

CAPÍTULO 1

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

BROCAS

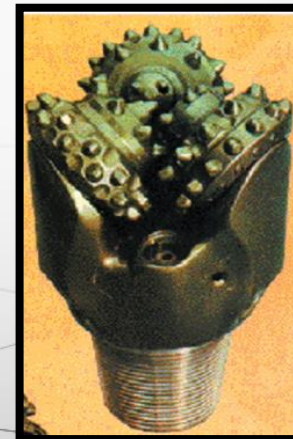
Herramienta de corte que se sitúa en el extremo inferior de la sarta de perforación.

TIPOS DE BROCAS

BROCAS PDC



BROCAS TRICÓNICAS



BROCAS TRICÓNICAS

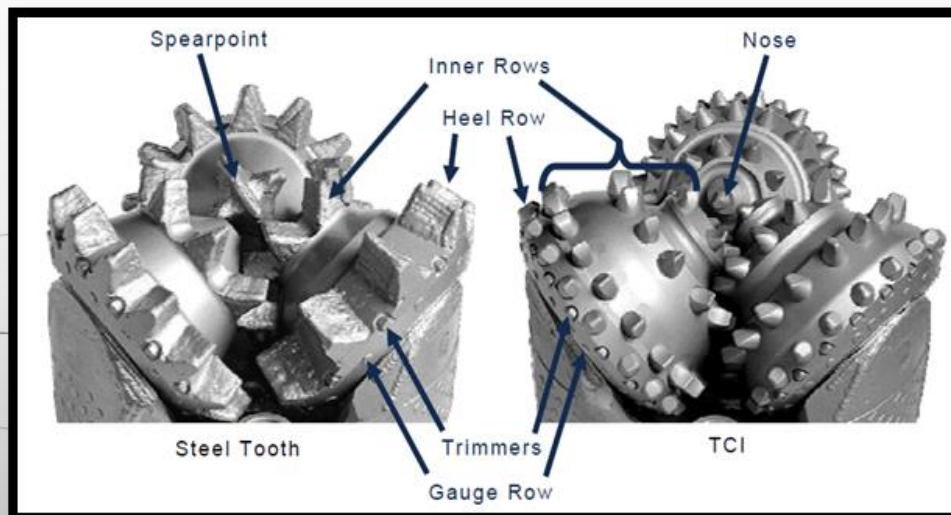
Estructura de Corte

Dientes de Acero

- Económico
- Formaciones blandas, medias, suaves

Insertos de Carburo de Tungsteno

- Resistencia
- Formaciones blandas hasta muy duras



BROCAS TRICÓNICAS

Cojinetes

Girar los conos

Soportar cargas ejercidas por el WOB

TIPOS

Rodillos

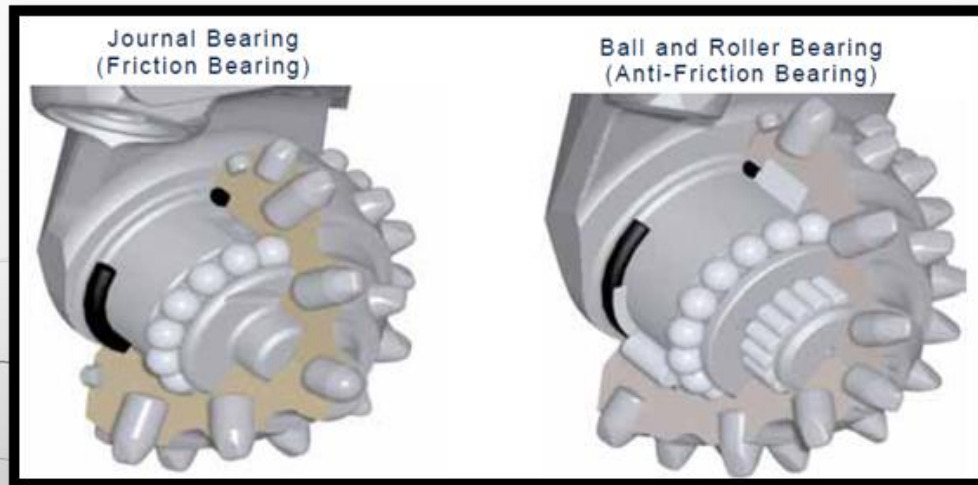


RPM, Diámetros Mayores

Journal



WOB, Diámetros Menores



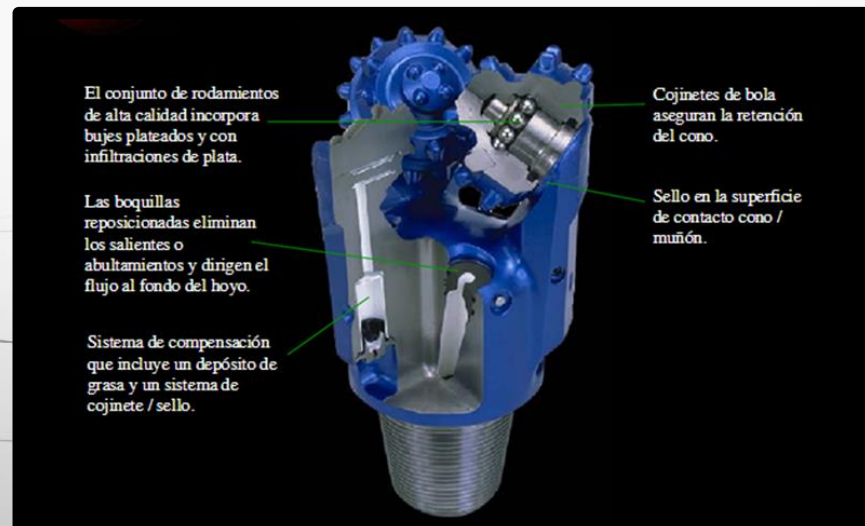
BROCAS TRICÓNICAS

Cuerpo

Dirigir el fluido de perforación

Componentes

Una conexión roscada
Tres ejes para los cojinetes
Los depósitos de lubricante
Los orificios (fluido de perforación)



7

5 BALERO SELLA DO Y PROTECCIÓN AL CALIBRE

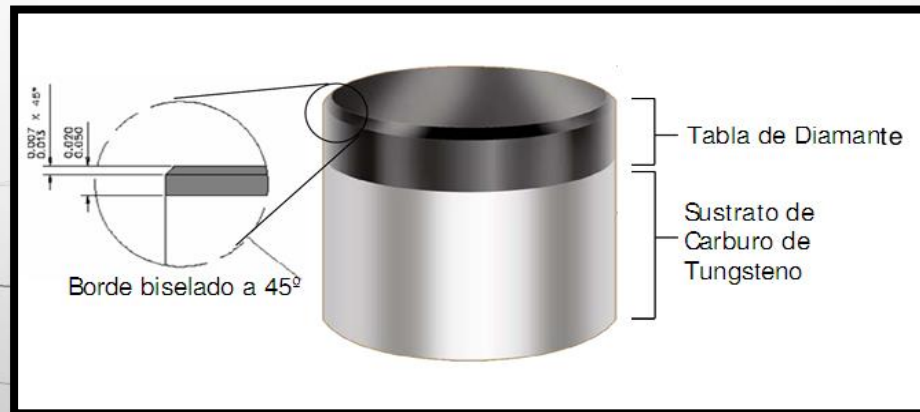
BROCAS PDC

Estructura de corte

Constituida por diamantes sintéticos (dureza 7)

Cortadores PDC

- ➡ **Duración**
- ➡ **Resistencia**
- ➡ **Excelente para formaciones arcillosas**



BROCAS PDC

Cuerpo

Acero



**Elasticidad
Mayor**



**Mas
Económicas**

**Carburo de
Tungsteno (níquel-
cobre)**



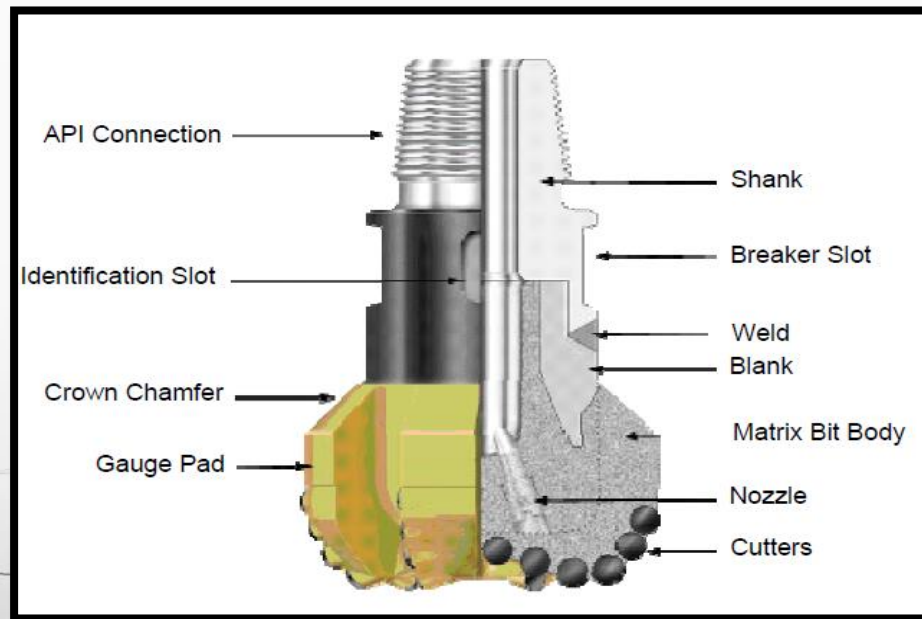
Vida útil mayor

**Resistencia
Erosión y
Abrasión**

BROCA PDC

Espiga

- ➡ Une la broca con la sarta de perforación
- ➡ Fabricación de acero de alto porcentaje de Aleación.



BROCAS PDC

IADC

1er CARACTER			2do CARACTER				3er CARACTER				4to CARACTER			
	TIPO DE CORTADOR	MATERIAL DEL CUERPO	PERFIL DEL CUERPO				DISEÑO HIDRÁULICO				TAMAÑO Y DENSIDAD DE CORTADORES			
			ALTURA DEL FLANCO	ALTURA DEL CONO			DISTRIBUCION DE CORTADORES	TIPO DE ORIFICIO			TAMAÑO	DENSIDAD		
				Alta	Media	Baja		Toberas	Orificio fijo	Salida abierta		Alta	Media	Baja
D	DIAMANTE NATURAL	MATRIZ	Alto	1	2	3	En Aletas	1	2	3	Grande	1	2	3
M	PDC	MATRIZ	Media	4	5	6	En Costillas	4	5	6	Mediano	4	5	6
S	PDC	ACERO	Bajo	7	8	9	No agrupados	7	8	9	Pequeño	7	8	9
T	TSP	MATRIZ	O = de doble centro o asimétrico				R = Flujo radial X = Flujo cruzado O = Otro				O = Impregnado			

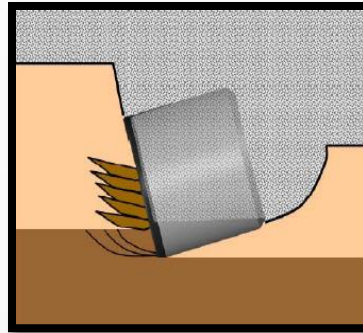
MECANISMOS DE CORTE

Vencer los esfuerzos de corte y compresión

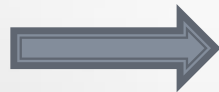
BROCAS PDC



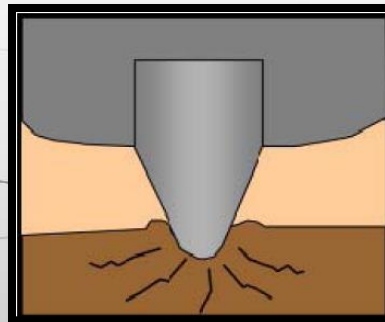
Cizallamiento: penetra, corta y elimina por capa



