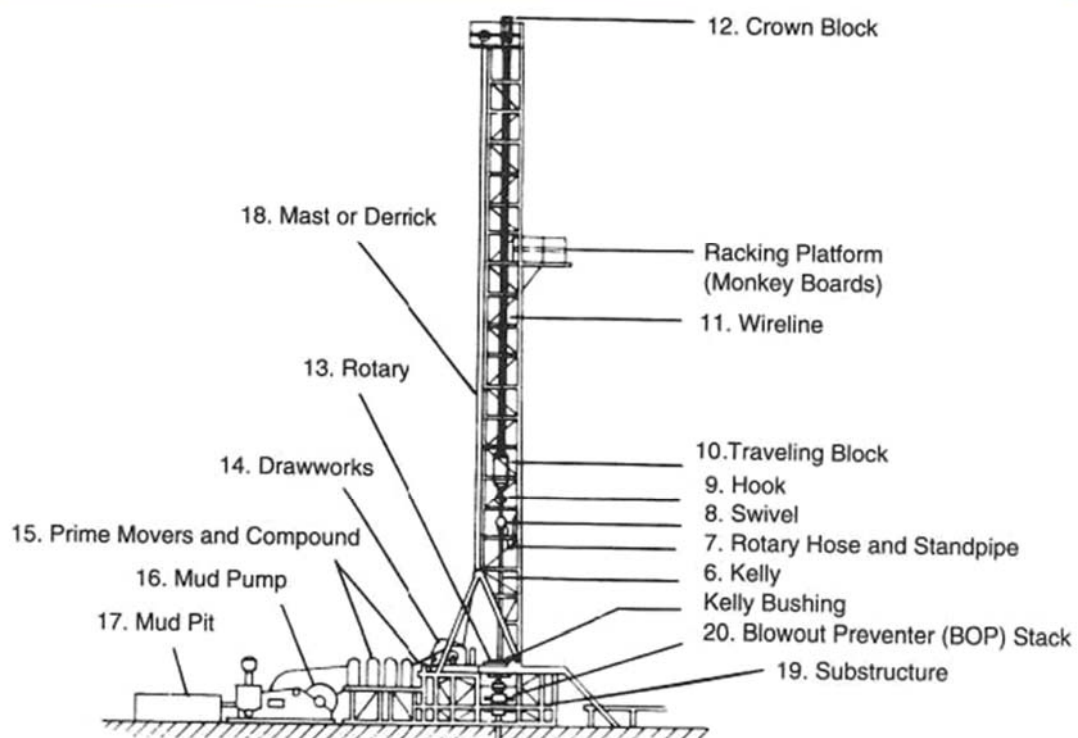


PERFILAJE GEOFÍSICO DE POZOS

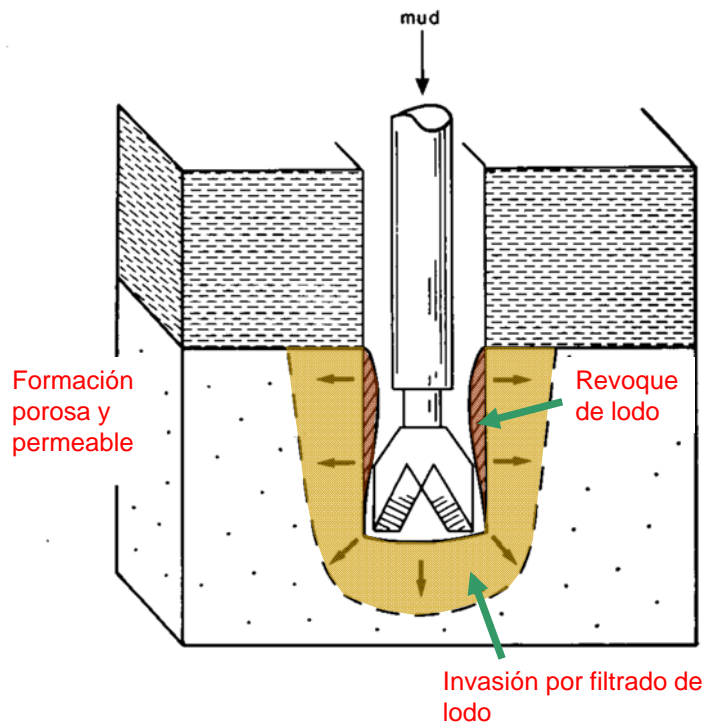
Apunte 1:

Introducción

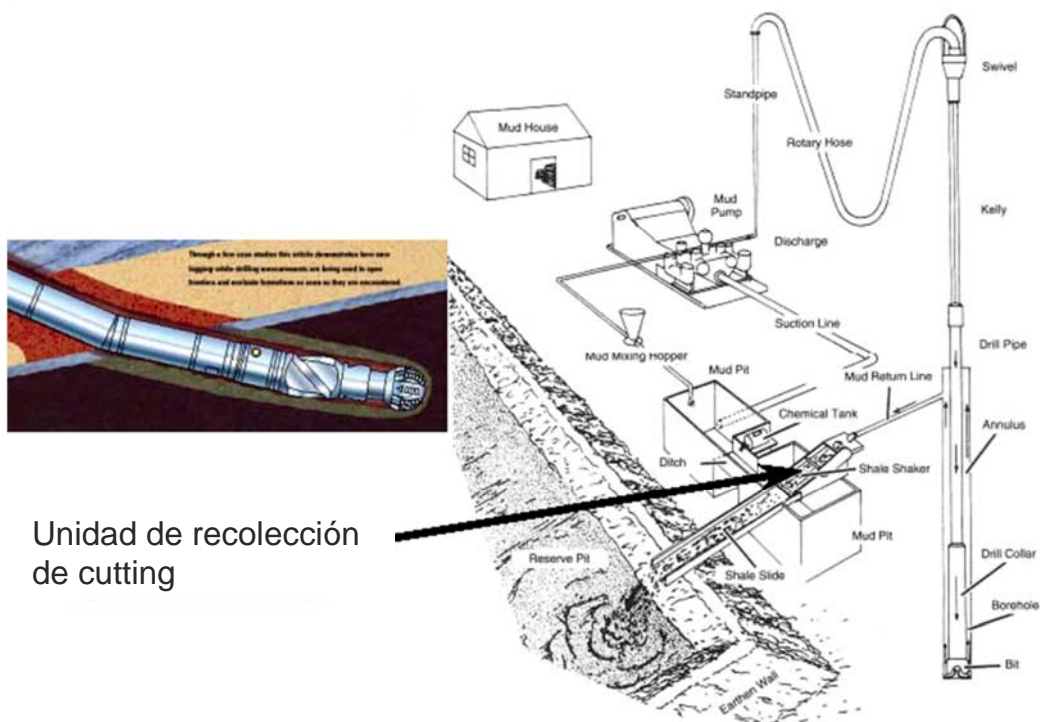
Esquema de torre de perforación

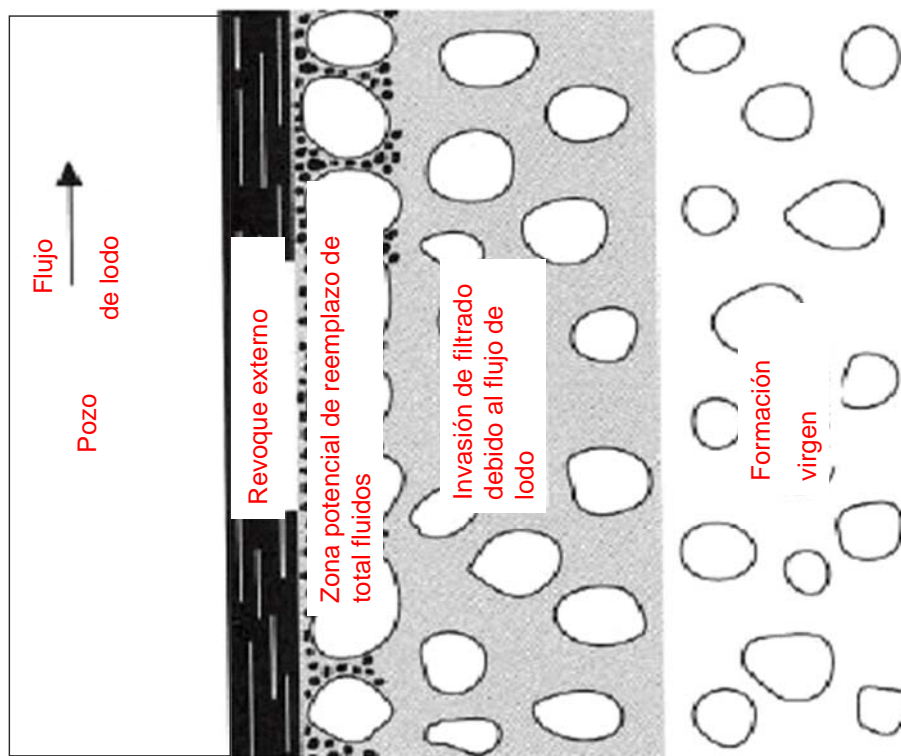


Formación porosa y permeable



Esquema de circulación del lodo de perforación





Lodo de perforación:
Es una mezcla de líquidos y finas partículas sólidas en suspensión

Algo más sobre el lodo de perforación

Funciones del fluido de perforación:

- ☐ Provee presión hidrostática para controlar el pozo
- ☐ Crea un sello entre el pozo y la formación
- ☐ Remueve el recorte de roca (cutting) del pozo.
- ☐ Lubrica y enfría la broca de perforación

