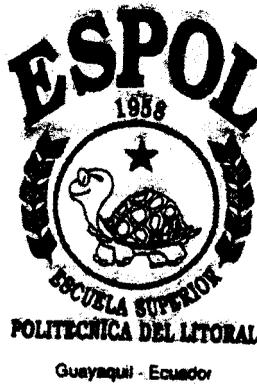


622.3382
BARE



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS DE LA TIERRA
ESPECIALIZACION PETROLEOS

“Planificación, Evaluación Técnica y Análisis de Costos en
Operaciones de Cementación Primaria en los Pozos
perteneientes a Petroproduccion en el Distrito Amazonico”

TESIS DE GRADO
Previa a la obtencion del Titulo de
INGENIERO DE PETROLEO

Presentada por:

DAVID BARRAGAN ORTIZ.

GUAYAQUIL -ECUADOR
1997

TRIBUNAL DE GRADUACION

Ing Miguel Angel Chavez

DECANO DE LA FICT

Ing Kléber Malavé

DIRECTOR DE TESIS

Ing Daniel Tapia

VOCAL

Ing Heinz Terán

VOCAL

DEDICATORIA

A MIS PADRES

SEGUNDO BARRAGAN

Y LASTENIA ORTIZ

A MIS HERMANOS Y

AMIGOS

DECLARACION EXPRESA

La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la “ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de graduación de la ESPOL)

DAVID BARRAGAN O.

RESUMEN

En este trabajo se presenta una descripción de como se realiza y planifica una operación de cementación ,desde el momento de las pruebas en laboratorio hasta la operación de cementación.

En el capitulo I se detalla las partes más importantes durante el diseño de la lechada , propiedades de la misma y factores que las afectan, clases y tipos de aditivos y la misma operación de cementación como tal presentando los diferentes fluidos que son bombeados antes y después de la lechada de cemento, tipo y modelo de flujo con los que son bombeados, técnicas de cementación, problemas operacionales y medidas de prevención de contaminación.

En el capitulo II para la evaluación técnica del cemento de cada pozo se aplican criterios adoptados con la colaboración de las compañías de servicios de cementación, de registros y operadora. Se presenta dos tipos de evaluación; la primera de toda la columna de buen cemento y la segunda es una evaluación cualitativa -cuantitativa del cemento frente a las zonas de interés.

En el capítulo III se presentan relaciones porcentuales de los costos de las cementaciones con respecto al costo de perforación, y de los rubros de una operación de cementación con respecto al valor total de la misma

:

En el capítulo IV se presenta un análisis general de los resultados obtenidos de la evaluación

El anexo contiene los registros de cementación (CBL-VDL Y PET) de algunos de los pozos evaluados

Finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo.

INDICE GENERAL

	Pag.
RESUMEN	
INDICE GENERAL.....	VIII
INDICE DE FIGURAS	XIII
ABREVIATURAS.....	XIV
INTRODUCCION.....	1
GENERALIDADES.....	3
I. PLANIFICACION DE UN TRABAJO DE CEMENTACION.....	
1.1 Equipos y Materiales comunmente usados.....	10
1.1.1 Tipos de tubería de revestimiento	10
1.1.2 Aditivos de cementos	12
1.1.2.1 Aceleradores de cementos.....	13
1.1.2.2 Aditivos de perdidas de circulación.....	14
1.1.2.3 Retardadores	16
1.1.2.4 Extensores	17
1.1.2.5 Agentes de peso	19
1.1.2.6 Agentes de control de perdidas de fluido.....	21

1.1.2.7 Dispersantes	22
1.1.2.8 Antiespumantes	22
1.1.3 Cementos	
1.1.3.1 Elaboración de cementos	23
1.1.3.2 Clasificación de los cementos	24
1.1.4 Equipos	
1.1.4.1 Equipos de superficie	26
1.1.4.2 Equipos de subsuelo	29
1.1.5 Liners	
1.1.5.1 Tipos de liners	37
1.1.5.2 Equipos de liners	38
1.2 Consideraciones previas a la cementación	
1.2.1 Presión de fractura y presión de poro	44
1.2.2 Gradiente de temperatura	46
1.2.3 Agua de mezclado	48
1.2.4 Caliper	48
1.3 Desplazamiento de lodos de perforación	
1.3.1 Acondicionamiento del lodo de perforación	50
1.3.2 Movimiento de “casing”	52
1.3.3 Centralización del “casing”	52
1.3.4 Flujo excéntrico y diferencia de densidades	53

1.3.5	Altas tasas de desplazamiento.....	53
1.4	Propiedades de la lechada de cementacion.....	
1.4.1	Requerimiento de agua.....	55
1.4.2	Densidad.....	57
1.4.3	Rendimiento de la lechada.....	58
1.4.4	Tiempo de espesamiento.....	58
1.4.5	Resistencia a la compresion.....	59
1.4.6	Perdidas por filtrado.....	61
1.4.7	Reologia.....	62
1.4.7.1	Modelo de fluidos.....	63
1.4.7.2	Tipos de flujo.....	66
1.5	Operación de cementacion.....	
1.5.1	Tecnicas de cementacion.....	67
1.5.1.1	Cementacion en una sola etapa.....	67
1.5.1.2	Cementacion en varias etapas.....	69
1.5.1.3	Cementacion regular de “liner”	74
1.5.2	Preflujos.....	
1.5.2.1	“Flushes”.....	78
1.5.2.2	“Washes”.....	78
1.5.2.3	“Spacers”.....	79
1.5.3	Secuencia operativa.....	79

1.5.4 Problemas operacionales.....	80
1.5.5 Medidas de prevención de contaminación.....	83

II. EVALUACION TECNICA DE CEMENTACIONES

2.1 Técnicas y herramientas de evaluacion de cementaciones.....	
2.1.1 Técnicas de evaluacion de cementaciones.....	85
2.1.1.1 Pruebas hidraulicas.....	86
2.1.1.2 Registros de Temperatura, Nucleares y de Ruido.....	87
2.1.1.3 Registros Acústicos para evaluacion de cernentaciones.....	89
2.1.2 Herramientas de evaluacion de cementaciones.....	97
2.1.2.1 CBL (cement bond log).....	98
2.1.2.2 PET (pulse echo tool).....	107
2.1.3 Interpretacion del CBL-VDL y PET.....	112
2.1.3.1 Interpretacion cualitativa del CBL-VDL.....	112
2.1.3.2 Interpretacion cuantitativa del CBL.....	115
2.1.3.3 Interpretacion del PET.....	116
2.2 Evaluación individual.....	118
2.2.1 Descripción del formato para evaluar la calidad de la cementación a todo lo largo de cada pozo	118
2.2.2 Presentación de los resultados de la evaluacion de la columna de buen cemento en cada pozo.....	121

2.2.3	Descripción de las tablas resultantes de la evaluación cualitativa y cuantitativa de los parámetros de cementación en las zonas de interés	214
2.2.4	Presentación de las tablas de resultados	216
III.	COSTOS	
3.1	Costos de cementación	232
3.2	Relación de costos	233
IV.	ANÁLISIS GENERAL DE RESULTADOS	236
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	240
	ANEXO	245
	BIBLIOGRAFÍA	282

INDICE DE FIGUMS

	Pag
Figura 1.1.4.1 Equipos de superficie para cementación	30
Figura 1.1.4.2 Equipos de subsuelo para cementaciones por etapas	34
Figura 1.1.5.1 Equipos de subsuelo para cementaciones de lines	42
Figura 1.2.2 Curva (T circulación -vs- T estática) para varios gradientes	47
Figura 1.4.7.2 Sumario de ecuaciones de flujo en el anular csg/ pozo	65
Figura 1.1.5.1 Cementación en una sola etapa	68
Figura 1.5.1.2 Cementación continua en dos etapas	73
Figura 1.5.1.3 Cementación de liner	76
Figura 2.1.1.3 Guía de interpretación del Cement Bond Log	91
Figura 2.1.2.1b Tiempo de tránsito	100
Figura 2.1.2.1c Efecto de la excentricidad sobre la amplitud del CBL	101
Figura 2.1.2.1a Presentación de la señal completa de la forma de onda del CBL ..	102
Figura 2.1.2.1d Proceso de la señal de onda del CBL-VDL	103
Figura 2.1.2.1e Diagrama de la herramienta CBL-VDL en el pozo	105
Figura 2.1.2.2.a Diagrama de la herramienta PET	106
Figura 2.1.2.2.b Presentación del BNDP (bond presentation)	109
Figura 2.1.3.2 Carta de interpretación del CBL-VDL	117

ABREVIATURAS

GR	Gamma-Ray
CCL	Collar Casing Locator
CBL	Cement Bond Log
VDL	Variable Density Log
TT	Travel Time
PET	Pulse Echo Tool
AVTK	Average thickness
FTT	Fluid Travel Time
AMP	Amplitude
BNDP	Bonding presentation
WOC	Waiting on cement
YP	Yield point
VP	Plastic Viscosity
FL	Fluid loss
mv	milivoltios
us	micro segundos
psi	libras por pulgada cuadrada

INTRODUCCION

En los campos petroleros del distrito oriente pertenecientes a PETROPRODUCCION, se ha observado en los ultimos años que los pozos en producción presentan ciertos tipos de problemas relacionados con la corrosión de la tubería y tanto de revestimiento como de completación, como efecto de la degradación del cemento.

Este cemento no cumplió con los objetivos deseados, tal como el de proteger al “casing” de la acción corrosiva de las aguas de formación que por su alto contenido de sales y altas temperatura y presión son muy activas. Reduciéndose así el tiempo medio de vida de la tubería. Teniendo que recurrir a cementaciones remediales, al cambio de tubería de completación y trabajos de reacondicionamiento de pozos.

El objetivo de este trabajo es la “Evaluación Técnica de Cementos” de los pozos del Distrito Oriente pertenecientes a PETROPRODUCCION, los objetivos que se persiguen son ;

- Determinar las condiciones iniciales de la columna de buen cemento dentro del pozo.
- Establecer la necesidad o no de un trabajo de cementación remedial o “squeeze”,

- Señalar las características del cemento dependiendo de el tipo de formación frente a la que se ubique, condiciones del pozo que afecten al cemento y calidad de registros de cementación.

Pueden ser causas de un mal cemento fallas operacionales o un mal diseño de la lechada de cemento principalmente, **pero un registro de cementación de poca calidad puede ser causante de una mala evaluación de cementos**, pudiendo dar como resultado la realización de trabajos no necesarios.

El método de evaluación se basa principalmente en la información proporcionada por los registros de cementación ,CBL-VDL y PET, los registros de hueco abierto, reportes de operaciones, diseño de lechada, datos del pozo. Al correlacionar esta informacibn podremos tener como resultado una buena evaluación del cementos.

El procedimiento sera : con los datos del pozo determinamos las condiciones del mismo, para luego correlacionar la condiciones actuales del cemento con la litología y forma del pozo principalmente. Con los datos de diseño del laboratorio se comprueban o se comparan con los obtenidos anteriormente, es decir con los resultados o valores esperados. Los datos de los reportes de operaciones no se los utiliza.

GENERALIDADES:

-OBJETIVOS DE LA CEMENTACION

La cementación es la operación para la ubicación del cemento en el anular entre el “casing” y la formación expuesta al hueco del pozo. A continuación se menciona algunos de los objetivos de la cementación.

- Soportar y vincular las sartas de casing con las paredes del pozo.
- Ofrecer un sello hidráulico que aisle perfectamente las capas y formaciones perforadas.
- Proteger al “casing” de la corrosión.
- Aislar zonas de pérdidas de circulación.
- Soportar los esfuerzos producidos por la reperforación cuando se desea profundizar el pozo o durante el cañoneo para la producción.

Estas características están de hecho vinculadas principalmente a las denominadas cementaciones primarias. Para el caso de cementaciones secundarias, esto es, “squeeze” o cementación forzada, y tapones de cemento los objetivos principales son:

- Reparar roturas de “casing”
- Abandonar un pozo

- Sellar perforaciones que aporten agua
- Colocar una cuña de desvío de un pozo, entre otras.

-OBJETIVOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO.

Las pruebas de laboratorio tienen como finalidad diseñar lechadas simulando las condiciones de presión y temperatura de fondo de pozo. Para cada una de las operaciones a realizar se deberán tomar en cuenta las siguientes condiciones de trabajo y propiedades de la mezcla de cemento:

- Geometría del espacio anular,
- Diámetro del pozo,
- Profundidad,
- Espacio anular entre casing y pozo,
- Gradientes de presión y temperatura,
- Historial de perforación,
- Pérdidas de circulación,
- Tipo y propiedades del lodo,
- Selección de preflujos para la limpieza del pozo,
- Densidad de la mezcla de cemento,
- Volúmenes de lechada y tiempo de espesamiento,
- Caudal de bombeo y densidades equivalentes de circulación.

Algunas de estas condiciones pueden ser controladas y acondicionadas para obtener mejores resultados y otras no pueden ser modificadas. Con el objeto de conocer cómo será el comportamiento de la mezcla de cemento sera necesario hacer pruebas de laboratorio. La simulación de estas condiciones, nos lleva a la utilización de ciertos aditivos para hacer que las propiedades de la lechada sean las más adecuadas de acuerdo a las características del pozo y para que el trabajo sea exitoso. Normalmente las características que se pueden variar son la densidad, pérdidas de filtrado, agua libre, esfuerzo a la compresión y tiempo de bombeabilidad. Cabe destacar que las pruebas de laboratorio si bien nos dan una idea de como realizar la mezcla de la lechada siempre está sujeta a cambios en la locación, debido a imprevistos que siempre se presentan.

Las pruebas se realizan en diversos equipos dependiendo de la característica a medir, es así como para medir el tiempo de bombeabilidad se utiliza el consistómetro presurizado el cual lleva a la muestra desde una temperatura ambiente y presión de 500 psi hasta la temperatura y presión de fondo midiendo el tiempo que la muestra se tarda en fraguar.

Otra de las pruebas que se corre es la de viscosidad, para ello nos ayudamos del viscosímetro Fann, se la mide a una temperatura de fondo y de superficie, aunque los

cálculos sean hechos a la temperatura de fondo, se toma también los datos a temperatura de superficie para evitar problemáticas de viscosidad al inicio del bombeo.

La resistencia a la compresión se realiza de acuerdo a las especificaciones del **API**, construyendo cubos de cemento de 2"x 2" y curado en agua a la presión especificada en la norma. Una vez que los cubos han fraguado y curado se lo coloca en una prensa hidráulica para determinar la resistencia a la compresión. Otras técnicas más modernas utilizan un analizador ultrasónico de cemento en una prueba no destructiva que utiliza un instrumento para monitorear el desarrollo de la resistencia a la compresión, el aparato mide la diferencia del tiempo entre ser emitido y recibido un pulso ultrasónico a través de la celda de prueba que se convierte en valores de resistencia a la compresión.

Para medir las pérdidas de filtrado se utiliza el medidor de filtrado o lo que se denomina filtro prensa; el mismo que contiene un soporte, un cilindro y una malla No. **325** soportada por una malla 60. El **API** ha especificado un ensayo para medir la filtración en 30 minutos con 1000 Psi de presión; previamente la muestra debe ser llevada a condiciones de temperatura de fondo de pozo, por medio del consistómetro atmosférico. Un valor óptimo de pérdida de filtrado en 30 minutos y 1000 Psi. de presión es 100 cc.

-CEMENTACIONES TÍPICAS EN EL ORIENTE ECUATORIANO

Desde los primeros años de exploración y explotación petrolera en nuestro país han existido muchos cambios en cuanto a las técnicas empleadas. En un inicio la utilización de torres de perforación a vapor “perforando” por percusión era algo **muy** comun al igual que lo eran las torres fijas y la no utilización del BOP mientras se perforaba. En cuanto a las cementaciones, los equipos de superficie y subsuelo han sufrido ciertas modificaciones, al igual que se incrementarían los tipos de aditivos. Fue James Halliburton el cual incorporó la cementación en la industria petrolera, mediante la utilización de máquinas a vapor. En un comienzo la cementación consistía sólo en la utilización del cemento, sin ningún tipo de aditivos adicionales, (años más tarde se utilizaría el gel, luego retardadores y demás aditivos) y se realizaba por el anular. El cemento en muchas de las ocasiones era llevado a la locación en sacos y en ese momento sacado y mezclado a mano.

Poco a poco fueron apareciendo primero especies de recipientes rectangulares donde se almacenaba el cemento, luego aparecerían los silos, las bombas reemplazarían al equipo de vapor y los tapones de goma a los de madera; pero aun las pruebas de laboratorio casi no se conocían y los pocos aditivos que se utilizaban se hacía en proporciones muy subjetivas, por medio de tablas donde se especificaba el porcentaje a usar y el valor a la resistencia a la compresión que se obtendría, y dependiendo del

aditivo se elegía la proporción del mismo a usar. Siendo esta la causa principal para que se produzca la degradación del cemento y la consecuente corrosión de la tubería en corto tiempo..

En cuanto al tipo de flujo usado en una cementación; en un inicio fue del tipo de flujo tapón, pero después de análisis y cálculos realizados en laboratorio se decidió por la utilización del flujo turbulento. Es de mencionar también el hecho del espacio a cementarse; en el pasado solo se consideraba la ubicación del cemento hasta 500 pies por encima de la arena productora mas superior, luego, el efecto de corrosión al que estaba expuesta el resto de tubería ,obligó a considerar la necesidad de cementar el resto de la tubería que podría verse también afectada, hasta unos 200 pies por encima de la zapata guía más superior. Hoy en día es muy común las cementaciones en varias etapas. En realidad no se han dado cambios sustanciales en cuanto las cementaciones, se han añadido equipos de superficie, camiones, instrumentos de mezcla del cemento, instrumentos de medición de algunas de las características de la lechada más modernos.

CAPÍTULO 1

PLANIFICACION DE UN TRABAJO DE CEMENTACION

Coordinación de actividades en el desarrollo de la operación

Para asegurar una planificación apropiada del trabajo y diseño de lechada, es esencial que exista comunicación y cooperación entre los ingenieros de perforación, de servicio y la compañía operadora, en otras palabras debe integrarse un trabajo de equipo.

Generalmente los primeros encuentros se llevan a cabo pocas semanas antes de realizarse el trabajo con el fin de revisar el diseño de la lechada, planear la mezcla y bombeo de la misma y una semana antes del trabajo se reúnen todos los participantes (compañía de servicio, de perforación y operadora) para revisar la operación de cementación. Otros aspectos que se deben considerar en la planeación del trabajo incluye el equipo de subsuelo a utilizarse para la cementación, la geometría del pozo,

las características de la formación, la profundidad y gradientes tanto de temperatura como de presión, etc. Esta información es proporcionada por las compañías sean estas de servicios u operadoras y datos adicionales se obtiene en la locacibn antes de cada operación.

La planeacibn de este trabajo comienza desde el diseño de la lechada continuando con la combinación de materiales a granel, mezcla de la lechada, preparación del pozo y bombeo de la lechada, debiéndose prestar atención en cada area ya que el procedimiento puede cambiar.

1.1 EQUIPOS Y MATERIALES COMUNMENTE USADOS

1.1.1 TIPOS DE TUBERÍA DE REVESTIMIENTO

“Casing” Conductor.- Su diámetro es de 16” a 30” aproximadamente y de 30 pies de longitud por tubo, se lo utiliza en pozos de 40 a 1500 pies de profundidad. Se cementan con lechadas de alta resistencia y de fragiie muy rápido (Cementos clase **A**, **C**, **G** o **H** mis aceleradores). Su función es la de estabilizar y proteger la base del equipo de perforación, mantener las formaciones no consolidadas, prevenir el flujo de agua y de pérdidas de circulación.

“Casing” Superficial.- De 7” a 16” de diámetro y se coloca desde superficie hasta 4500 pies de profundidad. Igual que el “casing” conductor en lo que respecta a cementos. Cumplen varias funciones, algunas de las cuales son similares a la del “casing” conductor, pero las dos más importantes son: Servir de conexión de la válvula BOP y cabeza de pozo, soportar el casing más profundo y la sarta de “tubing”. Debido a la importancia de estas dos funciones se deben tener en cuenta para la selección de tipos de lechada, cementos, aditivos, etc.

“Casing” Intermedio.- De 7” a 11¾” de diámetro. Se utilizan cementos clases A, C, G, H. Este “casing” cumple con las siguientes funciones: Prevenir el ensanchamiento o alargamiento del agujero, proteger la sarta de perforación de zonas pegajosas y la sarta de producción de la corrosión. Prevenir las pérdidas de circulación.

“Casing” de Producción.- De 2 3/8 “ a 9 3/8 “ de diámetro, se extiende desde la superficie hasta debajo de las zonas de producción y es la que permite realizar operaciones para la puesta en producción del pozo. Los cementos deben ser diseñados para controlar la presión hidrostática. El “casing” más profundo se cementará con cemento de alta consistencia. Entre las funciones que cumple se halla la de proteger el agujero durante la vida del pozo, aislar y prevenir la

migración de los fluidos, controlar el pozo si el “tubing” falla, proteger los equipos dentro del pozo, permite la producción selectiva de gas o petróleo.

“Liners”.- De 5” a 7” de diámetro, cumple la misma función que el casing de producción. Consiste en entubar una sarta de “casing” en la fracción de pozo abierto perforado y colgarlo del último “casing” instalado, esto conlleva a una reducción de costos y consideraciones en el momento de diseñar la lechada para su cementación.

1.1.2 ADITIVOS DE CEMENTOS.

Durante el desarrollo de cementaciones primarias las lechadas de cemento tienen que ser diseñadas con propiedades específicas para cada pozo y los aditivos pueden ser mezclados en las plantas de “bulk” para obtener una distribución homogénea. La mayoría de aditivos pueden ser adicionados al agua si las facilidades de mezclar en “bulk” no son viables.

Los aditivos se utilizan para:

- Variar la densidad de la lechada de 10.8 a 20 lb/gal
- Incrementar o disminuir la resistencia a la compresión.
- Acelerar o retardar el tiempo de espesamiento

- Controlar la tasa de filtración
- Reducir la viscosidad de la lechada
- Incrementar la resistencia a los fluidos corrosivos
- En formaciones no consolidadas para controlar las pérdidas de circulación.

A continuación presentamos los aditivos mas utilizados en las cementaciones.

1.1.2.1 ACELERADORES DE CEMENTOS

Los aceleradores de cemento acortan el tiempo de espesamiento en pozos de baja temperatura. Los cementos con aceleradores pueden desarrollar una resistencia a la compresión de 500 psi hasta en 4 horas, lo cual puede representar una disminución significativa en el costo del taladro así también para acortar los tiempos del WOC (tiempo de espera del fraguado).

A continuación presentamos algunos de los aceleradores que se usan, sus funciones, rangos normales y efectos secundarios :

Cloruro de calcio.- Se lo puede utilizar con todos las clases de cementos API por un material higroscópico que usualmente se utiliza en pozos de baja temperatura, disminuye el tiempo de espesamiento y acortando el tiempo WOC.

Cloruro de sodio.- Se lo puede utilizar en lugar del cloruro de calcio, teniendo la particularidad de poder ser utilizado como dispersante y que a altas concentraciones actúe como retardador, aumentando el tiempo de espesamiento e incrementando la densidad de la lechada. Este aditivo minimiza el daño en las zonas sensitivas al agua fresca, ayudando a la adherencia del cemento en las formaciones lutíticas y bentoníticas. Se lo puede mezclar en seco con el cemento y en agua .

Agua salada.- Se utiliza en áreas costeras por su disponibilidad y costo, disminuye el tiempo de espesamiento e incrementa tanto la densidad como las pérdidas de agua en la lechada.

1.1.2.2 ADITIVOS DE PERDIDAS DE CIRCULACION

Se conoce como pérdida de circulación a la condición que ocurre durante el proceso de perforación o completación de un pozo en el cual el fluido de retorno disminuye considerablemente. Esto no debe confundirse con pérdidas de filtrado.

Existen 3 tipos de formaciones que necesitan este tipo de aditivos:

- Formaciones altamente permeables.- Por lo general presentan una pérdida gradual de fluido.

- Formaciones fracturadas, que son el resultado de la elevada presión hidrostática que soportan, ocurriendo una rápida y completa pérdida de circulación.

- Formaciones Cavernosas.- Como su nombre lo indica son formaciones que contienen un gran número de cavidades causadas por la acción erosiva de aguas subterráneas, ocasionando una rápida y completa pérdida de circulación, la misma que se agrava si las cavidades son muy grandes.

Los aditivos tienen como función primordial bloquear momentáneamente el espacio poroso o permeable de la formación, lo que se logra reduciendo la densidad de la lechada y añadiendo material sellante. Entre los principales están:

Gilsonita.- Este aditivo a más de controlar las pérdidas de circulación, tiene como características incrementar el volumen de la lechada y disminuir su peso, aumentando además el rendimiento por saco. Se lo utiliza para trabajos de “squeeze” siendo un buen agente sellador.

Mica

Kol Seal

1.1.2.3 RETARDADORES

Se conoce como retardador a químicos que extienden el tiempo de espesamiento del cemento. Existen 2 factores principales que deben ser considerados al seleccionar un retardador: la naturaleza química del retardador y la fase cemento (silicato o aluminio) sobre la cual el retardador actuara.

Lignosulfactantes .- Los más comúnmente usados son las sales de Sodio y Calcio de ácidos lignosulfónicos. Los lignosulfactantes son polímeros derivados de la pulpa de la madera. Su efecto retardante es casi siempre atribuido a la presencia de un bajo peso molecular de los carbohidratos.

Los lignosulfactantes son efectivos con cemento Portland, en concentraciones de 0.1% a 1.5%, y en un rango de temperatura de 250°F - 600°F.

Derivados de la celulosa.- El más comúnmente usado es el CMHEC, efectivo para temperaturas promedio de 250°F. Sin embargo también se utiliza como agente de control de pérdida de fluido y en mayor concentración aumenta la viscosidad de la lechada.

1.1.2.4 EXTENDEDORES

Cumplen 2 funciones básicas:

- Reduce la densidad de la lechada: Esto provoca una disminución en la presión hidrostática durante la cementación, ayudando a prevenir pérdidas de circulación por colapso de formaciones dkbiles.
- Incrementa el rendimiento de la lechada, puesto que reduce la cantidad de cemento requerido para producir un volumen dado, resultando muy económico.

Los extendedores pueden ser clasificados dentro de 3 categorías dependiendo de los mecanismos de reducción de densidad y aumento del rendimiento, siendo las mismas:

Extendedores de agua.- Los extendedores tales como arcillas o agentes viscosificantes de agua permiten la adición mayormente de agua para lograr la “extensión” de la lechada, manteniendo homogknea la misma y evitando el desarrollo de agua libre.

Agregados de baja densidad.- Su propósito es el de disminuir la densidad de la lechada. La densidad de estos materiales son menores a la del cemento Portland (3.15 g/cc).

Extendedores gaseosos.- Pertenecen a este tipo el aire y el nitrógeno, dándole al cemento muy bajas densidades y un esfuerzo a la compresión suficiente.

Ejemplos de extendedores son:

Bentonita.- Es la más usada, conocida también como gel. Tiene la propiedad de expandirse cuando entra en contacto con el agua, resultando una mayor viscosidad del fluido, resistencia de gel y sólidos en suspensión.

Silicato de sodio.- La mayor ventaja es su eficiencia, almacenamiento y facilidad de manejo. Reduce la efectividad de otros aditivos, en particular, los retardadores, y agentes de pérdidas de fluido.

Gilsonita.- Usada casi siempre para prevenir pérdidas de circulación. No es recomendada en pozos con temperatura estática de fondo sobre los 300°F.

Silica.- Usada para prevenir el esfuerzo de retrogradación del cemento. Mejora el control de pérdida de fluidos, reduciendo la permeabilidad de la costra filtrada de cemento.

Generalmente más de un tipo de extendedor es usado en la misma lechada.

1.1.2.5 AGENTES DE PESO

Para pozos de alta presión de poro, con formaciones no consolidadas y plásticas, se necesita una mayor presión hidrostática para controlarlo usándose para ello un lodo con densidades de 18 lb/gal, por lo tanto la lechada de cemento debe ser de igual o mayor densidad. Para incrementar la densidad de la lechada de cemento simplemente se reduce la cantidad de agua de mezcla, **pero** debe adicionarse un dispersante para mantener la bombeabilidad. La principal desventaja de los agentes de peso es la dificultad de alcanzar un buen control de pérdidas de fluidos, una reología aceptable y el no asentamiento de sólidos. Si ocurre asentamiento de sólidos el esfuerzo a la compresión y adherencia no será uniforme a través del intervalo cementado.

La máxima densidad de lechada de cemento es de 18 lb/gal. Si se necesita mayor densidad deberá agregarse materiales con una alta gravedad

especifica los cuales deben cumplir con ciertos requisitos como: la distribución del tamaño de partícula del material debe ser compatible con el cemento, el requerimiento de agua debe ser bajo, ser inerte con respecto a la hidratación del cemento y compatible con otros aditivos.

Ejemplos de agentes pesantes son:

Limonita (SG=4.45). Afecta un poco al tiempo de espesamiento de la lechada de cemento y desarrollo del esfuerzo a la compresión. La viscosidad de la lechada debe ser cuidadosamente ajustada para prevenir sedimentación. Con la limonita pueden alcanzarse densidades mayores a 20 lb./gal.

Hematita (SG= 4.95). Es muy eficiente como agente de peso. A altas concentraciones de Hematita, y es necesario añadir un dispersante para prevenir altas viscosidades. Generalmente se usa para preparar lechadas hasta 19 lb./ gal., aunque también pueden prepararse lechadas con densidades tan altas como 22 lb./gal.

Barita.- Agente de peso menos eficiente que la limonita y hematita. Con altas gravedades específicas al adicionarle agua disminuye la efectividad como densificador, disminuyendo además el esfuerzo a la compresión del cemento.

No obstante, lechadas con densidades hasta de 19 lb./ gal. pueden ser preparadas con barita.

1.1.2.6 AGENTES DE CONTROL DE PERDIDAS DE FLUIDOS

Los agentes de pérdidas de fluido reducen el filtrado reduciendo la permeabilidad de la capa de cemento sólido que es depositado en la cara del pozo y/o aumentando la viscosidad de la fase acuosa.

Existen 2 clases de aditivos de pérdida de fluidos:

Materiales particulares.- Dentro de esta clasificación se encuentra la bentonita, la cual por su pequeño tamaño de grano puede penetrar la costra de filtrado y colocarse entre las partículas de cemento. Como resultado la permeabilidad de la costra de filtrado decrece. Otro ejemplo son los latex como el polivinil acetato, y el vilivinil cloruro que esth limitado para temperaturas bajo los 122°F.

Polimeros solubles en agua.- En términos generales ellos operan simulthneamente incrementando la viscosidad de la fase acuosa y

disminuyendo la permeabilidad de la costra de filtrado. La viscosidad de una solución de polímeros depende de la concentración y del peso molecular.

1.1.2.7 DISPERSANTES

Este tipo de aditivo es usado cuando se tienen viscosidades de lechada muy bajas, lo cual traería como consecuencia problemas para alcanzar el tipo de flujo deseado a bajas tasas de bombeo.

CD-31 .- Es un dispersante de alto peso molecular, que proporciona características para flujo turbulento a bajas tasas de bombeo. Ayuda también en el control de pérdidas de fluido.

CD-32 .- Es un dispersante surfactante mejorado y ayuda en el control de pérdidas de fluido. Proporciona características de flujo turbulento a bajas tasas de bombeo.

1.1.2.8 ANTIESPUMANTES

Su función es la de evitar la formación de espuma durante la preparación de la lechada de cemento en la locación del pozo, que se formaría por el ingreso de

aire a la lechada de cemento o agua durante el mezclado de los diferentes componentes de la misma, ya sea en la centrifuga o en la convencional (mezcladoras). Los principales son:

FP-9L .- Surfactante liquido: Ayuda a prevenir la presencia de espuma durante el espesamiento de lechadas de cemento y agua, con aditivos prehidratados. Proporciona un control de densidad y mezclabilidad por la reducción de espuma.

FP-8 .- “Ligth brown powder”, se lo puede mezclar en seco para reducir la entrada de aire a la lechada.

1.1.3 CEMENTOS

1.1.3.1 ELABORACION DE CEMENTOS

La materia prima utilizada en la fabricación de cementos Portland son caliza (carbonato de calcio) y arcillas o esquistos (pizarras cristalinas: cuarzo con mica, clorita o talco). El hierro y la alumina se agregan frecuentemente cuando no están presentes en las calizas o arcillas.

Estos materiales se mezclan juntos, ya sea por vía húmeda o seca, y luego se introducen en un horno rotativo que funde la mezcla de caliza a temperaturas de 2600°F a 3000°F en un material llamado “clinker” del cemento.

Luego del enfriamiento y el clinker se pulveriza y se mezcla con pequeñas cantidades de yeso, que es lo que controla el tiempo de fragüe final del cemento.

1.1.3.2 CLASIFICACION DE LOS CEMENTOS.

Los cementos portland son fabricados de tal manera que puedan hacer frente a ciertas normas físicas y químicas que dependan de sus aplicaciones. En los Estados Unidos De Norteamérica hay varios institutos que estudian y dictan especificaciones para la fabricación del cemento portland. El API (American Petroleum Institute) se encarga de dictar las normas y especificaciones de los cementos utilizados solamente en pozos petrolíferos y gasíferos.

Clasificación API : La industria petrolera adquiere cementos elaborados predominantemente según las especificaciones del API, tal como se publica en la Norma API Standards 10 A., la misma que provee las especificaciones de 9

clases de cementos para pozos petrolíferos, designadas como Clases A, B, C, D, E, F, G, H y J.

A continuación se describen las clases de cementos comúnmente usados en las cementaciones en el país.

Clase A: Apropiado para ser usado desde superficie hasta 6000' de profundidad, cuando no se requieren propiedades especiales. Disponible solo en el tipo ordinario de resistencia a los sulfatos.

Clase G: Apropiado para ser usado como un cemento básico desde superficie hasta 8000' de profundidad como está elaborado, o puede ser usado con aceleradores y retardadores para cubrir un amplio rango de profundidades y temperaturas de pozos. No se agregaran otros aditivos más que el sulfato de calcio o agua, o ambos, que deberán ser molidos o mezclados con el clinker durante la fabricación del cemento clase G. Disponible en los tipos de moderada y alta resistencia a los sulfatos.

Clase H: Apropiado para ser usado como un cemento básico desde superficie hasta 8000' de profundidad, tal como está elaborado, o puede ser usado con aceleradores y retardadores para cubrir un amplio rango de profundidades y

temperaturas de pozos. No se agregaran otros aditivos mas que el sulfato de calcio o agua, o ambos, que deberán ser molidos o mezclados con el clinker durante la fabricación del cemento clase H. Disponible en los tipos de moderada y alta resistencia a los sulfatos.

Los limites de profundidad están basados en las condiciones impuestas por los ensayos de simulacibn de cementación en cañerías de aislación y deberan ser considerados como valores aproximados.

1.1.4 EQUIPOS

Los equipos que se utilizan durante una operacibn de cementación primaria convencional se los puede clasificar en dos grupos : equipos de superficie y equipos de subsuelo.

1.1.4.1 EQUIPOS DE SUPERFICIE. (fig # 1.1.4.1)

Los equipos de superficie son los que preparan la lechada a ser bombeada. Se encargan de mezclar, controlar el peso y de bombear correctamente la lechada.

A continuación presentamos una breve descripción de algunos equipos superficiales que se usan generalmente en las operaciones de cementación.

Equipo de mezclado.- Para la mayoría de las operaciones, el mezclado del jet proporcionará una mezcla uniforme de la lechada. El mezclado ajet induce un vacío parcial en la garganta (venturi) que arrastra así el cemento. Un chorro a turbulencia proporciona un mezclado completo. Este tipo de mezclador es simple, confiable y resistente al trabajo.

Una de las desventajas de los mezcladores ajet de alta presión es que las dos bombas del equipo trabajan durante la operación: una mezcla y la otra bombea.

Equipos de mezcla especiales son a veces requeridos para cementos de altas densidades, altas viscosidades y trabajos críticos con composición precisa y mezclando todos los aditivos, tal como los liners y cementaciones a presión.

Métodos de Mezclado: Son obtenibles a través de las Cias de Servicios utilizando una variedad de principios de mezclado

Los dos tipos básicos son: el **continuo** y el **“batch”**.

El continuo es logrado con procesos de mezclado a través de : Acción de remolino o turbulencia, recirculación, turbulencia por jet o alguna

combinación de estas acciones. Tubos de mayor diámetro de mezclado de lechadas tienden a mejorar la uniformidad de la misma.

El mezclado en seco es logrado con métodos “batch” a través del uso de: impulsores de mezcladores, mezcladores a paleta, blenders o sinfín, mezcladores neumáticos y rotación de cemento.

Una limitación de una unidad “batch” es la cantidad de cemento a mezclar. Sin embargo, varios tipos de unidades “batch” pueden ser combinadas para proveer una operación continua en grandes trabajos. El mezclado por batch proporciona una lechada más exacta y mejor mezclado de todos los componentes. **Unidades de batch y continuas también pueden ser combinadas en serie.**

Control de densidad : Las mediciones de densidad son usadas para controlar la operación de mezclado. Las variaciones de la lechada durante un trabajo pueden resultar por, el mezclado no uniforme de los componentes secos, cambios en la relación agua-cemento, entrada de aire a la muestra o una combinación de estas posibilidades. La densidad es medida con muestras en balanzas o continuamente con mecanismos radiactivos o en tubo U balanceado.

La densidad es generalmente obtenida con una balanza de lodo standard API. Este mecanismo es rápido, simple, fácil de usar y da valores razonablemente correctos cuando se toman las debidas precauciones.

1.1.4.2 EQUIPOS DE SUBSUELO. (fig # 1.1.4.2)

Los equipos que se utilizan generalmente son: zapatos guías, collares flotadores, tapón inferior (fondo) y superior (tope), cabezal de cementación, centralizadores, raspadores recíprocos o rotativos, dispositivos de doble etapa, “packers” externos de “casing”, canastas de metal y otros equipos especializados. A continuación se presenta una breve descripción de los más comunes.

Zapatos guías y Collares flotadores.- El zapato (redondo) es un equipo que va enroscado en el tubo inferior de la sarta de “casing” y su función es la de guiar al “casing” o pasar las irregularidades del borde del pozo encontradas mientras se baja el “casing”. Se utilizan generalmente tres tipos de zapatos: Guía (sin válvulas de ninguna clase), flotadores y diferencial o automáticos.

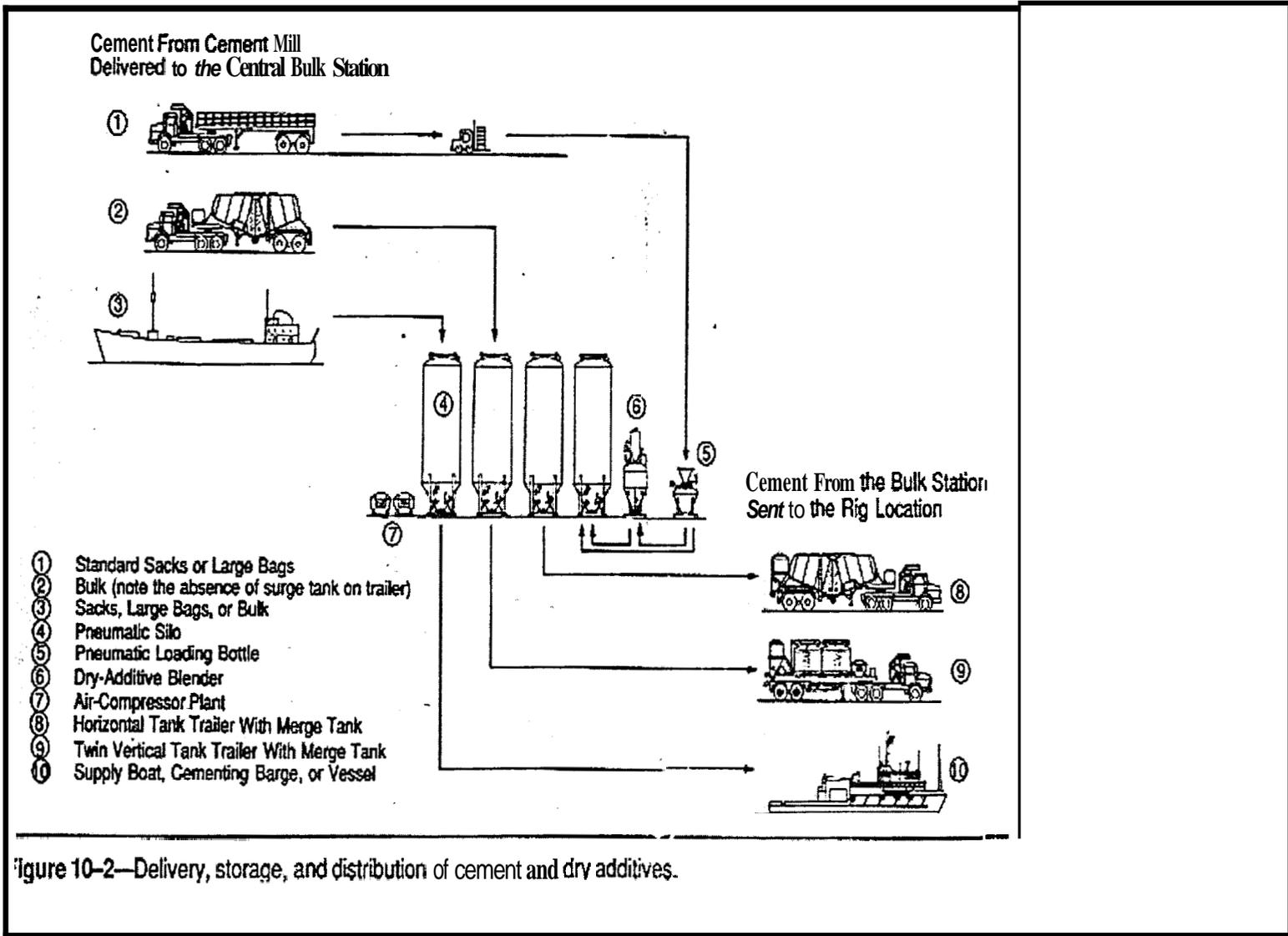


Figure 10-2—Delivery, storage, and distribution of cement and dry additives.

Los collares poseen básicamente las mismas cualidades que los zapatos. Son conocidos comúnmente como “collares baffles” (sin válvula), collares flotadores y diferenciales o de llenado automático. Están ubicados junto o más arriba del zapato, el collar, además de las funciones de llenado y de flotabilidad actúa como el asiento para los tapones de cementación (fondo y tope). Ya que el cemento inmediato debajo del tapón de tope puede estar contaminado el collar debe ser ubicado para minimizar la cantidad de cemento bombeado afuera del casing, alrededor del zapato.

Tapones - Cabezal de cementación.- Se utilizan tapones para separar el cemento del resto de fluidos, eliminando también el lodo de la pared del casing evitando la acumulación de lodo debajo del tapón superior, que se deposita alrededor de los últimos tubos de “casing.

Luego de alcanzar el fondo el diafragma del tapón inferior se rompe y el cemento se desplaza fuera del borde de la tubería y alrededor del casing. El tapón superior asienta sobre el tapón inferior o el collar flotador, luego de ser desplazado al fondo y cierra el paso de **flujo**.

El cabezal de cementación es un dispositivo mecánico que alojan uno o dos tapones en su interior, los cuales mediante un juego de válvulas (manifold) son

desplazados al interior de la “casing” antes y después de la lechada de cemento respectivamente. Cuando se utiliza el sistema de doble tapón, es necesario verificar que el tapón inferior sea ubicado correctamente en la posición inferior del cabezal de cementación. El tapón superior es bombeado fuera de la cabeza de cementación con el fluido de desplazamiento, después de la lechada de cemento.

Centralizadores.- Los objetivos que se persiguen con la utilización de centralizadores de casing son: mejorar la eficiencia de desplazamiento, prevenir el aprisionamiento por presión diferencial y evitar que el casing quede asentado en cavidades. Los tipos de centralizadores más comunes son los rígidos y a resorte.

Las consideraciones importantes de diseño son: posición, método de instalación y distancia.

La ubicación de los centralizadores en el “casing” de producción es: uno arriba del zapato y uno arriba de las cuplas de los 6 últimos tubos de fondo. Deben ser ubicados en cada cupla a través de las zonas productivas y extender 100’ por encima (y hacia abajo si es aplicable). Otros problemas potenciales de

zonas de asiento de cavidad, áreas de aprisionamiento, etc., también deben ser protegidas con centralizadores.

Cuando se realiza una cementación en etapas los centralizadores deben ser espaciados sobre el intervalo cementado por encima del dispositivo de etapas y una junta por debajo, ya que no existe movimiento de tuberías en tales trabajos. Cuando se utiliza “packer” externo éste actúa como centralizador uniforme.

Raspadores.- Se utilizan principalmente para eliminar el revoque del pozo y también ayudan a romper el lodo gelificado. Hay recíprocos y rotativos.

Los tipos de rascadores recíprocos son ubicados a través de la zona de interés más 20' por arriba y debajo. Son distanciados en intervalos de 5' a 15' a través de la zona más un adicional de 20' por arriba y debajo. Cuando se reciproca, el movimiento vertical del casing debe exceder la distancia entre estos, para que cumplan con los objetivos deseados. Si no se planea movimiento de tubería, no deben bajarse estos mecanismos.

Dispositivos de etapas.- Además de su utilización en cementaciones, también pueden ser usados para ubicar fluidos especiales en las partes superiores del

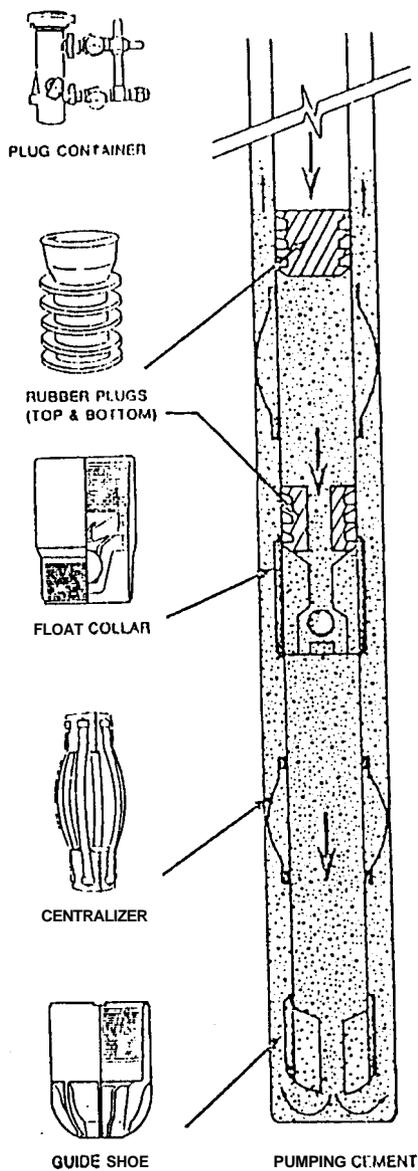


Fig. 48—Main equipment components of a typical primary cement job in a moderate depth well where additional accessories such as scratchers, slugs collars, etc. are not required.

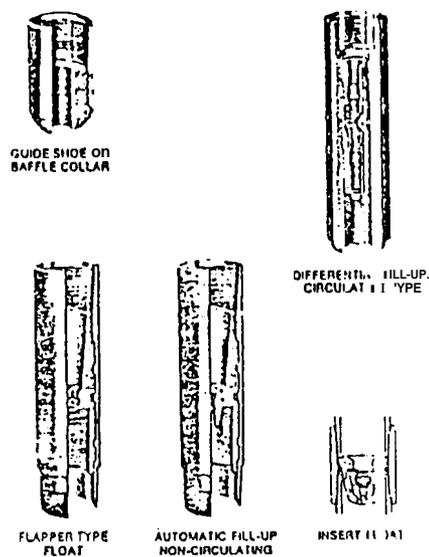


Fig. 49—Examples of commonly used shoes and collars. Two fill-up devices are shown, the differential shoe collar allows circulation while running pipe. With orifice type automatic fill-up device, high circulation rate shears the orifice retainer, converting float to flapper type float. Insert float fits in casing collar recess between joints. (Courtesy Bell and Howell)

Fig # 1.1.4.2

EQUIPOS DE SUBSUELO PARA CEMENTACIONES POR ETAPAS

“casing” para protección contra el congelamiento, corrosión o movimiento de fallas. Estos pueden ser abiertos y cerrados repetidamente. El dispositivo contiene orificios que inicialmente están aislados por camisas corredizas, que pueden ser movidas hacia abajo con un torpedo especial o un tapón.

El dispositivo de etapas es usado en combinación con: “baffles” especiales para atrapar el tapón, torpedo abridor de orificios y tapones de cierre. Cuando se usan estos dispositivos, generalmente se instala un packer externo o canasta de metal debajo del dispositivo.

Una de las desventajas del dispositivo de etapas es que el casing no puede ser movido (reciprocado o rotado) luego de que la primera etapa ha fraguado. Esto incrementa la posibilidad de canalización y una incompleta eliminación del lodo

Packers externos para “casing”.- Pueden ser de caucho sólido o inflables y se utilizan en cementaciones primarias para reducir costos con operaciones de reparación. Es usado frecuentemente en lugar de la canasta de metal donde se requiere un control positivo. También ayudan a centralizar el “casing”.

Canastas de cemento.- Se instalan en el exterior del “casing”. Ayudan a soportar algo de la presión hidrostática producida por la lechada de cemento hasta que esta fragüe y a mejorar el control de la ubicación del cemento en el espacio anular.

Constan de una camisa de lona soportada por varillas de acero. Filtra los sólidos del cemento que pueden obturar el espacio anular y debe recorrer la longitud completa de un tubo de “casing”. Se utiliza en:

- Arriba de las zonas débiles que pueden fracturarse debido a la presión hidrostática de la lechada
- Para cementar el “casing” a través de un tramo con zapato y darle un soporte adicional a la columna de cemento.

1.1.5 “LINERS”

Se conoce como “liner” a una sección del “casing” que es utilizada para sellar un pozo abierto por debajo de una cañería existente y que no llega a superficie. Entre sus principales ventajas se encuentra: controlar el pozo, rápida instalación

y menor costo inicial del “casing” ya que se puede correr pruebas a la zona u horizonte de producción sin usar una sarta completa.

Se deben tener ciertas consideraciones en la cementación de “liners” debido a que el espacio libre anular entre “casing-liner” es muy pequeño lo que causa mayores pérdidas de presión durante la circulación y la colocación del cemento podría ocasionar pérdidas de circulación.

Los caudales de bombeo son restringidos para prevenir fracturamiento y las posibilidades de contaminación lodo-cemento aumentan si esto ocurre puede aumentar la viscosidad en la interface produciéndose incremento de caídas de presión en el anular y si se aumenta la presión de bombeo puede fracturar las zonas débiles.

1.1.5.1 TIPOS DE “LINERS”:

“Liners” de Perforación.- Usados para permitir perforaciones de pozos profundos, aislando zonas de pérdida de filtrado o altamente presurizadas. Controlan además problemas de derrumbe y mejora la hidráulica de perforación.

“Liners” de Producción.- Proporciona aislamiento y soporte cuando el “casing” es bajado sobre la zona de producción.

“Tie-back stub liner”.- Se extiende desde el tope del liner hasta un punto del “casing” o “liner” más superior. Se lo utiliza para reparar daño del “casing” por encima de un “liner” ya existente y para proporcionar protección adicional contra la corrosión y presión.

“Tie-back casing”.- Se lo usa para extender el “liner” hasta la cabeza del pozo y por las mismas razones que el anterior. Bajar este tipo de “liner” al final de una operación de perforación asegura la protección del “casing” sin daño.

1.1.5.2 EQUIPOS DE “LINERS”. (fig # 1.1.5.2)

Zapato flotador.- Localizado en el fondo del “liner” y contiene una válvula “check” que impide el retorno del cemento. Puede bajarse junto a un collar flotador para asegurar el no retorno del cemento al “liner” una vez que la lechada es desplazada.

