

“XII Congreso Latinoamericano de Perforación”

**USO DEL FLUIDO MICROBURBUJAS – APHRON EN
YACIMIENTOS MADUROS DEL LAGO DE MARACAIBO**

**Roberto Greaves
Francisco Ramírez**

**PETROLEOS DE VENEZUELA
PDVSA
VENEZUELA**

RESUMEN

Este trabajo tiene como finalidad presentar los resultados de campo, obtenidos con la evaluación del sistema Microburbujas-Aphron, como fluido de perforación de la zona productora de los pozos VLA-1321, VLA-1325, VLA-1326, VLA-1327, VLA-1329, VLA-1331, VLA-1332, VLA-1334 Y VLA-1335 (pozos del Laboratorio Integrado Lagomar). Este fluido no requiere de equipos tales como: compresores, cabezal rotativo, equipos para generar y/o inyectar nitrógeno y permite tomar registros eléctricos en forma convencional.

Durante la perforación, el peso del lodo varió entre 6,8 a 7,9 lpg y se atravesaron zonas de muy baja presión y cuyo gradiente equivalente osciló entre 2,4 lpg y 6,4 lpg, sin presentarse problemas de pérdida de circulación.

El fluido microburbujas presentó excelentes valores de inhibición a las arcillas y lutitas ya que se perforó las arenas del mioceno, de basal la Rosa y la alternancia arena – lutita de los yacimientos del Eoceno sin problemas. Además, en el pozo VLA-1321, esta alternancia litológica estuvo con un tiempo de exposición de 25 días, sin presentarse problemas de inestabilidad. Por otra parte, en los pozos VLA-1329, VLA-1331, VLA-1332, VLA-1334 Y VLA-1335 se perforó todo el intervalo desde 1520' hasta 6900', sin usar revestidor intermedio y sin mayores problemas, con lo cual se redujo el tiempo de perforación en 31,0 días con un ahorro de 2561,8 MMBs. para la corporación.

Cabe resaltar que el fluido ha presentado propiedades reológicas que han permitido perforar los hoyos con una excelente limpieza.

Durante la perforación del pozo VLA-1321, se tomaron 90' de núcleos en el Mioceno y 300' en las arenas del Eoceno con un alto porcentaje de recobro (90,80 %) y en el pozo VLA-1326 se cortaron 411' de núcleos con un porcentaje de recobro de 90,4 %. Adicionalmente, los registros eléctricos no fueron afectados por el lodo microburbujas y el calíper mostró un hoyo de excelente calibre.

De acuerdo a los excelentes resultados obtenidos. Se continua evaluando el sistema Microburbujas Aphron en los yacimientos maduros del Eoceno del Lago de Maracaibo.

INTRODUCCION

El proyecto del Laboratorio Integrado Lagomar (L.I.C.) comprende una primera etapa con la perforación de un arreglo de cinco pozos verticales, a fin de aumentar el recobro hasta en 10% del POES en los próximos cinco años, en las arenas Basal La Rosa y “C” del Eoceno, mediante la aplicación de tecnologías de vanguardia, que permitan manejar la inyección de altos volúmenes de fluidos en yacimientos maduros y con bajas presiones.

Debido a los gradientes bajos de las arenas del Eoceno es necesario usar un fluido de perforación, que garantice la integridad del hoyo sin riesgos de pérdida de circulación y con un mínimo de daño a la formación productora. En el pasado reciente, se han tenido experiencias con fluidos aireados, pero los pozos presentaron serios problemas operacionales, tales como: pérdidas de circulación, colapsamientos de hoyos por la presencia de lutitas inestables, imposibilidad para la corrida de registros, toma de presiones, corte de núcleos, etc.

Un nuevo sistema de fluidos de perforación, base agua, ha sido desarrollado denominado, Microburbujas – Aphron, diseñado para perforar yacimientos maduros y de baja presión; este sistema se caracteriza por poseer en su fase continua, altas viscosidades a baja tasa de corte y contener como fase interna microburbujas de aire o gas, no coalescentes y recirculables. Estas Microburbujas llamadas “APHRONES” son generadas por el uso de surfactantes químicos, que entrapan el aire presente en el sistema (tanque activo) y/o que se genera en la caída de presión creada por los chorros de la mecha. Este fluido no requiere una fuente externa de inyección de aire y/o gas (compresores, equipos para generar y/o inyectar gas, etc.). Los Aphrones nos permiten reducir la densidad de la fase continua a valores menores a la del agua y utilizar la técnica de perforación en balance.

Las microburbujas no pierden su configuración, en superficie, al paso por las zarandas a presión atmosférica y en el hoyo, tienen la capacidad de arreglarse y/o crear puenteo en las microfracturas, evitando las pérdidas de fluido hacia la formación (Fig 1).

ANTECEDENTES

La experiencia reciente en bloque I (Lagomar) con perforación aireada, comprende un grupo de siete pozos: VLA-1271, VLA-1278, VLA-1280, VLA-1283, VLA-1285, VLA-1289 y VLA-1291. En la perforación de estos pozos se colocó un revestidor intermedio al tope de La Rosa, con la finalidad de aislar la zona de alta presión.

En los mismos, la perforación de la zona productora (gradiente de formación de las arenas "C": 0,16 psi/pie – 0.20 psi/pie) se realizó con lodo aireado usando densidad de 4 lpg. Se observaron serios problemas de pérdidas de circulación; además los lentes C-4U1 y C-4U2 presentaron grandes cuerpos lutíticos que generaron problemas de inestabilidad en el hoyo durante los viajes de tuberías o ante algunas paradas de la operación. Otro problema se presentaba en la cementación del revestidor de la zona de interés, debido a la ocurrencia de pérdida de circulación con un correspondiente daño y una cementación deficiente. Adicionalmente, existía dificultad para tomar los registros eléctricos con guaya, por lo que se utilizaba el LWD, generando gastos adicionales en la operación. Por todo lo antes planteado, se decidió evaluar el fluido microburbujas en los pozos del laboratorio de campo del área Lagomar.

CONSIDERACIONES GEOLÓGICAS Y PETROFÍSICAS.

La estructura del área está definida por un homoclinal con buzamiento hacia el noreste. En el Eoceno se estima atravesar desde C-3, parcialmente erosionado, hasta C-4L. La secuencia estratigráfica que se atraviesa durante la perforación, desde tope a base lo forman la formación El Milagro de edad Pleistoceno, Onia, de Plioceno/Mioceno Superior, las formaciones La Puerta, Lagunillas y la Rosa (incluyendo los miembros Santa Barbara y Basal La Rosa) de Mioceno. (Fig 2)

ESTUDIO REALIZADO CON NÚCLEOS DEL POZO VLA-765.

