



Utilización de recortes de perforación en la construcción de locaciones

Por *Lucas Chiappori, Evelyn Follis, Sergio Kocina y Rubén Luna* (Petrobras Argentina S.A.)

En la búsqueda de una disposición final del material de *cutting*, se ideó utilizarlo como sustrato en la construcción de nuevas locaciones de pozos, con un ensayo en una locación piloto, cuyos resultados son descriptos en el presente trabajo.

Este trabajo fue seleccionado en el 2° Congreso Latinoamericano y 4° Nacional de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente en la Industria de los hidrocarburos, 2013.

Las prácticas de disposición de recortes provenientes de la perforación de pozos hidrocarburíferos, perforados con lodo base agua, consisten en acumular dichos recortes en bajos naturales, canteras agotadas, antiguas piletas saneadas o repositorios (fosas excavadas a tal fin). Esta metodología dificulta el secado de los recortes por los grandes volúmenes acumulados, y ocasiona impactos asociados a la afectación de sitios para su disposición final.

El presente trabajo describe nuestra experiencia en la utilización de los recortes como material de relleno en la construcción de locaciones de pozos nuevos, en las Áreas 25 de Mayo - Medanita SE y Jagüel de los Machos, operadas por la empresa Petrobras Argentina S.A. en la provincia de Río Negro.

La alternativa ensayada prevé el reaprovechamiento del material, previo acondicionamiento del mismo, minimizando de esta manera el uso de minerales calcáreos. Entre las principales ventajas de esta alternativa se encuentran:

- La racionalización del consumo de áridos, y por ende, la reducción de los impactos asociados a la explotación de canteras de este tipo.
- Se evita la acumulación de recortes de perforación y, en consecuencia, la afectación de áreas adicionales para su disposición.
- Se reducen los costos de construcción de las locaciones.

Los ensayos constructivos efectuados en las locaciones indican que el empleo de recortes de perforación no compromete la integridad de las mismas, alcanzándose los niveles de compactación e impermeabilidad necesarios. Adicionalmente, los análisis físico-químicos y de ecotoxicidad realizados, dictaminan que no existe riesgo ambiental asociado a la utilización de los recortes como material de relleno.

Introducción

El área de explotación de petróleo y gas donde se encuentran las concesiones 25 de Mayo- Medanita S.E. y Jagüel de los Machos, está ubicada al noroeste de la provincia de Río Negro y al suroeste de la provincia de La Pampa, sobre una superficie de 619 Km². La división interprovincial está delimitada por el curso del Río Colorado. El área de explotación cuenta actualmente con 848 pozos que producen petróleo y gas, y 115 pozos inyectores de agua dulce y salada, empleados para recuperación secundaria.

En este contexto, se han realizado perforaciones en el área desde el año 1969 hasta la actualidad. A partir del año 2005 se utiliza un equipo de perforación hidráulico del tipo semiautomático de dimensiones reducidas, con el fin de minimizar la accidentología y el impacto ambiental asociado. Algunos de estos impactos se relacionan con la generación de residuos sólidos provenientes de la operación, denominados *cutting* o recortes de perforación.

La generación de los recortes surge de la separación en superficie de los minerales cortados por la herramienta de perforación (trépano), del fluido de perforación o lodo. El lodo de perforación es utilizado para acarrear el *cutting* a la superficie, el cual es tamizado y centrifugado en cortes de distinta granulometría, y con un porcentaje de humedad determinado.

El *cutting* separado es acumulado en contenedores y transportado a la zona de disposición. Por su parte, el lodo utilizado en cada pozo es tratado una vez finalizado el mismo para separar el 100% de los sólidos finos (proceso de *dewatering*). Estos sólidos finos son acumulados en contenedores y transportados a la misma zona de disposición que el *cutting*.

Como antecedentes de la disposición de los recortes de perforación en el yacimiento, desde los años 1998 y 2005 respectivamente, se encuentran en uso dos recintos habilitados para la disposición final de dicho material (uno ubicado en la provincia de Río Negro y el otro en la provincia de La Pampa). Esto ha ocasionado la acumulación de un volumen estimado de 50.000 m³ de recortes entre ambas provincias.

Teniendo en cuenta las limitaciones de superficie para la disposición de los recortes, y con el objetivo de evitar la apertura de nuevos repositorios, se planteó la necesidad de encontrar alternativas para el destino final de este material. Fue así como surge la propuesta de emplearlo como sustrato en la construcción de nuevas locaciones, para lo cual se efectuó un ensayo en una locación piloto. Los resultados de esta experiencia y sus principales conclusiones han sido volcados en el presente trabajo.