Collar asiento o “Landing collar”.- Se lo coloca 1 tubo por arriba del collar flotador o 2 tubos por arriba del zapato para proveer el espacio suficiente para el cemento contaminado con lodo dentro del liner. Su función es la de recibir y sellar el tapón fusible “wiper plug” del “liner” (inferior) evitando si la válvula “check” falla el movimiento del “wiper plug” o el movimiento de rotación cuando se esté reperforando.

La longitud del “liner” deberá ser escogida de manera que a través del pozo sobrepase de 50 a 500 pies el espacio existente entre “casing” y “liner”. Esta longitud de sobrepaso varía de acuerdo a las aplicaciones y a los operadores.

El sobrepaso deberá ubicar al colgador por arriba de cualquier espacio débil del “casing”. Cuando se quiere aislar zonas de alta presión detrás de liners, para proporcionar mayor volumen de cemento en el anillo entre “casing” y “liner” se utilizan sobrepasos largos. Todos los “liners” a cementar deben estar suspendidos de las cuñas o mordazas en el casing existente o en el “liner” de perforación.

Colgador de “liner”.- Instalado en el tope del “liner”. Se clasifican de acuerdo al mecanismo de fijación de las mordazas contra las paredes del “casing” en 2 tipos: mecánico e hidráulico. El colgador mecánico se fija con

ayuda de la barra de sondeo mediante movimiento rotacional y/o recíprocante. Los colgadores hidráulicos se fijan hidráulicamente mediante un leve movimiento descendente. Las mordazas de este tipo de colgador son llevadas a su lugar por efecto de la presión diferencial. Debido a estas mordazas se reduce el espacio de circulación, creando una mayor pérdida de presión durante la circulación y cementación; es por esto que los colgadores son sostenidos con mordazas separadas múltiples que incrementan el área de circulación y de adherencia o contacto, usándose principalmente en “liners” largos donde la resistencia de la formación es menor.

Herramienta fijadora de “liner”.- Provee la conexión entre la barra de sondeo y el “liner”. Copas de pistoneo adheridas al tubo inferior pulido o un elemento de goma para sellar están insertados en el liner para dar un sello entre la herramienta fijadora y el “liner”.

El tubo inferior o tubo pulido (slick joint) es generalmente de 10 a 15 pies de largo. Una vez que el “liner” es colgado se libera la herramienta fijadora y se comprueba elevando una corta distancia, verificando la pérdida de peso en el indicador de peso.

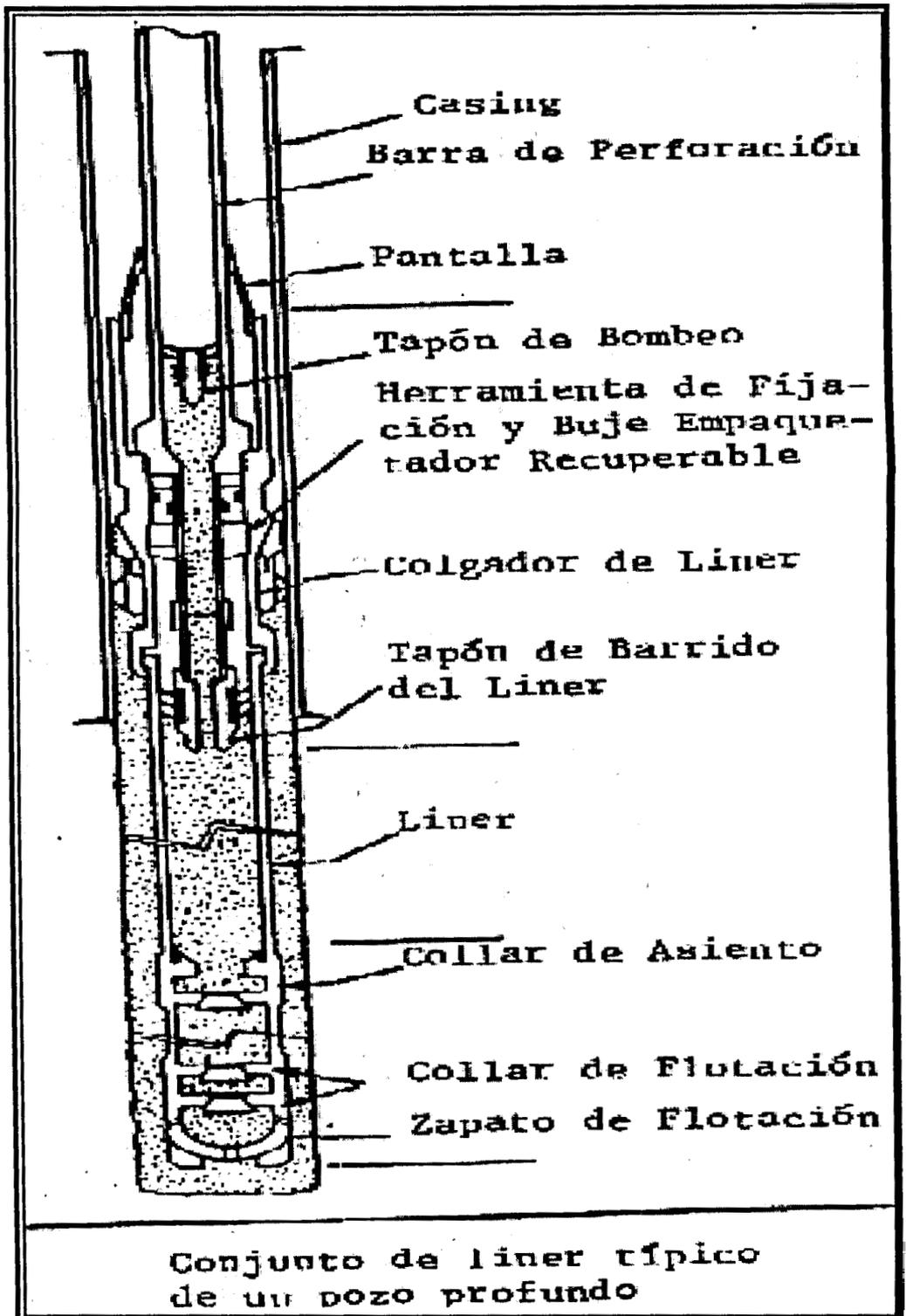


Fig # 1.1.5.2

EQUIPOS DE SUBSUELO PARA CEMENTACION DE LINER

Tapón fusible de “liner” o “wiper plug”.- Se encuentra ubicado al final del tubo inferior o tubo pulido con un perno de corte o pin, el mismo que deberá tener un esfuerzo de corte adecuado con el fin de evitar que se rompa prematuramente y se libere el tapón fusible limpiador (Packoff Bushing) en especial cuando se trabaja con lechadas de alta densidad o cuando se espera una gran caída de presión a través del diámetro interno del tapón fusible .

“Packers” de “liners”.- Ubicados al tope de los “liners”, su finalidad es la de ofrecer un sello entre “liner y casing”. El “packer” de tope puede ser bajado **junto** con el colgador de “liner” y asentado por medio de la herramienta de **bajada** de “liner”, siempre y cuando el espacio entre “casing y packer” sea **suficiente para** circular sin que exista un incremento excesivo en la presión de **retorno** en el **pozo** abierto. El “packer de liner” permite recircular el exceso de **cimento** sin imponer excesiva presión a la formación. No se lo recomienda cuando existe altas presiones de gas.

Los “packers” externos han sido usados para aislar zonas de pozos abierto, que se logra inflándolos luego que el cemento es desplazado y antes de que fragüe.

Este tipo de packer junto con collares hidráulicamente operados son usados en la cementación por etapas.

“Tie-back liner” o “casing”.- Existen ocasiones cuando es necesario extender el “liner” existente hacia arriba con un “tieback stub liner” o hasta superficie con un “tieback casing”. Esto se hace para cubrir algún daño del “casing” sobre el tope del “liner” ya existente, para hacer pruebas selectivas de múltiples zonas, para diseñar el futuro montaje de producción y tamaño del casing de producción, para cementar intervalos problemáticos antes de correr sarta hasta superficie.

Este cuenta con **“tie-back sleeve”**, instalado en el tope del colgador del “liner”, provee un receptáculo para el niple sello, **“tie-back sealing nipple”**, es generalmente pulido de 3 a 6 pies en la superficie del diámetro interno y es biselado en la parte superior para guiar la entrada del niple sello y herramientas.

El niple sello debe llenar la longitud del **“tie-back sleeve”** (camisa) con múltiples elementos sellantes para asegurar un sello efectivo aún con daños en el diámetro interno del receptáculo.

1.2 CONSIDERACIONES PREVIAS A LA CEMENTACIÓN

1.2.1 PRESION DE FRACTURA Y PRESION DE PORO

Para un trabajo exitoso de cementación y perforación resulta necesario conocer ciertas características de la formación, como son: su litología y las presiones de fractura y de poro. Con el fin de evitar pérdidas de circulación resulta necesario conocer **la presión hidrostática** total a la cual se hallan expuestas las formaciones. **La presión de fractura** en el último punto del casing o en una formación débil es **una información útil** para el diseño de la lechada de cemento.

Para propósitos de cementación la presión de fractura está definida como la presión de extensión de fractura, distinguiéndose de la presión de iniciación de fractura, que es mayor por el esfuerzo de tensión al que se encuentra expuesta la roca. En todo caso la presión de extensión de fractura debe ser considerada como la **máxima presión de seguridad** para una cementación.

La presión de fractura se ve afectada o está correlacionada con el esfuerzo de sobrecarga, presión de poro y coeficiente de esfuerzo de **la matriz** y está dada por la siguiente expresión:

$$P_f = P_p + K (S_{ov} - P_p)$$

donde: P_f = Presión de fractura de la formación, psi.

P_p = Presión de poro de la formación, psi.

S_{ov} = Esfuerzo de sobrecarga, psi.

K = Coeficiente de esfuerzo de la matriz, adimensional.

El esfuerzo de sobrecarga está dado por el peso combinado de la roca matriz más los fluidos contenidos en ella (agua, hidrocarburos, etc.) que ejercen presión sobre la formación de interés. El esfuerzo de sobrecarga se obtiene de los registros de densidad de la formación y la presión de poro de las correlaciones empíricas usando los registros de “wire-line” y las presiones de poro medidas para el área perforada. Sin embargo, el coeficiente de esfuerzo de la matriz, K , se obtiene mediante una prueba destructiva (por ejemplo fracturamiento hidráulico o pruebas de control de capacidad de la formación en la parte inferior del “casing” donde la formación fue fracturada) o de datos de pruebas de pérdidas de fluido.

El valor de la presión de fractura es el valor de la presión de extensión de la misma determinada en la prueba destructiva. En algunas ocasiones las relaciones de “Poisson” son usadas en lugar del coeficiente de esfuerzo, sin embargo los valores de relaciones de “Poisson” no están siempre disponibles.

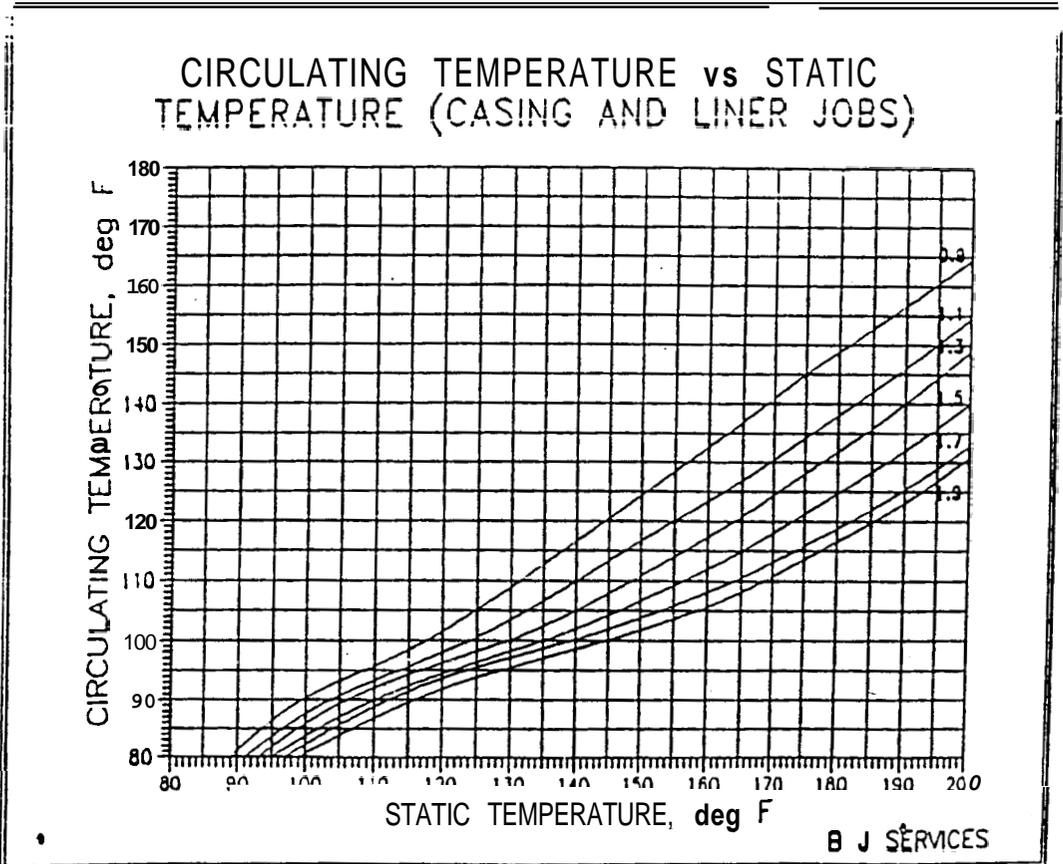
1.2.2 GRADIENTE DE TEMPERATURA. (fig # 1.2.2)

El incremento gradual de temperatura hasta aproximadamente la temperatura de fondo de pozo puede acortar apreciablemente el tiempo de espesamiento. Este factor debe ser considerado cuando se requiere varias horas de bombeo. El API tiene definido una lista de pruebas para cementaciones de pozos de varias profundidades (1000 a 20000 pies) y para varios tipos de trabajos (cementación de casing, liners, squeeze). La mayor diferencia en el tipo de trabajo y por ende en la lista de pruebas son: las tasas de bombeo que van a ser aplicadas, la presión y temperatura ,la máxima presión y temperatura a las que la lechada va a ser expuesta. La máxima temperatura alcanzada durante el trabajo de cementación es la llamada temperatura de circulación.

Es necesario conocer el gradiente de temperatura, es decir la variación de la temperatura cada 100 pies. El promedio de gradientes geotérmicos es de 0.8 a 2.2°F/100'; que se consigue corriendo registros de temperatura durante el acondicionamiento del lodo antes de bajar latuberia. A partir de estos datos se puede obtener la relación entre la temperatura estática -vs- la temperatura de circulación.. En la actualidad existen curvas para los diferentes gradientes de temperatura variando las temperaturas estática y de circulación.



Fig # 1.2.2
 CURVA (TEM CIRCULACION-VS-TEM ESTATICA) PA VARIOS
 GRADIENTES DE TEMPERATURA



1.2.3 AGUA DE MEZCLADO

El agua a utilizarse en la cementación debe ser idealmente un agua libre de productos químicos, materiales inorgánicos, materia orgánica, alkalis y materia contaminante. Por lo general, el agua utilizada es la de zonas acuíferas de poca profundidad del mismo pozo o proveniente de un lugar cercano. El uso en las pruebas de laboratorio del mismo tipo de agua a usarse en la locación para la mezcla de la lechada, radica en que si existen en dicha agua materiales inorgánicos (cloruros, carbonatos, sulfatos, hidróxidos y bicarbonatos) acelerarían el frague del cemento dependiendo de las concentraciones a las que se encuentren. Esto puede ser evitado usando aditivos que contrarresten dicho efecto.

1.2.4 CALIPER

La geometría del pozo es un parámetro importante en el diseño de la lechada del cemento . Si el volumen del cemento es subestimado, el tope del cemento puede ser menor que el deseado lo cual en el caso del “liner” puede resultar en una operación de remediación extremadamente cara. Si el borde del pozo tiene variaciones en el diámetro (cavernas), la velocidad anular a través de la sección

es menor que la velocidad a través de la porción calibrada del hueco. Si la velocidad anular es bastante baja, el lodo y los ripios serán levantados en las cavernas en estado de gel, siendo en consecuencia difícil su reemplazo con cemento. Para evitar este problema el hueco es usualmente registrado para determinar el volumen del cemento a bombear.

Algunas herramientas de “wire-line” puede ser usados para estimar el tamaño del hueco abierto y el volumen anular. Esencialmente 3 tipos de registros de caliper son corridos hoy en día:

- Registros de caliper de 2 brazos.- En huecos redondos la distancia de los dos brazos proveen el diámetro del círculo, si el hueco es ovalado arroja un volumen mayor que el necesario.
- Registros de caliper de 3 brazos.- No hay problemas en un hueco redondo, pero en uno ovalado conduce a un cálculo de volumen muy pequeño.
- Registro de caliper de 4 brazos.- Provee la más acertada representación de la geometría del borde del pozo actual.

es necesario un tipo de flujo turbulento y al mismo tiempo que la viscosidad de los espaciadores y/o preflujos debe ser baja, el movimiento de la tubería y los roces mecánicos para limpieza de las paredes nos ayudan a remover el gel y la costra de lodo . Los parámetros que gobiernan la movilidad del lodo son:

- Pérdida de filtrado de la costra de lodo.
- Punto de cedencia del lodo.

Las siguientes pueden ser las propiedades recomendadas .

YPL 10	2
VPL 20	15
FLL 15 cc	5

Si el lodo antes o durante de la operación de cementación llega a permanecer inmóvil, la eficiencia de desplazamiento se vera afectada negativamente y su efecto dependera del tiempo de parada.

tiempo de para	eficiencia %
.0	98
5 min	83
2hr	62
4 hr	50

1.3.2 Movimiento de “casing” .

Si al “casing” se le da movimiento sea de rotación o recíprocante antes y durante la operación de cementación, la eficiencia de desplazamiento aumentará ya que el movimiento ayuda a romper las partes de gel del lodo y los cortes de formación acumulados, y también contrarresta los efectos negativos de la poca centralización del “casing” .

A continuación tenemos valores comparativos de movimiento y eficiencia :

Movimiento	eficiencia %
0	65
20 rpm	97

1.3.3 Centralización del “casing”

Un “casing” bien centrado ayuda significativamente para obtener una alta eficiencia de desplazamiento de lodo. Si el “casing” está poco centrado el cemento tiende a sobrepasar al lodo dando lugar a la formación de canales de lodo. Para evitar este problema se utilizan centralizadores, los mismos que igualan la distribución de fuerzas ejercida por la lechada de cemento así como por los fluidos en el espacio anular.

1.3.4 Flujo excéntrico y diferencia de densidades

Son factores que también se deben considerar para tener un buen desplazamiento. Si el flujo es excéntrico el fluido tiende a tomar el camino que le presente menor resistencia, es decir que una sección tendrá un tipo de flujo turbulento mientras que la otra tendrá un tipo de flujo laminar o tapón, condición que afecta la eficiencia de desplazamiento .

La diferencia de densidades entre los fluidos tiene gran incidencia al definir las velocidades de los mismos. Como regla general se tiene que los espaciadores y/o preflujos sean más pesados que el lodo de perforación, y a su vez el cemento más pesado que los espaciadores y/o preflujos.

1.3.5 Altas tasas de desplazamiento

Grandes eficiencias de desplazamiento son observadas cuando ocurren altas tasas de desplazamiento, independiente del régimen de flujo de la lechada de cemento. La alta eficiencia de desplazamiento se da bajo condiciones de flujo turbulento, sin embargo este flujo no siempre puede ser alcanzado para conseguir una alta eficiencia, ya que se puede crear alta presión friccional debido a las condiciones del pozo y formación pudiendo excederse el gradiente

de fractura de la formación. También se debe señalar que si no se puede alcanzar turbulencia las tasas de bombeo deben ser maximizadas.

Espaciadores y/o preflujos.- Son factores que inciden debido a su composición química en la eficiencia de desplazamiento del lodo, de los cuales se hará referencia en un punto más adelante de este capítulo.

1.4 PROPIEDADES DE LA LECHADA DE CEMENTACION.

Las propiedades de los cementos usados en el campo varían básicamente en función de los siguientes factores;

- Ubicación geográfica
- Condición del **pozo**
- Tipo de trabajo de cementación
- Tipo de agua de mezcla

Aun cuando esta lista no es completa, las propiedades del cemento pueden ser cambiadas para reunir las necesidades de un trabajo en particular.

Factores que influyen en las propiedades de la lechada.

Las propiedades de la lechada de cemento son influenciadas por factores tales como:

- Relación de agua de las lechadas de cemento (gal/sk)
- Densidad de la lechada
- Rendimiento de la lechada, etc.

La relación de agua o el requerimiento de galones de agua por saco de cemento es importante en la determinación del tiempo de espesamiento y resistencia a la compresión de los cementos.

1.4.1 REQUERIMIENTO DE AGUA

Se lo conoce como la cantidad de agua de mezclado necesaria para obtener el tipo de lechada deseada. El contenido de agua requerida varía de acuerdo a: clase de cemento a usar, fineza del molido, aditivos agregados y la viscosidad que se desea obtener.

El **API** define las cantidades de agua que admite el cemento:

Agua maxima.- Agua libre con un valor máximo de 1 a 1.5%. Puede aparecer en el tope de la columna de cemento. Es la cantidad generalmente utilizada en la mayor parte de las cementaciones, porque nos da el máximo rendimiento

Agua Normal.- Es el volumen de agua de mezclado que nos da una consistencia de 11 unidades ,medidos en el consistbmetro de presión atmosférica después de 20 minutos de agitación. Se lo denomina también agua óptima porque la lechada que se forma es de muy fácil bombeo.

Agua Mínima.- La lechada puede ser espesa y viscosa. Se usa para controlar pérdidas de circulacibn.

Es necesario indicar que si bien el incremento de agua nos permite un mayor tiempo de bombeo y retardo en el fragiie, no se lo debe hacer sin agregar bentonita o algún material similar para retener el agua, ya que el exceso de agua siempre producira un cemento de poca resistencia a la compresión y a la corrosión.

1.4.2 DENSIDAD.

El peso de la lechada de cemento puede ser excepto en los trabajos de “squeeze”, de gran ayuda para mantener el control del pozo. Se debe determinar la densidad máxima permisible en el fondo del pozo para evitar fracturas (densidad crítica). La lechada de cemento debe ser por lo menos 1 lb/gal, aunque preferiblemente se debe usar de 2 a 3 lb/gal, más pesada que el lodo de perforación. Si se utiliza 2 tipos de lechada la diferencia entre ellas debe ser de por lo menos $\frac{1}{2}$ lb/gal. La densidad tiene que controlarse cuidadosamente usando una balanza de lodos standard o automática con un densímetro. Para evitar una mala cementación la densidad de la lechada debe permanecer constante.

Las propiedades de la lechada más afectadas por cambios en la densidad de la misma son:

- Tiempo de espesamiento
- Características de flujo (bombeabilidad)
- Capacidad de desplazamiento del fluido de perforación
- Resistencia a la compresión
- Agua libre
- Pérdidas de fluido

1.4.3 RENDIMIENTO DE LA LECHADA.

El rendimiento de la lechada es el número de pies cubicos por saco. En un cemento API su rendimiento se basa en la cantidad de agua de mezcla. Una tasa de cemento alta es siempre aconsejable, especialmente cuando hay la posibilidad de contaminación de lodo, dilución o canalización.

1.4.4 TIEMPO DE ESPESAMIENTO

El tiempo de espesamiento basado en pruebas de laboratorio, es el tiempo que requiere un cemento para empezar a endurecerse o tomar esfuerzo de gel. Se determinó en base a:

- Resultados de tiempo en laboratorio, y
- Condiciones actuales del pozo

Las pruebas de laboratorio de tiempo de espesamiento son hechas usando una muestra de cemento, aditivos y agua de mezcla. La lechada de cemento se prueba para determinar el tiempo para espesarse en el lugar, las siguientes son las condiciones que se controlan durante la prueba:

- Temperatura estática de fondo del pozo

- Profundidad del pozo
- Presión del pozo

El tiempo de espesamiento es afectado por condiciones que no pueden ser siempre controladas durante las pruebas de laboratorio, como son:

- Invasión de agua (causa fallas).
- Pérdidas de agua a la formación (causan aceleramiento).
- “Shut down” durante el desplazamiento de la lechada (causa aceleración)
- Contaminación (causa fallas)

Estos factores pueden afectar al tiempo de espesamiento del cemento a varios grados. Es importante recordar que el tiempo de espesamiento de la lechada puede cambiar si existe una de estas situaciones.

La contaminación de la lechada de cemento es el mayor problema durante el proceso de cementación. La lechada puede ser ideal si el agua suministrada para mezclar el cemento está completamente libre de contaminantes.

Los aditivos en el fluido de perforación pueden también contaminar la lechada y afectar sus propiedades.

Finalmente, cuando consideramos tiempo de espesamiento hay que recordar que el cemento en movimiento busca ubicarse como una masa sólida cohesiva, entonces cuando se para el movimiento de la lechada el cemento puede tomar estado de gel. Una regla básica que siempre se debe seguir es:

NUNCA PARAR EL MOVIMIENTO DEL CEMENTO SI ESTE NO ESTA EN SU LUGAR.

1.4.5 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ,

La dureza del cemento está determinada por 2 tipos de resistencias, la resistencia a la compresión y la resistencia a la tensión, existiendo una relación entre ambas. Es así como la resistencia a la compresión es de 8 a 10 veces mayor que la resistencia a la tensión. En la industria del petróleo se ha aceptado como adecuada para la mayoría de las cementaciones una resistencia a la compresión de 500 psi necesaria para : soportar el “casing” en el hueco, prevenir la comunicación de los diferentes fluidos de las diversas formaciones por detrás del revestimiento, confinar la inyección de fluidos a zonas de interés, proteger el “casing” de los esfuerzos y choque durante la perforación. La resistencia a la compresión provee las bases para la mayoría de las regulaciones WOC.

La resistencia a la compresión y el calor de hidratación aumentan al incrementar la densidad de la lechada. Se debe prevenir la excesiva cantidad de agua, porque ocasiona cementos débiles.

Cuatro variables: composición, temperatura, presión y tiempo, afectan la resistencia a la compresión. Sin embargo a altas temperaturas la composición del cemento puede retrogradar (perder resistencia) y nunca lograr la resistencia alcanzada a bajas temperaturas. A partir de 230°F la resistencia a la compresión disminuye con el tiempo, continua durante 5 y 15 días más con un aumento en la permeabilidad de la columna, para luego mantenerse estable pero con un 30% menos de la resistencia inicial. Para evitar este tipo de problemas se ha empleado **Silica**

1.4.6 PÉRDIDAS POR FILTRADO.

Cuando la lechada atraviesa zonas de baja presión y permeables ocurre pérdidas de fluidos, la fase acuosa penetra a la formación dejando partículas de cemento atrás. Como el volumen de la fase acuosa decrece, la densidad de la lechada aumenta, ocasionando cambios en las propiedades de la lechada (reología, tiempo de espesamiento, etc.) con respecto al diseño original. Esto se

reduce en un aumento en la viscosidad de la lechada y una rápida depositación de revoque del filtrado, restringiendo el flujo.

Los factores que influyen en la pérdida por filtrado son: el tiempo, la presión, la temperatura y la permeabilidad.

1.4.7 REOLOGIA

El estudio de la relación existente entre la tasa de flujo (velocidad de corte) y la presión (esfuerzo de corte) necesaria para poner en movimiento un fluido se conoce como reología o en otras palabras, la reología estudia el flujo de fluidos y su deformación. La velocidad de corte (shear rate) es la diferencia entre la velocidad de dos partículas de fluido dividida para la distancia existente entre ellas y el esfuerzo de corte se lo define como la fuerza de fricción que se crea cuando dos partículas rozan una contra la otra. Otro concepto importante es la viscosidad, la cual no es más que la medida de la resistencia de un fluido a fluir y es igual a el esfuerzo de corte dividido para la velocidad de corte.

Basados en estas relaciones de tasa y esfuerzos, el fluido puede ser definido por varios modelos matemáticos: Newtoniano, Plásticos de Bingham o Ley de Potencia. El fluido puede describir tres tipos o régimen de flujo: laminar,

turbulento o tapón. Es de señalar que en los fluidos Newtonianos sólo existen 2 tipos de flujos; laminar y turbulento, mientras que en los fluidos No Newtonianos (Plásticos de Bingham y Ley de la Potencia) existen los 3 dependiendo de la velocidad.

1.4.7.1 MODELO DE FLUIDOS

Newtoniano.- En este modelo el esfuerzo de corte es directamente proporcional a la velocidad de corte, en otras palabras si la presión aumenta, en la misma proporción se incrementará la tasa. Ejemplo de fluidos Newtonianos lo constituyen la gasolina, el agua y aceites livianos. Los espaciadores se rigen bajo este modelo.

Plásticos de Bingham.- A diferencia del anterior para este modelo el esfuerzo de corte no es proporcional a la velocidad de corte. Cuando se aplica presión al fluido este se mantiene estático hasta que la presión llegue a cierto punto, donde comenzará a moverse. Este punto se lo conoce como el “yield point” o Y_p . Al graficar el esfuerzo de corte -vs- velocidad de corte, en escala lineal, resultará una línea recta siendo la pendiente de esta, la viscosidad plástica. El fluido lavador utilizado durante la cementación se rige por este modelo.

Ley de Potencia .- En este modelo, al igual que el anterior, el esfuerzo de corte no es proporcional a la velocidad de corte; pero se diferencia en que el esfuerzo de corte varía con la velocidad de corte a una potencia de “ n ’ ”. La pendiente de la línea recta resultante del gráfico en escala logarítmica, esfuerzo de corte -vs- velocidad de corte, se lo conoce como el índice de comportamiento de flujo o “ n ’ ”. La intersección de esta línea con el eje de las Y constituye el índice de consistencia o “ k ’ ”. La lechada de cemento se rige por este modelo.

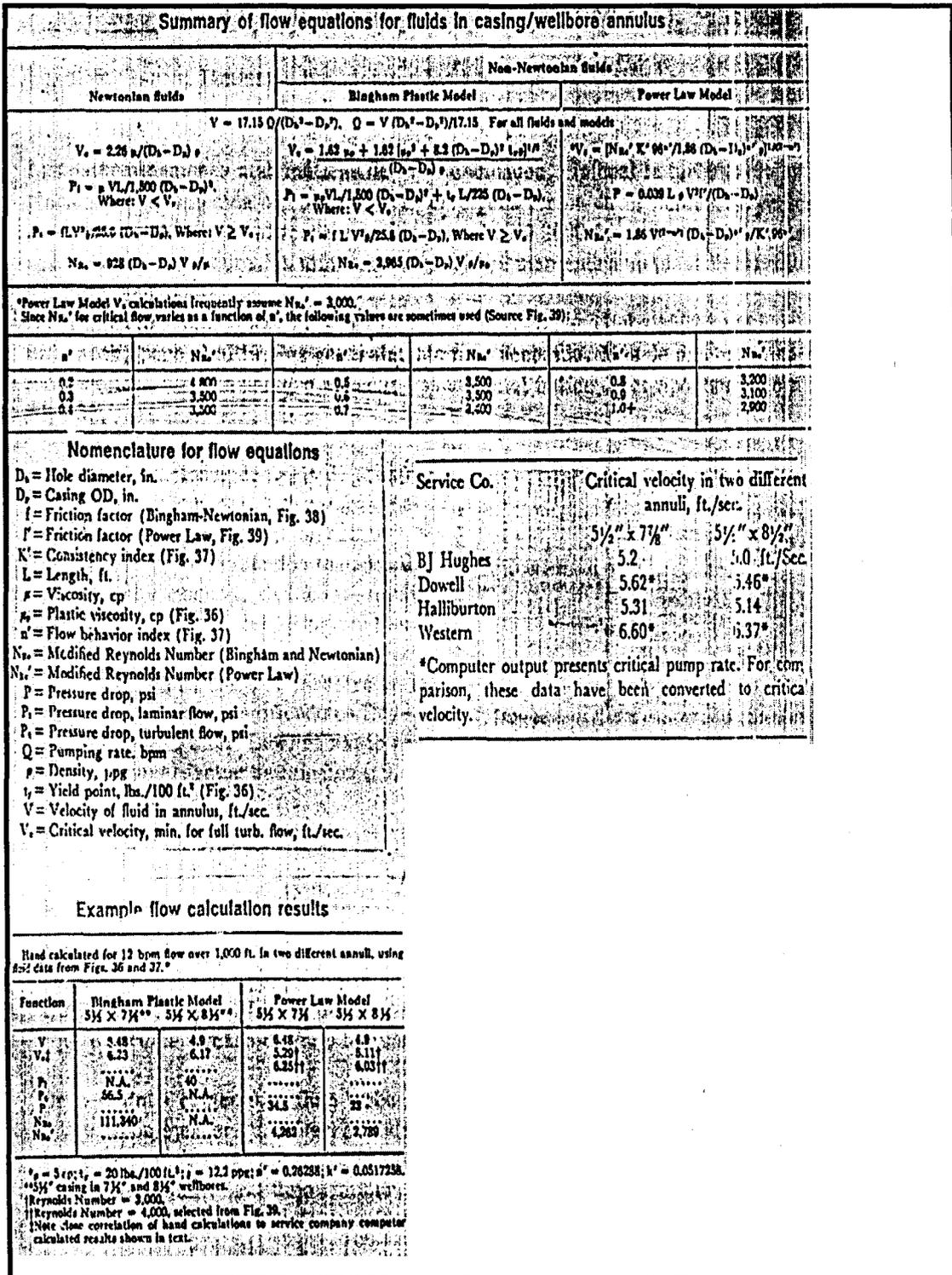


Fig # 1.4.7.2

SUMARIO DE ECUACIONES DE FLUJO EN EL ANULAR CSG/POZO

1.4.7.2 TIPOS DE FLUJOS

Flujo Tapón.- Para este tipo de flujo las partículas se mueven en línea recta y a una velocidad constante. Esto causa un perfil de velocidad fijo siendo en las paredes ligeramente menor que en la parte central del fluido. El flujo tapón removerá lodo no gelificado, pero no removerá bolsas gelificadas. Número de Reynolds =100.

Flujo Laminar .- En este tipo de flujo, las partículas individuales de fluido se mueven hacia adelante en línea recta pero a una velocidad no constante. La velocidad en las paredes es aproximadamente cero mientras que en cualquier punto lejos de las paredes es proporcional a la tasa de volumen promedio e inversamente proporcional a la viscosidad. Esto da como resultado un perfil parabólico de viscosidad.

Flujo Turbulento.- Las partículas de fluido no muy grandes se mueven en línea recta y cada partícula viaja a diferente velocidad. La velocidad se incrementa rápidamente lejos de las paredes y comienza a ser constante por la parte central del fluido. El fluido tiende a formar remolinos y revolve dentro de la tubería. Este es considerado como el tipo de flujo más efectivo en la remoción de lodos. Número de Reynolds mayores a 3000

La determinación del tipo de modelo, pérdidas de carga y caudal mínimo para cada flujo se puede ver en la fig # 1.4.7.2.

1.5 OPERACION DE CEMENTACION

1.5.1 TECNICAS DE CEMENTACION.

En la actualidad existen varias técnicas de cementación y la selección de cual es la más acertada para utilizar depende de varios factores de diferente tipo. A continuación presentamos las técnicas de cementación más comunes y cuando se las selecciona.

1.5.1.1 CEMENTACION EN UNA SOLA ETAPA. (fig # 1.5.1.1)

Básicamente es la mas simple de todas. La lechada de cemento es ubicada en su totalidad en el espacio anular desde el fondo hasta la profundidad deseada. Para esto se requerirá de presiones de bombeo altas lo que implica que las formaciones más profundas deban tener presiones de formación y fractura altas y no permitir que se produzcan pérdidas de circulación por las mismas.

PRIMARY CEMENTING TECHNIQUE:

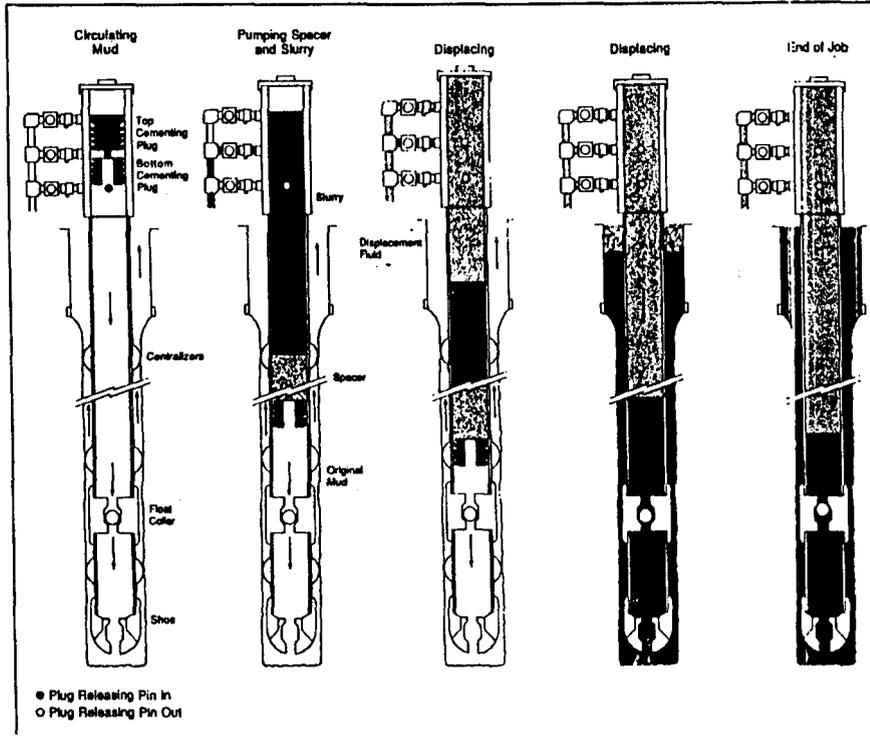


Figure 12-2—Typical one-stage primary cement job on a surface casing string.

regulations stipulating minimum requirements of the casing, and set cement properties (Chapter 11).

Quite often, the surface casing is the first string to which BOPs are connected (Fig. 12-3). Therefore, the selected casing must be strong enough to support a BOP and to withstand the gas or fluid pressures which may be encountered. Surface casing should have the strength to support further casing strings and production tubulars, and provide a solid anchor for the casing head when the well is put on production. Ordinarily, the burst pressure should be equal to one psi per foot of depth to which it is set. The sizes of the surface casing and the setting depths vary considerably; generally speaking, diameters range from 7 to 20 in. (18 to 50 cm), and depths can reach 5,000 ft (1,520 m).

A major problem associated with cementing surface casing is placing the required annular height of cement slurry (often to surface) when the hydrostatic pressures of the slurries often can exceed the formation fracture pressure. The use of low-density slurries and even

foamed cement slurries is becoming more common in such circumstances (Chapters 3 and 14). Washouts are another frequent problem. The larger open-hole sizes, particularly when enlarged due to washouts, often exceed the capability of caliper tools; as a result, accurate hole volumes may not be determinable.

The through-drillpipe stab-in cementing system can be used in some surface casing cementing operations, but often this is not possible when using smaller size surface casing, or when larger sizes are run beyond 3,000 ft (914 m). Drilling rig design constraints become the limiting factor in these applications.

Frequently, the primary cement job may have to be staged to successfully cement across severe lost-circulation zones or other troublesome intervals. Surface casing strings often must also deal with sloughing shales and shallow gas pockets (Chapter 8). Next to deep liner cementing, it is probably the most difficult casing string to successfully cement. Low formation temperatures prolong the thickening times of extended cement slurries

Fig # 1.5.1.1

CEMENTACION EN UNA SOLA ETAPA

Usualmente esta técnica es utilizada en pozos poco profundos o para cementar la parte del “casing” superficial

El equipo de subsuelo requerido será el básico para la cementación: Zapato guía, Collar flotador, Centralizadores, Raspadores, Tapones de fondo y tope.

1.5.1.2 CEMENTACION EN VARIAS ETAPAS

Esta cementación consiste en ubicar la lechada de cemento primero en la parte inferior del espacio anular “casing”-formación y luego ubicar otra en la parte superior de la anterior a través de un dispositivo desviador. Aunque la mayoría de las cementaciones se realizan en dos etapas, también pueden ocurrir más operaciones.

La cementación en doble etapa se utiliza cuando:

- Las formaciones del fondo del pozo no soportan la presión hidrostática ejercida por una larga columna de cemento.
- Zonas de interés están muy separadas entre sí, y es necesario cementarlas
- Zonas superiores a ser cementadas con buen cemento no contaminado.

- Pozos profundos y calientes requieren lechadas diferentes de acuerdo a las características propias de un nivel determinado.

La mayoría de las razones para una cementación en varias etapas caen en la primera categoría. En la actualidad se cementa hasta superficie con el objetivo principal de proteger el casing de la corrosión. Con el tope de la primera etapa se trata de cubrir la zona débil, permitiendo así completar el llenado total del espacio anular sin peligro alguno. Tres técnicas standard de varias etapas son comúnmente empleadas.

Cementación regular de dos etapas.

Adicional al equipo convencional del casing también es corrido un dispositivo o collar de cementación de etapas a la profundidad deseada. El equipo convencional para este tipo de cementaciones es:

- Collar de etapa de cementación.
- Tapón de primera etapa
- Bala de apertura.
- Tapón de cierre
- “Rubber seal-off plate” - “D. V. Tool.”

Cementación de la primera etapa.- La mezcla y bombeo de espaciadores y lechadas durante la primera etapa es similar para el trabajo en una sola etapa. Después de mezclar la lechada el tapón de la primera etapa se suelta y es desplazado hasta una indicación positiva de que asentó en el collar flotador.

Cementación de la segunda etapa.- Después de que realizó la primera etapa la bala de apertura es soltada en caída libre hasta que se asiente en el collar de cementación para la segunda etapa, una vez que la bala está asentada, presión es aplicada hasta que los pines de retención se cortan, forzando a que las aletas se muevan y descubran los pórticos conectando el interior del “casing” con el espacio anular.

Usualmente 1200-1500 psi cortan los pines de retención. Una caída súbita de la presión en superficie indica la apertura de los pórticos.

Una vez que los pórticos del collar se han abierto, el pozo debe ser circulado y el lodo acondicionado para la segunda etapa. Para cementar la segunda etapa se procede como en un trabajo de una sola etapa. El tapón de cierre es colocado después de mezclar la lechada y se desplaza hasta que asiente en el collar de etapas.

Cementación continua de dos etapas. (FIG # 1.5.1.2)

En algunas ocasiones la situación demanda que el cemento sea mezclado y desplazado sin esperar que la bala de apertura en caída libre asiente en el collar de etapas. Esta es la cementación continua de dos etapas.

El cemento de la primera etapa es mezclado y bombeado al pozo. Un tapón limpiador sigue al cemento con la finalidad de separarlo del fluido de desplazamiento. Seguidamente se bombea un volumen de agua o lodo, que es calculado para desplazar el cemento fuera del “casing” y debajo del collar de etapa.

La segunda etapa de cemento puede ser bombeada inmediatamente junto al tapón de apertura . La lechada de cemento es seguida por un tapón de cierre. Este desplazamiento causa el asentamiento de el tapón de apertura en el collar y con la aplicación de presión abre los pórticos.

Posteriores flujos bombeados desplazarán la lechada a través de los pórticos y eventualmente asentará el tapón de cierre. La aplicación de 1500 psi sobre la presión de circulación cerrará la herramienta.

WELL CEMENTING

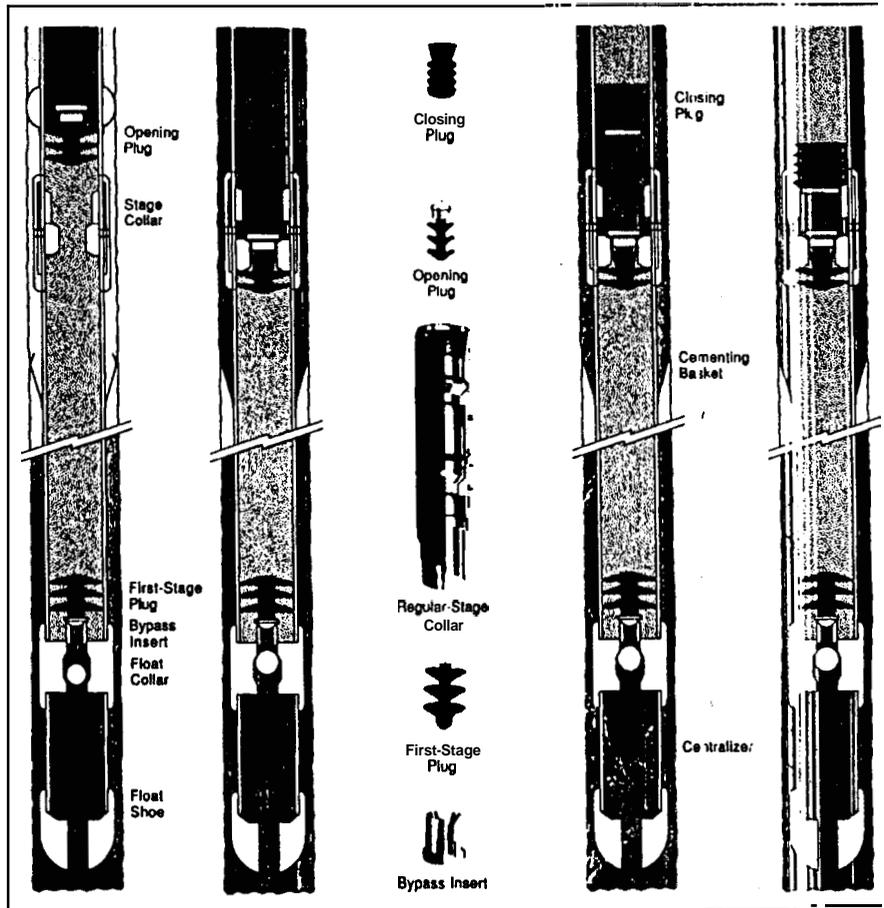


Figure 12-8—Continuous two-stage cementing.

ig # 1.5.1.2

CEMENTACION CONTINUA EN DOS ETAPAS

Cementación en tres etapas.- En este tipo de cementación, cada etapa es cementada como una operación separada cubriendo solamente los intervalos deseados.

1.5.1.3 CEMENTACION REGULAR DE LINER. (fig # 1.5.1.3)

Una vez que la lechada es mezclada y bombeada dentro del “casing” de perforación, el “pump-down plug” es soltado y desplazado al colgador de “liner”. En este punto el “pump-down plug” pasa a través de la herramienta de colocación del “liner”, entonces asegura dentro y sella el pozo en el tapón limpiador de “liner”.

La presión en superficie aumenta como una indicación del asentamiento del tapón. Una presión aplicada de 1200 psi puede cortar los pines sujetantes del tapón limpiador de “liner”. Una vez libres, los dos tapones viajan a través del interior del “liner” y el desplazamiento continúa.

Cuando el volumen interno del “liner” está completamente desplazado, los tapones se colocan en el collar flotador y de asentamiento y aumenta la presión, indicando la finalización del trabajo. El funcionamiento del collar flotador es probado después de liberar la presión, por el monitoreo del retorno.

Cementación de “Tie-back casing” o “Tie-back liner”

“Tie-back casing” son usualmente cementados por circulación convencional de lechadas. El trabajo es desarrollado antes de asentar el “seal nipple” en el “tie-back sleeve”. Sin embargo, la cementación puede también ser conducida con el “tie-back casing” en el lugar, usando un collar de etapa colocado abajo del “seating nipple”.

“Tie-back liner” debe ser cementado después que los colgadores de “liner” están colocados y con el “seal nipple” asentado en el “sleeve”. Un collar de etapa puede ser corrido sobre el tope del “seal nipple”, en posición abierta. El tapón limpiador de liner debe estar listo para asentar sobre el sello superior y cerrar los pórticos del collar.

Aparte de los procedimientos especiales dados, las consideraciones aplicables a todos los trabajos de cementación también se aplican a la cementación de “tie-back liner”. En la mayoría de los casos la presión hidrostática no causa problemas cuando la cementación está dada entre dos “casing” y usualmente con lechadas extendidas.

Si fluido de completación está dentro del pozo, la compatibilidad con el cemento debe ser asegurada o grandes volúmenes de agua fresca deben ser

WELL CEMENTING

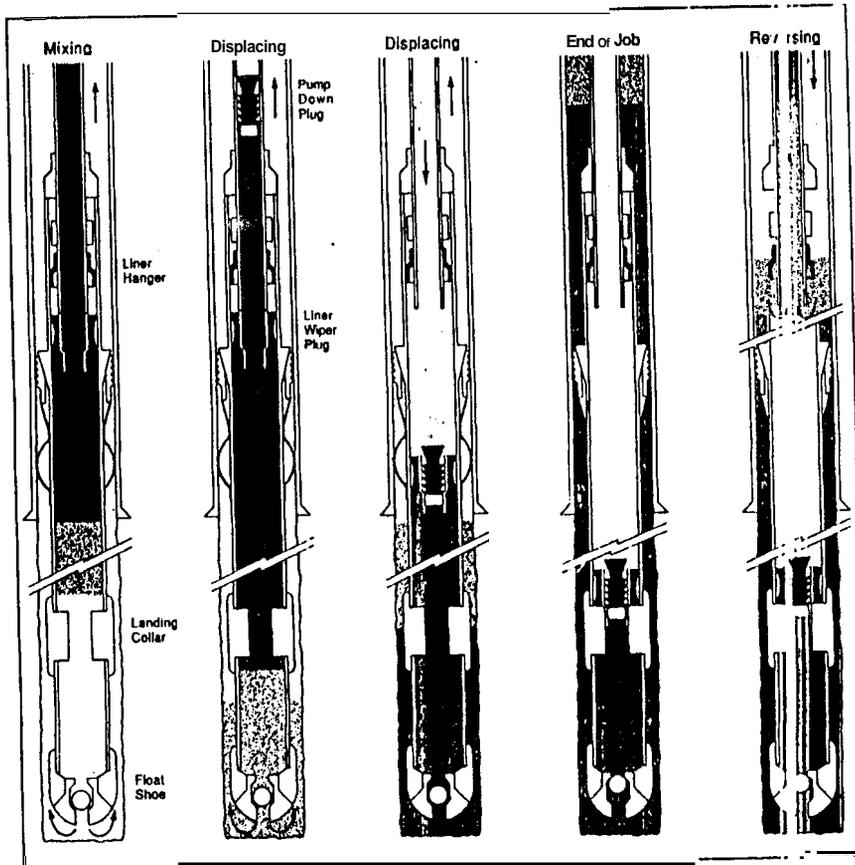


Figure 12-14—Liner cementing.

Fig # 1.5.1.3
 CEMENTACION DE LINER

bombeados a la cabeza de la lechada. Las sales usadas en la completación pueden afectar drásticamente al tiempo de espesamiento de la lechada de cemento con las consecuencias anotadas en un capítulo anterior

1.5.2 PREFLUJOS

Generalmente el lodo de perforación y el cemento no son compatibles, afectando directamente a las propiedades de la lechada de cemento razón por la cual es necesario colocar un fluido compatible entre ambos. Estos fluidos pueden ser simplemente agua o tan sofisticados como una dispersión coloidal densificada y usados para separar y aumentar la eficiencia de desplazamiento del lodo del anular. Son clasificados como: “FLUSHES”, “WASHES”, y “SPACERS”.

Los objetivos de estos preflujos son:

- Actuar como barrera entre las columnas de lodo y cemento.
- Limpiar el lodo del casing (tubería) y formación.
- Humectar con agua la superficie del casing y de la formación.

1.5.2.1 “FLUSHES”. (flujos)

Fluidos que contienen agua o diesel, dependiendo si el lodo es base agua o en base aceite. Estos actúan como barrera física entre el lodo y el cemento, pueden ser tipo gel o contener materiales abrasivos como el “Fly ash”, en cuyo caso estos pueden ser sinónimos con los fluidos removedores. En algunas ocasiones la lechada de cabeza es diluida y actúa como fluido removedor ayudando a la remoción de lodos.

