

Estado del arte de brocas de perforación

Grupo de Investigación: Perforación
Jorge Luis Ramos Ramos*

Recibido: 04 de octubre de 2011 / Aceptado: 22 de noviembre de 2011

RESUMEN

Este artículo de revisión, presenta una recopilación de los aspectos básicos de los componentes de las brocas de perforación, además describe los distintos tipos de brocas, sus características fundamentales, características de Corte, Tipos de Materiales de Construcción, Tipos de Cortadores entre otros y realiza un breve resumen de las nuevas tecnologías publicadas en el área del diseño y la selección de brocas de perforación.

Palabras Clave: Brocas, PDC, Brocas Tricónicas, Diseño de Brocas, Selección de Brocas.

ABSTRACT

This paper presents a compilation of the basics of the components of the drill bit, also describes the different types of drills, fundamental characteristics, cutting characteristics, Types of Building Materials, and other types of cutters and performs a brief summary of new technologies published in the area of design and selection of drill bits.

Key Words: Bits, PDC, Triconic Bits, Design Bits, Bits Selection.

1. INTRODUCCION

Las brocas de perforación, son herramientas que van enroscadas en el extremo inferior de la sarta de perforación, y están dotadas de elementos cortantes, que sirven para penetrar las formaciones en el subsuelo, estableciendo contacto entre la zona productora de hidrocarburos y la superficie. En la perforación rotatoria, el proceso de perforar un hoyo en la corteza terrestre requiere del uso de un elemento cortante que está constituido por la broca. La selección y condiciones de operación de la mecha constituyen uno de los problemas más importantes que debe encarar el ingeniero de perforación, y para ello es muy importante conocer los fundamentos de diseño a fin de identificar las diferencias existentes entre las brocas disponibles en el mercado así como también los avances más recientes en el área de diseño de brocas de perforación.

2. CLASIFICACIÓN

De acuerdo a su diseño, las brocas de perforación se clasifican en dos grupo que se describen a continuación:

*Profesor investigador de la Universidad de América. Electrónico: jorge.ramos@profesores.umerica.edu.co
Ramos R., J. L.: Estado del Arte de Brocas de Perforación

1. INTRODUCCIÓN

Las brocas de perforación, son herramientas que van enroscadas en el extremo inferior de la sarta de perforación, y están dotadas de elementos cortantes, que sirven para penetrar las formaciones en el subsuelo, estableciendo contacto entre la zona productora de hidrocarburos y la superficie. En la perforación rotatoria, el proceso de perforar un hoyo en la corteza terrestre requiere del uso de un elemento cortante que está constituido por la broca. La selección y condiciones de

operación de la mecha constituyen uno de los problemas más importantes que debe encarar el ingeniero de perforación, y para ello es muy importante conocer los fundamentos de diseño a fin de identificar las diferencias existentes entre las brocas disponibles en el mercado así como también los avances más recientes en el área de diseño de brocas de perforación.

2. CLASIFICACIÓN

De acuerdo a su diseño, las brocas de perforación se clasifican en dos grupo que se describen a continuación:

Tabla 1: Clasificación de las Brocas de Perforación

Clases	Características	Tipos
De Cuerpo Fijo o de Arrastre	Los Cortadores forman parte integral de la mecha.	<ul style="list-style-type: none"> • De diamantes naturales y de Insertos. • De diamantes compactos policristalinos (PDC). • Excéntrica.
De Conos o Elementos Rodantes	Los cortadores están unidos a una, dos o tres piezas cónicas, las cuales giran alrededor de su eje que presentan dientes de acero o insertos.	<ul style="list-style-type: none"> • Monocónicos • Bicónicos • Tricónicos

Fuente: Geología, Hidráulica y Brocas de Perforación, (1997). Instituto de Desarrollo Profesional y Técnico (CIED), PDVSA.

Las siguientes figuras muestran la estructura de corte de las diferentes clases de brocas de perforación:

Figura 1: Tipos de las Brocas de Perforación.

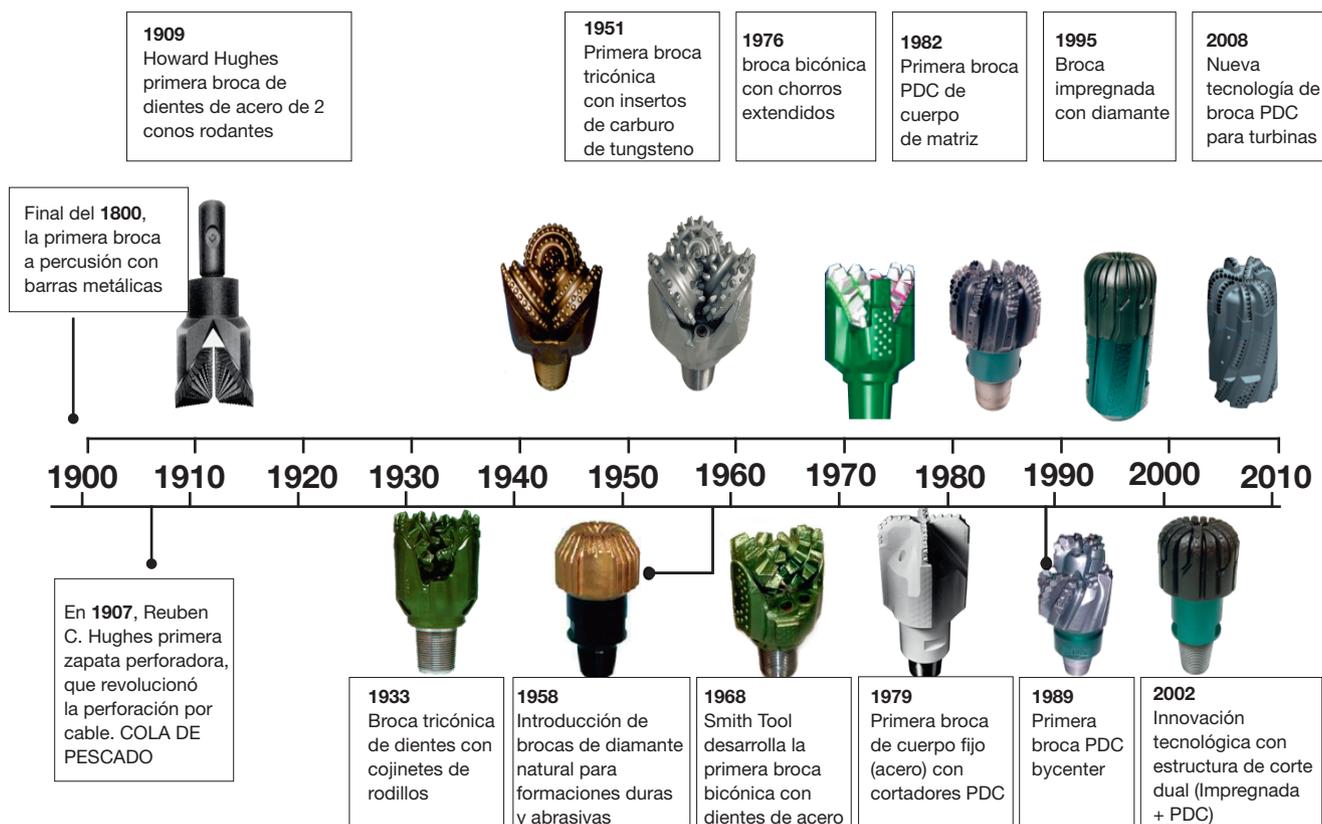


Fuente: Geología, Hidráulica y Brocas de Perforación, (1997). Instituto de Desarrollo Profesional y Técnico (CIED), PDVSA.