Antes de realizar las pruebas de campo con el fluido microburbujas, previamente, se realizaron pruebas y/o análisis de laboratorio, tales como: ensayos con el crudo correspondiente para determinar cualitativamente su compatibilidad y evitar daños por formación de emulsiones severas. En segundo lugar, se tomaron tapones de las arenas

de interés provenientes de núcleos del pozo VLA-765 (profundidades: 6054' y 6849'), en los cuales se realizaron los siguientes ensayos:

- Distribución de tamaño de poro.
- Retorno de permeabilidad.
- Propiedades reológicas (antes y después de envejecido)
- Viscosidad LSRV.
- Propiedades reológicas a condiciones de P y T.
- Prueba de taponamiento de partículas.
- Filtración dinámica.
-

Los resultados de estos ensayos están resumidos en las siguientes tablas y figuras:

Tabla 1. Datos básicos de la prueba

1. POZO	VLA-765
2.- AGUA	2% KCl
3. TEMPERATURA	180 F
4. PRESION DE SOBRECARGA	4000 psi.
5. PRESION DE FORMACION	1000 psi.
6. PROFUNDIDAD	6180 pies
7. FLUIDO DE PERFORACIÓN	Microburbujas
8. DENSIDAD	6.4 LPG.
9. COLUMNA HIDROSTATICA	2056 psi.
10. CRUDO	VLA-879
11 NUCLEO:	Muestra #1
Porosidad	27 %
Permeabilidad	950 mD.

Para los ensayos de compatibilidad se mezclan volúmenes fijos de crudo y lodo (25/75 %, 50/50 %, 75/25 %) se somete la mezcla a agitación y se mantiene a la temperatura de yacimiento de 180 °F por sesenta minutos observando si se forman emulsiones, la muestra usada pertenece a los pozos VLA-879 y VLA-1283.

Tabla 2. Resultados de ensayo de compatibilidad

CRUDOS DE POZOS	RELACIÓN		SEPARACIÓN	TIEMPO	EMULSIÓN
	LODO %	CRUDO%	%	MINUTO	%
POZO: VLA-879	50	50	100	5	0
POZO: VLA-1283	50	50	100	5	0

Para determinar el tamaño óptimo del material puenteante del fluido, debe analizarse la distribución de tamaños de los poros y las gargantas porales de la arena prospectiva, el método aplicado fue la porosimetría ó inyección de Mercurio (Hg). La permeabilidad al aire (Kaire) observada fue de 950 mD, correspondiente al tapón de profundidad 6180' 3", la porosidad es 26,73 % y el volumen de poro es de 2,113 cc (Fig. 3)

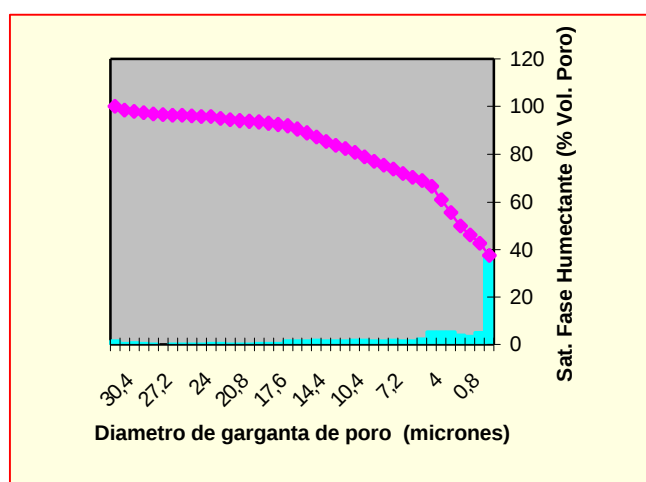


Fig 3. Distribución de Tamaño de Poro

En Las siguientes microfotografías se puede observar la composición, destacando el cuarzo como elemento mineral principal, con una pobre cementación en los granos; en la segunda microfotografía es notable la arcilla presente del tipo caolinita autigénica, encontrándose relleno los poros o en la superficie dificultando la transmisibilidad permeable de la roca. En menor porcentaje se encuentra la Esmeclita formando puente entre los granos y acumulada en los poros.

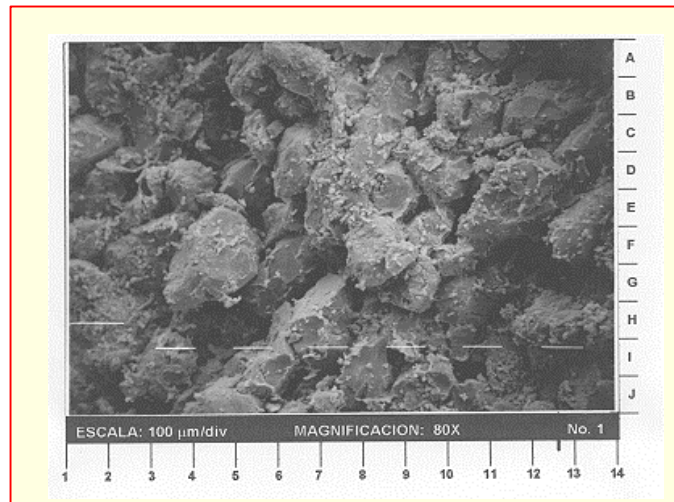


Fig 4. Microfotografía del Núcleo Prof.: 6180'

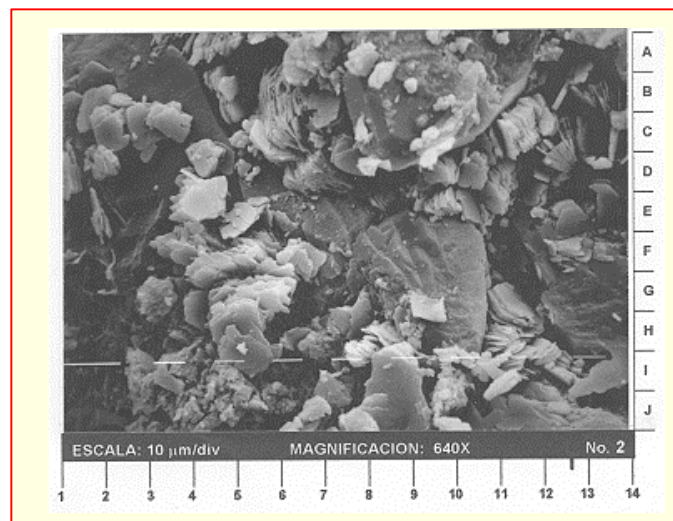


Fig 5. Microfotografía : Arcilla Caolinita

La composición mineralógica determinada por difracción de rayos “X” y la solubilidad al ácido HCl 15% y a la mezcla de lodo ácido “Regular mud acid” (12% HCl + 3% HF), se muestran a continuación en la tabla No 3.