BROCAS TRICÓNICAS



Trituración: fractura la roca por compresión



CAPÍTULO 2

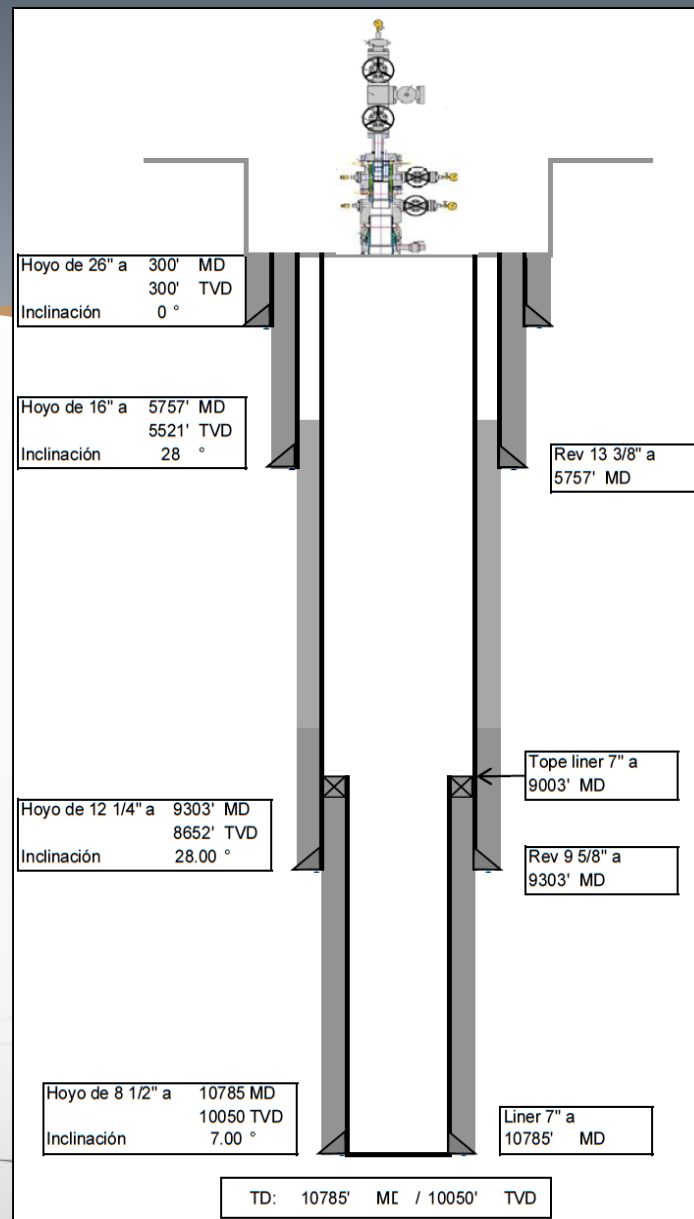
INFORMACIÓN PRELIMINAR PARA LA SELECCIÓN DE BROCAS

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL POZO

El pozo XD servirá para desarrollar el campo S con el objetivo de incorporar a la producción reservas de aproximadamente 1.3 MMBP.

Su configuración mecánica será:

- Hueco de 26" hasta 300' MD, revestidor de 20", 94 #, K-55.
- Hueco de 16" hasta 5757' MD, revestidor de 13 3/8", 72 #, C-95.
- Hueco de 12 1/4" hasta 9303' MD, revestidor de 9 5/8", 47#, C-90.
- Hueco de 8 1/2" hasta 10785' MD, Liner de 7", 26 # N-80.



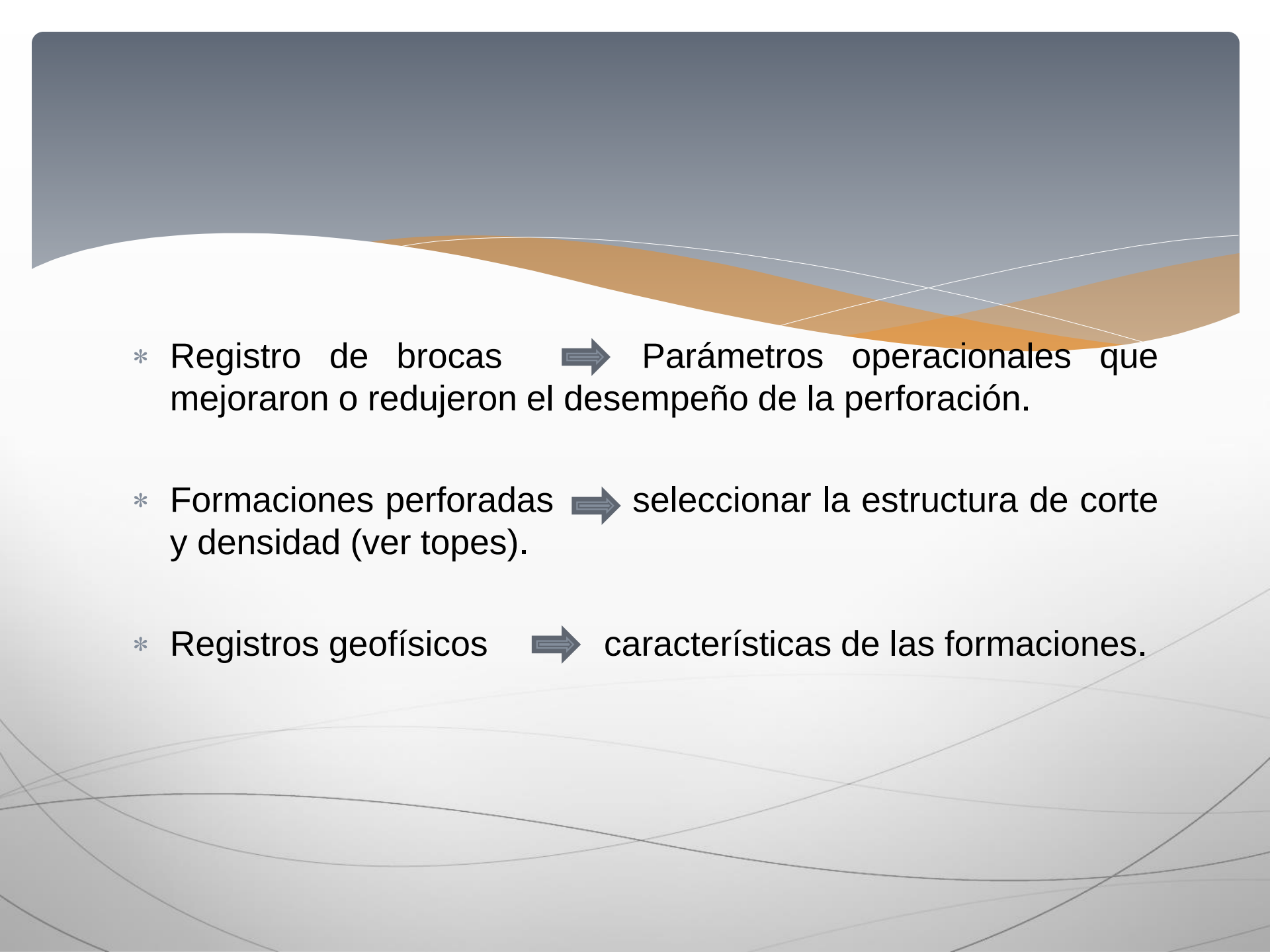
CONFIGURACIÓN MECÁNICA PLANEADA

INFORMACIÓN DE POZOS VECINOS

Ofrecen la oportunidad de:

- * Comprender las condiciones en el fondo del pozo.
- * Conocer las limitaciones de la perforación.
- * Establecer la adecuada selección de brocas.

Dentro de la información tomada de dichos pozos tenemos:

- 
- * Registro de brocas ➡ Parámetros operacionales que mejoraron o redujeron el desempeño de la perforación.
 - * Formaciones perforadas ➡ seleccionar la estructura de corte y densidad (ver topes).
 - * Registros geofísicos ➡ características de las formaciones.

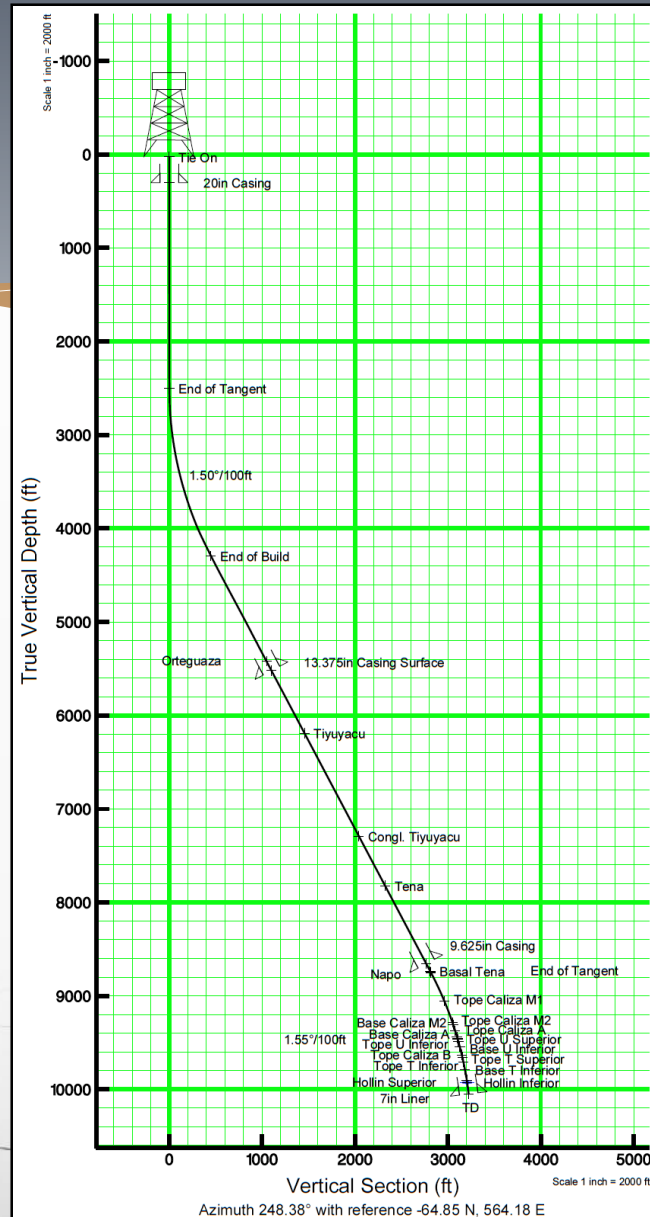
GEOLOGÍA ESTIMADA PARA EL POZO XD

Formación	Profundidad MD (ft)	Profundidad TVD (ft)
Orteguaza	5643.92	5421.14
Tiyuyacu	6505.81	6182.33
Congl. Tiyuyacu	7758.43	7288.25
Tena	8367,75	7826.33
Basal Tena	9393.86	8731.87
Napo	9408.59	8745.00
Tope Caliza M1	9736.76	9040.78
Tope Caliza M2	9984.38	9271.80
Base Caliza M2	10012,92	9298.93
Tope Caliza A	10077.14	9360.18
Base Caliza A	10148.32	9427.56
Tope U Superior	10170.22	9449.44
Tope U Inferior	10205.59	9482.69
Base U Inferior	10256.42	9531.70
Tope Caliza B	10341.13	9613.96
Tope T Superior	10369.95	9641.96
Tope T Inferior	10419.26	9690.09
Base T Inferior	10499.11	9767.97
Hollin Superior	10594.93	9862.48
Hollin Inferior	10639.64	9906.23
TD	10785.25	10050.0

PERFIL DIRECCIONAL

- ✓ **Pata de perro (Dogleg):** Cambio Angular. Se mide en grados.
- ✓ **Severidad de la pata de perro (Dog Leg Severity):** Tasa de cambio. Se expresa en grados por cada 100 pies.
- ✓ **Inclinación (Drift):** Es el ángulo entre la vertical y la tangente al eje axial del pozo en un determinado punto.
- ✓ **Azimuth (Dirección de Pozo):** En un determinado punto el azimuth es la dirección del pozo en un plano, medido en grados en sentido horario (0° - 360°).

POZO "J" MODIFICADO



PERFIL DIRECCIONAL DEL POZO XD

LITOLOGÍA

Indica la densidad requerida por los cortadores para las brocas de diamante. Las principales características son:

De transición ➡ cambios en la dureza de la formación y provoca cargas disparejas en el perfil de la broca.

Homogeneidad ➡ consistencia de la formación. Permite más flexibilidad en la selección de brocas.

Interestratificación ➡ cambios en la litología del intervalo en estudio.

Fracturados o nodulares ➡ situación de alto impacto, por lo cual no se recomiendan las brocas de diamante.