Los “flushes” no contienen surfactantes u otros limpiadores químicos.

1.5.2.2 “WASHES” (Lavadores)

Son flujos diluidos, livianos, químicamente tratados. Contienen surfactantes y/o diluyentes para ayudar a dispersar y a una eficiente remoción del lodo del espacio anular del pozo, así como para humectar al “casing” y a la formación. Los “washes” pueden ser diseñados para el rango total de parámetros de flujo, para flujo turbulento y flujo laminar.

“Washes” base aceite están disponibles.



1.5.2.3 “SPACERS” (Espaciadores)

Son fluidos diseñados para ser densificados y mantener una viscosidad controlada, actuando como barrera compatible entre el lodo y el cemento. Cada espaciador es desarrollado para ser compatible con lodo y cemento.

Normalmente no tienen efectos adversos sobre las propiedades del lodo o cemento.

1.5.3 SECUENCIA OPERATIVA

Es la descripción detallada de los pasos a seguir durante el proceso de cementación. Comienza desde el montaje del equipo, siguiendo con la prueba de presión de las líneas, el orden de los fluidos a bombearse dentro del pozo, con datos de densidad, aditivos, tasa de bombeo, presión a la que se trabaja y la presión a la cual se asienta el tapón; etc., en resumen todo lo que está sucediendo durante la cementación. Por tanto, si llegara a ocurrir alguna dificultad puede recurrirse a estos datos para constatar si en realidad existió algún problema durante la operación. Adjunto a la secuencia operativa las compañías de servicios acompañan conclusiones y recomendaciones del trabajo realizado, dando información del éxito o no del programa de cementación.

previamente fijado. Uno de los datos a los que hacen alusión dentro de las recomendaciones es contar con la información necesaria del caliper para conocer a su vez el volumen a bombear.

En la actualidad, las compañías de servicios cuentan con programas de computadoras para determinar los valores de tasas de bombeo de los preflujos, lechadas y fluidos de desplazamiento los cuales simulan todas las condiciones del pozo, desde la ubicación del collar flotador hasta el último zapato guía, además de calcular las tasas de bombeo, requerimiento de agua, presiones a las que se somete los equipos, etc.

1.5.4 PROBLEMAS OPERACIONALES

Es importante reconocer que si un trabajo de cementación es deficiente puede ser muy costoso en la vida productiva de un pozo. La cementación inapropiada puede ocasionar fallas que determinen un tratamiento de estimulación (acidificación, fracturamiento, squeezes o consolidación de arenas en las zonas productivas) y dar por resultado un pozo no comercial.

A continuación presentamos algunos de los problemas que con mayor frecuencia se presentan al realizar un trabajo de cementación, anotando sus posibles causas o factores que los producen.

Frague prematuro (a veces instantáneo en la tubería).- Puede ser por:

- Agua de mezcla contaminada
- Estimación incorrecta de la temperatura
- Cemento inapropiado
- Zapato o collar de cementación sucios o taponados
- Retardador insuficiente

El tapón no asienta sobre el collar, indicando su llegada y finalización del desplazamiento.- Se debe a:

- El tapón no salió de la cabeza de cementación
- Los tapones de cementación fueron reversados (by-pass)
- El cemento no se pudo colocar totalmente en el anillo
- Cálculo incorrecto de volumen de desplazamiento.
- "Casing" rajado o abierto

Mezcla de cemento incompleta (no se terminó).- Por:

- Fallas mecánicas de los equipos de bombeo

- Fallas en los sistemas “bulk”
- Agua o presión insuficiente

Canalización del cemento en el lodo.- Debido a:

- “Casing” acostado en la formación
- Propiedades del lodo insuficientes (viscosidad plástica y punto de fluencia bajos)
- Imposibilidad de mover el “casing” (rotado o reciprocado)
- Caudales de desplazamiento muy bajos
- Ampliación del diámetro del pozo

Frague del cemento muy rápido.- Como:

- Relación agua/cemento inapropiada
- Estimación de la temperatura errónea
- Fallas mecánicas
- Cementos y aditivos no adecuados para las condiciones del pozo
- Agua de mezcla caliente
- “Casing” paralizado por mucho tiempo durante la operación
- Los preflujos y/o espaciadores de lodo-cemento inapropiados

Fuga o pérdida de gas en el anillo.- Por:

- Insuficiente presión hidrostática a la cabeza
- Gelificación cemento-lodo en la interfase
- El cemento no cubrió las arenas gasíferas
- Deshidratación del cemento.

1.5.5 MEDIDAS DE PREVENCIÓN DE CONTAMINACIÓN DURANTE LA CEMENTACIÓN

En realidad durante la operación de cementación en realidad no se presentan muchos problemas que puedan ser causantes de contaminación y que tenga un gran impacto contra el medio ambiente. El cemento como tal no es un contaminante, ya que al fraguarse pasa a convertirse en una roca sólida. Los aditivos que se utilizan para diseñar la lechada de cementación son todos biodegradables, por lo que no representan peligro alguno. Lo que si representaría una posible causa de contaminación sería el derramamiento de el combustible y lubricante usados para el funcionamiento de los equipos superficiales.

Sin embargo vale anotar algunas medidas aconsejables para evitar el dename de la lechada de cemento, de el cemento como tal y de los combustibles y lubricantes especialmente

- 1.- Definir las zonas más apropiadas para la ubicación de los equipos de cementación.
- 2.- Construir canales o colocar ductos para evacuar los fluidos derramados hacia la piscina de lodos.
- 3.- Colocar en los lugares donde se utilizan combustibles, lubricantes, etc, membranas impermeables para así evitar que los mismos se extiendan en el terreno y se introduzcan en el mismo.
- 4.- Tener un buen control de los equipos de mezcla y bombeo de la lechada de cemento durante la operación.
- 5.- Si el derrame de combustible y lubricante no se puede evitar, tener siempre a disposición una cierta cantidad absorbente del mismo (arena).

CAPITULO II

EVALUACIÓN TÉCNICA DE CEMENTACIONES

2.1 TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS DE EVALUACIÓN DE CEMENTACIONES

2.1.1 TÉCNICAS DE EVALUACIÓN DE CEMENTACIONES

La evaluación de cementos consiste en ir chequeando si los resultados previstos en el desarrollo del trabajo se logran o no. Ningún trabajo de evaluación sera eficiente si los objetivos no son claros.

Los métodos de evaluación deben ser seleccionados de acuerdo al objetivo que se busca. A continuación presentamos algunos de las técnicas que, mas se utilizan.

2.1.1.1 PRUEBAS HIDRÁULICAS.

Las pruebas hidráulicas consisten primeramente de pruebas de aislamiento provisto por el cemento.

Son realizadas después del trabajo de cementación cuando zonas de agua se localizan en las cercanías de las zonas productoras de petróleo o gas. Técnicas rigurosas son aplicadas para evaluar el grado de aislamiento provisto por el cemento. Las más comunes son.

Pruebas de presión. Es sin duda el método más común. La presión interna del “casing” se incrementa hasta la presión a la que va a estar sometido el zapato guía durante la próxima fase de perforación. Si el zapato del casing no soporta la presión, indicará un pobre trabajo de cementación.

Prueba seca o prueba dry.- Esta prueba es lo mismo que un Drillstem test, especialmente aplicada para asegurar el aislamiento provisto por el cemento. Particularmente se utiliza para probar la efectividad de un “squeeze” de cemento o un sello de cemento a el tope de un “liner”. El objetivo de la prueba es determinar que cuando la presión dentro del “casing” disminuye nada suceda al interior de la cara del pozo. Una prueba exitosa no muestra cambio

en la presión de fondo durante la apertura de la válvula de fondo o durante el siguiente periodo de cierre.

Prueba a través de perforaciones.- Cuando el intervalo de producción tiene una baja permeabilidad, el aislamiento provisto por el cemento se evalúa después de perforar el intervalo a producir. Un alto corte de agua de producción indicará comunicación a través del espacio anular. En otros casos especialmente cuando los registros de adherencia muestran pobres resultados o cuando un aislamiento efectivo es requerido sobre intervalos cortos, el “casing” se perfora en dos lugares diferentes, un “packer” es colocado entre ambos lugares perforados y presión se aplica en las perforaciones inferiores. Esta es una prueba de comunicación. Si transmisión de presión o transmisión anular es observada, es una prueba de falla de aislamiento hidráulico..

2.1.1.2 REGISTROS DE TEMPERATURA, NUCLEARES Y DE RUIDO

Registro de temperatura.- Son también usados para evaluar cemento (evaluación primaria de cementación), principalmente en la detección del tope de cemento o para determinar pérdidas o canalizaciones.

Detector de hidratación de cemento.- El calor generado por el fraguado del cemento varia la temperatura dentro del pozo e induce una desviación del gradiente normal de temperatura

Registros nucleares.- En la industria del petróleo es una práctica común adicionar materiales radioactivos como trazas. Esta es una técnica esencialmente cualitativa en cementación que principalmente localiza el tope de cemento usando una uniforme concentración de material radioactivo en el mismo, que es detectado por los registros de gamma- ray

El primer criterio para la selección del material radioactivo es el tiempo de vida medio. Cuando es grande, la alteración en el registro gamma-ray espectral original puede ser permanente.

Un segundo criterio es la energía dominante de gamma ray emitido por la traza. Cuando usamos un gamma ray espectral, es posible una medición selectiva de la radiactividad de la traza y la cantidad de la materia radiactiva puede ser disminuida significativamente.

Registros de ruido.- Algunos flujos, entre agua, gas y petróleo, producen un ruido. Estos pueden ser usados para detectar el flujo de fluidos junto al casing o fluido(gas) entrando al interior del pozo.

Los registros de ruido pueden identificar comunicación interzonal y son más precisos que los registros de temperatura. Este registro es una sucesión de mediciones estáticas de ruido, sin embargo es difícil para detectar ruidos de formaciones afines si la herramienta se mueve continuamente. Como resultado, esta técnica es usada marginalmente en el campo petrolero.

2.1.1.3 REGISTROS ACÚSTICOS PARA EVALUACIÓN DE CEMENTACION

Los registros acústicos sin lugar a dudas son los métodos más usados y eficientes para evaluar cementos. La interpretación de los mismos nos da una relación entre la respuesta de la herramienta y la calidad del trabajo de cementación, en otras palabras relacionamos las respuestas acústicas con las propiedades acústicas del medio circundante (casing, cemento, y formación), determinando así el acoplamiento acústico entre el cemento, “casing” y formación. **Una buena adherencia indica un buen acoplamiento acústico, pero no necesariamente un buen aislamiento zonal.**

El análisis de los registros debe ser cuidadosamente realizado para determinar el origen de la respuesta del registro, a más de el tiempo, hay que detallar la información observando la geometría del pozo, características de la formación y que trabajo de cementación es requerido.

Una interpretación justa de un registro puede ser hecha cuando es posible anticipar la respuesta del registro, analizando las diferencias entre la respuesta de los registros esperados y los actuales.

Los siguientes pre-requisitos deben ser observados para una interpretación correcta.

- * Buena calidad de procesos de control de los registros de campo.
- * Conocimiento de datos del pozo y del casing.
- * Conocimiento de los eventos del trabajo de cementación.
- * Conocimiento o una buena estimación de las propiedades del cemento.
- * Conocimiento de la historia pre-postrabajo del pozo.

CONTROL DE CALIDAD. (fig # 2.1.1.3)

Para el CBL se realiza a través de la curva de TT3 (travel time), que se calibra de acuerdo con el diámetro del casing. Para uno de 7" el valor es 289 μ s y para la amplitud de la curva de CBL el valor de calibración sería de 62.5

**CEMENT BOND LOG
INTERPRETATION GUIDE**

CASING	WT.	TRAVEL TIME u-SEC	FREE PIPE SIGNAL	— CLASSH CEMENT —		INTERVAL FOR ISOLATIO:
				3000 PSI 100% CEMENT	60% BOND CUT OFF	
4.112"	9.5	254	81 rnv	0.2 rnv	2.3 mv	5 Feet
	11.6			0.6 mv	4.6mv	
	13.5			1.0 mv	7.0 rnv	
5"	15.0	258	76 mv	0.9 mv	5.5 mv	5 Feet
	18.0			2.2 rnv	10.0 mv	
	21.0			3.6 rnv	15.0 mv	
6-1/2"	15.5	269	72 rnv	0.7 rnv	4.8 mv	6 Feet
	17.0			1.0 rnv	6.0 mv	
	20.0			2.1 rnv	9.0 mv	
	23.0			3.5 rnv	13.0 mv	
7"	23.0	289	62 m v	1.0 rnv	5.5 mv	11 Feet
	26.0			1.7 mv	7.5 mv	
	29.0			2.4 m v	9.3 rnv	
	32.0			3.3 mv	13.0 mv	
	35.0			4.0 rnv	14.0 m v	
	38.0			5.0 rnv	15.0 mv	
40.0	6.0 rnv	17.0 mv				
7-5/8"	26.4	302	59 mv	1.1 mv	5.5 mv	12 Feet
	29.7			1.8 mv	7.5 mv	
	33.7			2.6 mv	10.0 mv	
	39.0			3.5 rnv	13.0 rnv	
9-5/8"	40.0	332	51 mv	1.8 mv	6.8 rnv	15 Feet
	23.5			2.2 mv	8.5 mv	
	47.0			2.7 rnv	9.0 mv	
	53.5			4.0 mv	12.0 rnv	
10-3/4"	40.5	352	48 mv	1.2 rnv	5.1 m v	18 Feet
	45.5			1.8 rnv	6.5 mv	
	48.0			2.1 rnv	7.6 mv	
	51.0			2.5 mv	8.0 rnv	
	54.0			2.7 mv	8.4 mv	
	55.5			2.8 rnv	0.8 mv	

Fig # 2.1.1.3

GUIA DE INTERPRACION DEL CEMENT BOND LOG

mv. Todas estas calibraciones se realizan en tubería libre, durante el perfilaje del pozo. Los valores de TT3 no deben, variar más de 4 μ s para que el registro sea correcto, salvo en los casos en que la amplitud del CBL sea ni muy baja (menor de 3.5 mv aproximadamente) y se presente un salto cíclico y la señal del TT3 desaparezca. Para el VDL los arribos de "casing" deben ser claros y rectos (uniformes) para tubería libre. Entonces estará calibrada o comprobada su buena operación .

Para el PET el control se realiza a través de las curvas de FTT(fluid travel time), OVAL(ovalidad del casing), ECC(excentricidad de la herramienta), DEVI(desviación del casing).

De estas las más indicadas para el control son :

- FTT, debe permanecer constante
- OVAL, no debe ser mayor a 0.1"
- ECC, no debe exceder de 0.1"

A continuación resumimos algunos de los factores que causan interpretaciones erróneas y sus posibles soluciones.

-Microanillos-----Incrementar presión del casing

-Canalizaciones-----Usar PET

- Efectos de formación-----Revisar registros de hueco abierto
- Baja resistencia a la compresión---Lab de pruebas/tipo de cemento
- Excentricidad del casing-----Revisar desviación del pozo
- Excentricidad de la herramienta---Revisar TT3 del CBL
- Espesor del casing--------Revisar información del pozo
- Corona de cemento delgada-----Chequear tamaño del pozo detrás del
“casing”

DATOS DE “CASING” Y DEL POZO.

La informacibn del tipo de “casing” que esta dentro del pozo juega un papel importante para la calibración de las herramientas de registros acústicos y también para la determinacibn del espesor minimo de los sellos tanto inferior como superior de **la zonas de interés.**

La información requerida es:

- Diámetro
- Peso
- Espesor
- Composicibn
- Profundidad de los diferentes equipos de subsuelo

- Longitud del “casing”

También es importante conocer si algún tipo especial del “casing” o de equipo ha sido bajado al pozo, para de esa forma hacer las correcciones necesarias durante la evaluación del cemento

Los datos del pozo requeridos son:

- Diámetro del pozo
- Tipo de formación y sus características
- Profundidad del pozo

PROPIEDADES DE LA LECHADA DE CEMENTO.

Las propiedades más relevantes de la lechada del cemento que se deben conocer son:

- Densidad (laboratorio)
- Reología
- Resistencia a la compresión
- Tiempo de espesamiento

EVENTOS DEL TRABAJO DE CEMENTACION.

Las causas más comunes de fallas de cementación es la mala remoción de lodo, lo cual implica un mal registro de CBL. Algunos casos son obvios; excentricación del "casing"; lechadas de menor densidad que el lodo desplazadas a tasas bajas de flujo; lechadas de menor viscosidad bombeadas tras fluidos viscosos a bajas tasas de flujo, etc. Esto puede ser determinado por el análisis previo de registros, registros de hueco abierto (tamaño de pozo y centralizaciones de casing) y de operación de cementación, del cual obtendremos datos de densidad de lechada, presiones y caudal bombeado.

Debido a la diferencia de propiedades acústicas provenientes de lechadas de distintas densidades, resulta fácil distinguir entre la lechada de cabeza y de cola en el registro. Esto es de mucha importancia para la estimación de la cobertura de cemento, ya que bajo las mismas condiciones de adherencia, la sección de las lechadas de cabeza arrojarán valores menores de amplitudes que las de cola.

En algunos casos se puede estimar la remoción de lodo mediante la comparación del tope de cemento esperado con uno calculado de la geometría del pozo y volúmenes bombeados. Sin embargo, tales asunciones

deben ser tomadas con bastante cuidado porque varios parámetros están involucrados, tales como: precisión del caliper y medidores de flujo, cambios de volúmenes debido a pérdidas de circulación y fluidos.

Cuando la lechada mezclada es de menor densidad que la de diseño, la lechada exhibirá casi siempre mayor agua libre y sedimentación, tiempos de espesamiento mayores y menor impedancia acústica.

Algunos eventos post- trabajo puede influenciar los resultados del CBL. Cualquier cambio de presión y temperatura dentro del “casing” producirá la deformación del mismo, ocasionando una modificación del esfuerzo (stress) del cemento dentro de las interfases cemento-“casing” y cemento-formación, dando como resultado la falta de adherencia, lo que lleva a la posible creación de microanillos.

La reducción de amplitud de la señal sísmica no solamente depende de la atenuación a lo largo del “casing”, sino también de la eficiencia del acoplamiento acústico de los transductores y las ondas del “casing”.

En un microanillo, la señal de acoplamiento se pierde y la atenuación a lo largo del casing es insignificante. Sin embargo el acoplamiento no se pierde cuando existe fluido en el microanillo.

Usando herramientas de múltiples receptores en teoría es posible separar la tasa de acoplamiento y atenuación detectando microanillos de cemento detrás del “casing”. En el caso de no contar con trabajos experimentales, se hace uso de la experiencia de campo y reglas de prácticas (ensayo).

Un trabajo de CBL corrido bajo presión puede ser contraindicado por los efectos potenciales perjudiciales sobre sello hidráulico.

2.1.2 HERRAMIENTAS DE EVALUACION DE CEMENTACIONES

REGISTROS ACÚSTICOS

Entre los factores que influyen las propiedades acústicas de una cementación de casing esta la calidad de adherencia del cemento al “casing”: cuando la adherencia es buena las ondas viajan a lo largo del “casing” se atenúan cuando la energía se pierde en el medio del cemento,.

En la herramienta sónica empleada, un transmisor emite trenes de ondas acústicas de corta duración. Las señales viajan a través del casing, cemento y formación más adelante estas llegan a dos receptores a 3 y 5 pies del transmisor.

2.1.2.1 CBL (cement bond log) (fig # 2.1.2.1.e)

Es un registro de la amplitud del primer arribo de energía al receptor a 3 pies. Los tres pies fueron determinados experimentalmente para dar un registro del rango total de las condiciones del cemento. Los tres primeros picos de la señal en llegar al receptor son leídos E1, E2, E3.

Las amplitudes de E1, E2, E3, son proporcionales a la tasa de atenuación para un nivel dado de señal de transmisión. En un CBL, se miden dos cantidades.

- El tiempo de transmisión A_t : este es el tiempo que se toma E1 en llegar al receptor.
- La amplitud de E1.

Tiempo de Tránsito(fig # 2.1.2.1.b).- En el momento que el pulso de sonido es transmitido de la herramienta, se activa un reloj electrónico. El “bias-

setting” es ajustado para que cuando EI llegue al receptor, sea detectado y el reloj pare, registrando así el At.

Este método de medición exhibe características distintivas cuando la amplitud de EI decrece debido a una buena adherencia del “casing” al cemento: Alargamiento y Salto de ciclo. Un decrecimiento en la amplitud de EI aparece como un alargamiento del tiempo de tránsito, desde entonces el nivel de detección es constante.

El incremento en el tiempo de tránsito debido a una reducción en la amplitud o un decrecimiento en la frecuencia de la señal acústica debido a la adherencia, es definida como un alargamiento. Si la amplitud es reducida más allá de cierto valor (3.5 mv.) es posible que las mediciones del tiempo de tránsito salten de un ciclo a otro.

Amplitud.- Para medir EI, una compuerta electrónica se abre por corto tiempo y el valor máximo de las señales recibidas en la compuerta es registrada. Dos sistemas de compuertas pueden ser usadas en las herramientas de CBL :

- Compuerta flotante :
- Compuerta fija .:

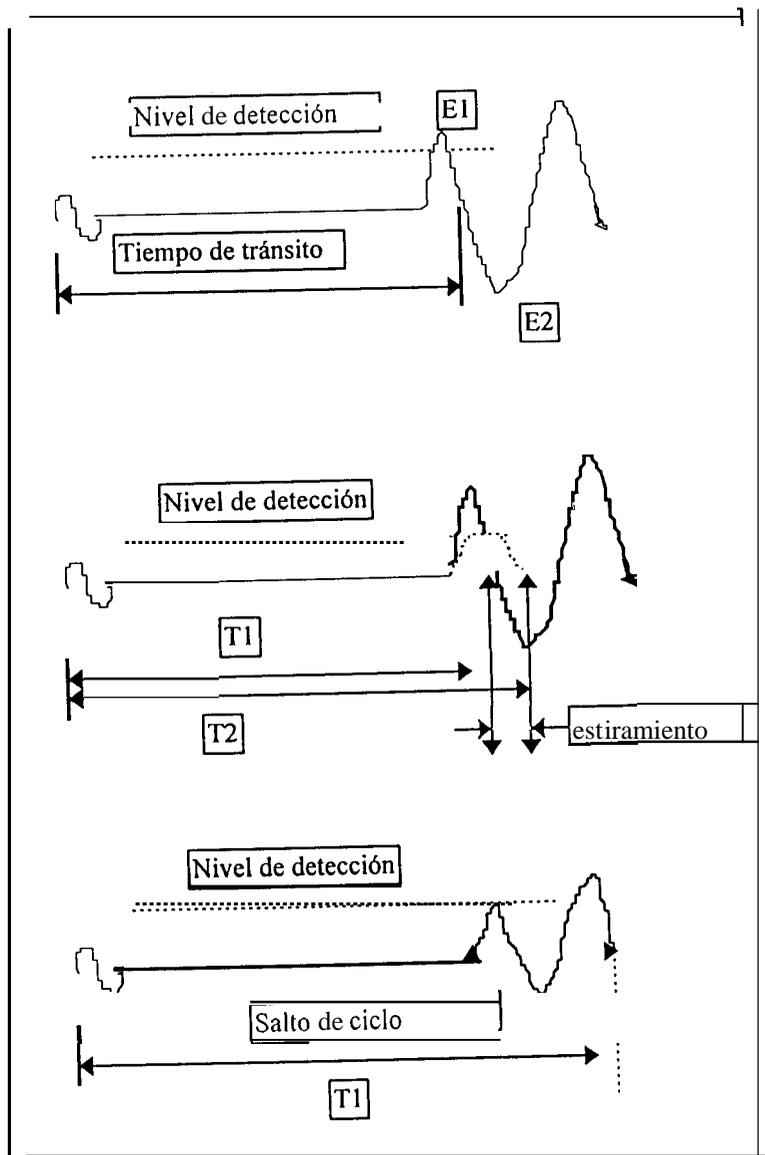


FIG # 2.1.2.1.b
TIEMPO DE TRANSITO

Excentricidad (fig # 2.1.2.1.c).- La centricidad de la herratnienta es muy crítica para la respuesta del CBL. Los efectos de la excentricidad sobre un registro CBL son dos:

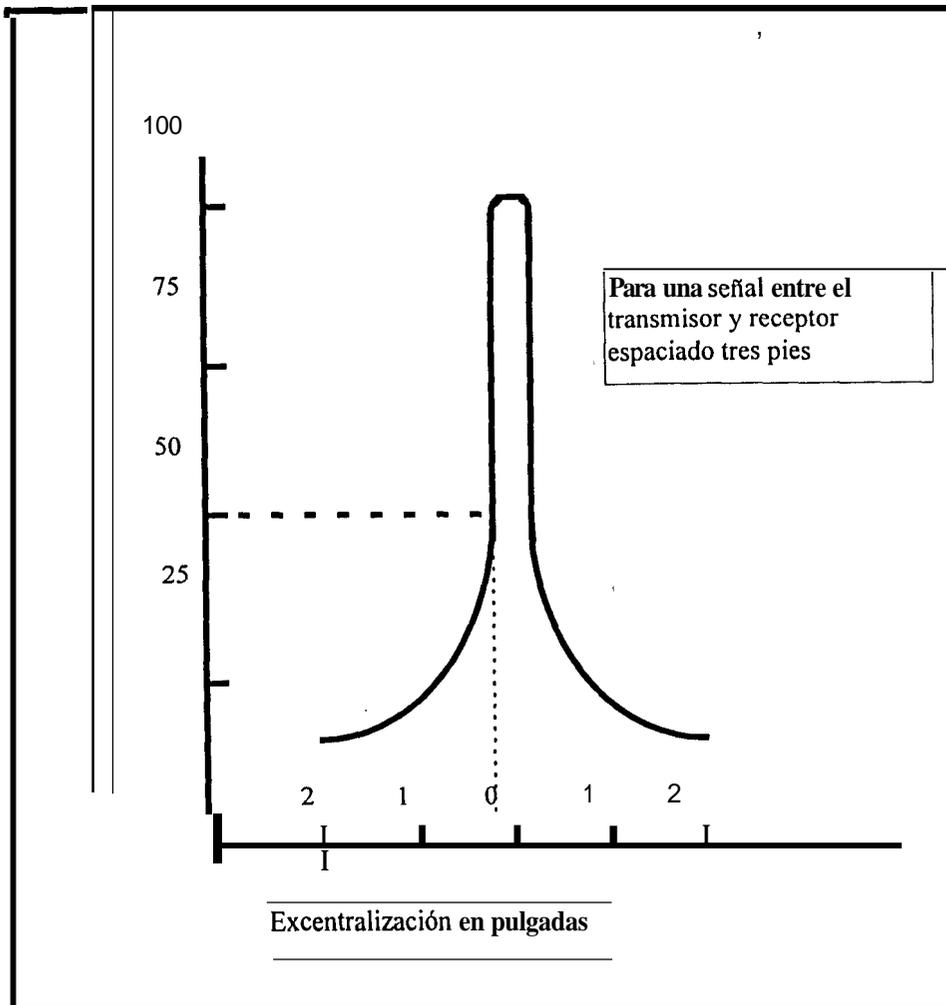


Fig # 2.1.2.1.c

EFECTO DE LA EXCENTRICIDAD SOBRE LA AMPLITUD DEL CBL

- El tiempo de tránsito decrece.
- La amplitud de El decrece (0.5" de excentricidad reduce El en más del 50%)

VDL (VARIABLE DENSITY LOG)

Es opcional y suplementa la información dada por el CBL, Es una exposición total de la onda de la señal del receptor a 5'. El tren total de ondas es expuesto sobre el filme como líneas brillantes y oscuras, el contraste depende de la amplitud de los picos positivos.

Las diferentes partes de el tren de ondas puede ser identificado en el registro VDL :los arribos de "casing" se muestran como líneas regulares, cuando los

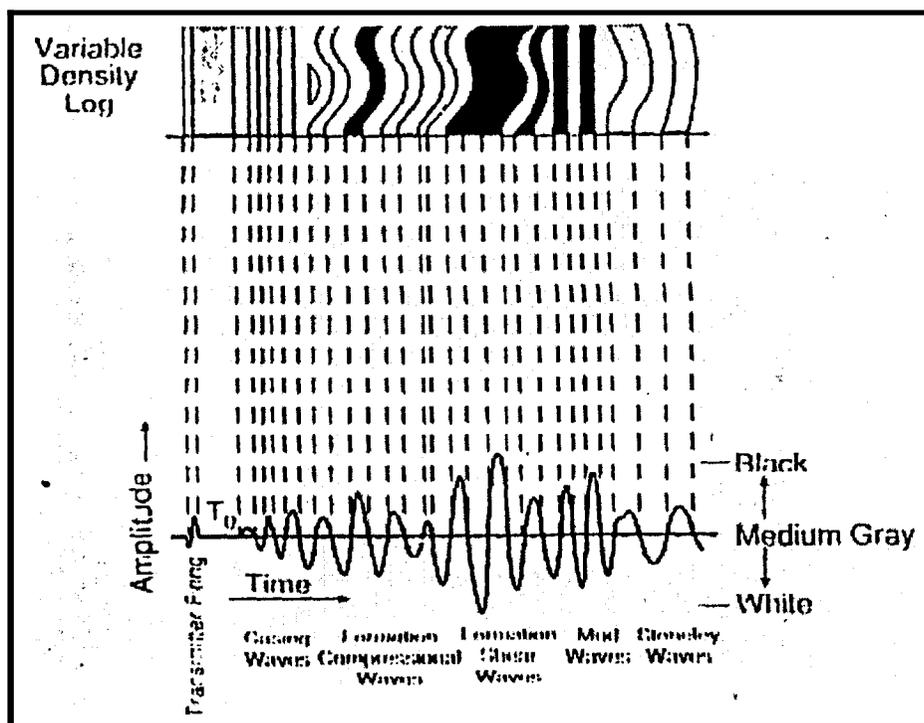


Fig # 2.1.2.1a

PRESENTACION DEL LA SEÑAL COMPLETA DE LA FORMA DE ONDA DEL CBL-VDL

arribos de formación son caracterizados por su irregularidad. La forma de las ondas dependen de las formaciones que atraviesan, por lo cual estas tienden a seguir la forma de la curva del Gamma Ray. (fig # 2.1.2.1.a). **Es de resaltar que las señales de CBL y VDL son registradas por la misma herramienta al mismo tiempo**

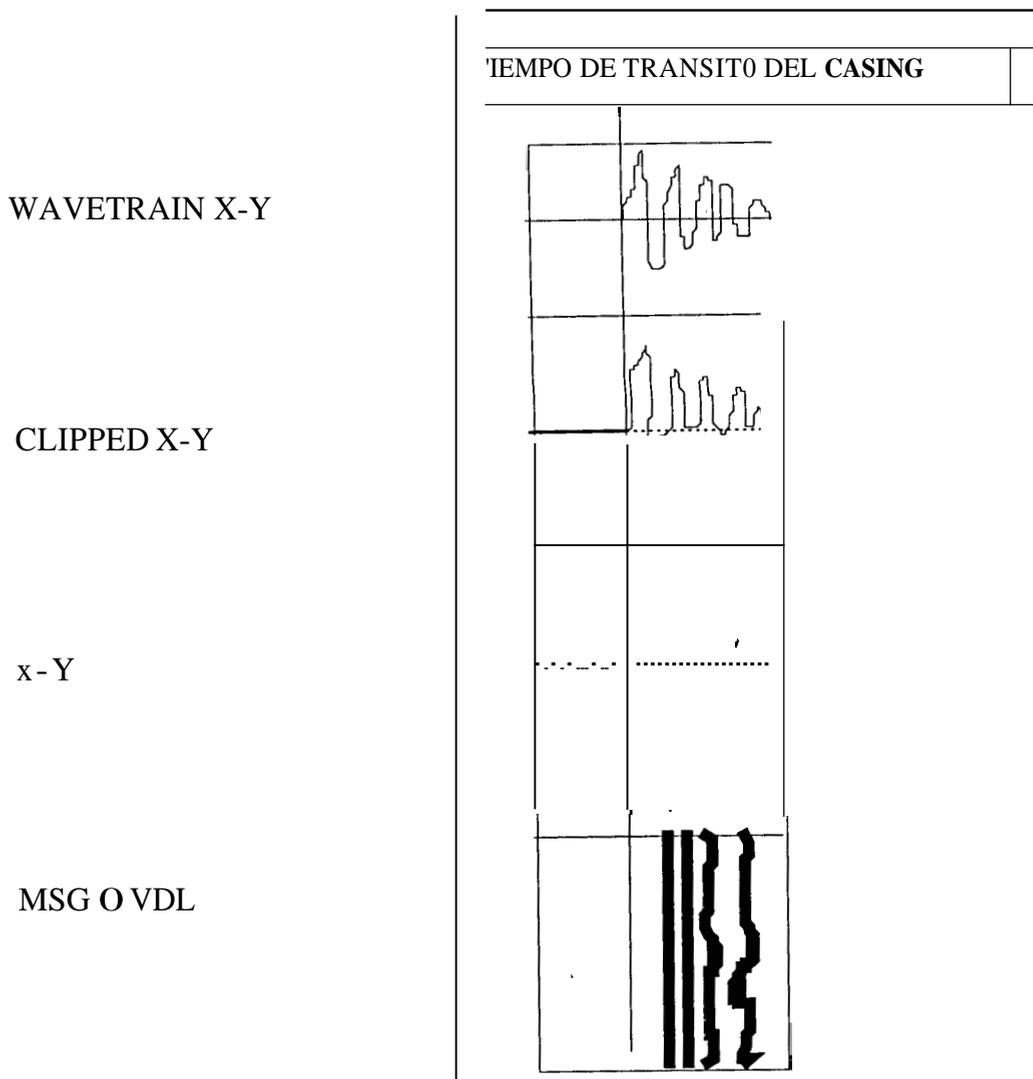


Fig # 2.1.2.1d
PROCESO DE LA SEÑAL DE ONDA DEL CBL-VDL

AMP (amplitud de la señal del casing).- La amplitud de la señal del casing es una función de la cantidad de energía que arriba al receptor. La curva de amplitud es representativa del primer arribo que llega al receptor, El. Esta señal está escalada de 0 mv a 50 mv en la pista **2**. Una curva amplificada (**AAMP**) también es presentada y está escalada de 0 mv a 10 mv en la misma pista que la anterior.

TT (tiempo de tránsito).- Es una medición del tiempo requerido por la señal acústica para viajar del transmisor al receptor que se encuentra a **3'** del transmisor. Esta curva hace válida la lectura registrada de amplitud del CBL y es graficada en la pista 1 o 2 con una escala con un espacio de $100\mu s$.

GR y CCL (gamma ray y localizador de cuellos).- Estas curvas son graficadas en la pista 1, La curva GR es usada para poner en profundidad el registro de adherencia con los registros de hueco abierto. La curva de CCL se emplea para determinar los cambios de espesor del "casing" . Cuando se encuentra un collar de "casing" se produce una deflexión en la curva.

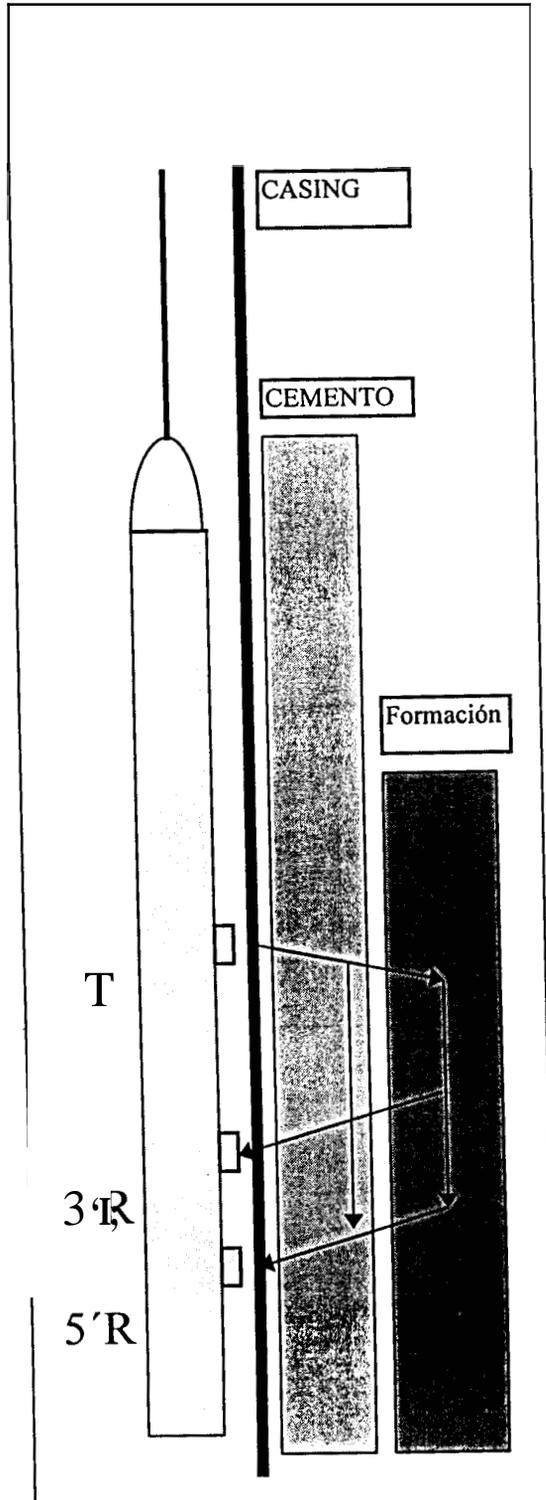


Fig # 21.21e
DIAGRAMA DE LA HERRAMIENTA CBL-VDL EN EL POZO

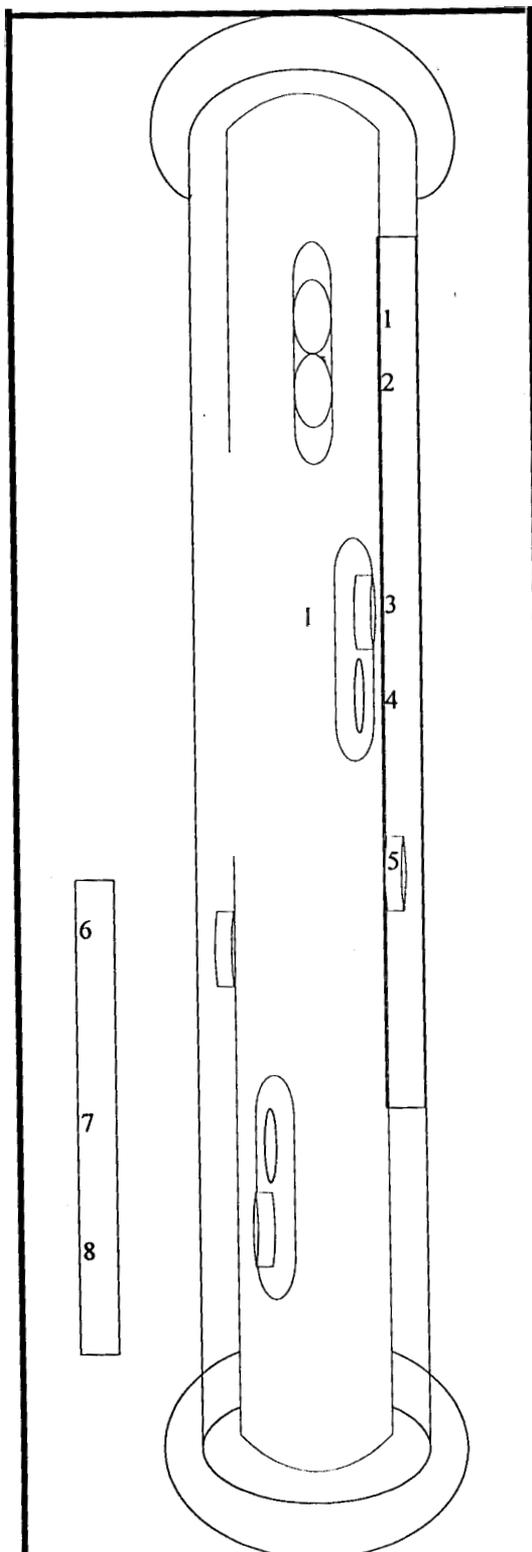


Fig # 2.1.2.2.a DIAGRAMA DE LA HERRAMIENTA PET

2.1.2.2 PET (Pulse Echo Tool). (fig # 2.1.2.2.a)

A través de transductores enfocados esta herramienta **determina la impedancia acustica del material junto al “casing” y nos proporciona un principio de evaluación de la adherencia cemento-“casing”**. Esta herramienta ultrasbnica enfoca un pulso de alta frecuencia (400 kHz) a una seccibn del “casing” y mide la resonancia resultante. ,

El PET utiliza ocho transductores montados en un doble modelo helicoidal alrededor de la herramienta que son ensamblados en pares diametralmente resultando una cobertura continua de 360° a travks de los transductores 1,3,5,7,2,4,6 y 8 en este orden. Cada transductor puede ser extendido o retractado para acomodarse al tamaño apropiado del “casing”, el objetivo de esto es minimizar el efecto del fluido del pozo.

Cada transductor actua a la vez como transmisor y receptor, evaluando la seccibn del casing frente a él. Un pulso corto de presion con un cierre de frecuencia cercana a la frecuencia de resonancia del “casing” (400 kHz) es emitida. El pulso incide sobre el “casing” causando a la vez una gran onda reflectiva y ondas de resonancia residual. Las ondas reflejadas retornan a el

transductor y es interpretada como el primer arribo. Las otras, causadas por la vibración del “casing”, también son monitoreadas por el transductor.

La amplitud de la onda reflejada no es afectada por la presencia o ausencia de cemento junto al “casing”. Esta es, como su nombre lo indica, una imagen reflejada de el pulso transmitido.

La amplitud o tasa de caída de las ondas de resonancia están directamente relacionadas con la impedancia acústica del material junto al “casing”. Si el casing está sujeto firmemente la amplitud de la onda será baja y ratas rápidas de caída, Si el “casing” esta libre para vibrar, la amplitud serh alta y permanecerh así.

El fluido del pozo también se toma en cuenta a través de la medición de un noveno transductor montado verticalmente debajo de el transductor ocho. Este transductor es ubicado en una sección interior de la herramienta en la que los fluidos del pozo son llevados a pasar.

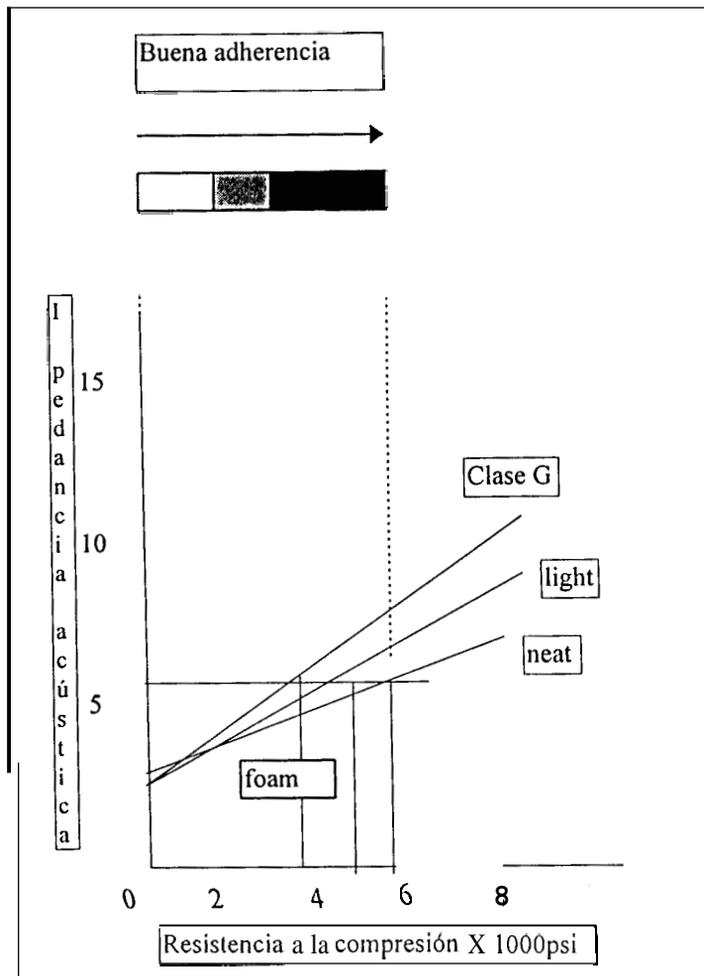
Nosotros podemos derivar la relación de áreas de el pozo para una relación de amplitudes entre la onda reflejada y la onda de resonancia.

Relación de Area = $(RW/FA)_{a\ prof} / (RW/FA)_{en\ tubería\ libre}$

donde: RW = amplitud en la ventana de resonancia

FA = amplitud del primer arribo

La impedancia acustica del material junto al “casing” es derivado directamente de la relación de areas. La resistencia a la compresión del cemento es entonces aproximada a la impedancia acustica. Esta aproximación esta basada en dos asunciones



- El tipo de cemento usado es exactamente una muestra de el cemento usado para crear el algoritmo.
- Exista 100% de adherencia cemento-casing.

El ingeniero puede cambiar un tipo particular de cemento y entonces determinará un tipo particular de modelo de sombreado para un mapa de representación de un pozo. El modelo sombreado puede ser oscuro o sólido donde la resistencia a la compresión es mas alta y puede ser el mas bajo o blanco cuando la resistencia a la compresión es menor.

Z(impedancia).- El modelo de sombreado en la pista 3 esta escalado para que la mayor de las impedancias acusticas sean oscuras en el modelo de sombreado. En las áreas donde la tuberia esta vibrando libremente, el modelo es blanco.

Las lecturas promedio /mín/máx son escaladas para que en tuberia libre (baja impedancia acustica) se ubiquen al lado derecho de la pista 2 y en tuberia bien adherida (alta impedancia acustica) estas se ubiquen a lado izquierdo de la pista 2.

La calidad de respuesta de la impedancia acústica puede ser analizada con respecto a si misma. Comparaciones entre tubería libre y tubería bien adherida pueden dictar grados de confianza en zonas aisladas.

DEVI (desviación).- Es el ángulo de la herramienta con respecto a la vertical. La herramienta misma se sujeta centralizada en el borde del **pozo**, que es una representación de la desviación del borde del pozo y esta se presenta al lado izquierdo de la pista 2.

AC CCL (localizador acústico de collares).- Registra el tiempo de tránsito de los transductores individualmente. Cuando un transductor pasa frente a un collar el tiempo de tránsito se incrementa, mientras de los otros permanecen relativamente constantes. El computador compara los tiempos de viaje y determina los posibles collares.

FTT (tiempo de viaje en el fluido).- La velocidad del fluido es medida por el noveno transductor montado longitudinalmente dentro de la herramienta. Esta medición se usa en conjunción con las de los otros transductores para establecer el diámetro interno del “casing”.

AVTK (espesor promedio).- El espesor del “casing” es determinado directamente de la frecuencia de las ondas en la ventana de resonancia de las ondas. La ecuación de relación es :

$$\text{espesor de “casing”} = 6.0 / (52.55 * f)$$

ECC (excentricidad).- La excentricidad de la herramienta en el interior del pozo puede ser observada por una comparación del tiempo de viaje de los ocho transductores al pasar estos sobre el mismo plano en el plano.

OVAL (ovalidad).- La ovalidad del “casing” también puede ser determinada por la observación del tiempo de viaje de los transductores opuestos. Si el “casing” está ovalado, transductores opuestos medirán valores iguales, pero estos valores no siempre serán iguales entre pares de transductores.

2.1.3 INTERPRETACIÓN DE CBL-VDL Y PET

2.1.3.1 INTERPRETACIÓN CUALITATIVA DE REGISTROS

Tenemos las siguientes situaciones:

-Cuando hay ausencia de cemento tendremos las siguientes características.

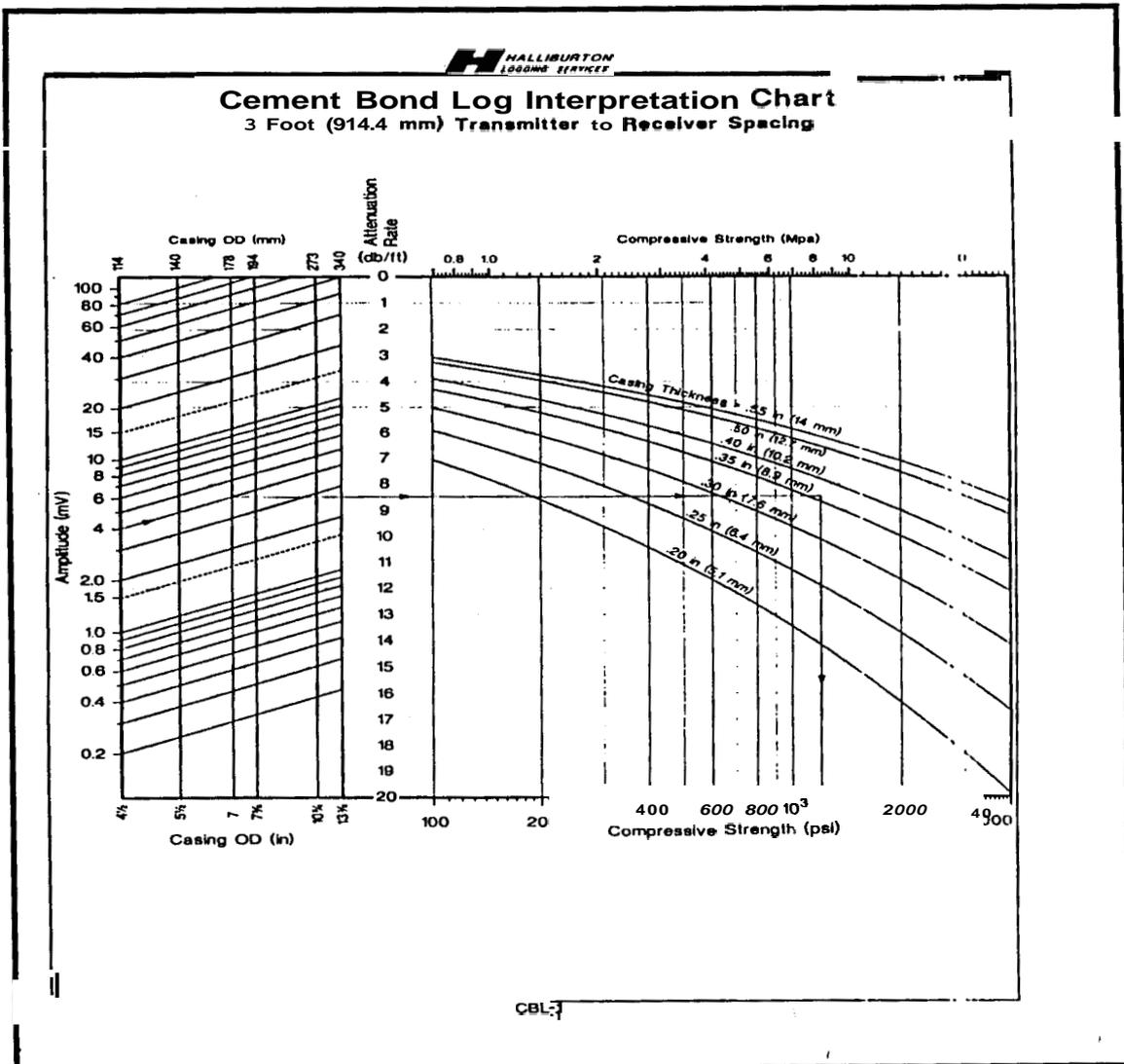


Fig # 2.1.3.2
CARTA DE INTERPRETACION DEL CBL-VDL

nos indica la calidad del cemento que se encuentra alrededor del casing en función de su resistencia a la compresión variando la tonalidad desde blanco (0 psi) hasta violeta oscuro (3000 psi).

