

**TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

**ESTUDIO GEOLÓGICO DE LA CANTERA EL  
MELERO, UBICADA EN EL DISTRITO CRISTOBAL ROJAS,  
MUNICIPIO CHARALLAVE, ESTADO MIRANDA**

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
Para optar al Título de Ingeniero Geólogo  
Por la Br. Corniel Zarramera, Yoxela Del Valle

Caracas, 2010

# **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

## **ESTUDIO GEOLÓGICO DE LA CANTERA EL MELERO, UBICADA EN EL DISTRITO CRISTOBAL ROJAS, MUNICIPIO CHARALLAVE, ESTADO MIRANDA**

**TUTOR ACADÉMICO:** Prof. Carolina Machillanda

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
Para optar al Título de Ingeniero Geólogo  
Por la Br. Corniel Zarramera, Yoxela Del Valle

Caracas, 2010

## DEDICATORIA

.....A mi papi José Corniel, por ser un padre ejemplar que todos los días en este largo camino estuvo pendiente, apoyándome y creyendo en mi.....

.....A mi mami Carmen Amanda Zarramera por darme la vida y estar en mi vida en los momentos que mas necesité....

.....A mi mano Fabricio por enseñarme a entender y vivir una parte de lo que es ser madre...

**“LOS QUIERO”.....**

***Una dedicatoria muy especial para***

***MI ABUELA ANGELA,***

***que aunque no esté físicamente  
con nosotros, se que ha estado  
conmigo en todo momento, para  
brindarme esa paz que me enseñó  
a conseguir en los momentos que  
me sentí mas sola... a ti por  
enseñarme que en la vida siempre  
hay que sonreir y luchar por lo  
que se quiere y jamás rendirse,  
porque nunca es tarde para  
alcanzar y lograr las metas que  
nos hagan FELICES.....***

***“Donde quiera que estés, se que tienes esa sonrisa dulce  
en tu cara que nos lleno siempre a todos de mucha  
alegría”.....***

## AGRADECIMIENTOS

*A Dios.....A los Ángeles....*

*A ilustre Universidad Central de Venezuela*

*A mi tío Ramón por tratarme como una hija y por hacerme las comidas que me gustan y estar pendiente siempre de mí ...*

*A todos mis tíos, tías, primos, primas..... por ser una familia unida que me enseñó los principios y educación que me ayudaron a ser la persona que soy hoy....y que pese a lo que sea, el humor siempre prevalece..*

*A mi amiga Nahirobith, por ser la hermana que nunca tuve y por estar conmigo en las buenas y en las malas...*

*A mi novio por llegar a mi vida en el justo momento y por divertirme siempre, y por compartir conmigo este camino en común..sé que le va a ir muy bien en la vida...*

*A todos mis compañeros de la UCV, en especial a Javi que estuvo conmigo en esta loca travesía, a mi niño William, Maria Jose, Yordi, Marlys, Berni, Dani, Zadi (combo niño aventuras), a Wendy, a la bruja Zoraida, Angelica y Taide.*

*A Mariflor y Rómulo, por recibirme en su casa tantas veces....*

*A la señora Morela, por darme apoyo en muchos momentos...*

*A todos los profesores de la Escuela de Geología, Minas y Geofísica por brindarme los conocimientos que tengo hoy en día...y un particular agradecimiento al profesor Ricardo Alezonz y al profesor Omar Marquez.*

*A las personas de Fábrica Nacional de Cementos, en especial a Carlos Gustavo, Plineo, Eliezer, Oscar, Anita, Damaso, Ronal, Navas, Jose y demás personas de laboratorio físico...GRACIAS..!!!!!!!*

**CORNIEL Z., Yoxela del Valle**

**ESTUDIO GEOLÓGICO DE LA CANTERA EL  
MELERO, UBICADA EN EL DISTRITO CRISTOBAL ROJAS,  
MUNICIPIO CHARALLAVE, ESTADO MIRANDA**

**Tutor Académico: Prof. Carolina Machillanda. Tesis. Caracas, UCV. Facultad de Ingeniería. Escuela de Geología, Minas y Geofísica. 2010. 120p.**

**Palabras claves:** Cordillera de la Costa, Cantera de Mármol, Frente de Explotación, Metamorfismo, Reservas Estimadas, Miranda (estado).

**Resumen.** El principal objetivo de este trabajo, fue realizar un estudio geológico de la cantera El Melero, situada en el Estado Miranda. Se encuentra en un área de 132 hectáreas pertenecientes a la FÁBRICA NACIONAL DE CEMENTO, de las cuales solo 18 hectáreas aproximadamente fueron caracterizadas en éste estudio; ubicada entre las coordenadas UTM (N: 1140800; E: 739500 y N: 1141215; E: 740300), tomándose como referencia el mapa topográfico realizado por FNC en julio de 2009 y la hoja cartográfica 6846-IV-NE del Instituto de Cartografía Nacional Simón Bolívar.

La zona estudiada corresponde principalmente al frente de explotación, el cual se laboreo por el método de minería a cielo abierto. Esta área posee información de subsuelo, con lo cual se pudo realizar cortes geológicos, un modelo geológico y estimación de las reservas utilizadas para la elaboración del cemento, para mezclas y material de agregado. Litológicamente, se caracterizaron rocas pertenecientes a un contexto geológico metamórfico de la Formación Las Mercedes, constituido principalmente por mármol, esquistos calcáreos micáceos, esquistos calcáreos grafitosos y en menor cantidad filitas.

La cantera El Melero posee actualmente 1.481.585,30 Tn, y se estima la vida útil del yacimiento, a un ritmo de producción de 150.000 Tn/año aproximadamente, estaría en el orden de los 4,8 años, tomando en cuenta que este estimado puede variar de acuerdo a los planes de explotación y a los diseños de pit final que apliquen en Fábrica Nacional de Cemento.

Caracas, mayo de 2010

Los abajo firmantes, miembros del jurado designado por el Consejo de Escuela de Geología, Minas y Geofísica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por la Bachiller Yoxela Del Valle Corniel Zarramera, titulado:

**“Estudio geológico de la cantera El Melero, ubicada en el distrito Cristobal Rojas, municipio Charallave, estado Miranda.”**

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Geólogo, y sin que ello signifique que se hacen solidario con las ideas expuestas por el autor, lo declaran APROBADO.

Prof. Ing. Lenin González  
Jurado

Prof. Ing. Omar Márquez  
Jurado

Prof. Ing. Carolina Machillanda  
Tutor Académico

## ÍNDICE

CAPÍTULO 1 .....	¡Error! Marcador no definido.
INTRODUCCIÓN .....	¡Error! Marcador no definido.
1.1. GENERALIDADES .....	¡Error! Marcador no definido.
1.2. OBJETIVO GENERAL.....	¡Error! Marcador no definido.
1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	¡Error! Marcador no definido.
1.4. UBICACIÓN Y ACCESO.....	¡Error! Marcador no definido.
1.5. JUSTIFICACIÓN .....	¡Error! Marcador no definido.
1.6. TRABAJOS PREVIOS.....	¡Error! Marcador no definido.
1.7. ETAPAS Y METODOLOGÍA.....	¡Error! Marcador no definido.
1.7.1. ETAPA COMPILATORIA.....	¡Error! Marcador no definido.
1.7.2. ETAPA DE CAMPO .....	¡Error! Marcador no definido.
1.7.2.1. Levantamiento Geológico .....	¡Error! Marcador no definido.
1.7.2.2. Caracterización del macizo rocoso.....	¡Error! Marcador no definido.
1.7.2.3. Muestreo .....	¡Error! Marcador no definido.
1.7.3. ETAPA DE LABORATORIO.....	¡Error! Marcador no definido.
1.7.3.1. Para la realización de los análisis químicos	¡Error! Marcador no definido.
1.7.3.2. Para los análisis petrográficos .....	¡Error! Marcador no definido.
1.7.3.3. Para el análisis y estimación del porcentaje de reserva de calcita en el yacimiento .....	¡Error! Marcador no definido.
1.7.4. ETAPA DE OFICINA .....	¡Error! Marcador no definido.
CAPÍTULO 2 .....	¡Error! Marcador no definido.
MARCO TEÓRICO.....	¡Error! Marcador no definido.
2.1. CARACTERIZACIÓN DE MACIZOS ROCOSOS ..	¡Error! Marcador no definido.
2.1.1. Meteorización.....	¡Error! Marcador no definido.
2.2. METAMORFISMO .....	¡Error! Marcador no definido.
2.2.1. Metarmofismo regional.....	¡Error! Marcador no definido.

