

Ensayos

Exploración e investigación geológica del subsuelo por métodos directos (barrenación a diamante)

Resumen

La exploración del subsuelo se puede realizar por métodos indirectos y directos, estos últimos muestran características de una manera real. En el presente artículo se presentan los resultados obtenidos de una perforación realizada en el macizo rocoso de la Universidad Tecnológica de la Mixteca, utilizando una perforadora a diamante Explorer Junior con capacidad de perforación de 150.00 m y obtención de núcleos de 35.00 mm, así como también propiedades geológicas del macizo rocoso.

Abstract

While subsoil exploration can be carried out by indirect or direct methods, the latter shows the soil's features in a real manner. This article presents the results obtained from drilling the massif at the Technological University of the Mixteca using an Explorer Junior diamond drill with a drilling capacity of 150.00 m and obtaining a nucleus of 35.00 mm as well as the geological properties of the massif.

Abstrait

L'exploration du sous-sol peut être effectuée par des méthodes indirectes et directes. Celles-ci montrent des caractéristiques d'une manière réelle. Dans le présent article, les résultats obtenus d'une perforation effectuée se présentent dans le volume rocheux de l'Université Technologique de la Mixteca, en utilisant la perforation d'un diamant Explorer Junior avec capacité de perforation 150.00 m et obtention de noyaux de 35.00 mm, ainsi que des propriétés géologie du volume rocheux.

Palabras claves: métodos directos, perforación a diamante, macizo rocoso.

1. Introducción

El objetivo de la investigación exploratoria del subsuelo es el de obtener información exacta de las condiciones del suelo y de la roca en el lugar que se investiga. La profundidad, espesor, extensión y composición de cada uno de sus elementos que conforman el subsuelo. Los programas de barrenación a diamante en un área de exploración deben ser planeados cuidadosamente ya que de éstos depende la obtención de información del subsuelo que nos dé una representación exacta y verdadera de las condiciones del subsuelo. Aspectos de composición, estructuras, espesores, geología, comportamiento físico y mecánico son posibles de conocer con la obtención de núcleos de barrenación a diamante.

Recientemente la Universidad Tecnológica de la Mixteca adquirió tecnología de perforación a diamante que permite explorar el subsuelo con métodos directos. El equipo de perforación a diamante Explorer Junior, con capacidad para exploraciones hasta 150.00 metros, con posibilidades de múltiples aplicaciones como son: Estudios de impacto ambiental, estudios de contaminación del subsuelo, análisis de mecánica de suelo, mecánica de rocas, geología del subsuelo, yacimientos minerales, geología urbana y geología de riesgos.

En la presente investigación se exploró el subsuelo de la Universidad Tecnológica de la Mixteca, en la cual se realizó una perforación a diamante a una profundidad de

- * Gómez-Anguiano, Martín
- * De La O-Vizcarra, Miguel Angel
- * González-Contreras, Enrique
- * Ramírez-Chávez, Roberto Juan

* Universidad Tecnológica de la Mixteca

58.25 m, con la recuperación de núcleos de 35 mm de diámetro, recopilando características geológicas, estructurales, físicas y mecánicas a partir de la recuperación de núcleos de la barrenación a diamante.

2. Sondeo y toma de muestras

Se han desarrollado muchas técnicas de exploración, algunas apropiadas para una gran variedad de condiciones, mientras que otras están limitadas a casos especiales. El sondeo con broca de diamante es el método más comúnmente usado para obtener testigos de pequeño diámetro. El muestreador (barril) es un tubo de acero endurecido de 0.60 a 3.00 m de longitud con una broca unida en su parte inferior. Fotografía No. 1.



figura 1. Sacando muestra

La broca tiene comúnmente diamantes industriales (Fotografía No. 2). Al sondear, la barra de perforación y la broca giran y al mismo tiempo se inyecta agua a alta presión a través de la barra de perforación hasta el interior de la broca. Los detritos de suelo molidos al tamaño de partículas del polvo con un tamaño en promedio de 0.0625 mm de diámetro, son arrastrados por el agua y sacados del agujero. La muestra de roca cortada se introduce en el tubo mues-

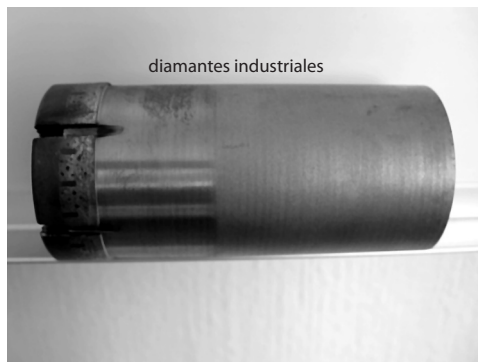


figura 2. Broca de diamante del barril muestreador

treador (barril) a medida que se perfora, hasta llenar el barril y obtener muestras frescas del subsuelo.