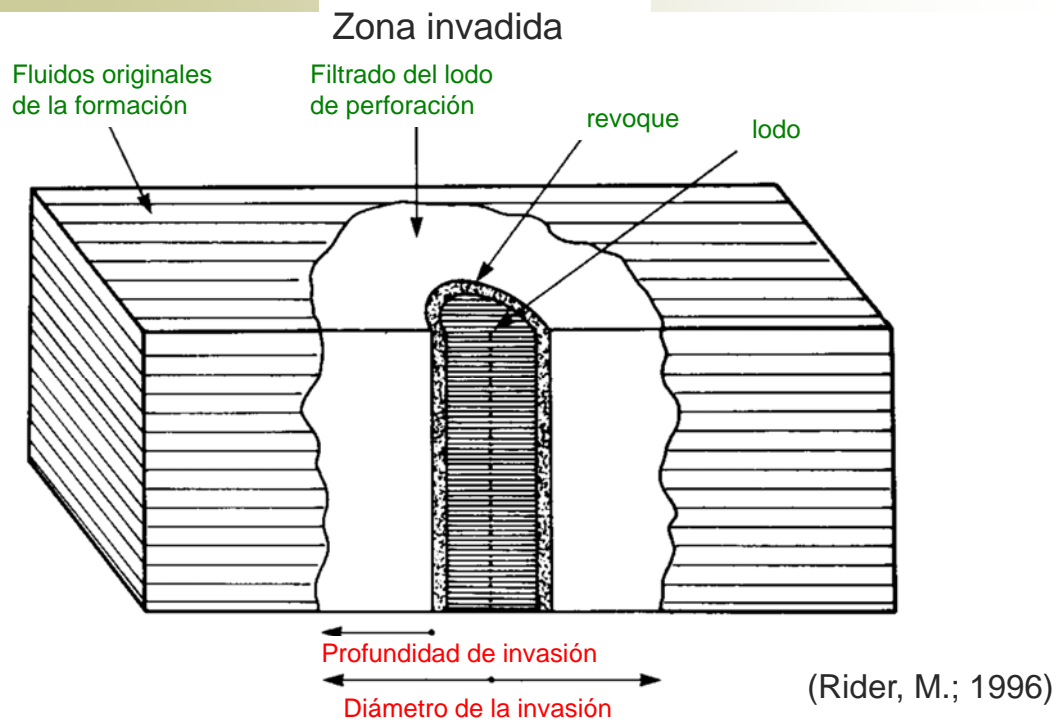
Tipos de fluidos de perforación:

- ☐ Lodos basados en agua
- ☐ Lodos basados en petróleo

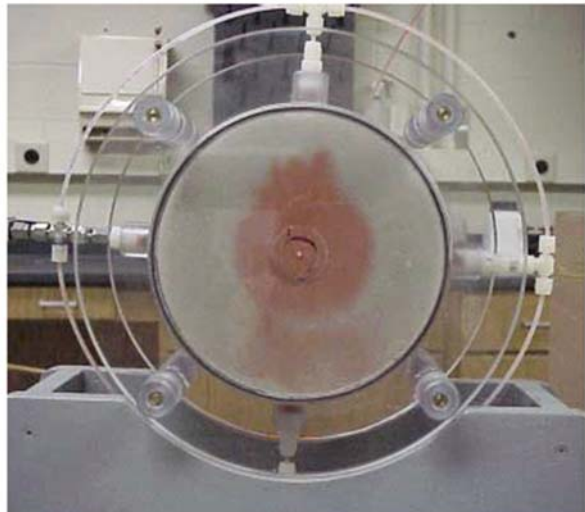
Propiedades de los fluidos de perforación:

- ☐ Peso del lodo (densidad)
- ☐ Viscosidad
- ☐ Ph
- ☐ Salinidad
- ☐ Pérdida de fluido

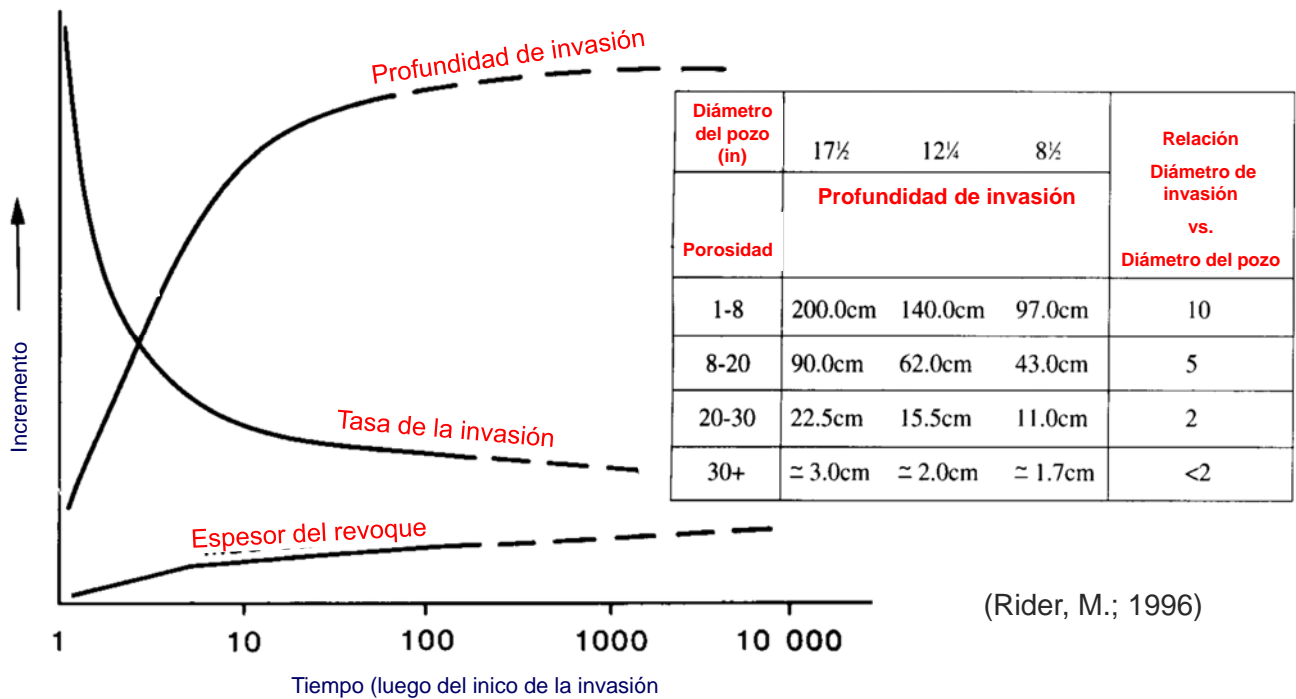
Esquema de la invasión



Experimento de invasión por un filtrado de lodo de perforación



Dinámica de la invasión



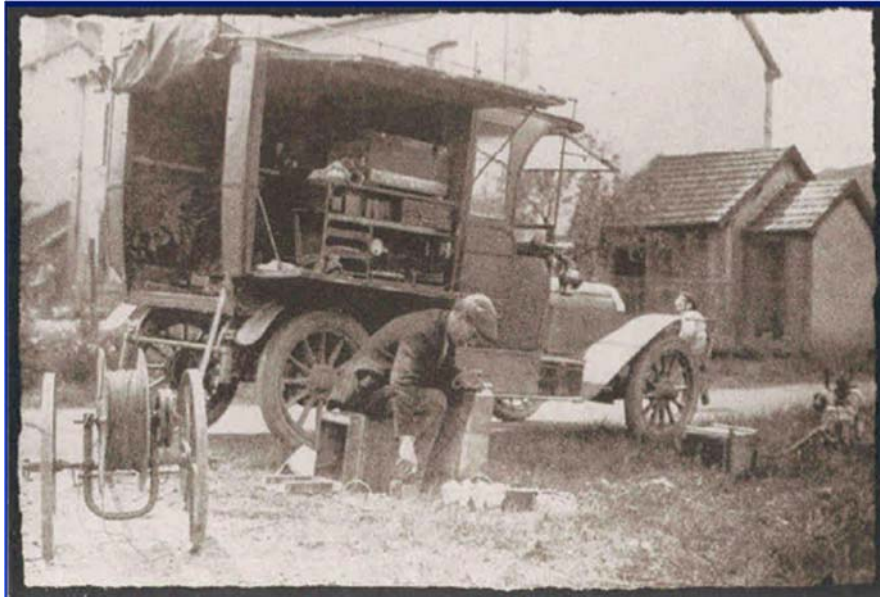
Aplicaciones del perfil de cutting

- ✧ Monitoreo del desempeño de la broca
- ✧ Determinación de litología
- ✧ Indicación preliminar de la ubicación del pozo respecto a la estratigrafía esperada
- ✧ Indicación de tipo de hidrocarburos presente
- ✧ Indicación de condiciones de presión

Estimación de profundidad ~ ± 5m

Historia del perfilaje geofísico de pozos

Uno de los primeros camiones de perfilaje eléctrico



Source: Schlumberger Publication "The Way We Are"

Un poco de historia "antigua"

- Perfil de temperatura: es el más antiguo (hay datos desde 1669), pero recién en 1924 Van Orstend mide con termómetros de máxima.
- En 1927 C. y M. Schlumberger miden resistividad en pozo (utilizan un dispositivo lateral, y hacia fines de ese año utilizan un dispositivo laterolog).
- En 1928 C. y M. Schlumberger descubren el potencial espontáneo (SP).
- En 1932, Kinley realizó las primeras mediciones de calibre de pozo

Un poco de historia "antigua"