3. DESARROLLO HISTÓRICO DE LAS BROCAS DE PERFORACIÓN:

A continuación se muestra una imagen representativa del resumen histórico de los avances realizado en el diseño de las brocas de perforación:

Figura 2: Avances históricos en el Diseño de las brocas de Perforación.



Fuente: Orlando Gordon R: seminario de brocas de perforación. Nivel básico (2011). PDVSA.

4. BROCAS DE CUERPO FIJO

Como lo indica su nombre, constan de un bloque sólido (cuerpo de acero o matriz) con elementos cortantes soldados que perforan la formación al rotar la sarta de perforación. Entre estas brocas, están:

4.1. DE DIAMANTES NATURALES E IMPREGNADOS:

Las brocas de diamantes naturales están construidas por muchos diamantes colocados en una matriz de carburo de tungsteno. Su mejor comportamiento lo obtienen en formaciones que no sean frágiles, de alta dureza y abrasividad.

En condiciones apropiadas de operación, solamente los diamantes entran en contacto con el fondo del pozo, lo que deja una pequeña claridad, entre la matriz y el fondo. Para dirigir el flujo sobre la cara de la mecha se abren canales en la matriz, de modo que parte del fluido es forzado entre ellas y el fondo del hoyo, lográndose así la limpieza y enfriamiento de los diamantes.

Características: Las características más importantes en el diseño de las brocas de diamantes naturales se observan en el perfil de la corona, el mecanismo de corte de la formación y el tamaño y número de diamantes.

- **Perfil de la Corona:** La forma de la corona de la mecha de diamante es variable y de ella depende su uso: Una mecha con ahusamiento largo (ahusada) ayuda en la perforación de un hoyo recto y permite usar mayor peso sobre ella, debido al mayor número de diamantes. Un ahusamiento corto (por ejemplo el perfil parabólico) es más fácil de limpiar, porque la energía hidráulica puede ser concentrada en menos área superficial. Una cara más cóncava puede ser concentrada en menos área superficial. Una cara más cóncava puede utilizarse en perforación direccional e incrementar el ángulo de desviación (Ver Figura 3).

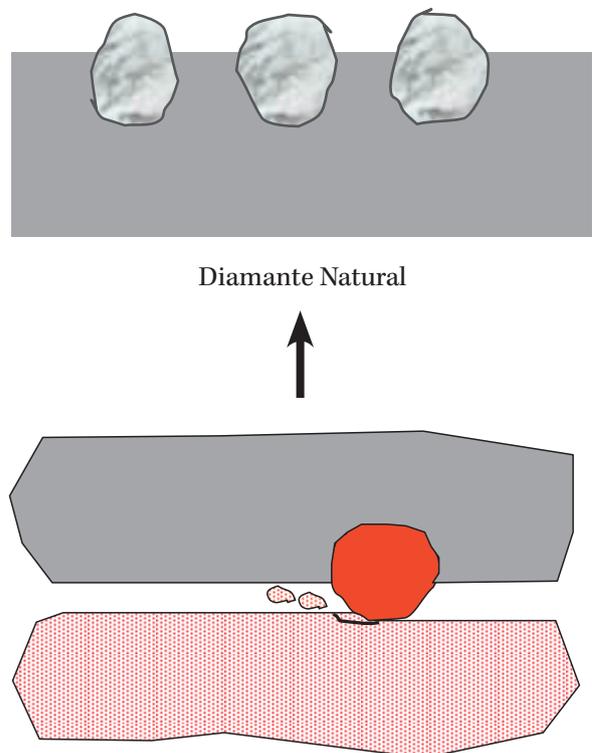
Figura 3: Diferentes Perfiles de las Brocas de Cuerpo Fijo.



Fuente: Geología, Hidráulica y Brocas de Perforación, (1997). Instituto de Desarrollo Profesional y Técnico (CIED), PDVSA.

- **Mecanismo de corte:** El mecanismo de corte o forma de penetrar la formación de este tipo de brocas, es por fricción o abrasión mecánica. Por esta razón, sólo se utilizan en formaciones de muy alta dureza y abrasividad, y se descartan en formaciones plásticas (Ver Figura 4).

Figura 4: Mecanismo de Corte de las Brocas de Diamantes Naturales.



Fuente: Orlando Gordon R: seminario de brocas de perforación. Nivel básico (2011). PDVSA.

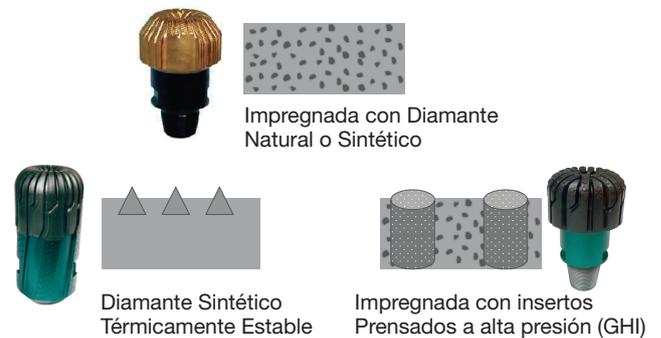
- **Tamaño y número de Diamantes:** El tamaño y número de diamantes de la mecha depende de la dureza de la formación. Para formaciones duras se utilizan brocas con muchas piedras pequeñas, mientras para formaciones blandas, con pocas piedras de mayor tamaño (Ver Figura 5).

Figura 5: Tipos de Brocas en función de la dureza de la formación.



Fuente: Geología, Hidráulica y Brocas de Perforación, (1997). Instituto de Desarrollo Profesional y Técnico (CIED), PDVSA.

Figura 6: Brocas Impregnadas de Diamante.



Fuente: Orlando Gordon R: seminario de brocas de perforación. Nivel básico (2011). PDVSA.

Las brocas impregnadas de diamantes se usan para formaciones duras y abrasivas; la siguiente figura muestra los distintos tipos de brocas impregnadas:

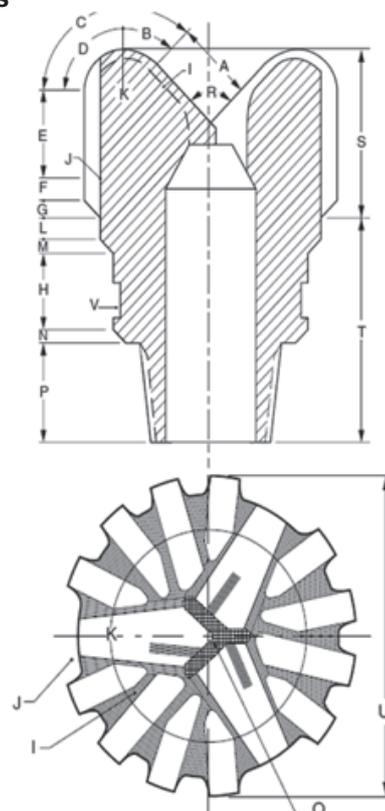
A continuación se muestra una imagen que describe las partes principales de una broca de diamantes naturales:

Figura 7: Partes Principales de una Broca de Diamantes Naturales e Impregnadas.