Su uso más importante es en la **detección de posibles canalizaciones** presentes en la columna de cemento.

CBL: Amplitud alta, la señal incrementa dependiendo del tipo de “casing”, la amplitud disminuye frente a los cuellos o juntas de la tubería.

AT: Se mantiene constante, disminuye frente a los cuellos

VDL: Los arribos de casing son fuertes.

-Cuando existe una buena adherencia al “casing” y acoplamiento a la formación.

CBL: Amplitud baja, menor a **5 mv**

AT: Si la amplitud es muy baja pueden suceder saltos cíclicos o estiramientos

VDL: Ausencia o débiles arribos de “casing”, fuertes arribos de formación si la atenuación de la formación no es muy alta. Los arribos de formación usualmente se correlacionan muy bien con los registros de GR o BHC. Arribos de lodo y señales “Rayliegh” pueden ser distinguidas también.

- Buena adherencia de casing y pobre acoplamiento a la formación.

CBL: Amplitud baja igual que cuando hay una buena cementación

AT: Tiende a ser constante

VDL: Débiles arribos de casing, débiles o ausencia de arribos de formación (cortes de gas pueden causar los mismos efectos, sin embargo esto ocurre sobre una larga sección de los pozos)

La excentralización de la herramienta en el casing o del casing en el pozo pueden darnos bajas amplitudes, sin embargo estas pueden ser reconocidas por una disminucibn del **AT** o por la distorsión los arribos del casing vistos por el **VDL**.

-Microanillos y Canalizaciones.

En el caso de un “casing” bien cementado, puede ser posible que una pequeña abertura esté formada entre el “casing” y el cemento, en este caso el sello hidráulico medio existe y puede ser fácil de vializar el paso de fluido a través del mismo.

Existen canales cuando está cemento junto al “casing” , pero no lo rodea totalmente (circunferencia). En este caso el sello hidraulico medio no existe se puede observar en los perfiles por los sigientes efectos:

CBL: Amplitudes de medias a moderadamente altas

AT: Constante

VDL: Arribos moderadamente fuertes de casing, muy débiles señales chevron, arribos moderados de formacibn.

Por ello es de importante distinguir entre microanillos y canalizaciones, siendo una manera comer dos CBL-VDL, uno sin presión y otro con presión. Al comer los registros antes mencionados a presión y compararlos, si hay microanillos presentes la amplitud de la señal y el espesor del microanillo será reducida y los arribos de formación medios son evidentes.

Si hay canalizaciones la presión no causa apreciables cambios en el resultado.

Otra forma de diferenciarlos en las condiciones anteriores es ver si existen en secciones largas o cortas del pozo. Los microanillos se muestran para secciones largas, mientras que las canalizaciones ocurren durante secciones cortas.

2.1.3.2 INTERPRETACIÓN CUANTITATIVA DEL CBL.

La adherencia del cemento al “casing” es relacionada a la resistencia a la compresión del cemento. Se utiliza una carta para determinar la resistencia a la compresión de la amplitud, E1 (fig # 2.1.3.2)

En algunos casos se usa el índice de adherencia como indicativo de la calidad de la cementación, de la siguiente manera:

$$\text{índice de adherencia} = \frac{\text{Atenuación de la zona de interés (db/ft)}}{\text{Atenuación de la zona bien cementada (db/ft)}}$$

Las atenuaciones son determinadas de la carta anterior, un valor de 1 indica adherencia total y un índice menor a 1 indica adherencia incompleta.

El valor mínimo de un índice de adherencia para un buen sello hidráulico varía por las condiciones locales. En la práctica un valor de 0.8 indica generalmente buenos resultados. Sin embargo el índice de adherencia, por sí solo, no es suficiente para garantizar un aislamiento de la zona, y debe tenerse en cuenta la longitud del intervalo adherido. De la práctica se indica que el mínimo intervalo adherido necesario para efectivamente aislar la zona depende del tamaño del “casing”. (fig # 2.1.1.3)

2.1.3.3 INTERPRETACIÓN DEL PET.

Este registro nos proporciona valores de resistencia a la compresión en base a la impedancia acústica del medio que rodea al casing, podemos leer tres valores para cada profundidad, para el caso tomaremos en valor promedio. El BNDP en el track 4

2.2 EVALUACION INDIVIDUAL

2.2.1 DESCRIPCIÓN DEL FORMATO PARA EVALUAR LA CALIDAD DE LA CEMENTACION A TODO LO LARGO DE CADA POZO.

La presente evaluación tiene por objeto dar a conocer las condiciones de la columna de cemento desde la profundidad de registro hasta el tope de buen cemento. La evaluación se realizó por partes, de abajo hacia arriba, para lo cual se divide la columna de buen cemento en intervalos en función de las formaciones que atraviesa. Los parámetros a evaluar son: cantidad o presencia de cemento, adherencia al “casing”, acoplamiento a la formación y resistencia a la compresión. Para la presente evaluación se utilizó a más de los registros de cementación, registros a hueco abierto, tales como Gamma Ray, Caliper, Registros de Resistividad, Sónico, Densidad, etc.

Se realizó un control de calidad de los registros frente a cada una de las formaciones, especialmente del CBL-VDL, anotando las características de la curva de “travel-time” (TT3) como son: salto de ciclo y estiramiento. En el PET se efectuó un control general de calidad en función de las curvas de FTT, OVAL, ECC y DEVI.

Se adjuntan los valores de calibración de las herramientas en cada uno de los pozos, comprobando a la vez que estos valores se encuentren entre los rangos permitidos. Para el CBL-VDL los valores de amplitud para este tipo de casing será de: $62.5\text{mv} \pm 5\%$ y el de **TT3** sera: $289\mu\text{s} \pm 5\%$. El VDL presentara líneas rectas uniformes y claras que serán indicativo ,de ausencia total de cemento y señales “chevrón” frente a los cuellos para tubería libre. En el PET la calibración deberá presentar la curva de FTT constante. Los valores de las curvas de **OVAL** y **ECC** serán menores a 0.1 y el **BNDP** será blanco con líneas oscuras frente a los cuellos para tubería libre.

Se realizó una comparación entre registros con y sin presión, para así determinar la presencia de microanillos y canalizaciones.

El **tope de buen cemento** se determinó en función de la cantidad de cemento (estimada a partir de la curva del CBL), esto es para cuando los valores de amplitud del CBL son mayores de 12mv a lo largo de un gran tramo y tienen la tendencia a aumentar. Los rangos para determinar la cantidad de cemento serán:

- Valores \leq a 5mv indican buena presencia de cemento.
- Valores entre 5mv-12mv indican una presencia regular de cemento.
- Valores $>$ 12mv indican pobre presencia de cemento:

El acoplamiento a la formación se calificó en función de los arribos de formación y de los arribos de señales de lodo.

La adherencia al “casing” se calificó tomando en cuenta tanto los arribos de casing observados en el VDL y cómo se presenta el BNDP en el PET. La resistencia a la compresión es el valor promedio estimado del intervalo de la curva de Z promedio.

La conclusión de cada intervalo esta basada en criterios tanto de calidad como de cantidad de cemento, ubicándolo en las siguientes categorías: bueno, regular y malo, indicando adicionalmente la presencia de canalizaciones y microanillos si los hubieren.

En la conclusión final se calificó a la operación de cementación en base de los siguientes criterios:

- La consecución o no de los objetivos que se deseaban alcanzar al realizar este trabajo.
- La presencia de lodo en las paredes del pozo.
- La adherencia al cemento-“casing”
- El acoplamiento cemento-formación.
- Cantidad de cemento a lo largo de la columna en forma general.

2.2.2 PRESENTACION DE LOS RESULTADOS DE LA EVALUACION DE LA COLUMNA DE BUEN CEMENTO DE CADA POZO.

Datos del Pozo

Nombre: PYM5

Datos de Registros de Evaluación de Cementación.

Profundidad perforada : 10100'

Profundidad de registro : 10092'

Tope de buen cemento : 9250'

Presión de registro principal : 500 psi

Resistencia a la compresión (lab):

CBL-VDL

Amplitud minima (100% cemento) : 1.1 mv (9749'-9774')

Calibración : 61 mv, 295 μ s, fuertes y uniformes arribos de casing con señales chevron

Sección repetida : microanillos

PET

Calibración : FTT cte, OVAL y ECC menor que 0.1", BNDP en blanco y señales de cuellos

Sección repetida : canalizaciones y microanillos

Evafuacion de las Caracteristicas del Cemento

– Intervalo de 10092' a 10030' ,arenisca impermeable

TT3 : salto de ciclo y cte a 292 μ s

CBL : entre 2 y 10 mv, regular presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, regulares arribos de formación indican regular acoplamiento a la formación

PET : mala adherencia al casing, resistencia a la compresión \approx 1000 psi

Conclusión : regular cemento, presencia de canalización desde 10058'

– Intervalo de 10030' a 9962' ,areniscas-lutitas

TT3 : salto de ciclo y cte a 293 μ s

CBL : hasta 10008' entre 7 y 12 mv, regular presencia de cemento, el resto del intervalo buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, fuertes arribos de formación indican buen acoplamiento a la formación

PET : regular adherencia al casing, resistencia a la compresión hasta 10008' menor a 1000 psi el resto del intervalo \approx 2000 psi

Conclusión : regular cemento, presencia de posible canalización hasta 9984'

– Intervalo de 9962' a 9946' ,arenisca, agua-petròleo, CAP \approx 9958', $\phi \approx 10\%$

TT3 : salto de ciclo

CBL : \approx 2 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, hasta 9954' débiles arribos de formación y el resto del intervalo presenta fuertes arribos de formación que indican mal o y buen acoplamiento a la formación respectivamente

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión hasta 9956' \approx 1000 psi
el resto del intervalo \approx 3000 psi

Conclusión : regular cemento

- Intervalo de 9946' a 9898', arenisca-caliza

TT3 : cte a 289 μ s

CBL : \approx 2 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, arribos de formación indican buen acoplamiento a la formación

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión \approx 2000 psi

Conclusión : Excelente cemento

- Intervalo de 9898' a 9854', caliza

TT3 : salto de ciclo

CBL : entre 1.4 y 5.2 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, arribos de formación indican buen acoplamiento a la formación

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión \approx 2000 psi

Conclusión :

- Intervalo de 9854' a 9796', lutita

TT3 : salto de ciclo

CBL : ≈ 2 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, débiles arribos de formación y arribos de lodo indican mal acoplamiento a la formación

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 2000 psi

Conclusión : buena cemento, presencia de lodo causa mal acoplamiento a la formación

- Intervalo de 9796' a 9754' ,lutita-arenisca

TT3 : salto de ciclo

CBL : ≈ 3 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, débiles arribos de formación y arribos de lodo indican mal acoplamiento a la formación

PET : regular adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 2000 psi

Conclusión : regular cemento, hasta 9788' la presencia de cemento esta reducida

- Intervalo de 9754' a 9696', arenisca, agua-petròleo, $\phi \approx 12\%$

TT3 : salto de ciclo

CBL : ≈ 1.5 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, regulares arribos de formación indican regular acoplamiento a la formación

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 2000 psi

Conclusión : buen cemento

- Intervalo de 9696' a 9632' ,lutita

TT3 : salto de ciclo

CBL : entre 2 y 12 mv, regular presencia cemento

VDL : débiles arribos de casing, débiles arribos de formación y arribos de lodo indican mal acoplamiento a la formación

PET : regular adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 1100 psi

Conclusión : regular cemento, pobre presencia del mismo entre 9680' y 9660'

- Intervalo de 9632' a 9510', caliza

TT3 : salto de ciclo y cte a 291 μ s

CBL : entre 3 y 20 mv, irregular presencia de cemento

VDL : arribos de casing, débiles arribos de formación y arribos de lodo indican mal acoplamiento a la formación

PET : mala adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 500 psi

Conclusión : mal cemento

- Intervalo de 9510' a 9472', lutita

TT3 : cte a 290 μ s

CBL : entre 3 y 13 mv, regular presencia de cemento

VDL : arribos de casing, débiles arribos de formación indican mal acoplamiento a la formación

PET : mala adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 700 psi

Conclusión : mal cemento

– **Intervalo de 9472' a 9448', caliza**

TT3 : salto de ciclo y cte 290 μ s

CBL : \approx 15 mv, pobre presencia de cemento

VDL : arribos de casing, débiles arribos de formacibn y arribos de lodo indican mal acoplamiento a la formacibn

PET : mala adherencia al casing, resistencia a la compresibn \approx 100psi

Conclusibn : mal cemento

– **Intervalo de 9448' a 9432', lutita**

TT3 : salto de ciclo

CBL : entre 5 y 8 mv, regular presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, regulares arribos de formación indican regular acoplamiento a la formación

PET : mala adherencia al casing, resistencia a la compresión \approx 800 psi

Conclusibn : regular cemento, presencia de canalización

– **Intervalo de 9432' a 9391', caliza**

TT3 : saltos de ciclo y cte a 290 μ s

CBL : entre 2,5 y 13 mv, regular presencia de cemento

VDL : débiles arribos de casing, regulares arribos de formación indican regular acoplamiento a la formacibn

PET : mala adherencia al casing, resistencia a la compresión \approx 800 psi

Conclusibn : regular cemento, presencia de microanillos y canalizaciones

– **Intervalo de 9391' a 9320', lutita**

TT3 : salto de ciclo

CBL : entre 1.8y 8.8mv, regular presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, débiles arribos de formación y arribos de lodo indican mal acoplamiento a la formación

PET : mala adherencia al casing, resistencia a la compresión \approx 1000psi

Conclusion : mal cemento, presencia de microanillos y canalizaciones

– **Intervalo de 9320' a 9298', caliza**

TT3 : salto de ciclo

CBL : \approx 3.5 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, regulares arribos de formación indican regular acoplamiento a la formación

PET : regular adherencia al casing, resistencia a la compresión \approx 1200psi

Conclusión : regular cemento

– **Intervalo de 9298' a 9240', lutita**

TT3 : salto de ciclo

CBL : \approx 3.5 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, fuertes arribos de formación y arribos de lodo indican regular acoplamiento a la formación

PET : regular adherencia al casing, resistencia a la compresión \approx 1200psi

Conclusion : regular cemento, presencia de microanillos y canalizaciones

En esta operación de cementación se logró los siguientes resultados:

Columnna de cemento regular,

La cantidad de cemento disminuye en la base hasta 10010' y entre 9680' y 9390'.

Presencia de lodo en las paredes de las formaciones, excepto frente a las calizas, buena adherencia al casing de 10010' hasta 9680',

- Presencia de microanillos y canalizaciones en el resto de la columnna de cernento, cabe anotar que el diámetro promedio del pozo en las zonas suaves es de 13".

CONCLUSIÓN: Regular cementación

Datos del pozo

Nombre: VB4

Datos de Registros de Cementación

Profundidad perforada : 9050'

Profundidad de registro : 9036'

Tope de buen cemento : 8100'

Presión de registro principal : 500 psi

Resistencia a la compresión (lab): 4430 psi a 48 hrs

CBL - VDL

Amplitud minima (100% cemento) : 2 mv

Calibracibn : 62 mv, 284 μ s, fuertes y uniformes arribos de casing, seiialen chevron

Sección repetida : microanillos

PET

DEVI de 0.5" - 1°, OVAL y ECC menor a 0.1", FTT cte

Calibracibn : FTT cte , OVAL y ECC menor a 0.1", BNDP en banco y seiiales de cuellos

Sección repetida : Canalizaciones y microanillos

Evaluación de las características del cemento

- Intervalo de 9036' a 8985', arenisca, agua-petróleo, CAP \approx 8996'

TT3 : salto de ciclo

CBL : ≈ 2.7 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, fuertes arribos de formación indican buen acoplamiento a la formación

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 1300 psi

Conclusión : excelente cemento

- Intervalo de 8985' a 8959', arenisca-caliza, agua

TT3 : salto de ciclo

CBL : ≈ 2.8 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, fuertes arribos de formación indican buen acoplamiento a la formación

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 1400 psi

Conclusión : Excelente cemento

- Intervalo de 8959' a 8910', caliza

TT3 : saltos de ciclo y cte a $280 \mu s$

CBL : entre 5 y 13 mv, regular cemento

VDL : arribos de casing, fuertes arribos de formación indican buen acoplamiento a la formación

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 700 psi

Conclusión : regular cemento, presencia de posible canalización y microanillo en el tope del intervalo

– **Intervalo de 8910' a 8890', caliza-lutita**

TT3 : salto de ciclo

CBL : entre 4 y 10 mv, regular presencia de cemento, en los extremos del intervalo hay una pobre presencia de cemento ≈ 27 mv

VDL : arribos de casing en los extremos, regulares arribos de formación indican regular acoplamiento a la formación

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 600 psi

Conclusión : regular cemento

– **Intervalo de 8890' a 8858', lutita**

TT3 : cte a 281 μ s hasta 8876', luego salto de ciclo

CBL : en el tramo inferior entre 10 y 28 mv, y el resto del intervalo ≈ 5 mv, pobre y buena presencia de cemento respectivamente

VDL : arribos de casing en el tramo inferior, fuertes arribos de formación indican buen acoplamiento a la formación

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión entre 500 y 1300 psi

Conclusión : regular cemento, presencia de posible canalización

– **Intervalo de 8858' a 8808', arenisca, agua-petròleo, CAP $\approx 8828'$, $\phi \approx 15\%$**

TT3 : salto de ciclo

CBL : ≈ 2.5 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, fuertes arribos de formación indican buen acoplamiento a la formación

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 1600 psi

Conclusión : Excelente cemento

- Intervalo de 8808' a 8774', arenisca, agua petróleo, CAP ≈ 8783

TT3 : salto de ciclo

CBL : ≈ 3 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, fuertes arribos de formación y arribos de lodo indican regular acoplamiento a la formación

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 1500 psi

Conclusión : buen cemento

- Intervalo de 8774' a 8736, arenisca-caliza

TT3 : salto de ciclo

CBL : ≈ 3 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, débiles arribos de formación y arribos de lodo indican mal acoplamiento a la formación

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 1500 psi

Conclusión : regular cemento

- Intervalo de 8736' a 8700', caliza

TT3 : salto de ciclo

CBL : ≈ 3 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, fuertes arribos de formación indican buen acoplamiento a la formación

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 1500 psi

Conclusión : Excelente cemento

– Intervalo de 8700' a 8664', lutita

TT3 : salto de ciclo

CBL : ≈ 3.5 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, fuertes arribos de formación indican buen acoplamiento a la formación

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 1000 psi

Conclusión : buen cemento

– Intervalo de 8664' a 8590', arenisca-caliza

TT3 : salto de ciclo

CBL : ≈ 3 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, fuertes arribos de formación indican buen acoplamiento a la formación

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 1000 psi

Conclusión : regular cemento, presencia de posibles canalizaciones

– Intervalo de 8590' a 8574', lutita

TT3 : salto de ciclo

CBL : ≈ 3.2 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, débiles arribos de formación y arribos de lodo indican mal acoplamiento a la formación

PET :buena adherencia al casing, resistencia a la compresion ≈ 700 psi

Conclusión :regular cemento, presencia de posibles canalizaciones

- Intervalo de 8574' a 8500', caliza

TT3 : salto de ciclo

CBL :entre 3 y 13 mv, regular presencia de cemento

VDL : arribos de casing, fuertes arribos de formación indican buen acoplamiento a la formación

PET :buena adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 700 psi

Conclusión :regular cemento, presencia de posibles canalizaciones

- Intervalo de 8500' a 8442', lutita

TT3 : salto de ciclo

CBL : ≈ 4 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, regulares arribos de formacion y arribos de lodo indican mal acoplamiento a la formación

PET :buena adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 500 psi

Conclusión :regular cemento, presencia de posibles canalizaciones

- Intervalo de 8442' a 8366', caliza(8420')-lutita(8382')-caliza(8366')

TT3 : salto de ciclo

CBL : ≈ 3.5 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, regulares y débiles arribos de formación en lutitas y calizas respectivamente y arribos de lodo indican mal acoplamiento a la formación

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 900 psi

Conclusión : regular cemento, presencia de posibles canalizaciones

- Intervalo de 8366' a 8320', lutita

TT3 : salto de ciclo

CBL : ≈ 4.4 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, fuertes arribos de formación y débiles arribos de lodo indican regular acoplamiento a la formación

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 400 psi

Conclusión : regular cemento, presencia de posible canalización

- Intewalo de 8320' a 8250', arenisca-lutita

TT3 : salto de ciclo

CBL : ≈ 6 mv, regular presencia de cemento

WDL : no arribos de casing, fuertes arribos de formación y arribos de lodo indican regular acoplamiento a la formación

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 300 psi

Conclusión : regular cemento, presencia de posible canalizaciones

- Intervalo de 8250' a 8200', lutita

TT3 : saltos de ciclo y cte a $283 \mu s$

CBL : ≈ 8 mv, regular presencia de cemento

VDL : dkbiles arribos de casing, regulares arribos de formación hasta 8220' y arribos de lodo por arriba de 8220' indican regular y mal acoplamiento a la formación

PET : regular adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 100 psi

Conclusión : mal cemento, presencia de canalizaciones

- Intervalo de 8200' a 8100', arenisca-lutita-calía

TT3 : salto de ciclo y cte a $283 \mu\text{s}$

CBL : ≈ 10 mv, regular presencia de cemento

VDL : débiles arribos de casing, regulares arribos de formación y arribos de lodo indican mal acoplamiento a la formación

PET : mala adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 0 .psi

Conclusión : mal cemento

En esta operación de cementación se logró los siguientes resultados:

- Buena columna de cemento, desmejorando un poco entre 8960'- 8870' y en los últimos 150' hasta el tope de buen cemento
- La adherencia al casing es buena, salvo en los últimos 150'.
- El acoplamiento a la formación es bueno hasta la caliza principal para luego ser malo.
- Presencia de posibles canalizaciones con mayor frecuencia a partir de los 8600'.

CONCLUSION: Buena cementación

Datos del Pozo:

Nombre: MYN5

Datos de Registros de Cementación

Profundidad perforada : 8307'

Profundidad de registro : 8301'

Tope de buen cemento : 7600'

Registro principal : 500 psi

Resistencia a la compresión (lab):

CBL-VDL

Amplitud mínima (100% cemento) 1.5 a **8219**

Calibración : 288 μ s, 62 mv (0% cemento) , fuertes arribos de casing y señales chevron

Sección repetida : correcta

PET

DEVI aprox 1, ECC y **OVAL** menores a 0.1"

Calibración : FTT cte, ECC y OVAL menores a 0.1", BNDP blanco y señales de cuellos

Sección repetida : correcta

Evaluación de las características del cemento

– Intervalo de 8301` a 8232` ,caliza y lutita

TT3 : salto de ciclo, señal de 284 μ s en el subintervalo de 8246`-8254` ,correcto

CBL : en el subintervalo de 4.5 a 10 mv con presencia regular de cemento, lo demas entre 1.9y 4.5 mv con buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, arribos de formación buenos entonces buen acoplamiento a la formación

PET : Adherencia al casing regular, resistencia a la compresión promedio de 1000 psi

Conclusión : buen cemento

– Intewalo de 8232` a 8180` , arenisca, agua, $\phi \approx 16\%$

TT3 : salto de ciclo

CBL : entre 1.5y 2.5 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, fuertes arribos de formación indican buen acoplamiento a la formación

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión promedio de 2000 psi

Conclusión : Excelente cemento

– Intervalo de 8180` a 8158` , caliza, (arena de 8168` a 8172`)

TT3 : salto de ciclo

CBL : entre 2 y 3 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, fuertes arribos de formación indican buen acoplamiento a la formación

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión promedio de 1700 psi

Conclusión . Excelente cemento

- Intervalo de 8158` a 8132`, arenisca, petróleo, 18% de porosidad

TT3 : salto de ciclo

CBL : entre 1.5 y 2.8 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, regulares arribos de formación indican regular
acoplamiento

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión promedio de 1800 psi

Conclusión : Excelente cemento

- Intervalo de 8132` a 8098`, lutita

TT3 : salto de ciclo

CBL : entre 2 y 2.8 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, débiles arribos de formación y arribos de lodo indican
mal acoplamiento a la formación

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión aprox de 1400 psi

Conclusión : buena presencia de cemento con mal acoplamiento a la formacibn.

- Intervalo de 8098` a 8058`, arena, agua, 16% de porosidad

TT3 : salto de ciclo

CBL : aprox 2 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, arribos de formación indican buen acoplamiento a la
formación

PET :buena adherencia a la formación, resistencia a la compresion aprox de 2000 psi

Conclusión :Excelente cemento

- Intervalo de 8058`a 8046`, lutita

TT3 : salto de ciclo

CBL : entre 2 y 2.8 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, arribos de formacion indican acoplamiento a la formacion

PET : adherencia al casing, resistencia a la compresion prom de 1800 psi

Conclusión :buena cemento

- Intervalo de 8046`a 8034`, arena, petroleo,18% de porosidad

TT3 : salto de ciclo

CBL : entre 1.6 y 2.2 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, claros arribos de formacindn indican buen acoplamiento a la formación

PET : buena adherencia a la fornacion, resistencia a la compresión prom de 1800 psi

Conclusión :Excelente cemento

- Intervalo de 8034`a 8010`, caliza (lutita de 8018`a 8029')

TT3 : salto de ciclo

CBL : entre 2 y 3 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, fuertes arribos de formacion indican buen acoplamiento a la formación, frente a la lutita se observa arribos de lodo y no de formación lo cual indica mal acoplamiento a la formación

PET: buena adherencia al casing, resistencia a la compresión prom de 1800 psi

Conclusión : Buena cemento, mal acoplamiento a la lutita

- **Intervalo de 8010`a 7980`, arena, agua y petróleo, CAP a 7990`, 18% de porosidad**

TT3 : salto de ciclo

CBL : prom de 2 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, fuertes arribos de formación indican buen acoplamiento a la formación

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión prom de 1880 psi

Conclusión : Excelente cemento

- **Intervalo de 7980`a 7908`, caliza**

TT3: salto de ciclo y entre 7964`y 7909` valor baja a 282 μ s frecuentemente

CNL : entre 4 y 8 mv

VDL : señal de tubería libre frente al subintervalo, el resto indica buen acoplamiento a la formación

PET : Buena adherencia al casing en todo el intervalo, resistencia a la compresion prom de 1600 psi

Conclusión : se presume falla en la herramienta frente al subintervalo, por las lecturas del PET y las condiciones del cemento bajo y sobre del mismo, buen cemento

- **Intervalo de 7908`a 7852`, lutitas, arenas y calizas**

TT3- : salto de ciclo

CBL : aproximadamente 2 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, fuertes arribos de formación indican buen acoplamiento a la formación

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión prom de 2000 psi

Conclusión : Excelente cemento

- Intervalo de 7852`a 7830` arenisca, agua-petròleo, CAP a 7842`,13% de porosidad

TT3 : salto de ciclo

CBL : aproximadamente 2 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, fuertes arribos de formación indican buen acoplamiento a la formación

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión prom de 2000 psi

Conclusión : Excelente cemento

- Intervalo de 7830`a 7600` ,calizas, lutitas y arenas

TT3 : salto de ciclo

CBL : entre 2 y 4 mv, buena presencia de cemento, de 7663`a 7648` 6 mv, regular presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, débiles arribos de formación ,y arribos de lodo indican mal acoplamiento a la formación

PET : buena adherencia al casing hasta 7633`, microanillo hasta 7648`, tramo superior regular adherencia al casing

Conclusion :Excelente cemento menos en el tramo medio, que muestra mala cemento debido posiblemente al diámetro del pozo (prom de 15.5”) en la zona de lutita

En esta operación de cementación se logro los siguientes resultados:

- Excelente columna de cemento hasta 7600‘
- Disminuye adherencia al casing
- Disminuye elcoplamiento a la formación frente a las lutitas que presentan diametro de pozo grande (prom 15”), entre 8132’-8098‘ y 7633’-7648’.

CONCLUSION: Buena cementación

Datos del Pozo

Nombre: **BES2**

Datos de los Registros de Cementación

Profundidad perforada : 8100'

Profundidad de registro : 7902'

Tope de buen cemento : 6900'

Registro principal : 800 psi

Resistencia a la compresion (lab): 3210 psi a **24** hrs

CBL-VDL

Amplitud minima (100% cemento) 2 mv entre 6972'-6978'

Calibracibn : 62.5 mv, 289 μ s, arribos fuertes de casing y seiiales chevron

Sección repetida : microanillos

PET

DEVI 0.5" a 1°, OVAL y ECC menores a 0.1", FTT cte

Calibracibn : FTT cte, **OVAL** y ECC menores a 0.1", BNDP en blanco y seiiales de cuellos

Sección repetida : microanillos y canalizaciones

Evaluación de las características del cemento

• Intervalo de 7890' a 7812' ,arenisca, agua-petrbleo, $\phi \approx 18\%$

TT3 : saltos de ciclo, y 288 cte

CBL : hasta 7860' es mayor a 8mv, poca presencia de cemento, el resto del intervalo tiene entre 2,2 y 4.5 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, regulares arribos de formación y débiles arribos de lodo indican regular acoplamiento a la formación

PET : hasta 7860' mala adherencia al casing, el resto buena adherencia al casing, la resistencia a la compresión promedio es 500 psi y mayor a 100psi respectivamente

Conclusión : tramo inferior mal cemento con microanillos, tramo inferior excelente cemento

- Intervalo de 7812' a 7804' ,caliza

TT3 : salto de ciclo

CBL : 3.5 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, fuertes arribos de formación indican buen acoplamiento a la formación

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión \approx 1000 psi

Conclusión : Excelente cemento

- Intervalo de 7804' a 7774' ,arena, agua petróleo, $\mu \approx 19\%$,CAP a 7800'

TT3 : salto de ciclo y 290 μ s cte hasta 7786'

CBL : tramo inferior entre 7 y 23 mv con poco cemento, el resto aprox 4 mv con buena presencia de cemento

VDL : arribos de casing, regulares arribos de formación indican regular acoplamiento a la formación en el tramo inferior, no arribos de casing y fuertes de formación indican buen acoplamiento a la formación

PET : ala adherencia al casing en el tramo inferior, buena adherencia en el tramo superior, resistencia a la compresión menor a 500 psi y aprox de 2000 psi respectivamente

Conclusión : mal cemento tramo inferior, excelente cemento tramo superior

- Intervalo de 7774' a 7720' ,caliza

TT3 : saltos de ciclo y 289 μ s cte

CBL : entre 3 y 9 mv, regular presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, arribos de formación y débiles arribos de lodo indican regular acoplamiento a la formación

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión mayor a 1000psi

Conclusion : regular cemento, presencia de microanillo entre 7748' y 7744'

- Intervalo de 7720' a 7640' ,arena, agua-petrbleo, $\phi \approx 18\%$,CAP a 7684', LIP (7651'-7656')

TT3 : salto de ciclo y 290 μ s cte

CBL : entre 3 y 5 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, fuertes arribos de formación indican buen acoplamiento a la formación

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión promedio de 1400psi

Conclusión : buen cemento

- Intervalo de 7640' a 7614' ,lutita-arenisca-caliza

TT3 : salto de ciclo y 290 μ s cte

CBL : aprox 4mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, débiles arribos de formación, y arribos de lodo indican mal acoplamiento a la formación

PET : buena adherencia la casing, resistencia a la compresion mayor a 1000 psi

Conclusión : regular cemento

- Intervalo de 7614' a 7594' ,arenisca, petróleo, $\phi \approx 21\%$

TT3 : salto de ciclo

CBL : entre 2 y 4.5 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, fuertes arribos de formación indican buen acoplamiento a la formación

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión aprox de 1500 psi

Conclusión : Excelente cemento

- Intervalo de 7594' a 7550' ,caliza

TT3 : estiramiento y salto de ciclo

CBL : entre 8 y 28 mv, poca presencia de cemento

VDL : arribos de formación y fuertes arribos de formación indican buen acoplamiento a la formación

PET : parcial adherencia l casing, resistencia a la compresión \approx 600 psi

Conclusión :mal cemento, canalización hasta 7560'

– **Intervalo de 7550' a 7520' ,caliza**

TT3 : aprox 290 μ s

CBL : hasta 7536' poco cemento, el resto del intervalo \approx 5 mv, regular cemento

VDL : el tramo inferior con arribos de casing y el tramo superior no arribos de casing, fuertes de formación indican buen acoplamiento a la formación en todo el intervalo

PET : tramo inferior regular y tramo superior buena adherencia al casing, resistencia a la compresión \approx 900 psi y 1500 psi respectivamente

Conclusión : tramo inferior tramo superior regular y excelente cementación

– **Intervalo de 7520' a 7468' ,arenisca, agua, $\phi \approx 24 \%$**

TT3 : salto de ciclo

CBL : entre 2.5 y 4.5 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, regulares arribos de formación indican regular acoplamiento a la formación

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión \approx 1500 psi

Conclusión : buena cementación

– **Intervalo de 7468' a 7428' ,caliza, arena, lutita**

TT3 : \approx 290 μ s cte

CBL : entre 5 y 13 mv, irregular presencia de cemento

VDL : débiles arribos de casing, débiles arribos de formación y arribos de lodo indican mala acoplamiento a la formación

PET : parcial adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 700 psi

Conclusion : mal cemento, presencia de canalización

- Intervalo de 7428' a 7060', lutitas, y calizas entre 7336'-73330' y 7278'-7260'

TT3 : salto de ciclo, 290 μ s cte frente a zonas densas

CBL : entre 3 y 5 mv frente a las lutitas y entre 5 y 15 mv frente a las zonas densas, buena e irregular presencia de cemento respectivamente

VDL : arribos de casing y regulares arribos de formación frente a las zonas densas, no arribos de casing, débiles arribos de lodo y regulares arribos de formación frente a las lutitas, indican regular acoplamiento a la formación

PET : buena y regular adherencia al casing frente a las zonas de lutitas y densas respectivamente, y resistencia a la compresión ≈ 1000 psi

Conclusion : buen cemento, remoción de lodo frente a las lutitas no es buena

- Intervalo de 7060' a 7028' ,arenisca, petróleo, $\phi \approx 20$ %

TT3 : salto de ciclo

CBL : entre 2 y 4 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, arribos regulares de formación y débiles arribos de lodo indican regular acoplamiento a la formación

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 1500 psi

Conclusión : buena cementación, no muy buena remoción de lodo

- Intervalo de 7028' a 7012' ,lutitas-arenisca

TT3 : cte a 294 μ s

CBL : entre 7 y 23 mv, poca presencia de cemento

VDL : arribos de casing, débiles arribos de formacion y arribos de lodo indican mal acoplamiento a la formación

PET : mala adherencia al casing

Conclusión : mal cemento

– **Intervalo de 7012' a 6900' ,lutitas, areniscas**

TT3 : salto de ciclo y cte a 289 μ s

CBL : entre 2 y 5 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, regulares arribos de formación y débiles arribos de lodo indican regular acoplamiento a la formación

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión mayor a 1000psi

Conclusion : buen cemento

En esta operación de cementación se logró los siguientes resultados:

- Buena presencia de cemento en toda la columna hasta el tope.
- No muy buena remoción de lodo desde 7450'.
- Se presenta mal acoplamiento a la formación en zonas de lutitas y areniscas.
- La adherencia al casing también disminuye y se muestran microanillos y canalizaciones frente a las zonas densas (calizas), en la base de la columna también se muestran las mismas condiciones anotadas anteriormente.

CONCLUSION: Buena cementación

Datos del Pozo

Nombre: PYM1

Datos de Registros de Cementación

Profundidad perforada : 10000'

profundidad de registro : 9989'

Tope de buen cemento : 8700'

Presión de registro principal : 500 psi

Resistencia a la compresión (lab): 3330 psi a 24 hrs

CBL-VDL

Amplitud minima (100% cemento) : 1.5 mv (9220'-9226')

Calibración : 62 mv, 284 μ s, arribos de casing fuertes y uniformes señales de chevron

Sección repetida : microanillos

PET

Calibración : FTT cte, OVAL y ECC menores a 0.1''

Sección repetida : canalizaciones y microanillos

Evaluación de las características del cemento

' – Intervalo de 9989' a 9974', arenisca, agua, $\phi \approx 13\%$

TT3 : salto de ciclo

CBL : ≈ 3.5 mv, buena presencia de cemento

VDL : arribos débiles de casing, fuertes arribos de formación indican buen acoplamiento a la formación

PET : parcial adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 1000 psi

Conclusión : regular cemento

- Intervalo de 9974' a 9958', caliza

TT3 : salto de ciclo y cte a $280 \mu\text{s}$

CBL : entre 2.2 y 5.5 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, regulares arribos de formación indican regular acoplamiento a la formación

PET : regular adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 800 psi

Conclusion : regular cemento

- Intervalo de 9958' a 9924', arenisca, agua-petròleo, CAP $\approx 9943'$, $\phi \approx 17\%$

TT3 : cte a $280 \mu\text{s}$

CBL : entre 3 y 12 mv, regular presencia de cemento

VDL : arribos de casing, regulares arribos de formación indican regular acoplamiento a la formación

PET : regular adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 900 psi

Conclusión : regular cemento, posible canalización

- Intervalo de 9924' a 9846', lutita

TT3 : salto de ciclo y cte a $283 \mu\text{s}$

CBL : entre 9924'-9898' y 9860'-9848' mayor que 8 mv el resto del intervalo entre 3 y 7 mv, pobre y buena presencia de cemento

VDL : arribos de casing, débiles arribos de formación y arribos de lodo frente a los tramos anteriormente anotados, y no arribos de casing y regulares arribos de formación en el resto del intervalo, indican mal y buen acoplamiento a la formación

PET : frente a los tramos parcial y en el resto del intervalo regular adherencia casing, resistencia a la compresión \approx 0 psi y 1000 psi respectivamente

Conclusión : mal cemento, presencia de microanillos y canalizaciones

- Intervalo de 9846' a 9828', caliza

TT3 : salto de ciclo

CBL : \approx 3.5 mv, buena presencia de cemento

VDL : débiles arribos de casing, fuertes arribos de formación indican buen acoplamiento a la formación

PET : regular adherencia al casing, resistencia a la compresión \approx 800 psi

Conclusión : regular cemento, microanillo en la parte superior

- Intervalo de 9828' a 9814', lutita

TT3 : salto de ciclo

CBL : \approx 4 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, débiles arribos de formación indican mal acoplamiento a la formación

PET : parcial adherencia al casing, resistencia a la compresión menor a 800 psi

Conclusión : regular cemento, presencia de microanillos y canalizaciones

– **Intervalo de 9814' a 9762', arenisca, agua-petróleo, CAP \approx 9850', $\phi \approx$ 13%**

TT3 : salto de ciclo

CBL : \approx 3.5 mv, buena presencia de cemento

VDL : arribos de casing, fuertes arribos de formación indican buen acoplamiento a la formación

PET : regular adherencia al casing, resistencia a la compresión \approx 1000 psi

Conclusión : regular cemento, presencia de posible canalización

– **Intervalo de 9762' a 9696', arenisca-lutita**

TT3 : salto de ciclo y cte a 280 μ s

CBL : entre 2.5 y 12 mv, irregular presencia de cemento

VDL : débiles arribos de casing, débiles arribos de formación y arribos de lodo indican mal acoplamiento a la formación

PET : parcial adherencia al casing, resistencia a la compresión \approx 1000 psi

Conclusión : mal cemento, presencia de microanillos y canalización

– **Intervalo de 9696' a 9648', caliza**

TT3 : cte 280 μ s

CBL : entre 2.5 y 7.5 mv, regular presencia de cemento

VDL : débiles arribos de casing, fuertes arribos de formación indican buen acoplamiento a la formación

PET : mala adherencia al casing, resistencia a la compresión \approx 100 psi

Conclusión : regular cemento

- Intervalo de 9648' a 9588', lutita

TT3 : cte a 280 μ s

CBL : entre 4 y 13 mv, irregular presencia de cemento

VDL : arribos de casing, débiles arribos de formación indican mal acoplamiento a la formación

PET : mala adherencia al casing, resistencia a la compresión \approx 500 psi

Conclusión : mal cemento, canalizaciones y microanillos

- Intervalo de 9588' a 9544', caliza

TT3 : salto de ciclo

CBL : entre 2 y 7 mv, buena presencia de cemento

VDL : débiles arribos de casing, débiles arribos de formación indican mal acoplamiento a la formación

PET : regular adherencia al casing, resistencia a la compresión \approx 500 psi

Conclusión : regular cemento, presencia de posible canalización hasta 9578'

- Intervalo de 9544' a 9490', arenisca, agua-petròleo, CAP \approx 9530', $\phi \approx$ 18%

TT3 : salto de ciclo

CBL : entre 1.8 y 4.8 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, fuertes arribos de formación indican buen acoplamiento a la formación

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión \approx 1500 psi

Conclusión : Excelente cemento

- Intervalo de 9490' a 9420', arenisca-caliza

TT3 : saltos de ciclo y cte a 281 μ s

CBL : entre 2.8 y 9.5 mv, regular presencia de cemento

VDL : débiles arribos de casing, débiles arribos de formación indican mal acoplamiento a la formación

PET : mala adherencia al casing, resistencia a la compresión \approx 600 **psi**

Conclusión : mal cemento, presencia de microanillos y posible canalización

- Intervalo de 9420' a 9350', caliza

TT3 : salto de ciclo

CBL : \approx 3 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, regulares arribos de formación y débiles de lodo indican regular acoplamiento a la formación, mal acoplamiento entre 9375' y 9350'

PET : entre 9365' y 9350' mala y el resto del intervalo buena adherencia, resistencia a la compresión \approx 700 psi y 1500 psi respectivamente

Conclusión : buen cemento, a partir de 9365' malo, se presenta canalización

- Intervalo de 9350' a 9318', lutita-caliza

TT3 : salto de ciclo y cte 280 μ s

CBL : entre 2 y 8 mv, regular presencia de cemento

VDL : débiles arribos de casing, regulares arribos de formación indican regular acoplamiento a la formación

PET : mala adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 500 psi

Conclusión : mal cemento, presencia de canalización

- Intervalo de 9318' a 9274', lutita

TT3 : cte 281 μ s

CBL : ≈ 7 mv, regular cemento

VDL : arribos de casing, débiles arribos de formación y arribos de lodo indican mal acoplamiento a la formación

PET : mala adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 200 psi

Conclusión : mal cemento, presencia de canalización

- Intervalo de 9274' a 9200', caliza

TT3 : salto de ciclo y cte a 281 μ s

CBL : hasta 9230' entre 3.5 y 11 mv, regular presencia de cemento, ≈ 2 mv hasta 9200 buena presencia de cemento

VDL : débiles arribos de casing, débiles arribos de formación y arribos de lodo hasta 9230' y regulares arribos de formación indican mal y regular acoplamiento a la formación respectivamente

PET : mala adherencia hasta 9230' y buena adherencia al casing el resto del intervalo, resistencia a la compresión ≈ 700 psi y 2200 psi respectivamente

Conclusión : mal cemento en general, menos entre 9220' y 9200'

- Intervalo de 9200' a 9130', lutita

TT3 : salto de ciclo y cte a 281 μ s

CBL : entre 5 15 mv, irregular presencia de cemento

VDL : arribos de casing, débiles arribos de formación y arribos de lodo indican mal acoplamiento a la formacibn

PET : mala adherencia al casing, resistencia a la compresibn \approx 200 psi

Conclusión : mal cemento

- Intervalo de 9130' a 9112', caliza-lutita

TT3 : salto de ciclo

CBL : \approx 4 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, débiles arribos de formación y arribos de lodo indican mal acoplamiento a la formación

, PET : mala adherencia al casing, resistencia a la compresión \approx 700 psi

Conclusión : regular cemento, presencia de canalización

- Intervalo de 9112' a 9014', lutita

TT3 : salto de ciclo y cte a 280 μ s

CBL : entre 3 y 13 mv, irregular presencia de cemento

VDL : arribos de casing, débiles arribos de formación y arribos de lodo indican mal acoplamiento a la formacibn

PET : mala adherencia al casing, resistencia a la compresibn \approx 700 psi

Conclusión : mal cemento, canalizaciones y microanillos

- Intervalo de 9014' a 8900', caliza

TT3 : salto de ciclo

CBL : $\approx 2,5$ mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, débiles arribos de formación y arribos de lodo indican mal acoplamiento a la formación

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 1500 psi

Conclusion : regular cemento

- Intervalo de 8900' a 8825', lutita

TT3 : salto de ciclo y cte a **280** μ s

CBL : entre 3 y 15 mv, de regular a pobre presencia de cemento

YDL : arribos de casing, débiles arribos de formación y arribos de lodo indican mal acoplamiento a la formación

PET : mala adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 500 psi

Conclusión : mal cemento

- Intervalo de 8825' a 8720', lutita

TT3 : salto de ciclo

CBL : ≈ 3 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, débiles arribos de formación y arribos de lodo indican mal acoplamiento a la formación

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 1500 psi

Conclusión : regular cemento, presencia de posible canalización entre 8794' y 8776'

En esta operación de cementación se logró los siguientes resultados:

- Regular columna de cemento, la presencia del mismo disminuye en las zonas donde el diámetro del pozo es mayor (12"-19").
- La remoción de lodo es muy pobre en general, especialmente en las zonas mayor diámetro de pozo.
- La adherencia al casing es mala.
- Presencia de microanillos y canalizaciones que se distribuyen a lo largo de toda la columna de cemento, siendo necesario realizar trabajos de squeeze frente a dos de las zonas de interés .

CONCLUSION: Mala cementación

Datos del Pozo

Nombre: MYN3

Datos de Registros de Evaluación de Cemento

Profundidad de registro : 7960'

Profundidad perforada : 7970'

Tope de buen cemento: 7000'

Registro principal a 500 psi

Resistencia a la compresión (lab): **3330** psi a 24 hrs

CBL-VDL

Amplitud mínima (100% cemento) : 2 mv a 7690'

Calibración : **284** μ s, 62 mv, arribos de casing claros y uniformes con señales chevron

Sección repetida : microanillos

PET

DEVI entre 1° y 2.5°, ECC Y OVAL MENORES A 0.1”

Calibración : TT5 constante, OVAL y ECC menores a 0.1 “, BNDP blanco y señales de cuellos

Sección repetida : microanillos

Evaluación de las Características del Cemento

– Intervalo de 7960' a 7926' (arenisca, petróleo, $\phi \approx$ del pozo es 9'')

TT3-- salto de ciclo y estiramientos

CBL-- valor promedio de 4 mv indicativo de buena presencia de cemento

VDL-- arribos de formación, indicando buen acoplamiento a la formación, no se ve arribos de casing

PET-- se observa la presencia de un microanillo, resistencia a la compresión promedio de 500 psi

Conclusión: mal cemento

– Intervalo de 7926' a 7896' (caliza, $\phi \approx$ del pozo es 10'')

TT3-- estiramiento

CBL-- valor entre 4 mv y 7 mv ,regular presencia de cemento

VDL-- arribos claros de formación buen acoplamiento a la formación, menos de 7910' a 7900' débiles arribos de formación indicando mal acoplamiento a la formación, se ve arribos de casing de 7920' a 7910' indicando mala adherencia al casing

PET-- se observa presencia de microanillos, mala adherencia al casing, resistencia a la compresión menor a 500 psi

Conclusión : regular cemento

– Intervalo de 7896' a 7819' (arenisca, agua y petróleo, CAP a 7836', $\phi =$ del pozo- 9.2'')

TT3-- salto de ciclo.

CBL-- valor promedio de 2.5 mv, buena presencia de cemento,

VDL-- arribos de formación poco claros, acoplamiento a la formación regular, arribos débiles de casing indican adherencia regular al casing

PET-- se observa canalizaciones, resistencia a la compresión promedio de 1000 psi

Conclusión : regular cemento, excentralización de la herramienta por lo cual los datos no son muy confiables

- Intervalo 7819' a 7778' (arenisca, agua y petróleo, CAP a 7808, $\phi \approx$ del pozo - 9.3")

TT3-- salto de ciclo.

CBL-- valor promedio 2.6 mv, buena presencia de cemento, de 7819' a 7808' promedio de 15 mv, poca presencia de cemento

VDL-- arribos débiles de formación, acoplamiento regular a la formación, no arribos de casing, excepto en el subintervalo (7819' -7808') mal acoplamiento a la formación, arribos débiles de casing, regular adherencia casing-cemento.

PET-- regular adherencia al casing, resistencia a la compresión mayor a 1000 psi

Conclusión : regular cemento, presencia de microanillo en la parte inferior

- Intervalo de 7778 a 7730' (caliza, $\phi \approx$ del pozo - 10")

TT3-- salto de ciclo.

CBL-- valor promedio de 3 mv, buena presencia de cemento

VDL-- arribos de formacibn poco claros, acoplamiento regular a la formacibn, no hay arribos de casing.

PET-- regular adherencia al casing, resistencia a la compresibn promedio de 1000 psi

Conclusibn : regular cemento, canalizacibn en el extremo superior y poca presencia de cemento

- Intervalo de 7730`a 7688` (arenisca, agua, $\phi \approx$ del pozo - 9.3`)

TT3-- salto de ciclo.

CBL-- valor entre 2 y 4 mv, buena presencia de cemento

VDL-- arribos de formacibn débiles, regular acoplamiento a la formación, no arribos de casing

PET-- regular adherencia al casing, resistencia a la compresibn promedio de 1000 psi

Conclusibn : regular cemento, excentricidad en el PET, registro no muy confiable

- Intervalo de 7682` a 7648` (arenisca con intercalaciones de lutita, agua, ϕ del pozo de 9.3` a 10.5`).

TT3-- salto de ciclo.

CBL-- valor entre 2 y 3 mv, buena presencia de cemento.

VDL-- débiles arribos de formacibn, pobre acoplamiento a la formacibn, no arribos de casing

PET-- regular adherencia al casing, resistencia a la compresión **mayor a 1000psi**

Conclusibn: regular cemento.

- Intervalo de 7648`a 7630` (caliza, ϕ del pozo - 10`)

TT3-- salto de ciclo.

CBL-- valor entre 2 y 3 mv, buena presencia de cemento

VDL-- débiles arribos de formacibn, pobre acoplamiento a la formación, no arribos de casing

PET-- buena adherencia al casing, resistencia a la compresión mayor a 1200 psi

Conclusión: regular cemento

- Intervalo de 7630' a 7582' (arenisca, petróleo, CAP a 7630', ϕ del pozo de 9.2" a 10"

TT3-- salto de ciclo.

CBL-- valor de 2 a 3 mv, buena presencia de cemento. De 7598' a 7582' la amplitud cercana a 7mv., regular presencia de cemento.

CVL-- claros arribos de formación, buen acoplamiento a la formación; no arribos de casing, a excepcibn del subintervalo antes mencionado donde existe débiles arribos de casing.

PET-- buena adherencia al casing, resistencia a la compresión promedio de 2000 psi

Conclusión: regular cemento, presencia de microanillo en el tope superior.

- Intervalo de 7582' a 7522' (caliza, ϕ del pozo - 10")

TT3-- constante

CBL-- valor variable mayor a 7mv, regular presencia de cemento.

VDL-- arribos de formacibn, regular acoplamiento a la formacibn, fuertes arribos de casing

TT3-- salto de ciclo.

CBL-- valor entre 2 y 3 mv, buena presencia de cemento

VDL-- débiles arribos de formacibn, pobre acoplamiento a la formacibn, no arribos de casing

PET-- buena adherencia al casing, resistencia a la compresibn mayor a 1200 psi

Conclusión: regular cemento

- Intervalo de 7630' a 7582' (arenisca, petrbleo, CAP a 7630, ϕ del pozo de 9.2" a 10"

TT3-- salto de ciclo.

CBL-- valor de 2 a 3 mv, buena presencia de cemento. De 7598' a 7582' la amplitud cercana a 7mv., regular presencia de cemento.

CVL-- claros arribos de formacibn, buen acoplamiento a la formacibn; no arribos de casing, a excepción del subintervalo antes mencionado donde existe débiles arribos de casing.

PET-- buena adherencia al casing, resistencia a la compresibn promedio de 2000 psi

Conclusión: regular cemento, presencia de microanillo en el tope superior.