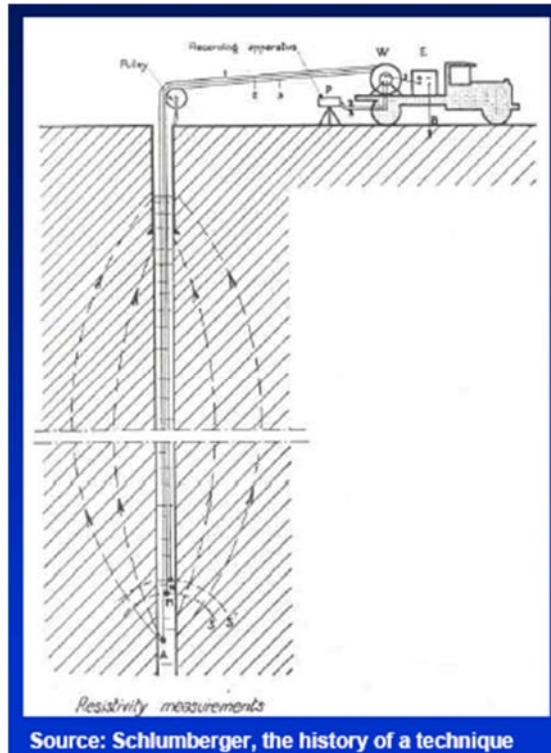
- En 1935, Well Surveys Inc. introduce el perfil de rayos gamma (GR).
- A mediados de la década del 1930 se realizan las primeras pruebas del perfil de buzamiento.
- En 1941 se desarrolló el perfil neutrónico por iniciativa de Well Surveys Inc.
- En 1954 Seismograph Service Corp. se introdujo la medición continua de ondas elásticas (perfil sísmico o acústico), cuyo desarrollo inició Humble Oil and Refining Co. en 1948.
- En 1949 Schlumberger desarrolló el primer perfil de inducción enfocado.
- En 1954, Dresser Atlas introdujo la primera herramienta comercial para determinar densidad y porosidad de las rocas (perfil de densidad).

Un poco de historia "moderna"

Década	Herramienta	Compañía
50	Acoustic Log	Mobil, Shell
	Nuclear Magnetism Log (NML)	Chevron
	Borehole Gravity Meter (BHGM)	Shell
	Dielectric Tool	Shell
60	Borehole Televier (BHTV)	Mobil
	Ultra-Long Spaced Electric Log (ULSEL)	Chevron
	Compensated Neutron Log (CNL)	Mobil
	Carbon/Oxygen Log (C/O)	Exxon
70	Dielectric Tool	Texaco
	Natural gamma-Ray Spectral Log	Exxon
	Long-Space/Shear-Wave Acoustic Logs (LSAL/SWAL)	Mobil
	Circumferential Acoustic Log	Shell
80	High-Resolution Induced Polarization Log	Shell
	Pulsed-Neutron Porosity Log (PNP)	Mobil
	Rotary Sidewall Tool	Amoco
	Six Arms Dipmeter	Gearhart
	Rotary Sidewall Tool	Amoco
	Magnetic Resonance Imaging Log (MRIL)	Numar
	Ultra Sonic Diplog (UDIP)	Western Atlas
	Multiple-Electrode Resistivity Tool (MERT)	Shell
90	Fullbore Microlmager Tool (FMI)	Schlumberger
	Azimuthal Resistivity Imager (ARI)	Schlumberger

Tabla 5: Desarrollo de herramientas en los últimos años (Modificado de Pinsky, 1994).

Qué miden y cómo se registra en un pozo?



Relación entre la composición de una roca y los perfiles de pozo

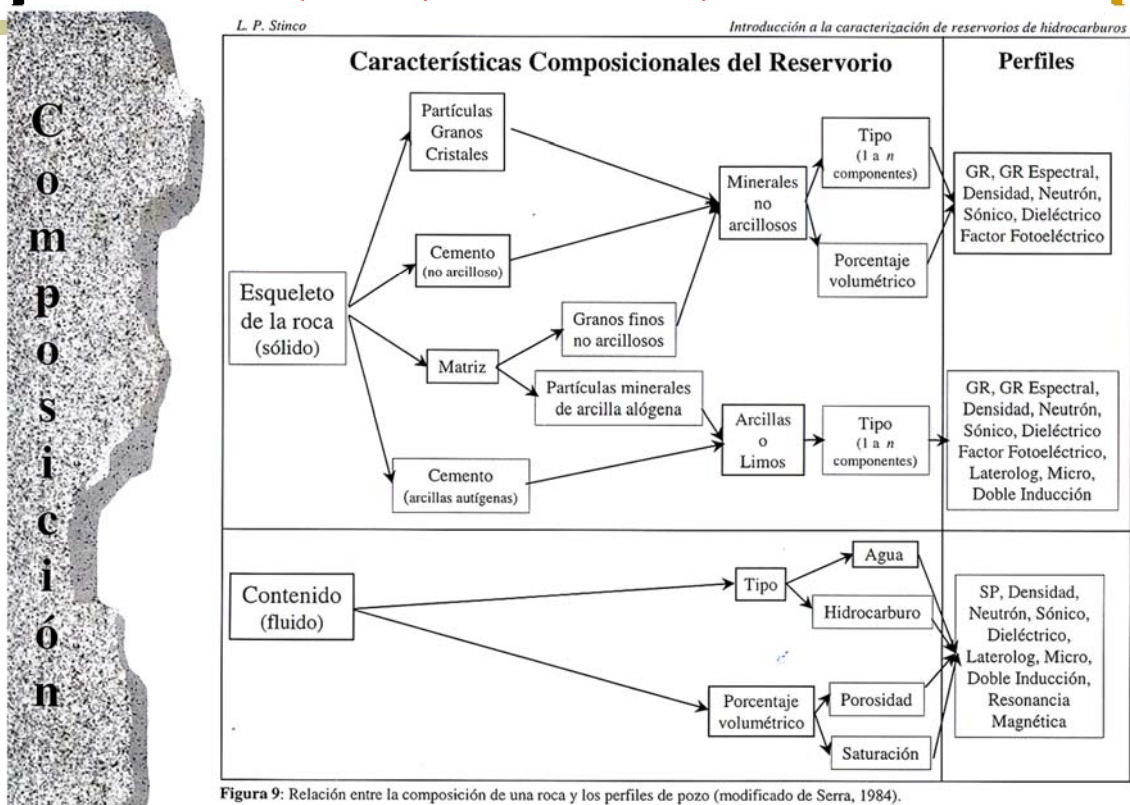


Figura 9: Relación entre la composición de una roca y los perfiles de pozo (modificado de Serra, 1984).

Relación entre la textura de la roca y los perfiles de pozo

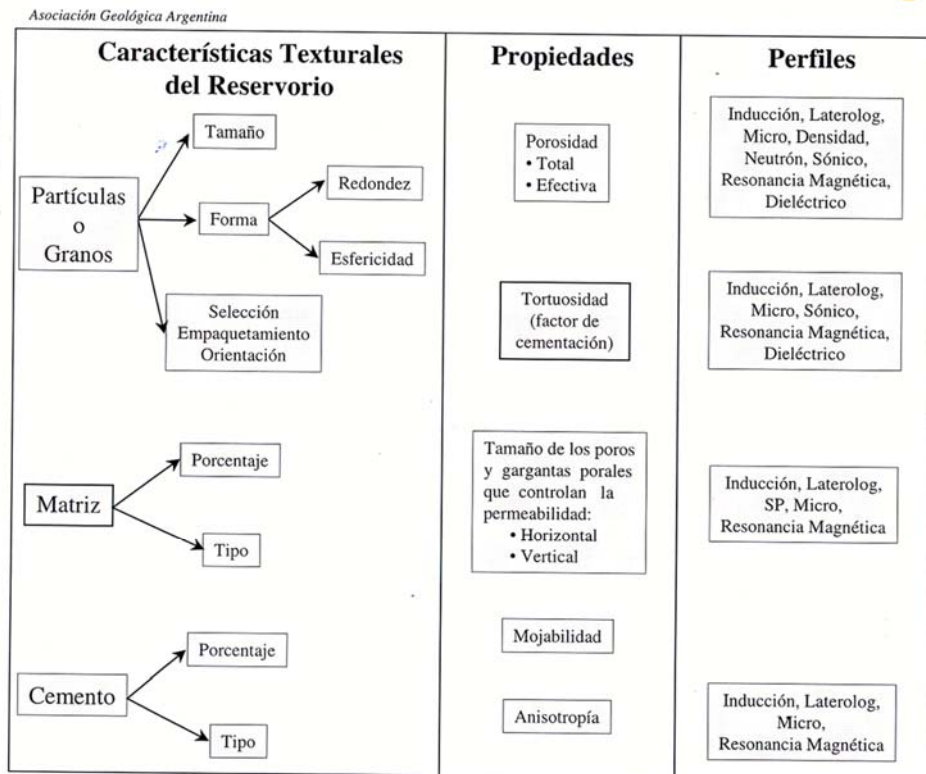
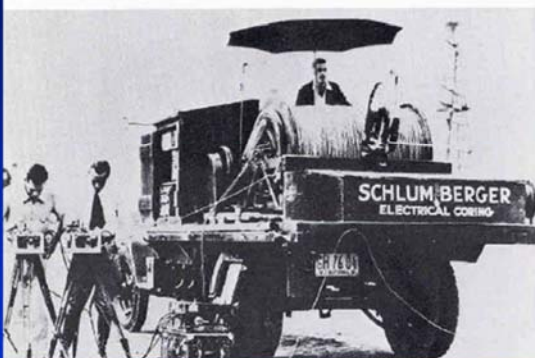


Figura 10: Relación entre la textura de una roca y los perfiles de pozo (modificado de Serra, 1984).

COMMERCIAL LOGGING TRUCK (1932)

In 1932, California: Legrand and Deschôte taking measurements in a borehole with Schlumberger equipment.