3. Características generales del equipo Explorer Junior

El equipo de perforación a diamante Explorer Junior, es una sonda con sistema motriz gasolina-hidráulico diseñado para sondajes en superficie, muy útil para la prospección y exploración del subsuelo en condiciones de acceso difícil, gracias a su peso ligero y tamaño compacto, resulta sumamente fácil de transportar e instalar. El Explorer Junior, presenta las siguientes características y componentes:

Unidad de perforación

Carrera de avance	1.00 m
Fuerza de empuje	1305 Kg.
Fuerza de extracción	2140 Kg.

Unidad de rotación

La unidad de rotación está constituida por:

Un motor hidráulico S-1540, marca Eaton-Charlynn – U.S.A.

Rotación de 0-960 r.p.m.

Torque 133 N-m/1.174 lb.in.

Completamente sellado, lo cual permite utilizarse en ambientes hostiles como polvo, suciedad, vapor, agua, calor, etc.

Dirección de rotación reversible.

Altas cargas radiales en el eje, permiten montajes directos.

Unidad de fuerza

Motor gasolinero: Marca Kohler-U.S.A., modelo Command, potencia 18 KW. (25 Hp) a 3600 r.p.m.

Bomba hidráulica: Marca Lamborghini-Italiana, modelo 226-211, tipo engranaje, auto compensadas y equilibradas.

Bomba principal: 68 LPM (3600 r.p.m.), 125 bares (1800 psi)

Bomba auxiliar: 31 LPM (3600 r.p.m.), 70 bares (1.015 psi.)

Bomba de lodos de perforación

Bomba de pistones: FMC, modelo A0410

Válvula de alivio: FMC, 16 GPM.

Potencia: Motor Kohler de 3 KW (4hp)

Capacidad de la bomba: 750 psi (51 bar), 15 GPM (53 LPM)

Panel de comando

Válvula direccional doble principal:

Retorno por resorte, acciona el avance rápido.

Válvula dirección doble auxiliar:

Retorno por resorte, acciona la prensa hidráulica.

Válvula reguladora de flujo (1): Regula el caudal de aceite de la válvula principal.

Válvula reguladora de flujo (2): Regula la velocidad del motor hidráulico de la bomba de lodos.

Válvula divisora de flujo (1): Divide el caudal a la válvula auxiliar y válvula reguladora de bomba de lodos.

Válvula de aguja: Regula la velocidad del avance.

Manómetro: Indica la presión hidráulica del motor de rotación y extracción de barras.

Manómetro (2): Indica la presión hidráulica del empuje.

En la Fotografía No. 3 se muestran los componentes más importantes del equipo de perforación Explorer Junior.



figura 3. Equipo de perforación Explorer Junior mostrando sus componentes más importantes: 1) unidad de perforación, 2) unidad de rotación, 3) panel de comando, 4) unidad de fuerza, 5) bomba de lodos.

Capacidad de perforación (capacidad de diseño)

Otra de las características importantes del equipo es su capacidad de perforación hasta 150.00 metros, con tubería TT-46 de acero ultra liviano, en rocas sólidas de cualquier tipo. Cabe mencionar que para perforar en suelo o materiales sueltos es necesario la utilización de tubería de revestimiento (caising). En la Tabla No. 1 se muestran las profundidades comunes alcanzadas con el equipo Explorer Junior.

Barril sacatestigo	Profundidad	Diámetro del testigo
IEW	100 metros	25 milímetros
TT-46 (acero ultraliviano)	150 metros	35 milímetros

TABLA No 1

4. Perforación a diamante del subsuelo de la Universidad Tecnológica de la Mixteca

Una aplicación inicial es en investigaciones geológico – geomecánicas del subsuelo de la misma universidad. Se realizó una barrenación de 58.25 m, perforándose las siguientes unidades geológicas:

4.1. De 0 a 25.80 m Conglomerado Poligmítico (Conglomerado Tamazulapan)

Se correlaciona con el Conglomerado Tamazulapan (Ferrusquía, 1976) quien designa a un conjunto de cuerpos burdamente estratiformes de conglomerado, su estructura es sub-tabular, de bordes acuñados y forma irregular, en el área de investigación la litología cortada es de una unidad sedimentaria clástica de color gris claro a oscuro, formada principalmente por fragmentos de roca caliza de color gris claro a gris oscuro, con tamaños de partículas de limos hasta 5.00 cm, de formas sub-redondeadas a sub-angulosas, cementados por una matriz arcillosa de color amarillo pálido y fragmentos de caliza. Presenta algunas zonas de disolución, poros de tamaños de 1 a 2 mm en promedio, vetas de calcita con un espesor promedio de 2 mm, algunas vetillas rellenas por sulfuros de pirita. Fotografía No. 4.

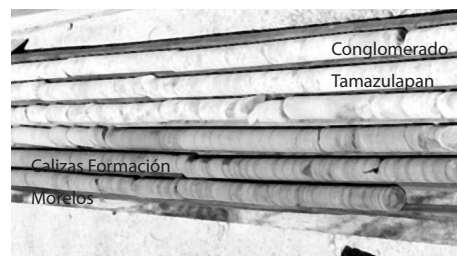


figura 4. Conglomerado Tamazulapan y Caliza de la Formación Morelos, recuperación de núcleos de 35 mm, durante la perforación del pozo de la Universidad Tecnológica de la Mixteca.

4.2. De 25.80 a 58. 25 m Formación Morelos (Albiano-Cenomaniano)

Esta denominación fue propuesta por Fries (1960) para una secuencia de rocas calizas y dolomías del Albiano-Cenomaniano, que afloran en gran parte del Estado de Morelos y el norte de Guerrero, extendiéndose al Estado de Oaxaca, aflorando en la parte norte del Municipio de la Heroica Ciudad de Huajuapán de León, sobre la carretera federal No. 190. Tiene un espesor variable y contiene cuerpos de caliza oolíticas y bioclásticas, biomicritas y micritas con algunos desarrollos locales de biostromas. Su contenido de

fauna fósil es principalmente de rudistas y miliolidos. Sus características litológicas y faunísticas indican un depósito de plataforma en aguas someras. La Formación Morelos en el área de la Universidad Tecnológica de La Mixteca consiste de, calizas de color gris oscuro, de olor fétido al golpe del martillo, contiene vetas de calcita con espesores promedio de 1.5 mm, muestra también vetas delgadas de sulfuros; principalmente de pirita y algunas fracturas rellenas de calcita y sulfuros de pirita. Además muestra pequeñas manifestaciones de hidrocarburos, con poros del tamaño de 1 mm en promedio. Sus principales planos de debilidad están en las fracturas y vetas rellenas por los minerales de calcita y pirita. Fotografía No. 5.



figura 5. Núcleos de calizas de la Formación Morelos mostrando vetas de calcita, poros y presencia de hidrocarburos.

En el Anexo 1 se muestra la columna litológica recuperada en el pozo exploratorio.

5. Características geológicas del macizo rocoso de la Universidad Tecnológica de La Mixteca

Se investigaron propiedades geológicas del macizo rocoso de los núcleos obtenidos en la perforación, estas propiedades son una herramienta universal para el diseño de obras subterráneas y de todo tipo de construcciones, importantes aplicaciones para grandes obras como presas, edificios, minas subterráneas etc. También son herramienta básica de control geológico, ayudando a interpretar los resultados en el desarrollo de las obras. Los parámetros

geológicos que se obtuvieron de la recuperación de los núcleos fueron los siguientes:

5.1. Condiciones geológicas

5.1.1. Litología

Se cortaron dos unidades geológicas, Conglomerado Tamazulapan y Formación Morelos, ambas unidades de origen sedimentario, estas tienen su origen por la litificación de la acumulación de sedimentos.

5.1.2. Grado de meteorización de las rocas

Se analizó el grado de meteorización del macizo rocoso, obteniéndose la siguiente denominación de acuerdo a los criterios sugeridos por la Asociación Internacional de Mecánica de rocas, en la Tabla No. 2 se observan los resultados.