1. Construcción de locación piloto utilizando recortes de perforación

El lodo de perforación utilizado por Petrobras Argentina S.A. en sus operaciones en el Yacimiento Medanita se clasifica como base agua.

En el Anexo I, se encuentra la descripción del fluido de perforación utilizado y de las distintas formaciones presentes en el *cutting*.

A fin de verificar la aptitud de los recortes de perforación para ser utilizados en la construcción de locaciones, se llevó adelante una prueba piloto durante abril de 2012. Para ello, se escogió la locación de un pozo productor de petróleo correspondiente a la campaña de perforación de ese año, ubicado próximo a la BAT-11 de la provincia Río Negro. Sus coordenadas figuran en la siguiente tabla:

Campo Inchauspe

X	Y
2.602.745,70	5.782.256,20

Para la construcción de la locación se realizó una sub-base de recortes de perforación provenientes del recinto de acopio de Río Negro, el cual se dispuso (previo oreado del material), formando una capa de 0,20 m de espesor. Por encima de ella se colocó la Base de 0,10 m de espesor, constituida por la mezcla de recortes de perforación (30%) y material calcáreo (70%).

En total se emplearon 1.472 m³ de recortes en reemplazo de áridos, para la impermeabilización, nivelación y compactación del predio.

La distribución del material empleado se indica en los siguientes croquis:

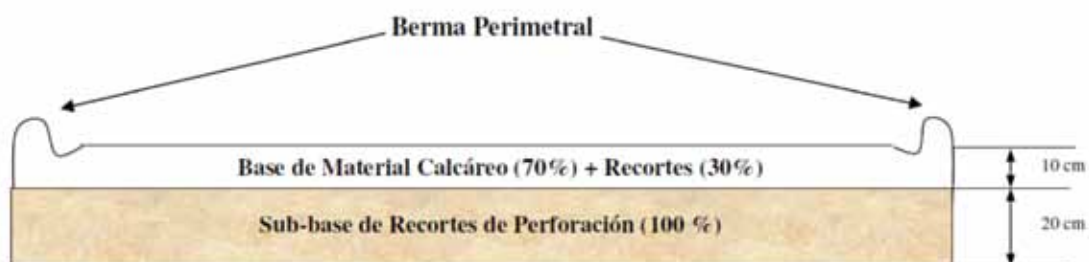


Figura 1. Vista en corte de la locación.

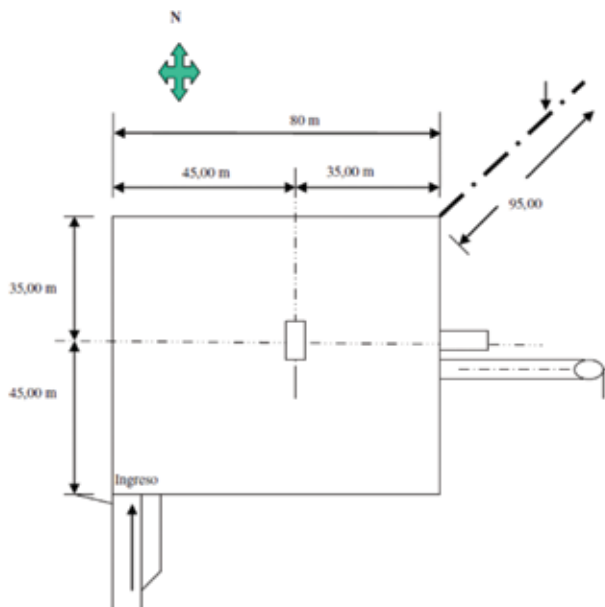


Figura 2. Vista en planta de la locación.

A continuación se ilustran las tareas realizadas:



Figura 3. Remoción de recortes del recinto de acopio.

El siguiente es un balance entre el volumen de recortes de perforación generado y el volumen utilizado en locaciones, teniendo en cuenta el proceso de secado previo el recinto de acopio:

Descripción	Volumen	Unidad
Volumen de recortes generado por pozo (humedad 60%)	250	m ³
Volumen de recortes oreados con humedad óptima (humedad 11%)	127	m ³
Volumen de recortes oreados utilizado en la locación	1.472	m ³



Figura 4. Mezcla de recortes con material calcáreo.



Figura 5. Vista de la mezcla terminada.