2.2.2. Facies metamórficas.....	¡Error! Marcador no definido.
2.2.3. Facies de alta presión .....	¡Error! Marcador no definido.
2.2.4. Facies de alta temperatura.....	¡Error! Marcador no definido.
2.3. FUNDAMENTOS DE RAYOS X.....	¡Error! Marcador no definido.
2.3.1. Fluorescencia de rayos X por dispersión de energía	¡Error! Marcador no definido.
2.3.2. Análisis de Datos .....	¡Error! Marcador no definido.
2.3.2.1. Métodos Estadísticos Univariantes y Multivariantes.....	¡Error! Marcador no definido.
2.3.2.2. Análisis Exploratorio de los Datos..	¡Error! Marcador no definido.
2.3.2.3. Medidas de Tendencia Central.....	¡Error! Marcador no definido.
2.4. GEOLOGÍA ECONÓMICA.....	¡Error! Marcador no definido.
2.4.1. Yacimiento Geológico .....	¡Error! Marcador no definido.
2.4.2. Yacimiento Minero .....	¡Error! Marcador no definido.
2.4.3. Minería de Superficie.....	¡Error! Marcador no definido.
2.4.4. Minas a Cielo Abierto .....	¡Error! Marcador no definido.
2.4.5. Método de Canteras.....	¡Error! Marcador no definido.
2.4.6. Recursos y Reservas.....	¡Error! Marcador no definido.
2.4.6.1. Mena.....	¡Error! Marcador no definido.
2.4.6.1.1. Reservas Probadas.....	¡Error! Marcador no definido.
2.4.6.1.2. Reservas Probables.....	¡Error! Marcador no definido.
2.4.6.1.3. Reservas Posibles .....	¡Error! Marcador no definido.
2.4.6.3. Cálculo de reservas .....	¡Error! Marcador no definido.
2.5. Método de secciones paralelas o perfiles .....	¡Error! Marcador no definido.
CAPÍTULO 3 .....	¡Error! Marcador no definido.
GEOGRAFÍA FÍSICA.....	¡Error! Marcador no definido.
3.1. GENERALIDADES .....	¡Error! Marcador no definido.
3.2. COMPLEJO ROCOSO METAMÓRFICO .....	¡Error! Marcador no definido.
3.3. CLIMA.....	¡Error! Marcador no definido.
3.4. VEGETACIÓN.....	¡Error! Marcador no definido.
3.5. FAUNA.....	¡Error! Marcador no definido.

3.6. DRENAJE.....	¡Error! Marcador no definido.
CAPÍTULO 4 .....	¡Error! Marcador no definido.
GEOLOGÍA REGIONAL.....	¡Error! Marcador no definido.
4.1. GENERALIDADES .....	¡Error! Marcador no definido.
4.2. NAPA CARACAS .....	¡Error! Marcador no definido.
4.2.1. Esquisto de Las Mercedes .....	¡Error! Marcador no definido.
4.2.2. Esquisto de Chuspita.....	¡Error! Marcador no definido.
4.3. UNIDAD LITOLÓGICA.....	¡Error! Marcador no definido.
4.4. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL .....	¡Error! Marcador no definido.
4.5. GEOLOGÍA HISTÓRICA.....	¡Error! Marcador no definido.
CAPÍTULO 5 .....	¡Error! Marcador no definido.
GEOLOGÍA LOCAL.....	¡Error! Marcador no definido.
5.1. GENERALIDADES .....	¡Error! Marcador no definido.
5.2. UNIDADES LITOLÓGICAS .....	¡Error! Marcador no definido.
5.2.1. Unidad de filitas (F) .....	¡Error! Marcador no definido.
5.2.2. Unidad de Esquistos Calcáreos Micáceos (ECM) ..	¡Error! Marcador no definido.
5.2.3. Unidad de Esquistos Calcáreos Grafíticos (ECG)..	¡Error! Marcador no definido.
5.2.4. Unidad de Mármoles (M).....	¡Error! Marcador no definido.
5.3. FOLIACIÓN .....	¡Error! Marcador no definido.
5.4. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL .....	¡Error! Marcador no definido.
5.5. ANÁLISIS PETROGRÁFICOS .....	¡Error! Marcador no definido.
5.5.1. Muestra MMe 13.....	¡Error! Marcador no definido.
5.5.2. Muestra MMe 16.....	¡Error! Marcador no definido.
5.5.4. Muestra MMe 29.....	¡Error! Marcador no definido.
5.5.5. Muestra MMe 28.....	¡Error! Marcador no definido.
5.5.6. Muestra MMe 26.....	¡Error! Marcador no definido.
5.5.7. Muestra MMe 17.....	¡Error! Marcador no definido.
5.5.8. Muestra MMe 27.....	¡Error! Marcador no definido.
5.6. METAMORFISMO .....	¡Error! Marcador no definido.
5.7. ENSAYOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS	¡Error! Marcador no definido.

5.7.1. ANÁLISIS QUÍMICOS DE LOS DATOS DE LAS PERFORACIONES .....	¡Error! Marcador no definido.
Perfil #1. P-1M.....	¡Error! Marcador no definido.
Perfil #2. P-2M.....	¡Error! Marcador no definido.
Perfil #3. P-3M.....	¡Error! Marcador no definido.
Perfil #4. P-4M.....	¡Error! Marcador no definido.
Perfil #5. P-5M.....	¡Error! Marcador no definido.
Perfil #6. P-6M.....	¡Error! Marcador no definido.
Perfil #7. P-7M.....	¡Error! Marcador no definido.
Perfil #8. P-8M.....	¡Error! Marcador no definido.
Perfil #9. P-9M.....	¡Error! Marcador no definido.
Perfil #10. P-10M.....	¡Error! Marcador no definido.
CAPÍTULO 6.....	¡Error! Marcador no definido.
GEOLOGÍA DE YACIMIENTOS .....	¡Error! Marcador no definido.
6.1. GENERALIDADES .....	¡Error! Marcador no definido.
6.2. CRITERIOS PARA DEFINIR EL YACIMIENTO ..	¡Error! Marcador no definido.
6.3. RESERVAS .....	¡Error! Marcador no definido.
6.3.1. Reservas probadas.....	¡Error! Marcador no definido.
6.3.2. Reservas probables.....	¡Error! Marcador no definido.
6.4. ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DEL YACIMIENTO .....	¡Error! Marcador no definido.
CAPÍTULO 7.....	¡Error! Marcador no definido.
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	¡Error! Marcador no definido.
RECOMENDACIONES .....	¡Error! Marcador no definido.
CAPÍTULO 8.....	¡Error! Marcador no definido.
BIBLIOGRAFÍA .....	¡Error! Marcador no definido.
CAPÍTULO 9.....	121
ANEXOS.....	121

## INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

- Figura # 1. Ubicación y acceso del área de estudio. .... **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura # 2. Representación de los niveles de la cantera..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla # 1. Terminología relacionada con la persistencia... **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura # 3. Denominación de las muestras. .. **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura # 4. Muestra triturada..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura # 5. Discos Pulverizadores..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura # 6. Máquina Rotatoria. .... **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura # 7. Prensa Herzog. .... **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura # 8. Pastillas prensadas. .... **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura # 9. Espectrómetro XRF Oxford IB-LABX3000. **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura # 10. Secciones finas..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla # 2. Terminología relacionada con el grado de meteorización del macizo rocoso..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura # 11. Facies Metamórficas. .... **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura # 12. Imagen de minería a cielo abierto..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura # 13. Cantera de Caliza..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura # 14. Representación del método de perfiles. .... **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura # 15. Relieve visto de satélite de la zona de estudio..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura # 16. Relieve de la zona de estudio.... **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura # 17. Vegetación del área de estudio. **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura # 18. Drenajes cercanos al área de estudio. .... **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura # 19. Mapa geológico estructural de Venezuela. **¡Error! Marcador no definido.**

- Figura # 20. Ubicación de la Formación Las Mercedes..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura # 21. Esquisto-calcáreo-micáceo ..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura # 22. Esquisto-grafitoso-calcáreo. .... **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura # 23. Filitas observadas en el área de estudio. ... **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura # 24. Sistema de Fallas Cuaternarias de Venezuela. Zona Central...54
- Figura # 25. Frente de explotación..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura # 26. Afloramiento de filitas observadas en el nivel 670 ..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura # 27. Afloramiento de filita observado en el nivel 590 ..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura # 28. Afloramiento de esquistos calcáreos micáceos del nivel 610. .... **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura # 30. Afloramiento de Esquisto calcáreo grafitoso del Nivel 570. .... **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura # 31. Afloramiento de Mármol.. ..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura # 29. Afloramiento de esquistos calcáreos micáceos observado en el nivel 680.....63
- Figura # 33. Meteorización Cárstica en el área de los mármoles..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura # 34. Cristales de cuarzo embebidos en mármol. ... **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura # 35. Afloramiento de mármoles en lentes delgadas del nivel 570. .... **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura # 36. Afloramiento de Mármol observado en el nivel 610. .... **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura # 37. Mármoles masivos de la zona noroeste del área de estudio. .... **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura # 38. Foliación representativa del área de estudio.. **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura # 39. Foliación presente en la zona norte. .... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura # 40. Panorámica del frente de explotación con la representación de la estructura. .... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura # 41. Estrías de falla con orientación N30-40W **¡Error! Marcador no definido.**

Figura # 42. Plegamiento observado en el extremo norte del frente .... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura # 43. Planos de diaclasas en el área de los mármoles. .... **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla # 3. Muestras de secciones petrográficas. .... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura # 44. Ubicación de las muestras en el área de estudio. .... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura # 45. Foto de sección petrográfica MMe13. .... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura # 46. Foto de sección petrográfica MMe16. .... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura # 47. Foto de sección petrográfica MMe14. .... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura # 48. Foto de sección petrográfica MMe29. .... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura # 49. Foto de sección petrográfica MMe28. .... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura # 50. Foto de sección petrográfica MMe26. .... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura # 51. Foto de sección petrográfica MMe17. .... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura # 52. Foto de sección petrográfica MMe27. .... **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla # 4. Ensayos químicos realizados a muestras colectadas en el frente de explotación 2009. .... **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla # 4. Datos de las perforaciones. .... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura # 53. Ubicación de las perforaciones en el área de estudio. .... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura # 54. Distribución de las perforaciones. .... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura # 55. Distribución de las perforaciones en profundidad. .... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura # 56. Columna litológica del pozo P-1M y perfiles de distribución de concentraciones ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura # 57. Columna litológica del pozo P-2M y perfiles de distribución de concentración ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura # 58. Columna litológica del pozo P-3M y perfiles de distribución de concentración ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura # 59. Columna litológica del pozo P-4M y perfiles de distribución de concentración ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura # 60. Columna litológica del pozo P-5M y perfiles de distribución de concentración ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura # 61. Columna litológica del pozo P-6M y perfiles de distribución de concentración ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura # 62. Columna litológica del pozo P-7M y perfiles de distribución de concentración ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura # 63. Columna litológica del pozo P-8M y perfiles de distribución de concentración ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura # 64. Columna litológica del pozo P-9M y perfiles de distribución de concentración ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura # 65. Columna litológica del pozo P-10M y perfiles de distribución de concentración ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla # 5. Tipos químicos y litológicos. .... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura # 66. Área con material económicamente rentable en la cantera. .... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura # 67. Área con ECM Y ECG. .... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura # 68. Líneas de secciones geológicas. **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla # 6. Área estimada de mármol para cada sección. ... **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla # 7. Estimación del volumen de reservas del tipo litológico (M) de en el frente explotación. .... **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla # 8. Área medida del tipo litológico 3 (ECM) en cada sección. . **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla # 9. Estimación del volumen de reservas del tipo litológico 3 (ECM) en el de explotación. .... **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla # 10. Volumen total de reservas estimadas. .... **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla # 11. Volumen extraído desde inicios de la explotación..... **¡Error! Marcador no definido.**

## ANEXOS

Anexo # 1. Tabla de descripción petrográfica y muestra de mano de MMe13.

Anexo # 2. Tabla de descripción petrográfica y muestra de mano de MMe14.

Anexo # 3. Tabla de descripción petrográfica y muestra de mano de MMe16.

Anexo # 4. Tabla de descripción petrográfica y muestra de mano de MMe29.

Anexo # 5. Tabla de descripción petrográfica y muestra de mano de MMe28.

Anexo # 6. Tabla de descripción petrográfica y muestra de mano de MMe26.

Anexo # 7. Tabla de descripción petrográfica y muestra de mano de MMe17.

Anexo # 8. Tabla de descripción petrográfica y muestra de mano de MMe27.

Anexo # 9. Tablas de resultados de ensayos químicos de los núcleos de perforación de P-1M, P-2M, P-3M, P-4M, P-5M, P-6M, P-7M, P-8M, P-9M y P-10M del año 1997.

Anexo # 10. Tablas de promedio y desviación estándar para las concentraciones de  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , de los ensayos químicos de los núcleos de perforación del año 1997.

Anexo # 11. Mapa en 3D con perforaciones de la cantera.

Anexo # 12. Ubicación geográfica de las perforaciones.

Anexo # 13. Plano con ubicación de las perforaciones en el yacimiento.

Anexo # 14. Modelo geológico del yacimiento.

Anexo # 15. Corte geológico (Sección A1).

Anexo # 16. Corte geológico (Sección A2).

Anexo # 17. Corte geológico (Sección A3).

Anexo # 18. Corte geológico (Sección A4).

Anexo # 22. Plano topográfico con ubicación de muestras.

Anexo # 23. Mapa geológico del área de estudio.

## CAPÍTULO 1

### INTRODUCCIÓN

#### *1.1. GENERALIDADES*

La Fábrica Nacional de Cementos desde 1970, en su empeño por poseer reservas con excelente calidad en cuanto a los componentes principales de las calizas utilizadas en la fabricación de cementos, se encontró en la necesidad de buscar espacios donde existiese caliza con un contenido elevado de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), debido a que su cantera principal, la cual surtía para ese entonces a la Planta de este tipo de materia prima, se encontraba en sus años finales de explotación por agotamiento de los recursos, lo cual produciría a futuro un déficit de este tipo de material en Planta.

Por este motivo, se inicia la búsqueda de nuevos terrenos, consiguiendo así la apertura de negociaciones con la empresa Asfaltos Tocarón, la cual se encontraba en posesión de la cantera San Bernardo, produciendo piedra para la fabricación de asfalto, y abandonada por las dificultades económicas de la empresa por el bajo índice de ventas de este producto.

Es en enero del año 2001 cuando la Fábrica Nacional de Cementos adquiere la cantera El Melero, logrando asegurar con ello, materia prima de excelente calidad para su uso en el proceso de fabricación de cementos.

La Cantera Melero es uno de los centros de explotación de caliza que actualmente desarrolla la empresa F.N.C, para satisfacer las necesidades de materia prima calcárea de la Planta de Ocumare del Tuy.