PROGRAMA DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN

Fluidos de Perforación en la Selección de las Brocas



Hueco de 12 1/4"

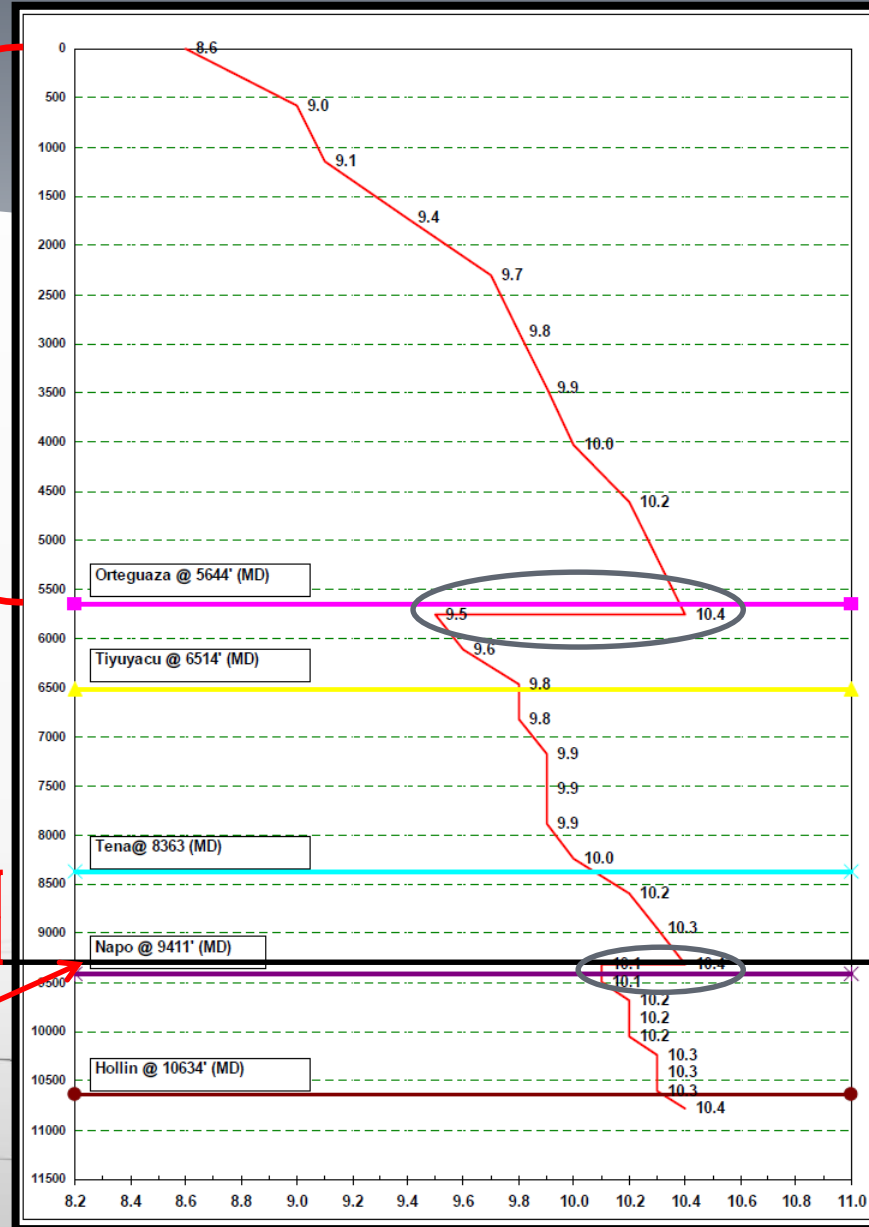
Propiedad	Unidades	Valor
Densidad del Lodo	Lpg	9.5 – 10.3
PV @ 120°F	cP	12 – 25
YP @ 120°F	lb/100ft ²	15 – 26
Geles	lb/100ft ²	4 – 8 / 12 - 19

CURVA DE PESO DE LODO VS PROFUNDIDAD

Terciario
Indiferenciado

Tena

B.T.



arenisca, Lutita
limolita, cgl.

areniscas cuarzosas,
K↑

Información del Taladro

Nombre del Taladro	CPV – 16
Elevación del Terreno	889,11 psnm
Elevación de la mesa rotaria	915,11 psnm
Max. Presión	3800 psi
Potencia	1500 HP

Bombas de Lodo

Número de Bombas	Presión c/u (psi)	Caudal (GPM)
3	1267	335
Total	3800	1000

Las capacidades del equipo limita la optimización de la perforación.



PARÁMETROS OPERACIONALES

TORQUE

El torque rotativo es un indicador de lo que está pasando al nivel de la broca de perforación



Daño en estructura de corte

PDC



Patinando en una formación dura y la estructura de corte podría estar atrapada.



Conos están bloqueados

TRICÓNICA



Estructura de Corte podría estar sin filo o atrapada

Formaciones Homogéneas



Torque Constante

Formaciones Interestratificadas



Cambios en Torque

PESO SOBRE LA BROCA (WOB)

Conforme la estructura de corte de la broca se desgasta, se requerirá más peso para mantener la tasa de penetración.

VELOCIDAD DE ROTACIÓN (RPM)

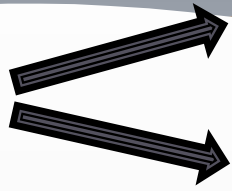
La velocidad de rotación total de la broca es igual a la velocidad de rotación en superficie más la velocidad de rotación del motor en profundidad

Formaciones



Tasa de penetración (ROP)

Indica



Si se debe continuar perforando con la broca es necesario cambiarla porque no se encuentra dentro del rango adecuado de operación

Además dependerá del modo en que se está trabajando (rotando o deslizando).

Tasa de Flujo (Caudal)



Caudal

Transportan recortes debido a mayor velocidad anular

Aumentan energía hidráulica en la broca

PARÁMETROS OPERACIONALES RECOMENDADOS PARA EL POZO XD DE

No.	Diámetro brocas	Profundidad	ROP	WOB	RPM
	(in)	(ft)	(ft/hr)	(klb)	
1	26	300	20.0	2 8	50 80
2	16	500	40.0	5 15	50 80
3	16	5757	105.1	10 25	60 80
4	12-1/4	7762	47.7	5 25	40 70
5	12-1/4	8363	24.0	15 30	50 60
6	12-1/4	9308	47.3	10 20	60 80
7	8-1/2	10784	52.7	10 20	50 60

Control de Parámetros en formaciones complejas (Conglomerados de Tiyuyacu)

Tiyuyacu Superior

Conglomerados y en menor proporción areniscas y lutitas.

Tiyuyacu Inferior

Conglomerados (90% cherts rojizos-angulosos, 10% cuarzos lechosos) y en menor proporción areniscas gruesas y lutitas

El tope de este miembro está conformado por areniscas finas y a veces por lutitas en facies de areniscas.

Problemas relacionados con los Conglomerados de Tiyuyacu

En la perforación de pozos vecinos al XD se han presentado diferentes problemas cuando se atraviesa Tiyuyacu Inferior

Conglomerado chert (arena silícea) es abrasivo



Se Usa broca de insertos

Tiende a hincharse

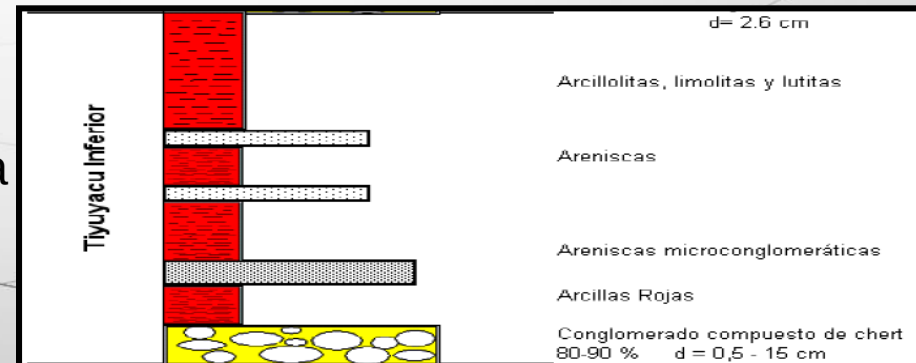
Huecos apretados



Aprisionamiento de tubería

Derrumbes

Embolamiento de la broca



CAPÍTULO 3

CÁLCULO Y OPTIMIZACIÓN DE LA HIDRÁULICA REQUERIDA POR LAS BROCAS

Determina el diámetro óptimo de las toberas, aquél que dará lugar a la máxima potencia hidráulica del flujo. El factor limitante puede ser la presión máxima de las bombas del taladro.

BHA DE FONDO

- **Motores de fondo** **Fuerza de giro (RPM)**
- **MWD** **Posición de la broca, Atascamiento, Patas de perro.**
- **LWD** **Datos de la formación a tiempo real**
- **Sistema de Navegación Rotaria** **Pérdidas de presión mínimas**



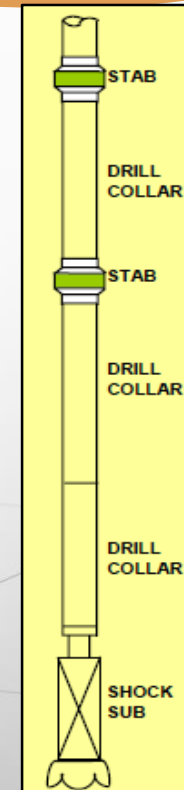
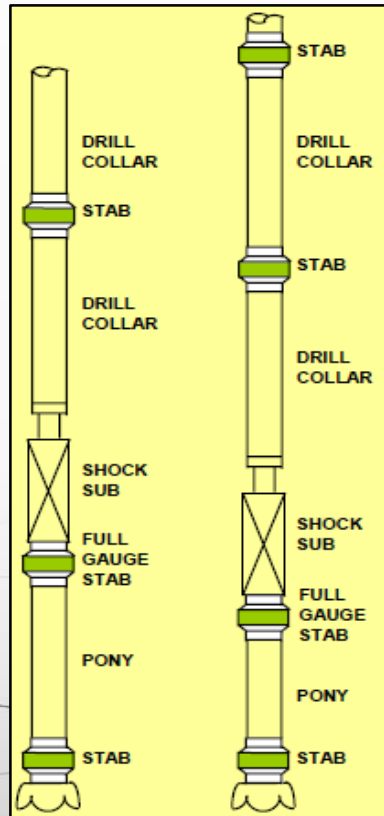
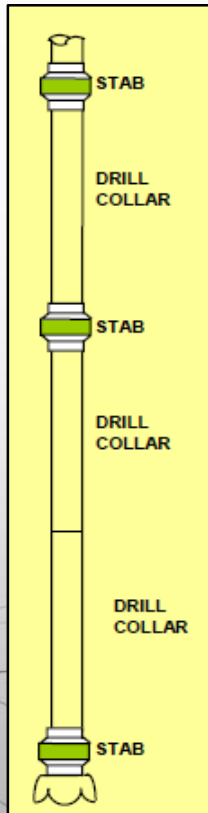
MÉTODOS DE CONTROL DIRECCIONAL

Posicionamiento de los estabilizadores

Fulcro
(0', 60')

Estabilización
(0', 30', 60')
(0', 10', 40', 70')

Péndulo
(60')



EJEMPLO DE BHA EN SECCIÓN DE 12 1/4"

Inicio MD (ft)	Fin de MD (ft)	Intervalo (ft)	Inicio TVD (ft)	Fin del TVD (ft)
5757	9308	3550	5521	8656

Item	#	Component	Gauge OD in	OD in	ID in	Length ft	Total Len ft
	11	Drill pipe		5	4.276	30.00	1013.64
	10	HWDP		5	3	60.00	983.64
	9	Jar		6 1/2	2 3/4	31.50	923.64
	8	HWDP		5	3	750.00	892.14
	7	Sub - X/O		7 3/4	3 3/4	3.00	142.14
	6	Drill collar		8	3	60.00	139.14
	5	NM Sub - filter		8 1/4	2 1/4	6.00	79.14
	4	MWD - NaviTrak		8 1/4	3	31.00	73.14
	3	Stab - string	11 3/4	8	2 13/16	6.00	42.14
	2	Motor - steerable	12 1/8	8	6.400	34.94	36.14
	1	Bit - PDC - fixed cutter	12 1/4	12 1/4		1.20	1.20
11 String components with a total length of 1013.64 ft.							

PROPIEDADES DE LODO EN LA HIDRÁULICA

- Densidad
- Punto cedente
- Viscosidad Plástica
- Resistencia de Gel

PROPIEDADES DE LODO	INDICE DE LIMPIEZA (HSI)	PRESIÓN
DENSIDAD 	AUMENTA	AUMENTA
PV 	NO DEPENDE	AUMENTA
YP 	NO DEPENDE	DISMINUYE
Geles a 10 S/ 10 min 	NO DEPENDE	AUMENTA

SURVEYS

Lectura de la inclinación y la dirección de la herramienta en un punto en el espacio.

Son tomadas para:

- ✓ Medir la inclinación y azimuth del pozo.
- ✓ Localizar la pata de perro (dogleg) y calcular su severidad.
- ✓ Determinar la orientación de la cara de la herramienta (toolface).