Figura 6. Colocación de la mezcla en la locación.

El balance realizado indica que, procesando los recortes de perforación para lograr la humedad óptima de compactación, por cada 11 pozos perforados aproximadamente, se generan los recortes necesarios para la construcción de una locación.

2. Evaluación técnico-ambiental de la alternativa propuesta

Para evaluar, tanto desde el punto de vista ambiental como constructivo, la alternativa de

utilización de recortes de perforación, se realizaron diferentes ensayos en la locación piloto y del material utilizado para su ejecución.

a- Ensayos de integridad de la locación piloto

Control de compactación *in situ*: Para determinar la calidad de la compactación del suelo en las condiciones existentes, se realizó el cociente entre la densidad lograda en laboratorio con el ensayo Proctor T-180 y la densidad real medida en campo, en cuatro puntos distintos de la locación. El valor promedio obtenido superó los requerimientos de los procedimientos de Petrobras, es decir, una compactación mayor al 95%.

Permeabilidad: Se midió la permeabilidad en 4 puntos simétricos en la locación mediante el método de Porchet Inverso. El valor arrojó un buen índice de permeabilidad, es decir, el suelo y el espesor del subsanante proveen un bajo nivel de drenaje. Si bien no se alcanzan los valores de referencia establecidos en el Decreto 831/93 para rellenos de seguridad de residuos peligrosos, los valores de drenaje cubren las necesidades frente a una posible contingencia por derrame de fluidos. Como mejora propuesta, se realizarán pruebas futuras con mezclas en distintas proporciones del material, para optimizar este valor.

Tensión admisible: El valor de tensión admisible calculado mediante el ensayo de penetración SPT (*Meyerhof*) resultó superior al máximo calculado con las bases del equipo de perforación utilizado en el área (3 kg/cm²), por lo que sería posible inclusive, montar un equipo de mayor porte en dicha locación.

En el siguiente cuadro se muestran los resultados obtenidos en cada ensayo:

Ensayo	Valor real promedio (4 puntos)	Valor mínimo establecido
% de Densidad <i>in situ</i>	95.50%	95%
Permeabilidad	3.349493557x10 ⁻⁵ cm/seg	1x10 ⁻⁷ cm/seg
Tensión admisible	3.26 kg/cm ²	3 kg/cm ²

Con estos ensayos pudo verificarse que la locación cumplía con los requerimientos mecánicos e hidráulicos necesarios.

b- Ensayos físico-químicos de la locación piloto

Se realizaron determinaciones del material dispuesto en la locación, para lo cual se extrajeron muestras a 0,20 m de profundidad, en cuatro puntos de la misma. A partir de las cuatro submuestras, se conformó una muestra compuesta, la cual fue remitida a un laboratorio habilitado para su análisis. Se realizaron determinaciones de hidrocarburos totales de petróleo, BTEX y Metales pesados, tanto en la muestra como en su lixiviado.

Los resultados obtenidos se resumen en los siguientes gráficos:

N° Protocolo	Determinación	Plomo	Cromo Total	Mercurio	HTP-EPA 418.1
2205/2012	En la muestra	<0,002 mg/Kg	<0,002 mg/Kg	<0,002 mg/Kg	139,60 mg/Kg
2205/2012	En el lixiviado	<0,002 mg/l	<0,002 mg/l	<0,002 mg/l	0,07 mg/l

Protocolo	Determinación	Benceno	Tolueno	Etil Benceno	Meta y Para Xilenos	Orto Xilenos
24131	En la muestra	<0,05 mg/Kg	<0,05 mg/Kg	<0,05 mg/Kg	<0,05 mg/Kg	<0,05 mg/Kg
24133	En el lixiviado	<0,01 mg/l	<0,01 mg/l	<0,01 mg/l	<0,01 mg/l	<0,01 mg/l

El contenido de Plomo, Cromo total y Mercurio obtenido en la muestra de suelo por método EPA 5021/8015, resultó por debajo de los valores guía para calidad de suelo para uso industrial (Anexo II, Tabla 9, Decreto 831/93), utilizado como referencia.

Los hidrocarburos totales de petróleo no tienen límite definido en el Decreto 831/93. Sin embargo, el valor de 140 mg/kg obtenido en la muestra de suelo puede considerarse muy bajo, en comparación con el valor de referencia para este parámetro adoptado por la autoridad de aplicación de Río Negro, para determinar si un suelo debe ser saneado (TPH >10.000 mg/kg). Otro límite de referencia es la Disposición N° 164/09 de la provincia de La Pampa, que para este parámetro adopta un valor máximo de 20.000 mg/kg.