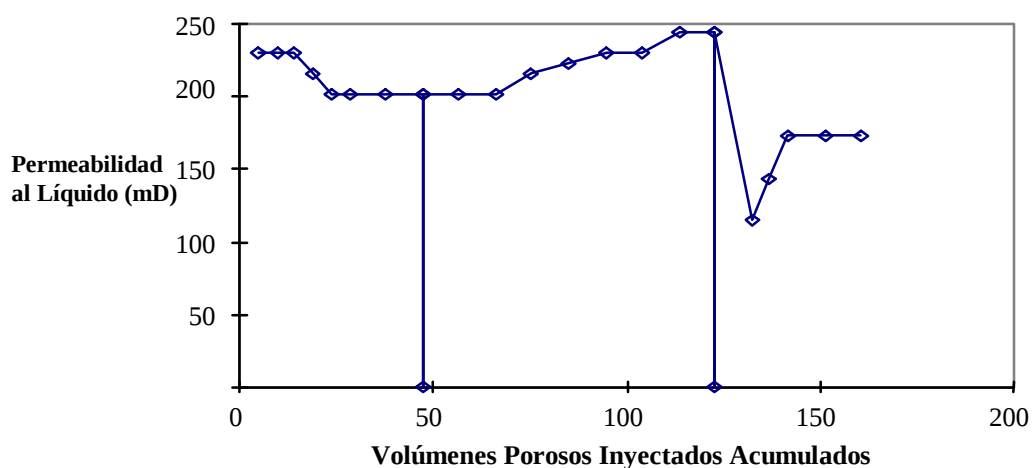
Tabla 3. Composición Mineralogica

Composición	Contenido (%)
Cuarzo	92
Albita	2
Ortosa	-
Calcita	-
Siderita	
Arcilla	6
Solubilidad en ácidos	
HCL (15%)	RMA
3 %	5 %

Las siguientes tablas y gráficas corresponden al resto de los resultados que se realizaron según las siguientes condiciones:

- Retorno de permeabilidad: a 6180,3'; T = 180 °F
- Filtración dinámica: P = 500 psi, T = 190 °F, Disco de Cerámica = 450 mD, 100 rpm.
- Taponamiento de partículas: P= 600 psi, T= 180°F, t = 30 min., Disco de Cerámica = 450 mD.

Fig 6. Retorno de Permeabilidad



Esta curva dió como resultado que el retorno de permeabilidad del fluido microburbujas es de 85 % o un 15 % de daño al tapón del núcleo.

Tabla 4. Resultados de La Fitracion Dinamica

PPT, mls	26,8
SPURT, mls	1,2
FILTRADO, mls	12,8

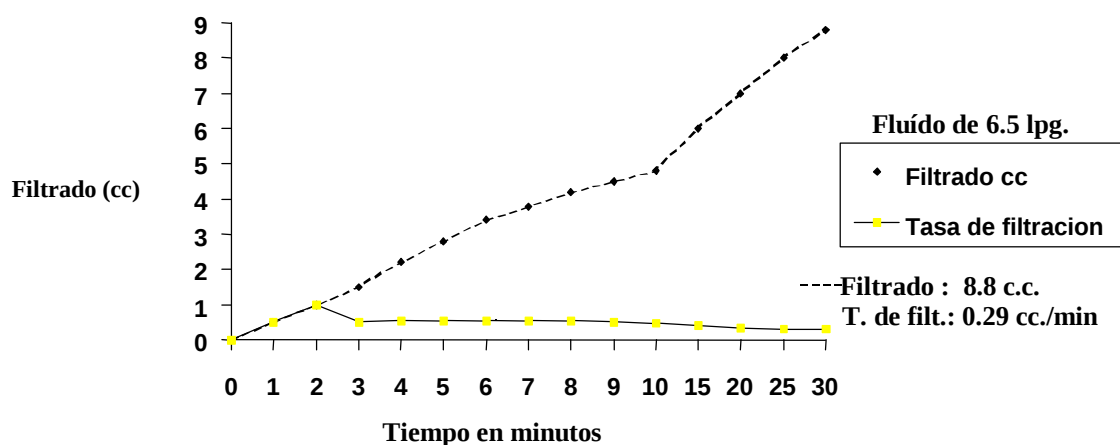


Fig 7. Pruebas de Taponamiento por Particulas

DESCRIPCIÓN DEL FLUIDO MICROBURBUJAS-APHRON.

El Sistema Microburbujas-Aphron, es un fluido base agua capaz de reducir su densidad a valores entre 6.8 lpg y 7.5 lpg, por el entrapamiento de aire o gas en una microburbuja mediante el uso de un surfactante, así como generar altas viscosidades a bajas tasas de corte, siendo ideal para yacimientos de baja presión.

Las microburbujas tienen la propiedad, que al ser sometidas a las caídas de presiones generadas en el embudo de mezcla y en la mecha, se forman aphrones de tamaños que oscilan entre 10 y 100 μc . Debido a las fuerzas interfaciales, se crean capas sucesivas de fluido alrededor del aphron, de esta manera, van creando un arreglo el cual puede contener altas cargas energéticas debido a la presión de Laplace. Estos arreglos crean un puenteo en la formación. Este sistema usa un polímero capaz de generar una viscosidad alta a bajas tasas de corte, estabilizando los aphrones antes

esfuerzos de compresión y expansión, por lo que a su paso por los equipos de control de sólidos no liberan el núcleo de aire o gas. Entre otras bondades de este sistema se tiene que:

- Los aphrones no interfieren con herramientas de fondo (MWD, turbinas, motores), resultando una buena opción para la perforación direccional y horizontal.
- El puenteo de aphrones, la alta viscosidad y aditivos adecuados pueden controlar el filtrado a valores bajos.
- Pueden controlar efectivamente arcillas reactivas o lentes lutíticos.
- Contiene un estabilizador térmico para evitar degradaciones en los polímeros.
- Como condición crítica, el sistema debe mantenerse en un rango de pH de 9.5 a 10, en medio limpio y prepararse con agua potable o agregarse algún bactericida como mecanismo de prevención.

FORMULACION DEL SISTEMA.