Nomenclatura de Roca de Brocas

Brocas de Diamantes

- A- Garganta.
- B- Radio Interno (I.D.)
- C- Nariz
- D- Radio Externo (O.D.)
- E- Diámetro Externo del Calibre (O.D.)
- F- Diámetro Externo por encima de los Diamantes(O.D.)
- G- Diámetro Externo del Ángulo (O.D.)
- H- Mango de Acero
- I- Surcos de Fluido
- J- Ranuras / Lozas de Desperdicios
- K- Puntos / Diámetros de Contacto
- L- Hombro
- M- Ángulo del Hombro
- N- Ángulo del Mango
- P- Rosca de Conexión
- Q- Entrada de Fluido
- R- Ángulo del Cono
- S- Corona
- T- Pin del Mango
- U- Tamaño de la Broca
- V- Ranura interruptor



Fuente: well engineers notebook, 2nd Edition, (2001). Shell international exploration and production b.v. ep Learning and Development.

4.2. DE DIAMANTES POLICRISTALINOS:

Las brocas de diamantes policristalinos compactos (PDC) aparecieron en el mercado en los años 70. Su elemento cortante lo constituye un disco o capa de diamante policristalino sintético, adherido a un sustrato de carburo de tungsteno mediante un proceso de alta presión y temperatura.

Las brocas PDC fueron diseñadas para obtener altas tasas de penetración en formaciones blandas, firmes y medianamente duras, no abrasivas. Las mismas no pueden usarse en formaciones duras y abrasivas por el hecho de que los cortadores PDC experimentan un excesivo desgaste mecánico, incrementado térmicamente por el calor generado por la fricción entre el cortador y la formación.

Características: A continuación se describen algunas características importantes en el diseño de las brocas de diamantes policristalinos, relacionados con el perfil de la corona, la limpieza hidráulica de la mecha, el tipo de cortadores y el mecanismo de corte:

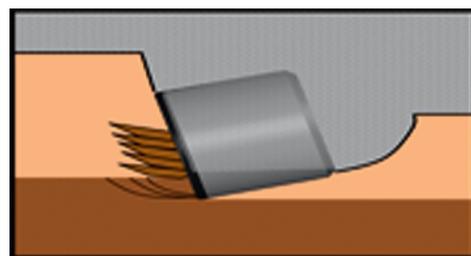
- **Perfil de la Corona:** Además del perfil de doble cono usado en las brocas de diamante, también se usan los perfiles de cono simple con diferentes ahusamientos y perfiles de fondo plano.

- **Limpieza Hidráulica:** Se realiza circulando fluidos a través de orificios en las brocas con cuerpo de acero y a través de canales en la matriz de carburos de tungsteno.

• **Tipos de Cortadores:** En las brocas PDC es importante considerar el tamaño, la forma, el número de cortadores usados y los ángulos de ataque del cortador, los cuales dependen de las características de la formación que se va a perforar.

- **Mecanismo de Corte:** El mecanismo de corte que se produce con estas brocas es por cizallamiento, que permite perforar la formación sin producir impacto en la misma. La ventaja que presenta es que se obtienen volúmenes de corte de apreciable magnitud, aumentado consecuentemente la tasa de penetración. A continuación se muestra una figura que esquematiza dicho mecanismo:

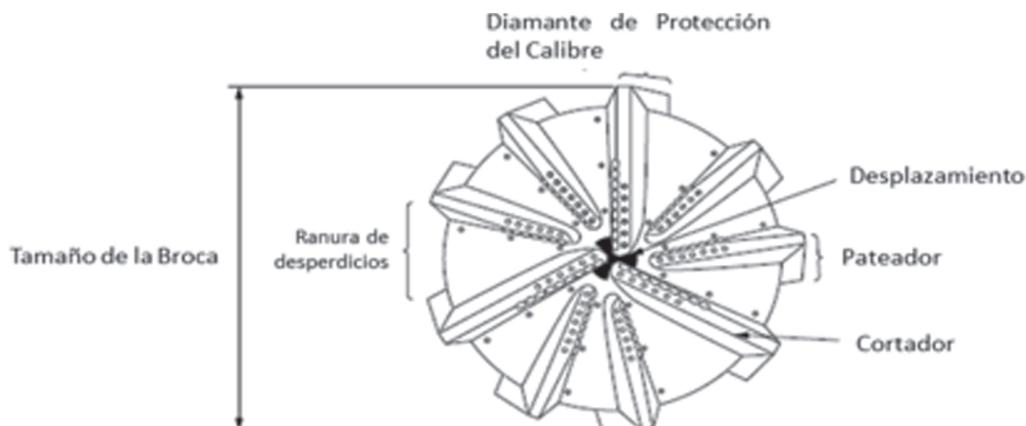
Figura 8: Imagen Esquemática del Mecanismo de Corte de una Broca PDC.