El resultado de pH de la muestra fue de 8,5 (1:2,5), lo cual resulta lógico teniendo en cuenta los productos utilizados en la preparación del lodo. Sin embargo, este valor es inferior a 12 (valor establecido para los barros estabilizados químicamente, según Anexo V del Decreto 831/93).

Los resultados del análisis de lixiviación de metales pesados, hidrocarburos totales y BTEX en ningún caso fueron superiores a los valores máximos establecidos para los parámetros químicos de los barros (Anexo VI, Decreto 831/93).

c- Ensayos de materiales utilizados

En la evaluación de la alternativa del uso de los recortes de perforación para la construcción de locaciones, se tuvieron

en cuenta estudios previos del material, a fin de garantizar la seguridad en el montaje del equipo de perforación.

Estudio de clasificación del material: Este estudio consiste en tamizar los recortes de perforación y clasificarlos de acuerdo a lo establecido por las Normas de la Construcción IRAM y HRB (*Highway Reserch Borrad*), para determinar su aptitud para distintos usos.

A tal fin, se utilizaron muestras de los recortes de perforación dispuestos históricamente en los recintos de acopio, y se las comparó con muestras de material calcáreo de las canteras utilizadas habitualmente en la zona.

Se efectuó el tamizado húmedo de ambos materiales por separado, obteniéndose los siguientes resultados comparativos.

1- Recortes de perforación:

Parámetros		Doble clasificación		Contenido %		Límites de Atteberg	
		C.U.C.	SC-SM	Grava %		LI	
Recortes	M-1	C.U.C.	SC-SM	Grava %	0,0	LI	15,7
Proctor kg/m³	1,767	H.R.B	A-2-4 (0)	Arenas %	80,6	Lp	10,6
H. óptima	14,5			Finos %	19,4	Ip	5,1

A partir de los valores obtenidos, se pudo establecer que los recortes de perforación poseen una buena plasticidad pero una baja densidad Proctor, además de buena permeabilidad. Estas características permitieron establecer que es un material apropiado para utilizárselo como sub-base en los primeros 20 cm de la locación.

2- Material calcáreo:

Parámetros	Doble clasificación		Contenido %		Límites de Atteberg		
Calcáreo	M-2	C.U.C.	SP-SM	Grava %	27,1	LI	0,0
Proctor kg/m ³	1,919	H.R.B	A-1-b (0)	Arenas %	66,0	Lp	0,0
H. óptima	14,8			Finos %	6,9	Ip	0,0

Los resultados para el calcáreo (que se utiliza comúnmente como base en los últimos 10 cm de las locaciones construidas en el área), indicaron que se trataba de un material con una buena densidad a la humedad óptima, pero con bajos o nulos índices de plasticidad. Esto puede llegar a ser inestable en condiciones de extrema humedad o con humedad menor a la óptima.

Por esta razón, se decidió realizar un ensayo con una combinación de ambos materiales en iguales proporciones, lo que originaría una mezcla con mejores propiedades de plasticidad y una más alta densidad.

3- Mezcla de calcáreo y recortes de perforación:

Parámetros	Doble clasificación		Contenido %		Límites de Atteberg		
Mezcla	M-3	C.U.C.	SW-SC	Grava %	29,2	LI	9,7
Proctor kg/m ³	2,021	H.R.B	A-1-b (0)	Arenas %	62,6	Lp	6,8
H. óptima	10,9			Finos %	8,2	Ip	2,8

En base a los resultados de este último ensayo, se pudo inferir que la combinación de recortes de perforación y calcáreo, era apto para utilizar como material de base en la construcción de locaciones.

Determinación de densidad máxima y humedad óptima del material: Mediante el ensayo Proctor es posible medir la máxima densidad de un suelo determinado, a una humedad óptima.