Después de múltiples pruebas de laboratorio, el fluido se formuló con las siguientes composiciones:

Tabla 5. Formulación Del Fluido Microburbujas

PRODUCTOS	CONCENTRACIÓN	FUNCIÓN
GO DEVIL I	5 lbs / barril	Viscosificante
ACTIGUARD	0,1 % V/V	Inhibidor de lutitas
ACTIVADOR I	5 lbs / barril	Est. Térmico/control de filtrado
ACTIVADOR II	0.5 lbs / barril	Estabilizador térmico/PH
BLUE STREAK	1.0 lbs / barril	Generador de Aphron
X – CIDE P	0.05 bls / barril	Bactericida
PASIVADOR	0.05 lbs / barril	Antiespumante

A continuación se describen mas detalladamente los productos:

ActiGuard - es una mezcla de surfactantes no tóxicos y aceite vegetal. Reaccionan químicamente para inhibir la absorción de agua y el hinchamiento de la lutita y/o arcilla.

ActiVador I - estabilizador térmico para evitar la degradación de los polímeros por efecto de la temperatura.

ActiVador II - estabilizador térmico para biopolímeros, que varían sus propiedades reológicas conforme lo hace la temperatura.

BlueStreak - mezcla multicomponente de surfactantes aniónicos y no iónicos, cosurfactantes y polímeros en solución acuosa.

Go-Devil - es una mezcla de polímeros no-iónicos, que generan altas viscosidades a bajas tasas de corte.

ENSAYOS DE LABORATORIO REALIZADOS CON EL FLUIDO MICROBURBUJAS.

En el laboratorio se realizaron ensayos con el viscosímetro Brookfield para evaluar el LSRV, ensayos reológicos convencionales y ensayos con el equipo FANN 70. Los resultados se muestran en las tablas 6, 7 y 8.

Tabla 6. Resultados del Viscosímetro Brookfield

Lectura a 60 r.p.m.	1848 cps.	Lectura a 3 r.p.m.	24680 cps.
Lectura a 30 r.p.m.	3312 cps.	Lectura a 1.5 r.p.m.	44880 cps.
Lectura a 12 r.p.m.	7430 cps.	Lectura a 0.6 r.p.m.	96600 cps.
Lectura a 6 r.p.m.	13760 cps.	Lectura a 0.3 r.p.m.	168800 cps.

Tabla No. 7. Reologia con el Viscosimetro Convencional

Peso	< 6.0 lb/gal/ 6.4 lb/gal después de presurizar
Viscosidades @ 120 F	
Lectura a 600 r.p.m..	68
Lectura a 300 r.p.m..	59
Lectura a 200 r.p.m..	54
Lectura a 100 r.p.m.	49
Lectura a 6 r.p.m..	32
Lectura a 3 r.p.m..	28
Viscosidad Plástica	9 cps.
Punto Cedente	50 lbs/100 p ²
Geles	30/39 lbs/100 p ²
pH	9.62

Tabla 8. Resultados del Fann 70 a Temperatura y Presion Variable

Temperatura, F	100	150	200
Presión, psi	500	750	1000
Lectura @ 600 r.p.m.	89.2	82.2	79.2
Lectura @ 300 r.p.m.	73.2	69.2	67.2
Lectura @ 200 r.p.m.	66.2	64.2	67.2
Lectura @ 100 r.p.m.	61.2	57.2	55.2
Lectura @ 6 r.p.m.	39.7	33.4	32.3
Lectura @ 3 r.p.m.	39.7	32.4	28.1
Viscosidad, cps.	16	17	12
Punto Cedente	57	52	55
Tau 0	39.7	31.6	23.9

PROCESO DE PREPARACION DEL SISTEMA.

Para el primer pozo (VLA-1321) el lodo base (1200 Bls), se preparó en la planta de la Cía Dowell de la Ensenada y se mezclaron tres baches de 400 Bls cada uno. Para realizar la preparación, se cumplió con el siguiente orden y formulación:

Tabla 9. Preparación Del Sistema

ADITIVOS	CANTIDAD	TIEMPO DE MEZCLA
1. AGUA FRESCA	400 Bls	-
2. ACTIGUARD	4 cuñetes	1 minuto/ cuñete
3. GO-DEVIL –I	60 sacos	4 minutos/ saco
4. ACTIVADOR –I	40 sacos	4 minutos/ saco
5. ID-CIDE-P	4 unidades	1 minuto/ unidad

Luego de preparar cada bache de 400 barriles, se mezcló y homogeneizó por un período de 2 horas. Posteriormente se chequearon las propiedades reológicas, cuyos valores fueron:

- Densidad: 8,1 LPG.
- Viscosidad Embudo: 100 segundos / cuarto

PROCESO DE DESPLAZAMIENTO DEL FLUIDO MICROBURBUJAS EN EL POZO VLA-1321.

A fin de desplazar y perforar la zona productora con el fluido microburbujas, se siguió el siguiente procedimiento:

1. Se bajó mecha de 12¼" hasta el cuello flotador (5226') se perforó el cuello, cemento y zapata (5268') con lodo Lignosulfonato de 9,4 LPG. Se limpió hoyo hasta 5477'. Circuló hasta observar retornos limpios.

2. Se bombeó 100 barriles de píldora viscosa con punto cedente > 30 lbs/ 100 pies²

NOTA: Esta píldora se preparó con:

- 2 lbs/ barril de goma xántica (ID-VIS).
- 4 lbs/ barril de almidón (ID-FLO).

3. Se desplazó todo el sistema por fluido Microburbujas de 8,1 LPG.
4. Se levantó la sarta hasta la zapata (5268') y se lavaron tanques y líneas.
5. Se bajó nuevamente al fondo (5477'), se circuló y acondicionó el lodo con Blue – Streak para bajar el peso del lodo a 7,0 LPG.

NOTA: Durante el desplazamiento, hubo contaminación del fluido Microburbujas con Lodo Lignosulfonato y se presentó un ataque por bacterias, por lo que fue necesario aplicar un tratamiento severo con bactericidas.

RESUMEN DE LA CONSTRUCCIÓN DEL POZO VLA-1321.

Perforó hoyo de 22" hasta 1520'. Cementó revestidor de 16" a 1515'.

Perforó hoyo de 14-3/4" y luego amplió a 16" hasta 5477'. Bajando revestidor de 13-3/8", no pudo pasar de 5268', cementó a dicha profundidad, quedando 209' del hoyo de 16" sin poder ser cubierto. En la zona de interés, se bajó una mecha de 12-1/4" hasta 5477' y se desplazó lodo lignosulfonato por lodo Microburbujas – Aphron de 8,3 lpg. Acondicionó lodo a 7,5 lpg y perforó hasta 5564' (87').