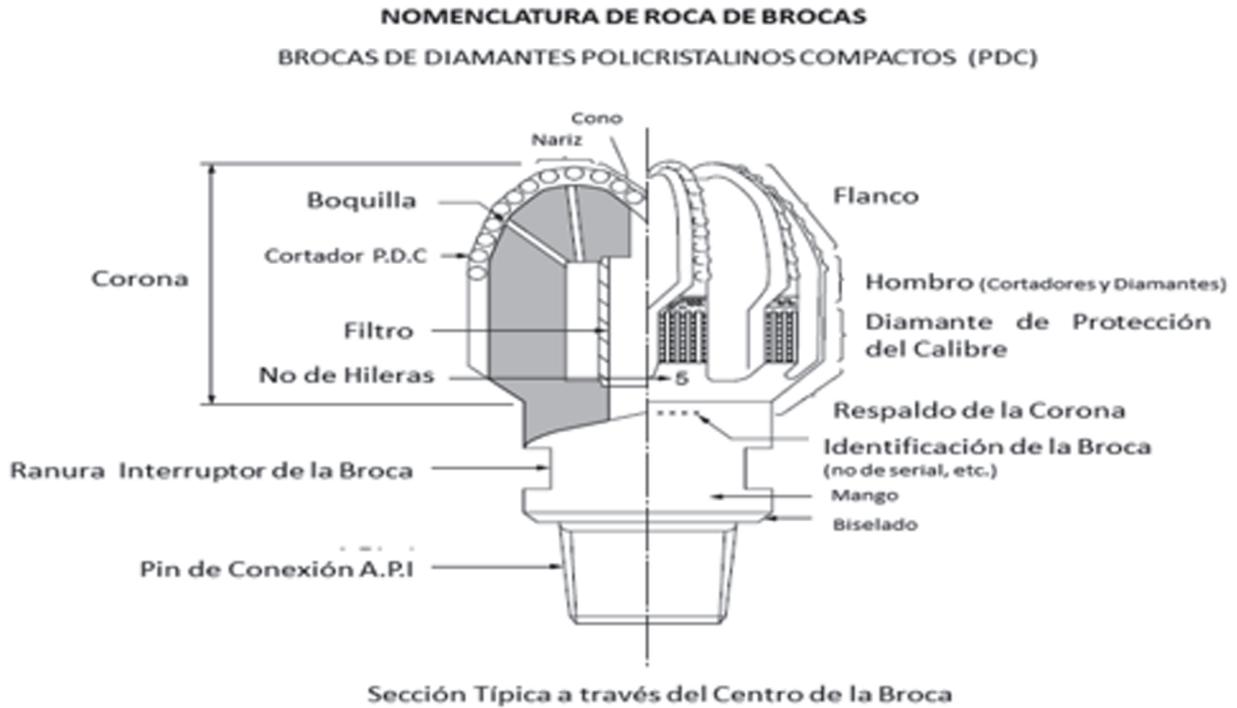


Fuente: Orlando Gordon R: seminario de brocas de perforación. Nivel básico (2011). Pdvsa.

A continuación se muestra una imagen que describe las partes principales de una broca PDC:

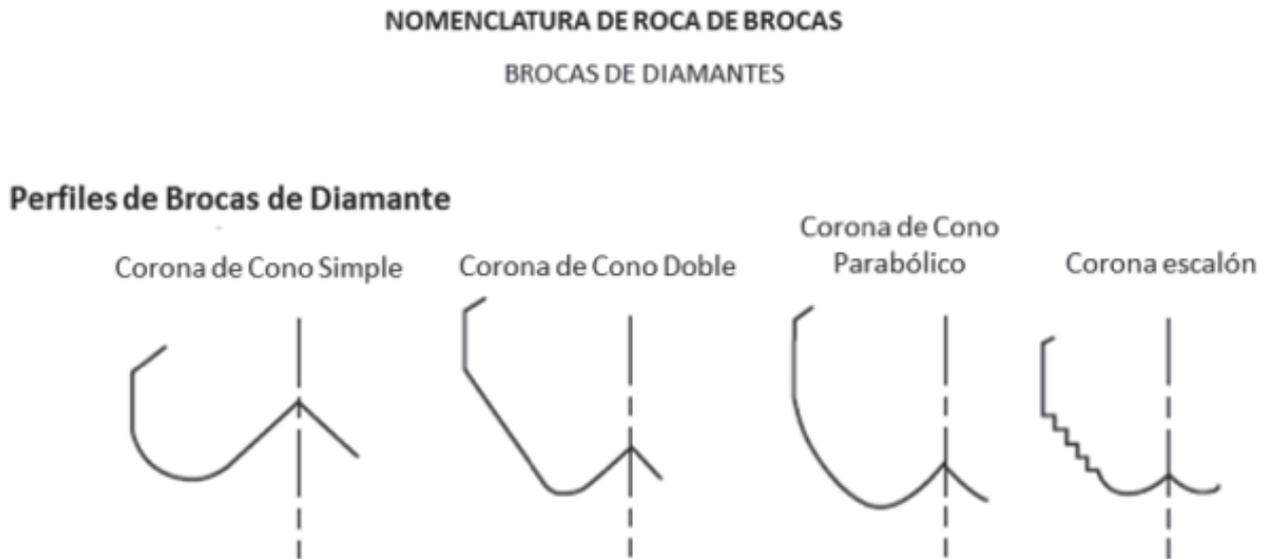
Figura 9: Partes Principales de una Broca de Diamante Policristalino Compacto (PDC).





Fuente: well engineers notebook, 2nd Edition, (2001). Shell international exploration and production B.V. EP Learning and Development.

Figura 10: Diferentes Perfiles de la Corona de una Broca de Diamante Policristalino Compacto (PDC)



Fuente: Drilling engineering workbook, 80270h rev. B, (1995). Baker hughes inteq. Training & development. A Distributed Learning Course.

La broca de tres conos es la más usada en las operaciones de perforación rotatoria debido a que utiliza una gran variedad de diseños de dientes y tipo de cojinetes que permiten su uso en muchos tipos de formación.

4.3. EXCÉNTRICAS (ByCenter):

Estas brocas presentan una geometría única que les permite perforar y ensanchar simultáneamente. Una mecha excéntrica perfora un agujero ligeramente mayor al diámetro para compensar en ciertas formaciones, tales como arcilla esquistosa o sal, que se deforman y alargan después de haber sido perforadas. Para lograr esto, las brocas tienen que ser capaces de pasar a través del diámetro interior de la tubería de revestimiento de un pozo, entonces perforar un agujero sobredimensionado (más grande que el diámetro de la tubería de revestimiento). A continuación se muestra una imagen representativa de las brocas excéntricas:

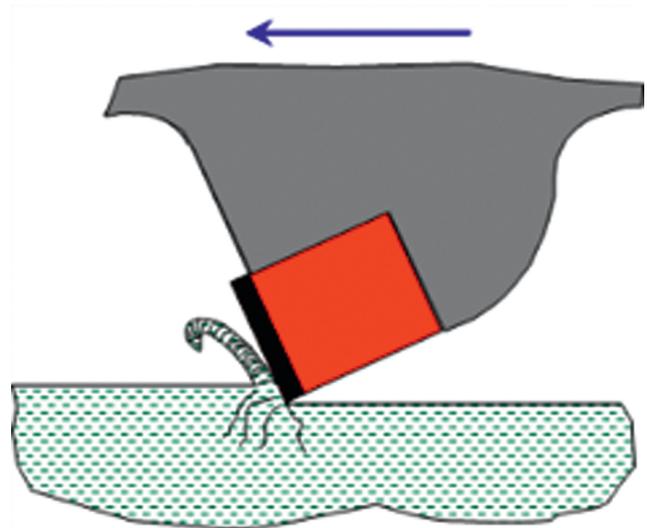
Figura 11: Imagen Representativa de una Broca ByCenter (Excéntrica)



Fuente: Orlando Gordon R: seminario de brocas de perforación. Nivel básico (2011). PDVSA.

- **Mecanismo de Corte:** El mecanismo de corte de las brocas excéntricas es por cizallamiento, que permite perforar la formación sin producir impacto en la misma. La ventaja que presenta es que se obtienen volúmenes de corte de apreciable magnitud, aumentado consecuentemente la tasa de penetración (Ver Figura 12).

Figura 12: Mecanismo de Corte de las Brocas Excéntricas.



Fuente: Orlando Gordon R: seminario de brocas de perforación. Nivel básico (2011). PDVSA.