Se llevó adelante este ensayo de los recortes de perforación, para determinar dichos parámetros, cuyos resultados se vuelcan en el siguiente gráfico:

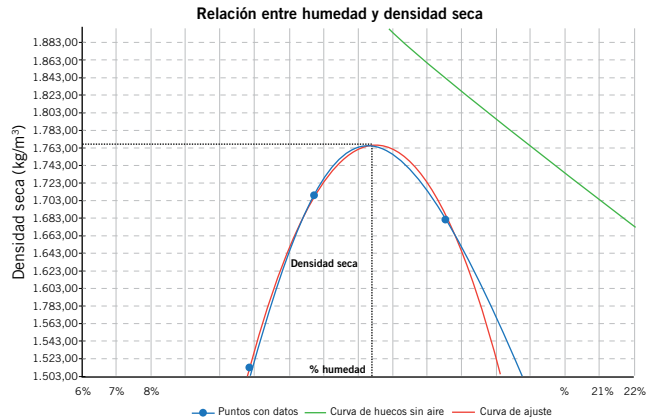


Figura 7. Gráfico de densidad máxima.

En el gráfico puede observarse que la densidad máxima de los recortes de perforación obtenida fue de 1.763 kg/m³, con una humedad del 14,5%. Teniendo en cuenta que el material calcáreo utilizado normalmente como subrasante en las locaciones tiene una densidad máxima de 1.967 kg/m³ a una humedad óptima de 9,3%, se estableció la conveniencia de utilizar los recortes de perforación como capa sub-base en los primeros 20 cm de la locación.

d- Caracterización físico-química de los recortes de perforación:

A principios del 2012 se realizó un muestreo para tipificar los recortes de perforación almacenados en el recinto de Río Negro. Para ello, se tomaron muestras del material en 12 puntos distintos de los dos grandes acopios existentes en el predio y a profundidades variables (entre 1 y 3 metros).

Los resultados de las determinaciones de hidrocarburos totales de petróleo para las distintas muestras se resumen en la siguiente tabla:

Protocolo	Muestra	HTP EPA 418.1 mg/Kg	HTP EPA 418.1 %
2435	M1	635	0,0635
2442	M2	1275	0,1275
2444	M3	1434	0,1434
2445	M4	1366	0,1366
2446	M5	735	0,0735
2447	M6	944	0,0944
2448	M7	632	0,0632
2449	M8	986	0,0986
2450	M9	1035	0,1035
2451	M10	1569	0,1569
2452	M11	1237	0,1237
2453	M12	485	0,0486

El valor obtenido en cada muestra no superó en ningún caso los 2.000 mg/kg, resultando el TPH promedio = 1.028 mg/kg.

Adicionalmente, se efectuaron determinaciones de metales pesados (Plomo, Cromo total y Mercurio). Los resultados en todas las muestras no superaron los valores guías, tomando como referencia los límites máximos establecidos para uso industrial del suelo, en el Anexo II – Tabla 9 del Decreto 831/93.

e- Bioensayos de toxicidad aguda de los recortes de perforación:

Durante el año 2008, la compañía de servicios que tiene a su cargo la preparación de los lodos de perforación en el yacimiento realizó, a través del Departamento de Química de la Universidad Nacional de La Plata, bioensayos de toxicidad aguda del *cutting* de perforación. Los ensayos se efectuaron con el cladócero *Daphnia magna*, el pez *Cnesterodon decemmaculatus* y con semillas de lechuga (*Lactuca sativa*), sobre una muestra del material previamente lixiviada durante 24 hs según método 1113 USEPA SW846.

De los resultados observados, pudo concluirse que la muestra analizada en un amplio intervalo de concentraciones (10 a 100%), presenta toxicidad aguda leve a nula, en las condiciones del ensayo, para todas las especies analizadas.

Estos ensayos se efectuaron con motivo de una modificación en los componentes fundamentales del sistema de lodo

utilizado, que se produjo en ese año, con el objetivo de evaluar las potenciales consecuencias de los cambios introducidos.

3. Evaluación económica de la alternativa propuesta

Desde el punto de vista económico, las ventajas de la alternativa ensayada pueden valorizarse en base a los siguientes indicadores:

- Volumen de material calcáreo ahorrado: el volumen de recortes de perforación utilizado en reemplazo del material calcáreo fue de 1.472 m³. En términos económicos, esto representa una reducción del 10% en el costo final de la locación terminada.

- Horas adicionales de maquinaria para el oreado previo y mezclado de los recortes con material calcáreo: el uso de maquinaria vial con esta finalidad representa un gasto adicional equivalente al 3.6% del costo final de la locación.

Como conclusión, el ahorro finalmente obtenido asociado a la utilización de recortes de perforación en reemplazo de material calcáreo, fue del 7% sobre el costo final de la locación. Existen otros factores indirectos que no fueron incluidos en este análisis, como por ejemplo, los costos asociados a la construcción de nuevos recintos para la disposición final de los recortes de perforación.