- Intervalo de 7582' a 7522' (caliza, ϕ del pozo - 10")

TT3-- constante

CBL-- valor variable mayor a 7mv, regular presencia de cemento.

VDL-- arribos de formacibn, regular acoplamiento a la formacibn, fuertes arribos de casing

PET-- pobre adherencia al casing, microanillo de 30' aproximadamente, resistencia a la compresión menor a 500 psi

Conclusión: Mal cemento, presencia de microanillos.

- Intervalo de 7522`a 7476' (arenisca, agua , ϕ del pozo- 9.4")

TT3-- salto de ciclo

CBL-- valor de 2 a 3 mv, buena presencia de cemento

VDL-- arribos de formación débiles, regular acoplamiento a la formación, no arribos de casing

PET-- buena adherencia al casing, resistencia a la compresión mayor a 1000 psi, excentralización de la herramienta, pequeña canalización

Conclusión: regular cemento.

- Intervalo de 7476`a 7064' (calizas, lutitas y areniscas, ϕ del pozo es 10" frente a las calizas, de 7430`a 7360' es de 12"y de 7180`a 7100`es de 11")

TT3-- saltos de ciclo ,estiramientos y constantes

CBL-- valores se mantienen entre 2 y 8 mv, observándose valores muy altos frente a las calizas, buena presencia de cemento

VDL-- débiles arribos de formación, salvo frente a las zonas de calizas, en general pobre acoplamiento a la formación, no arribos de casing

PET-- presencia de muchos microanillos y canalizaciones, especialmente frente a las zonas de lutitas (7400`- 7300`y 7250`-7200`) incrementándose conforme se aproxima al tope de cemento

Conclusión: mal cemento

- Intervalo 7064' a 7046' (arenisca, agua, ϕ del pozo - 9.7")

TT3-- constante

CBL-- valor de 2 a 4.5 mv, buena presencia de cemento

VDL-- débiles arribos de formación, regular acoplamiento a la formación, no arribos de casing

PET-- regular adherencia al casing, resistencia a la compresión menor a 1000 psi.

Conclusión: regular cemento.

En esta operación de cementación se logró los siguientes resultados:

- Columna de cemento regular.
- Presencia de cemento disminuye algo frente a las calizas principal y superiores.
- Acoplamiento a la formación regular, disminuye con la profundidad.
- Presencia de lodo entre cemento y formación en las arenas de interés medias y a partir de 7470'.
- Adherencia al casing mala en general.
- Presencia de microanillos y canalizaciones en la base de la columna y frente a las formaciones más densas y frente a las lutitas con un diámetro de pozo grande.

CONCLUSION: Regular cementación

Datos del Pozo

Nombre: BES3

Datos de Registros de Evaluación de Cementación

Profundidad perforada : 10020'

Profundidad de registro : 9984'

Tope de buen cemento : 8600'

Presión de registro principal : 500 psi

Resistencia a la compresión (lab): 2650 psi a 24 hrs

CBL-VDL

Amplitud mínima (100% de cemento) : 1.7 mv (9946'-9944')

Calibración : 62.5 mv, 287 μ s, fuertes y uniformes arribos de casing, señales chevron

Sección repetida : microanillos

PET

DEVI entre 1° y 2° , OVAL y ECC menores a 0.1''

Calibración : FTT cte, OVAL y ECC menores a 0.1 '' , BNDP en blanco y señales de cuello

Sección repetida : canalizaciones

Evaluación de las Características del Cemento

– Intervalo de 9984' a 9912' , arenisca

TT3 : salto de ciclo

CBL : ≈ 3 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, fuertes arribos de formacibn indican buen acoplamiento a la formación

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 2500 psi

Conclusibn : Excelente cemento, frente a zona densa pierde un poco de adherencia

- Intervalo de 9912' a 9850' , arenisca, agua-petròleo, $\phi \approx 18\%$, CAP a 9908'

TT3 : salto de ciclo

CBL : ≈ 2.8 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, regulares arribos de formacibn indican buen acoplamiento al a formacibn

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 2500 psi

Conclusibn : Excelente cemento

- Intervalo de 9850' a 9740' ,lutitas-calizas (9764'-9740')

TT3 : cte a $287 \mu s$

CBL : entre 3,6 y 12 mv, buena presencia de cemento, pobre presencia entre 9748' y 9744'

VDL : no arribos de casing, regulares arribos de formacibn indican regular acoplamiento a la formación

PET : mala adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 1000 psi

Conclusión : regular cementacibn, presencia de microanillos y canalizaciones

- Intervalo de 9740' a 9703' ,arenisca, agua, $\phi \approx 20 \%$

TT3 : salto de ciclo

CBL : entre 2.2 y 3.4 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, fuertes arribos de formación indican buen acoplamiento a la formación

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 2000 psi

Conclusión : Excelente cemento

- Intervalo de 9703' 9626' ,arenisca -lutita

TT3 : salto de ciclo

CBL : ≈ 3 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, regulares arribos de formación indican regular acoplamiento a la formación

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 2500 psi

Conclusión : buen cemento

- Intervalo de 9626' a 9602' ,caliza

TT3 : salto de ciclo

CBL : ≈ 3.4 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, fuertes arribos de formación indican buen acoplamiento a la formación

PET : regular adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 2000 psi

Conclusión : buen cemento, canalización entre 9612' y 9606'

- Intervalo de 9602' a 9510' ,lutita

TT3 : salto de ciclo y estiramiento

CBL : ≈ 4 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, débiles arribos de formación y arribos de lodo indican mal acoplamiento a la formación

PET : regular adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 1000 psi

Conclusión : regular cemento, canalizaciones entre 9592' y 9576' ,9532' y 9510'

- Intervalo de 9510' a 9488' ,arenisca,petróleo, $\phi \approx 18\%$

TT3 : cte a **288** μ s

CBL : entre 2.5 y 7.5 mv, regular presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, fuertes arribos de formación indican buen acoplamiento a la formación

PET : mala adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 1000 psi

Conclusión : mal cemento, canalización a lo largo del intervalo

- Intervalo de 9488' a 9474' ,arenisca-lutita,agua,

TT3 : salto de ciclo

CBL : ≈ 3 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, fuertes arribos de formación indican buen acoplamiento a la formación

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 2000 psi

Conclusión : Excelente cemento

- Intervalo de 9474' a 9464' ,arenisca, petróleo, $\phi \approx 18\%$

TT3 : salto de ciclo

CBL : 2,8 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, fuertes arribos de formación indican buen acoplamiento a la formación

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 2000 psi

Conclusión : Excelente cemento

- Intervalo de 9464' a 9412' ,lutita-caliza

TT3 : salto de ciclo y cte a 287 μ s

CBL : 4 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, débiles arribos de formación y arribos de lodo indican mal acoplamiento a la formación

PET : regular adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 1500 psi hasta 9426', y menor a 1000psi en el resto del intervalo

Conclusión : regular cemento, presencia de microanillos y canalizaciones entre 9428' y 9412'

- Intervalo de 9412' a 9350' ,caliza

TT3 : cte a 287 μ s

CBL : entre 3.5 y 12 mv, irregular presencia de cemento de buena a pobre

VDL : arribos de casing, regulares arribos de formación indican regular acoplamiento a la formación

PET : mala adherencia al casing, resistencia a la compresión menor a 1000 psi

Conclusión : regular cemento, presencia de microanillos y canalizaciones

- Intervalo de 9350' a 9246' ,lutita y arenisca, diámetro del pozo ≈ 18"

TT3 : cte a 286 μ s

CBL : entre 4 y 15 mv, irregular presencia de cemento de buena a pobre

VDL : débiles arribos de casing, débiles arribos de formación indican regular acoplamiento a la formación

PET : mala adherencia al casing, resistencia a la compresión menor a 1000 psi

Conclusión : mal cemento, presencia de microanillos y canalizaciones

- Intervalo de 9426' a 9200' ,arenisca caliza

TT3 : saltos de ciclo y cte a 286 μ s

CBL : entre 3.4 y 9 mv, regular presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, débiles arribos de formación indican regular acoplamiento a la formación

PET : regular adherencia al casing, resistencia a la compresión menor a 1000 psi

Conclusión : regular cemento, presencia de microanillos hasta 9226'

- Intervalo de 9200' a 9000' ,lutita, diámetro del pozo ≈ 15"

TT3 : cte a 286 μ s

CBL : entre 4 y 9 mv, regular presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, débiles arribos de formación y arribos de lodo indican mal acoplamiento a la formación

PET : mala adherencia al casing, resistencia a la compresión menor a 800 psi

Conclusión : mal cemento, notable presencia de lodo

- Intervalo de 9000' a 8895', arenisca-caliza

TT3 : salto de ciclo

CBL : ≈ 3.5 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, regulares arribos de formación y de lodo indican mal acoplamiento a la formación

PET : mala adherencia al casing hasta 8980', mejorando notablemente en el resto del intervalo, resistencia a la compresión ≈ 1200 psi

Conclusión : regular cemento, microanillos en el tramo inferior, canalización entre 8958' y 8930'

- Intervalo de 8895' a 8725' ,arenisca-caliza, diámetro del pozo $\approx 12''$

TT3 : salto de ciclo

CBL : ≈ 3.5 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, regulares arribos de formación y débiles de lodo indican regular acoplamiento a la formación

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 1800 psi

Conclusión : buen cemento, presencia de lodo entre el cemento y la formación

- Intervalo de 8725' a 8705' ,arenisca, petróleo, $\phi \approx 18\%$

TT3 : salto de ciclo

CBL : ≈ 4.5 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, débiles arribos de formación indican parcial acoplamiento a la formación

PET :buena adherencia al casing, resistencia a la compresión \approx 1300 psi

Conclusion : buen cemento

- Intervalo de 8705' a 8600' ,arenisca-lutita

TT3 : salto de ciclo y cte a 286 μ s

CBL : m 4 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, regulares arribos de formación indican regular acoplamiento a la formación

PET :regular adherencia al casing, resistencia a la compresión \approx 1000 psi

Conclusión :regular cemento, presencia de canalización en la parte superior

En esta operaciones de cementación se logró los siguientes resultados:

- Buena columna de cemento, disminuye frente a las calizas, y en las zonas superiores con diámetro de pozo \approx 18".
- Presencia de lodo frente a las formaciones suaves, mostrando las mismas parcial acoplamiento a la formación.
- La adherencia al casing es mala frente a las lutitas inferiores con diámetros de pozo \approx 15" al igual que frente a la caliza principal y lutitas superiores

CONCLUSION: Regular cementación

Datos del Pozo

Nombre: PYM2

Datos de Registros de Evaluación de Cementación

Profundidad perforada : 9450'

Profundidad de registro : 9443'

Tope de buen cemento : 8300'

Presión de registro principal : 500 psi

Resistencia a la compresión (lab): 2920 psi a 24 hrs

CBL-VDL

Amplitud minima (100% cemento) : 1.8 mv (9306'-9309')

Calibración : 62 mv, 290 μ s, fuertes y uniformes arribos de casing, señales de chevron

Sección repetida : microanillos

PET

DEVI 0° - 0.8°, OVAL y ECC menor a 0.1", FTT cte

Calibración : FTT cte, OVAL y ECC menor a 0.1", BNDP en blanco y señales de cuello

Sección repetida : microanillos

Evaluación de las Características del Cemento

– Intervalo de 9433' a 9370', arenisca

TT3 : salto de ciclo

CBL : ≈ 2.1 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, fuertes arribos de formación indican buen acoplamiento a la formación

PET : buena adherencia al; casing, resistencia a la compresión ≈ 1500 psi

Conclusión : buen cemento, presencia de posible canalización

– Intervalo de 9370' a 9348, arenisca no desarrollada

TT3 : salto de ciclo

CBL : ≈ 2.7 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, regulares arribos de formación indican regular acoplamiento a la formación

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 1400 psi

Conclusión : buen cemento, presencia posible de canalización

– Intervalo de 9348' a 9296', arenisca, petróleo, $\phi \approx 10$

TT3 : salto de ciclo

CBL : entre 1.9y 5 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, fuertes arribos de formación indican buen acoplamiento a la formación

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 1700 psi

Conclusión : buen cemento

– **Intervalo de 9296' a 9276', caliza**

TT3 : salto de ciclo

CBL : entre 2 y 4.2 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, fuertes arribos de formación indican buen acoplamiento a la formación

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión \approx 1700psi

Conclusión : buen cemento, presencia de posible canalización

– **Intervalo de 9276' a 9252', arenisca, agua**

TT3 : salto de ciclo

CBL : entre 1.8y 2.8 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, fuertes arribos de formación indican buen acoplamiento a la formación

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión \approx 1700

Conclusión : buen cemento

– **Intervalo de 9252' a 9212', lutita**

TT3 : salto de ciclo

CBL : entre 2 y 2.8 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, regulares arribos de formación y débiles arribos de lodo indican regular acoplamiento a la formación

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión \approx 1800 psi

Conclusión : buen cemento, presencia de posible canalización

- Intervalo de 9212' a 9150', caliza

TT3 : salto de ciclo

CBL : entre 2.2 y 4.1 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, regulares arribos de formación y arribos de lodo indican mal acoplamiento a la formación

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 1500 psi

Conclusion : regular cemento, presencia de posible canalización a través del intervalo

- Intervalo de 9150' a 9102', arenisca-lutita-caliza, petróleo, $\phi \approx 12\%$

TT3 : salto de ciclo

CBL : $\approx 2,4$ mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, regulares arribos de formación indican regular acoplamiento a la formación

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 1900 psi

Conclusion : buen cemento

- Intervalo de 9102' a 9060', lutita-caliza

TT3 : salto de ciclo

CBL : ≈ 2.6 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, regulares arribos de formación y arribos de lodo indican mal acoplamiento a la formación

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 1900 psi

Conclusión :regular cemento,

– **Intervalo de 9060' a 9044', arenisca, agua-petròleo, CAP \approx 9056', $\phi \approx$ 11%**

TT3 : salto de ciclo

CBL : \approx 2.4 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, débiles de formación indican buen acoplamiento a la formación

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión \approx 2000 psi

Conclusion : buen cemento,

– **Intervalo de 9044' a 8974', caliza**

TT3 : salto de ciclo, entre 8990' y 8987' falla la herramienta (CBL-VDL)

CBL : entre 2 y 7.5 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, regulares arribos de formación y arribos de lodo indican mal acoplamiento a la formación

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión \approx 1500 psi

Conclusión : regular cemento, presencia de posibles canalizaciones

– **Intervalo de 8974' a 8948', arenisca no desarrollada**

TT3 : salto de ciclo

CBL : entre 2.5 y 5 mv hasta 8960' el resto del intervalo \approx 5.5 mv, buena y regular presencia de cemento respectivamente

VDL : no arribos de casing, fuertes arribos de formacibn en el tramo superior y débiles arribos de formacibn y arribos de lodo en el inferior, indican buen y mal acoplamiento a la formacibn respectivamente

PET : regular adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 1800 psi

Conclusión : regular cemento, presencia de posible canalizacibn

- Intervalo de 8948' a 8864', lutita-caliza

TT3 : salto de ciclo

CBL : ≈ 3 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, débiles arribos de formación y arribos de lodo indican mal acoplamiento a la formacibn

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 1400 psi

Conclusibn : regular cemento, presencia de posible canalización atrevas del intervalo

- Intervalo de 8864' a 8683', lutitas-calizas-arenisca no desarrolladas

TT3 : salto de ciclo

CBL : entre 2.6 y 5.9 mv (≈ 3.5), buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, regulares arribos de formación y arribos de lodo indican mal acoplamiento ala formacibn

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 1400 psi

Conclusión : regular cemento, presencia de posibles canalizaciones en todo el intervalo

- Intervalo de 8684' a 8631', calizas-arenas no desarrolladas

TT3 : salto de ciclo

CBL : ≈ 4 mv, buena presencia de cemento

KDL : no arribos de casing, regulares arribos de formación y débiles arribos de lodo indican regular acoplamiento a la formación

PET : regular adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 1200 psi

Conclusión : regular cemento, presencia de microanillo y posible canalización

– Intervalo de 8631' a 8550', arenisca no desarrollada

TT3 : salto de ciclo

CBL : ≈ 4 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, fuertes arribos de formación y débiles arribos de lodo indican buen acoplamiento a la formación

PET : regular adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 1200 psi

Conclusión : regular cemento, presencia de posibles canalizaciones

– Intervalo de 8550' a 8360', lutita-arenisca

TT3 : salto de ciclo

CBL : ≈ 2.8 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, fuertes arribos de formación y arribos de lodo indican regular adherencia a la formación

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 1800 psi

Conclusión : regular cemento, presencia de posible canalización entre 8515' -8462' y 8410'-8360'

- Intervalo de 8360' a 8300', arenisca-lutita

TT3 : salto de ciclo

CBL : entre 2.7 y 6.3 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, regulares arribos de formación indican regular acoplamiento a la formación

PET : mala adherencia al casing, resistencia a la compresión \approx 800 psi

Conclusión : regular cemento, con mala adherencia al casing

En esta operación de cementación se logró los siguientes resultados:

- Buena columna de cemento, disminuyendo poco frente a las zonas duras.
- Buena adherencia al casing en general.
- Buena remoción de lodo bajo la caliza principal, por lo tanto se tiene un buen acoplamiento a la formación en las zonas de interés.
- Presencia de posibles canalizaciones a lo largo de toda la columna de cemento.

CONCLUSION: Buena cementación

Datos del Pozo

Nombre: **PYM3**

Datos de Registros de Evaluación de Cementación

Profundidad perforada : 9821'

Profundidad de registro : 9821'

Tope de buen cemento : 8700'

Presión de registro principal : 1000psi

Resistencia a la compresión (lab): 2890 psi a 24 hrs

CBL-VDL

Amplitud mínima (100% cemento) : 1.7 mv (9482'-9490')

Calibración : 62 mv, 291 μ s, arribos claros y uniformes de casing, señales chevron frente a los cuellos

Sección repetida : microanillos

PET

DEVI - 0 a 1.2°, OVAL y ECC menor que 0.1", FTT cte

Calibración : FTT cte, OVAL Y ECC menor a 0.1", BNDP en blanco con señales de cuellos

Sección repetida : correcta

Evaluación de las Características del Cemento

– Intervalo de 9816' a 9772', lutita

TT3 :cte a 287 μ s

CBL : \approx 3.5 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, fuertes arribos de formación y arribos de lodo indican regular acoplamiento a la formacibn

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión \approx 1000 psi

Conclusibn : regular cemento

– Intervalo de 9772' a 9707', arenisca, agua,

TT3 : saltos de ciclo y cte a 288 μ s

CBL : \approx 2.5 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, regulares arribos de formación indican regular acoplamiento a la formación

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión \approx 1500 psi

Conclusibn : buen cemento

– Intervalo de 9707' a 9670', arenisca sucia

TT3 : saltos de ciclo y cte a 288 μ s

CBL : \approx 2.2 my, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, regulares arribos de formación indican regular acoplamiento a la formación

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión \approx 2000 psi

Conclusión : buen cemento

- Intervalo de 9670' a 9630', arenisca, agua

TT3 : saltos de ciclo y cte a 289 μ s

CBL : \approx 2 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, arribos de formación y débiles arribos de lodo indican regular acoplamiento a la formación

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión \approx 1800 psi

Conclusión : buen cemento

- Intewalo de 9630' a 9590', arenisca sucia

TT3 : salto de ciclo y cte 290 μ s

CBL : \approx 2.3 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, fuertes arribos de formación indican buen acoplamiento a, la formación

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión \approx 1800psi

Conclusión : buen cemento

- Intervalo de 9590' a 9550', lutita

TT3 : saltos de ciclo y cte a 290 μ s

CBL : \approx 2 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, regulares arribos de formación y arribos de lodo indican mal acoplamiento a la formación

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión \approx 1500psi

Conclusión : buen cemento

– **Intervalo de 9550' a 9498, caliza**

TT3 : saltos de ciclo y cte a $288 \mu\text{s}$

CBL : $\approx 2.4 \text{ mv}$, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, regulares arribos de formación y débiles arribos de lodo indican regular acoplamiento a la formación

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión $\approx 1700 \text{ psi}$

Conclusión : buen cemento

– **Intervalo de 9498' a 9460', arenisca, agua-petròleo, CAP $\approx 9488'$, $\phi \approx 15 \%$**

TT3 : salto de ciclo

CBL : $\approx 2 \text{ mv}$, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, regulares arribos de formación y débiles arribos de lodo indican regular acoplamiento a la formación

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión $\approx 1800 \text{ psi}$

Conclusión : buen cemento

– **Intervalo de 9460' a 9445', lutita**

TT3 : salto de ciclo

CBL : $\approx 2 \text{ mv}$, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, regulares arribos de formación y arribos de lodo indican mal acoplamiento a la formación

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión $\approx 1500 \text{ psi}$

Conclusión :regular cemento

– Intervalo de 9445' a 9428', arenisca no desarrollada

TT3 : salto de ciclo y cte a 289 μ s

CBL : \approx 2.4 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, regulares arribos de formación indican regular acoplamiento a la formación

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión \approx 1800 psi

Conclusión : buen cemento

– Intervalo de 9428' a 9352', lutita-caliza-areniscano desarrollada

TT3 : saltos de ciclo y cte a 288 μ s

CBL : \approx 2.5 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, regulares arribos de formación y arribos de lodo hasta 9390'(lutita) indican regular y mal acoplamiento a la formación respectivamente

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión \approx 1700 psi

Conclusión :regular cemento

– Intervalo de 9352' a 9290', caliza

TT3 : saltos de ciclo y cte a 288 μ s

CBL : hasta 9330' \approx 4 mv y el resto del intervalo entre 2.5 y 8 mv, buena y regular presencia de cemento

VDL : arribos de casing entre 9324' y 9314', regulares arribos de formación y débiles arribos de lodo indican regular acoplamiento a la formación

PET :buena adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 1000 psi

Conclusión :regular cemento

- Intervalo de 9290' a 9270', arenisca no desarrollada

TT3 : salto de ciclo

CBL : ≈ 2.5 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, fuertes arribos de formación indican buen acoplamiento a la formación

PET :buena adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 1500 psi

Conclusión : Excelente cemento

- Intervalo de 9270' a 9244', lutita

TT3 : cte **288** μ s

CBL : ≈ 2.5 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, fuertes arribos de formación y débiles arribos de lodo indican regular acoplamiento a la formación

PET :buena adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 1400 psi

Conclusión : buen cemento

- Intervalo de 9244' a 9010', lutita

TT3 : cte a **286** μ s

CBL : entre 9157' y 9175' ≈ 8 mv y el resto de intervalo **2 y 5** mv ,regular y buena presencia de cemento

VDL : solamente en el tramo señalado débiles arribos de casing, regulares arribos de formación y arribos de lodo indican mal acoplamiento a la formación

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión \approx 1300psi

Conclusión : buen cemento, presencia de posible canalización desde 9058'

- Intervalo de 9010' a 8970', caliza-lutita

TT3 : salto de ciclo y cte a 288 μ s

CBL : entre 2 y 5 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, débiles de formación y arribos de lodo indican mal acoplamiento a la formación

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión \approx 1500psi

Conclusión : regular cemento, presencia de posible canalización en la frente inferior

- Intervalo de 8970' a 8850', arenisca no desarrollada

TT3 : cte a 288 μ s

CBL : entre 2 y 4.8 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, fuertes arribos de formación y débiles arribos de lodo indican buen acoplamiento a la formación

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión \approx 1800psi

Conclusión : regular cemento, presencia de posible canalización entre 8940' y 8900'

- Intervalo de 8850' a 8700', lutita-caliza

TT3 : cte a 287 μ s

CBL : entre 2.6 y 8 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, regulares arribos de formación y débiles arribos de lodo indican regular acoplamiento a la formación

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión hasta 8790' \approx 1000 psi y el resto del intervalo \approx 1500psi

Conclusión : regular cemento, presencia de posibles canalizaciones y microanillos especialmente en el tramo inferior y entre 8720' y 8700'

En esta operación de cementación se logró los siguientes resultados:

- Buena columna de cemento
- Buena adherencia al casing.
- Acoplamiento a la formación regular, disminuyendo el mismo en las zonas suaves.
- Presencia de posibles canalizaciones a partir de 9050', especialmente frente a las zonas superiores que cubre la columna de buen cemento.

CONCLUSION: Buena cementación

Datos del Pozo

Nombre: **MYN4**

Datos de Registros de Cementación

Profundidad perforada : 10100'

Profundidad de registro : 10011'

Tope de buen cemento : 8400'

Presión de registro principal : 800 psi

Resistencia a la compresión (lab): 22 10 psi a 24 hrs

CBL-VDL

Amplitud minima (100% cemento) : 1.2 mv (8692' - 8699')

Calibración : 63 mv, 290 μ s, fuertes y uniformes arribos de casing, seiales chevron

Sección repetida : microanillos

PET

Calibración : FTT cte, OVAL y ECC menores a 0.1", BNDP en blanco y seiales de cuellos

Sección repetida : microanillos y canalizaciones

Evaluación de las Características del Cemento

- Intervalo de 10011' a 9904' , arenisca de baja permeabilidad, caliza hasta 1004'

TT3 : salto de ciclo y estiramiento

CBL : entre 2 y 7 mv, regular presencia de cemento

VDL : débiles arribos de casing, fuertes arribos de formación indican buen acoplamiento a la formación

PET : regular adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 1000 psi

Conclusión : regular cemento, posible presencia de canalizaciones

- Intervalo de 9904' a 9874' , arenisca, agua petróleo, CAP $\approx 9996'$, $\phi \approx 12\%$

TT3 : salto de ciclo

CBL : ≈ 3.3 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, fuertes arribos de formación indican buen acoplamiento a la formación

PET : regular adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 1200 psi

Conclusión : regular cemento, presencia de canalización

- Intervalo de 9874' a 9857' , arenisca no desarrollada

TT3 : salto de ciclo

CBL : ≈ 3 mv, buena presencia de cemento

VDL : débiles arribos de casing, fuertes arribos de formación indican buen acoplamiento a la formación

PET : regular adherencia al casing, resistencia a la compresión 000 psi

Conclusión : regular cemento, posible presencia de canalizaciones

- Intervalo de 9857' a 9830' , arenisca, agua-petròleo, CAP $\approx 9852'$, $\phi \approx 17\%$

TT3 : salto de ciclo

CBL : ≈ 2.5 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, fuertes arribos de formación indican buen acoplamiento a la formación

PET : regular adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 1000 psi

Conclusión : regular cemento, posible presencia de canalización

- Intervalo de 9830' a 9734' ,lutitas

TT3 : salto de ciclo

CBL : ≈ 3.5 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, regulares arribos de formación indican regular acoplamiento a la formación

PET : mala adherencia al casing hasta 9784', el resto buena adherencia, resistencia a la compresión menor a 100 psi y ≈ 2000 psi respectivamente

Conclusión : regular cemento, tramo inferior tiene una canalización

- Intervalo de 9734' a 9690' ,arenisca, agua-petròleo, LIP $\approx 9708'$, $\phi \approx 13\%$

TT3 : salto de ciclo

CBL : ≈ 2 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, fuertes arribos de formación indican buen acoplamiento a la formación

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 2000 psi

Conclusión : Excelente cemento

- Intervalo de 9690' a 9672' ,arenisca-caliza

TT3 : salto de ciclo

CBL : ≈ 2 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, regulares arribos de formación indican regular acoplamiento a la formacin

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 2000 psi

Conclusión : buen cemento

- Intervalo de 9672' a 9650' ,arenisca, agua-petròleo, LIP $\approx 9670'$, $\phi \approx 15\%$

TT3 : salto de ciclo

CBL : ≈ 2 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, fuertes arribos de formación indican buen acoplamiento a la formación

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 2000 psi

Conclusión : Excelente cemento

- Intervalo de 9650' a 9596' ,arenisca-caliza

TT3 : salto de ciclo

CBL : entre 9626' y 9596' ≈ 4 mv y el resto ≈ 2 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, fuertes arribos de formación y débiles arribos de lodo indican buen acoplamiento a formación

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión en el tramo medio ≈ 1000 psi, y en el resto del intervalo ≈ 2000 psi

Conclusión : buen cemento

- Intervalo de 9595' a 9570' , caliza

TT3 : salto de ciclo

CBL : ≈ 2 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, regulares arribos de formación indican regular acoplamiento a la formación

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 1500 psi

Conclusión : buen cemento

- Intervalo de 9570' a 9520' , caliza arenisca

TT3 : salto de ciclo

CBL : ≈ 2.5 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, arribos de formación y débiles arribos de lodo indican regular acoplamiento a la formación

PET : regular adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 1200 psi

Conclusión : regular cemento, posible canalización

- Intervalo de 9520' a 9482' , lutita

TT3 : salto de ciclo

CBL : entre 9508' y 9494' ≈ 12 mv y el resto ≈ 3 mv, pobre y buena presencia de cemento respectivamente

VDL : fuertes arribos de casing en el tramo medio, débiles arribos de formación y arribos de lodo indican un mal acoplamiento a la formación

PET : mala adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 200 psi

Conclusión : mal cemento

- Intervalo de 9482' a 9420' ,arenisca impermeable

TT3 : salto de ciclo

CBL : ≈ 2.5 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, débiles arribos de formación y arribos de lodo indican mal acoplamiento a la formación

PET : mala adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 800 psi

Conclusión : regular cemento, presencia de microanillos y canalizaciones

- Intervalo de 9420' a 9400' ,lutita

TT3 : salto de ciclo

CBL : ≈ 6 mv, regular presencia de cemento

VDL : débiles arribos de casing, débiles arribos de formación y arribos de lodo indican mal acoplamiento a la formación

PET : mala adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 100 psi

Conclusión : regular cemento, presencia de microanillo en casi todo el intervalo (9418'-9406')

- Intervalo de 9400' a 9350' ,caliza

TT3 : salto de ciclo y cte a $287 \mu s$

CBL : ≈ 2.5 mv, buena presencia de cemento

CBL : ≈ 4 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, débiles arribos de formación y arribos de lodo indican mal acoplamiento a la formación

PET : regular adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 1000 psi

Conclusión : regular cemento, presencia de canalizaciones

- Intervalo de 8690' a 8600' ,lutita

TT3 : salto de ciclo

CBL : ≈ 3.5 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, débiles arribos de formación y arribos de lodo indican mal acoplamiento a la formación

PET : regular adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 1000 psi

Conclusión : regular cemento, presencia de canalización a partir de 8640'

- Intervalo de 8600' a 8400' ,lutita

TT3 : salto de ciclo y cte a $287 \mu s$

CBL : ≈ 5 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, regulares arribos de formación y débiles arribos de lodo indican regular acoplamiento a la formación

PET : mala adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 100 psi

Conclusión : regular cemento, ausencia de adherencia al casing

En esta operación de cementación se logró los siguientes resultados:

- Buena columna de cemento frente a las zonas de interés, disminuyendo la presencia de cemento entre 9350' y 8980', mejorando arriba de este, la base tiene una regular presencia de cemento.
- Presencia de lodo frente a las formaciones suaves como lo son las lutitas con un diámetro $\approx 14''$ y arenisca superior, da lugar a un mal acoplamiento a la formación.
- Ausencia de adherencia al casing entre 9390'-8750' y 8650'-8400'.

Conclusión: Regular cementación.

Datos del Pozo

Nombre: PYM4

Datos de Registro de Evaluación de Cementación

Profundidad perforada : 9950'

Profundidad de registro : 9964'

Tope de buen cemento : 9214'

Presión de registro principal : 800 psi

Resistencia a la compresión (lab): 2640 psi a 24 hrs

CBL-VDL

Amplitud minima (100% cemento) : 2.5 mv (9790'-9795')

Calibración : 62 mv, 288 μ s, fuertes y uniformes arribos de casing, señales de chevron

Sección repetida : microanillos

PET

DEVI de 0.5°-2.5°, ECC \approx 0.1", OVAL menor a 0.1", FTT cte

Calibración : FTT cte, OVAL y ECC menor a 0.1", BNDP en blanco y señales de cuello

Sección repetida : canalización

Evaluación de Jas Características del Cemento

- Intervalo de 9964' a 9897', arenisca

TT3 :cte a 284 μ s

CBL : \approx 7 mv, regular presencia de cemento

VDL : arribos de casing, arribos de formación indican buen acoplamiento a la formación

PET :buena adherencia al casing, resistencia a la compresión \approx 1500psi

Conclusión :regular cemento

- Intervalo de 9897' a 9854', arenisca

TT3 :-

CBL :-

VDL :-

PET :-

Conclusión :información de registros no es confiable por presencia de packer inflable

- Intervalo de 9854' a 9800', arenisca-lutita, agua-petròleo, LIP \approx 9840', $\phi \approx$ 15

TT3 : saltos de ciclo y cte a 284 μ s

CBL : hasta 9822' \approx 4 mv, hasta 9805' entre 5 y 26 mv, buena y pobre presencia de cemento respectivamente

VDL : arribos de casing entre 9820' y 9807', regulares arribos de formación indican regular acoplamiento a la formación

PET :regular adherencia al casing, resistencia a la compresión \approx 1000psi

Conclusión :mal cemento, presencia de posibles canalizaciones

- Intervalo de 9800' a 9750', caliza

TT3 : salto de ciclo y cte a 285 μ s

CBL : \approx 5 mv, buena presencia de cemento

VDL :no arribos de casing, regulares arribos de formación y arribos de lodo indican mal acoplamiento a la formacibn

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión \approx 1500psi

Conclusión :regular cemento, canalización en la parte superior del intervalo

- Intervalo de 9750' a 9698', lutita-caliza

TT3 : saltos de ciclo y cte a 285 μ s

CBL : entre 9740'y 9712' de 8 a 43 mv y el reto del intervalo 5 mv, presencia de cemento pobre y regular respectivamente

VDL : arribos de casing, regulares arribos de formación indican regular acoplamiento a la formación

PET : mala adherencia al casing, resistencia a la compresión \approx 300 psi

Conclusión : mal cemento, presencia de canalización

- Intervalo de 9698' a 9648' ,arenisca, agua

TT3 : saltos de ciclo y cte a 285 μ s

CBL :entre 3 y 18mv, irregular presencia de cemento de buena a pobre

VDL : arribos de casing, regulares arribos de formación indican regular acoplamiento a la formación

PET :buena adherencia l casing, resistencia a la compresión \approx 1500psi

Conclusión :regular cemento

– **Intervalo de 9648' a 9568', calizas-areniscas poco desarrolladas**

TT3 : saltos de ciclo y cte a 285 μ s

CBL : entre 2.4 y 15 mv, presencia de cemento varia entre regular y pobre

VDL : arribos de casing, regulares arribos de formación y débiles arribos de lodo indican regular acoplamiento a la formación

PET :regular adherencia al casing, resistencia a la compresión \approx 1000psi

Conclusión :regular cemento, presencia de microanillos y posibles canalizaciones

– **Intervalo de 9568' a 9546', caliza**

TT3 : cte a 285 μ s

CBL : desde 9554' \approx 15 mv y el resto del intervalo \approx 5 mv, pobre y regular presencia, de cemento

VDL : arribos de casing, regulares arribos de formación indican regular acoplamiento a la formación

PET :regular adherencia al casing, resistencia a la compresión \approx 1000psi

Conclusión :mal cemento, presencia de microanillo

– **Intervalo de 9546' a 9454', lutita**

TT3 : saltos de ciclo y cte a 285 μ s

CBL : hasta 9462' \approx 4 mv el resto del intervalo \approx 10 mv, buena y regular presencia de cemento

VDL : arribos de casing a partir de 9504', regulares arribos de formación y arribos de lodo indican mal acoplamiento desde 9476', el resto del intervalo regular acoplamiento a la formación

PET : regular adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 1000 psi

Conclusión : mal cemento, presencia de canalizaciones

- Intervalo de 9454' a 9396', arenisca, agua petróleo, $\phi \approx 15\%$

TT3 : cte a 286 μ s

CBL : ≈ 7 mv, regular presencia de cemento

VDL : arribos de casing, regulares arribos de formación arribos de lodo indican mal acoplamiento a la formación

PET : regular adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 1000 psi

Conclusión : mal cemento, presencia de canalización y microanillo

- Intervalo de 9396' a 9294', caliza

TT3 : saltos de ciclo y cte a 285 μ s

CBL : valores muy altos , muy pobre presencia de cemento

VDL : fuertes arribos de casing, débiles de formación y arribos de lodo indican mal acoplamiento a la formación

PET : pobre adherencia al casing, resistencia a la compresión ≈ 200 psi

Conclusión : mal cemento, canalizaciones en todo el intervalo

- Intervalo de 9294' a 9214', caliza-lutita

TT3 : saltos de ciclo y cte a 285 μ s

CBL : hasta 9257' \approx 15 mv, en el resto del intervalo \approx 7.5 mv, presencia de cemento pobre y regular

VDL : arribos de formación, débiles arribos de formación y arribos de lodo indican mal acoplamiento a la formación

PET : falta total en el tramo inferior, y en el resto del intervalo regular adherencia al casing, resistencia a la compresión m o psi y 1000 psi respectivamente

Conclusión : mal cemento

En esta operación de cementación se logró los siguientes resultados:

- Regular columna de cemento, desmejora mucho en las zonas superiores.
- Acoplamiento a la formación malo en general.
- Regular adherencia al casing en las zonas inferiores.
- Presencia de canalizaciones y microanillos a lo largo de toda la columna de cemento.

CONCLUSION: Mala cementación

Datos del Pozo

Nombre: **BES1**

Datos de Registros de Evaluación de Cementación

Profundidad perforada : 8080'

Profundidad registrada : 8002'

Tope de buen cemento : 6000'

Registro principal : 800 psi

Resistencia a la compresión (lab):

CBL-VDL

Amplitud mínima (100% de cemento) 1.9 mv a 6980'

Calibración : 62 mv, 289 μ s, fuertes arribos de casing y señales chevron

Sección repetida : microanillos

PET

DEVI 0.5" a 1°, OVAL y ECC menores a 1", FTT cte'

Calibración : FTT cte, DEVI y ECC menores a 0.1" , BNDP blanco y señales de cuello

Sección repetida : canalizaciones y microanillos

Evaluación de las Características del Cemento

– Intervalo de 7990` a 7972` (caliza)

TT3 : estiramiento, valido

CBL : entre 2.5 y 5 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, regulares arribos de formación indican una regular adherencia a la formacibn

PET : regular adherencia al casing, resistencia a la compresión prom de 1000psi

Conclusibn : buen cemento salvo en el tramo de 7976' a 7972' que se observa un canal

- Intervalo de 7972' a 7930' (arenisca, agua, 18% de porosidad)

TT3 : cte a 289 μ s, salto de ciclo de 7940' a 7930', valido

CBL : en el tramo inferior entre 3 y 7.2 mv, regular presencia de cemento

VDL : arribos de casing solamente entre 7968'y 7952' , regulares arribos de formacibn indican regular acoplamiento a la formación

PET : tramo inferior mala adherencia al casing, tramo superior buena adherencia al casing, resistencia a la compresibn menor a 1000 psi y 2000 psi respectivamente

Conclusión : regular cemento por el tramo inferior con canalización

- Intervalo de 7930' a 7920' ,intercalación de caliza

TT3 : cte 286 μ s, valido

CBL : prom de 6 mv, regular presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, regulares arribos de formacibn indican regular acoplamiento a la formación

PET : regular adherencia al casing, resistencia a la compresión prom de 1000 psi

Conclusión : regular cemento

- **Intervalo de 7920' a 7862' , arenisca, agua petróleo, CAP a 7880' , 21% de porosidad**

TT3 : salto de ciclo y cte, valido

CNL : prom. de 3 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, fuertes arribos de formación indican buen acoplamiento a la formación

PET : buena adherencia al casing, resistencia a la compresión prom de 2000 psi

Conclusión : buen cemento, posible microanillo entre 7872' y 7868'

- **Intervalo de 7862' a 7808' , caliza**

TT3 : cte a 289 ps, valido

CBL : entre 2.2 y 5 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, regulares arribos de formación y arribos de lodo indican regular acoplamiento a la formación

PET : buena adherencia al casing salvo en los últimos 8', resistencia a la compresión mayor a 2000 psi y menor a 500 psi respectivamente

Conclusión : buen cemento, presencia de microanillo en los últimos 8'

- **Intervalo de 7808' a 7770' , arenisca, LIP entre 7802' y 7794' , 18% de porosidad**

TT3 : cte a 287 ps, valido

CBL : prom de 13 mv, poca presencia de cemento

VDL : débiles arribos de casing, regulares arribos de formación indican regular acoplamiento a la formación

PET : mala adherencia al casing, resistencia a la compresión prom de 100psi

Conclusión : mal cemento, presencia de canalizaciones y microanillos

- Intervalo de 7770' a 7723' ,caliza

TT3 : cte a 287 μ s

CBL : entre 8 y 54 mv, casi no presencia de cemento

VDL : fuertes arribos de casing, no arribos de formación indican no acoplamiento a la formación

PET : no hay adherencia al casing

Conclusión : mal cemento

- Intervalo de 7723' a 7687' ,arenisca, agua-petròleo, CAP a 7718', LIP a 7698'-7692' , 20% de porosidad

TT3 : cte a 287 μ s

CBL : entre 10 y 25 mv, poca presencia de cemento

VDL : fuertes arribos de casing, débiles arribos de formación indican mal acoplamiento a la formación

PET : no hay adherencia al casing

Conclusión ; mal cemento

- Intervalo de 7687' a 7634' ,caliza

TT3 : cte a 287 μ s

CBL : entre 15 y 33 mv, poca presencia de cemento

VDL : fuertes arribos de casing, regulares arribos de formación indican regular acoplamiento a la formación

PET : no hay adherencia al casing

Conclusión : mal cemento

- Intervalo de 7634' a 7608' ,caliza

TT3 : cte 288 μ s

CBL : prom de 10 mv, regular presencia de cemento

VDL : débiles arribos de casing, regulares arribos de formación indican regular acoplamiento a la formación

PET : mala adherencia al casing, resistencia a la compresión prom de 200 psi

Conclusión : mal cemento

- Intervalo de 7608' a 7568' , arenisca, agua, 20% de porosidad

TT3 : cte a 289 μ s

CBL : **9** mv hasta 7597' regular presencia de cemento, y **5** mv el resto, buena presencia de cemento

VDL : débiles arribos de casing en el tramo inferior y nada en el resto del intervalo, regulares arribos de formación indican regular acoplamiento a la formación

PET : mala adherencia en el tramo inferior, buena adherencia al casing en el resto del intervalo

Conclusión : regular cemento por mala adherencia en el tramo inferior

- Intervalo de 7568' a 7514' ,lutitas, arenas poco consolidadas y calizas

TT3 : cte a **288** μ s

CBL : entre 4 y 15 mv, conforme disminuye la profundidad la presencia de cemento disminuye

VDL : débiles arribos de formación frente a las calizas, débiles arribos de formación y arribos de lodo indican poco acoplamiento a la formación

PET : mala adherencia al casing, presencia de microanillos

Conclusión : mala cemento

- Intervalo de 7514' a 7434' lutitas y calizas

TT3 : cte a **288** ps, y saltos de ciclo

CBL : \approx 5 mv, en las zonas menos porosas

VDL : presencia de arribos de casing en las zonas de alta ϕ , débiles o ausencia de arribos de casing en el resto del intervalo, débiles arribos de formación y arribos de lodo indican mal acoplamiento a la formación

PET : Presencia de microanillos frente a las zonas de alta ϕ

Conclusión : regular cemento

- Intervalo de 7434' a 7200',

TT3 : cte a **288** μ s, y saltos de ciclo

CBL : \approx 4.5 mv, buena presencia de cemento

VDL : no arribos de casing, débiles arribos de formación y arribos de lodo indican mal acoplamiento a la formación

PET :buena adherencia al casing, resistencia a la compresión \approx de 1200 psi

En esta operación de cementación se logró los siguientes resultados:

- Columna de cemento regular.
- Presencia de cemento disminuye en las zonas de interés intermedias y caliza principal.
- Acoplamiento regular a la formación, disminuye con la disminución de la profundidad, por presencia de lodo, el cual es mas notorio a partir de 7550'.
- Ausencia de adherencia al casing entre 7820' y 7600'.
- Mayor presencia de microanillos en la parte superior y canalizaciones en la base hasta 7950' de la columna.

CONCLUSION: cementación regular.

2.2.3 DESCRIPCIÓN DE LAS TABLAS RESULTANTES DE LA EVALUACIÓN CUALITATIVA Y CUANTITATIVA DE LOS PARÁMETROS DE CEMENTACIÓN EN LAS ZONAS DE INTERÉS

En las tablas siguientes se presentan los resultados de la evaluación cuantitativa y cualitativa de la cementación, tanto de la zona de interés como en los sellos superior e inferior. Se presenta el tipo de formación de cada uno de los intervalos, las amplitudes máxima y mínima del CBL y la más representativa del intervalo; la calidad de la adherencia y acoplamiento del cemento al casing y a la formación, respectivamente, obtenidas del VDL; la atenuación en el intervalo en función de la amplitud promedio observada; valores del espesor del casing y resistencia a la compresión promedio y la calidad del cemento alrededor del casing, obtenidos del registro PET; el índice de adherencia del cemento al casing en función de la atenuación máxima, correspondiente al 100% de cemento y de la atenuación del intervalo, y finalmente la resistencia a la compresión en función de la amplitud promedio observada; del diámetro y del espesor del casing.

La interpretación cualitativa, tanto de la adherencia cemento-casing, acoplamiento cemento-formación con el VDL y el BNDP del PET se ubica en 3 categoría.

- Bueno-----A
- Regular-----B
- Malo-----C

Finalmente se da un comentario sobre la calidad del cemento frente a cada una de los intervalos, sugiriendo recomendaciones de posibles “squeezes” si estos fuesen necesarios principalmente frente a los sellos. Si se cumplieran estas recomendaciones podría comprobarse si fue necesario o no realizar dicho trabajo de cementación remedial en cada uno de los pozos evaluados.

2.2.4. PRESENTACION DE TABLAS DE LA EVALUACION CUALITATIVA-CUANTITATIVA DE LOS POZOS

A continuacibn presentamos las tablas con los resultados de la evaluación cualitativa-cuantitativa de los **pozos** anteriormente estudiados.

PYM5

Amplitud mínima: CBL: 1.1mv; atenuación de 12.2 db/pie. Resistencia a la compresión (lab):3000 psi.

	intervalo	tipo de	Amplitud CBL (mv)			VDL		atenuació	PET			adh-csgn	CBL
	(pies)	formaciòn	min	max	prom-obs	adh-csgn	acop-for	(db/pie)	esp (pulg)	R-C (psi)	BND	(%)	R-C (psi)
superior	9935	caliza-are	1.2	2	2	A	A	10.4	0.36	2000	A	85.2	2500
interès	9956-9946	arenisca	1	1.2	1.1	A	A	12.2	0.36	3000	A	100	4000
inferior	9967	caliza-are	2	4	2	A	C	10.4	0.36	2000	B	85.2	2500

Comentario :Buen cemento frente a la zona de interés. sello superior bueno v sello inferior regular

	intervalo	tipo de	Amplitud CBL (mv)			VDL		atenuacio	PET			adh-csgn	CBL
	(pies)	formacibn	min	max	prom-obs	adh-csgn	acop-for	(db/pie)	esp (pulg)	R-C (psi)	BND	(%)	R-C (psi)
superior	9683	lutita	2.2	3	2.5	A	C	9.6	0.36	1500	B	78.7	1850
interes	9730-9694	arenisca	1.1	2	1.5	A	A	11.2	0.37	2200	A	91.8	3100
inferior	9741	arenisca	1.1	1.3	1.3	A	A	11.65	0.37	2500	A	95.5	4000

Comentario :Buen cemento frente a la zona de interes. sello superior bueno v sello inferior regular

	intervalo	tipo de	Amplitud CBL (mv)			VDL		atenuacio	PET			adh-csgn	CBL
	(pies)	formaciòn	min	max	prom-obs	adh-csgn	acop-for	(db/pie)	esp (pulg)	R-C (psi)	BND	(%)	R-C (psi)
superior	8951	lutita	25	29	28	C	C	2.7	0.37	200	C		
interes	8980-8962	arenisca	22	33	28	C	C	2.7	0.37	300	C		
inferior	8991	lutita	33	27	30	C	C	2.6	0.37	300	C		

Comentario :Mal cemento . Realizar squeeze a 8995'

VB4

Amplitud mínima: CBL:2mv.; atenuació de 10.4 db/pie. Resistència a la Compresió (lab):3100psi. (24 hrs)

	intervalo	tipo de	Amplitud CBL (mv)			VDL		atenuació	PET			adh-csgn	CBL
	(pies)	formació	min	max	prom-obs	adh-csgn	acop-for	(db/pie)	esp (pulg)	R-C (psi)	BND	(%)	R-C (psi)
superior	8974'	renisc-cal	2.1	2.7	2.4	A	A		0.36	1500	A		
interès	8996"-8985'	arenisca	2.2	3	2.5	A	A		0.36	1200	A		
inferior	9007'	arenisca	2.3	2.8	2.5	A	A		0.36	1300	A		

Comen Excelente cemento en la zona de interes. Excelentes sellos tanto superior como inferior.

	intervalo	tipo de	Amplitud CBL (mv)			VDL		atenuació	PET			adh-csgn	CBL
	(pies)	formació	min	max	prom-obs	adh-csgn	acop-for	(db/pie)	esp (pulg)	R-C (psi)	BND	(%)	R-C (psi)
superior	8797'	aliza-lutit	2.7	2.9	2.8	A	C		0.37	1700	A		
interès	8828'-8808'	arenisca	2	2.7	2.2	A	A		0.36	1700	A		
inferior	8839'	arenisca	2	2.4	2.2	A	A		0.36	1700	A		

Comen Excelente cemento. Buenos sellos.

	intervalo	tipo de	Amplitud CBL (mv)			VDL		atenuació	PET			adh-csgn	CBL
	(pies)	formació	min	max	prom-obs	adh-csgn	acop-for	(db/pie)	esp (pulg)	R-C (psi)	BND	(%)	R-C (psi)
superior	8763'	arenisca	2	2.2	2.1	A	B		0.37	1500	A		
interès	8782'-8774'	arenisca	1.7	2.2	2	A	A		0.37	1400	A		
inferior	8793'	arenisca	1.8	2.2	2	A	B		0.37	1400	A		

Comentario: Excelente cemento en la zona de interés. Buenos sellos: inferior y superior.