Formación	Grado	Denominación	Criterio de reconocimiento
Conglomerado Tamazulapan	II	Roca ligeramente Meteorizada	La roca y los planos de discontinuidad presentan signos de decoloración. Toda la roca ha podido perder su color debido a la meteorización y superficialmente ser más débil que la roca sana.
Formación Morelos			

TABLA No. 2

5.1.3. Clasificación de la roca matriz

Es una característica geológica de los macizos rocosos que puede obtenerse directamente en campo con la ayuda de un martillo de geólogo. La técnica consiste en obtener primeramente muestras del macizo rocoso de un tamaño adecuado, una vez obtenidas éstas, se procede a realizar los ensayos. Estos se obtienen golpeando la muestra de roca con el martillo de geólogo y se anotan el número de golpes cuando hay un cambio notable en la roca, después se compara los resultados con los valores de la Tabla No. 3 y se obtiene la clasificación de la roca matriz que consiste en obtener un valor aproximado del ensayo de la resistencia a la comprensión simple con un valor estimado de ésta.

En el macizo de la Universidad Tecnológica de La Mixteca, la clasificación de la roca matriz en el ensayo de resistencia, se requirió de varios golpes de martillo para romper la muestra de núcleo por lo que califica con una resistencia a la comprensión simple alta con un valor estimado de 50 a 100 Mpa.

5.2. Características Geotécnicas

5.2.1. Discontinuidades del Macizo Rocosos

Según la ISRM (1978) considera en términos prácticos que se puede designar como discontinuidad cualquier superficie natural en que la resistencia a la

Ensayo de resistencia aproximada	Calificación de la resistencia a compresión simple	Valor estimado (Mpa)
Se puede rayar con la uña	Especialmente débil	< 1
Se rompe con golpes de martillo. Se raya difícilmente con la navaja moderados.	Muy baja	1 a 5
Se raya difícilmente con la navaja	Baja	5 a 25
No puede rayarse con la navaja. Se puede romper con un golpe de martillo.	Media	25 a 50
Se requieren varios golpes de martillo para romperla	Alta	50 a 100
Difícil de romper con el martillo de geólogo	Muy alta	100 a 250
Con el martillo de geólogo sólo se puede producir algunas esquirlas.	Extremadamente alta	> 250

TABLA No. 3. CLASIFICACIÓN DE LA ROCA MATRIZ

tracción es nula o muy baja. Las discontinuidades se presentan en la roca y afectan la resistencia, permeabilidad y durabilidad del macizo rocoso, es importante evaluar la geometría, naturaleza, estado y condición de las discontinuidades, porque ellas definen la estructural del macizo rocoso. Además de su génesis, la influencia en el comportamiento del macizo, exige evaluar la génesis de los rellenos, la cantidad de agua, la abertura, rugosidad y persistencia de las discontinuidades, y el número de familias (Duque-Escobar, 1998). En el caso del macizo rocoso de la Universidad Tecnológica de la Mixteca, se obtuvieron los siguientes datos de discontinuidades:

5.2.2. Apertura de discontinuidades

Es la distancia perpendicular entre las paredes de las distancias de las diaclasas cuando éstas no tienen relleno y se clasifican de acuerdo a los criterios de la Asociación Internacional de Mecánica de Rocas. Para el caso del macizo rocoso investigado clasificaron en el siguiente calificativo: juntas cerradas; parcialmente abiertas con una apertura de 0.25 a 0.50 mm.

5.2.3. Rugosidad de discontinuidades

Se alude a la rugosidad de la superficie y a la ondulación de la discontinuidad, pues ambos afectan la resistencia del macizo rocoso. Una alta rugosidad aumenta la resistencia a la fricción. A gran escala, en longitudes del orden del metro, se calificara la junta de alguno de los modos siguientes: Escalonada, ondulada o plana.

A menor escala, en longitudes del orden de centímetros se aplicará alguno de los siguientes calificativos: Rugosa, suave o especular.

En el macizo de la universidad, la unidad del Conglomerado Tamazulapan clasifica como una discontinuidad rugosa; mientras que la caliza de la Formación Morelos presenta una rugosidad suave.

5.2.4. Relleno de discontinuidades

Es otra de las características que pueden observarse en el macizo rocoso y se alude al material entre las paredes de la discontinuidad, casi siempre más blando que el macizo rocoso. Un parámetro en el material

de relleno es su grado de cementación, este último no se cuantificó, únicamente el tipo de relleno: minerales de caliza y sulfuros (pirita) principalmente y ocasionalmente materia orgánica de color negro brillo vítreo (hidrocarburos).

5.2.5. Espaciamiento de discontinuidades

Es la distancia perpendicular entre dos discontinuidades de una misma familia. Debe advertirse que el espaciamiento aparente, el que muestra en superficie la roca, por regla general es mayor que el real. El calificativo para el macizo investigado es moderado con un espaciamiento de 20 a 60 cm.

