se pueden encontrar bolsones de gas no previstos y causados por gas secundario y también podemos encontrar áreas con alta presión de formación debido a la inyección de agua de los pozos inyectoros.

**CAMPOS ISND/ ISSD**

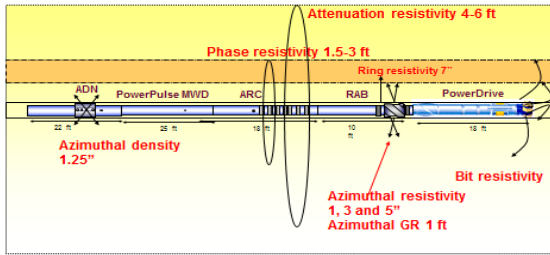
Configuración de las Herramientas usadas en Qatar  
• GVR or RAB / ADN



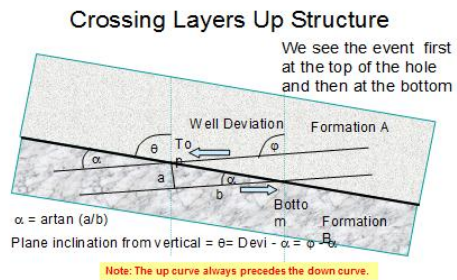
- Resistivity At Bit = GeoVision Resistivity
- Azimuthal Density Neutron

**3.2. Herramientas MWD/LWD**

**Profundidad de Investigación de las Herramientas LWD**

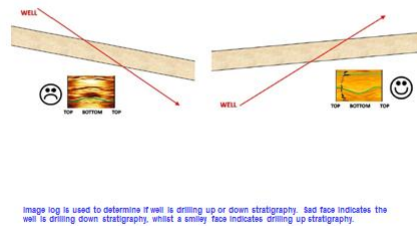


**CALCULOS EN GEOSTEERING**



El Geólogo de Pozo trabaja con los ingenieros Direccionales y de LWD en el pozo y llevan una correlación actualizada en todo momento. Las imágenes (Real Time Images) ayudan en todo momento al geólogo de pozo para saber si el pozo está perforando hacia abajo, horizontalmente o cruzando hacia arriba en el reservorio. En la oficina, el Geólogo de Operaciones y Geólogo de Proyecto siguen la perforación del pozo en Tiempo Real (Real Time). Estos datos son transmitidos a través de internet por la Compañía de Servicios contratada y en algunos pozos también se usa una segunda compañía como back up.

**GEOSTEERING – IMAGENES**



**4. Conceptos Basicos de Geosteering**

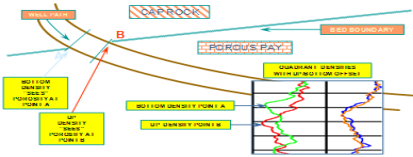
**Conclusiones**

Las calizas y dolomitas de los pozos horizontales en Qatar están siendo perforadas eficazmente usando herramientas de ultima tecnología que desarrollan las compañías de servicios, en este caso (dos conocidas compañías de servicios)

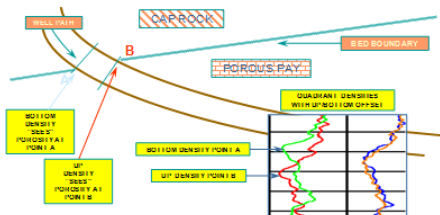
Los geólogos de pozo y el geólogo de operaciones tienen amplia experiencia en geosteering (+10 años) perforando pozos horizontales en operaciones del Medio Oriente (Qatar, Emiratos, Oman, Saudi Arabia) y familiarizados con las herramientas de las compañías de servicio.

La factibilidad de esta avanzada tecnología, está siendo evaluada para usarla en un futuro desarrollo de las Reservas y Recursos recientemente descubiertos en los reservorios del Grupo Copacabana, en el Area de Camisea de la Cuenca Ucayali.

**PERFIL DE GEOSTEERING**



**PERFIL DE GEOSTEERING**



**Agradecimientos**

Agradezco a Occidental Petroleum Corp. por la oportunidad de haber trabajado en este excitante país de Qatar en donde la tecnología usada para perforar pozos horizontales es de última generación. La experiencia en perforar carbonatos desde plataformas marinas ha sido de gran utilidad y entrenar a geólogos de menor experiencia es siempre gratificante pues les abre campo para su carrera profesional en cualquier parte del mundo.

**Referencias**

Qatar Peninsula - W. Sugden and A.J. Standing - Centre National de la Recherche Scientifique, Paris 1975  
 Qatar Offshore - Idd El Shargi Field North Dome - J. W. Chapman 1980  
 Geosteering using Real Time RAB and ADN Azimuthal Measurements - P. Ferraris - June 2000  
 Basic Guide to Geosteering - Aubrey Whymark - December 2010