MYN5

Amplitud mínima: CBL de 1.6mv, atenuación de 11 db/pie. Resistencia a la compresión (lab): 2960 psi. (24 hrs).

	intervalo	tipo de	Amplitud CBL (mv)			VDL		atenuació	PET			adh-csgn	CBL
	(pies)	formació	min	max	prom-obs	adh-csgn	acop-for	(db/pie)	esp (pulg)	R-C (psi)	BNDP	(%)	R-C (psi)
superior	8130	caliza	2	2.7	2.3	A	A	10.1	0.365	1700	A	88	2300
interès	8158-8141	arenisca	1.6	2.9	2.1	A	A	10.3	0.37	2000	A	90	2300
inferior	8169	caliza	2	2.4	2.2	A	A	10.2	0.37	1700	A	89	2300

Comentario :Excelente cemento frente a la zona de interés, Excelentes sellos

	intervalo	tipo de	Amplitud CBL (mv)			VDL		atenuació	PET			adh-csgn	CBL
	(pies)	formació	min	max	prom-obs	adh-csgn	acopfor	(db/pie)	esp (pulg)	R-C (psi)	BND	(%)	R-C (psi)
superior	8023	caliza	2	2.7	2.3	A	B	10.1	0.37	1700	A	88	2450
interés	8046-8034	arenisca	1.7	2	1.9	A	A	10.6	0.37	1900	A	93	2600
inferior	8057	LIP	2	2.7	2.4	A	A	10	0.37	1600	A	87	2400

Comentario :Excelente cemento frente a la zona de interés, Excelentes sellos

MYN5

Amplitud mínima: CBL de 1.6mv, atenuación de 11 db/pie. Resistencia a la compresión (lab): 2960 psi. (24 hrs).

	intervalo	tipo de	Amplitud CBL (mv)			VDL		atenuació	PET			adh-csgn	CBL
	(pies)	formació	min	max	prom-obs	adh-csgn	acop-for	(db/pie)	esp (pulg)	R-C (psi)	BNDP	(%)	R-C (psi)
superior	8130	caliza	2	2.7	2.3	A	A	10.1	0.365	1700	A	88	2300
interés	8158-8141	arenisca	1.6	2.9	2.1	A	A	10.3	0.37	2000	A	90	2300
inferior	8169	caliza	2	2.4	2.2	A	A	10.2	0.37	1700	A	89	2300

Comentario: Excelente cemento frente a la zona de interés, Excelentes sellos

	intervalo	tipo de	Amplitud CBL (mv)			VDL		atenuació	PET			adh-csgn	CBL
	(pies)	formació	min	max	prom-obs	adh-csgn	acop-for	(db/pie)	esp (pulg)	R-C (psi)	BND	(%)	R-C (psi)
superior	8023	caliza	2	2.7	2.3	A	B	10.1	0.37	1700	A	88	2450
interés	8046-8034	arenisca	1.7	2	1.9	A	A	10.6	0.37	1900	A	93	2600
inferior	8057	LIP	2	2.7	2.4	A	A	10	0.37	1600	A	87	2400

Comentario: Excelente cemento frente a la zona de interés, Excelentes sellos

BES2

Amplitud mínima: 2mv de 6972' a 6978', atenuación máxima de 10.2 db/ft. Resistencia a la compresión (lab): 3120psi (24hrs)

	intervalo	tipo de	Amplitud CBL (mv)			VDL		atenuació	PET			adh-csgn	CBL
	(pies)	formació	min	max	prom-obs	adh-csgn	acop-for	(db/pie)	esp (pulg)	R-C (psi)	BND	(%)	R-C (psi)
superior	7801	LIP	3.3	26	15	C	B	4.5	0.36	1000-0	C	45.2	160
interès	7825-7812	arenisca	2.9	4.3	3.5	A	A	8.7	0.36	1200	A	84.6	1150
inferior	7836	arenisca	2.9	4	3.5	A	A	8.7	0.36	1200	A	84.6	1150

Cornentario : Buern cernento frente a la zona de interés, buen sello inferior, sello superior malo no cumple con espesor minirno. Squeeze

	intervalo	tipo de	Amplitud CBL (mv)			VDL		atenuació	PET			adh-csgn	CBL
	(pies)	formació	min	max	prom-obs	adh-csgn	acop-for	(db/pie)	esp (pulg)	R-C (psi)	BND	(%)	R-C (psi)
superior	7645	LIP	2	4.5	3.5	A	A	8.7	0.36	1000	A	84.6	1450
interès	7680-7656	arenisca	2	3.9	3	A	A	9.5	0.36	1400	A	89.4	1700
inferior	7691	arenisca	2.3	3.4	3	A	A	9.5	0.36	1400	A	89.4	1700

Cornentario : Buen cernento frente a la zona de interés, excelentes sellos

	intervalo	tipo de	Amplitud CBL (mv)			VDL		atenuació	PET			adh-csgn	CBL
	(pies)	formació	min	max	prom-obs	adh-csgn	acop-for	(db/pie)	esp (pulg)	R-C (psi)	BND	(%)	R-C (psi)
superior	7593	caliza	2.8	12	8	C	B	6.4	0.36	600	B	61.5	480
interes	7612-7604	arenisca	2	4.7	3.5	A	A	8.7	0.36	1500	A	84.6	1450
inferior	7623	LIP	2.5	5	3.8	A	C	8.7	0.36	1400	A	84.6	1450

Cornentario : Buen cernento frente a la zona de interés, sello superior malo por canalización, sello inferior bueno

	intervalo	tipo de	Amplitud CBL (mv)			VDL		atenuacio	PET			adh-csgn	CBL
	(pies)	formación	min	max	prom-obs	adh-csgn	acop-for	(dblpie)	esp (pulg)	R-C (psi)	BND	(%)	R-C (psi)
superior	7437	aliza-lutit	4	13	8	B	C	4	0.36	600	C	61.5	480
interes	7462-7448	arenisca	6	11	8	B	A	3.8	0.36	700	C	61.5	480
inferior	7473	lutita-aren	3.5	14	8	B	C	4.2	0.36	1000	C	61.5	480

Comentario : **Mal** cemento. **Canalización** entre sellos y zona de interes

	intervalo	tipo de	Amplitud CBL (mv)			VDL		atenuacio	PET			adh-csgn	CBL
	(pies)	formación	min	max	prom-obs	adh-csgn	acop-for	(dblpie)	esp (pulg)	R-C (psi)	BND	(%)	R-C (psi)
superior	7017	lutita	6	23	15	C	C	4.7	0.37	< 500	C	45.2	1850
interes	7059-7028	arenisca	2.7	6	3.4	B	B	8.8	0.37	1800	A	85.6	1400
inferior	7070	lutita	3.3	4.7	3.8	A	C	8.5	0.37	1400	A	82.2	1550

Comentario : Buen cemento frente a zona de **interés**, sello **superior malo por microanillo**, sello inferior **regular**

MYN3

Amplitud mínima:CBL : 1.7mv , atenuación de 10.5 db /pie, Resistencia a la compresión (lab) 3330psi (24 hrs)

	intervalo	tipo de	Amplitud CBL (mv)			VDL		atenuació	PET			adh-csgn	CBL
	(pies)	formaciòn	min	max	prom-obs	adh-csgn	acop-for	(db/pie)	esp (pulg)	R-C (psi)	BND	(%)	R-C (psi)
superior	7808	arenisca	5	24	18	C	C	3.7	0.37	1000	C	35	0
interès	7830-7819	arenisca	2.4	3	2.5	A	B	9.5	0.36	1500	B	90	2000
inferior	7841	arenisca	2.5	2.5	2.5	B	B	9.5	0.36	1500	A	90	2000

Comentario : regular cemento frente a la zona de interès, sello superior malo, sello inferior regular

	intervalo	tipo de	Amplitud CBL (mv)			VDL		atenuacio	PET			adh-csgn	CBL
	(pies)	formaciòn	min	max	prom-obs	adh-csgn	acop-for	(db/pie)	esp (pulg)	R-C (psi)	BND	(%)	R-C (psi)
superior	7767	caliza	2.8	3.5	3	A	C	9.2	0.36	1200	C	87.6	1800
interes	7800-7778	arenisca	2.7	3.5	3	A	B	9.2	0.36	1400	B	87.6	1800
inferior	7811	arenisca	2.8	2.5	3	A	C	9.2	0.36	500	C	87.6	1800

Comentario : regular cemento frente a la zona de interès, sello superior regular. sello inferior malo presencia de microanillos

	intervalo	tipo de	Amplitud CBL (mv)			VDL		atenuació	PET			adh-csgn	CBL
	(pies)	formaciòn	min	max	prom-obs	adh-csgn	acop-for	(db/pie)	esp (pulg)	R-C (psi)	BND	(%)	R-C (psi)
superior	7585	caliza	2.7	3.2	3	B	B	9	0.37	1200	C	85.7	900
intèrès	7610-7596	arenisca	2.4	2.6	2.4	A	B	9.6	0.37	1800	B	91.4	1800
inferior	7621	LIP	1.7	3	2.5	A	B	9.5	0.37	1500	A	89.5	1700

Comentario:buen cemento frente a la zona de interes,sello superior regular presencia de microanillo.sello inferior bueno

	intervalo	tipo de	Amplitud CBL (mv)			VDL		atenuació	PET			adh-csgn	CBL
	(pies)	formació	min	max	prom-obs	adh-csgn	acopfor	(db/pie)	esp (pulg)	R-C (psi)	BND	(%)	R-C (psi)
superior	7035	arenisca	2	4	3	A	B	9.2	0.36	1500	B	87.6	1800
interes	7064-7046	arenisca	2	4.8	3	A	B	9.2	0.37	1200	C	87.6	1200
inferior	7621	lutita	3.2	4	4	A	C	8.6	0.36	1500	B	81.9	1800

Comentario: regular cemento frente a la zona de interes, sello superior regular con canalización, sello inferior regular, canalización: squeeze

BES3

Amplitud mínima: CBL: 1.7mv. Atenuació de 10.85 db/pie. Resistencia a la compresió (lab): 2650psi (24 hrs).

	intervalo	tipo de	Amplitud CBL (mv)			VDL		atenuació	PET			adh-csgn	CBL
	(pies)	formació	min	max	prom-obs	adh-csgn	acop-for	(db/pie)	esp (pulg)	R-C (psi)	BND	(%)	R-C (psi)
superior	9884	arenis-luti	2.2	3.5	2.8	A	A	9.4	0.37	3200	A	86.6	1850
interès	9906-9895	arenisca	2	3.5	3	A	A	9.3	0.37	3000	A	85.7	1400
inferior	9917	arenisca	2.2	4.5	3.5	A	B	8.8	0.37	3500	A	81.1	1500

Comentario : Buen cemento frente a la zona de interés. excelentes sellos

	intervalo	tipo de	Amplitud CBL (mv)			VDL		atenuació	PET			adh-csgn	CBL
	(pies)	formació	min	max	prom-obs	adh-csgn	acop-for	(db/pie)	esp (pulg)	R-C (psi)	BND	(%)	R-C (psi)
superior	9478	areni-luti	2.6	3.5	3	A	B	9.3	0.37	2000	A	85.7	1900
interes	9510-9489	arenisca	3	8	5	A	A	7.8	0.37	1000	C	71.9	920
inferior	9521	lutita	3	4.4	4	A	B	8.4	0.37	2000	B	77.4	1200

Comentario : Buen cemento frente a zona de interes, buen sello superior, sello inferior regular por posible canalización

PYM2

Amplitud mínima: CBL: 1.8mv. Atenuació de 10.7 db/pie. Resistencia a la compresión (lab):2920 psi. (24 hrs)

	intervalo	tipo de	Amplitud CBL (mv)			VDL		atenuació	PET			adh-csgn	CBL
	(pies)	formació	min	max	prom-obs	adh-csgn	acop-for	(db/pie)	esp (pulg)	R-C (psi)	BND	(%)	R-C (psi)
superior	9309	arenisca	2	3.7	2.2	A	A	10	0.36	1700	A	93.50	2200
interès	9344-9320	arenisca	2	5	3.2	A	A	9.1	0.36	1600	A	85.00	1550
inferior	9355	caliza-are	2	2.9	2.4	A	A	9.7	0.36	1500	B	90.70	1450

Comentario:Excelente cemento frente a la zona de interés, buenos sellos

	intervalo	tipo de	Amplitud CBL (mv)			VDL		atenuació	PET			adh-csgn	CBL
	(pies)	formació	min	max	prom-obs	adh-csgn	acop-for	(db/pie)	esp (pulg)	R-C (psi)	BND	(%)	R-C (psi)
superior	9133	lutita	2	2.8	2.4	A	B	9.7	0.37	1600	A	90.70	1450
interès	9150-9144	arenisca	2.2	3	2.5	A	B	9.6	0.37	1500	B	89.70	1500
inferior	9161	lutita	2.7	3	2.5	A	B	9.6	0.37	1500	B	89.70	1500

	intervalo	tipo de	Amplitud CBL (mv)			VDL		atenuació	PET			adh-csgn	CBL
	(pies)	formació	min	max	prom-obs	adh-csgn	acop-for	(db/pie)	esp (pulg)	R-C (psi)	BND	(%)	R-C (psi)
superior	9035	lutita	2	2	2	A	B	10.4	0.37	2000	A	97.20	2600
interès	9052-9046	arenisca	2	2	2	A	B	10.4	0.37	2100	A	97.20	2600
inferior	9063	lutita-cal	2	2.9	2.4	A	A	9.7	0.37	2000	A	90.70	

Comentario :Buen cernento frente a la zona de interés, buenos sellos.

PYM3

Amplitud minima: CBL: 1.7mv. Atenuación de 10.85 db/pie. Resistencia a la compresión (lab):2890psi (24 hrs).

	intervalo	tipo de	Amplitud CBL (mv)			VDL		atenuacio (db/pie)	PET			adh-csgn	CBL
	(pies)	formación	min	max	prom-obs	adh-csgn	acop-for		esp (pulg)	R-C (psi)	BND	(%)	R-C (psi)
superior	9449	lutita	1.9	2.4	2.2	A	B	10	0.37	1600	A	92.2	2400
interes	9466-9460	arenisca	1.9	2.1	2	A	B	10.4	0.37	1700	A	95.9	2600
inferior	9477	LIP	1.8	2.3	2	A	B	10.4	0.37	1700	A	95.9	2600

Comentario : Excelente cemento frente a la zona de interes. buenos sellos

	intervalo	tipo de	Amplitud CBL (mv)			VDL		atenuació (db/pie)	PET			adh-csgn	CBL
	(pies)	formacido	min	max	prom-obs	adh-csgn	acop-for		esp (pulg)	R-C (psi)	BND	(%)	R-C (psi)
superior	9465	LIP	1.8	2.3	2	A	B	10.4	0.37	1700	A	95.9	2500
interès	9484-9476	arenisca	1.7	2	1.8	A	B	10.7	0.36	2000	A	98.6	2750
inferior	9495	arenisca	1.8	1.9	1.9	A	B	10.55	0.36	2000	A	97.2	2600

Comentario : Excelente cemento frente a la zona de interes. buenos sellos

MYN4

Amplitud mínima: CBL: 1.2 mv. Atenuación de 11.9 db/pie. Resistencia a la compresión (lab): 2210 psi (24 hrs).

	intervalo	tipo de	Amplitud CBL (mv)			VDL		atenuació	PET			adh-csgn	CBL
	(pies)	formació	min	max	prom-obs	adh-csgn	acop-for	(db/pie)	esp (pulg)	R-C (psi)	BND	(%)	R-C (psi)
superior	9863	arenis-cal	2	3.3	2.8	A	A	10.45	0.37	800	B	79	2500
interès	9846-9854	arenisca	2.7	3.8	3	A	A	10.4	0.37	1200	B	78.2	2300
inferior	9897	arenisca	1.7	3.3	2.6	A	A	10.5	0.37	1300	B	79.8	2600

Comentario : Buen cemento frente a la zona de interés, sello superior con posible canalización, buen sello inferior

	intervalo	tipo de	Amplitud CBL (mv)			VDL		atenuació	PET			adh-csgn	CBL
	(pies)	formació	min	max	prom-obs	adh-csgn	acop-for	(db/pie)	esp (pulg)	R-C (psi)	BND	(%)	R-C (psi)
superior	9835	arenisca	2.3	3.3	2.8	A	B	9.4	0.36	1000	B	79	1750
interès	9854-9846	arenisca	2.5	3	2.8	A	A	9.4	0.36	1000	B	79	1750
inferior	9865	LIP	2	3.5	3	A	A	9.3	0.36	1000	B	78.2	1700

Comentario : Regular cemento frente a la zona de interes, rnal sello superior, rnal sello inferior con canalizacion. Squeeze a 9862-60'

	intervalo	tipo de	Amplitud CBL (mv)			VDL		atenuació	PET			adh-csgn	CBL
	(pies)	formació	min	max	prom-obs	adh-csgn	acop-for	(db/pie)	esp (pulg)	R-C (psi)	BND	(%)	R-C (psi)
superior	9679	arenis-cal	-	-	1.8	A	B	10.7	0.37	2000	A	89.9	2750
interes	9707-9690	arenisca	-	-	1.8	A	A	10.7	0.37	2000	A	89.9	2750
inferior	9718	arenisca	-	-	1.8	A	A	10.7	0.37	2000	A	89.9	2750

Comentario : Buen cemento frente a la zona de interes, buenos sellos

	intervalo	tipo de	Amplitud CBL (mv)			VDL		atenuació	PET			adh-csgn	CBL
	(pies)	formaciòn	min	max	prom-obs	adh-csgn	acop-for	(db/pie)	esp (pulg)	R-C (psi)	BND	(%)	R-C (psi)
superior	9639	arenis-cal	-	-	2	A	A	10.4	0.37	2000	A	87.4	2500
interès	9670-9650	arenisca	-	-	2	A	A	10.4	0.37	2000	A	87.4	2500
inferior	9681	LIP	-	-	2	A	A	10.4	0.37	2000	A	87.4	2500

Comentario :Buen cemento frente a la zona de interes. buenos sellos

PYM4

Amplitud mínima: CBL: 2.5mv. Atenuación de 10.6 db/pie. Resistencia a la compresión (lab): 2640 psi (24 hrs)

	intervalo	tipo de	Amplitud CBL (mv)			VDL		atenuació	PET			adh-csgn	CBL
	(pies)	formaciòn	min	max	prom-obs	adh-csgn	acop-for	(db/pie)	esp (pulg)	R-C (psi)	BND	(%)	R-C (psi)
superior	9853	arenisca				C							
interès	9872-9864	arenisca				C							
inferior	9883	cali-aren				C							

Comentario :Debido a la presencia del packer inflable no se puede conoser a ciencia cierta las condiciones del cernento en todo el intervalo.

Se recornienda realizar squeeze para aseguar una buena condición del cernento

	intervalo	tipo de	Amplitud CBL (mv)			VDL		atenuació	PET			adh-csgn	CBL
	(pies)	formaciòn	min	max	prom-obs	adh-csgn	acop-for	(db/pie)	esp (pulg)	R-C (psi)	BND	(%)	R-C (psi)
superior	9823	caliza-are	3	5.3	4	A	B	8.4	0.37	1100	B	79.2	1200
interès	9840-9834	arenisca	2.6	5.7	4.5	A	A	8.05	0.37	1400	B	75.9	1000
inferior	9851	caliza-are	3.5	6.3	5	A	B	7.8	0.37	1200	A	73.6	860

Comentario : Buen cernento frente a la zona de interés. Sello superior regular por lo que se recornienda realizar un squeeze

Sello inferior por la presencia del packer inflable se desconoce las condiciones del cernento, por lo que se recornienda realizar un squeeze

	intervalo	tipo de	Amplitud CBL (mv)			VDL		atenuació	PET			adh-csgn	CBL
	(pies)	formaciòn	min	max	prom-obs	adh-csgn	acop-for	(db/pie)	esp (pulg)	R-C (psi)	BND	(%)	R-C (psi)
superior	9403	lutita	3.5	11	6	C	B	7.3	0.37	1000		68.9	810
interès	9442-9414	arenisca	3	13	7.5	B	B	6.6	0.37	1200		62.3	500
inferior	9453	areni-agua	6	19	13	C	C	5.1	0.37	500		48.1	200

Comentario :Regular cemento frente a la zona de interes, sello superior regular, sello inferior malo se necesita un squeeze

BES1

Amplitud minima: 1. : 3200psi (24hrs)

	intervalo (pies)	tipo de formacion	Amplitud CBL (mv)			VDL		atenuaci6n (db/pie)	PET			adh-csgn (%)	CBL R-C (psi)
			min	max	prom-obs	adh-csgn	acop-for		esp (pulg	R-C (psi)	BND		
superior	7801	arenisca	3.2	28	15	C	A	4.6	0.36	1200-0	C	37.2	0
interés	7825-7812	arenisca	3	4.2	3.5	A	A	8.7	0.36	1000	A	80.8	880
inferior	7836										A	80.8	880

Comentario : Buen cemento frente a la zona de interes. buen sello inferior, sello superior presenta un microanillo. Realizar un squeeze a7801

	intervalo (pies)	tipo de formacibn	Amplitud CBL (mv)			VDL		atenuacio (db/pie)	PET			adh-csgn (%)	CBL R-C (psi)
			min	max	prom-obs	adh-csgn	acop-for		esp (pulg	R-C (psi)	BND		
superior	7645	arenis-LIP	2.2	4.9	3.8	A	A	8.6	0.365	1500	A	74.5	1350
nteres	7680-7656	arenisca	2.2	3.9	3	A	A	9.2	0.365	1500	A	85	1750
inferior	7691	arenisca	3.4	2.3	3	A	A	9.2	0.365	1500	A	85	1750

Comentario : Buen cemento frente a la zona de interes, buenos sellos

	intervalo (pies)	tipo de formacibn	Amplitud CBL (mv)			VDL		atenuacio (db/pie)	PET			adh-csgn (%)	CBL R-C (psi)
			min	max	prom-obs	adh-csgn	acop-for		esp (pulg	R-C (psi)	BND		
superior	7583	arenis-cal	4	12	9	B	B	6.2	0.365	800	B	51	400
nteres	7612-7594	arenisca	2	4.7	3.5	A	A	8.7	0.365	1500	A	80.8	1500
nferior	7623	arenisca	2.5	5	4	A	C	8.4	0.365	1200	A	77	1250

Comentario : Buen cemento frente a zona de interes. sello superior regular con posible canalizacion. sello inferior reaular

PYM1

Amplitud mínima: CBL: 1.5 mv. Atenuación de 11.2 db/pie. Resistencia a la compresion (lab): 3330 psi (24 hrs)

	intervalo	tipo de	Amplitud CBL (mv)			VDL		atenuacib	PET			adh-csgn	CBL
	(pies)	formaciòn	min	max	prom-obs	adh-csgn	acop-for	(db/pie)	esp (pulg)	R-C (psi)	BND	(%)	R-C (psi)
superior	9921	arenisca	2.3	4	3	A	B	9.3	0.36	1000	C	83.00	1700
interès	9958-9932	arenisca	2.3	11	6	B	B	7.3	0.36	1000	C	65.20	760
inferior	9969	arenisca	2.3	5.6	4	A	B	8.4	0.36	600	C	75.00	1200

Comentario :Regular cemento frente a la zona de interés, mal sello superior, mal sello inferior. Squeeze a 9984-80'

	intervalo	tipo de	Amplitud CBL (mv)			VDL		atenuacio	PET			adh-csgn	CBL
	(pies)	formacibn	min	max	prom-obs	adh-csgn	acop-for	(db/pie)	esp (pulg)	R-C (psi)	BND	(%)	R-C (psi)
superior	9751	lutita	2.2	8.2	6	C	C	7.3	0.36	700	C	65.20	760
nteres	9796-9762	arenisca	1.9	3.4	3	B	A	9.3	0.36	1200	B	83.00	1700
nferior	9807	arenisca	2.7	62	5	B	A	7.8	0.36	1000	B	69.60	1200

Comentario :Regular cemento frente a la zona de interés, mal sello superior, mal sello inferior. Squeeze a 9814-10'

	intervalo	tipo de	Amplitud CBL (mv)			VDL		atenuacio	PET			adh-csgn	CBL
	(pies)	formacibn	min	max	prom-obs	adh-csgn	acop-for	(db/pie)	esp (pulg)	R-C (psi)	BND	(%)	R-C (psi)
superior	9497	arenisca	2	4	2.5	B	A	9.6	0.36	1800	A	85.70	1500
nteres	9528-9508	arenisca	1.9	4.8	4	C	A	8.4	0.36	1100	A	75.00	1450
nferior	9539	arenisca	1.9	2.4	2	B	A	10.4	0.36	1700	A	92.90	2500

Comentario :Regular cemento frente a la zona de interes. buenos sellos

CAPITULO 3

COSTOS

Costos referenciales de operaciones de cementación

Los costos de las operaciones desarrolladas durante la perforación y completación de un pozo de petróleo, deben ser controlados por su alto valor económico. Cada una de esas operaciones se debe realizar en el menor tiempo posible y de la mejor manera para así poder reducir los mismos.

Una operación en la que no se alcancen los objetivos propuestos ocasiona pérdidas de producción y de tiempo a más de la necesidad de realizar un trabajo de reparación de la falla detectada.

La cementación de un “casing” de producción tiene gran importancia como se ha mencionado en los capítulos anteriores. Una mala cementación da lugar a trabajos posteriores (squeeze) para remediar las zonas con mal cemento.

3.1 COSTOS DE CEMENTACIÓN

Los costos de cementación varían directamente con la profundidad del pozo y con las propiedades especiales que cada uno de ellos presentan.

El costo de una cementación primaria superficial es considerablemente menor al de las otras operaciones involucradas en la perforación del pozo, ya que su profundidad generalmente está entre los 2500' y 3000', el cemento que se utiliza es de menor precio y casi no se utilizan aditivos. A diferencia de las otras cementaciones primarias, tales como la de tubería de producción y “liner”.

Los costos de una cementación de “liner” es inferior a la de casing de producción, los aditivos son los mismos pero el volumen de lechada de cemento es menor, ya que los tramos a cementarse son de menor diámetro.

Debido a cláusulas contractuales existentes los costos reales de los trabajos de cementación son confidenciales y no se pueden incluir para realizar un análisis

detallado de los mismos. Por esta razón se utilizarán costos aproximados, los mismos que serán lo más cercanos a los costos reales.

3.2 RELACIÓN DE COSTOS

Los costos se presentarán en forma porcentual con respecto al costo total de perforación y completación de los pozos evaluados.

También se llegará a las relaciones porcentuales de los costos de las diferentes etapas de una operación de cementación de “casing” de producción (cemento, aditivos y servicio), con respecto a su costo total en cada uno de los pozos evaluados.

Ejemplo

Si el costo total de perforación hasta dejar instalado el cabezal es de 600.000 dólares y tomando los valores porcentuales promedio presentados en la siguiente tabla;

- El costo de la cementación superficial será de 35.280 dólares
- El de la cementación del casing de producción será de 82.980 dólares.

Los costos de los rubros que componen el costo total de una operación de cementación primaria de “casing” de producción son;

- El servicio de cementación representa el %16.76 y su costo será de 13.907 dólares
- El equipo de flotación representa el %12.5 y su costo sera de 10.373 dólares.
- Los quimicos y adhitivos representan el %39.16 y su costo sera de 32.495 dolares.
- El cemento representa el %31.58 y su costo sera de 26.205 dólares.

En la siguiente tabla presentamos los valores porcentuales de las operaciones y rubros de cementación de los pozos evaluados mas los valores de otros pozos que pertenecen al mismo contrato, con la finalidad de obtener valores mas representativos de las operaciones y rubros indicados.

**TABLA DE RELACIONES PORCENTUALES CON RESPECTO AL COSTO
TOTAL DE PERFORACION**

POZO	% Cementac Superficial	% Cementac. Produccibn	*Servicio de Cementación	*Equipo de Flotación	*Químicos y Aditivos	*Cemento G
1	3.87	11.42	15.90	13.90	34.20	36.00
2	4.00	15.47	15.60	12.00	41.20	31.20
3	4.49	11.95	14.50	12.30	38.10	35.10
4	5.73	12.48	20.60	16.20	32.50	30.70
5	4.71	11.38	15.90	11.60	37.20	35.30
6	6.40	13.05	16.80	15.10	33.30	34.80
7	7.30	18.00	18.60	10.90	43.80	26.70
8	8.35	14.19	20.40	17.20	40.70	21.70
9	4.77	12.00	11.70	10.30	40.50	37.50
10	7.18	13.77	16.60	9.00	38.40	36.00
12	5.68	18.00	16.55	13.20	36.25	34.00
13	5.43	12.30	13.90	11.40	42.70	32.00
14	5.65	11.77	16.90	13.40	38.30	31.40
15	3.92	13.34	14.90	10.30	41.10	33.70
16	8.11	18.93	13.30	8.20	43.20	35.30
17	6.14	15.04	15.20	11.90	44.50	28.40
18	7.42	16.83	23.00	11.70	51.70	13.60
19	5.90	13.74	15.10	10.40	46.10	28.40
20	7.89	14.30	21.60	15.30	38.60	24.50
21	5.74	14.85	16.30	11.10	33.20	39.40
22	5.67	13.04	15.90	14.90	36.80	32.40
23	5.82	12.70	15.40	14.00	35.20	35.40
PROM	5.88	13.83	16.76	12.50	39.16	31.58

*Relaciones porcentuales de los rubros de una cementación de tubería de producción con respecto a su costo total

** Cemento A

CAPITULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

De manera general se puede realizar el siguiente análisis de los resultados obtenidos

1.- La presencia y calidad de cemento disminuye en la base de la columna como consecuencia de que en el fondo del pozo no se logra buen desplazamiento del fluido de perforación y de sólidos presentes. Después de terminada la operación la lechada de cemento quedaria sobre estos fluidos, pero como el fraguado no es instantáneo y por la diferencia de densidad entre los dos fluidos (lechada y lodo), el lodo de perforación tenderá a subir y contaminar la lechada de cemento en la base del pozo.

2.- El mal acoplamiento del cemento a la formación en las zonas de alta permeabilidad (areniscas), en general se debe a la mala remoción de la costra de lodo de las paredes de la mismas, ya que es de mayor espesor y tiene una mejor adherencia en las paredes de estas formaciones.



3.- El mal acoplamiento a la formación y mala adherencia al “casing” frente a las zonas que tienen un diámetro de pozo grande con relación al diámetro de la broca se debe a la pobre remoción de fluidos de perforación y costra de lodo. Los preflujos no pueden cumplir con la función de limpiar el pozo, razón por la cual se presentan canalizaciones de lodo.

4.- La presencia de intervalos de cemento de menor calidad y cantidad en la columna de buen cemento se debe a la variación (disminución) del peso de la lechada al momento de ser bombeada, lo que origina el cambio de las propiedades de la lechada de cemento. Esta variación puede ser causada por exceso de agua al momento de la mezcla o por la presencia de aire en la mezcla (espuma) .

5.- La presencia de microanillos se debe a la presión diferencial existente entre el interior del casing y el espacio anular (casing-pozo), que a sido llenado de cemento. Esta presión diferencial puede ser producto de una excesiva presión interna aplicada al momento de la cementación, provocada por la diferencia de densidades entre el fluido de completación y el de desplazamiento de la lechada de cemento o por el asentamiento del tapón.

Cuando el tapón de tope no asentó y/o la valvula de chequeo del collar no se activó y se observa retorno, es necesario mantener la presión hasta que el cemento frague, lo

que puede expandir al casing durante el fraguado. Al final del proceso, cuando se libera la presión el “casing” se puede contraer y dará lugar a la aparición de microanillos.

6.- Ante la poca utilidad de los registros de cementación para determinar las condiciones del cemento frente a los “packer” inflables, se utilizara como instrumento de evaluación el registro de operación al momento de haber inflado el packer, pudiendo así estimar las condiciones del cemento en base a la volumen de lechada admitida por el “packer”.

7.- Los valores de resistencia a la compresión obtenidos a través del registro de impedancia (Z) son menores que los valores obtenidos en las pruebas de laboratorio a las 48 hrs de curado el cemento. Estos valores son un promedio de las lecturas de la impedancia del cemento alrededor del “casing” registradas por los 8 transductores, las mismas que pueden no ser correctas debido a la presencia de agua o lodo de perforación entre el casing y el cemento. Por ello este valor promedio registrado no siempre sería del cemento tras el “casing”.

8.- La excentralización de la tubería de revestimiento incidirá directamente en las condiciones del cemento alrededor de la misma, presentandose como consecuencia

una mala remoción y desplazamiento del fluido de perforación, dando lugar a la formación de canalizaciones

9.- Frente a las calizas (caliza principal) el cemento presenta las siguientes características: la adherencia del “casing” va de regular a mala, debido a la presencia de seiales de casing que nos indican microanillos, los mismos que se presentan debido a la poca pérdida de fluido hacia la formación por tener una baja permeabilidad. El CVL nos indicará una disminución en la presencia de cemento. El acoplamiento a la formación es bueno debido a la buena remoción de la costra de lodo

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES.

- 1.- El cemento frente a las zonas de interés en la mayoría de los pozos evaluados es bueno cumpliendo con los objetivos perseguidos en una operación de cementación.

- 2.- Las características del cemento en la base de la columna (de 50' a 100' del fondo) en la mayoría de los pozos es de regular a malo debido a la pobre remoción de la costra de lodo y al mal desplazamiento del fluido del pozo.

- 3.- El acoplamiento a la formación frente a las zonas suaves (areniscas, lutitas) es regular por la pobre remoción del lodo y de la costra.

- 4.- El acoplamiento a la formación en las zonas donde el diámetro del pozo es muy grande (washout) es malo, debido a la mala remoción del fluido y de la costra de lodo.

- 5.- En las formaciones de alta permeabilidad el acoplamiento cemento-formación es malo debido a la buena adherencia de la costra de lodo a las paredes del pozo.

6.- La adherencia al casing disminuye frente a las formaciones duras (caliza), y suaves (lutita) con diámetros de pozo grandes debido a la mayor presencia de líquido.

7.- La resistencia a la compresión leída de la curva de Z promedio es menor que la reportada por el laboratorio, lo que se debe a que la prueba de laboratorio se corre bajo condiciones ideales.

8.- El registro del CBL-VDL indica una leve disminución de la cantidad de cemento frente a la caliza principal (caliza A) y presencia de microanillos producto de una mala adherencia del cemento al “casing”.

9.- Una buena calidad de registros de cementación dan como resultado una buena evaluación de cemento, ya que la información es confiable.

10.- Si los resultados de la operación de inflado del “packer” no son muy satisfactorios. Se debe realizar un “squeeze” frente al mismo.

11.- No existe contaminación al medio ambiente durante la operación de cementación, ya que los químicos y aditivos utilizados son biodegradables y el cemento como tal no representa un material contaminante.

12.- En los pozos en que se utilizo SILICA se produjo un mejoramiento de las condiciones generales del cemento. Principalmente un incremento en la resistencia a la compresion.

13.- La excentralizacion del "casing" dara lugar a un mal cemento alrededor de la misma, debido a la mala remoción de lodos.

14.- La necesidad de los trabajos de cementación remedial realizados son confirmados por la evaluación.

RECOMENDACIONES.

1.- Lograr un mayor control del peso de la lechada en superficie, manteniéndola constante de acuerdo al diseño, especialmente en la lechada de cola de la primera etapa de la cementación.

2.- Realizar pruebas variando: el volumen de los preflujos, la química de los removedores y preflujos, tasas y tipos de flujo de los mismos, para así poder conseguir una mejor remoción de los fluidos de perforación y de la costra de lodo.

3.- Al momento de realizar los perfilajes de evaluación de cementos se debe tener un estricto control de los mismos por parte de la compañía operadora, para que la información obtenida sea lo más confiable y precisa y así poder realizar un buen trabajo de evaluación.

4.- Al realizar la operación de asentamiento del “packer” inflable, hay que tener un control máximo de la cantidad de cemento que admite el mismo, para poder determinar el éxito o no de la operación, y la necesidad o no de un “squeeze” posterior.

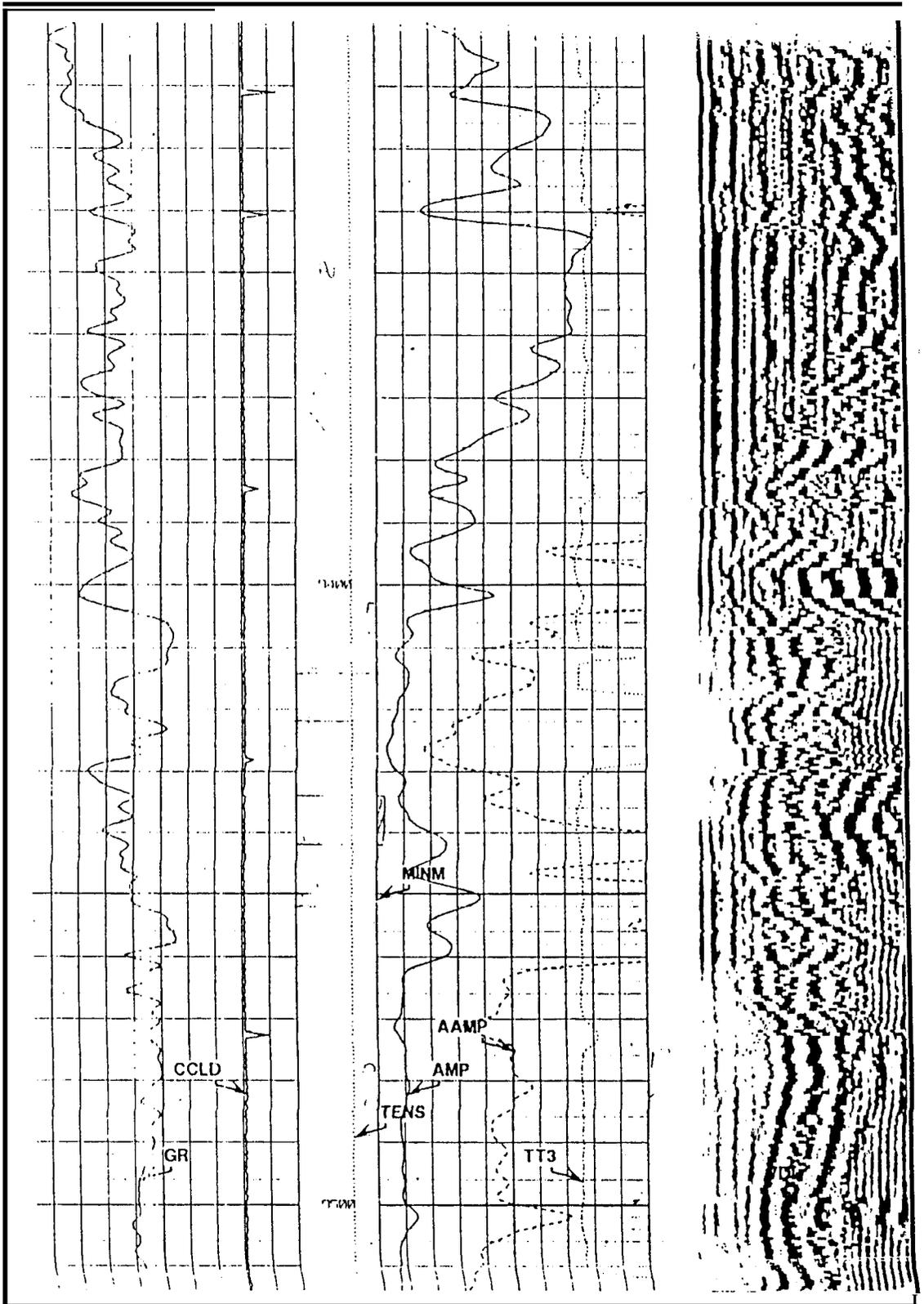
5.- Para evitar que restos de fluidos y cemento producto de la operación de cementación, queden dispersos en la locación la compañía operadora o perforadora debe implementar un sistema de ductos o canales de desagüe hacia la piscina de lodos.

6.- Si al realizar el control de calidad de los registros de cementación se determina que los mismos no presentan una información confiable, se deben correr otros para así adoptar las mejores decisiones.

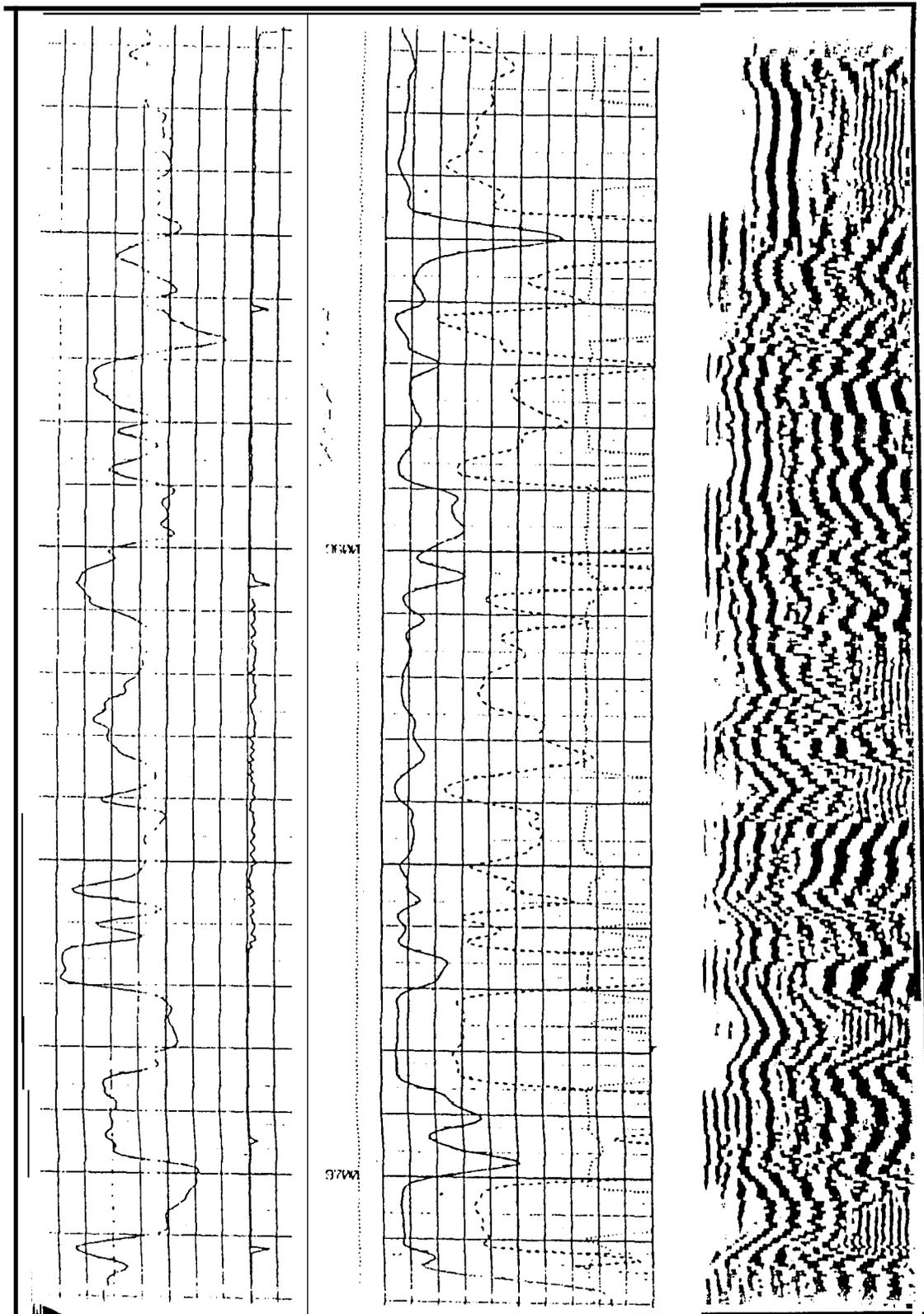
7.- Si en base a los registros de desviación del pozo se observa que el mismo presenta una desviación que podría ser causante de malas condiciones de cemento, deben bajarse los equipos de subsuelo que sean necesarios para que la tubería de revestimiento este lo mas centralizada posible.

8.- Se deberían realizar cementaciones remediales frente a las zonas acuíferas que no estén en las proximidades de las zonas de interés, con la finalidad de evitar daños al “casing” y que la misma tenga efectos sobre la producción futura de petróleo

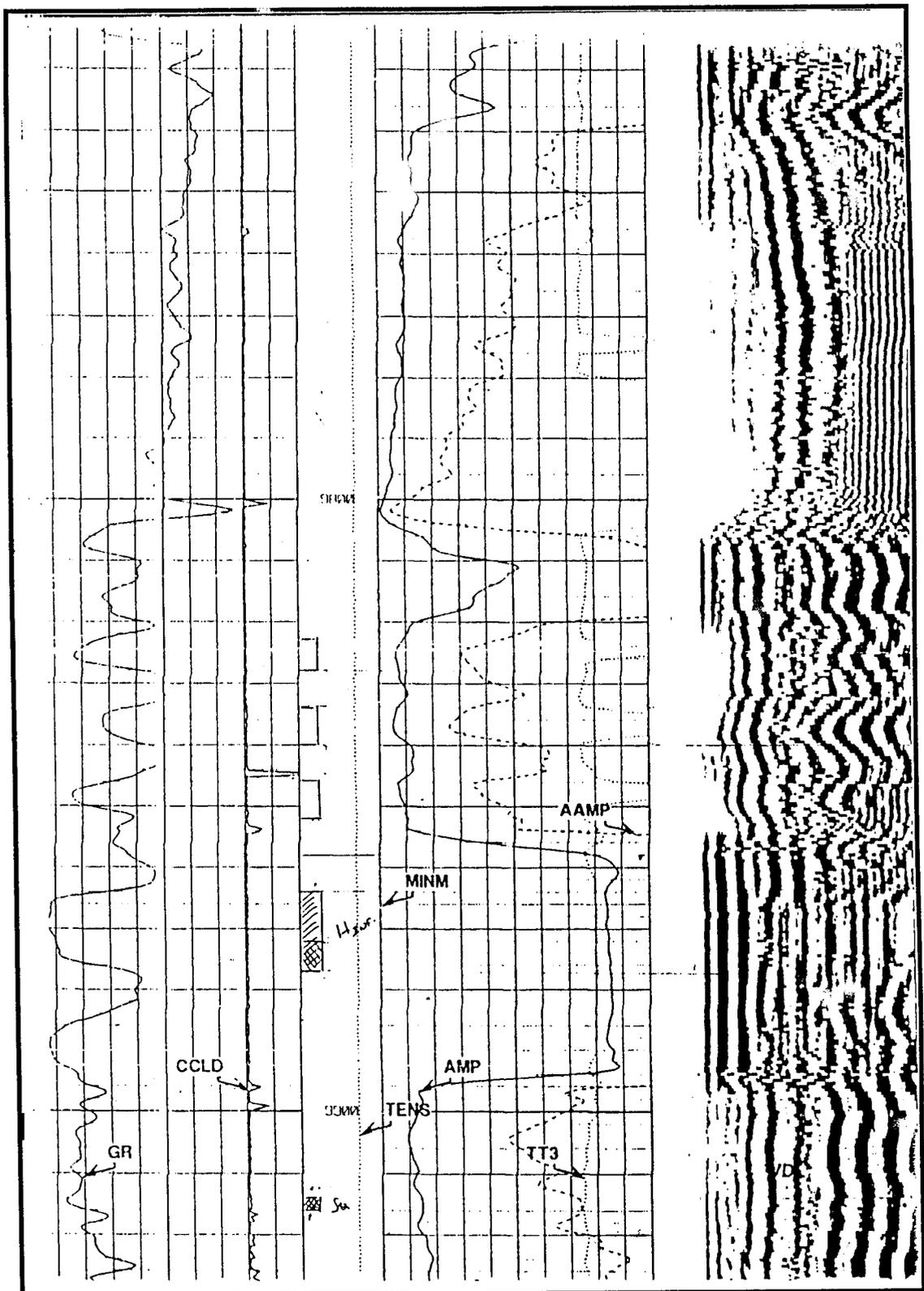
ANEXO



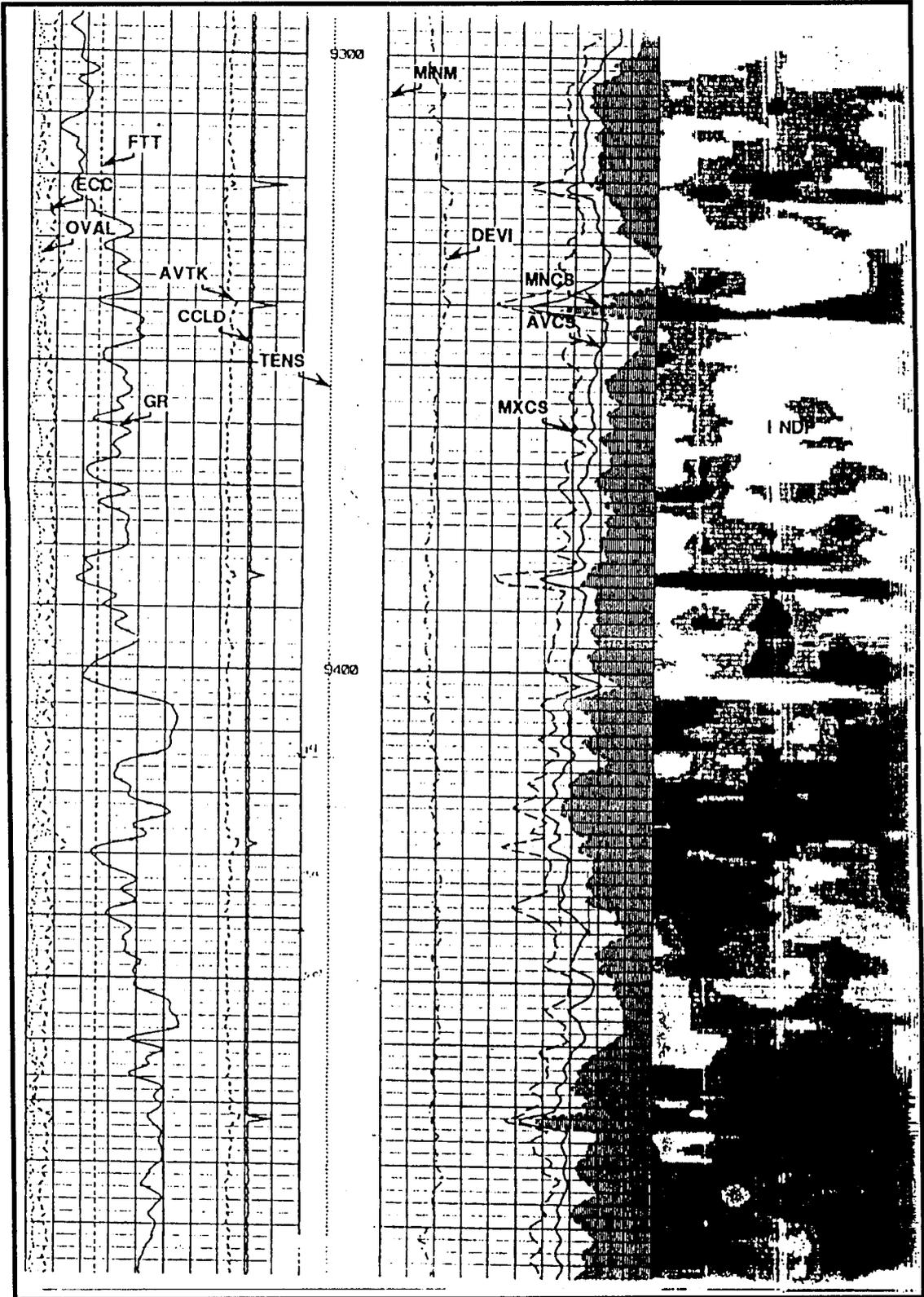
'OZO PYM4 (9308'-95 15')



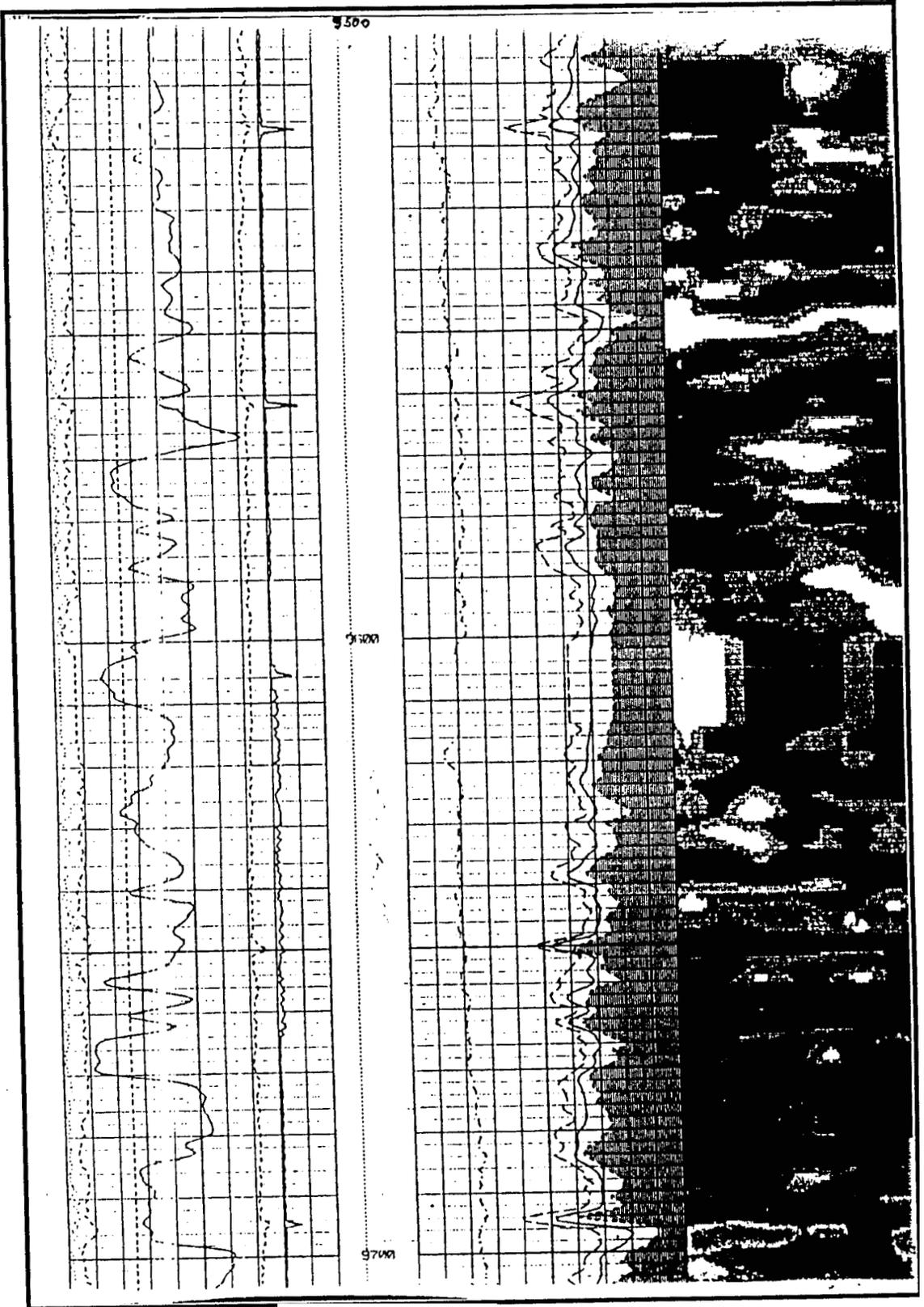
POZO PYM4 (95 15'-9720')