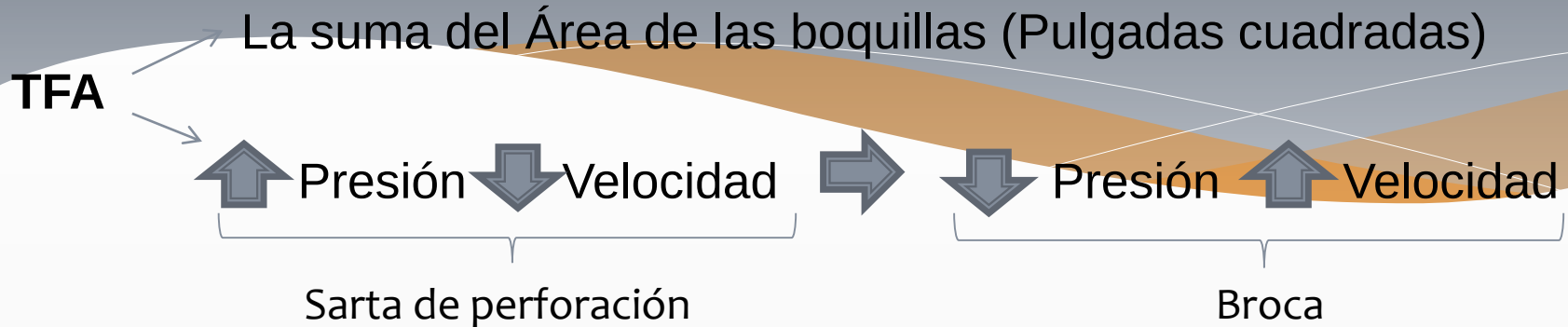
DATOS TOMADOS EN EL SURVEY DEL POZO XD

MD	Inclinación	Azimuth
[ft]	[°]	[°]
26	0	248,382
2500	0	248,382
4366,67	28	248,382
9414,25	28	248,382
10188,44	16	248,382
10661,33	8,735	248,382
10784,38	7	248,382

DATOS CALCULADOS A PARTIR DEL SURVEY

TVD	Vert Sect	Norte	Este	DLS	Tasa de Const.	Turn Rate	Comentarios
[ft]	[ft]	[ft]	[ft]	[°/100ft]	[°/100ft]	[°/100ft]	
26	0	-64,85	564,18	0	0	0	Tie On
2500	0	-64,85	564,18	0	0	0	End of Tangent
4293,25	447,11	-229,58	148,52	1,5	1,5	0	End of Build
8750	2816,8	-1102,63	-2054,49	0	0	0	End of Tangent
9466,51	3106,29	-1209,29	-2323,61	1,55	-1,55	0	End of Drop
9928,11	3207,51	-1246,58	-2417,71	1,54	-1,54	0	End of Drop
10050	3224,35	-1252,78	-2433,36	1,41	-1,41	0	End of Drop

PARÁMETROS EN LA HIDRAULICA



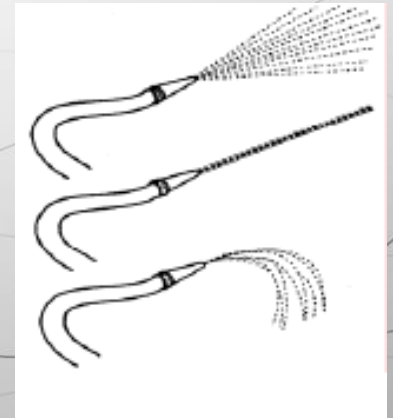
→ Índice de Limpieza

HSI → Fuerza hidráulica que consume la broca (Energía para remover los recortes)

→ Maximizar el ROP

Ing. en Brocas cambia
diámetro de boquillas (TFA)

$$TFA \sim 1/HSI$$

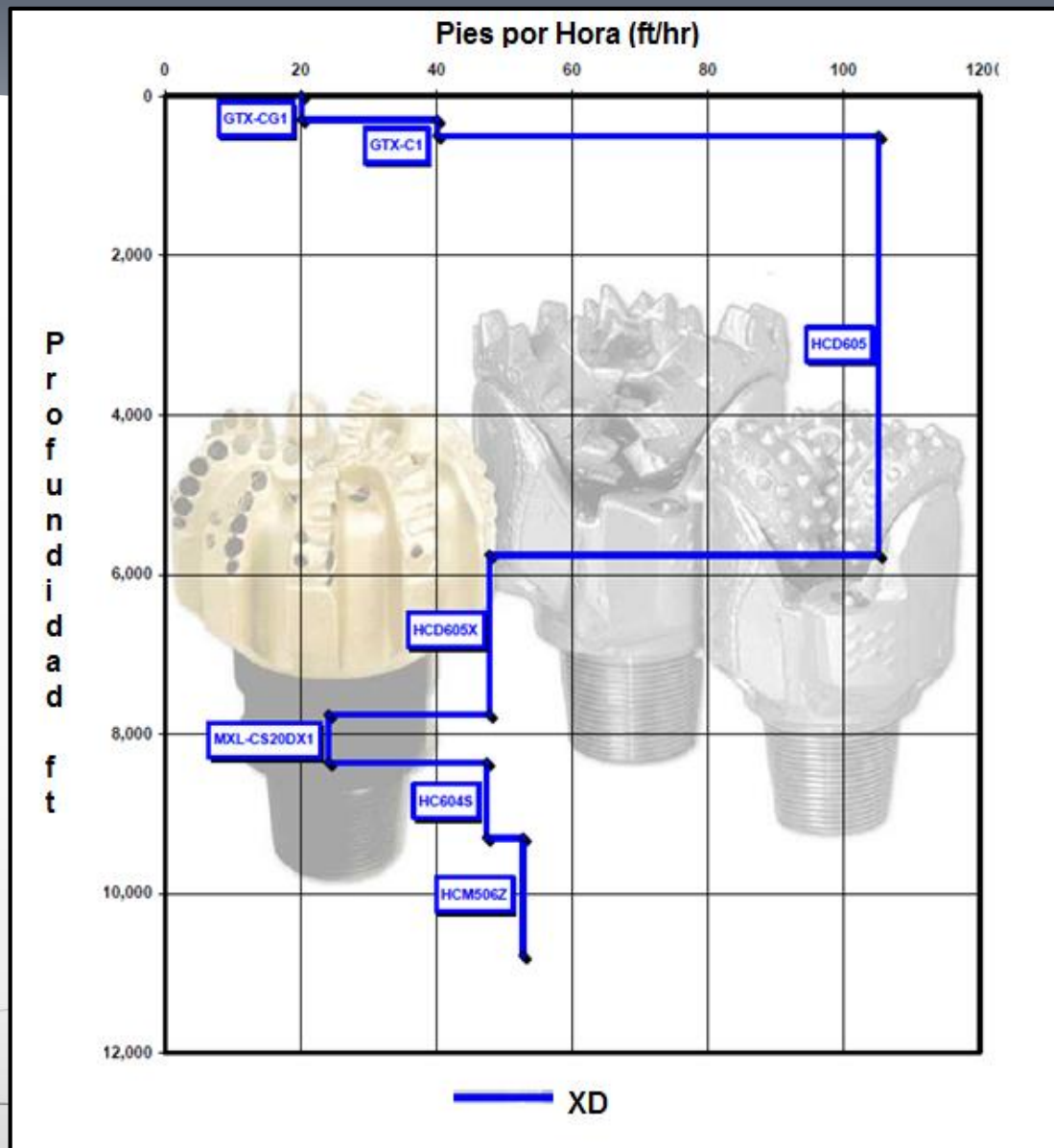


CAPÍTULO 4

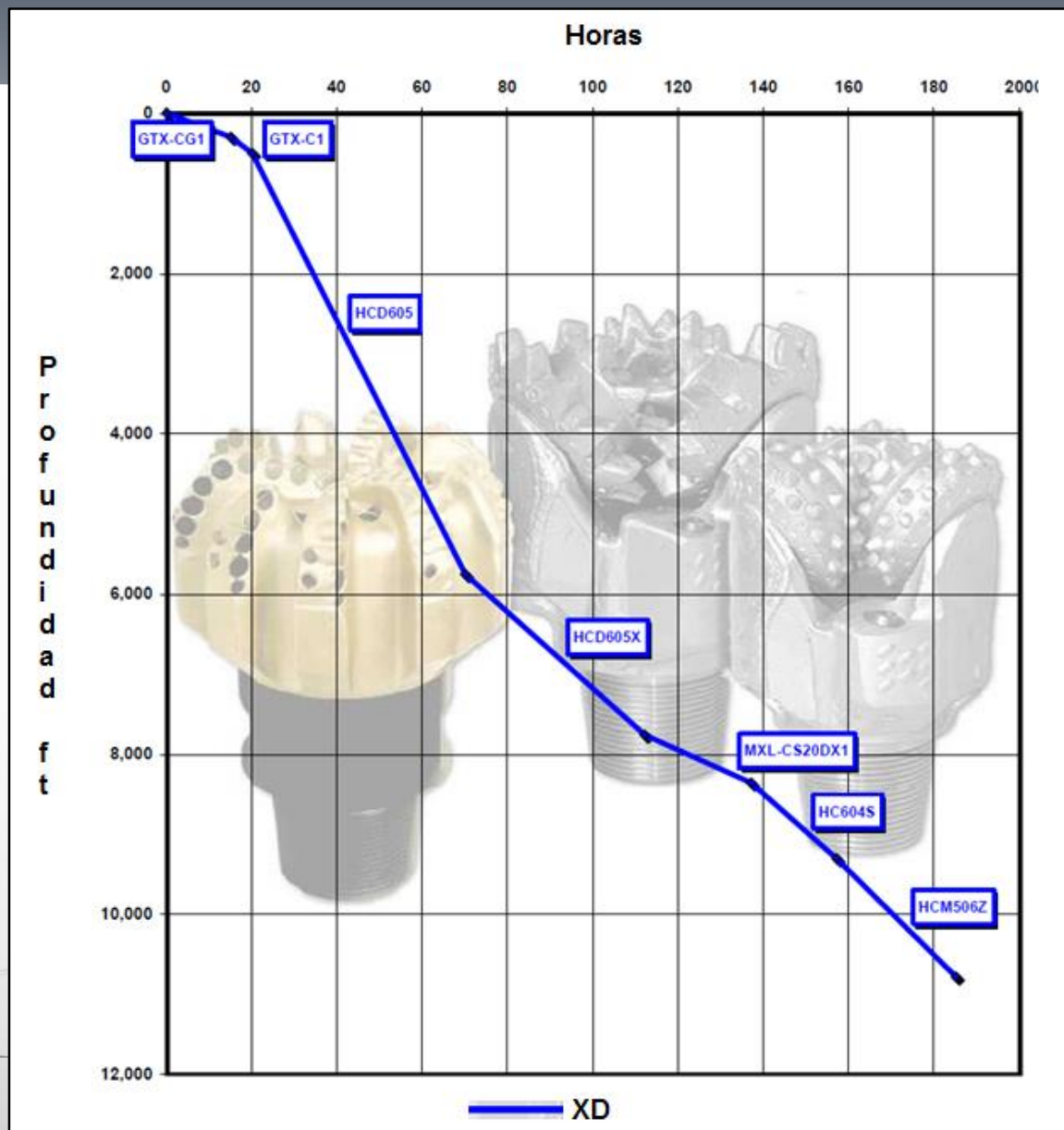
PROGRAMA RECOMENDADO DE BROCAS PARA PERFORAR EL POZO XD

Programa de Brocas Recomendado

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA ECUADOR				POZO XD								
No.	SIZE (in)	BIT TYPE	DEPTH OUT (ft)	DIST DRLD (ft)	DRLG TIME (hrs)	ROP (ft/hr)	ACC TIME (hrs)	WOB (lb)	RPM	MUD WT (ppg)	DÍAS	COMENTARIOS
1	26	GTX-CG1	300	300	15.0	20.0	15.0	2 8	50 80		0.8	Cantos Rodados
											1.3	Set 20 in. Casing. 0.5 Days.
2	16	GTX-C1	500	200	5.0	40.0	20.0	5 15	50 80		1.7	Cantos Rodados
3	16	HCD605	5757	5257	50.0	105.1	70.0	10 25	60 80		6.0	Punto de Casing
											10.5	Set 13-3/8 in. Casing. 4.5 Days.
4	12-1/4	HCD605X	7762	2005	42.0	47.7	112	5 25	40 70		14.1	Control de parametros en el Conglomerado Superior: ROP y RPM Totales. Tope del Conglomerado Inferior
5	12-1/4	MXL-CS20DX1	8363	601	25.0	24.0	137	15 30	50 60		16.3	Conglomerado Inferior
6	12-1/4	HC604S	9308	945	20.0	47.3	157	10 20	60 80		18.0	Usar el maximo caudal posible: Tena. Punto de Casing
											21.0	Set 9-5/8 in. Casing. 3 Days.
7	8-1/2	HCM506Z	10784	1476	28.0	52.7	185	10 20	50 60		23.0	TD.