Bajó corta núcleo y corona de 8-1/2" y corto 390' de núcleo desde 5564' hasta 5954', con una longitud recuperada de 354,16' y un porcentaje de recobro de 90,81 %. Estos núcleos fueron 90' en las arenas del Mioceno y el resto en las arenas del Eoceno.

Bajó mecha de 8-1/2" hasta 5954' y perforó hasta 6054' (100') con lodo microburbujas de 7,2 lpg. Corrió registros MSFL / HDIL / XMAX-GR y MRIL / SL. Sé chequeo fondo 5977'. Realizó viaje de limpieza. Corrió registros ZDEN / CN-DIEL / SL y STAR (CBIL) / SL.

Bajó mecha de 12-1/4" y toco a 5311'. Amplió hoyo de 8-1/2" a 12-1/4" hasta 6064' con lodo de 6,8 lpg. Continuó perforando hasta 6236' donde observó ripios de derrumbe y canal de circulación tapada con abundantes ripios, paró perforación. Sacó tubería hasta la zapata de 13-3/8" (5268'). Durante el viaje, observó arrastre de 60 Mlbs a 6064' y 5964'. En ambas oportunidades trabajó con Kelly y bomba. Una vez en la zapata, se limpio las líneas de flujo, canales y trampas de asentamiento, por abundancia de ripios. Acondicionó el lodo en los tanques a 7,7 lpg y bajó nuevamente al fondo (6236'). Circuló y realizó tratamiento al sistema para mantener el rango de los sólidos según lo planificado. Agregó 200 bls de lodo nuevo al sistema. Continuo

perforando hasta 6855' (PT) con lodo de 7,9 lpg. Realizó viaje corto, observando arrastre de 50 Mlbs a 6555'. Regresó al fondo y acondicionó lodo, sacó sarta sin problemas. Corrió tres viajes de registros sin realizar viaje de limpieza (HDIL / GR / SP, densidad / neutrón / dieléctrico / GR y FMT). Realizó viaje de acondicionamiento de hoyo con lodo de 7,9 lpg.

Bajó y cementó camisa de 9-5/8" sin problemas (zapata a: 6843'). (Fig. 8).

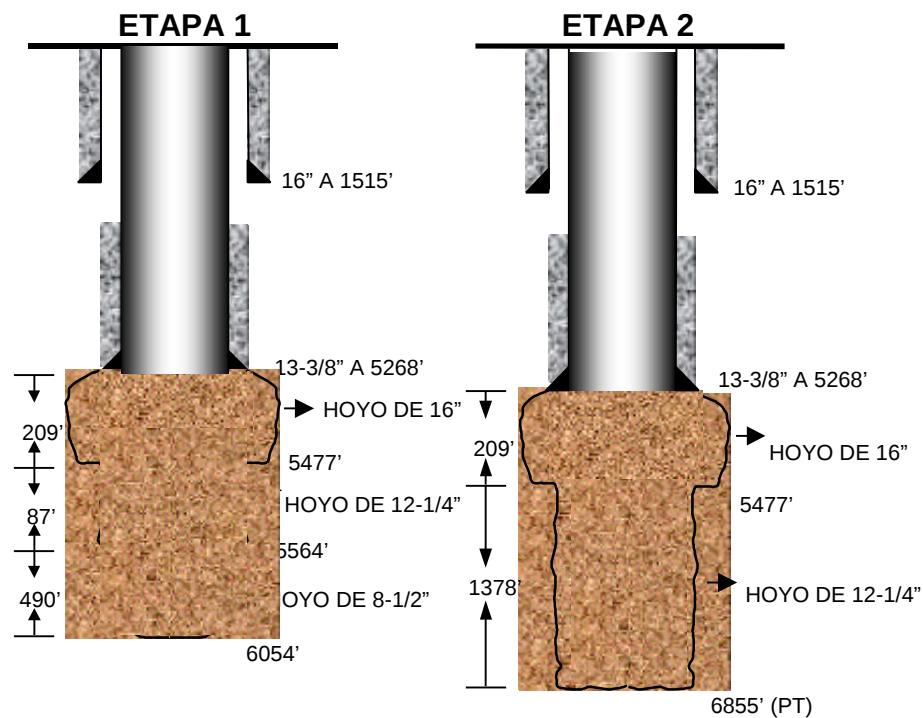


Fig 8. Perforación del Pozo VLa.1321

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL FLUIDO MICROBURBUJAS – APHRON DURANTE LA PERFORACIÓN DEL POZO VLA-1321.

Al analizar las propiedades del fluido en el pozo VLA-1321 desde el 21/10/98 hasta el 14/11/98 (25 días), se observa que el fluido proporcionó una buena estabilidad de hoyo, inhibición de lutitas, una excelente limpieza de hoyo y baja pérdida de filtrado, se pudo controlar el peso a valores entre (6,8 – 7,9) lpg. Además el sistema presentó una excelente reología y alta viscosidad a baja tasa de corte (LSRV), que permitió perforar un hoyo con varias secciones de diámetro (16", 12-1/4" y 8-1/2").

El fluido presentó propiedades viscoelásticas, es decir, punto cedente y geles mayores que la viscosidad plástica.

Así tenemos:

- El peso varió entre (6,8 – 7,9) lpg.
- Viscosidad plástica : (7 – 13) cps.
- Punto cedente : (46 – 61) lbs / 100 p².
- Viscosidad a baja tasa de corte (brookfield) varió entre (48000 – 348000) cps.
- Filtrado API : (3,5 – 8,9) cc / 30 minutos.
- Contenido de arcilla : (2,5 – 10) de MBT.
- El pH osciló entre 9,5 y 10.

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL FLUIDO MICROBURBUJAS – APHRON DURANTE LA PERFORACIÓN DE LOS POZOS VLA-1325, VLA-1326 Y VLA-1327.

La densidad del lodo en los pozos VLA-1325, VLA-1326 y VLA-1327 se pudo mantener en valores entre 7,4 lpg y 7,7 lpg sin problemas de pérdida de circulación o derrumbes en el hoyo. Durante la perforación del VLA-1326 se observó arrastres puntuales que se controló aumentando el peso de 7,6 lpg a 7,7 lpg. Este control de la densidad del lodo en un rango mínimo, reduce los riesgos operacionales y el consumo de productos.