Conclusiones

A partir de los resultados de la experiencia piloto realizada, podemos concluir que la utilización de recortes de perforación en la construcción de locaciones es una alternativa válida, que ofrece ventajas con respecto a la práctica de disposición actualmente utilizada.

Desde la dimensión ambiental, los análisis realizados a los recortes demuestran que tanto por el contenido total como por el potencial de lixiviado de metales e hidrocarburos, no existen riesgos, asegurando que a través del suelo y la zona no saturada no ingresarán contaminantes a las capas acuíferas superficiales (napa freática), y por lo tanto tampoco al acuífero del Grupo Neuquén.

Otras ventajas de esta alternativa son su impacto ambiental bajo o nulo, la racionalización del uso de recursos naturales (áridos) y la eliminación de zonas de disposición habituales (difíciles de sanear por la acumulación permanente de mezclas húmedas).

Desde el punto de vista de integridad de las instalaciones, los diferentes ensayos realizados confirman que la locación construida como experiencia piloto, cumple con los requerimientos mecánicos e hidráulicos necesarios, según los procedimientos internos de seguridad de la empresa y las normas de la industria aplicables.

Desde el aspecto económico, la experiencia desarrollada demuestra que se alcanza un ahorro directo del 7% en el costo final de la locación construida, mediante el reemplazo de áridos por recortes de perforación. Existen otros factores de ahorro indirectos como los costos asociados a la construcción de nuevos recintos para la disposición final de los recortes.

Finalmente, en base a las mejoras alcanzadas, consideramos recomendable extrapolar esta práctica para la construcción de futuras locaciones en el área de estudio.

Bibliografía

Norma ASTM D 2487 *Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)*.

Procedimiento de Petrobras Argentina S.A. "Operaciones con equipos de perforación".
 Manual fabricante equipo de perforación, "Capacidad portante equipo perforador".
 Manual de la empresa proveedora de lodos: "Seguridad de productos".
 Informe técnico "Disposición de recortes de perforación en locación", elaborado por Guillermo Moreno, Antonio Siddi y Mauro Fredes, Pecom Energía S.A., 2002.

Anexo I

Características del lodo utilizado

En la tabla siguiente se presenta la composición del fluido de perforación utilizado:

Compuesto	Función	Concentración	Unidad
Bentonita	Viscosificante	10	kg/m ³
Amina Cuaternaria	Inhibidor de arcillas	4	l/m ³
Celulosa Polianiónica	Reductor de filtrado	5	kg/m ³
Ester acrílico	Estabilizante térmico y lubricante	12	l/m ³
Goma Xantica	Viscosificante	1	kg/m ³
Carbonato de Calcio	Densificante	65	kg/m ³

A su vez, el sistema de tratamiento del lodo o "dewatering", utiliza los siguientes polímeros para la floculación de sólidos:

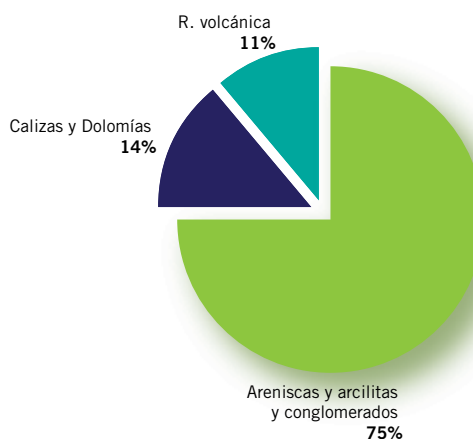
Compuesto
Poliacrilamida no iónica
Amina policuaternaria en agua
Polímero Catiónico
Polialquilenammina cuaternaria modificada

Características de las formaciones perforadas

En la perforación de los pozos en las Áreas 25 de Mayo – Medanito S.E. y JDLM, se atraviesan las siguientes formaciones:

Formación	Litología	Espesor (en m)
Gpo. Neuquén	Areniscas, Arcilitas y Conglomerados	1.000
Gpo. Rayoso		
Centenario		
Quintuco	Calizas y Dolomías	200
Catriel	Areniscas arcillosas	50
Choiyoi	R. Volcánica	150

Esto determina la siguiente composición del *cutting* de perforación:



Distribución de formaciones en *cutting* de perforación.

La combinación de arcilla, arena, caliza y roca ígnea nos da indicios de que el material puede tener buenas propiedades de densidad, resistencia a la compresión y permeabilidad, para la realización de locaciones. ■