COMPARACIÓN ROP



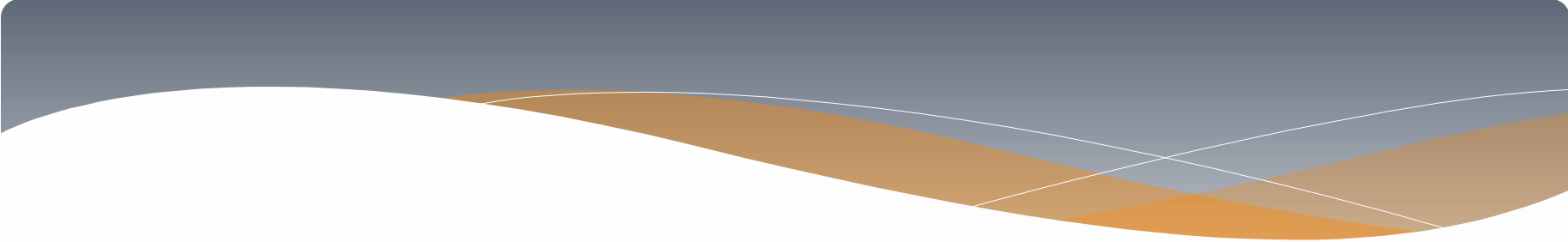
TIEMPO DE PERFORACIÓN

Broca de 26" GTX-CG1

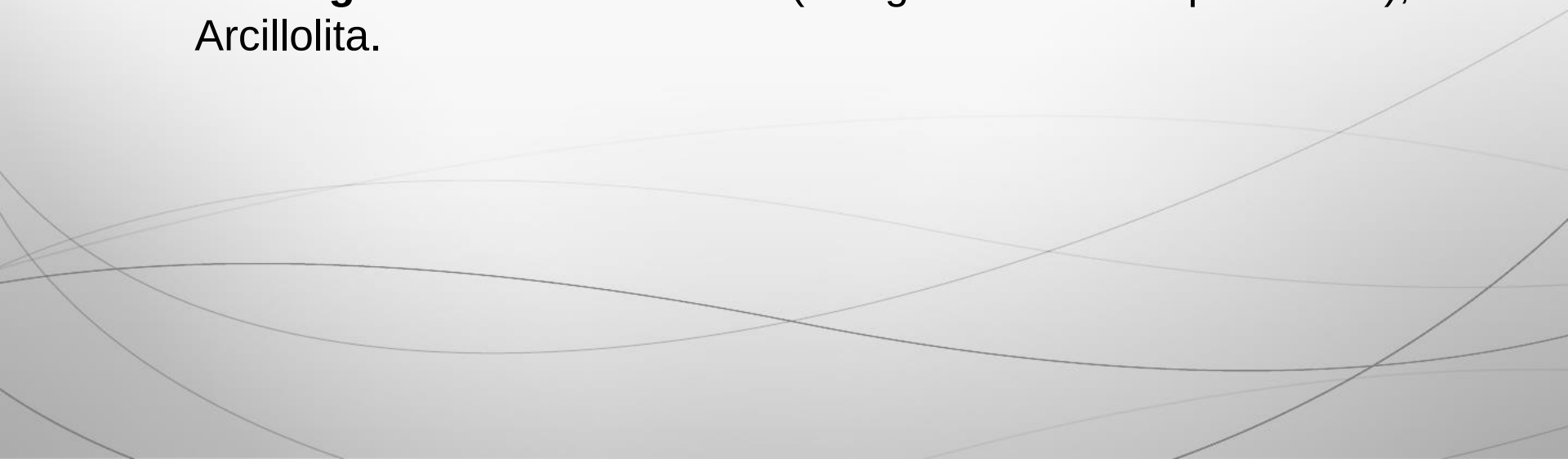
BENEFICIOS & CONSIDERACIONES TÉCNICAS



- Broca de dientes con IADC 115.
- Posee 4 boquillas intercambiables (jet central) que proveen una hidráulica adecuada para minimizar el embolamiento de la broca.
- Excelente aplicación para la zona de Cantos Rodados (Boulders Zone) debido al efecto de paleo de sus dientes.



Litología a perforar:

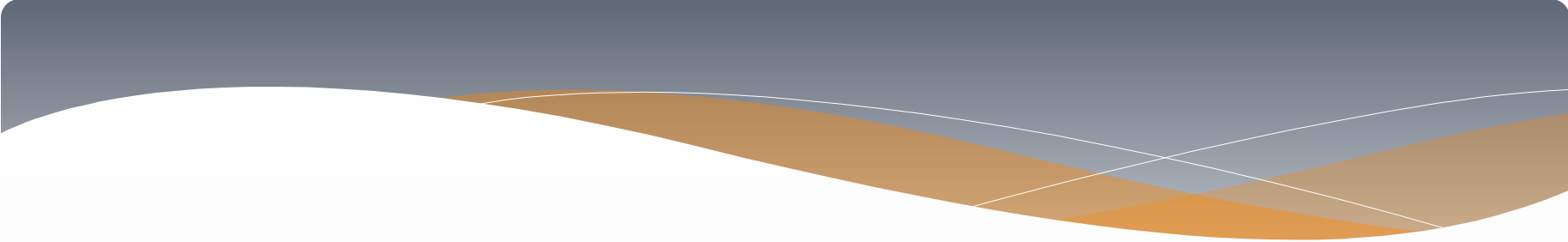
- **Formación a perforar:** Terciario Indiferenciado.
 - **Litología:** Cantos rodados (Conglomerados superficiales), Arcillolita.
- 

Broca de 16" GTX-C1



BENEFICIOS & CONSIDERACIONES TÉCNICAS

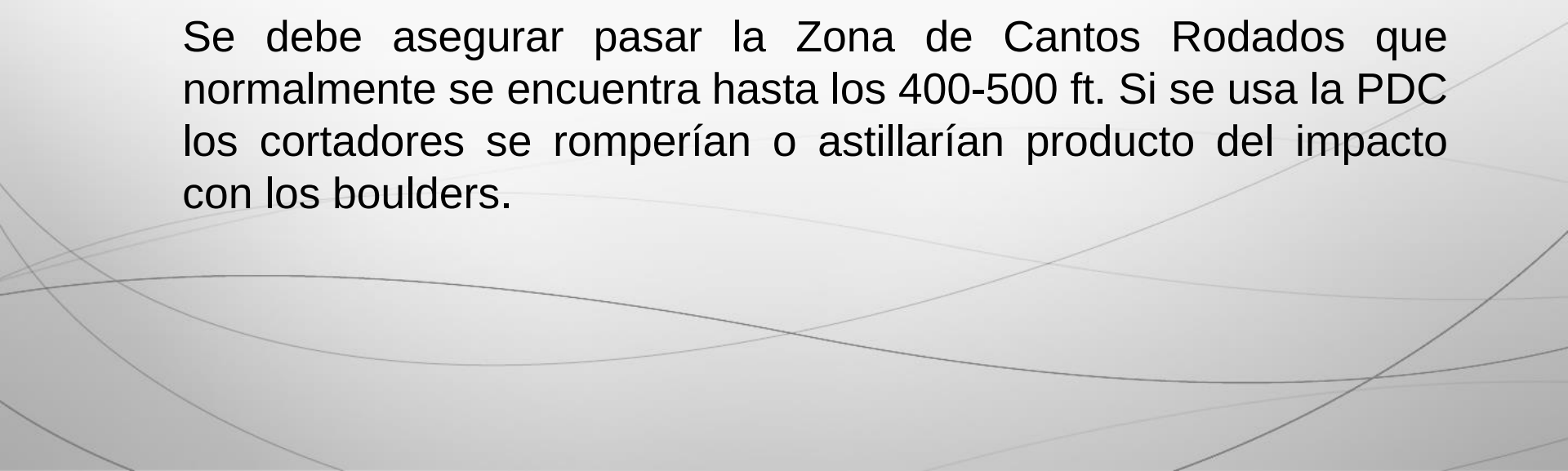
- Broca de dientes con IADC 114.
- Posee 4 boquillas intercambiables (jet central) que proveen una hidráulica adecuada para ayudar a la limpieza del hoyo.
- Excelente aplicación para la zona de Cantos Rodados.



Litología a perforar

- **Formación a perforar:** Terciario Indiferenciado.
- **Litología:** Cantos rodados (Zona de Boulders), Conglomerado, Arcillolita.

Se debe asegurar pasar la Zona de Cantos Rodados que normalmente se encuentra hasta los 400-500 ft. Si se usa la PDC los cortadores se romperían o astillarían producto del impacto con los boulders.

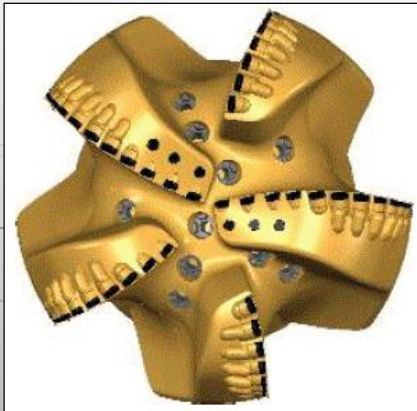


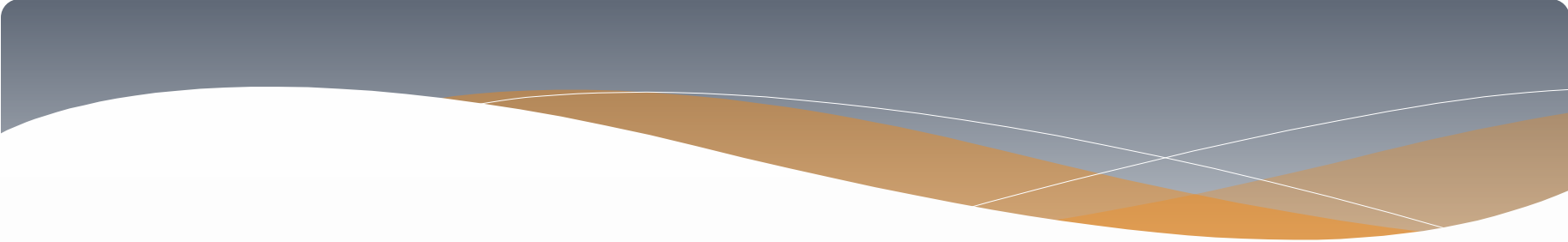
Broca de 16" HCD605



BENEFICIOS & CONSIDERACIONES TÉCNICAS

- 10 boquillas que aseguran excelentes condiciones de enfriamiento y limpieza de los cortadores.
- Caudal ideal esta entre 900 – 1000 GPM para lograr el mejor rendimiento posible ya que el intervalo a perforarse es en su mayoría “arcilla”.
- Gran JSA 68.8 in² (área de desalojo), excelente remoción de recortes.





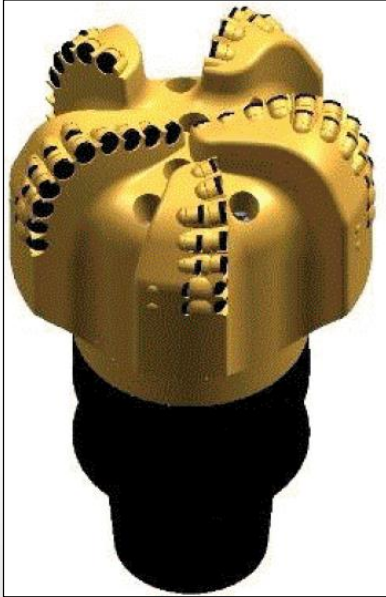
Litología a perforar

- **Formación a perforar:** Terciario Indiferenciado, Orteguaza.
- **Litología:** Arcillolita, Limolita, Arenisca, Anhidrita

Se trata de obtener la mayor ROP posible para atravesar Orteguaza en el tiempo más corto debido a que la zona es arcillosa.

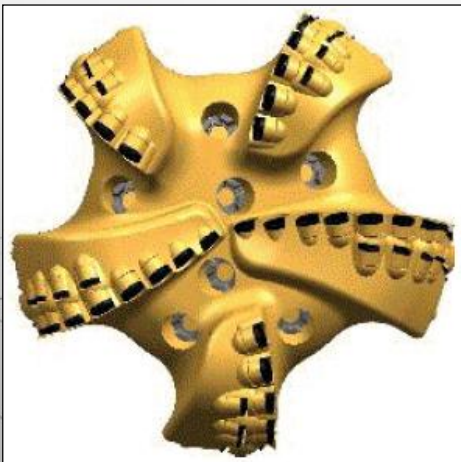
El tamaño de los cortadores, junto con la gran área de desalojo sumado al diseño hidráulico permite optimizar la ROP al máximo posible.