La planta de FNC de Ocumare fue construida en 1970 y luego de una reciente modernización y ampliación, alcanza una producción anual de aproximadamente 1.200.000 toneladas de cemento.

Esta planta como tal, es responsable de cubrir las necesidades de cemento a granel y en sacos, principalmente de la región central del país, incluyendo los Valles del Tuy y la capital de la república.

Actualmente, es necesario realizar un estudio geológico con el cual se organicen las actividades en la cantera El Melero, para establecer una geología y minería compatible con el medio ambiente y mejorar la calidad de explotación del yacimiento para fines económicos de la Fábrica Nacional de Cementos (FNC).

### ***1.2. OBJETIVO GENERAL***

Realizar un estudio geológico de la cantera El Melero, ubicado en el Distrito Cristóbal Rojas del estado Miranda.

### ***1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS***

- ✓ Compilar información bibliográfica (estudios previos, regionales o puntuales), así como la fisiografía de la zona de estudio.
- ✓ Realizar el levantamiento geológico de la cantera.
- ✓ Colectar muestras de las distintas litologías encontradas en la cantera, con el fin de caracterizar mejor el área de estudio.
- ✓ Realizar ensayos y análisis químico mediante fluorescencia de rayos X, para determinar la concentración de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , de cada una de las muestras colectadas en el frente de explotación.

- ✓ Realizar análisis petrográfico a las muestras colectadas, con los cuales se determinará la variedad de minerales que indiquen el tipo de roca existente.
- ✓ Elaborar perfiles de concentración de calcita, para estudiar la variación del  $\text{CaCO}_3$  en los datos arrojados por las campañas de perforación de los años 1994-1997.
- ✓ Realizar perfiles geológicos de la zona de estudio, para observar el comportamiento en subsuelo de las distintas litologías estudiadas.
- ✓ Elaborar un mapa geológico.
- ✓ Estimar el volumen de las reservas del yacimiento.
- ✓ Analizar la correspondencia de la geología estudiada en campo, con la geología bibliográfica de la zona.
- ✓ Elaborar el informe final.

#### ***1.4. UBICACIÓN Y ACCESO***

El área en estudio está ubicada en el municipio Cristóbal Rojas del estado Miranda, aproximadamente a 6,5 km al norte de la población de Charallave.

Su acceso se logra a través de carretera desde la autopista regional del centro, vía Occidente, en la salida del aeropuerto Caracas, por un recorrido de aproximadamente 10 km, aledaño al complejo urbanístico Valles de Chara y al aeropuerto Caracas.

La cantera está localizada en terrenos pertenecientes a la empresa Fábrica Nacional de Cementos; sin embargo, hacia el extremo sur, comparte el yacimiento con la propiedad del Sr. Fernando Perera.

El área perteneciente a FNC, alcanza unas 135 hectáreas; sin embargo el área en explotación propiamente dicha de la cantera, abarca un área más restringida, cercana a las 18 hectáreas.

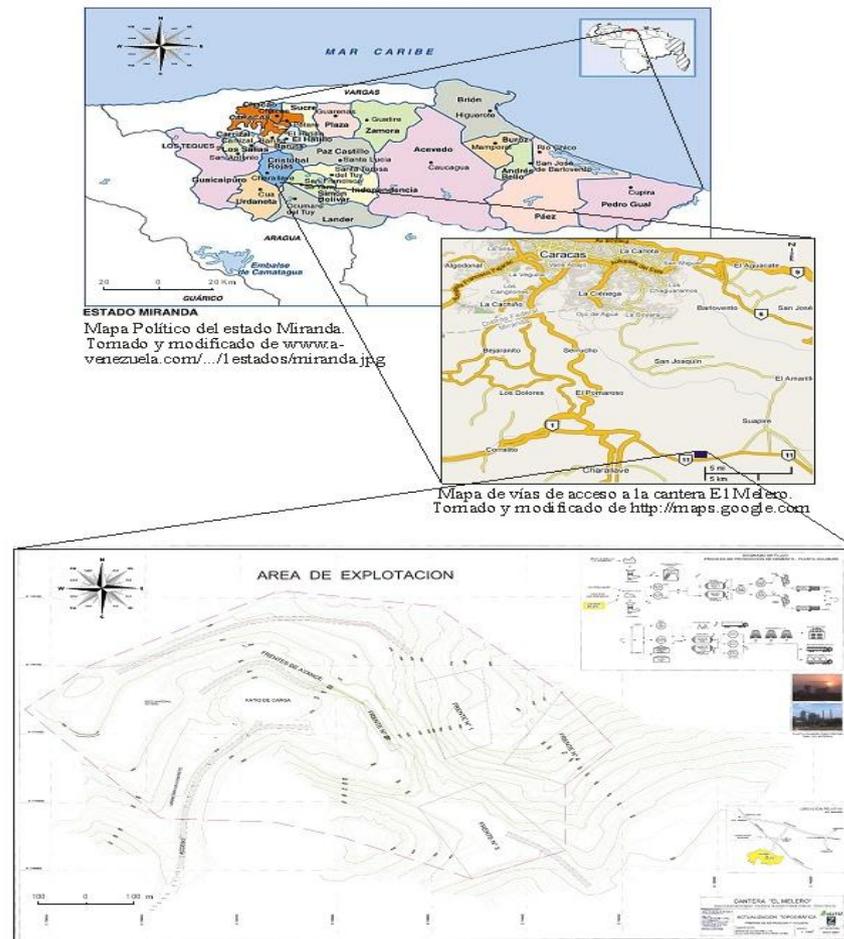
Se encuentra ubicado entre las coordenadas UTM:

N: 1140800

E: 739500

N: 1141215

E: 740300



Área de explotación. Tomado de FNC.

Figura # 1. Ubicación y acceso del área de estudio.

### ***1.5. JUSTIFICACIÓN***

La cantera de caliza El Melero fue adquirida por la Fábrica Nacional de Cementos para aumentar sus reservas de roca caliza de alto contenido de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), con el propósito de asegurar la vida a largo plazo de la Planta de Cemento en Ocumare del Tuy.

El motivo por el cual se llevará a cabo el estudio en la cantera El Melero, es porque ésta no tiene estudios geológicos actualizados, con los que se pueda optimizar el aprovechamiento de las reservas que posee la cantera, para determinar el volumen actual del yacimiento y su vida útil.

El estudio geológico debe establecer las condiciones óptimas de estudio de la cantera, para hacer un levantamiento adecuado que permita obtener datos suficientes para describir, delimitar el volumen geológico y generar un modelo de la cantera, los cuales podrán ser aprovechados en futuros planes de explotación minera. El estudio está orientado a la explotación de la roca mas optima para la elaboración del cemento.

En efecto, ahora interesa hacer estudios que permitan asegurar un alto contenido de carbonato de calcio, y correlacionar con otros yacimientos pertenecientes a la empresa.

Por estas razones es necesario realizar el estudio geológico y actualización de datos geológicos, a fin de agilizar y orientar las labores de extracción y producción de caliza, para establecer el marco de referencia de los futuros trabajos que se llevarán a cabo en la cantera El Melero.

### **1.6. TRABAJOS PREVIOS**

- ✓ AGUERREVERE & ZULOAGA. (1937-1938). Estudiaron la geología de la serranía de la Costa, y establecieron la primera correlación estratigráfica y dieron nombres a las unidades aflorantes. Hicieron el primer estudio sistemático de la Cordillera de la Costa, donde se introdujo la nomenclatura que sirvió de base para estudios posteriores, algunos válidos hoy en día, como la primera referencia a lo que se conoce actualmente como Esquisto de Las Mercedes. Sus conceptos sobre la estructura y estratigrafía de la región fueron bastante correctas.
  
- ✓ VELARDE. (1954). Realizó un estudio geológico de las canteras de Carapita al noreste Antímano Distrito Capital. Concluyó que la zona estaba compuesta esencialmente de rocas metasedimentarias formadas por esquistos micáceos-calcáreos, calizas cristalinas y esquistos cuarzo-micáceos, del precretáceo o cretáceo y que la estructura principal de la zona es un anticlinal simétrico.
  