5. BROCAS DE CONOS:

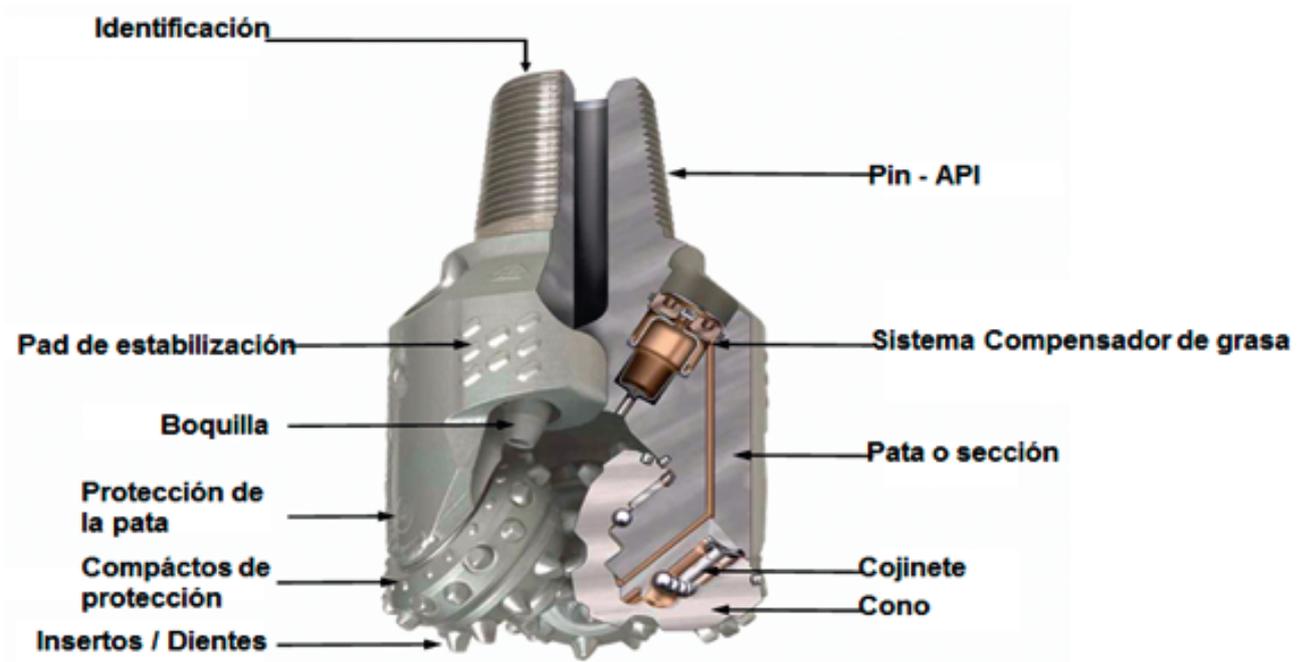
5.1. BROCAS TRICÓNICAS:

La broca de tres conos es, desde hace mucho tiempo, la más usada en las operaciones de perforación rotatoria debido a que utiliza una gran variedad de diseños de dientes y tipo de cojinetes que permiten su uso en muchos tipos de formación. Su característica principal es la presencia de conos que giran alrededor de sus ejes a medida que la broca lo hace sobre el fondo.

La acción de perforación de este tipo de brocas depende básicamente de la descentralización de los conos. Esto hace que el cono se detenga periódicamente cuando gira la mecha y raspe el fondo del hoyo, tal como lo hacen las brocas de arrastre, lo cual tiende a aumentar la velocidad de perforación en la mayoría de los tipos de formación. En ángulo de descentralización del cono varía desde alrededor de cuatro grados para formaciones blandas, has cero grado para formaciones extremadamente duras.

A continuación se muestra una imagen que describe las partes principales de las brocas Tricónicas:

Figura 13: Partes Principales de una Broca Tricónica.

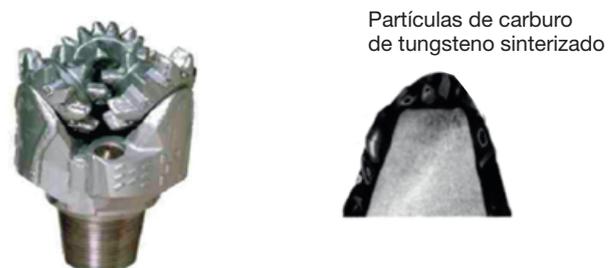


Fuente: Orlando Gordon R: seminario de brocas de perforación. Nivel básico (2011). Pdvsa.

- **Tipos de Cortadores:** Otro aspecto importante en el diseño de las brocas de conos lo representa el tamaño de los dientes lo cual tiene un gran efecto sobre la acción de perforación de la mecha. Para formaciones blandas se utilizan dientes largos y descentralizados, y para formaciones duras, dientes pequeños con menor descentralización. Los tipos de cortadores son los siguientes:

Dientes de Acero: La estructura de corte está constituida por dientes maquinados en el cono de acero forjado, el cual presenta una acción de Corte más Agresiva. Típicamente tiene aplicaciones de alta ROP en formaciones blandas a medias y su mecanismo de corte es por paleo de la formación. Para mayor resistencia los dientes son recubiertos con soldadura de partículas de carburo de tungsteno (Ver Figura 14).

Figura 14: Imagen esquemática de la estructura de corte de los Dientes de Acero.

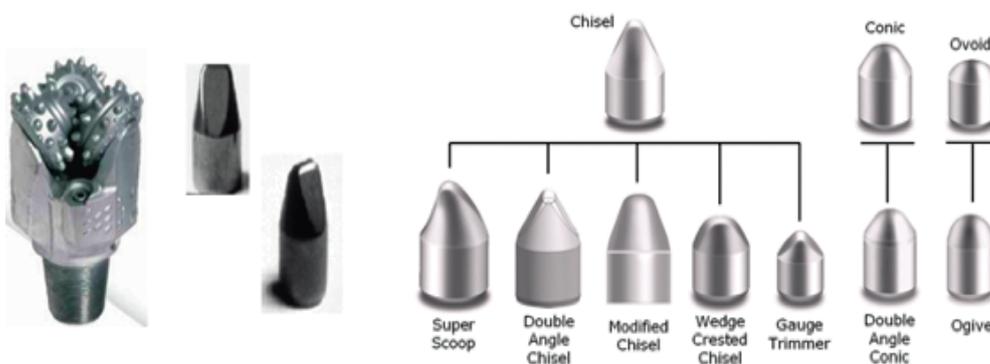


Fuente: Orlando Gordon R: seminario de brocas de perforación. Nivel básico (2011). Pdvsa.