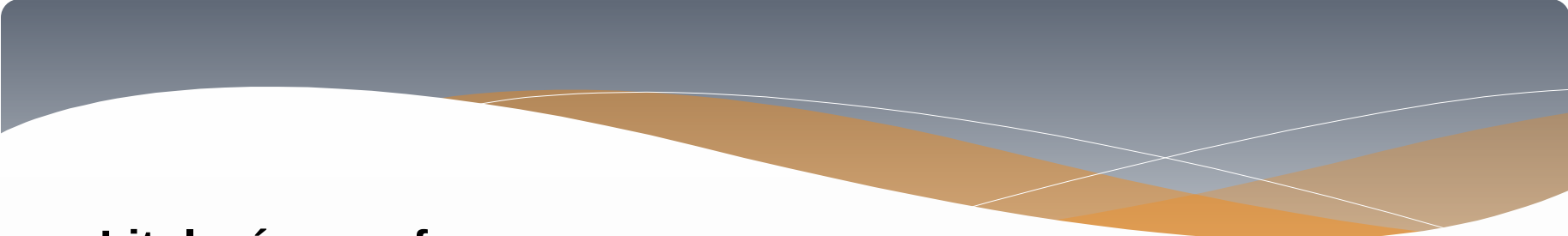
Brocas de 12 1/4" HCD605X



BENEFICIOS & CONSIDERACIONES TÉCNICAS

- Calibre permite desarrollar trabajos direccionales exigentes.
- 7 boquillas intercambiables.
- HSI > 2 para lograr el mejor rendimiento de la broca.





Litología a perforar

- **Formación a perforar:** Orteguaza, Tiyuyacu (Conglomerado Superior).
- **Litología:** Lutita, Arcillolita, Conglomerado (muy duro), Arenisca, Limolita.

Perforar Orteguaza y el Conglomerado Superior de Tiyuyacu (150 ft en TVD).

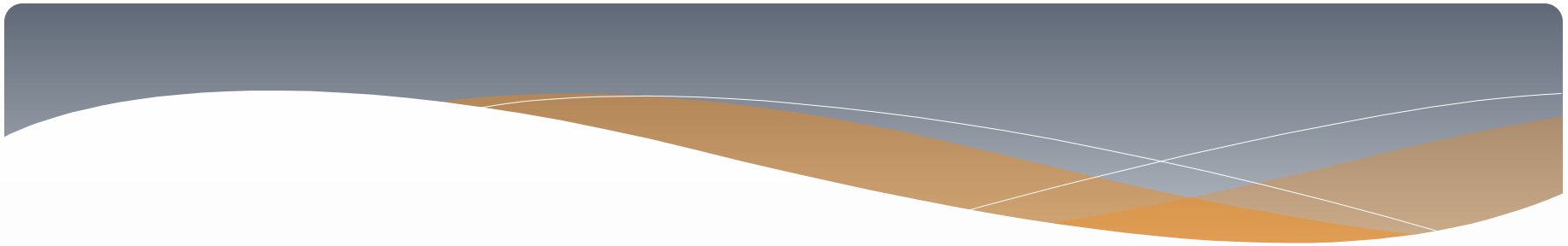
Las consideraciones para ésta broca son: cortadores de back-up por si la estructura principal se afecta en el Conglomerado; cortadores de 19 mm y una buena área de desalojo.

Brocas de 12 1/4" MXL-CS20DX1



BENEFICIOS & CONSIDERACIONES TÉCNICAS

- Hidráulica orientada a la estructura de corte de la broca optimizando la limpieza y mejorando la ROP.
- Protección adicional de diamante en las áreas del calibre para trabajar en ambientes altamente abrasivos.
- Insertos de carburo de tungsteno colocados en las áreas del shirtail.



Litología a perforar

- **Formación a perforar:** Tiyuyacu (Conglomerado Inferior), Tena.
- **Litología:** Conglomerado, Arcillolita, Limolita.

Se utiliza una broca Tricónica de insertos ya que el carburo de tungsteno es más resistente a la abrasión.

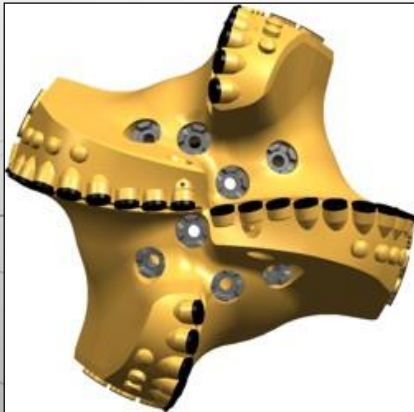
No se requiere control de parámetros debido a que el estrato a perforarse comprende aproximadamente 500 ft en TVD.

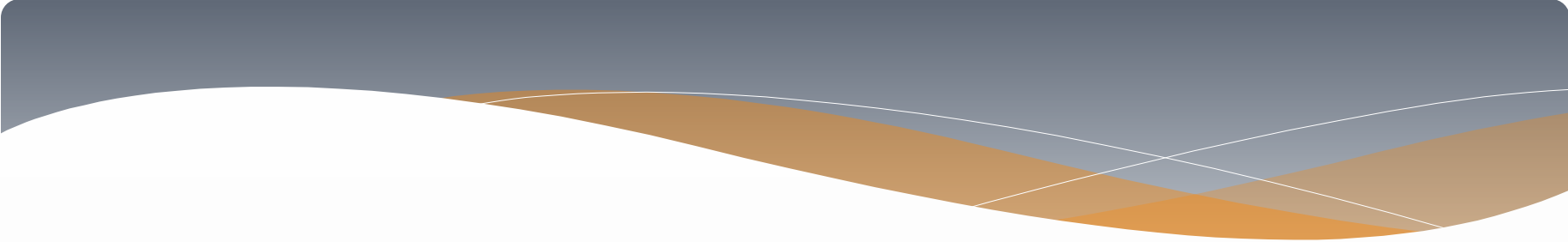
Brocas de 12 1/4" HC604S



BENEFICIOS & CONSIDERACIONES TÉCNICAS

- Posee cortadores pulidos los cuales reducen las fuerzas de corte, mejorando la eliminación de recortes.
- Caudal entre 850 – 900 GPM para lograr el mejor rendimiento de la broca. (HSI > 2)
- Gran JSA 36.7 in² (Área de desalojo), para asegurar una buena remoción de recortes.

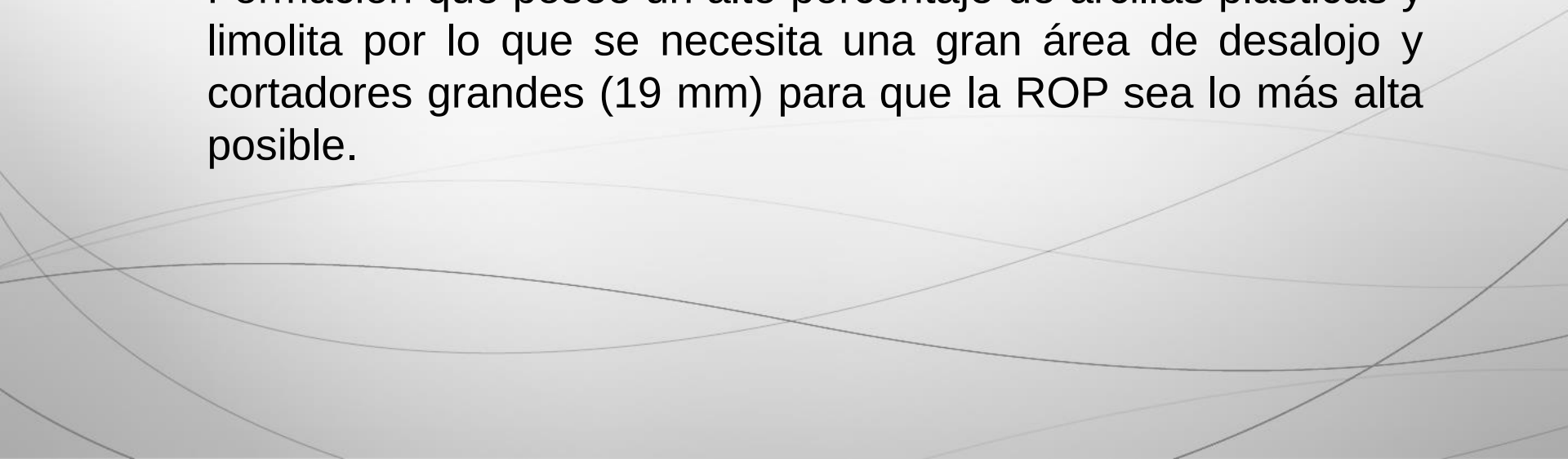




Litología a perforar

- **Formación a perforar:** Tena.
- **Litología:** Arenisca, Limolita, Arcillolita.

Formación que posee un alto porcentaje de arcillas plásticas y limolita por lo que se necesita una gran área de desalojo y cortadores grandes (19 mm) para que la ROP sea lo más alta posible.

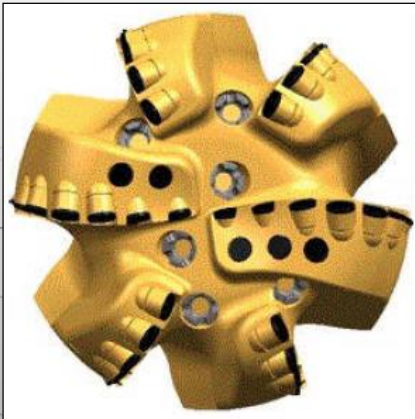


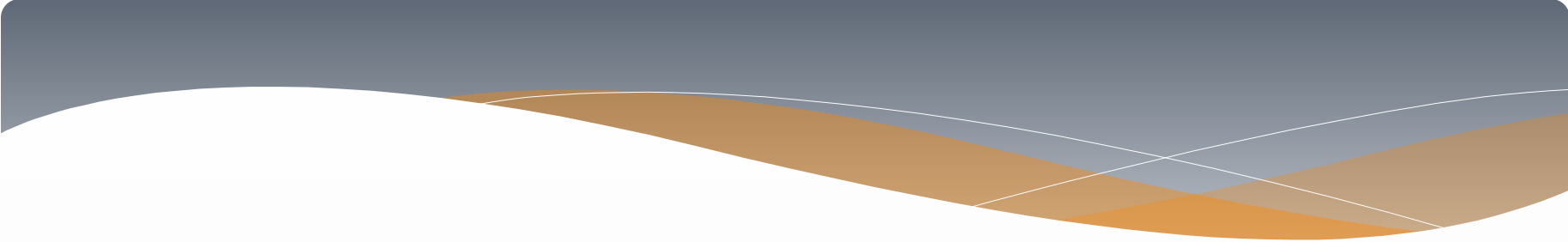
Broca de 8 1/2" HCM506Z



BENEFICIOS & CONSIDERACIONES TÉCNICAS

- 6 boquillas intercambiables.
- Caudal entre 500 – 550 GPM.
- Diseño óptimo en su estructura de corte, calibre y JSA para trabajar en ambientes formacionales variados.





Litología a perforar

- **Formación a perforar:** Tena, Napo, Hollín.
- **Litología:** Arenisca, Lutita, Caliza.

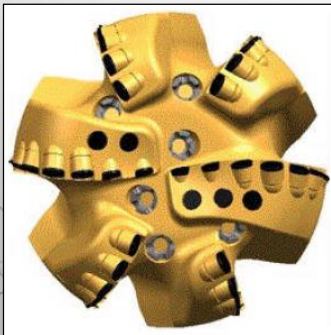
En esta parte encontramos litología que puede dañar la broca tanto por impacto como por abrasión. Por ello se selecciona una broca más sólida con 6 aletas y cortadores de 16 mm con lo que se obtiene durabilidad en la broca para llegar al TD del pozo.