- ✓ AUDEMARD. (1984). Estudia la cuenca intramontana del Tuy la cual constituye una de las unidades deprimidas de mayor interés de la Cordillera de la Costa. Señala la existencia de deformaciones neotectónicas sin y post-sedimentarias a las unidades sedimentarias, que se ubican preferencialmente en los márgenes de la cuenca; estos están constituidos por fallas que indican el origen tectónico de esta depresión. Deducen la existencia de por lo menos dos fases de deformación del análisis microtectónico realizado en 24 estaciones.

- ✓ VILLENA & ABREU. (1985). Trabajaron en un plan de explotación de la cantera El Melero, el cual consistió en diseñar la explotación más favorable para la extracción de caliza; donde se produciría también piedra picada como agregado del concreto. Los resultados obtenidos en la evaluación de las reservas revelaron un volumen total de 6.044.597 m<sup>3</sup>. La vida útil de la cantera ha sido determinada en 28 años, para una producción de 1.500 m<sup>3</sup>/día. Concluyeron que el proyecto era rentable de acuerdo con el análisis económico efectuado.
  
- ✓ ALCAINO A. (1995- 1997). Trabajó en la geología de las canteras Las Casitas y El Peñón de El Melero, respectivamente, y determinó que los valores químicos de las calizas de la zona provenientes de los núcleos, producto de dos campañas de perforación, eran óptimos para la explotación y por ende importantes para la producción de cemento de F.N.C, y que las reservas comprendían aproximadamente para 20 años de explotación.
  
- ✓ FÁBRICA NACIONAL DE CEMENTOS. (1998). Emprendió un proceso de exploración y análisis de las canteras con mayor potencial de yacimiento, entre las cuales se encuentran las canteras San Bernardo, El Melero y Mume. Concluyeron que San Bernardo posee mayor tenor que las otras dos.
  
- ✓ GEOCONSULTA C.A. (1999-2001). Realiza la revisión geológica de superficie, descripción de los núcleos de perforación y reevaluación de los resultados químicos, con miras a una actualización de la información litológica, química y la delimitación geográfica del yacimiento.

---

Concluyendo que la cantera El Melero no posee un tenor tan alto para la elaboración de cemento, sino para material de concreto y agregado.

- ✓ GEOCONSULTA C.A. (2.001). Realizó un plan de explotación minera en la cantera el Melero, llevado a cabo por la Fábrica Nacional de Cementos, con el propósito de extraer material para la elaboración del cemento y agregados para usos geotécnicos.
  
- ✓ GONZÁLEZ & SÁNCHEZ (2001). Caracterización química y radiométrica de dos secciones estratigráficas pertenecientes a la Formación La Luna (sección La Ortiza y Las Delicias). Realizan además un ensayo de correlación entre dichas secciones, encontrando que ambas presentan muchas diferencias entre sí como para ser comparadas.
  
- ✓ SAYA. (2001). Elaboró un plan de explotación de la cantera San Bernardo, donde realizó la planificación de las operaciones mineras a realizar, para un período de cinco años contados a partir del año 2002. Se determinaron los costos operativos del yacimiento a partir de datos referenciales de operación de otras canteras pertenecientes a la Fábrica Nacional de Cementos, los cuales quedaron dentro del rango rentable establecido de explotación.
  
- ✓ ÁLVAREZ. (2006). Elaboró un Plan de explotación minero de la cantera Yaracuy, para extraer caliza como agregado para la construcción, balasto de ferrocarril y obras civiles en general. total de recursos medidos por geología superficial evaluados mediante el método de secciones, de piso y

---

compuesto arrojó un volumen de 22.418.509 m<sup>3</sup>, probables en 400 has, de los cuales se tomo un sector explotable por condiciones topográficas favorables y linderos del terreno de 10,5 hasta que proyectó un valor de reservas de 383.969 m<sup>3</sup>. Estimó una vida útil de la cantera de 2 años para este sector, con un rendimiento de producción de 15.000 m<sup>3</sup>/mes, dejando para estudios posteriores los afloramientos restantes.

## ***1.7. ETAPAS Y METODOLOGÍA***

Para la realización de éste trabajo se ejecutarán tres etapas básicas, las cuales han sido catalogadas como: Etapa compilatoria, de campo, de laboratorio y oficina.

### ***1.7.1. ETAPA COMPILATORIA***

En esta etapa se hizo una recopilación y síntesis de la información geológica (publicada o inédita) contenida en: Informes inéditos, Trabajos Especiales de Grado de geología y minería y planes exploratorios mineros en la zona, mapas regionales, informes geológicos que incluyen mapas geológicos y perfiles geológicos, planos topográficos de la cantera, así como también hojas topográficas a escala 1:1.000. Tomados de archivos de Fábrica Nacional de Cementos, Biblioteca de la Escuela de Geología, Minas y Geofísica y del Instituto de Cartografía Nacional Simón Bolívar.

### ***1.7.2. ETAPA DE CAMPO***

La etapa de campo consistió principalmente en la verificación de la información recopilada en la etapa compilatoria, por medio de un levantamiento

geológico, tomando en cuenta las características litológicas, colectando muestras de la roca y ubicando áreas de coincidencias y discrepancias, grado de deformación y la continuidad de estas deformaciones en el área de estudio.

### ***1.7.2.1. Levantamiento Geológico***

La cantera El Melero está dispuesta topográficamente en niveles, bancos o terrazas, la cuales van desde una cota más baja de 570m, hasta una cota más alta de 690m, cada nivel aproximadamente con una longitud de 100m y una altura entre ellas de 10m.

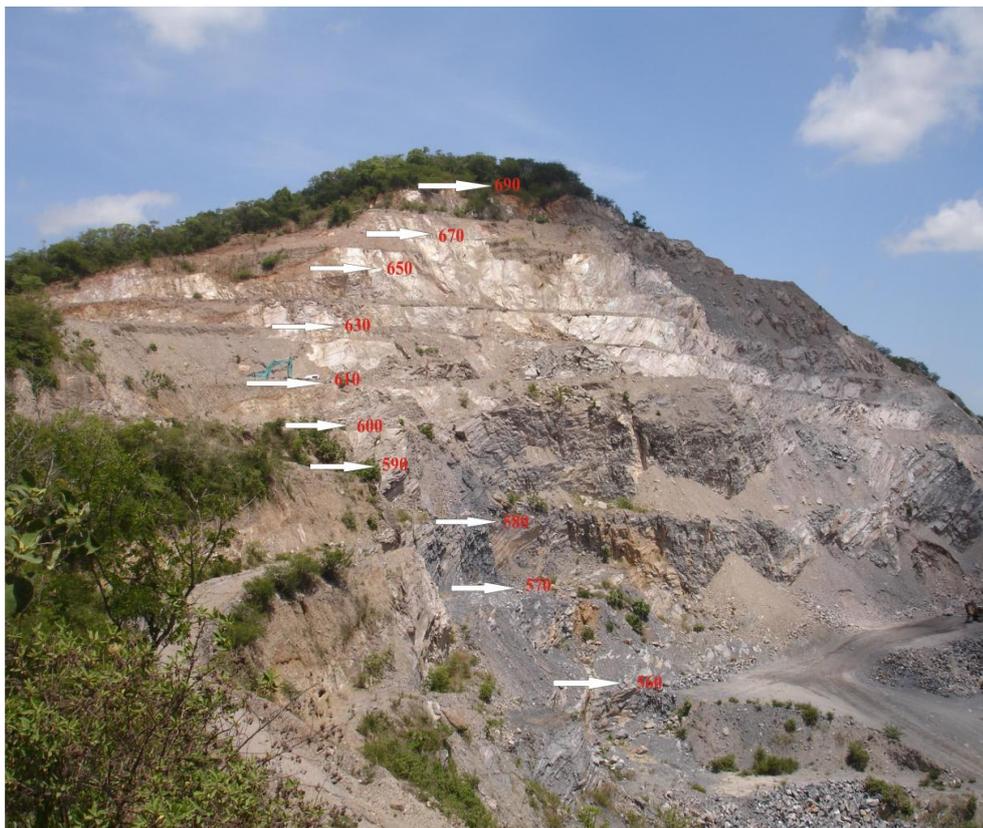


Figura # 2. Representación de los niveles de la cantera.