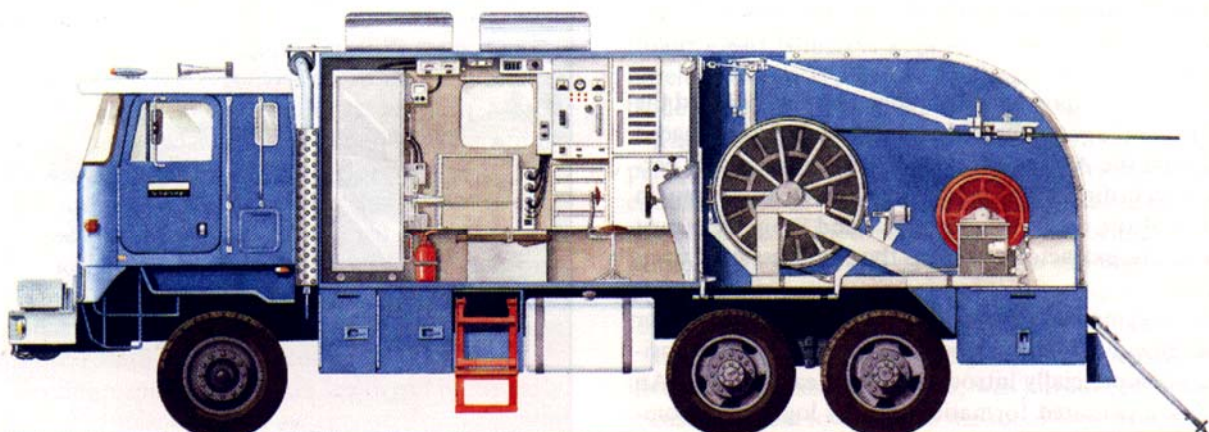


Camiones antiguos
Camiones modernos!!!



Source: Baker Atlas

Modern Well Logging
Trucks



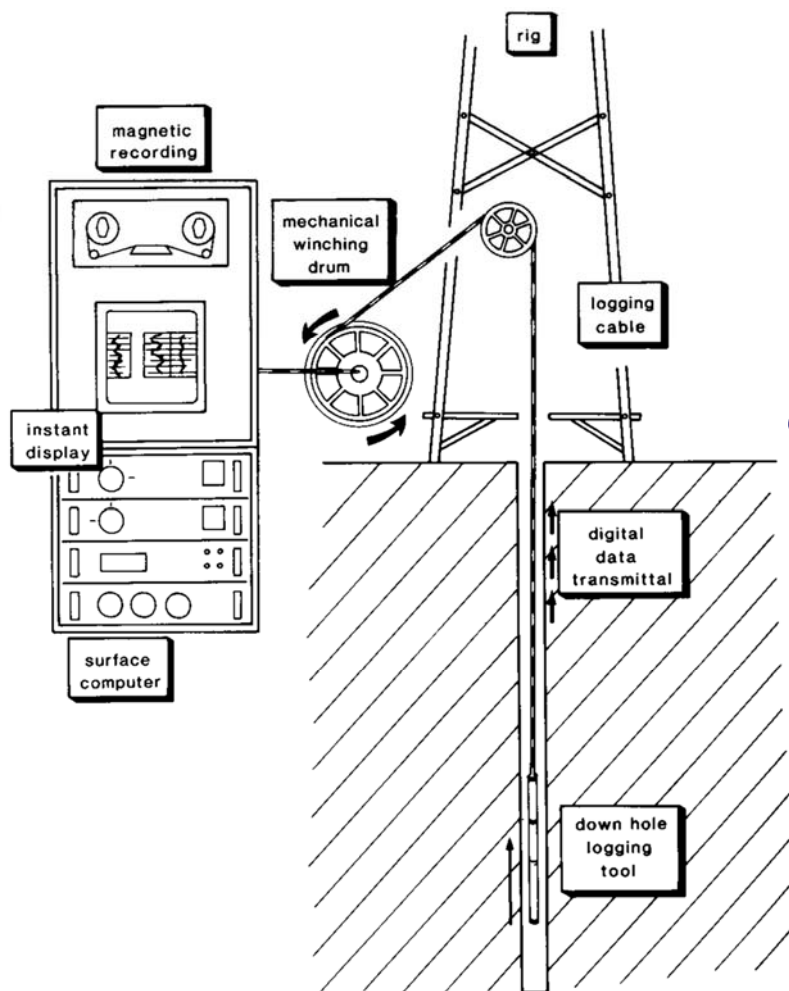


Diagrama
esquemático de un
moderno sistema
de perfilaje
geofísico de pozo.

(Rider, M.; 1996)

Clasificación de las principales mediciones geofísicas en pozo (en pozo abierto)

	Log Type	Formation parameter measured
Mechanical measurements	Caliper	Hole diameter
Spontaneous measurements	Temperature	Borehole temperature
	SP (self-potential)	Spontaneous electrical currents
	Gamma ray	Natural radioactivity
Induced measurements	Resistivity	Resistance to electrical current
	Induction	Conductivity of electrical current
	Sonic	Velocity of sound propagation
	Density	Reaction to gamma ray bombardment
	Photoelectric	Reaction to gamma ray bombardment
	Neutron	Reaction to neutron bombardment

(Rider, M.; 1996)

Principales usos de los perfiles de pozo.

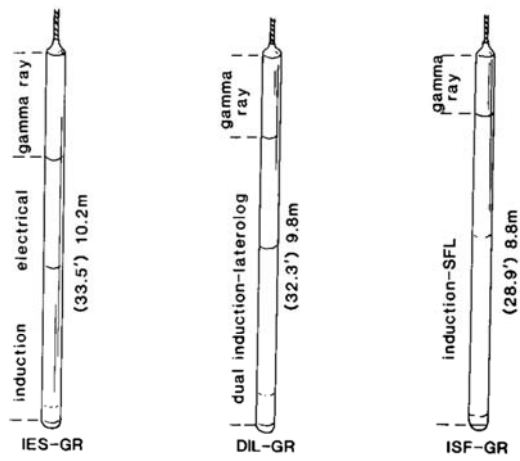
Chapter	Uses	General geology						Reservoir geology		Geochemistry		Petrophysics						Seismic			
		Lithology – general	Volcanics	Unusual	Lithology	Evaporites	Mineral identification	Correlation: stratigraphy	Facies depositional env.	Fracture identification	Over-pressure identification	Source rock identification	Maturity	Porosity	Permeability	Shale volume	Fm. water salinity	Hydrocarbon saturation	Gas identification	Interval velocity	Acoustic impedance
3	Temperature									-		+							-		
4	Caliper									-				-							
5	SP																				
6	Resistivity	-			-			-	-		+	+	+	+	-	+		*		-	
7	Gamma ray	-	-		+		-	-	-			+				+					
7	Spectral GR	-	-		+		+		-			+				+					
8	Sonic	+			-			-		+	+	+		*					-	*	*
9	Density	+	-		-		-		-	+	-	+		*					-		*
9	Photoelectric	+	+		-		+														
10	Neutron	+	-		-		-		-			-		*		-			-		
12	Dipmeter							-	-											dip	
13	Image logs	-					-	-	-	+					+			+			dip

- (Essentially) qualitative use
+ Semi-quantitative and quantitative uses
* Strictly quantitative

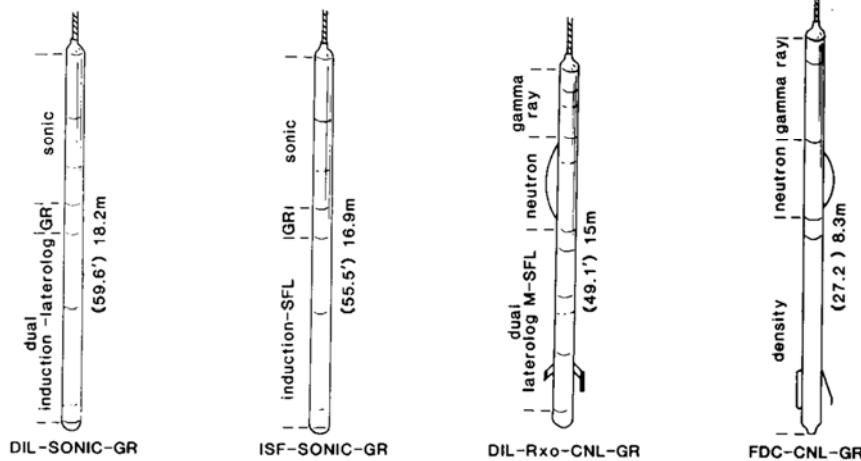
(Rider, M.; 1996)

Principales usos de los perfiles de pozo.

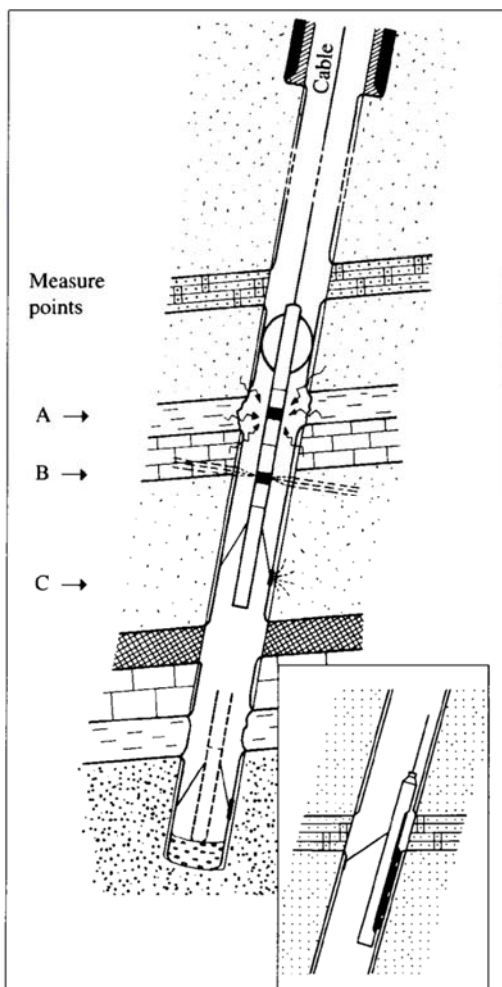
Measurement	Property	RC Element	Tangible
Seismic	Structure	Geophysics	
Gravimetry			
Borehole Imaging	Bedding	Geology	Reservoir Architecture
Paleomagnetic Log	Age		
Coring	Mineralogy		
Nuclear Spectroscopy	Fabric	Geology	Reservoir Zonation
Downhole Video			
NMR Logs	Pore Geometries	Petrophysics	Production (\$)
Acoustic Logs	Porosity		
Nuclear Logs			
Electrical Logs	Saturation		
Formation Testing	Pressure		
Well Testing	Permeability		
Fluid Sampling	Fluid Properties		
Flow Measurements	Flow Rates	Reservoir Engineering	



Algunas modernas combinaciones de herramientas de perfilaje de pozos.