Las propiedades reológicas como el Punto Cedente (PC), la viscosidad Plástica (VP) y la Fuerza de Gel no tienen diferencias notables entre un pozo y otro, en el caso del VLA-1326 se utilizó un lodo proveniente del pozo VLA-1327. Para los pozos en estudio la Viscosidad Plástica varió entre 10 – 12 cps, el Punto Cedente varió entre 36 - 56 lbs/100pie², la fuerza de Gel está entre 28-32 lbs/100 pie². Estos valores son característicos de fluidos con propiedades viscoelásticas. La viscosidad Brookfield (0,3 r.p.m.) osciló entre 45.000 y 97.000. En el caso del pozo VLA-1326 la viscosidad Brookfield llegó a valores de 36.000 cps, debido a ser un lodo reciclado y cuyo mantenimiento fue difícil al final de la perforación debido al uso prolongado del lodo por la toma de 411' de núcleo.

La tasa de filtrado API en los dos primeros pozos se controló entre 3,5 – 6,8 cc/30min, pero en los últimos pozos este valor fue más alto (7.2-12) cc debido a que se usó lodo reciclado. Otras propiedades como el MBT varió entre 2,5 y 10.0 de contenido

de arcillas, el % de arena osciló desde trazas a 0.75 y el pH el cual es una propiedad de gran importancia entre 9,0 y 10.2, dichos valores son los recomendables para evitar fracturas en las cadenas de polímeros.

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL FLUIDO MICROBURBUJAS – APHRON DURANTE LA PERFORACIÓN DE LOS POZOS VLA-1329, VLA-1331, VLA-1332, VLA-1334 Y VLA-1335.

Con el uso del fluido microburbujas, en estos pozo se perforó el hoyo intermedio y de producción en forma conjunta, con lo cual se eliminó el uso del revestidor intermedio, lográndose una reducción de tiempo de 31,0 días y ahorros del orden de 2561,8 MMbs , en lo 5 pozos. (Tabla 10)

La densidad se pudo mantener entre 7,7 y 7,8 lpg. Además, se pudo perforar el hoyo intermedio con baja densidad (s/p). En los pozos vecinos del área, este hoyo se perforaba con densidades entre 9,4 a 10,0 lpg y con muchos problemas de arrastres e inestabilidad debido a las arcillas hidratables, esta situación no se observó en los 5 pozo Perforados.

Las propiedades reológicas como el punto cedente (PC), la viscosidad plástica (VP) y la fuerza de gel no mostraron diferencias notables a los pozos previos perforados. La viscosidad plástica vario entre 9 – 14 cps. El punto cedente vario entre (37 – 73) lbs/100p². La viscosidad brookfield, osciló entre 60000 a 144000 cps. La tasa de filtración se controló entre (7,5 - 9,0) cc/minutos. El MBT se incrementó hasta valores de 20,0 debido a la incorporación masiva de arcilla de la zona intermedia. El PH varió entre (9,37 – 9,9).

Tabla 10. Costos de los Pozos del Proyecto Lagomar (2 Revestidores)

POZO	COSTOS (MMBS)		TIEMPO (DÍAS)	
	ESTIMADO	REAL	ESTIMADO	REAL
VLA- 1329	1319,6	713,6	21,7	16,8
VLA- 1331	1319,3	880,5	22,0	17,1
VLA- 1332	1324,8	883,5	22,0	15,75
VLA- 1335	1462,6	727,6	22,0	12,4
VLA- 1334	1101,3	760,6	20,0	14,6
TOTAL	6527,6	3965,8	107,7	76,65

ANÁLISIS DE LOS REGISTROS CORRIDOS EN LOS POZOS.

En todos los pozos, el fluido permitió realizar 3 viajes de registros sin realizar viaje de limpieza. Otra condición de exigencia resultó las tomas de núcleos en los pozos VLA-1321 donde se cortaron 390' y se recuperaron 354,3' (90,8%); en el VLA-1325 se cortaron 68' de núcleo y se recuperando 66,6' (97,9%), finalmente en el VLA-1326 se cortaron 411' recuperando 371,6' (90,4%). De lo anterior se obtiene un 91.2% de recuperación.

En los pozos: VLA-1321, VLA-1325, VLA-1326, VLA-1329, VLA-1331, VLA-1332 y VLA-1334 se corrieron registros de presión (RFT).

En el caso de las arenas de Basal la rosa las presiones variaron entre 713 y 955 LPPC y en las arenas del eoceno, la presión osciló entre 848 LPPC a 2563 lppc.

El Registro Caliper del pozo VLA-1321 (tabla No. 11) muestra un hoyo promedio de 13-1/2" lo que representa un 10.2 % mayor al diámetro de la mecha de (12¼"). En el VLA-1326 el caliper muestra un diámetro promedio de 8-2/3" (tabla No. 11), lo cual representa un 2% mayor al diámetro de la mecha (8½") , en el pozo VLA-1329 el caliper muestra un hoyo promedio de 6-5/6", lo cual representa tan solo 1,2 % mayor al diámetro de la mecha (6-3/4").

En el pozo VLA-1334 el diámetro de hoyo promedio es de 8-1/11", lo cuál representa 2,7% mayor al diámetro de la mecha (7-7/8") y en el pozo VLA-1335 (tabla No. 12) el diámetro del hoyo fue exactamente el diámetro de la mecha (7-7/8"), lo anterior descrito es un indicativo de un hoyo en calibre.

Tabla 11. Análisis De Registros Caliper

POZO : VLA-1321		POZO : VLA-1326		POZO : VLA-1329	
Profundidad (Pies)	Diam. Promedio (Pulg)	Profundidad (Pies)	Diam. Promedio (Pulg)	Profundidad (Pies)	Diam. Promedio (Pulg)
5750 – 5800	14-1/4	5600 – 5650	8-1/2	5400 – 5450	7-1/4
5800 – 5850	14	5650 – 5700	7-3/4	5450 – 5500	7-1/2
5850 – 5900	14	5700 – 5800	8-1/4	5500 – 5550	7-1/2
5900 – 5950	12-1/2	5800 – 5900	8-1/4	5550 – 5600	7-1/4
5950 – 6000	13-1/2	5900 – 5950	8-1/4	5600 – 5650	7
6000 – 6050	13-3/4	5950 – 6000	8-1/2	5650 – 5700	6-3/4
6050 – 6100	13-3/4	6000 – 6100	8-1/2	5700 – 5800	6-3/4
6100 – 6150	12-1/4	6100 – 6150	13	5800 – 5900	6-3/4
6150 – 6200	12-1/4	6150 – 6200	8-1/2	5900 – 6000	6-3/4
6200 – 6250	12-1/4	6200 – 6250	8-1/2	6000 – 6100	6-3/4
6250 – 6300	12-1/4	6250 – 6300	8-1/2	6100 – 6200	6-3/4
6350 – 6400	12-1/4	6300 – 6350	8-1/4	6200 – 6300	6-3/4
6400 – 6500	12-1/4	6350 – 6400	8-1/4	6300 – 6400	6-3/4
6500 – 6800	12-1/4	6400 – 6440	8	6400 – 6500	6-3/4
-	-	-	-	6500 – 6600	6-3/4
-	-	-	-	6600 – 6700	6-3/4
-	-	-	-	6700 – 6750	6-3/4
-	-	-	-	6750 – 6780	6-3/4
-	-	-	-	6780 – 6790	6-1/2
-	-	-	-	6790 – 6800	5-3/4
Diámetro Promedio de Hoyo : 13-1/2"		Diámetro Promedio de Hoyo : 8-2/3"		Diámetro Promedio de Hoyo : 6-5/6"	
Longitud de Hoyo : 1050'		Longitud de Hoyo : 840'		Longitud de Hoyo : 1400'	