Los materiales que se emplearon para la realizar el levantamiento fueron los siguientes:

- ✓ Martillo geológico o piqueta.
- ✓ Solución de ácido clorhídrico (HCl) al 10%.
- ✓ Brújula con clinómetro.
- ✓ Cinta métrica de 50 m.
- ✓ Tirro, lápices, marcadores y bolsas plásticas.
- ✓ Libreta de campo.
- ✓ Cámara fotográfica.
- ✓ Plano topográfico del área en estudio.
- ✓ Equipo de Sistema de Posicionamiento Global o GPS.

El levantamiento geológico de la cantera El Melero se realizó desde la cota más alta, tomando las coordenadas posicionales con GPS las cuales sirvieron para delimitar el yacimiento, en cada extremo del nivel; los puntos medios se tomaron con poligonales independientemente norte a sur o viceversa, haciendo énfasis en los lugares donde se observó alguna litología distinta.

#### ***1.7.2.2. Caracterización del macizo rocoso***

La descripción y caracterización de macizos rocosos se llevó a cabo mediante la descripción general de las condiciones del yacimiento, identificando y clasificando los materiales que componen al macizo.

Para la descripción general del macizo rocoso se tomó en cuenta el grado de meteorización presente en el área de estudio, siguiendo los criterios utilizados por el ISRM, 1981.

- ✓ Se realizó la descripción y medición (rumbo y buzamiento) de elementos estructurales planos como foliación y diaclasas, determinando las características geométricas y grado de deformación.
- Foliación: se midieron los planos de foliación a casi el 50% de las rocas del área de estudio.
  - Diaclasas: se midieron los planos y se agruparon en familias (cuando son paralelas entre sí) y se determinó la persistencia de éstas, mediante el siguiente criterio:

Tabla # 1. Terminología relacionada con la persistencia de las discontinuidades (Modificada de ISRM 1981)

DESCRIPCIÓN	PERSISTENCIA
Muy persistente	<1 m
Baja persistencia	1-3 m
Persistencia media	3-10 m
Alta persistencia	10-20 m
Muy alta persistencia	>20 m

### ***1.7.2.3. Muestreo***

#### ***Criterios de selección de muestras***

Las condiciones que se tomaron en cuenta para seleccionar las muestras en el levantamiento geológico, están basadas específicamente en las características visibles en la cantera. Algunos criterios consistieron en:

- Tipo de litología.
- Tamaño de la muestra.
- Dureza de las rocas.
- Simbología para clasificar las muestras.
- Descripción de los planos de foliación, diaclasas y pliegues presentes.

#### ***Método de muestreo utilizado***

- ✓ Para coleccionar las muestras de rocas ricas en  $\text{CaCO}_3$ , se partió en superficie un trozo de roca de aproximadamente 10x10cm, un poco más grande que el tamaño de un puño promedio, ya que se necesitaba muestra suficiente para realizar tanto los ensayos químicos como las petrografías, tomando en cuenta que la muestra en todos los casos estuviese lo más fresca posible.
- ✓ En cuanto a la denominación de las muestras, se utilizó para este caso MMe, donde: M= muestra, Me= Melero, seguido de una numeración la cual indica el número de la muestra, por ejemplo MMe22. Adicionalmente se le colocó otra denominación con la letra N indicativa del nivel donde

fue colectada la muestra, seguida de tres números los cuales indicaban la altura del nivel, por ejemplo N-570.



Figura # 3. Denominación de las muestras.

### ***1.7.3. ETAPA DE LABORATORIO***

En ésta etapa se realizó, en primer lugar ,el análisis químico y en segundo lugar el análisis petrográfico de las muestras colectadas en la etapa de campo, todo esto para caracterizar y determinar cuantitativamente el porcentaje de minerales contenidos en la roca, y luego agruparlas de acuerdo a su contenido mineral y determinar la variabilidad horizontal y vertical y poder cuantificar las reservas del yacimiento.

#### ***1.7.3.1. Para la realización de los análisis químicos***

Se seleccionaron las muestras de mano colectadas en campo, entre las cuales se escogieron las 30 más representativas. Éstos ensayos químicos se elaboraron en la Planta de Ocumare del Tuy de FNC (Fábrica Nacional de Cementos), siguiendo las normas utilizadas por la empresa, de la siguiente manera:

- ✓ Se tomó un trozo de muestra fresca de 5x5 cm y se introdujo en la trituradora de mandíbula G-SIST, con la se obtuvo un tamaño de grano de 5mm y aproximadamente 350 g de los que se tomaron 200 g y se colocaron en un pulverizador Bico Braun UA, para obtener un tamaño de grano no menor a 0,0625 mm.
- ✓ Luego se tomaron 150 g de la muestra y se colocaron en un horno a 80° - 100° por 24 horas, con el propósito de sacar toda la humedad, para hacer más eficiente el próximo pulverizado.



Figura # 4.Muestra triturada.

- ✓ Se procedió a colocar la muestra en un equipo de molienda HERZOG, para obtener un tamaño de grano de 7,56 micras, usando morteros de carburo de Tungsteno de diámetro 17 x 4cm de profundidad con anillos y disco de 7x12x4cm. Para hacer este proceso de pulverización se procedió de la siguiente manera:
  - Se descontaminaron los equipos de molienda (discos y anillos), con alcohol isopropílico y se secan con aire a presión.

- Se colocan 20 gr de la muestra de roca pulverizada y seca, en los discos pulverizadores.



Figura # 5. Discos Pulverizadores

- Se añaden dos gotas de Trietanolamina a la muestra, para evitar que se adhiera a las paredes de los discos y anillos.
- Se muele durante 200 seg.



Figura # 6. Máquina Rotatoria.

- ✓ En un vaso aforado se colocaron 20 gr de la muestra con 1gr de cera “C” micro-molida, para obtener una mejor compactación. Esta mezcla se coloca dentro del cilindro de la prensa HERZOG previamente limpio, donde se compacta a una presión de 400 KN, para obtener finalmente la pastilla prensada de la muestra.



Figura # 7. Prensa Herzog.



Figura # 8. Pastillas prensadas.

- ✓ La pastilla prensada se colocó en el espectrómetro XRF Oxford IB-LABX3000 de sobremesa, el cual incluye la medida rápida de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  y  $\text{MgO}_2$ , controlado por microprocesador interno.



Figura # 9. Espectrómetro XRF Oxford IB-LABX3000.

### *Para los análisis petrográficos*

Se elaboraron 8 secciones finas de las muestras de mano más representativas del yacimiento.

- ✓ Consistió en colocar cada sección fina en microscópios tanto ocular como binocular de luz polarizada.

- 
- ✓ Se determinó para cada una de las 8 muestras, la composición mineralógica de la roca, facie y subfacie y tipo de metamorfismo.



Figura # 10. Secciones finas.

### ***1.7.3.2. Para el análisis de concentración de reserva de calcita en el yacimiento.***

A partir de los datos obtenidos de Fábrica Nacional de Cemento, sobre las campañas de perforación realizadas en los años 1994 y 1997, se realizaron 10 perfiles de concentración con las respectivas columnas litológicas, en las cuales se expresa principalmente la concentración y la variabilidad de la calcita (en profundidad) y otras concentraciones importantes como de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaCO}_3$  y  $\text{MgO}$  del yacimiento El Melero.

En particular, hay que indicar que este estudio se realizó con el apoyo del software RockWorks, el cual ejemplifica de una manera sencilla los aspectos que se quieren analizar en este caso.