Insertos de Carburo de Tungsteno: Si los dientes son de carburo de tungsteno, el extremo se diseña en forma de cincel para formaciones blandas y en forma semiesférica para formaciones duras. En este diseño la estructura de corte, está constituida por elementos de carburo de tungsteno insertados a presión en orificios calibrados sobre el cono for-

jado. Presenta una acción de corte menos agresiva y típicamente tiene aplicaciones de baja ROP en formaciones duras a muy duras. El mecanismo de corte es por impacto y fractura de la formación. La siguiente figura muestra la estructura de este tipo de cortadores:

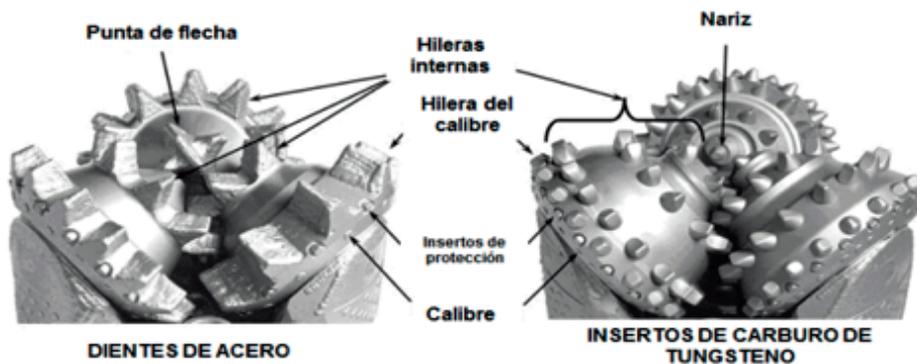
Figura 15: Imagen esquemática de la estructura de corte de los Insertos de Tungsteno.



Fuente: Orlando Gordon R: seminario de brocas de perforación. Nivel básico (2011). PDVSA.

Las Figuras 16 y 17 muestran una comparación de las estructuras de las diferentes brocas tricónicas con cortadores de acero y de insertos:

Figura 16: Comparación y parte de brocas tricónicas con cortadores de acero e insertos de tungsteno.



Fuente: well engineers notebook, 2nd Edition, (2001). Shell international exploration and production b.v. Ep Learning and Development.

Figura 17: Comparación y parte de brocas tricónicas con cortadores de acero e insertos de tungsteno.

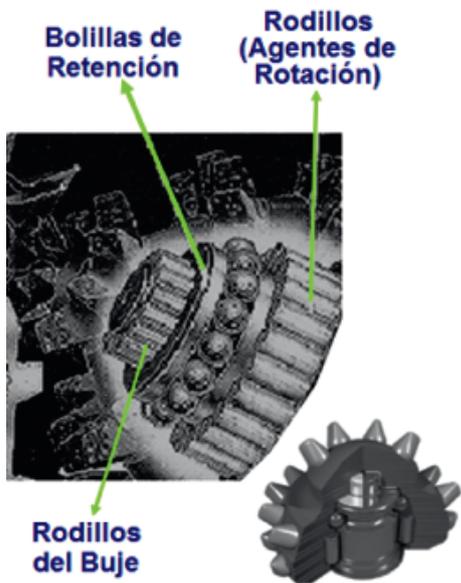


Fuente: well engineers notebook, 2nd Edition, (2001). Shell international exploration and production B.V. EP Learning and Development.

-Tipos de Cojinetes: Normalmente se utilizan tres tipos de cojinetes: el convencional o estándar, el sellado y el tipo “jornal”. En los últimos años se ha logrado una serie de mejoras en el diseño de los cojinetes, con el consiguiente aumento del uso de estas brocas de conos. A continuación se describe Los tipos con los distintos tipos de Cojinetes:

- No Sellados: En su diseño no presentan ningún tipo de sello entre el cono y la sección, por lo que su lubricación y enfriamiento es mediante la circulación del lodo de perforación, además utilizan rodillos de acero inoxidable como mecanismo de rodamiento y el agente de retención es mediante bolillas de acero. Generalmente se usan para perforar formaciones blandas no consolidadas, como arcillas, conglomerados, etc. La siguiente figura muestra la estructura de este tipo de Cojinetes:

Figura 18: Estructura de un Cojinete No sellados.



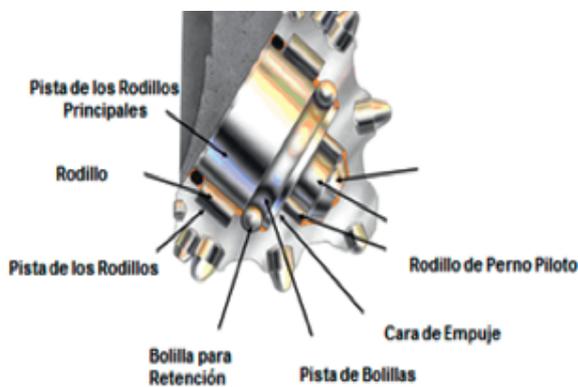
Fuente: Orlando Gordon R: seminario de brocas de perforación. Nivel básico (2011). PDVSA.

- **Sellados:** Diseño con autolubricación donde se incorporan sellos entre los conos y la sección. Estos sellos pueden ser de nitrilo altamente saturado o sello metal-metal, que impiden la entrada de fluido al sistema manteniendo la grasa en condiciones óptimas. En este diseño se tienen dos tipos de cojinetes:

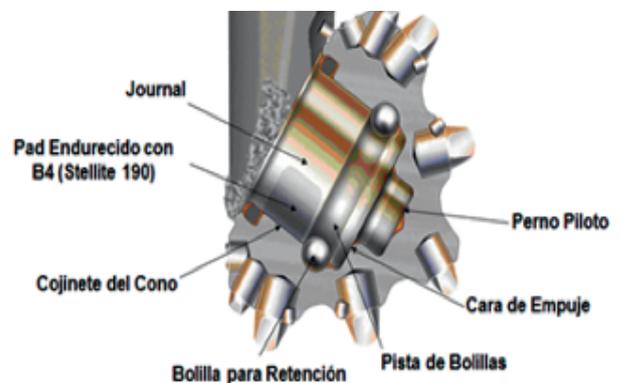
- **Cojinete de Rodillos:** Los primeros cojinetes a rodillos se introdujeron en el año 1932. Estos cojinetes, que no tenían sellos y se lubricaban con el lodo de perforación, fueron diseñados para reemplazar a los cojinetes de fricción rudimentarios que existían en ese entonces. Los cojinetes de rodillos siempre cuentan con una o más hileras de rodillos. Los de dos hileras por lo general se emplean en brocas mayores que 12¼” y menores que 20” y los de tres hileras en brocas de 20” o mayores. Los rodillos se posicionan en forma tal que soporten la carga radial. Los cojinetes de rodillos soportan altos pesos (PSM) y menores RPM, ya que las cargas se distribuyen de manera puntual en los rodillos. Estos cojinetes se utilizan en tamaños de brocas superiores a 12 ¼”. (Ver Figura 19a).

- **Cojinete de Fricción (Cojinete Journal):** Uno de los desarrollos más significativos en la historia de las tricónicas tuvo lugar en 1969 con la incorporación de la mecha con cojinete journal sellado con O-ring. La combinación de estas dos características permitió que el cojinete tuviera la misma vida útil y permitió aplicar más peso sobre la mecha. Los cojinetes de fricción soportan altas RPM y bajos pesos (WOB) debido a que las cargas se distribuyen de manera uniforme en la superficie del cojinete (Ver Figura 19b).

Figura 19: Tipos y Estructura de un Cojinete Sellados.