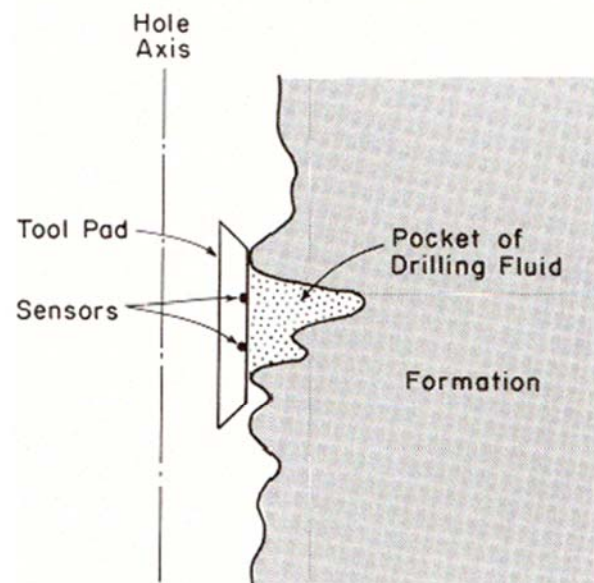
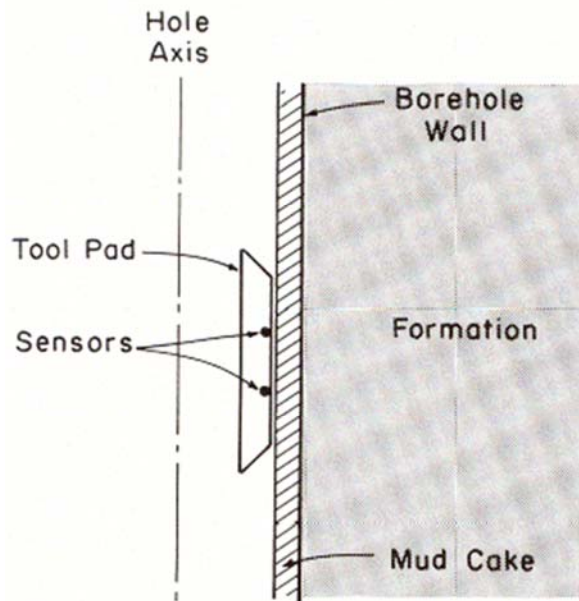


(Rider, M.; 1996)

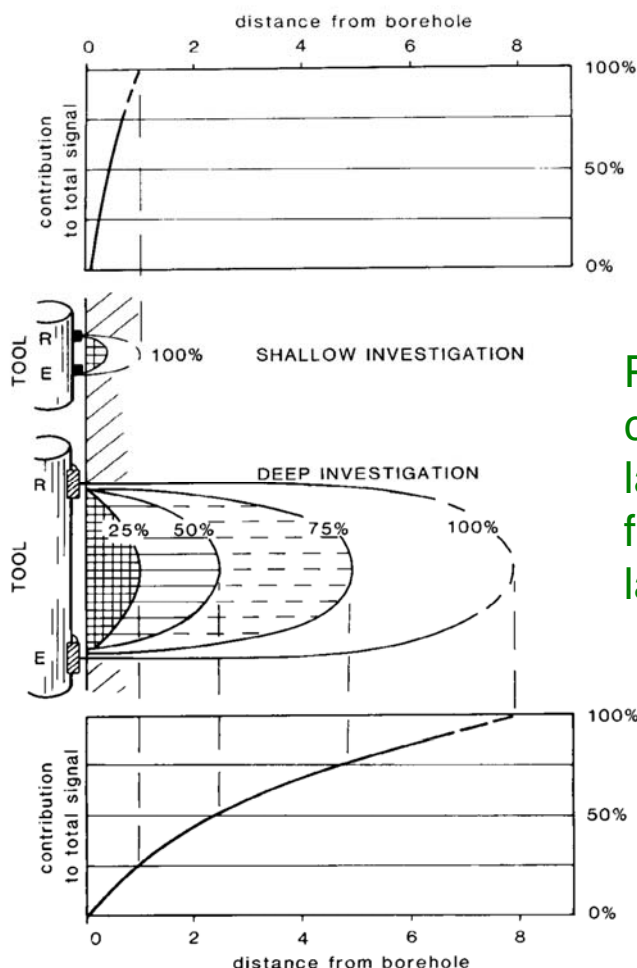


Influencia de la inclinación del pozo sobre la respuesta obtenida por la herramienta

Influencia de la rugosidad del pozo sobre el tipo de patín de la herramienta

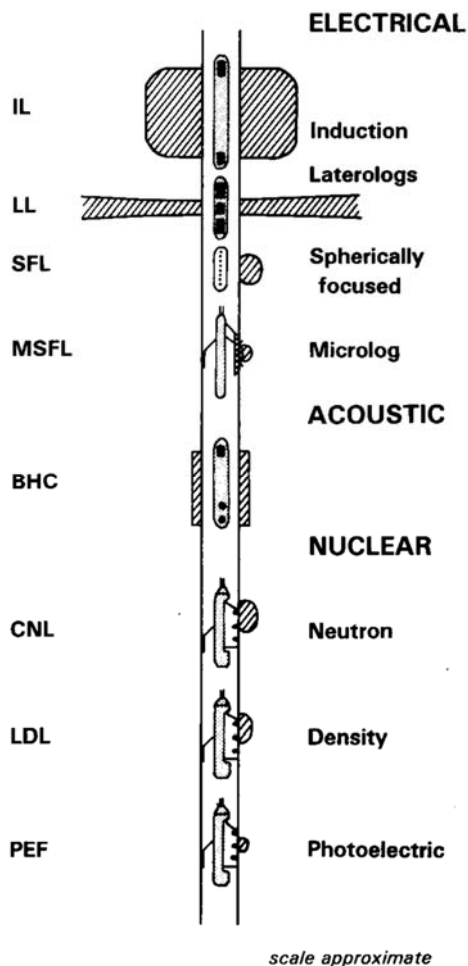


Fuente: Bassiouni, Z.: Theory, Measurement, and Interpretation of Well Logs, SPE Textbook Series, V. 4



Profundidad de investigación y contribución de la formación, en la medición de la herramienta, función de la profundidad desde la pared del pozo

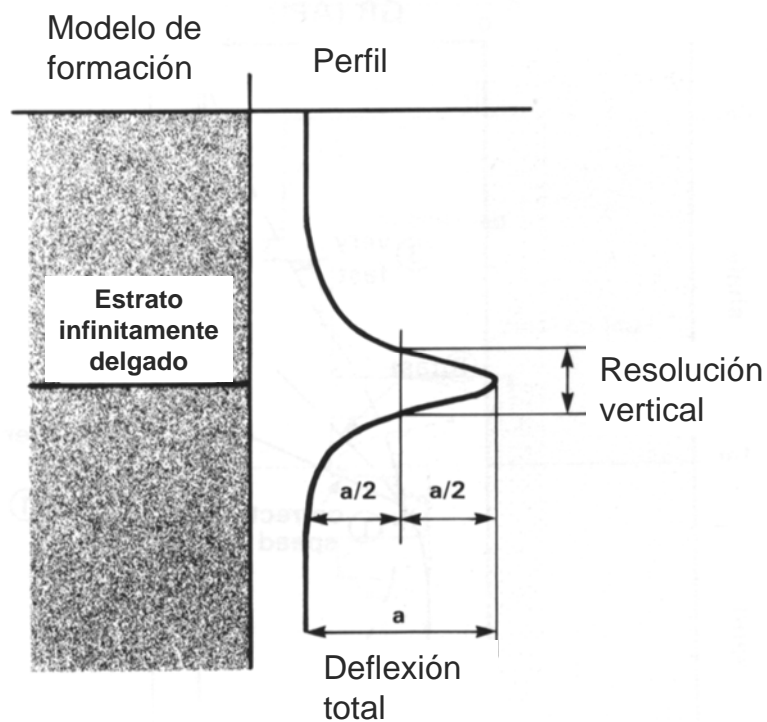
(Rider, M.; 1996)