- ✓ Se realizaron 10 columnas litológicas y perfiles de concentración de la campaña de perforación del año 1997 con el fin de analizar la tendencia vertical del  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{SiO}_2$  y  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , ya que son los

componentes mayoritarios en los análisis químicos de los núcleos de las perforaciones.

- ✓ Para efectos de estimación de reserva, solo se tomó en cuenta la cantidad de material económicamente rentable (Mármol) y el material para mezclas (Esquisto Calcáreo Micáceo).
- ✓ Se usó el método de cálculo de reserva de secciones paralelas con las cuales se generó un volumen estimado en  $\text{m}^3$  y mediante un factor de conversión para material calcáreo, se transformaron de  $\text{m}^3$  a toneladas.
- ✓ Finalmente, se estimó el volumen de reservas actuales y la vida útil del yacimiento.

#### **1.7.4. ETAPA DE OFICINA**

Esta etapa corresponde a la fase final del presente trabajo, en la cual se procedió a :

- ✓ Elaboración de cortes geológicos y mapa geológico con los aspectos estructurales y litológicos compilados en la etapa de campo y con los datos obtenidos en la etapa de laboratorio.

- 
- ✓ Se elaboraron la mayoría de los mapas, perfiles, estereografías y mapas 2D y 3D, con el apoyo de software tales como “Rockworks”, “Autocad”, “Coreldraw” y “LandEsktop Microsolf”, los cuales son herramientas muy útiles para el geólogo.
  
  - ✓ Se generaron tablas, cuadros y figuras en Excel, que permitieron manejar la información obtenida durante el desarrollo de éste trabajo. (Puntos de GPS para delimitar el área de estudio, descripción de secciones finas, resultados de los ensayos químicos, media y desviación estándar de las muestras y datos de las mediciones de las estructuras planas como diaclasas y pliegues.
  
  - ✓ Se realizaron los análisis de todos los ensayos realizados en la etapa de laboratorio con el fin de obtener suficiente información, para generar resultados más exactos.



## CAPÍTULO 2

### MARCO TEÓRICO

#### *2.1. CARACTERIZACIÓN DE MACIZOS ROCOSOS*

Esta es una tarea de observación, mediciones y ensayos para obtener parámetros cuantitativos útiles al diseño ingenieril. Este proceso además se desarrolla a lo largo de todas las etapas del desarrollo del proyecto, desde el diseño hasta su construcción y operación.

Según la fase de diseño se requiere establecer un nivel mínimo de caracterización. El primero es con base en observaciones geológicas, el segundo nivel exige prospecciones geofísicas y el nivel final perforaciones exploratorias, medidas y ensayos geotécnicos. (VALLEJO, 2004).

Las rocas metamórficas se caracterizan por una resistencia medio alta, su ortotropía, tenacidad, textura entrabada y baja porosidad. Hay rigidez en el sentido paralelo y plasticidad en el perpendicular, con relación a los planos de clivaje. Las rocas metamórficas resultan elásticas por la cristalización de la masa. Son densas por el empaquetamiento. Si hay minerales laminados hay debilidad. Si hay esquistosidad hay zonas de debilidad. Los gneises son como los granitos aunque el bandeamiento les da debilidad. (VALLEJO, 2004).

##### *2.1.1. Meteorización*

La meteorización cambia las características de las rocas, modificando sus propiedades (porosidad, permeabilidad, resistencia), factores (mineralogía, textura

y estructura), influyendo el tiempo de exposición de la roca. El siguiente cuadro muestra los términos para describir el grado de meteorización de la roca.

Tabla # 2. Terminología relacionada con el grado de meteorización del macizo rocoso (Modificada de ISRM 1981)

<b>Término</b>	<b>Descripción</b>	<b>Grado</b>
<b>Fresco</b>	No hay señales visibles de meteorización. Si acaso una tenue decoloración en superficies de discontinuidades más desarrolladas	<b>I</b>
<b>Levemente Meteorizado</b>	Decoloración que indica meteorización de las rocas intacta y superficies de discontinuidad. Las roca puede estar algo más débil externamente, que en condición fresca.	<b>II</b>
<b>Medianamente Meteorizado</b>	Menos de la mitad de la roca se encuentra descompuesta y/o desintegrada. La roca puede presentarse fresca o descolorada como un enrejado discontinuo o en forma de pedazos individuales.	<b>III</b>
<b>Altamente Meteorizado</b>	Más de la mitad de la roca se encuentra descompuesta y/o desintegrada a suelo.	<b>IV</b>
<b>Completamente Meteorizado</b>	Todo el material rocoso está descompuesto y/o desintegrado. La estructura del macizo original está prácticamente intacto.	<b>V</b>
<b>Suelo Residual</b>	Todo el material rocoso está descompuesto o desintegrado a suelo. La estructura del macizo original y su textura ha sido destruida. Hay un cambio de volumen pero el suelo no ha sido transportado.	<b>VI</b>

## ***2.2. METAMORFISMO***

Es un proceso que provoca cambios en la mineralogía, textura y, a menudo, la composición química de las rocas. El metamorfismo tiene lugar cuando las rocas se someten a un ambiente físico o químico significativamente diferente al de su formación original. Se trata de cambios en la temperatura y presión (esfuerzo) y la introducción de fluidos químicamente activos.

El metamorfismo suele progresar de manera progresiva, desde cambios ligeros (metamorfismo de bajo grado), a cambios notables (metamorfismo de alto grado). En ambientes más extremos, el metamorfismo produce una transformación tan completa que es casi imposible determinar la identidad de la roca fuente. En el metamorfismo de grado alto, desaparecen rasgos tales como planos de estratificación, los fósiles y las vesículas que pueden haber existido en la roca original.

### ***2.2.1. Metarmofismo regional***

Se produce como consecuencia de procesos orogénicos, durante la formación de cordilleras de plegamiento a causa de la subducción o de la colisión continental. En este metamorfismo se incrementa la temperatura y la presión a la que se ven sometidas las rocas. Puesto que los minerales se desarrollan bajo presiones dirigidas en condiciones orogénicas, se ven obligados a crecer paralelamente entre sí y perpendiculares a estas presiones. Se origina así una foliación intensa en la roca (esquistosidad) simultánea con el metamorfismo, por lo que a estas rocas se les denomina en general esquistos.

### 2.2.2. Facies metamórficas

Se denomina facies al conjunto de características mineralógicas, litológicas y fosilíferas que refleja el medio en el cual se formó la roca. Cada roca metamórfica se asocia a la facies en la cual se forma, sin importar su composición. La litofacies alude al conjunto de caracteres petrográficos de una facies y la biofacies al cúmulo de caracteres paleontológicos de aquella.

Las diferentes facies metamórficas caracterizan distintos tipos de metamorfismo. Así por ejemplo, la de los esquistos azules se origina por metamorfismo de baja temperatura en zonas de subducción; la de los esquistos verdes, anfibolitas y granulitas, por metamorfismo regional de grado creciente, y la de las corneanas, por metamorfismo de contacto. HURTADO A., (1998)