5.2.6. Presencia de agua en las discontinuidades

Es el agua presente en la discontinuidad que se encuentra libre o en movimiento. Se describe por el caudal y debe evaluarse si el agua brota o no con presión. El flujo de agua no brotó con presión, sólo pudo constatare la presencia de ésta, por lo que el calificativo, que aplica es de la clase 4 con denominación de humectaciones, según la clasificación de la Asociación Internacional de Mecánica de Rocas.

5.2.7. Índice de Calidad de Roca de Deere (RQD)

En 1964 Deere propuso un índice cuantitativo de la calidad de la roca basado en la recuperación de núcleos con perforación de diamante, se ha utilizado en una gran cantidad de proyectos de construcciones de grandes presas, ferrocarriles, autopistas etc. y se ha comprobado que es muy útil en la clasificación del macizo rocoso.

El RQD se define como el porcentaje de núcleos que se recuperan en piezas enteras de 100 mm o más, del largo del barreno. Por lo tanto:

$$\text{RQD}(\%) = 100 \times \frac{\text{Longitud de los núcleos mayores de 100 mm}}{\text{Largo del barreno}}$$

Deere (1964) propuso la siguiente relación entre el valor numérico RQD y la calidad de la roca desde el punto de vista en la ingeniería:

RQD	Calidad de la roca
Muy mala	< 25 %
Mala	25 – 50 %
Regular	50 – 75 %
Buena	75 – 90 %
Muy buena	90 – 100 %

RQD Conglomerado Poligmítico
(Conglomerado Tamazulapan)

$$\text{RQD}(\%) = 100 \times \frac{24+47}{74} = 95.94\%$$

"calidad de la roca muy buena"

$$\text{RQD}(\%) = 100 \times \frac{8+40+32+25+11+28}{183} = 78.68\%$$

"calidad de la roca buena"

$$\text{RQD}(\%) = 100 \times \frac{28+25+16+30+55+40+51+33+18}{335} = 88.35\%$$

"calidad de la roca buena"

RQD Caliza de la Formación Morelos

$$\text{RQD}(\%) = 100 \times \frac{70+51+22+57+59+49}{335} = 91.94\%$$

"calidad de la roca muy buena"

$$\text{RQD}(\%) = 100 \times \frac{18+46+18+13+21+28+18+27+16+30+29}{335} = 78.80\%$$

"calidad de la roca buena"

$$\text{RQD}(\%) = 100 \times \frac{46+11+43+88+70+46}{335} = 90.74\%$$

"calidad de la roca muy buena"

6. Conclusiones

Se realizó una perforación a diamante de 58.25 m con recuperación de núcleos de 35.00 mm. Con equipo de perforación a diamante Explore Junior con capacidad de perforación hasta 150.00 m.

En la perforación se cortaron dos unidades litológicas:

De 0.00 m a 25.80 m se cortó Conglomerado Tamazulapan de color gris claro a oscuro con fragmentos sub-redondeados a sub-angulosos con tamaños que van desde limos hasta 5.00 cm. Muestra poros de disolución, vetas rellenas principalmente por calcita y sulfuros (pirita).

De 25.70 m a 58.25 m se cortaron calizas de la Formación Morelos que consiste de calizas de color gris oscuro, de olor fétido al golpe de martillo, contiene vetas rellenas por calcita y pirita, así como presencia de hidrocarburos.

Se investigaron propiedades geológicas del macizo rocoso, las cuales clasificaron en la mayoría de los casos como macizo rocoso de buena calidad.

Clasificación de las rocas: sedimentarias. Grado de meteorización de las rocas: rocas ligeramente meteorizadas. Clasificación de la roca matriz: resistencia a la comprensión simple con un valor estimado de 50 a 100 Mpa.

Características geotécnicas evaluadas:

Apertura de discontinuidades: juntas cerradas, parcialmente abiertas con una apertura de 0.25 a 0.50 mm. Rugosidad: Conglomerado Tamazulapan rugosa, Formación Morelos suave. Relleno: principalmente calcita, pirita y en algunos casos hidrocarburos. Espaciamiento: moderado de 20 a 60 cm. Presencia de agua: clase 4 con denominación de humectaciones y RQD con valores de roca que va desde buena hasta muy buena. Estos valores y observaciones son de acuerdo a la clasificación de la Asociación Internacional de Mecánica de Rocas.