Geometría de investigación de distintas herramientas de perfilaje

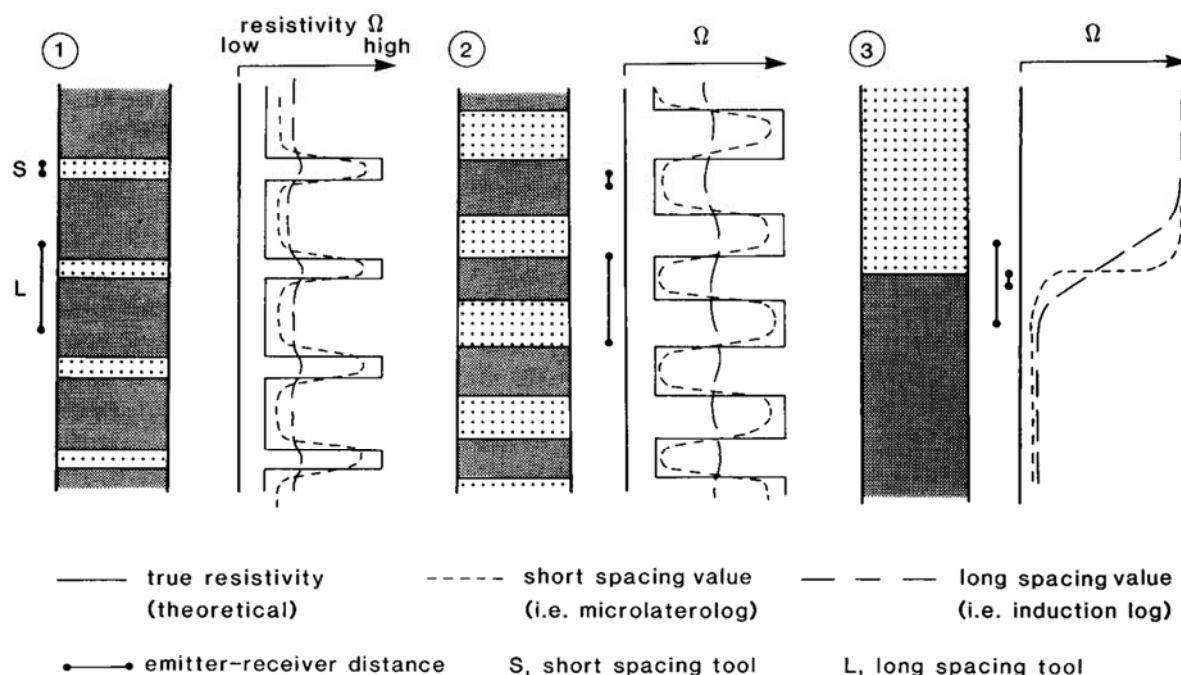
(Rider, M.; 1996)

Resolución vertical



(Rider, M.; 1996)

Efecto del espesor de los estratos y el espaciamiento de los sensores de la herramienta sobre la resolución de un estrato.

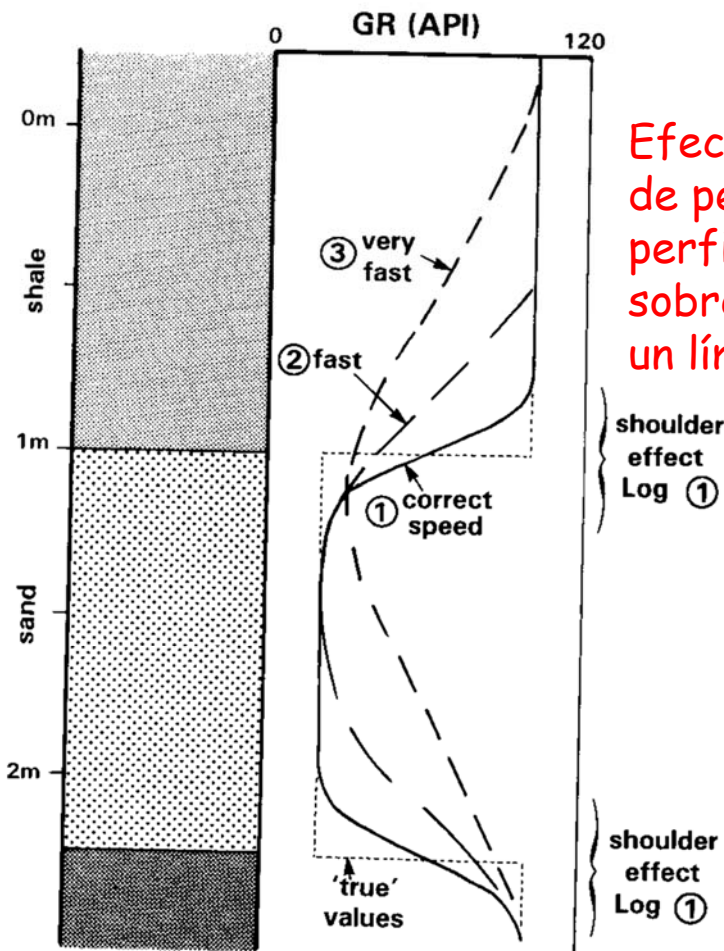


(Rider, M.; 1996)

Logging tool measurement	Vertical Resolution	
	inches	cm
FMS/FMI (individual electrodes)	0.2"	0.5cm
SHDT dipmeter curves	0.4"	1.0cm
HDT dipmeter curves	0.5"	1.3cm
Microlog	2"-4"	5cm-10cm
Micro Spherically Focused Resistivity	2"-3"	5cm-7.6cm
Phasor Induction SFL:		
deep	84"-96" (7'-8')	2.0m
medium	60"-72" (5'-6')	1.5m
Spherically Focused Resistivity	30" (2'6")	76cm
Laterolog	24" (2')	61cm
Litho-Density tool	15" (1'3")	38cm
Litho-Density Pef	2"	5cm
Compensation		
Neutron tool	15" (1'3")	38cm
Gamma ray	8"-12"	20cm-31cm
Array sonic:		
standard mode	48" (4')	1.2m
six inch mode	6"	15cm
Borehole Compensated Sonic	24" (2')	61cm

Resolución vertical de algunas herramientas de perfilaje.

(Rider, M.; 1996)



Efecto de la velocidad de perfilaje de un perfil de rayos gamma sobre la definición de un límite de estratos

(Rider, M.; 1996)

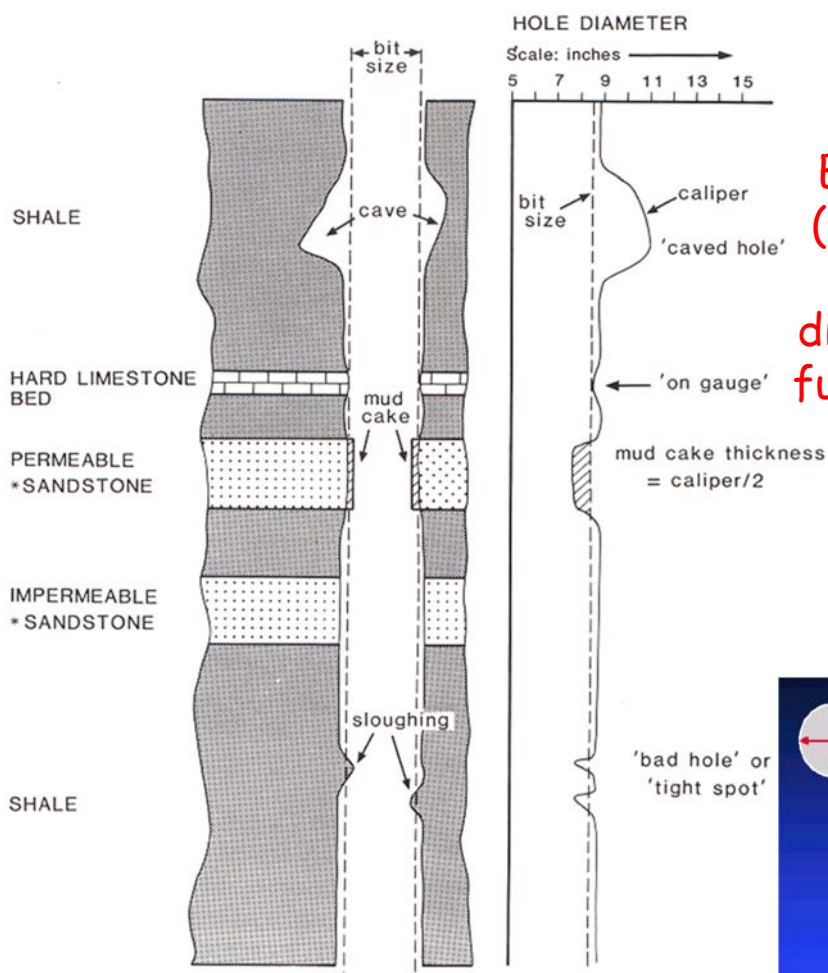
Cuando se analiza un perfil hay que tener en cuenta:

- ☐ La influencia del pozo por:
 - El tipo de fluido presente
 - El diámetro
 - Su rugosidad
- ☐ El espesor de las unidades
- ☐ Los efectos producidos por la presencia de hidrocarburos
- ☐ Los efectos producidos por la presencia y volumen variable de minerales arcillosos
- ☐ Los efectos producidos por el revoque
- ☐ Los efectos debidos a la presencia de minerales radiactivos

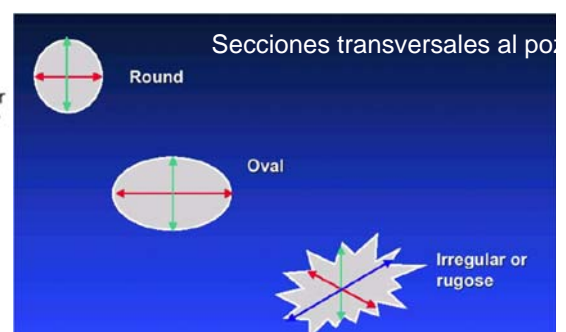
PERFILAJE GEOFÍSICO DE POZOS

■ Apunte 2:

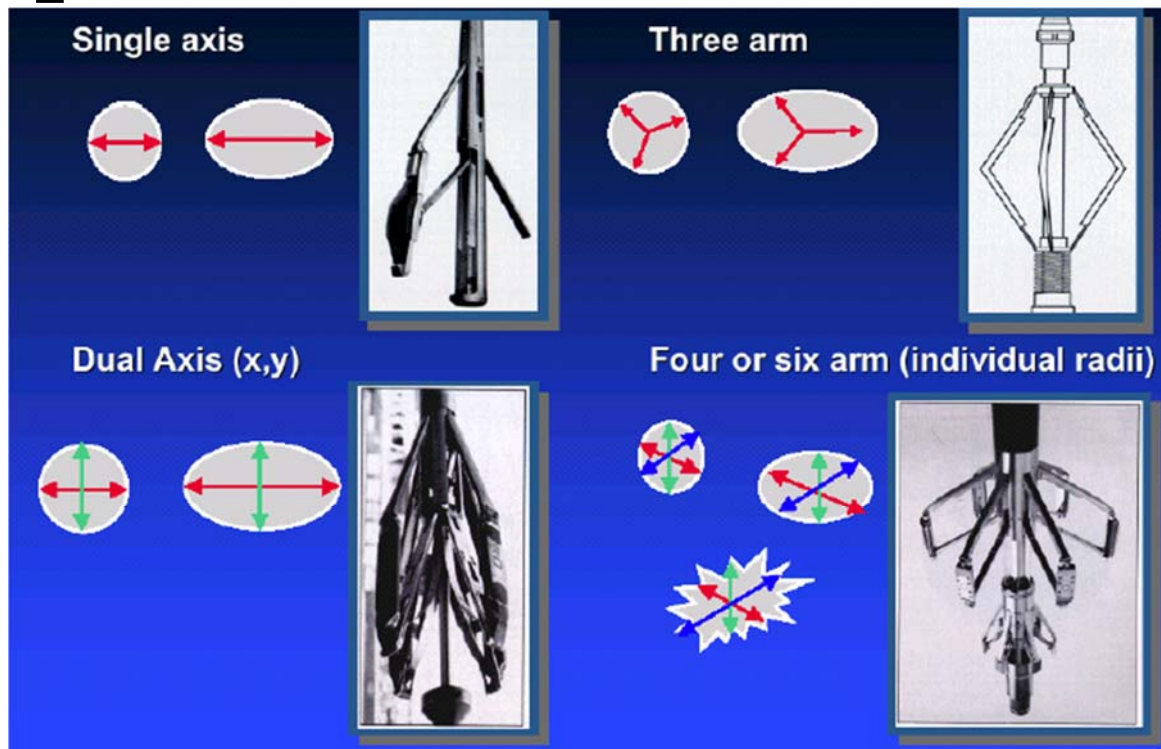
- Perfiles de Calibre y Cutting
- Perfil de Temperatura
- Ejemplo de presentación de perfiles
- Nombres comerciales



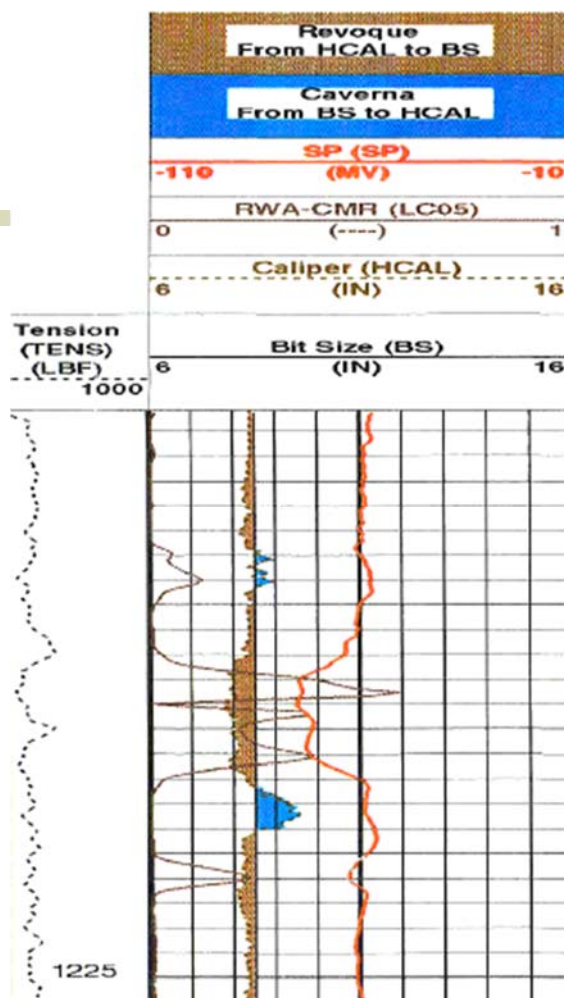
El perfil de calibre (caliper) mostrando variaciones en el diámetro del pozo en función de la litología atravesada



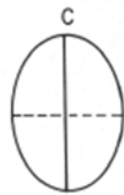
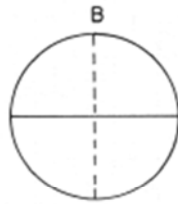
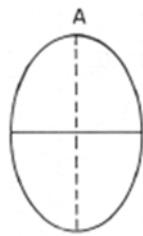
Mediciones del calibre del pozo



Ejemplo



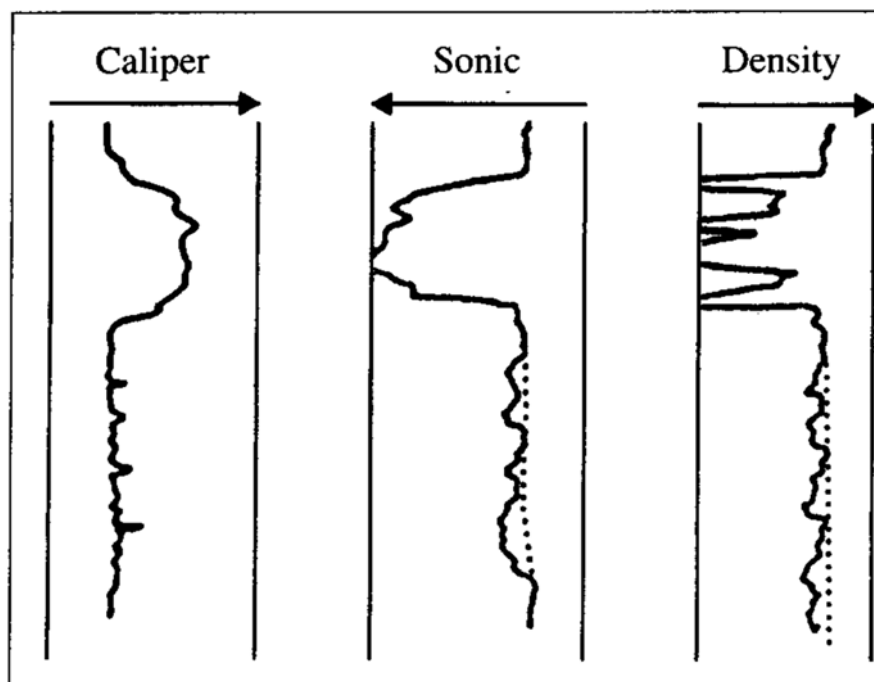
HOLE DIAMETER
6 (inches) 16



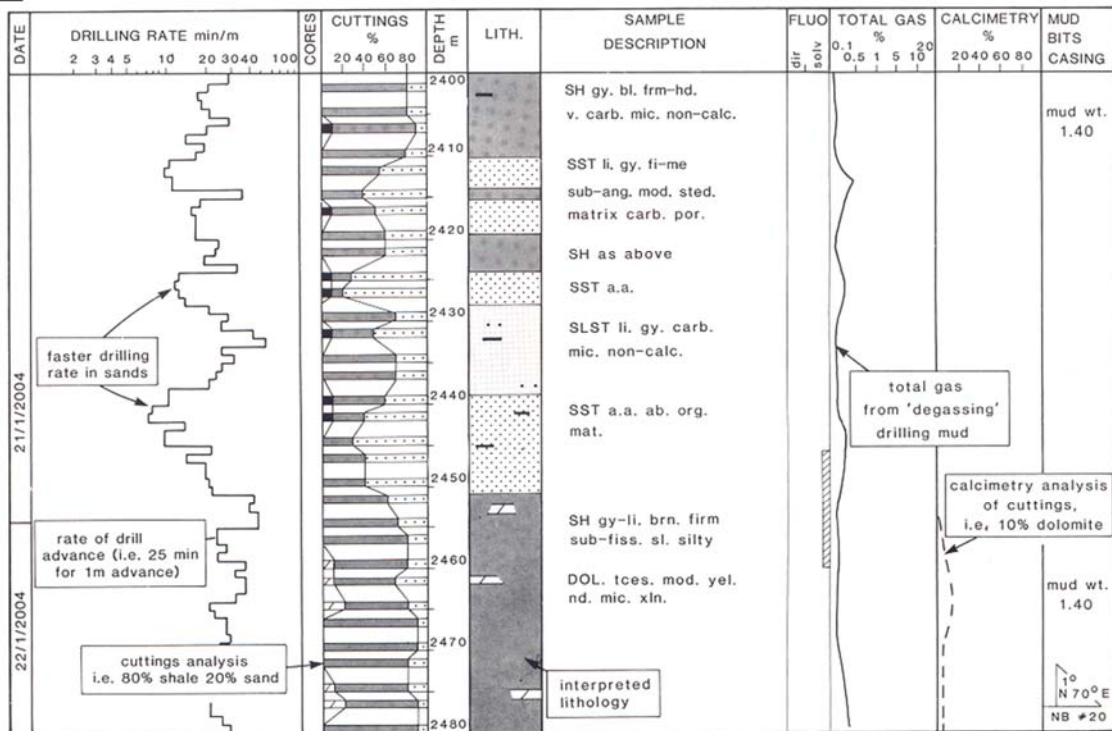
Ejemplo de sección transversal de pozo y perfil dual de calibre

Fuente: Bassiouni, Z.: Theory, Measurement, and Interpretation of Well Logs, SPE Textbook Series, V. 4

Efecto de caverna, en las paredes del pozo, sobre los perfiles registrados.