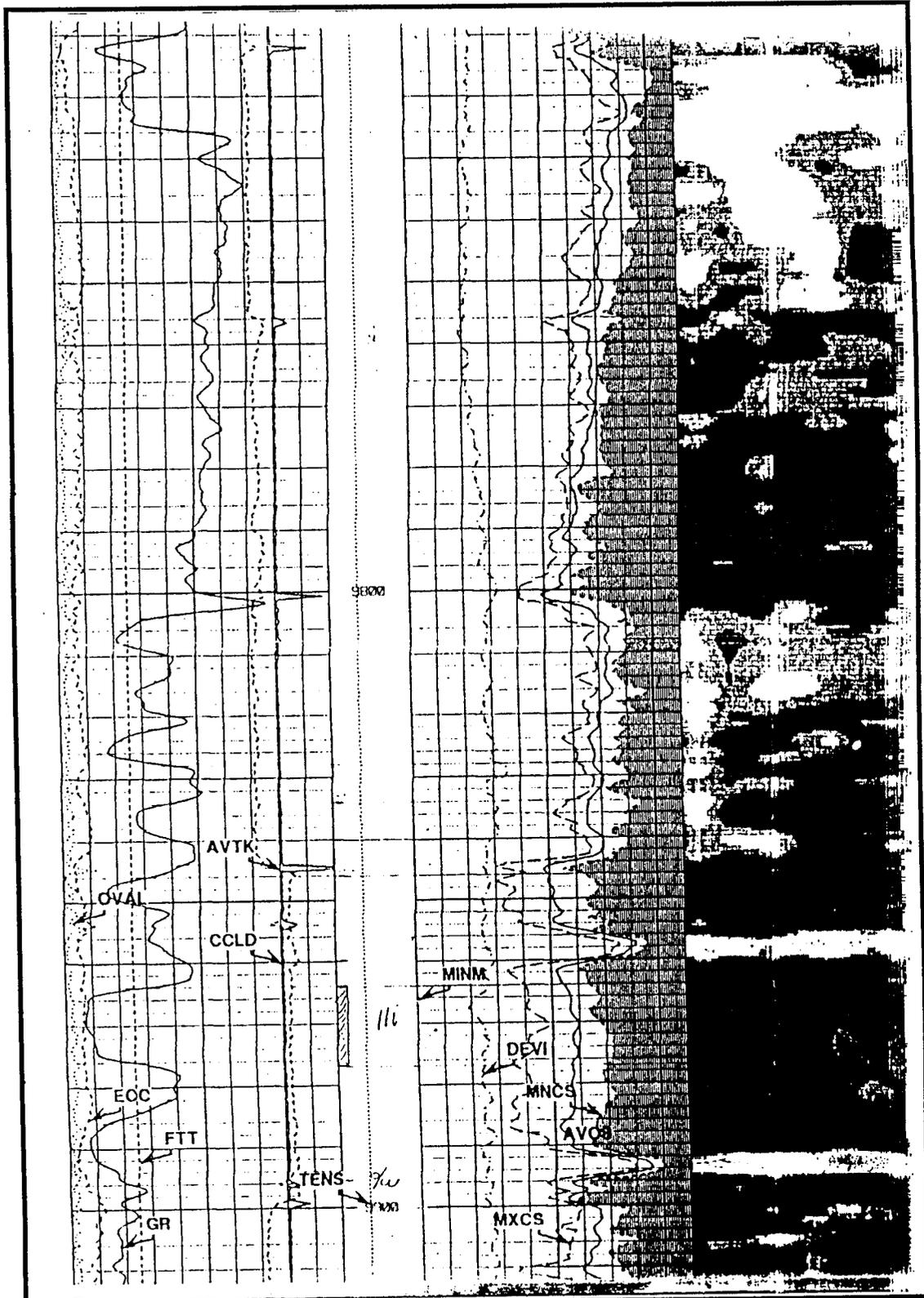
OZO PYM 4 (9720'-9928')



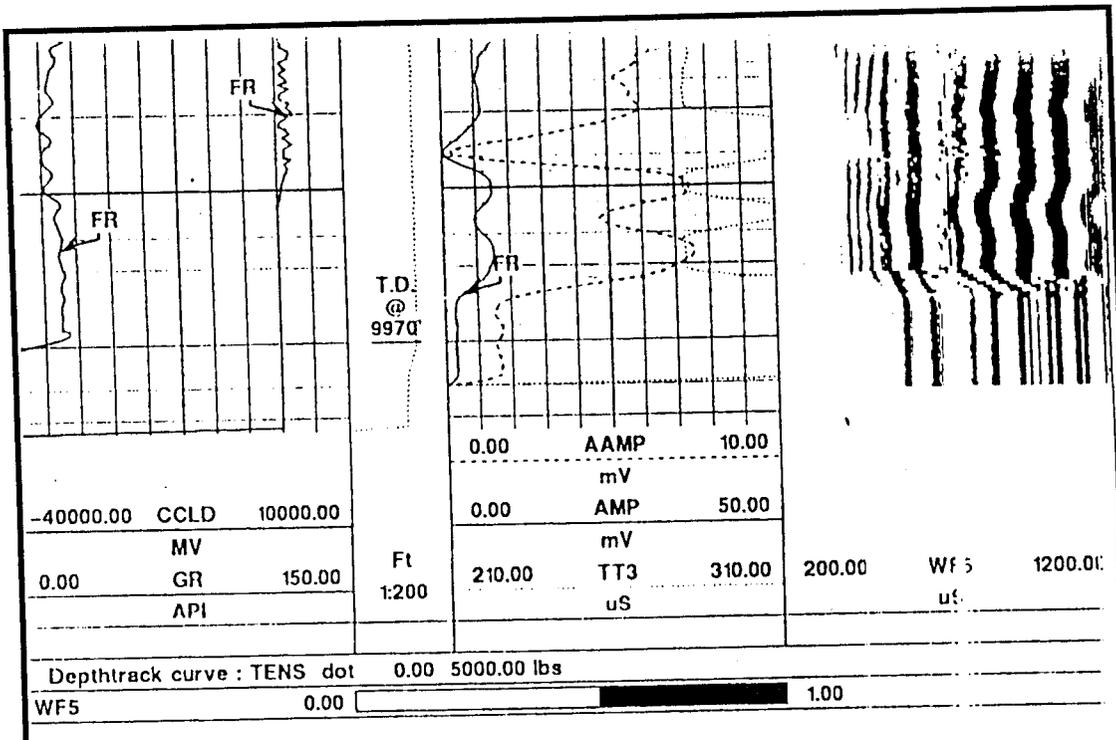
'OZO PYM4 (9290'-9500')



OZO PYM4 (9500'-9706')



POZO PYM4 (9706'-9926')



HALLIBURTON Logging System - V4.22

PLAYBACK RAW DATA - BOTTOM DEPTH 9901.7 ft

Reel : 01.CBLPET RAW . . .RH

Play back File : 05.MAIN @ 800 PSI .SCH146.LG -

Logged on 7/Jul/96 at 01:42

MAIN @ 800 PSI

REPEAT @ 0 PSI

HALLIBURTON Logging System - V4.22

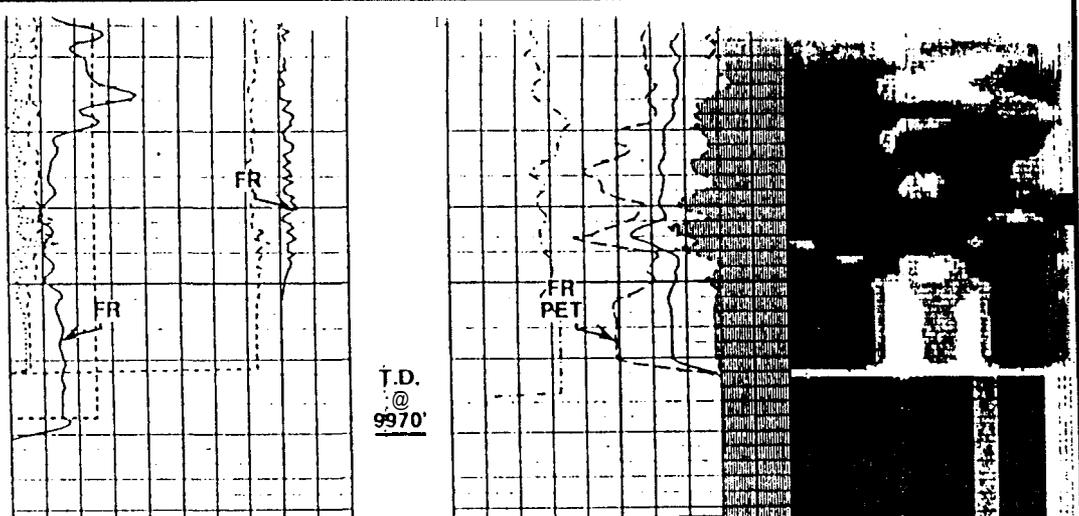
PLAYBACK RAW DATA - TOP DEPTH 9686.2 ft

Reel : 01.CBLPET RAW . . .RH

Play back File : 04.REPEAT @ 0 PSI .SCH146.LG

Logged on 7/Jul/96 at 01:17

POZO PYM4 (9928'-9970')



T.D.
@
9970'

1.00	ECC	1.00					
	Inchos						
0.00	OVAL	1.00					
	Inches						
0.00	AVTK...	0.50		8000.00	MXCS	-2000.00	
	Inches				psl		
175.00	FTT	275.00		8000.00	AVCS	-2000.00	
	us/ft				psl		
-40000.00	CCLD	10000.00		8000.00	MNCS	-2000.00	
	MV				psl		
0.00	GR	150.00	Ft	-1.00	DEVI	9.00	0.00
	API		1:200		deg		BNDP
							degs

Depthtrack curve : TENS dot 0.00 10000.00 lbs
 |3NDP 0.00 3000.00

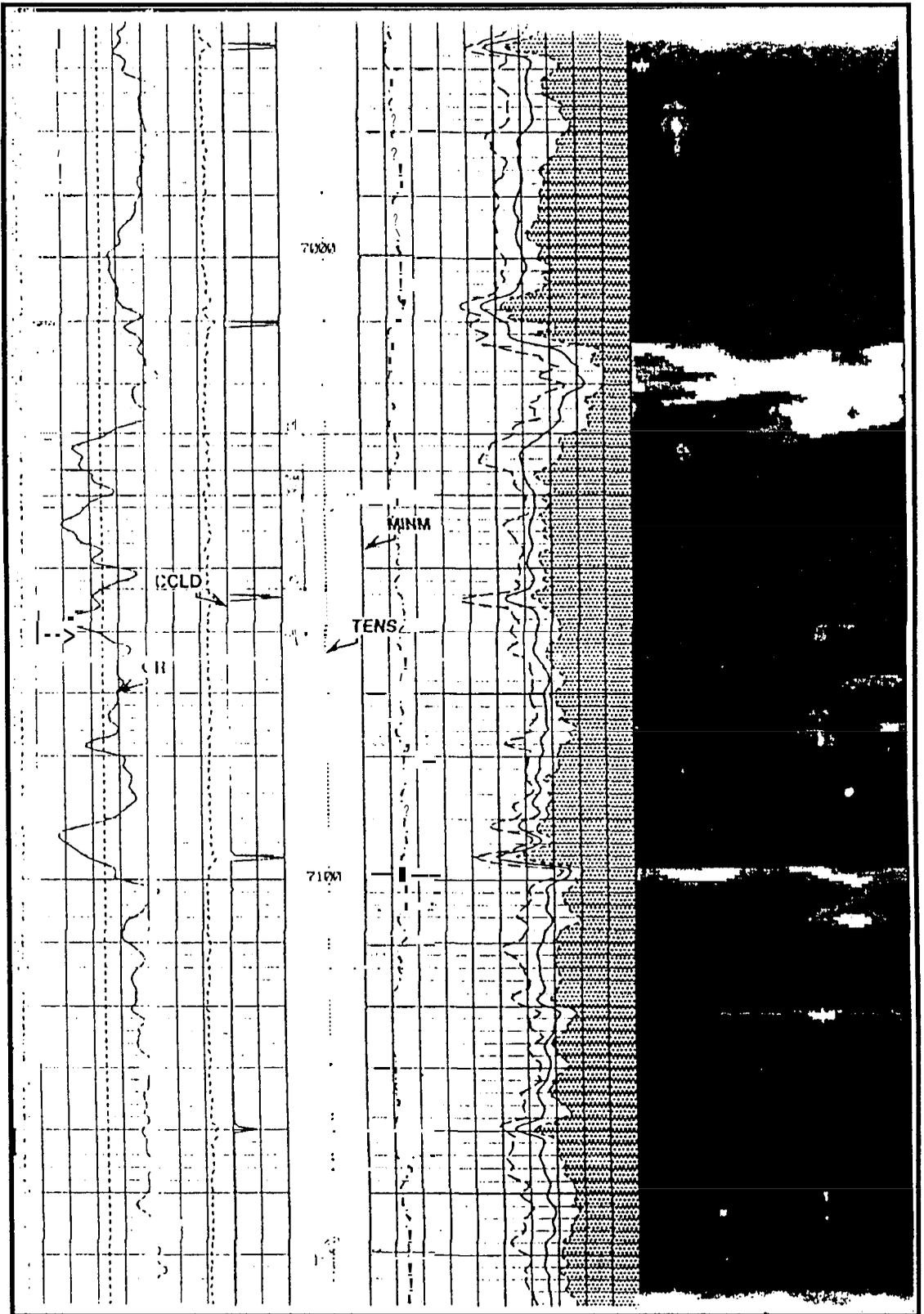
HALLIBURTON Logging System - V4.22
 PLAYBACK RAW DATA - BOTTOM DEPTH 9901.7 ft
 Reel : 01.CBLPET RAW .RH
 Play back File : 05.MAIN @ 800 PSI.SCH146.LG
 Logged on 7/Jul/96 at 01:42

MAIN @ 800 PSI

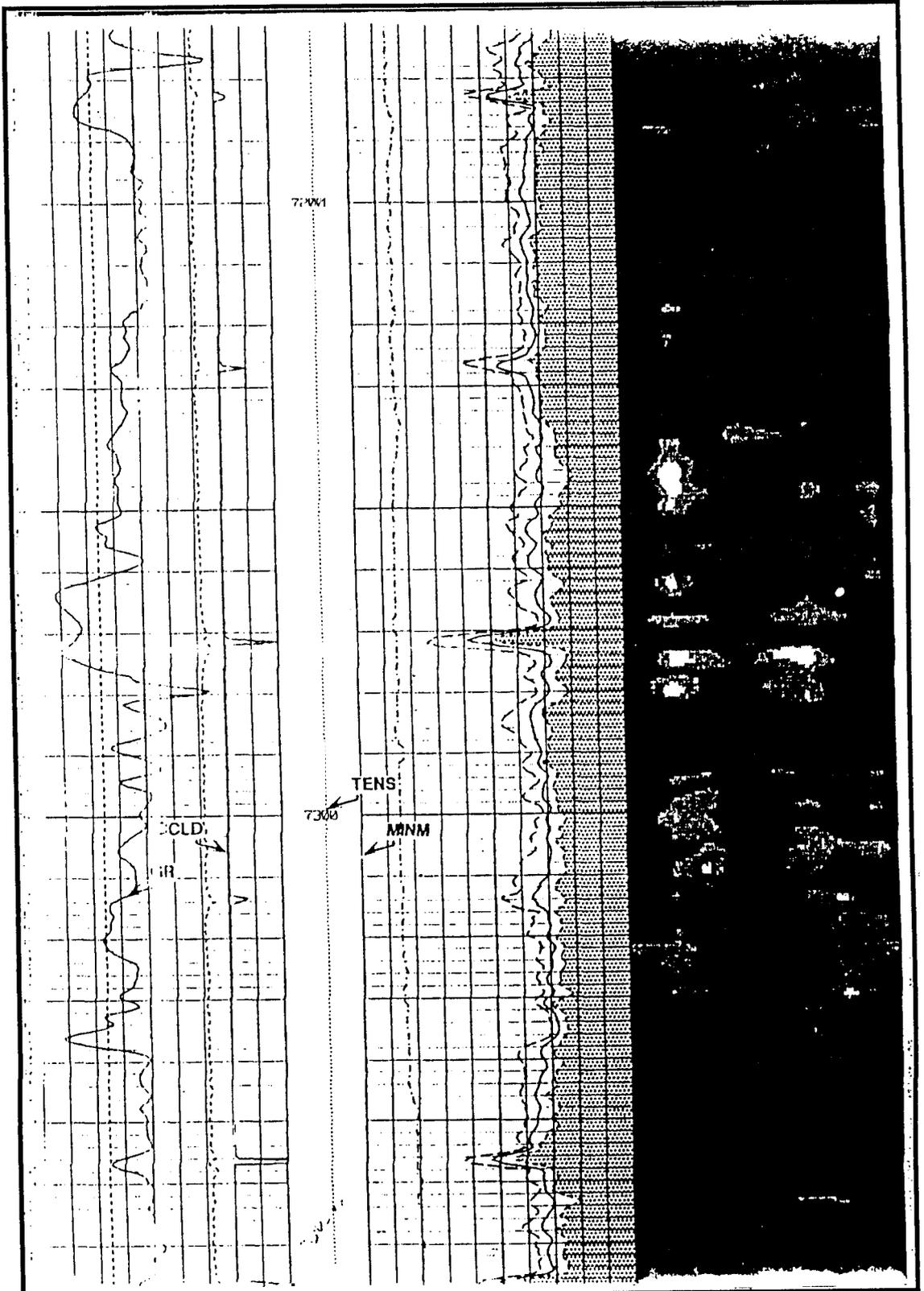
Saxha-146

REPEAT @ 0 PSI

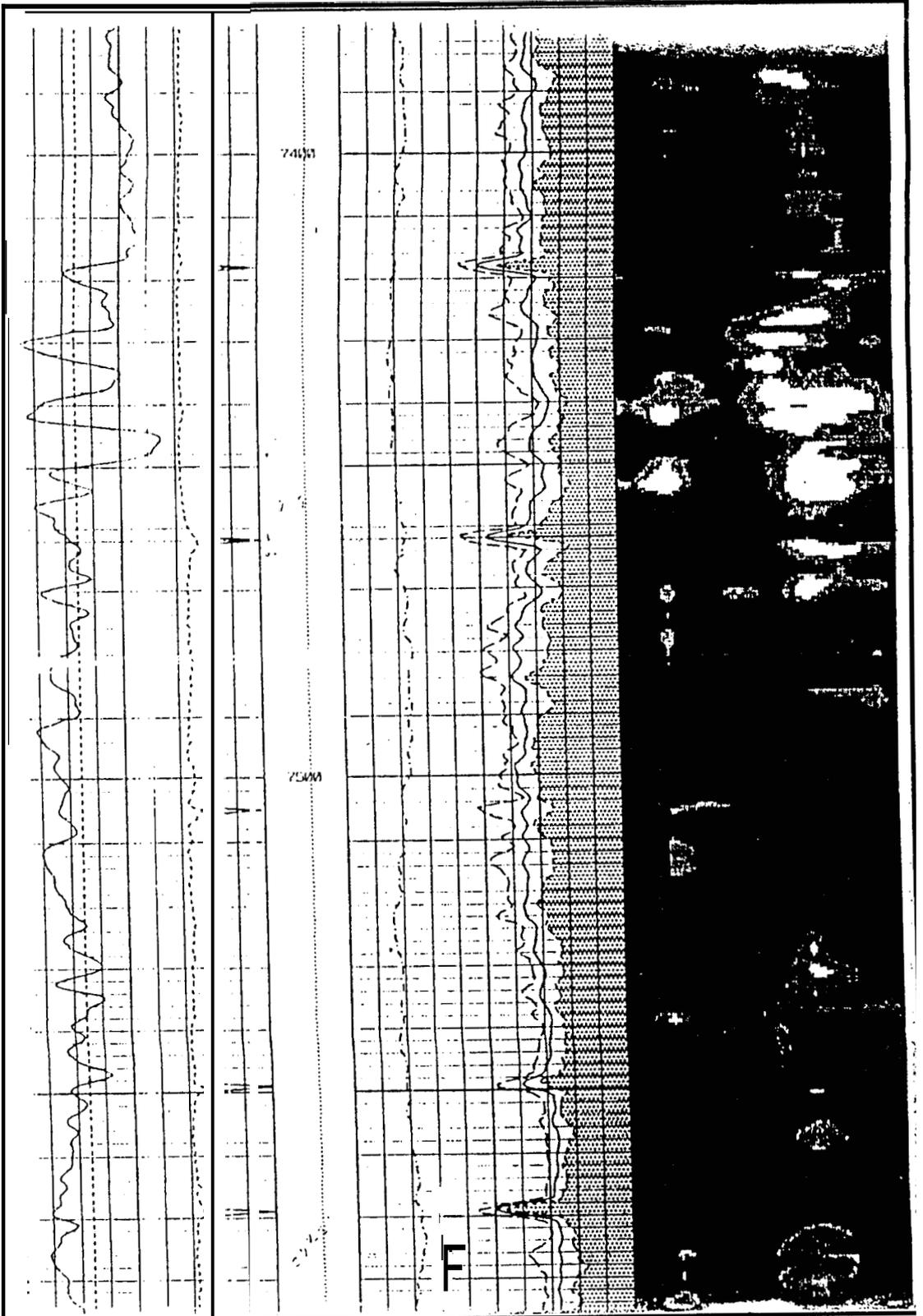
OZO PYM (9926'-9970')

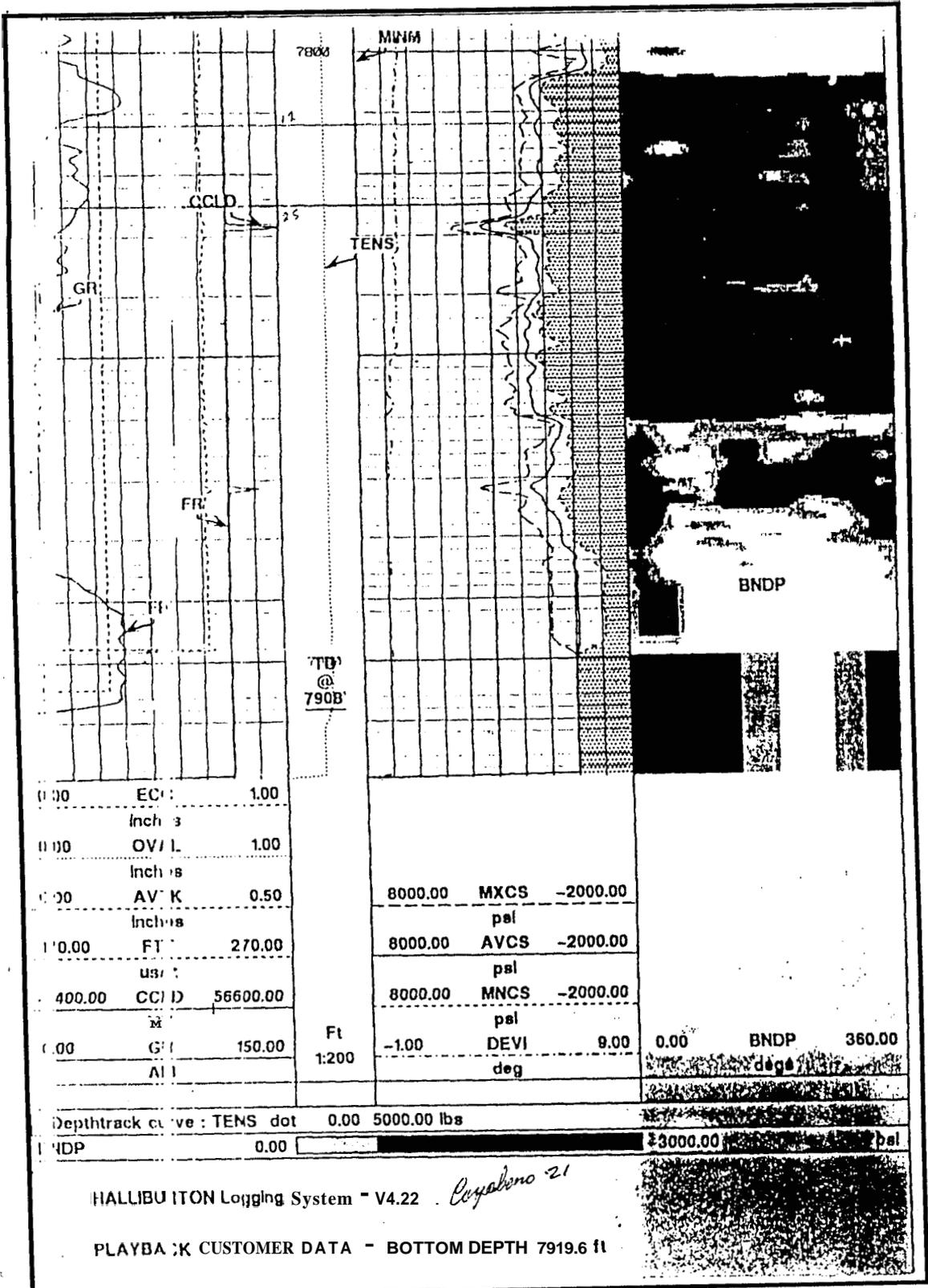


POZO BES2 (6960'-7170')

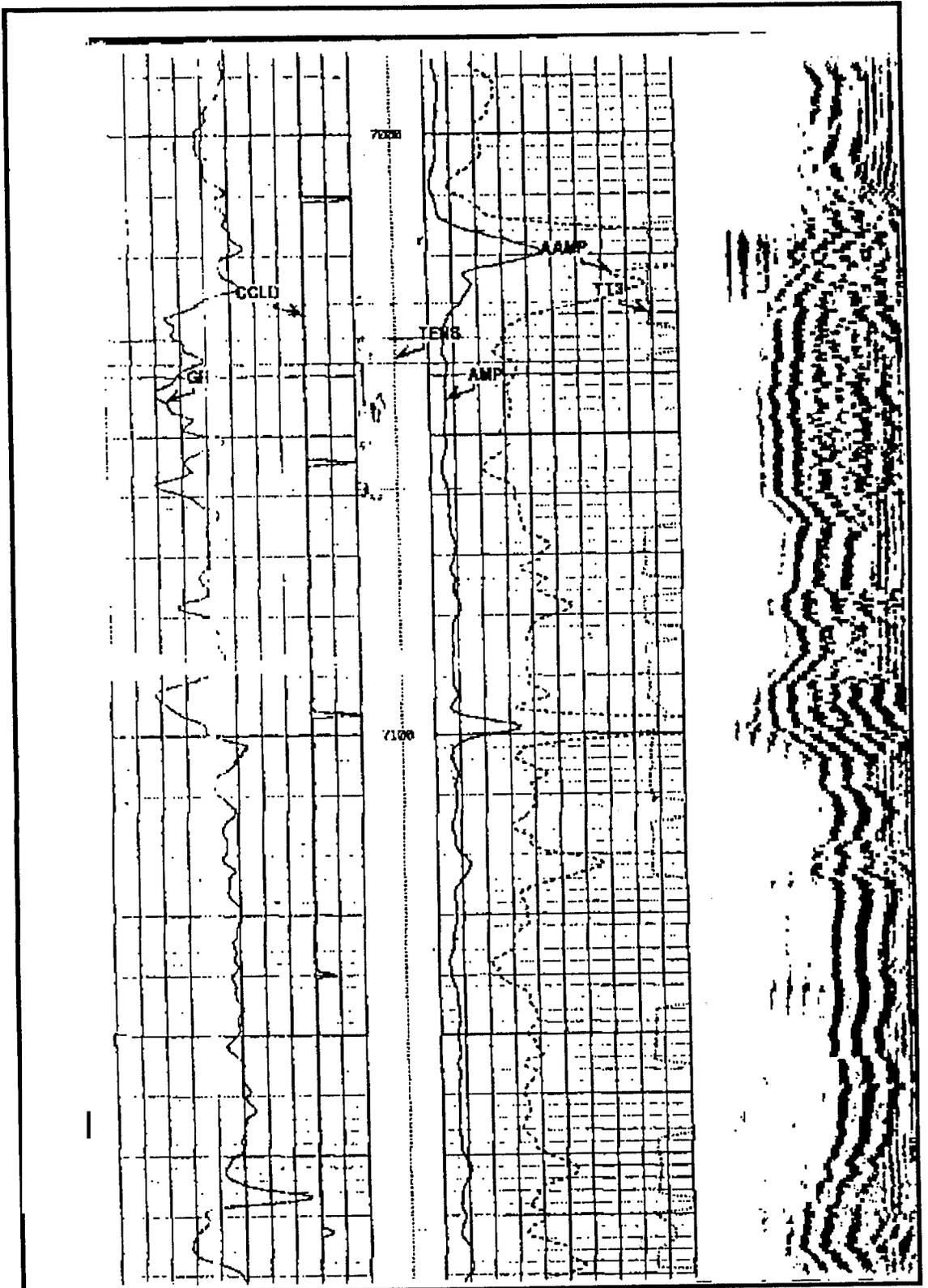


FOZO BES2 (7170'-7372')

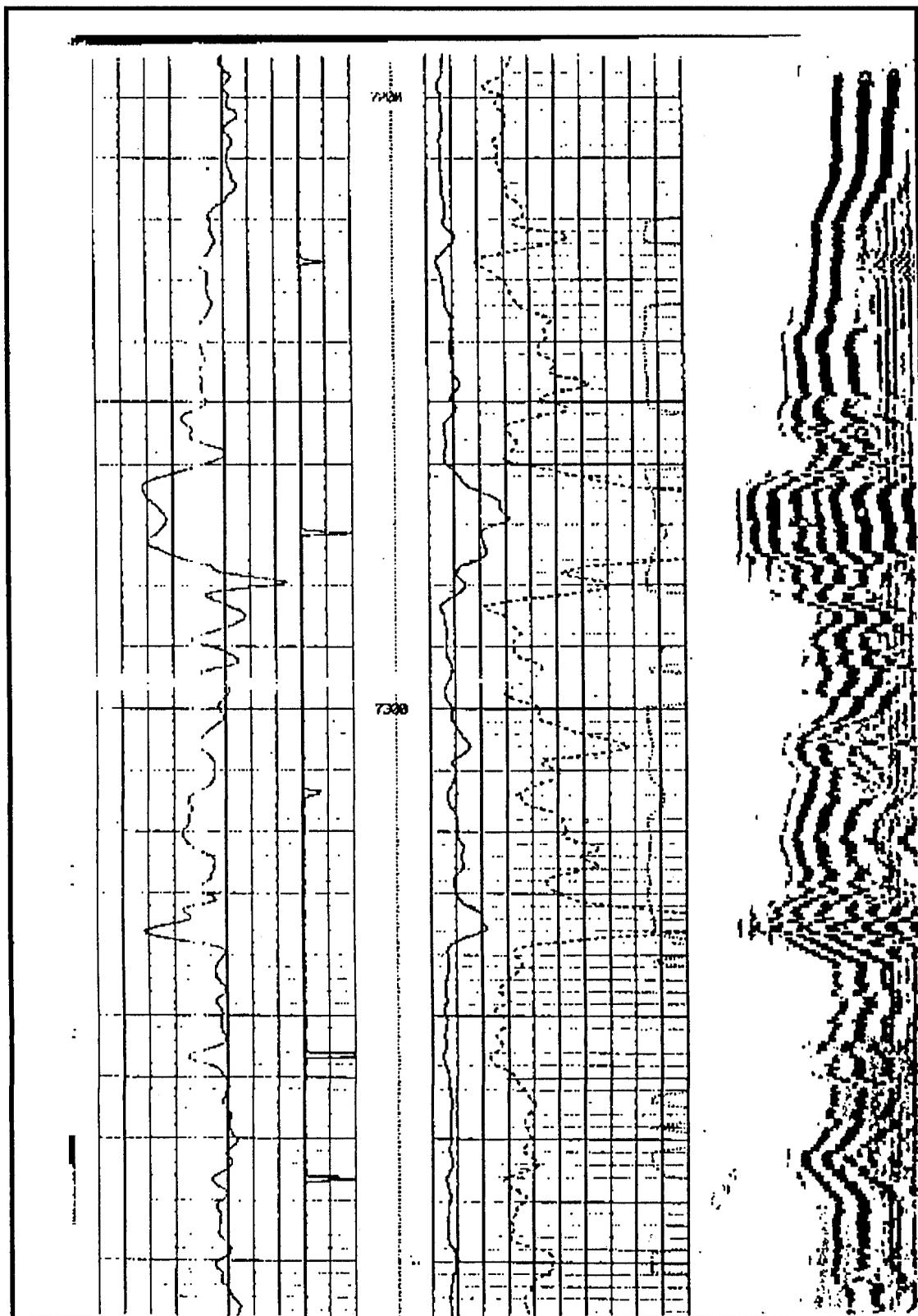




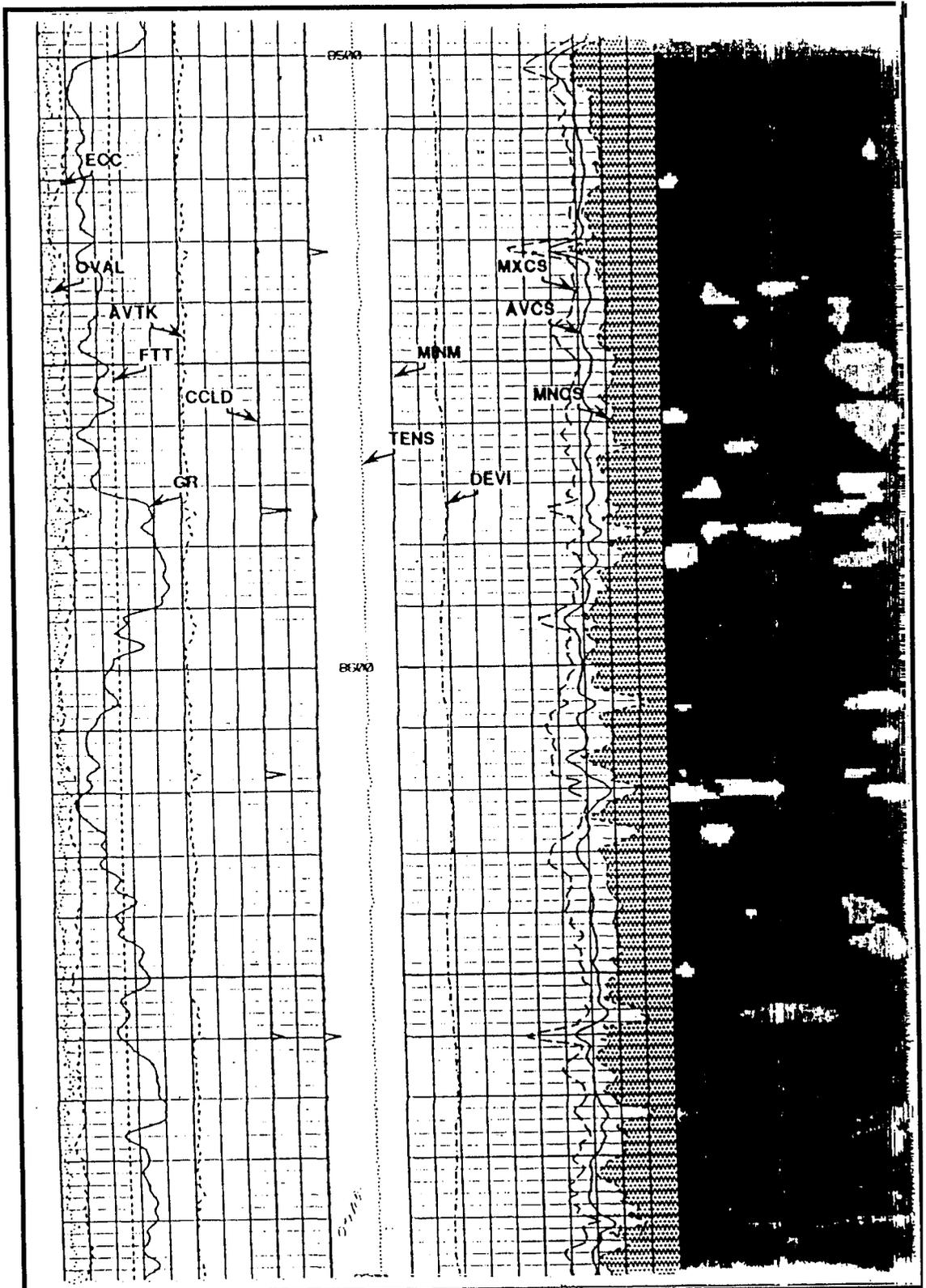
POZO BES2 (7796'-7908')



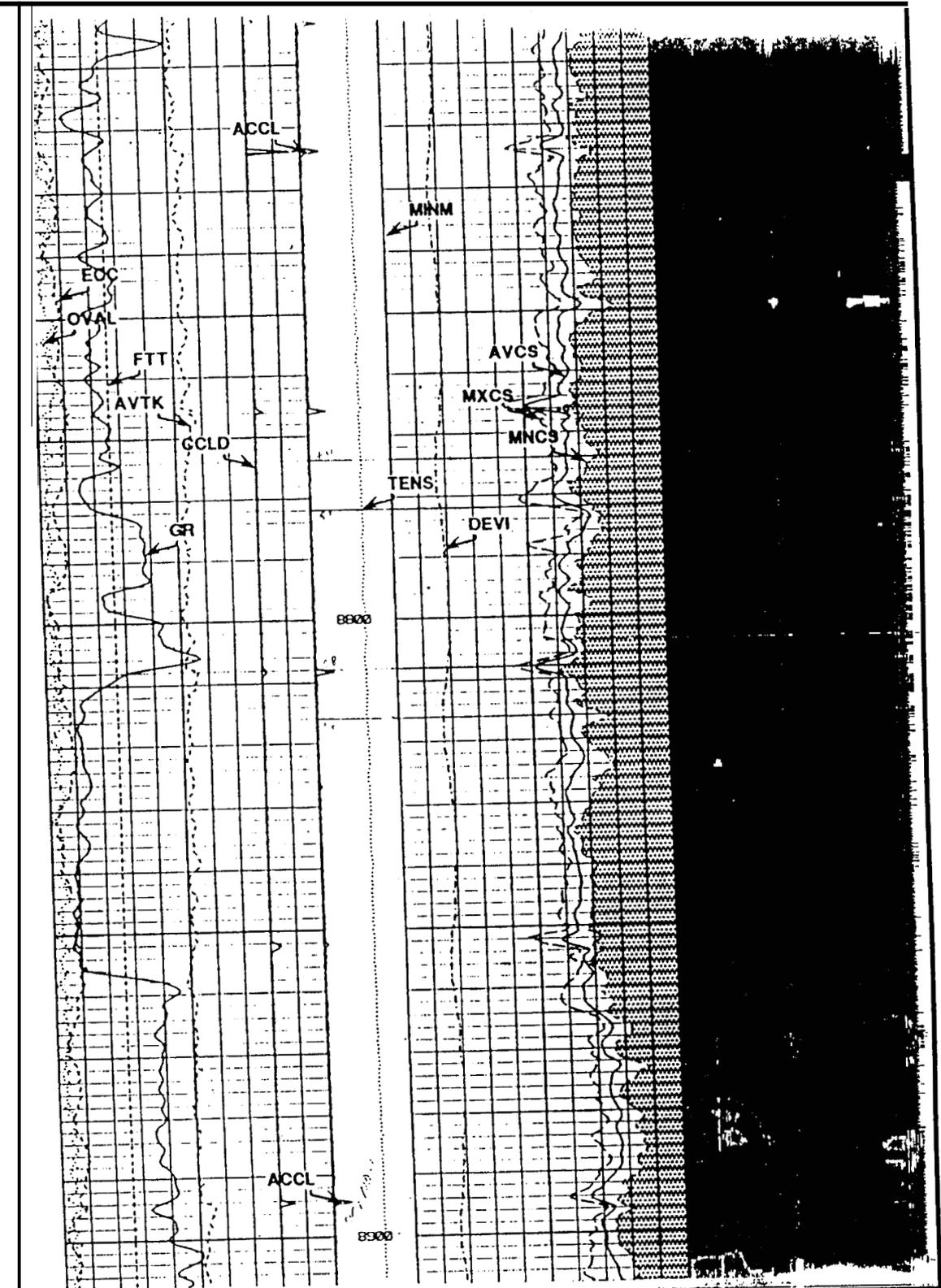
POZO BES2 (6986'-7 192')



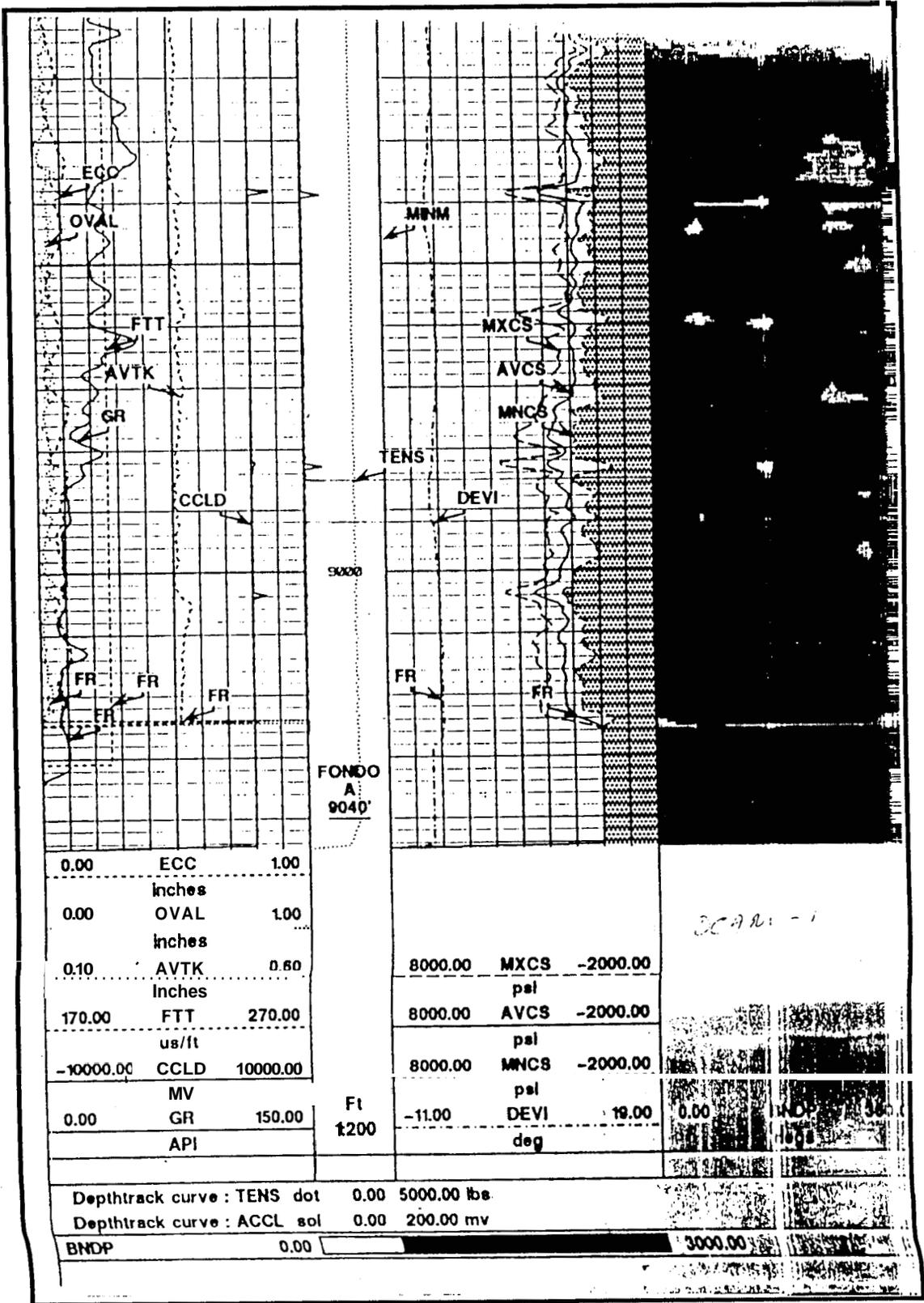
I OZO BES2 (7192'-7400')



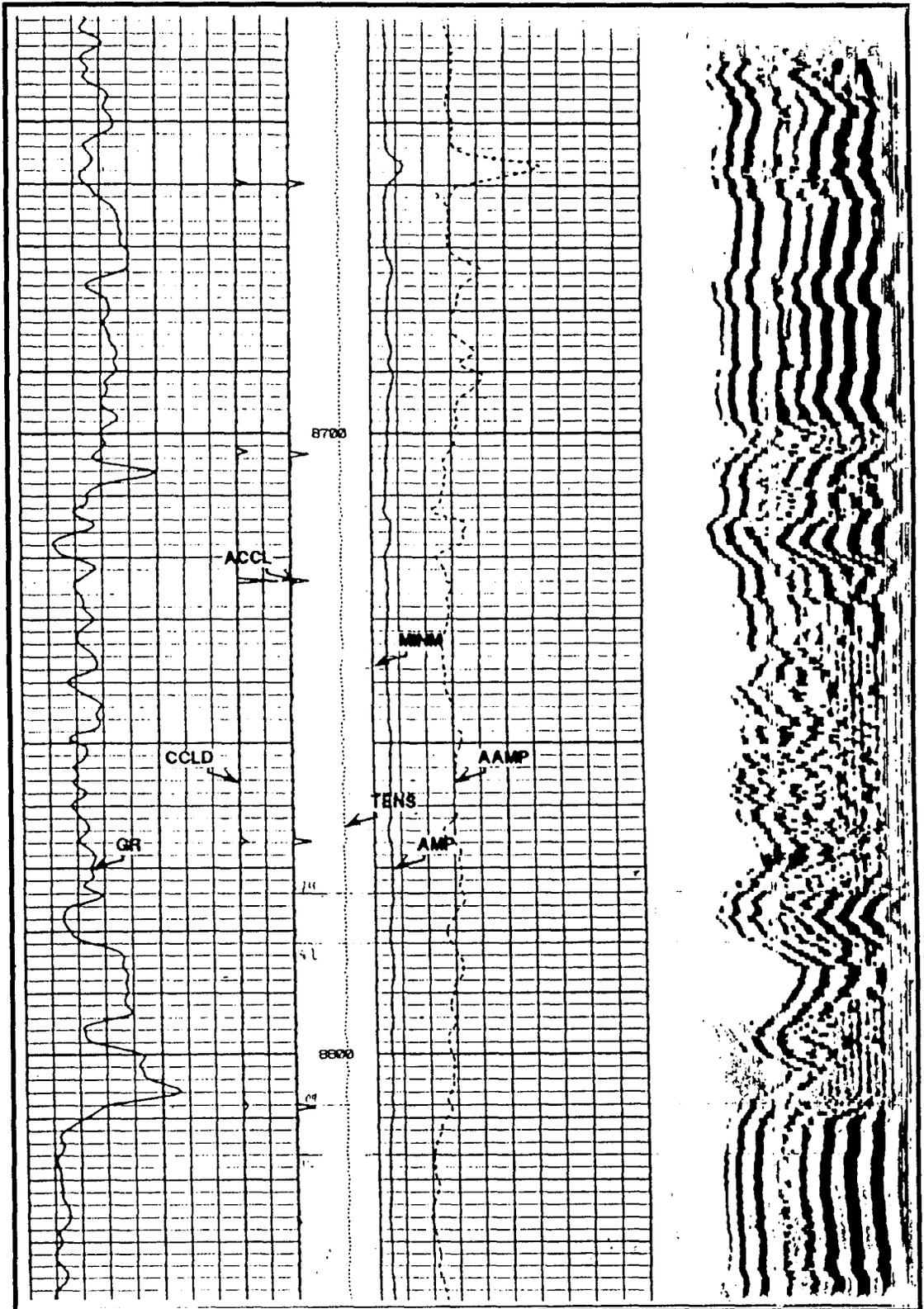
'OZO VB4 (8496'-8700')



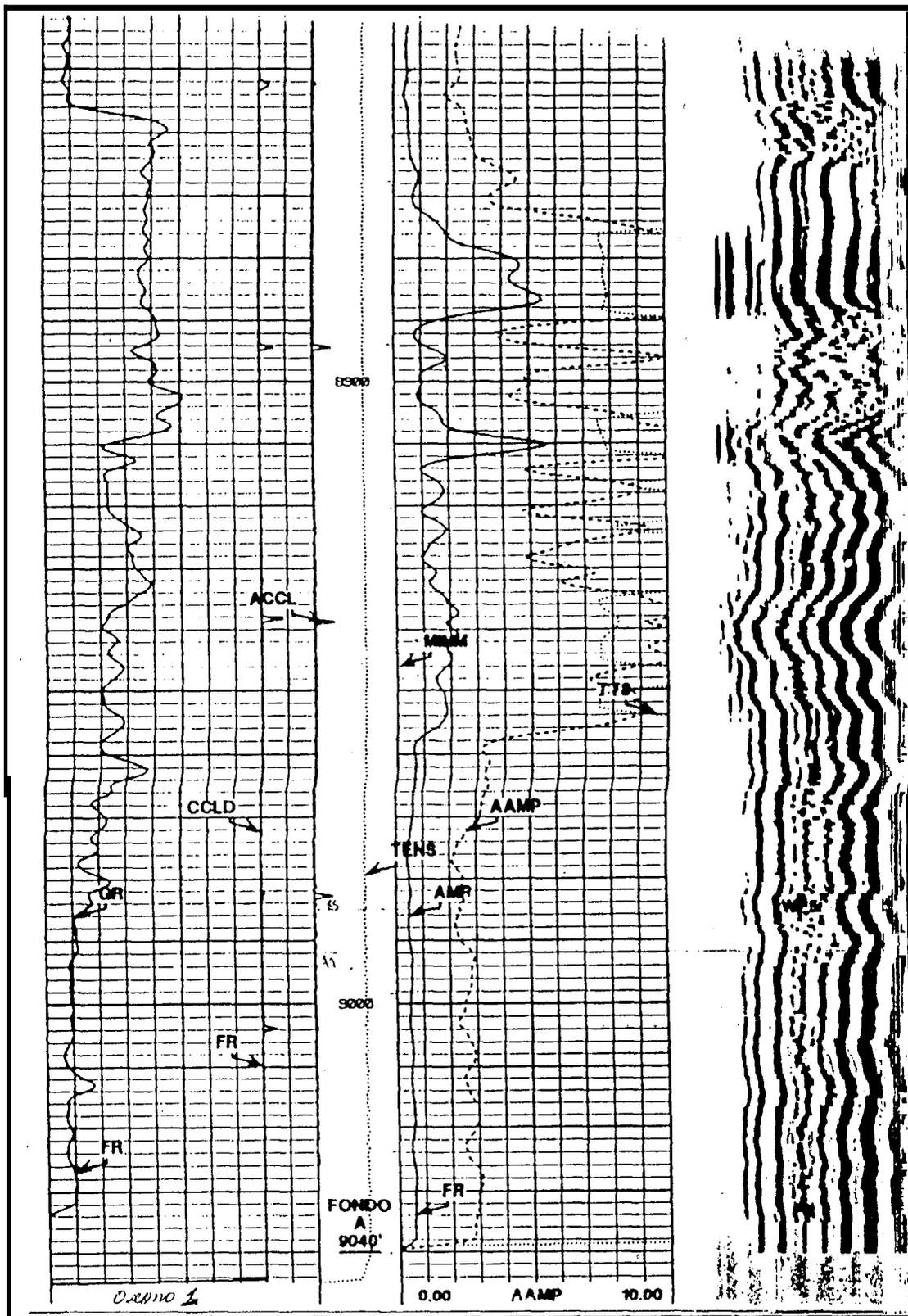
OZO VU4 (8700'-8910')