HIDRÁULICA BROCA 8 1/2" @ 10785'

Varia el diámetro para optimizar HSI en función de la Máx. Presión de Bombas

General					Drill String						
Max Allw.SPP	3800 psi				Type	Length ft	OD in	ID in	TJ in \ in	Weight lb/ft	
Surface Equipment	Type 4				Drill pipe	10053.82	5	4.280	6.630 \ 4.280	24.70	
Bit Depth	10784.00	Bit TVD	10049.62 ft		HWDP	120.00	5	3			
Bit Nozzles in/32	6x12	TFA	0.6627 in^2		Jar	31.50	6.560	2 3/4		138.90	
ROP	50.0 ft/hr	RPM	60 RPM		HWDP	420.00	5	3			
Drilling Fluid					Drill collar	90.00	8	3		136.78	
Mud System	Water Based	9.80 ppg			MWD - NaviTrak	30.00	6 3/4	3			
Mud Weight		18.00 cP	22.00 lbf/100ft^2		Stab - string	6.00	6 3/4	2 1/4			
PV \ YP		10 \ 18 lbf/100ft^2			Motor	31.66	6.791	5.400		60.74	
Gel Strength, 10s\10min					Bit - PDC Bit	1.02	8 1/2				
Rheological Model	Robertson-Stiff				INFORMACION FIJA						
K: 1.189[#sec^n/100ft^2] N: 0.564[-] sri: 34.234[1/s]											
Casing / Open Hole											
Type	OD in	ID in	Bottom MD ft								
Casing	9 5/8	8.681	9308.00								
Openhole		8 1/2	10784.00								
Volumes bbl											
Annulus Volume	508.49	Hole Volume	785.00								
String Displacement	90.65	String Volume	185.86								
Flowrate	USgal/min	550	500	450	400	350	300	250	200	150	100
Bit Hydraulics											
SPP	psi	3216	2889	2586	2307	2044	1824	1647	1631	1720	2091
Surface HP	HP	1031.0	842.1	678.4	538.0	417.0	318.9	240.0	190.1	150.4	121.9
Bit Pressure Drop	psi	539	446	361	285	218	160	111	71	40	18
%SPP	%	16.77	15.42	13.96	12.36	10.68	8.80	6.76	4.37	2.33	0.85
Jet Velocity	ft/sec	266.3	242.1	217.9	193.7	169.5	145.2	121.0	96.8	72.6	48.4
Impact Force	lbf/in^2	13.1	10.8	8.8	6.9	5.3	3.9	2.7	1.7	1.0	0.4
HSI	HP/in^2	3.09	2.32	1.69	1.19	0.80	0.50	0.29	0.15	0.06	0.02
TFA For Max SPP	in^2	0.4591	0.3798	0.3173	0.2654	0.2204	0.1816	0.1470	0.1182	0.0911	0.0673
Bit Pressure Drop	psi	1123	1356	1575	1778	1975	2137	2265	2240	2120	1727
Jet Velocity	ft/sec	384.3	422.3	455.0	483.5	509.6	530.1	545.7	542.8	528.0	476.5
Impact Force	lbf/in^2	18.9	18.9	18.3	17.3	16.0	14.2	12.2	9.7	7.1	4.3
HSI	HP/in^2	6.44	7.07	7.39	7.41	7.20	6.68	5.90	4.67	3.31	1.80
System Pressure Loss - W/ Cutting Effect											
Surf Equip	psi	39	33	27	22	17	13	10	6	4	2
DP, CSG, LNR, TBG	psi	757	652	553	460	373	294	186	170	152	133
HWDP/CSDP	psi	187	161	136	113	92	72	54	38	24	15
DC/CT	psi	31	27	23	19	15	12	9	6	4	3
MWD	psi	188	156	126	100	76	56	39	25	14	6
Motor	psi	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
Additional Tools	psi	23	20	17	14	11	9	7	5	3	2
Annulus	psi	651	595	543	495	440	407	432	510	679	1113
ECD - CSG Shoe	ppg	10.47	10.45	10.42	10.40	10.36	10.36	10.47	10.66	11.04	11.95
ECD - Bottomhole	ppg	11.05	10.94	10.84	10.75	10.64	10.58	10.63	10.78	11.10	11.93
Annular Velocities ft/min Flow Regime											
Hole ID in	String OD in	267.68 L	243.35 L	219.01 L	194.68 L	170.34 L	146.01 L	121.67 L	97.34 L	73.00 L	73.00 L
8 1/2	5	285.30 L	259.36 L	233.43 L	207.49 L	181.55 L	155.62 L	129.68 L	103.75 L	77.81 L	77.81 L
8 1/2	8	1633.99 T	1485.45 T	1336.90 T	1188.36 T	1039.81 T	891.27 T	742.72 L	594.18 L	445.63 L	445.63 L
8 1/2	6 3/4	505.12 T	459.20 L	413.28 L	367.36 L	321.44 L	275.52 L	229.60 L	183.68 L	137.76 L	137.76 L
8 1/2	6.791	515.85 T	468.96 L	422.06 L	375.17 L	328.27 L	281.37 L	234.48 L	187.58 L	140.69 L	140.69 L
Fluid Circulation Times											
Surface to Bit	hr	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.7	0.9	1.3
Bottom Up	hr	0.7	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.4	1.8	2.4	3.6



CAPÍTULO 5

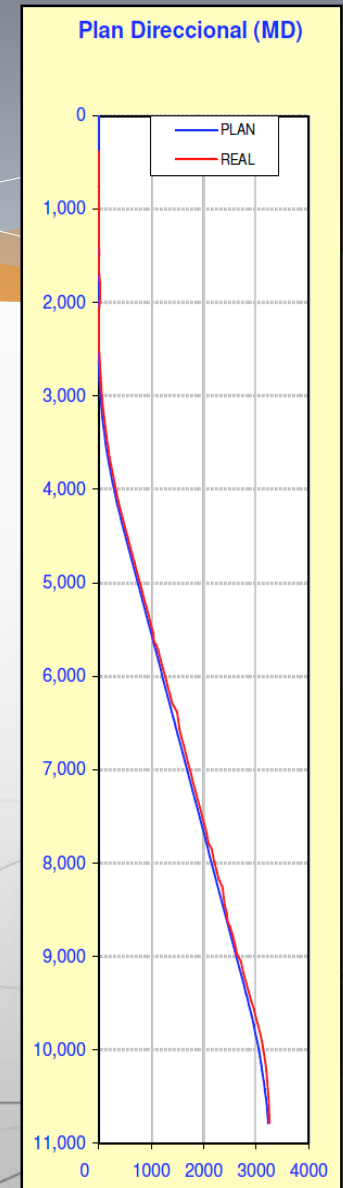
COMPARACIÓN ENTRE EL PROGRAMA RECOMENDADO Y LA OPERACIÓN EJECUTADA EN EL POZO

Comparación Programado Vs. Real

PERFIL DIRECCIONAL

Surveys del Pozo XD

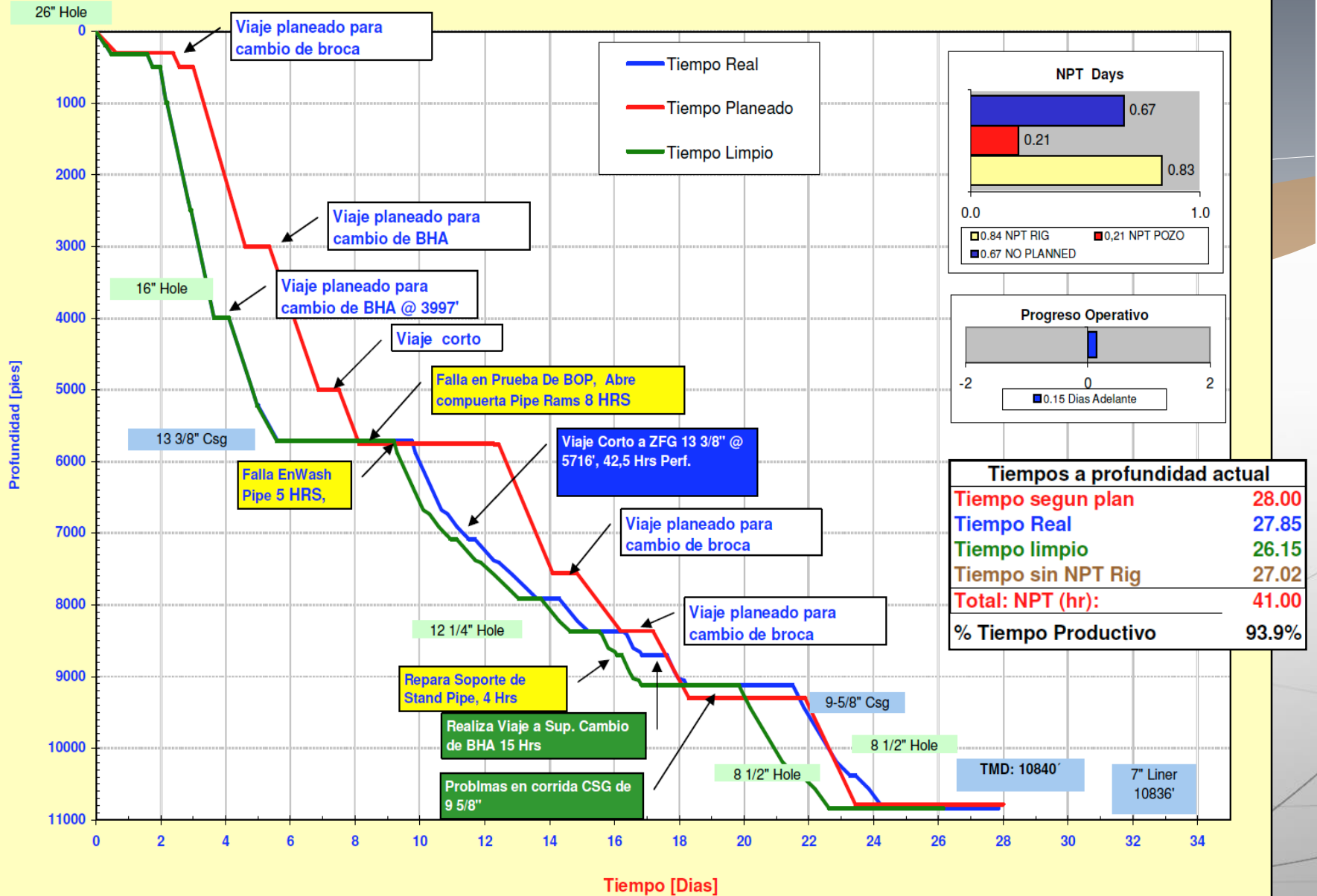
Diámetro (pulg)	Profundidad MD (pies)		Azimuth (deg)		Inclinación (deg)	
	Programado	Real	Programado	Real	Programado	Real
26	300	319	248,382	0	0	0
16	500	500	248,382	0	0	
16	5757	5716	248,382	249.58	28	28.82
12 ¼	7762	7911	248,382	249.38	28	29.18
12 ¼	8363	8373	248,382	247.03	28	25.42
12 ¼	9308	9116	248,382	249	28	32
8 ½	10784	10840	248,382	242.2	7	5.9



PARÁMETROS OPERACIONALES

	ROP (pies/hr)		RPM		WOB (klb)	
Diámetro (pulg)	Programado	Real	Programado	Real	Programado	Real
26	20	28.73	50-80	70	2-8	2-14
16	40	62.85	50-80	100	5-15	8-18
16	105.1	62.55	60-80	70	10-25	6-26
12 ¼	47.7	27.69	40-70	60	5-25	10-40
12 ¼	24	23.69	50-60	60	15-30	15-48
12 ¼	47.3	32.78	60-80	60	10-20	8-20
8 ½	52.7	31.62	50-60	90	10-20	2-20

Tiempo vs Profundidad



Análisis del Rendimiento de cada Broca

Broca # 1

Tricónica GTX-CG1, Sección de 26" Dientes de Acero

- ✓ Se perforó intervalo de 319' desde superficie (Clg. Superficial)
 - ✓ Poco WOB ➡ Verticalidad y ↓ Tendencia a Embolamiento.
-

Broca # 2

Tricónica GTX-C1, Sección de 16" Dientes de Acero

- ✓ Parámetros ↑ a medida que avanza perforación (500').
- ✓ Total perforado 181' en 2.88 hrs. ➡ 62,85 ft/hrs.

Broca # 3

PDC HCD605, Sección de 16"

- ✓ Perforó rotando 2874' en 18,46 hrs. ROP 155.63 ft/hr
 - ✓ Deslizando 623' en 6.15 hrs.
 - ✓ Al llegar a 40 hrs. ➡ Ampliar TFA,
 - ✓ Total 3497' en 34.62 hrs. ➡ 142.06 ft/hr
-

Broca# 3R

PDC HCD605, Sección de 16"

- ✓ TFA = 1.2.
- ✓ Profundidad de asentamiento CS 5716' (88') dentro Orteguaaza.
- ✓ Total perforado 1719' a 62.55 ft/hr

Broca # 4

PDC HCD605X Sección de 12 1/4"

- ✓ Perforó con sarta direccional 2195' en 79.27 hrs. ROP 27.69 ft/hr
 - ✓ Rotados 2043' en 67.83hrs.
 - ✓ Deslizados 152' en 11.43'
 - ✓ Dentro Ortegua y Tiyuyacu (cgl superior y parte cgl basal)
 - ✓ Llegado a 7911' se tiene que cambiar broca.
-

Broca # 5

Tricónica MXL-CS20DX1 Sección de 12 1/4" IADC 517

- ✓ Para Cgl. Masivo chert broca tricónica con inserto de tungsteno.
- ✓ Total perforado 462' en 19.28 hrs (780 gpm – 60 rpm – WOB 8-48 klb)
- ✓ A 8373' se cambia broca.