De acuerdo a las características mencionadas el macizo rocoso de la Universidad Tecnológica de La Mixteca, muestra buenas propiedades geológicas y físicas para la construcción de edificios y obras en general.



7. Bibliografía

DEERE, D. U.

1964 Technical description of rock cores for engineer-purposes. *Rock Mechanics and Engineering Geology*. Vol. 1, No. 1. p. 17-22.

FRIES, C. JR.

1960 Geología del Estado de Morelos y de partes adyacentes de México y Guerrero, región central meridional de México. Universidad Nacional Autónoma de México, Boletín No. 60, 326 págs. 22 láminas.

FERRUSQUÍA, V. I.

1976 Estudios geológicos – paleontológicos en la región Mixteca. Boletín No. 97, Inst, de Geología, UNAM, 160 págs. Lam. y figs.

DUQUE-ESCOBAR, P. AS.

1998 Manual de geología para ingenieros. Macizo Rocoso, Universidad Nacional de Colombia, p. 27.

I.S.R.M.

1978 Suggested methods for quantitative description of discontinuities in rock Masses; *Int. Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts*, Vol. 15, No. 6.

Anexo 1

PERFORACIÓN A DIAMANTE		PROYECTO:	UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA
COORDENADAS:		0626808, 1971577, 1783 m.s.n.m.	POZO NÚMERO: 1 DESCRITO POR: Martín Gómez A.
FECHA:		08-Septiembre-2003	ESCALA: 1:100 VER. Ø NUCLEO: 35 mm LOCALIDAD: ACATLIMA
METROS	LITOLOGÍA	ESTRUCTURAS	DESCRIPCIÓN
0.00		Zona oxidada.	
0.91		Veta de mineral de calcita de 5.00 cm de espesor.	Conglomerado color gris claro a oscuro, en la parte superior presenta color rojo óxido claro producto de los procesos de intemperismo. Contiene fragmentos de caliza de color gris claro a oscuro del tamaño de limos hasta 3 cm en promedio, presentan formas sub-angulosas a sub-redondeadas. Cementados por una matriz arcillosa de color amarillo pálido y fragmentos pequeños de roca caliza.
		Huellas de disolución y poros aproximadamente de 1.00 mm Ø.	Caliza color gris claro a oscuro, con pequeños fragmentos de caliza de forma sub-angulosos a sub-redondeados, en poca proporción. El tamaño máximo es de 5.00 mm.
5.10			Conglomerado color gris claro a oscuro, contiene fragmentos de caliza de color gris claro a oscuro, del tamaño de limos hasta 4 cm en promedio, presentan formas sub-angulosas a sub-redondeadas. Cementadas por una matriz arcillosa de color amarillo pálido y fragmentos pequeños de roca caliza.
5.60			Caliza color gris claro a oscuro, con pequeños fragmentos de caliza de forma sub-angulosos a sub-redondeados, en poca proporción. El tamaño máximo es de 5.00 mm.
6.00		Huellas de disolución y poros aproximadamente de 1.00 mm Ø.	Conglomerado color gris claro a gris oscuro, contiene fragmentos de caliza de tamaños que van desde pocos milímetros hasta 5 cm, muestran aristas sub-angulosas a sub-redondeadas y están cementados por una matriz arcillosa de color amarillo pálido.
6.40			Caliza color gris claro a oscuro, con pequeños fragmentos de caliza de forma sub-angulosos a sub-redondeados, en poca proporción. El tamaño máximo es de 3.00 mm.
7.40		Huellas de disolución y poros aproximadamente de 4.00 y 2 mm de diámetro.	Conglomerado color gris claro a gris oscuro, contiene fragmentos de caliza de tamaños que van desde pocos milímetros hasta 5 cm, muestran aristas sub-angulosas a sub-redondeadas y están cementados por una matriz arcillosa de color amarillo pálido.
7.70			Caliza color gris claro a oscuro, con pequeños fragmentos de caliza de forma sub-angulosos a sub-redondeados, en poca proporción. El tamaño máximo es de 2.00 mm.
		Capa delgada de roca caliza.	
		Fracturas rellenas por minerales de calcita. Contiene fragmentos de caliza hasta de 9 cm. Fracturas rellenas por minerales de sulfuros (pirita).	Conglomerado color gris claro a gris oscuro, contiene fragmentos de caliza de tamaños que van desde pocos milímetros hasta 5 cm, muestran aristas sub-angulosas a sub-redondeadas y están cementados por una matriz arcillosa de color amarillo pálido.
20.00			