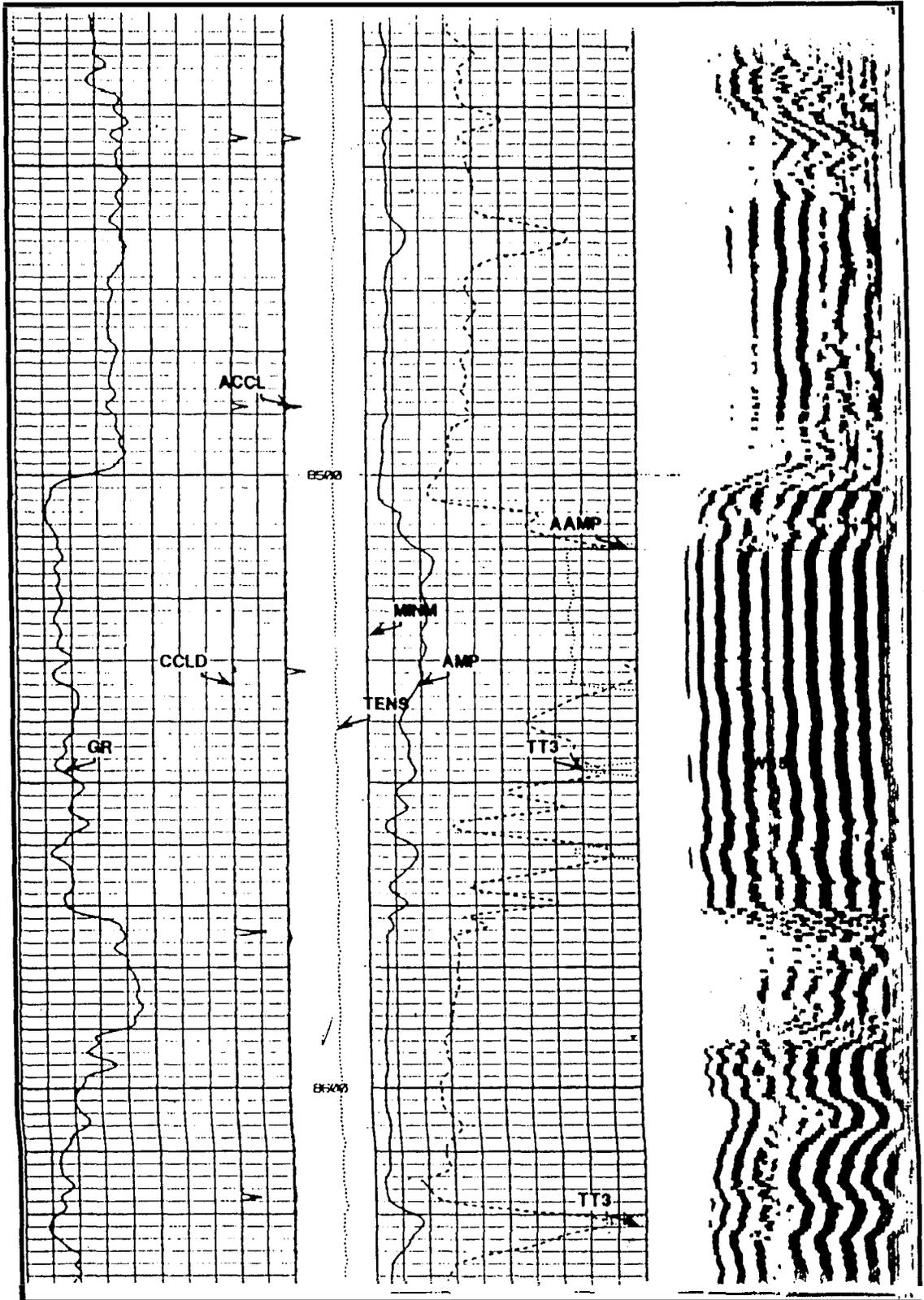
POZO VB4 (8910'-9040')



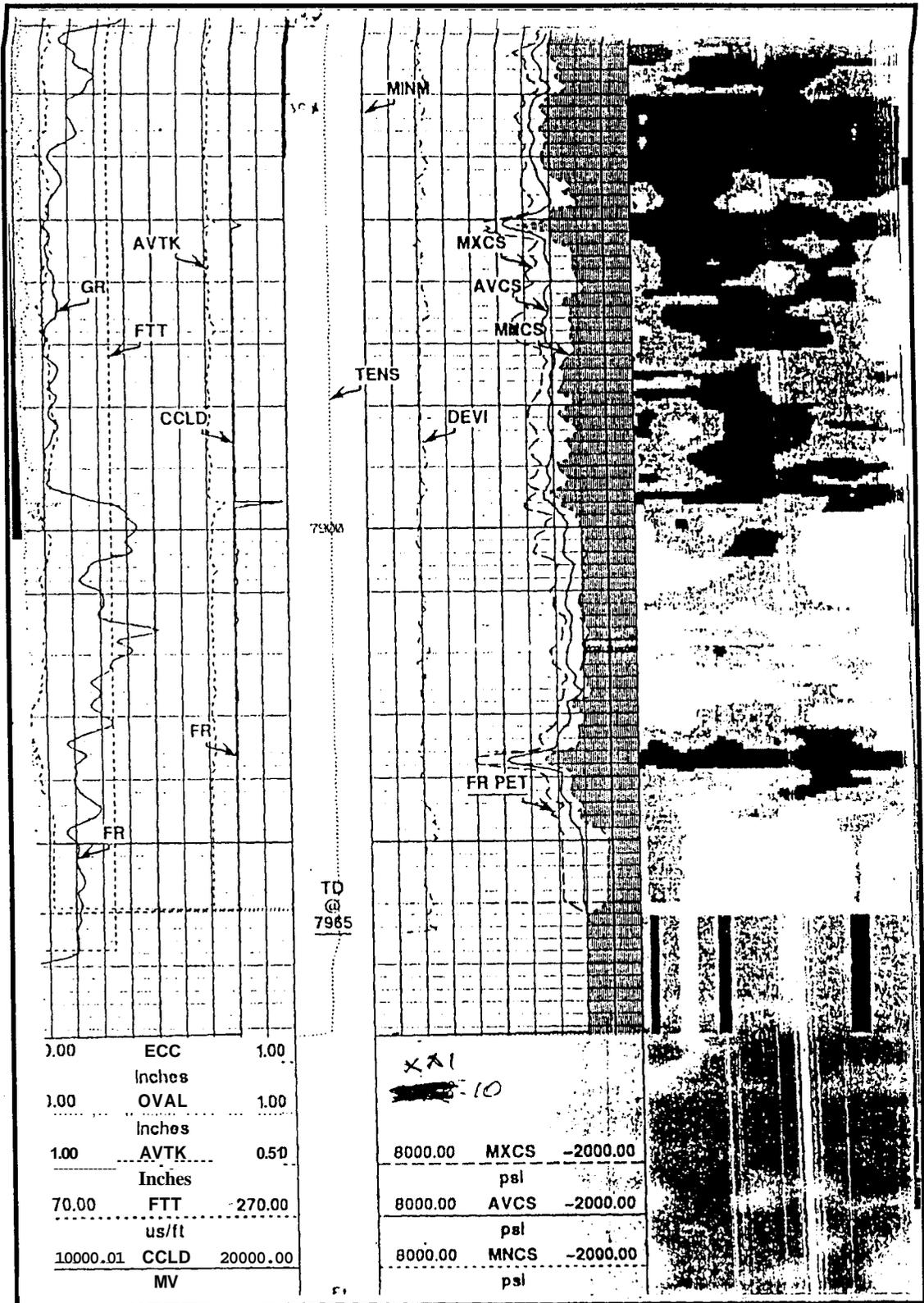
POZO VB4 (8632'-8840')



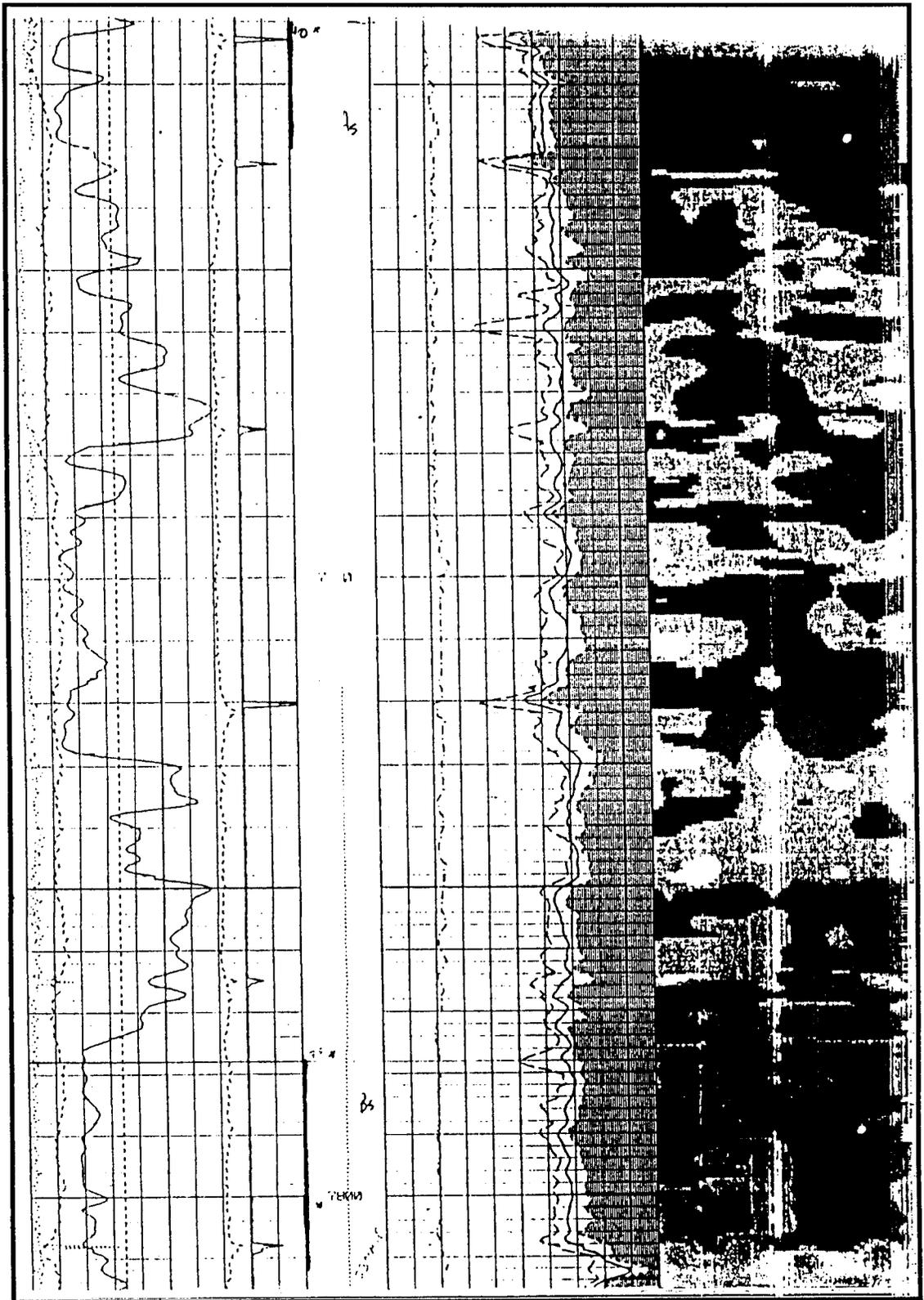
OZO VB4 (8840'-9040')



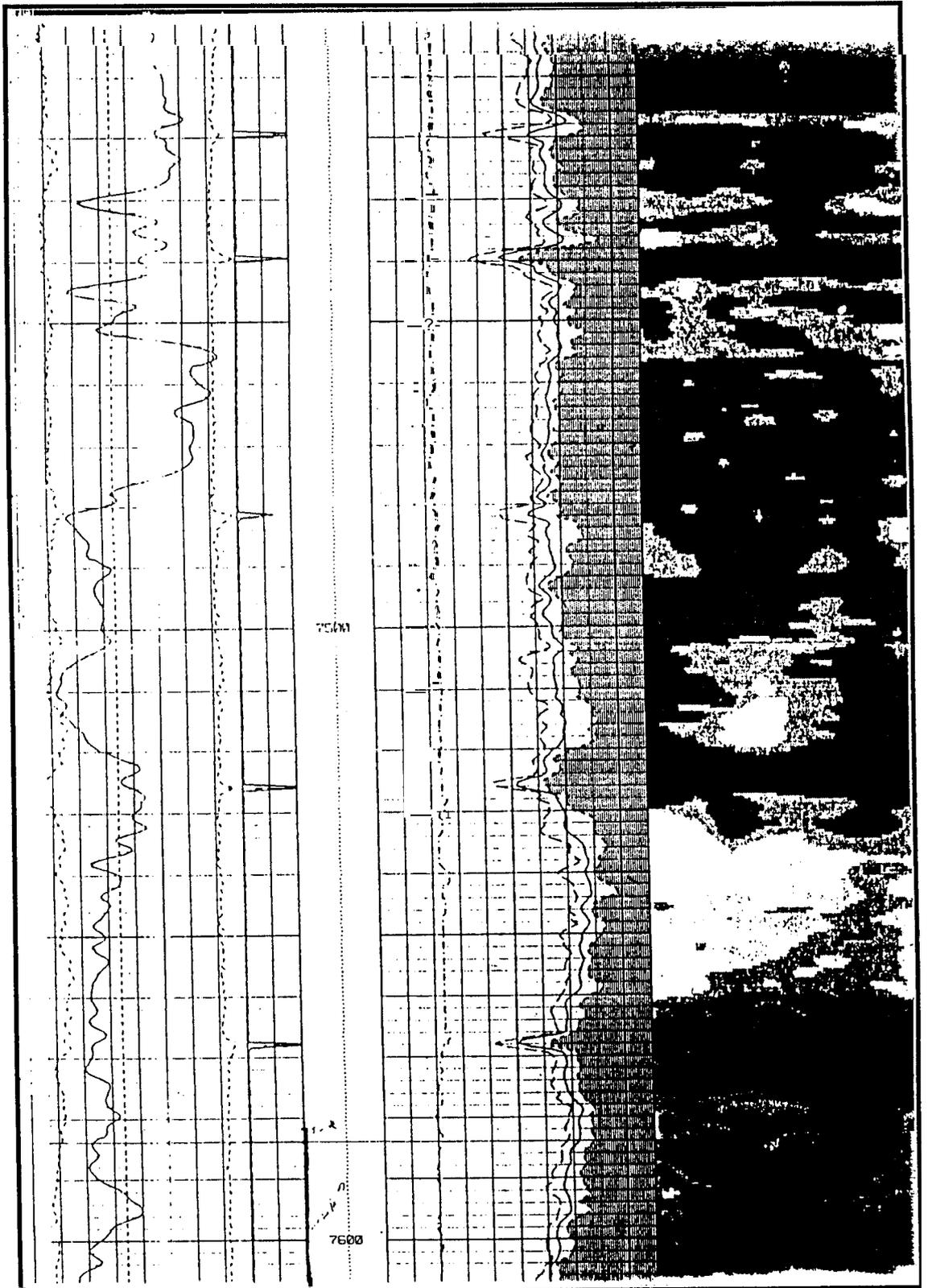
POZO VB4 (8424'-8632')



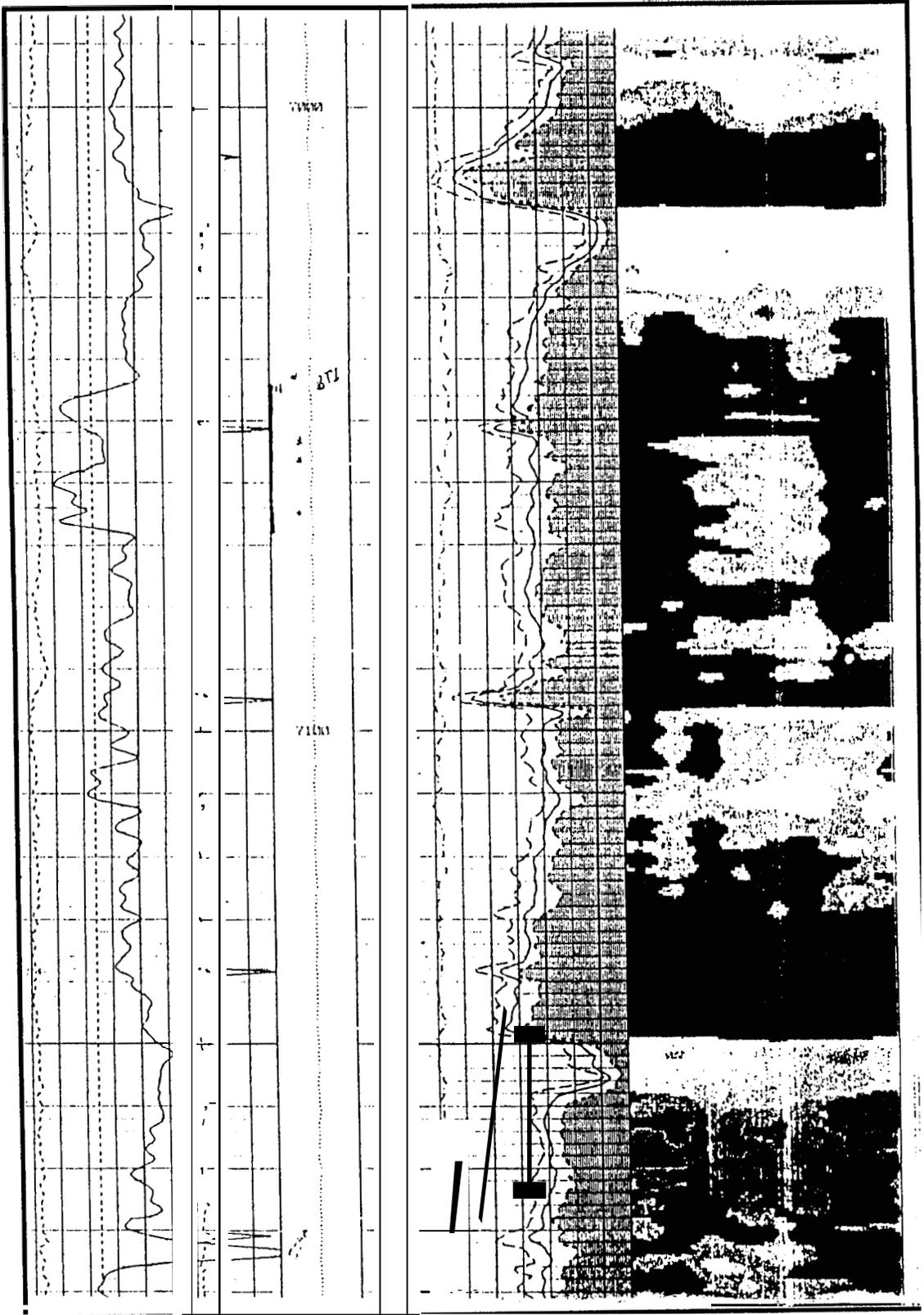
OZO MYN3 (7816'-7965')



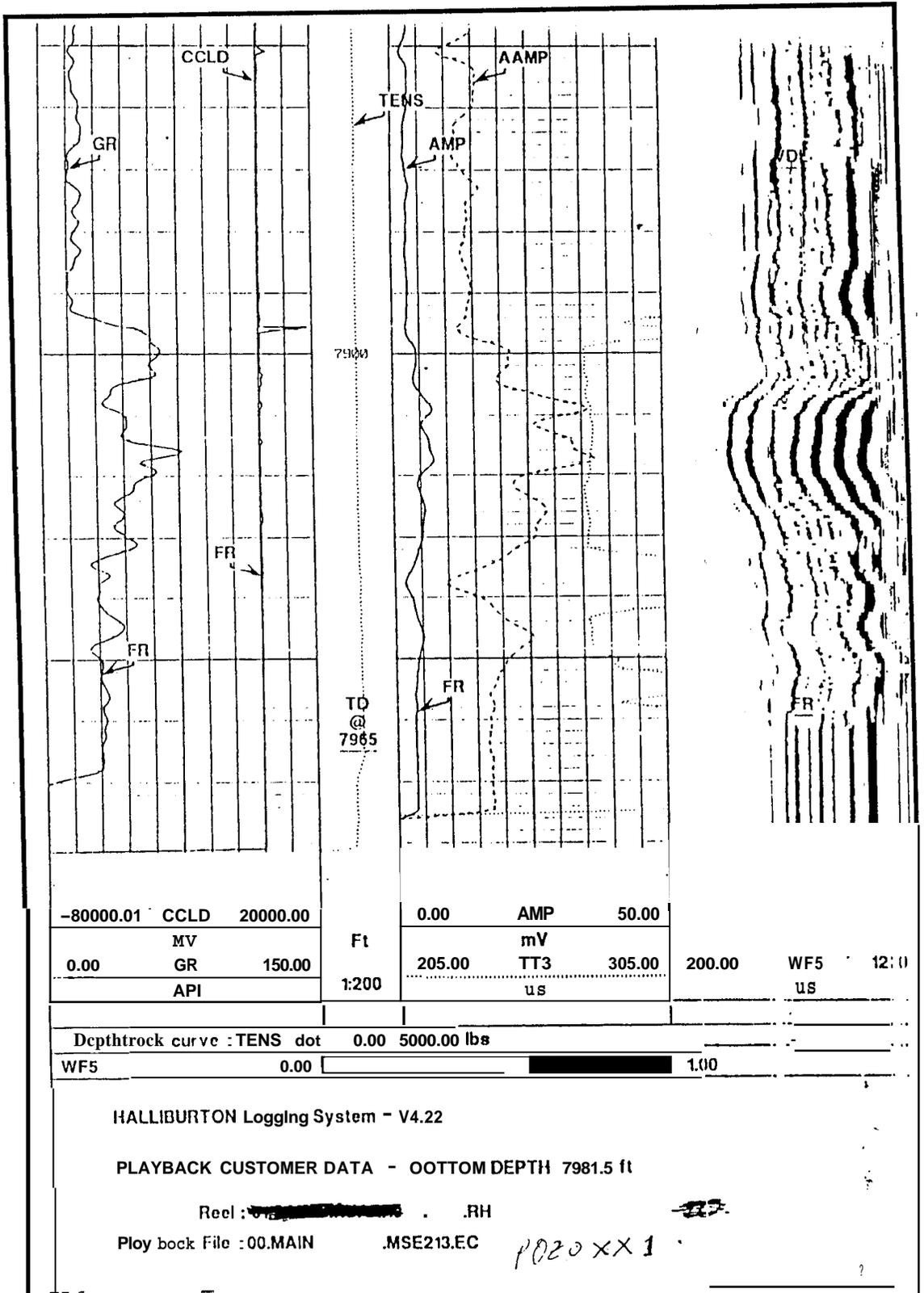
OZO MYN3 (7610'-7816')



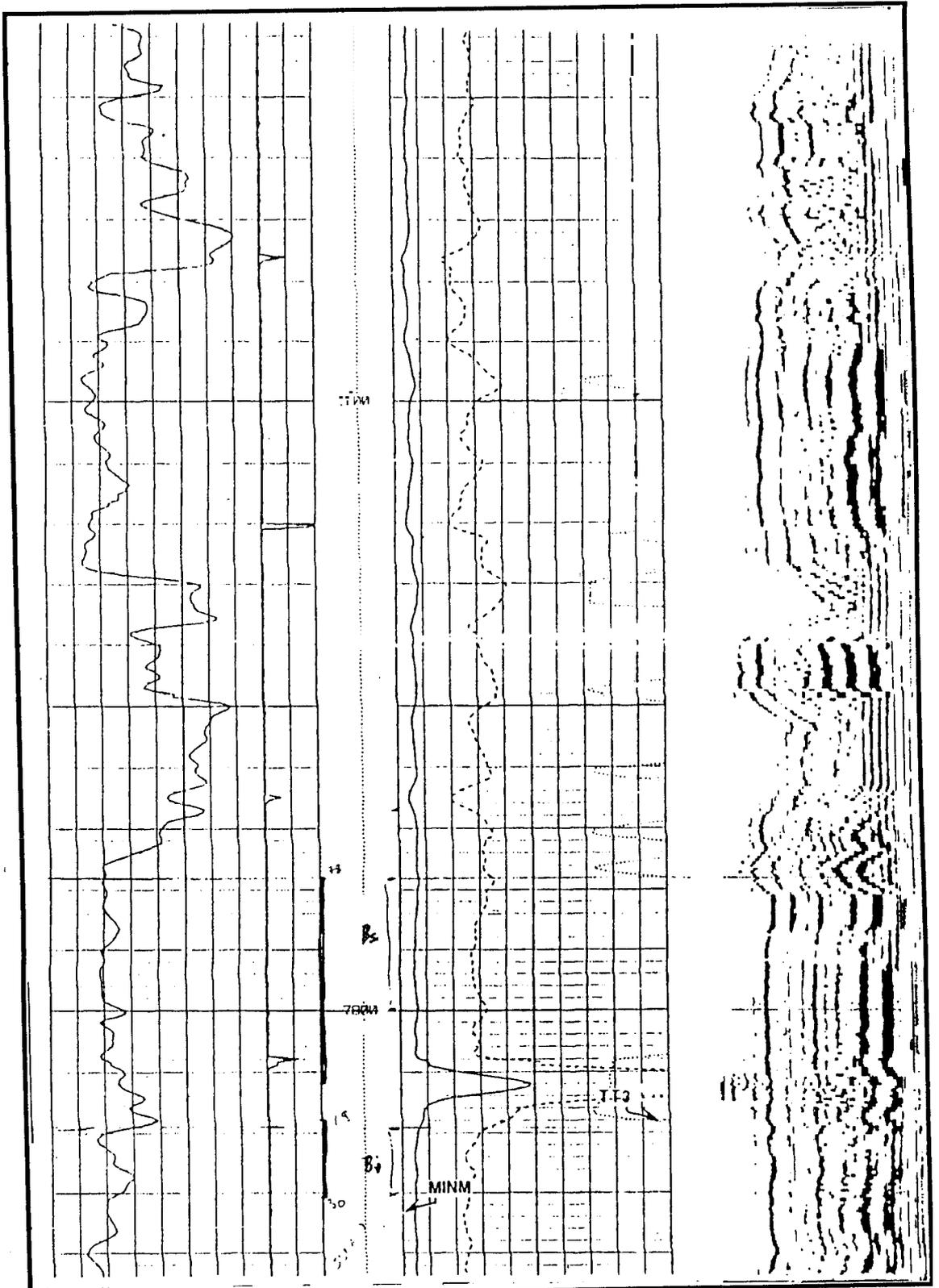
'OZO MYN3 (7400'-76 10')



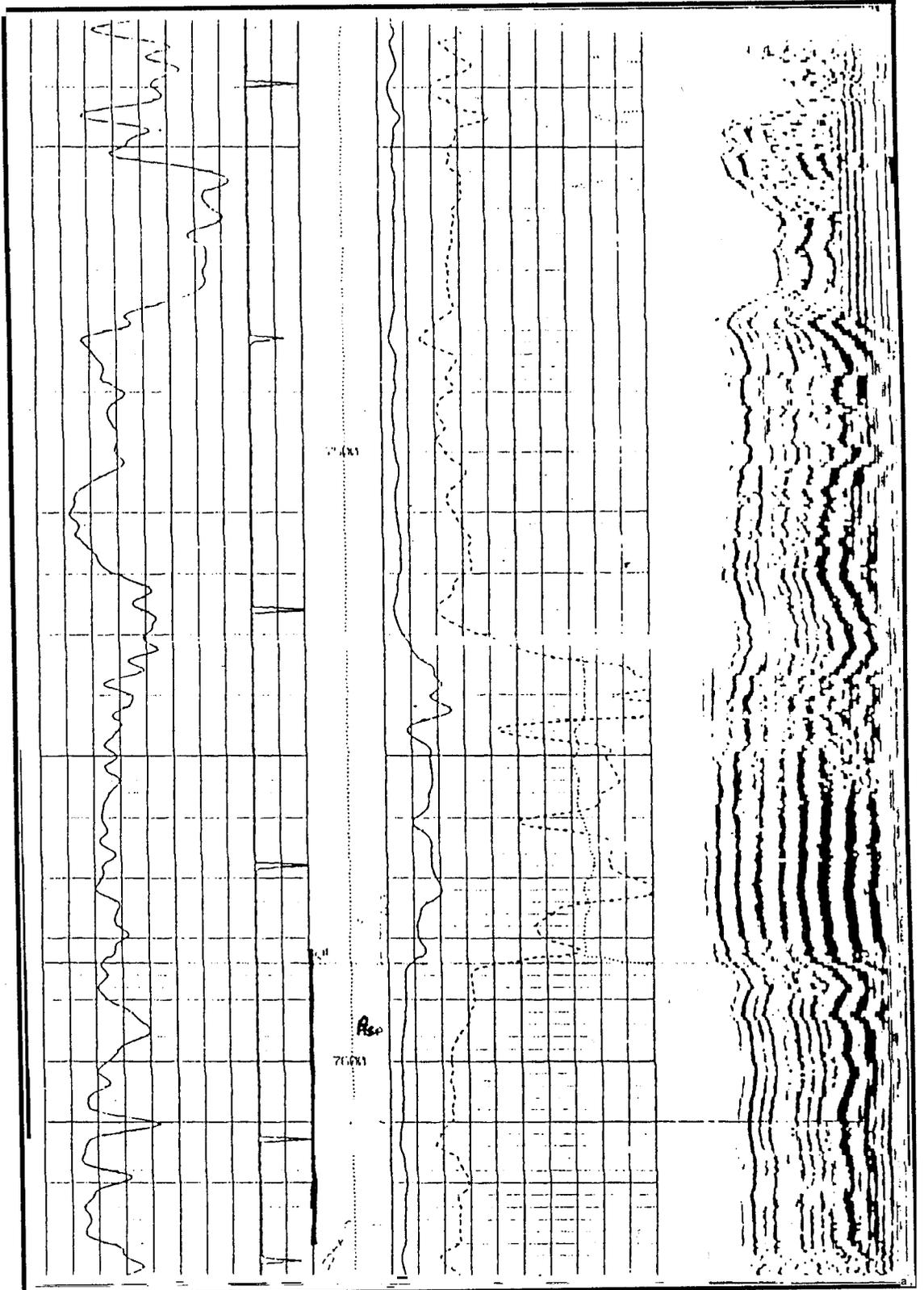
'OZO MYN3 (6986'-7 192')



OZO MYN3 (7845'-7965')

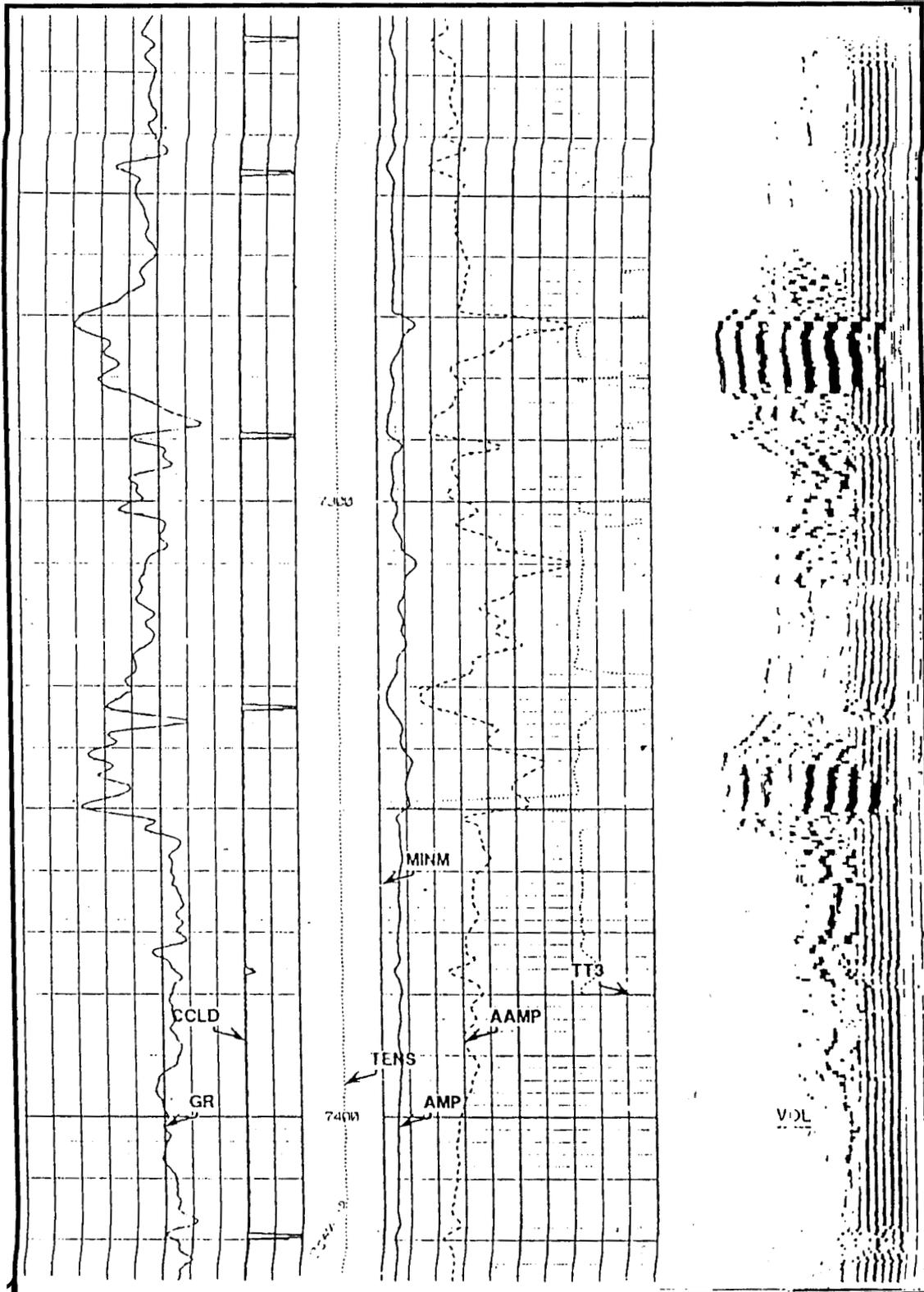


POZO MYN3 (7636'-7845')

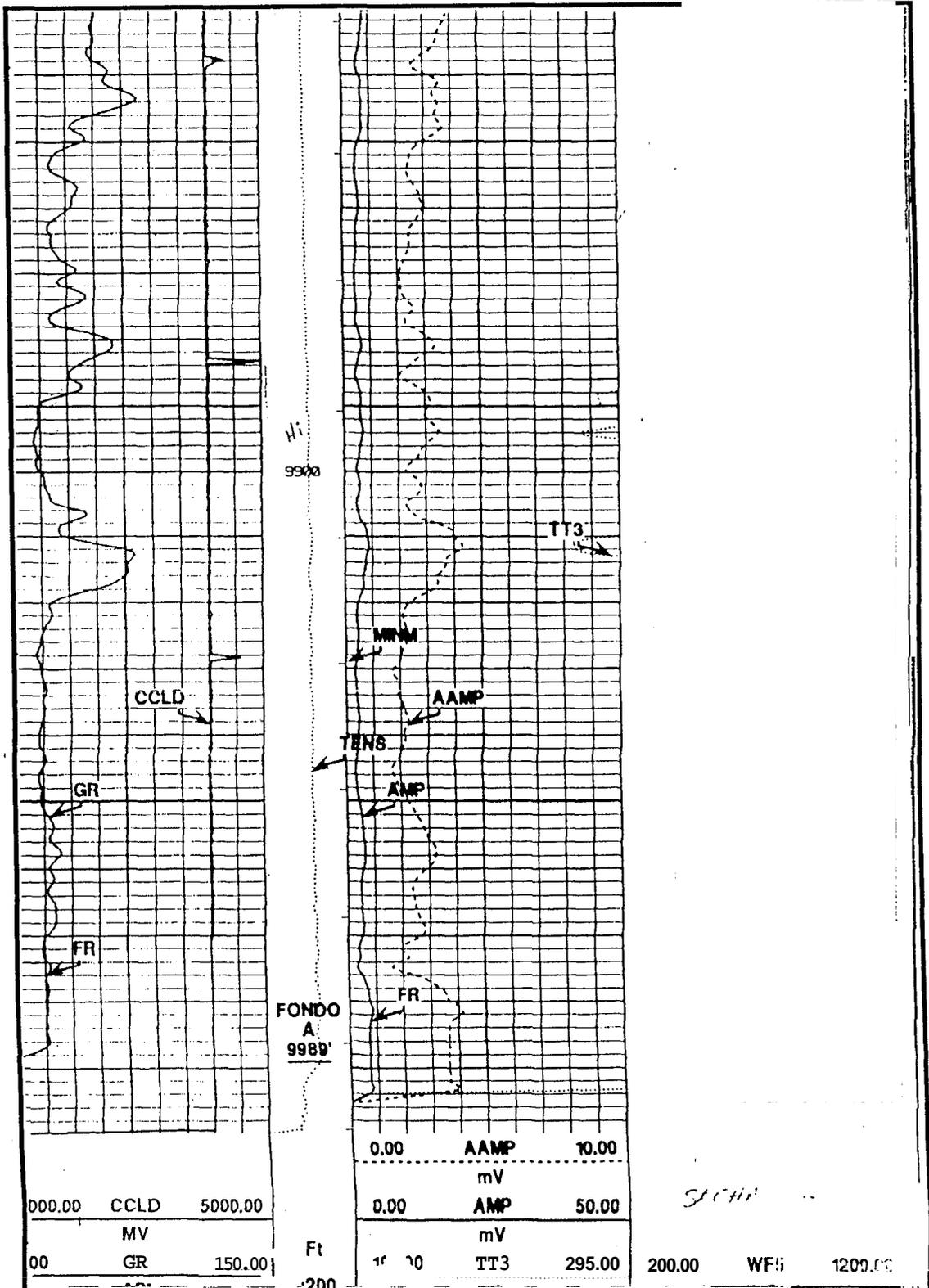


POZO MYN3 (7428'-7636')

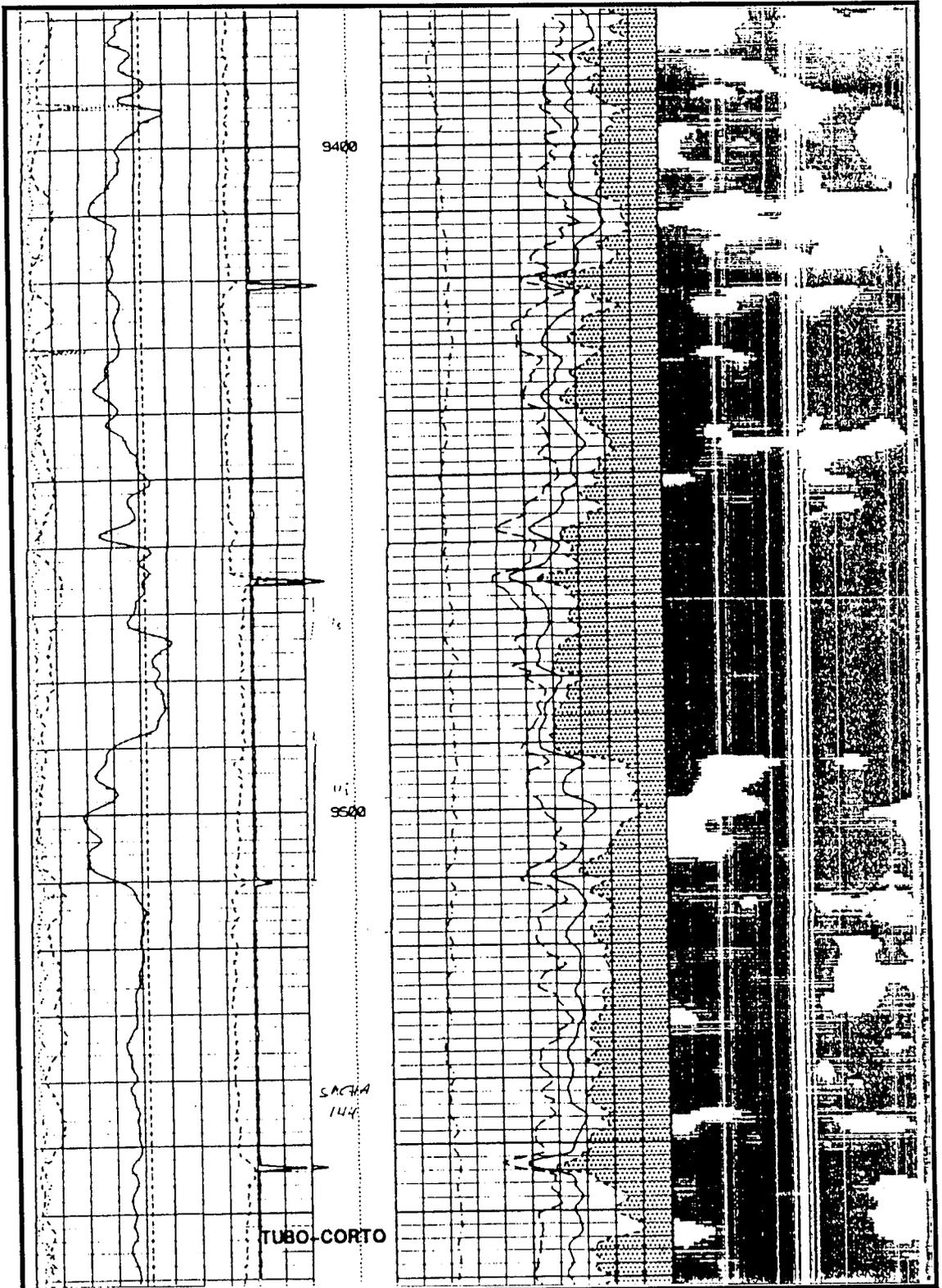




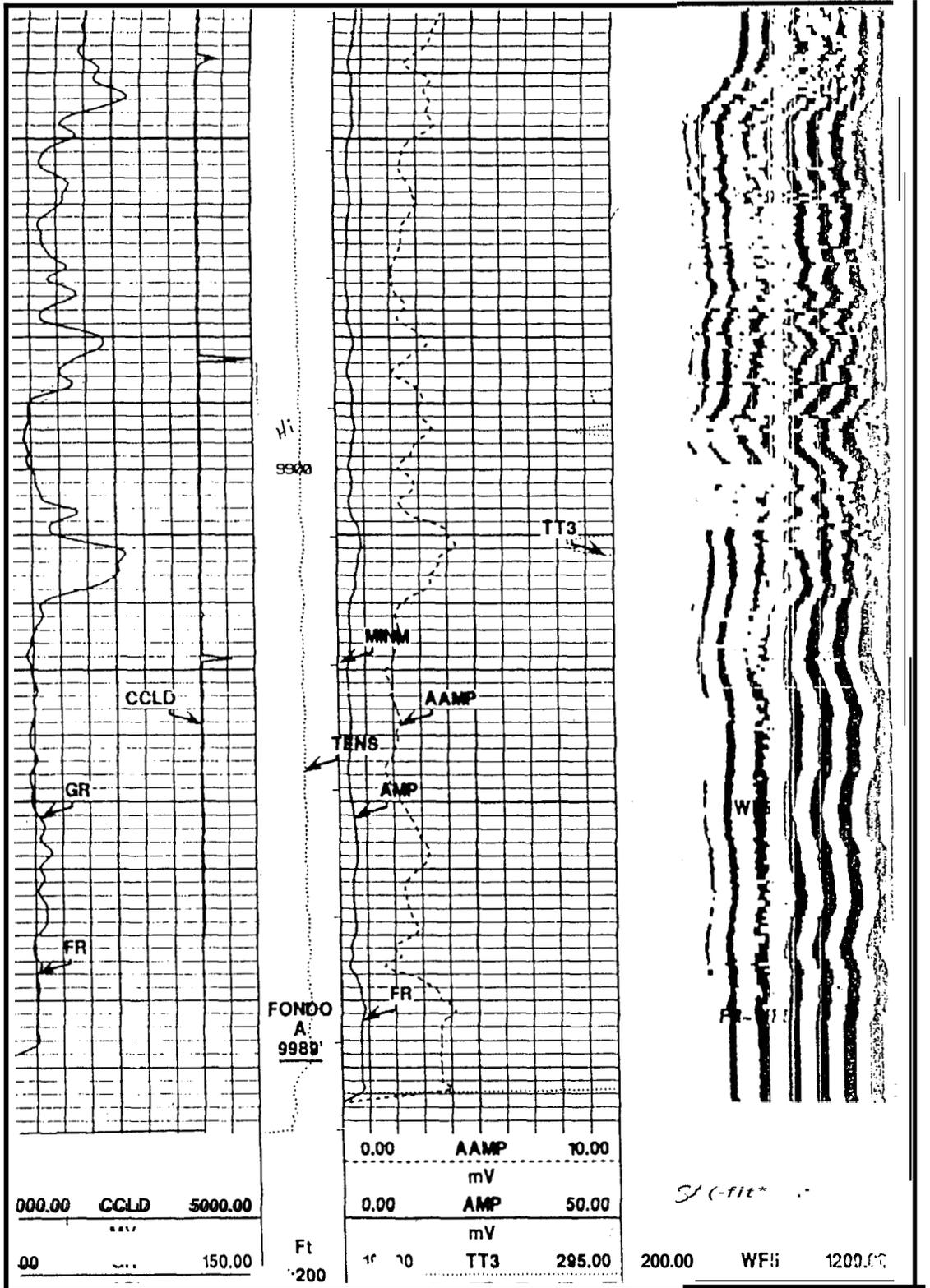
POZO MYN3 (7220'-7438')



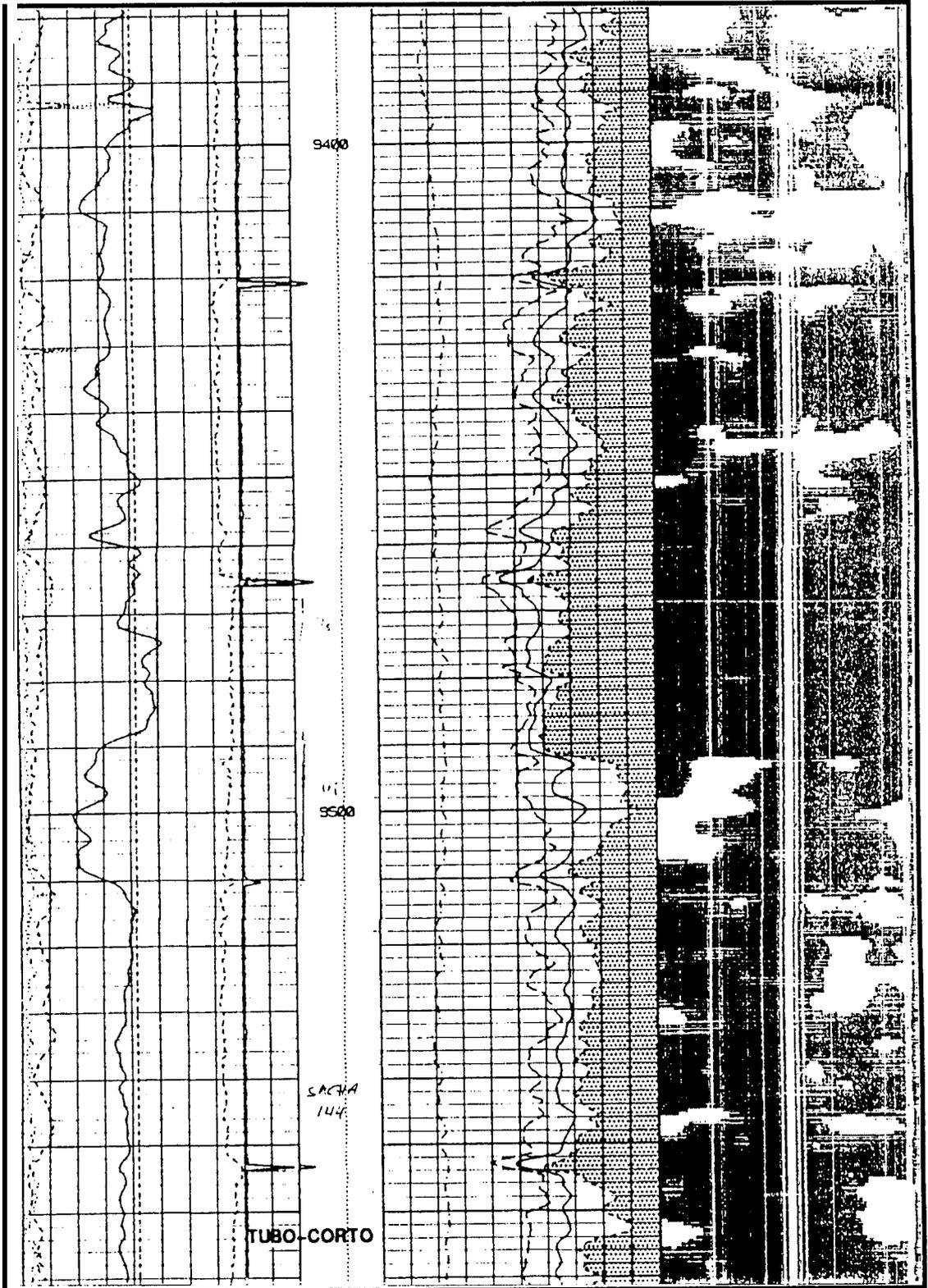
POZO BES3(9830-9989)



POZO BES3(9788-9972)



POZO BES3(9830-9989)



OZO BE 33(9788-9972)

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. D. Barragan, "Planificación, Evaluación Técnica y Análisis de Costos en Operaciones de Cementación Primaria en los Pozos Pertenecientes a Petroproducción en el Distrito Amazonico" (Tesis, Facultad de Ingeniería de Petróleo, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1997)
2. Centro de capacitación de BJ Hughes, Cementación de Pozos Petrolíferos y Gasíferos (Mendoza-Argentina: B.J.Services,1977), Capítulos 2-6
3. B.J.Services, Cementación Avanzada (Neuquen-Argentina: B.J.Services,1995), tomos 1 y 2
4. Dowell, Well cementing (Paris: Schlumberger Oil Field, 1988), Capítulo 16
5. Halliburton Logging Services, PET Training notes (Northon: H.L.S, 1995), Capítulos 1-4
6. Halliburton Logging Services,—CBL Training notes (Northon: H.L.S, 1995), Capítulos 1-4
7. Halliburton Logging Services, Cement Evaluation Manual (Northon: H.L.S, 1995), Capítulos 1-5