Cojinetes de rodillos

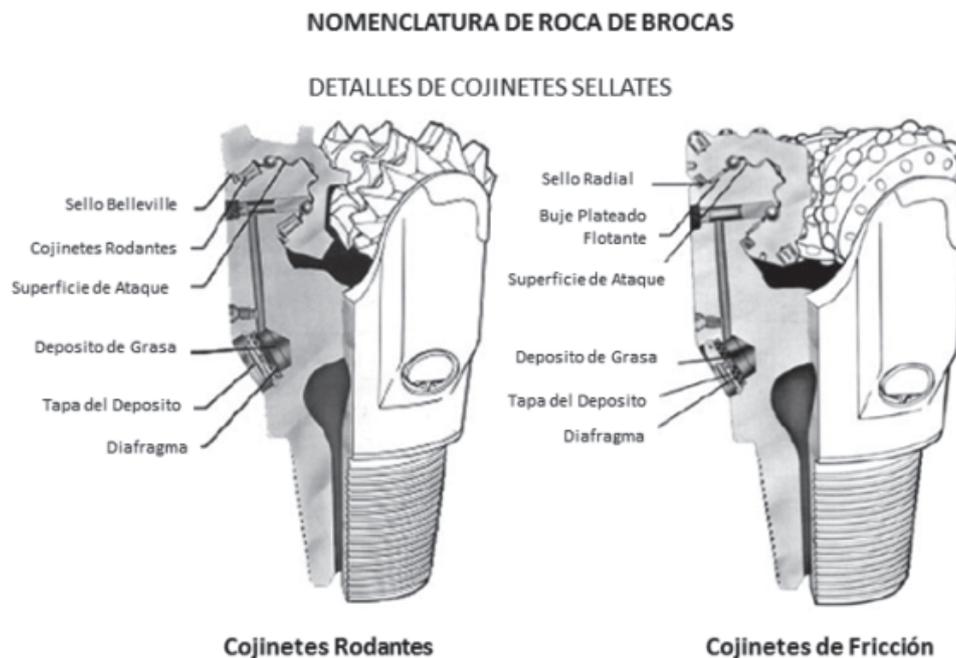


Cojinetes de fricción

Fuente: Orlando Gordon R: seminario de brocas de perforación. Nivel básico (2011). Pdvsa.

La siguiente figura muestra la comparación dos brocas con Cojinetes sellantes rodantes y de fricción:

Figura 20: Partes de las Brocas con Cojinete Sellantes Rodantes y de Fricción

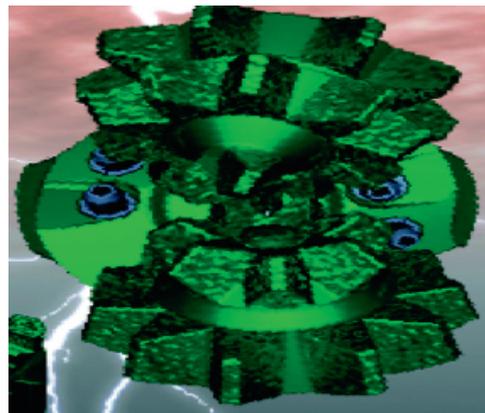


Fuente: well engineers notebook, 2nd Edition, (2001). Shell international exploration and production B.V. EP Learning and Development.

5.2. BROCAS BICÓNICAS:

La geometría de la mecha Bicónica por tener solo dos (2) conos, permite un mayor espacio, que permite incrementar el diámetro y longitud de los cojinetes entre 15 a 25% (mayor durabilidad de los cojinetes). La cantidad de dientes es menor que su equivalente en tricónico y la carga puntual más alta por diente, mejora la penetración en la roca y por ende la ROP. La siguiente imagen muestra la estructura de este tipo de brocas:

Figura 21: Imagen esquemática de una Broca Bicónica.



Fuente: Orlando Gordon R: seminario de brocas de perforación. Nivel básico (2011). PDVSA.

6. AVANCES MÁS RECIENTES E IMPORTANTES EN EL DISEÑO DE BROCAS

Se han desarrollado diferentes modelos numéricos para analizar el desarrollo de la broca durante la perforación y nuevas técnicas de diseños de brocas:

Plemons, Douglas, Shen, Zhan y Zhang (2010) estudiaron el desarrollo de un nuevo cortador más resistente a la abrasión que incrementa la tasa de penetración (ROP) y la cantidad total de pies perforados. La nueva tecnología es diseñada y manufacturada utilizando un proceso innovador el cual proporciona propiedades superiores tanto en los ensayos de laboratorio y de campo. El proceso de manufactura involucra una técnica de dos pasos Alta Presión-Alta temperatura (HPHT). El primer paso es el crear una pastilla de diamante Policristalino usando parámetros HPHT convencionales. El segundo paso es re-atacar la tableta PDC en un sustrato de carburo de tungsteno bajo condiciones extremas de HPHT.

Hareland, Wu y Rashidi (2010) publicaron una investigación que introduce un nuevo modelo ROP basado en los mecanismos de interacción entre la broca y la roca. El modelo toma en cuenta la estructura de la broca y especialmente la estructura de corte y los parámetros de perforación tales como el peso sobre la mecha, los RPM y el desgaste de la broca.

Behbehani, Behbehani, Al-Khaldy y Esmail (2009) publicaron una investigación que trata del estudio de brocas de dos etapas de diámetros llamadas Bi-Center, las cuales incrementan la eficiencia de perforación en orden de producir rápidos ROP a través de hoyos pequeños en secciones profundas de perforación. Cuando la estructura de los cortadores PDC es separada dentro de dos etapas de diámetros de hoyos, la energía mecánica que es requerida para destruir un volumen de roca dado es reducida significativamente. EL hoyo de diámetro reducido que es descrito como hoyo piloto puede ser perforado por la primera etapa de la broca. La segunda etapa de la broca que es llamada como sección ensanchada que lleva al diámetro final del hoyo.

Agarwall y Agarwall (2008) publicaron la descripción de una nueva tecnología de brocas expandible y contraíbles como un nuevo concepto de brocas que nos permite perforar hoyos súper amplios incrementar el diámetro del hoyo con el diámetro de nuestra selección a una profundidad deseada. Permite perforar in-

Agarwall y Agarwall (2008) publicaron la descripción de una nueva tecnología de brocas expandible y contraíbles como un nuevo concepto de brocas que nos permite perforar hoyos súper amplios incrementar el diámetro del hoyo con el diámetro de nuestra selección a una profundidad deseada.

crementando el diámetro del hoyo, pasando a través de restricciones del hoyo como revestidores y diámetros de tubería proveyendo significativas ventajas.

Nygaard y Hareland (2007) publicaron una investigación que aborda el estudio de un aprovechamiento sistemático de cómo seleccionar una broca PDC basado en la medición cuantitativa por uso de simple carta de puntaje. El simulador basado en la prognosis de esfuerzos de la roca para un pozo, predice la tasa de penetración y el desgaste de la broca por cada broca basado en el diseño de la broca.

Botelho, Barreto, Bello, Anato y Uzcátegui (2006) mostraron un trabajo que utiliza las últimas tecnologías en brocas impregnadas y turbinas optimizadas en el desarrollo de la perforación del bloque Aloctono, reduciendo la cantidad de brocas utilizadas, viajes y otros, representando un gran ahorro de costos por parte de operador. Uno de los más notables beneficios es la calidad del hoyo y el control de la verticalidad, reducción de surveys, sin operaciones de pesca y la disminución de reemplazamiento y costo de reparación de los componentes de la sarta de perforación.