Tabla 12. Análisis de Registros Caliper

POZO : VLA-1334		POZO : VLA-1335	
Profundidad (Pies)	Diam. Promedio (Pulg)	Profundidad (Pies)	Diam. Promedio (Pulg)
4950 – 5210	7-7/8	5200 – 5260	7-3/4
5210 – 5232	8-1/2	5260 – 5280	7-1/2
5232 – 5250	7-7/8	5280 – 5300	7
5250 – 5270	9	5300 – 5380	7-1/2
5270 – 5280	8-1/2	5380 – 5520	7-7/8
5280 – 5336	7-7/8	5520 – 5650	8-1/4
5336 – 5362	8-1/2	5650 – 5800	7-7/8
5362 – 5396	7-7/8	5800 – 5850	8
5396 – 5440	8-1/4	5850 – 5900	8-1/8
5440 – 5550	8	5900 – 6790	7-7/8
5550 – 6870	7-7/8	–	–
6870 – 6930	7	–	–
Diámetro Promedio de Hoyo : 8-1/11"		Diámetro Promedio de Hoyo : 7-7/8"	
Longitud de Hoyo : 1970'		Longitud de Hoyo : 1590'	

Tabla 13. Tiempo de Registros en Pozos del Lic. Lagomar

POZO	TIEMPO (HORAS)
VLA-1321	69.6
VLA-1325	51,5
VLA-1326	66,5
VLA-1327	23.0
VLA-1329	42.0
VLA-1332	40.5

ANÁLISIS ECONÓMICO DEL FLUIDO MICROBURBUJAS.

Tabla 14. El Costo por Barril del Lodo Fue el Siguiente

Pozo	Volumen de Lodo Manejado (Barriles)	Costo por Barril	
		Bs / Barril	\$ / Barril
VLA-1321	2368	68459,67	124,47
VLA-1325	945	64069,86	116,49
VLA-1327	944	67325,11	122,41
VLA-1326	1690	50318,06	91,49
VLA-1329	1362	69876,06	127,05
VLA-1331	1930	63469,53	110,00
VLA-1332	1530	89607,84	155,34
VLA-1334	1657	58720,58	101,78
VLA-1335	2281	48443,66	83,97

Tabla 15. Costo por pie del intervalo perforado

POZO	INTERVALO (PIES)	PIES PERFORADOS	COSTO POR PIE	
			BS / PIE	\$ / Pie
VLA-1321	5477 – 6843	1366	118676,83	215,78
VLA-1325	5605 – 6450	845	71652,09	130,28
VLA-1327	5800 – 6135	335	189716,13	344,94
VLA-1326	5600 – 6604	1004	84698,73	153,99
VLA-1329	4000 – 6805	2805	33929,18	61,69
VLA-1331	4020 – 6930	2910	42096,22	72,95
VLA-1332	3680 – 6790	3110	44083,60	76,42
VLA-1334	3755 – 6990	3235	30077,28	52,13
VLA-1335	4000 – 6860	2860	38636,36	66,98

ANÁLISIS DE LA DENSIDAD DEL LODO CON LA PROFUNDIDAD

Con la finalidad de analizar el comportamiento de la densidad del fluido con la profundidad; con el registro RFT, se verificó la densidad a varias profundidades en los pozos VLA-1329, VLA-1331, VLA-1332 y VLA-1334.

Los resultados obtenidos muestran que la densidad en el hoyo varía entre 8,6 Lpg a 11,9 Lpg a pesar que en la superficie, el peso del lodo determinado por los métodos convencionales es de 7,9 Lpg (máximo). (Fig. 9)

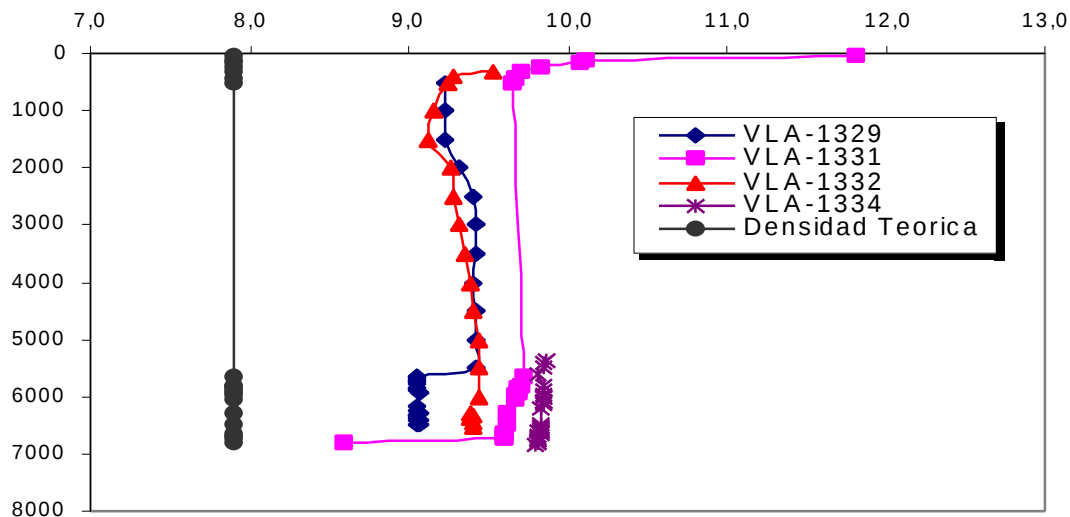


Fig 9. Densidad del Lodo Vs Profundidad

RESULTADOS.