Ejemplo de perfil de cutting, junto a otros parámetros de perforación.

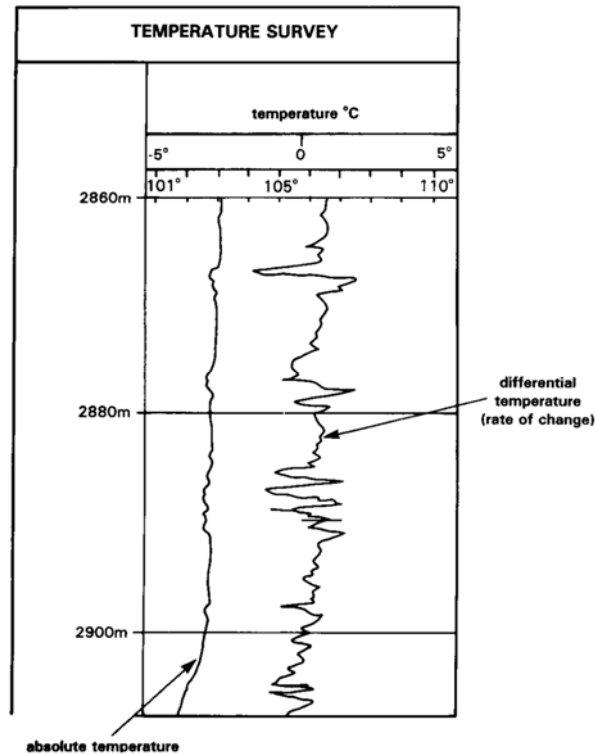


Aplicaciones del perfil de cutting

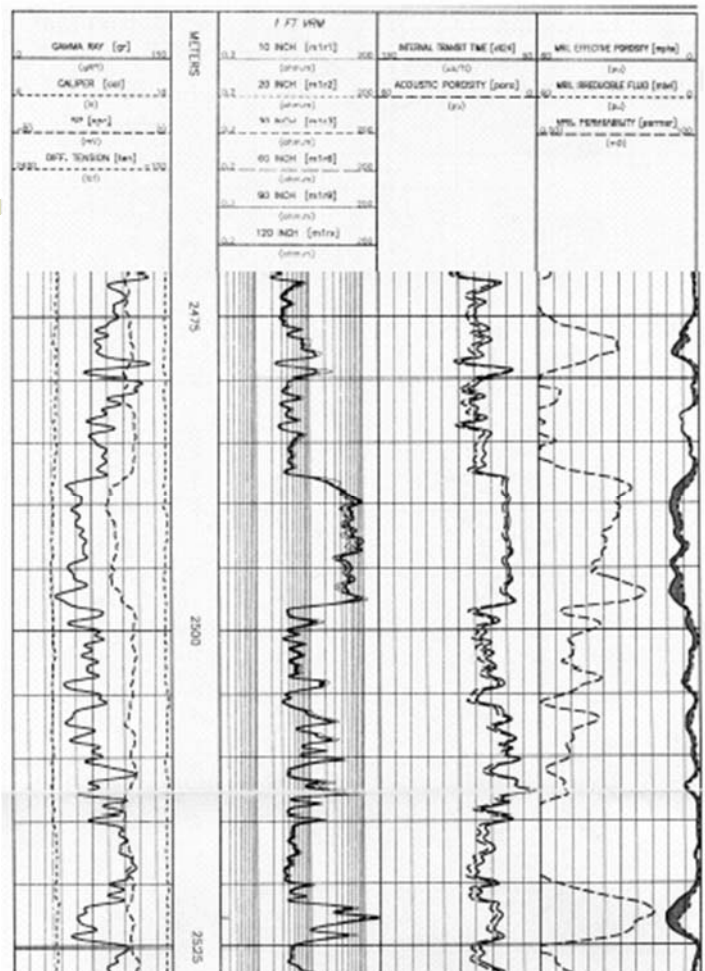
- Monitorio del desempeño de la broca
- Determinación de litología
- Indicación preliminar de la ubicación del pozo respecto a la estatigrafía esperada
- Indicación de tipo de hidrocarburos presente
- Indicación de condiciones de presión

Estimación de profundidad ~ ± 5m

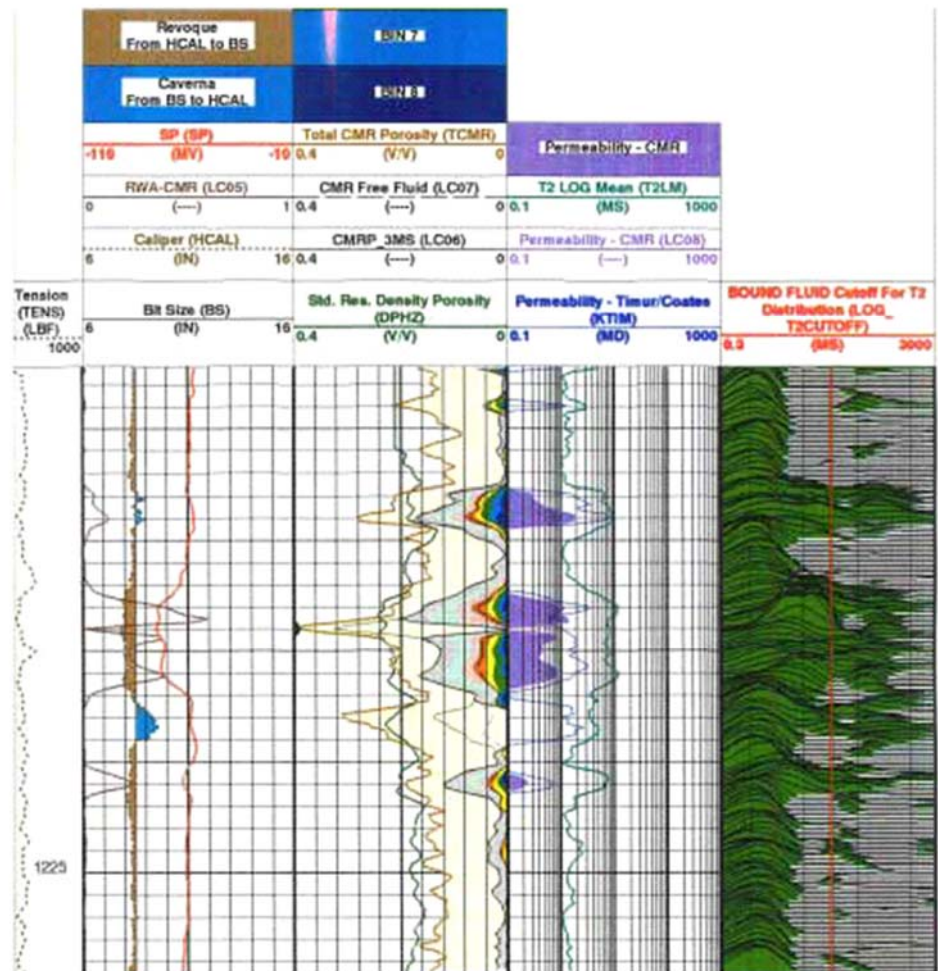
Perfil de temperatura



Ejemplo de
presentación de
los datos



Ejemplo de
presentación
de los datos



Nombres comerciales de las principales
herramientas de perfilaje de pozo.

TRADE NAMES OF MAIN LOGGING TOOLS

	HALLIBURTON		SCHLUMBERGER		ATLAS WIRELINE SERVICES	
Induction	Induction Electrolog	IEL	Induction Electrical Logging	IEL	Induction Electrolog	IEL
	Dual Induction Laterolog	DIL	Ind. Spherically Focused	ISF	Dual Ind. Focused	DIFL
			Dual Induction Log	DIL		
			Dual Induction SFL	DIS		
			Array Induction Tool	AIT		
Resistivity	Dual Laterolog	DLL	Dual Laterolog	DLL	Dual Laterolog	DLL
Micro-resistivity	Microlaterolog	MLL	Microlaterolog	MLL	Microlaterolog	MLL
	Micro Spherically Focused	MSF	Micro Spherically Foc. Log	MSFL	Proximity Log	PL
Neutron	Sidewall Neutron	SNT	Sidewall Neutron	SNP	Sidewall Neutron	SWN
	Compensated Neutron Log	CNS	Compensated Neutron Log	CNL	Compensated Neutron Log	CNS
Density	Compensated Density Log	CDL	Formation Density	FDC	Compensated Density Log	CDL
			Litho Density Log	LDL	Z.Densilog	ZDL
Acoustic	Borehole Compensated sonic	BCT	Sonic Log	BHC	Normal Space Acoustilog	AC
	Long Spacing sonic	BCT-EA	Sonic Long Spacing	SLS	Long Spacing Acoustilog	ACL
			Sonic Digital Tool	SDT		
			Dipole Sonic Imaging Tool	DSI		
Gamma ray	Gamma Ray	UGR	Gamma Ray	GR	Gamma Ray	GR
	Spectral Gamma Ray	SGR	Gamma Ray Spectroscopy	NGS	Spectralog	SPL
Dipmeter	Four Electrode Dipmeter	FED	High Resolution Dipmeter Tool	HDT	Four-arm Dipmeter	DIP
	Omnigraphic Dip. Tool		Stratigraphic Dip. Tool	SHDT		
	Six Arm Dipmeter	SED	Formation Micro Scanner	FMS		

- The above list is not exhaustive and the abbreviations given may be subject to slight modifications.
- Other contractors offer comparable services under different trade names.
- Most of the commercial logging tools mentioned here can be used in combination with each other, under names and conditions given by the manufacturer (see catalogues for more details).