Heywood, Currie, Robson y Casey (2005) publicaron una investigación que tuvo una duración de 6 años para la búsqueda, desarrollo y prueba de materiales de brocas impregnadas que culminó en un incremento de 260% en la durabilidad y en un 5% en el incremento en el ROP en formaciones abrasivas y extremadamente duras. El uso de nuevas estructuras de cortadores e

innovaciones en la geometría del cabezal de la broca permitieron perforar hoyos mayores de 9 5/8 pulg.

Curry, Perry y Evans (2004) publicaron una investigación que propone un nuevo método para representar las propiedades de la roca en corridas enteras generando recomendaciones para la selección de la broca.

Chen, Dahlem y Dennis (2001), basados en resultados de simulaciones de perforación, desarrollaron una única broca de conos. Todos los dientes en esta nueva pieza se orientan de forma óptima de manera que la cara principal de la cresta alargada de un diente es perpendicular a su trayectoria durante la interacción con una formación. Este artículo describe el modelo computacional, el procedimiento de cálculo para determinar las trayectorias de los dientes, y el método para el diseño de la nueva pieza. Las pruebas de laboratorio y de campo han demostrado que los nuevos bits de perforación de hasta 25% más rápido y más largo que el mismo tipo de bits con un diseño de dientes convencional.

Brett , Warren Y Behr (1990) presentaron una publicación que resulta de un estudio que muestra que la vibraciones perjudiciales en la Brocas PDC son atribuidas al fenómeno llamado Whirl.

La mayoría de las investigaciones realizan ciertas asunciones que omiten uno u otro factor lo cual puede en algunos casos no reflejar el fenómeno físico que ocurre en el fondo del pozo y al final la broca seleccionada para perforar cierta formación puede no ser la más adecuada para ello, incurriendo en gastos adicionales por el cambio de una broca desgastada aunado a los gastos asociados a taladro y a los tiempos no productivos entre otros.

Mermarzadeh y Miska (1984) publicaron un modelo matemático simple de brocas de diamante que cuantifica el desgaste que sufre una broca durante la perforación con aire.

Ziaja y Miska (1982) publicaron un modelo matemático del proceso de Perforación con Brocas de Diamante y sus aplicaciones prácticas; en dicha investigación se desarrolla un modelo que está representado por ecuaciones de tasa de penetración instantánea durante la perforación que cuantifica la reducción de la tasa de penetración resultado del desgaste de la broca.

CONCLUSIONES

Las investigaciones en el área de Diseño, Selección y Evaluación de Brocas de Perforación es de gran importancia ya que en los procesos de perforación uno de los elementos que genera mayor inversión y costos es precisamente la broca de perforación.

Para realizar una óptimo diseño y selección de una broca es importante tener en cuenta factores como peso sobre la broca, el tipo de litología y abrasividad, temperatura de la formación, densidad del lodo, tasa de perforación, deformación y esfuerzos de la broca, etc. La mayoría de las investigaciones realizan ciertas asunciones que omiten uno u otro factor lo cual puede en algunos casos no reflejar el fenómeno físico que ocurre en el fondo del pozo y al final la broca seleccionada para perforar cierta formación puede no ser la más adecuada para ello, incurriendo en gastos adicionales por el cambio de una broca desgastada aunado a los gastos asociados a taladro y a los tiempos no productivos entre otros.

Entre los avances más importantes en el diseño y desempeño de brocas se encuentran los estudios realizados en el fenómeno de la vibración de las brocas PDC, el cual tiene un fuerte impacto en la vida útil de la broca, donde la identificación de este fenómeno ha permitido realizar diseños de brocas más resistentes bajo este efecto vibratorio durante la perforación aumentando la vida útil de la broca durante la perforación.

Otro avance importante en el diseño de las brocas viene dado por una nueva tecnología de los cortadores tipo HPHT, donde las pastillas de diamantes compactos obtenidas puede manejar mayores condiciones de presión , temperatura y abrasión permitiendo alargar la vida útil de los cortadores de brocas PDC.

BIBLIOGRAFÍA:

Agarwal S. & Agarwal N. (2008). *Expandable and Contractable Drill Bit- A novel technology for hole enlargement*. SPE 112345.

Behbehani H; Behbehani M; Al-Khaldy M. & Esmail A. (2009). *Two stages cutting structures of bi-center PDC bit provides two phases of destroying volumen of the rock, results faster penetration rate through deep section of carbonates formation in Kuwait*. SPE 127473.

Brett F. ; Warren T. and Behr S. (1990). *Bit Whirl-A new theory of PDC Bit Failure*. SPE 19571.

Botelho R.; Barreto J. ; Anato W. ; Uzcayegui G. (2006). *Drilling Optimization at the Aloctono Block in venezuela with the Utilization of Latest Technologies in Impregnated Bits and Turbines*. SPE 99602.

Chen S.; Dahlem J. & Dennis J. (2001). *Development and Application of a New Roller Cone Bit with Optimized Tooth Orientation*. SPE 71053.

Curry D.; Perry P. & Evans J. (2004). *New method of representing rock properties over entire bit run improves computer generated bit recommendations*. SPE/IADC 87100.

DRILLING ENGINEERING WORKBOOK, 80270H Rev. B, (1995). BAKER HUGHES INTEQ. TRAINING & DEVELOPMENT. A Distributed Learning Course.

Geología, Hidráulica y Brocas de Perforación, (1997). Instituto de Desarrollo Profesional y Técnico (CIED), PDVSA.

Hareland G.; Wu A. & Rashidi B. (2010). *A drilling rate model for roller cone bits and its application*. SPE 129592.

Heywood A.; Robson D. & Casey P. (2005). *Recent Material and Geometrical Changes in Impreg technology on Turbine drive lead to reduced drilling costs in hard rock application*. SPE/IADC 97443.

Memarzadeh F. & Miska S. (1984). *Mathematical Numerical Simulation of Diamond-Bit with air*. SPE 12908.

Nygaard R. & Hareland U. (2007). *How to select PDC bit for optimal drilling performance*. SPE 107530.

Gordon, R. O. (2011). SEMINARIO DE BROCAS DE PERFORACIÓN. NIVEL BÁSICO .PDVSA.

Perry P. & Evans J.; Curry D. (2004). *New method of representing rock properties over entire bit run improves computer generated bit recommendations*. SPE/IADC 87100.

Plemons B. ; Douglas C. ; Shen & Zhan Y and Zhang Y. (2010). *New Cutter technology for faster drilling in Hard/abrasive formations*. SPE 132143.

WELL ENGINEERS NOTEBOOK, 2nd Edition, (2001). SHELL INTERNATIONAL EXPLORATION AND PRODUCTION B.V. EP Learning and Development.

Ziaja M. & Miska S. (1982). *Mathematical Model of the Diamond-Bit drilling Process and its practical application*. SPE 10148.