- Se ha observado una acción sellante del fluido microburbujas en condiciones de presión diferencial contra la formación de hasta 2000 lppc.
- La presión medida a nivel del eoceno ha sido tan baja como 713 lppc a 5629', equivalente a 2,4 lpg.
- La formación de los aphrones, depende de la operación apropiada en el embudo de mezcla, el cual no debe tener contra presión elevada. En lo posible, eliminar curvas y acortar la distancia entre el embudo y el tanque de succión.
- Se observó cavitación en las bombas de lodo cuando se suministró aire mediante una manguera directamente en el tanque de succión.
- La densidad del fluido dentro del hoyo medida con el RFT es mayor que la observada en superficie con el método API convencional de la balanza.

- La densidad disminuye a medida que se asciende desde el fondo, según corresponde a la expansión de las microburbujas con la reducción de la presión hidrostática.
- El incremento observado de la densidad cerca de la superficie, parece indicar acumulación de ripios o falta de tiempo de circulación para limpiar completamente el espacio anular.
- La incorporación de arcillas naturales al lodo, afecta negativamente sus propiedades reológicas y en consecuencia se ha tenido que realizar dilución con agua y/o sustitución parcial, para reducir el % de sólidos y el MBT, lo cual, incrementa el uso de aditivos y por ende el costo del sistema de lodo.
- El funcionamiento óptimo del sistema de control de sólidos, que incluya una centrifuga, para descartar los sólidos de baja gravedad (arcillas naturales), es indispensable para mantener los costos de lodo.

CONCLUSIONES.

- Las microburbujas presentes en el fluido han funcionado como materiales puenteantes, dado que se atravesó zonas de muy baja presión y cuyo gradiente equivalente varió entre 2,4 lpg y 6,4 lpg, sin presentarse problemas de pérdida de circulación.
- El fluido microburbujas presentó excelentes valores de inhibición a las arcillas y lutitas.
- El fluido ha presentado propiedades reológicas que ha permitido perforar los hoyos con una excelente limpieza.
- El fluido permite perforar el hoyo intermedio y de producción en forma conjunta, con lo cual se elimina el uso de un revestidor.
- Se ha observado una mejor respuesta del fluido, cuando la viscosidad a baja tasa de corte (lsv) oscila entre valores de 80000 y 120000 cps.
- Los registros eléctricos corridos no fueron afectados por el lodo microburbujas.
- Permitió obtener la información geológica, petrofísica y la toma de núcleos.
- El calíper mostró un hoyo de excelente calibre.

- Permitió aumentar la densidad de la mezcla de cemento de 11,5 a 12,5 lpg, consiguiendo mejorar la calidad de la lechada y la interpretación del registro de cementación.
- El fluido microburbujas es a base de agua, no tiene aceite en su formulación; debido a lo cual, se logra un mínimo impacto ambiental.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Brookey Tom, "Micro-Bubbles". New Aphron Drill In fluid technique reduces formation damage in horizontal wells. 1998 SPE International Symposium, on Formation Damage Control. Lafayette, Louisiana, Feb-1998. SPE No. 39589.
2. Ramírez Francisco; Alvarez R.; Graterol Leonardo F., Evaluación de laboratorio del fluido de perforación base agua Microburbujas-Aphron para el yacimiento B-5-X.06, perteneciente a la formación Misoa del Eoceno del área de Tía Juana. Presentación PDVSA E&P Occidente. Gerencia de Tecnología de Perforación, Rehabilitación y Subsuelo. Julio 1998.
3. Reportes diarios operacionales de los pozos: VLA-1321, VLA-1325, VLA-1327, VLA-1326, VLA-1329, VLA-1331, VLA-1332, VLA-1334 y VLA-1335.
4. Reportes diarios de lodo de los pozos: VLA-1321, VLA-1325, VLA-1327, VLA-1326, VLA-1329, VLA-1331, VLA-1332, VLA-1334 y VLA-1335.

ANEXOS

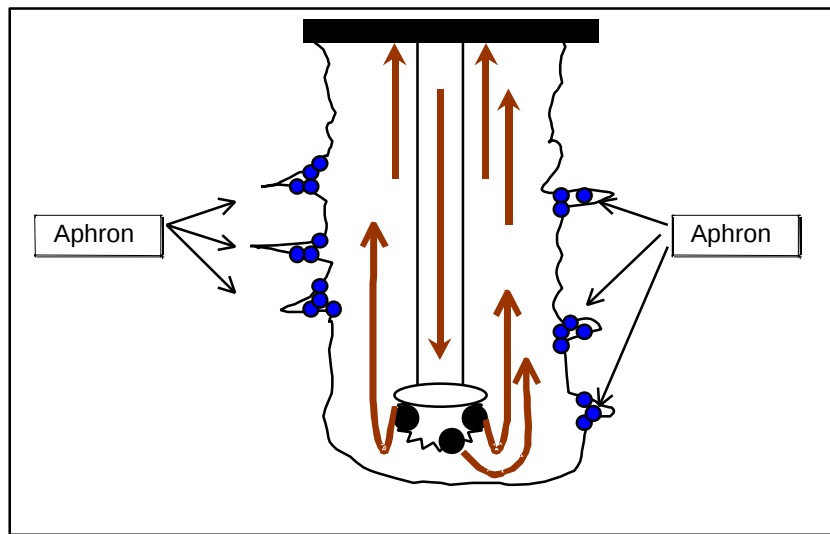


Fig 1. Mecanismo de puenteo con microburbujas

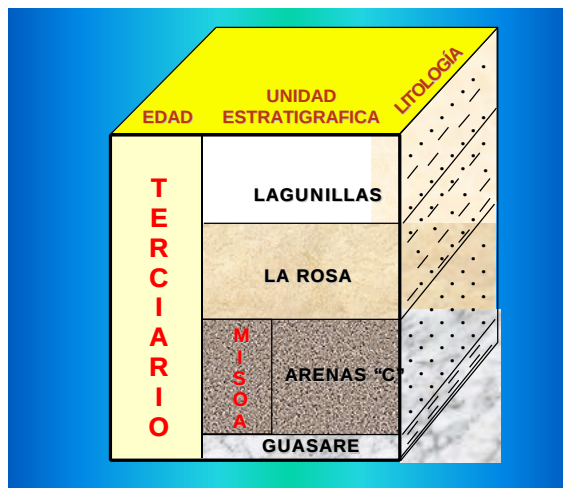


Fig. 2. Columna litológica de BLOQUE-I