Broca # 6

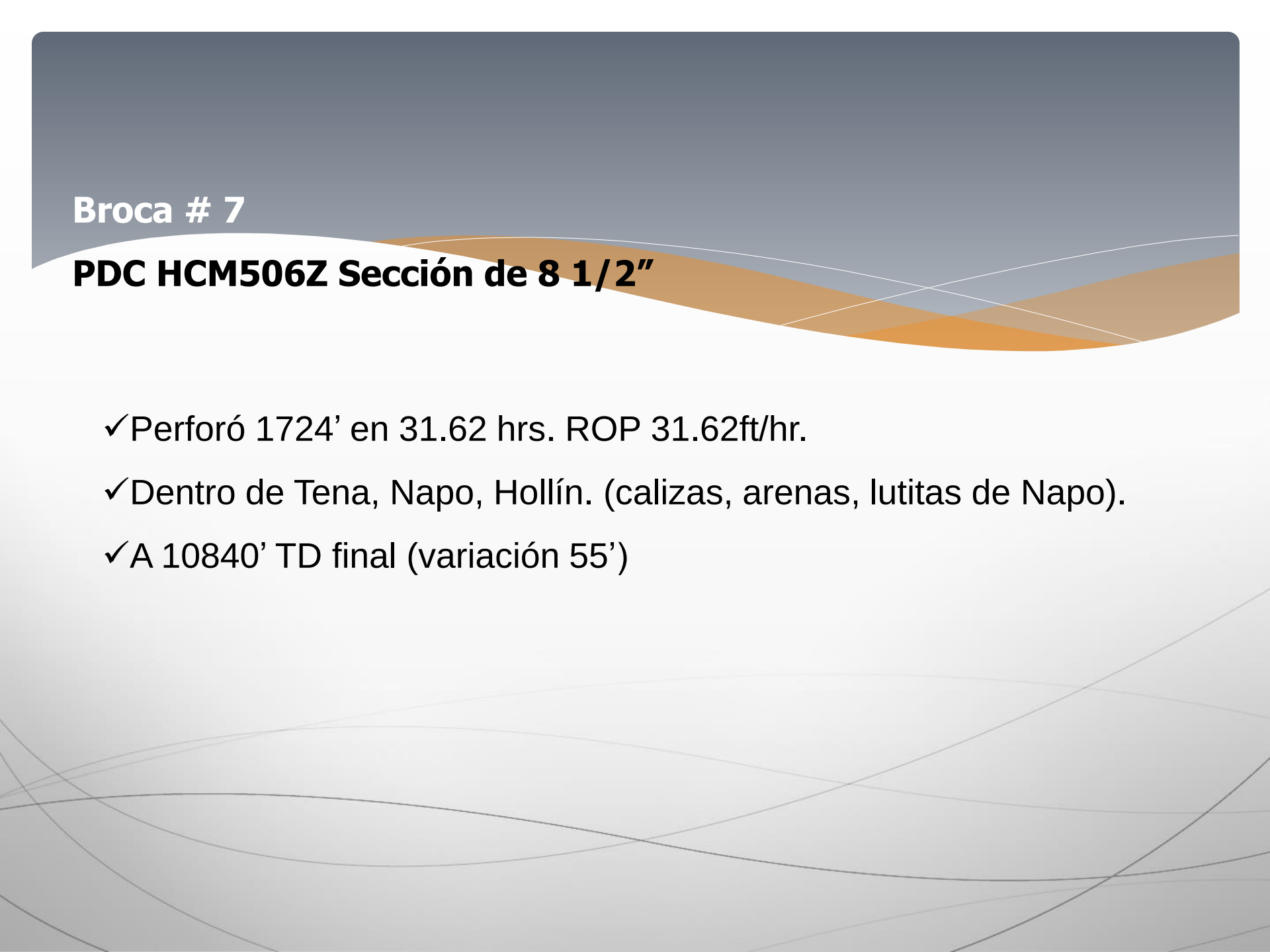
PDC HC604S Sección de 12 1/4"

- ✓ Broca de 4 aletas y cortadores de 19mm.
 - ✓ Perforó 330' en 12.05 hrs. ROP 27.39 ft/hr. En Tena con parámetros menores por razones de TORQUE Y PRESIÓN.
 - ✓ Comportamiento BHA no es el esperado...
 - ✓ Broca estaba en buen estado ➡ Volver a bajarla
-

Broca # 6R

PDC HC604S Sección de 12 1/4"

- ✓ Perforó 413' en 12.60 hr En Tena con parámetros ↓ debido a Presión
- ✓ ROP de 32.78 ft/hrs. A 9116' se decide que el TD sea a esta profundidad.



Broca # 7

PDC HCM506Z Sección de 8 1/2"

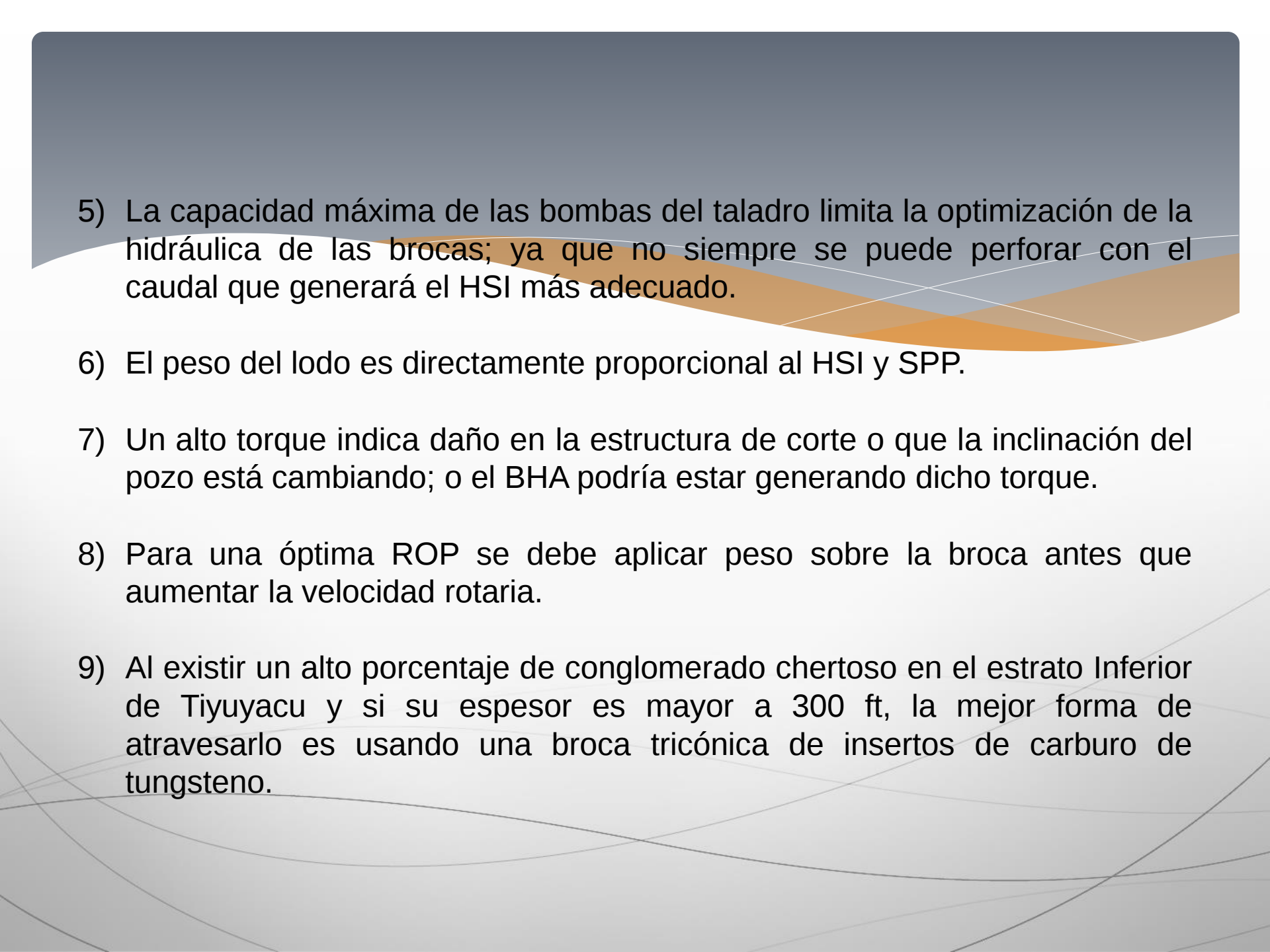
- ✓ Perforó 1724' en 31.62 hrs. ROP 31.62ft/hr.
- ✓ Dentro de Tena, Napo, Hollín. (calizas, arenas, lutitas de Napo).
- ✓ A 10840' TD final (variación 55')

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- 1) El Perfil direccional y la información de pozos vecinos como: litología, parámetros operacionales, registros geofísicos, entre otros; es de vital importancia para diseñar el programa de brocas más óptimo.
- 2) El conglomerado superficial (zona de cantos rodados) se debe perforar triturándolo, mediante el uso de brocas tricónicas de dientes de acero.
- 3) Para evitar el hinchamiento rápido de las formaciones arcillosas, es de vital importancia obtener la máxima tasa de penetración posible (ROP).
- 4) La selección del tipo de broca se facilita conociendo la litología a perforar y características, tales como dureza, abrasión y composición permitirán establecer la estructura de corte más adecuada.

- 
- 5) La capacidad máxima de las bombas del taladro limita la optimización de la hidráulica de las brocas; ya que no siempre se puede perforar con el caudal que generará el HSI más adecuado.
 - 6) El peso del lodo es directamente proporcional al HSI y SPP.
 - 7) Un alto torque indica daño en la estructura de corte o que la inclinación del pozo está cambiando; o el BHA podría estar generando dicho torque.
 - 8) Para una óptima ROP se debe aplicar peso sobre la broca antes que aumentar la velocidad rotaria.
 - 9) Al existir un alto porcentaje de conglomerado chertoso en el estrato Inferior de Tiyuyacu y si su espesor es mayor a 300 ft, la mejor forma de atravesarlo es usando una broca tricónica de insertos de carburo de tungsteno.

Recomendaciones

	RPM	WOB	ROP
Lutitas Suaves y Limpias	Aumentar	Disminuir	Mejorar
Calizas Duras	Disminuir	Incrementar	No son altas
Permite que cortadores cizallen de mejor manera la formación.			
Areniscas Duras	Disminuir	Aumentar	Maximizar
Se reduce el desgaste de los cortadores por abrasión.			

1) $2 < HSI < 4$



Mejor limpieza del fondo del hueco,



Maximizar ROP.

Si $HSI > 4$  Fractura rápida de la roca (lutitas).

Si $HSI < 2$  embolamiento de la broca (arcillas)

2. Información disponible de pozos vecinos permitirá diseñar una prognosis geológica promedio de las zonas a perforar, y luego planificar el programa de brocas más adecuado.
3. Debido a su comprobada resistencia y eficiencia para la perforación del Conglomerado de Tiyuyacu se aconseja mantener el uso de una broca de insertos.
4. Realizar siempre la perforación de la sección Superficial con broca Tricónica de dientes hasta atravesar la zona de Boulders. El uso de brocas PDC causa rotura y astillamiento de los cortadores por impacto.
5. En caso de existir elevadas caídas de presión en los componentes del BHA se recomienda cambiar el motor de fondo por un Sistema de Navegación Rotaria.

Bibliografía

ARCHIVOS DIGITALES

Barrenas e Hidráulica de Perforación, PDF, Pag. 30 – 41, 80.

Diseño de la Perforación Pozos, PDF, Pag. 90 – 97.

Fluidos de Perforación e Hidráulica, PDF, Pag. 2 – 10, 25 – 29.

Hidráulica de Perforación, PDF, Pag. 1 – 14.

Reología e Hidráulica, PDF, Capítulo 5.

LIBROS

BAKER HUGHES, Drill Bit Foundation, Capítulo 2 - 3, Pag. 5 – 132.

STEVE TAYLOR, Procedimiento para correr brocas de perforación Reed Hycalog.