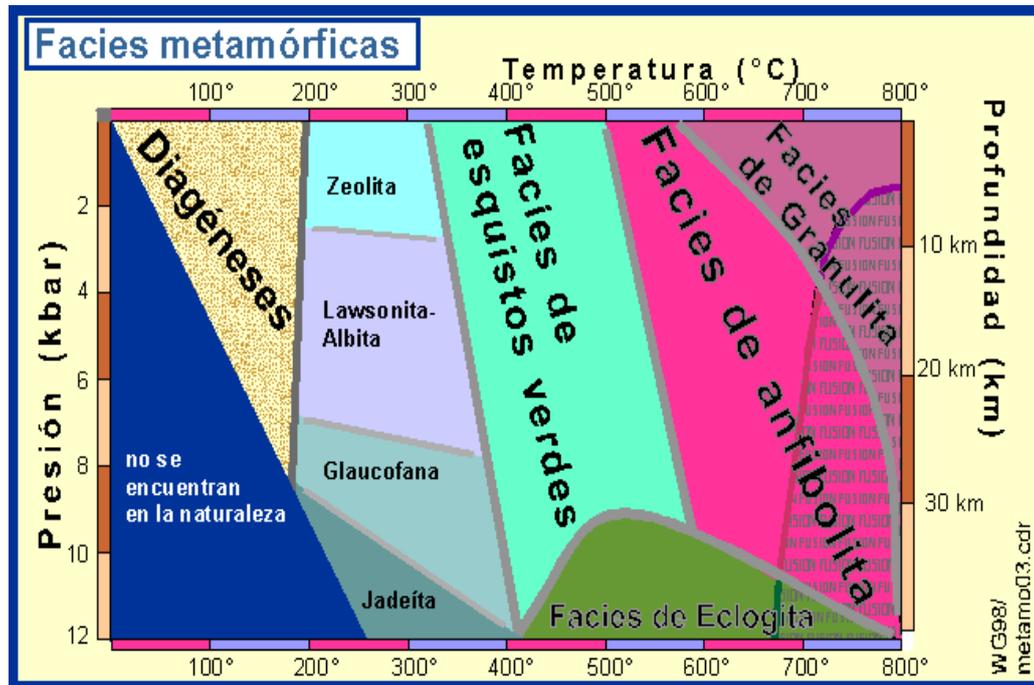


Figura # 11. Facies Metamórficas. Tomado de [www.geovirtual.com/metamorfismo](http://www.geovirtual.com/metamorfismo).

### ***2.2.3. Facies de alta presión***

Aumento de la presión manteniendo bajas temperaturas. Características de zonas de colisión continental reciente, o del prisma de acreción en las zonas de subducción.

### ***2.2.4. Facies de alta temperatura***

Aumento de la temperatura y manteniendo bajas presiones, características de las zonas próximas a una intrusión plutónica (metamorfismo de contacto). Facies de Corneanas (epidóticas, hornbléndicas, piroxénicas, y sanidínicas, según aumentamos la temperatura).

### ***2.2.5. Facies intermedias***

Aumento simultáneo de presión y temperatura. Características del metamorfismo regional. Facies de Zeolitas, Prehnita- Pumpellita, Esquistos verdes, Anfibolitas, y Granulitas.

## ***2.3. FUNDAMENTOS DE RAYOS X***

Los rayos X son radiaciones electromagnéticas de una corta longitud de onda y alta frecuencia, producida por la desaceleración de electrones de alta energía y/o por transiciones de electrones que se encuentran en los orbitales internos de los átomos (SCKOOG et al., 1992).

---

Este tipo de radiación ocupa sólo una parte del espectro electromagnético y sus longitudes de onda varían entre 10 nm y 0,01 nm (1nm o nanómetro equivale a  $10^{-9}$  m). GRANDE, (1996).

Propósito:

- ✓ Identificación de elementos químicos presentes en una muestra
- ✓ Cuantificación de elementos según los patrones disponibles
- ✓ Apoyo a la identificación de fases por difracción de rayos-X
- ✓ Apoyo a estudios petrogenéticos

Según Camposano & Martínez (2000), los métodos de análisis que emplean rayos X son: Absorción, Difracción, Fluorescencia.

Los métodos analíticos empleados en este trabajo son fluorescencia de rayos X por dispersión de energía (FRX-DE) y en menor grado la difracción de rayos X.

### ***2.3.1. Fluorescencia de rayos X por dispersión de energía***

Es una técnica de muestreo versátil, rápida y no destructiva (en algunos casos en los que la penetración de los rayos X no fuera suficiente se requerirían cortes o pulidos, dependiendo también de la uniformidad de la muestra) relativamente nueva, que reconoce un gran número de elementos químicos (no compuestos químicos) y se presentan los resultados en tiempo real, permitiendo decidir la necesidad de muestreo adicional ante resultados analíticos no concluyentes. Logra alcanzar unos límites de detección de hasta 0.002% (20 ppm).

---

La técnica EDXRF utiliza la emisión secundaria o fluorescente de radiación X que se genera al excitar una muestra con una fuente emisora de rayos X. La radiación X incidente o primaria expulsa electrones de capas interiores del átomo. Entonces, los electrones de capas más externas ocupan los lugares vacantes, y el exceso energético resultante de esta transición se disipa en forma de fotones: la llamada radiación X fluorescente o secundaria. CAMPOSANO Y MARTINEZ, (2000).

Esta radiación de fluorescencia es característica para cada elemento químico. Por lo tanto, es posible identificar un elemento dentro del espectro de la muestra si se conoce la energía entre los orbitales atómicos implicados (longitud de onda). La concentración de cada elemento se detecta midiendo la intensidad de la energía asociada a cada transición de electrones. Es decir, la salida de un análisis EDXRF es un espectro que muestra la intensidad de radiación en función de la energía.

Esta técnica analítica es muy versátil y permite analizar más de 80 elementos, detectando concentraciones desde 100% hasta de unas pocas partes por millón (ppm).

Según Rollinson (1993), ésta es la técnica más usada en la determinación de elementos mayoritarios y traza en muestras de rocas, por ser un método rápido que puede llevar a cabo una gran cantidad de mediciones precisas, utilizando un espacio de tiempo relativamente corto.

### **2.3.2. *Análisis de Datos***

#### **2.3.2.1. *Métodos Estadísticos Univariantes y Multivariantes***

Es el conjunto de métodos estadísticos cuya finalidad es analizar simultáneamente conjuntos de datos multivariantes en el sentido de que hay varias variables medidas para cada objeto estudiado. Su razón de ser radica en un mejor entendimiento del fenómeno objeto de estudio, obteniendo información que los métodos estadísticos univariantes y bivariantes son incapaces de conseguir. FIGUERAS (2000)

En la estadística descriptiva existen dos tipos de medidas que son de interés para cualquier conjunto de datos, la ubicación de su centro y su variabilidad.

#### **2.3.2.2. *Análisis Exploratorio de los Datos***

Es el tratamiento estadístico al que se somete las muestras recogidas durante el levantamiento de campo al analizarlas en el laboratorio. Para mayor rapidez y precisión, todo el proceso suele realizarse por medios informáticos, con aplicaciones específicas para el tratamiento estadístico. Esta información puede ser representada en una gran variedad de formas. FIGUERAS (2000).

#### **2.3.2.3. *Medidas de Tendencia Central***

Muestra la disposición de un conjunto de datos a agruparse ya sea alrededor de un centro o de ciertos valores numéricos.

### ***Media***

En matemáticas y estadística, la media aritmética (también llamada promedio o simplemente media) de un conjunto finito de números es igual a la suma de todos sus valores dividida entre el número de sumandos.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n a_i}{n} = \frac{a_1 + \dots + a_n}{n}$$

### ***Desviación Estándar***

Es una medida del grado de dispersión de los datos con respecto al valor promedio. Dicho de otra manera, la desviación estándar es simplemente el "promedio" o variación esperada con respecto a la media aritmética. FIGUERAS, (2000)

$$S = \sqrt{\frac{a - s^2/n}{n - 1}}$$

## **2.4. GEOLOGÍA ECONÓMICA**

### **2.4.1. Yacimiento Geológico**

Es una formación en la que está presente una concentración estadísticamente anómala de minerales (depósitos minerales) presentes en la corteza terrestre o litósfera.

### ***2.4.2. Yacimiento Minero***

Es aquel yacimiento en el cual la calidad y cantidad de los minerales presentes justifica un mayor estudio, el cual tiene por objetivo definir en cantidad, calidad, profundidad y dimensión el yacimiento con el fin de desarrollar las actividades mineras para que la explotación del yacimiento sea económicamente rentable y acorde con las tecnologías actuales.

### ***2.4.3. Minería de Superficie***

Es el sector más amplio de la minería, y se utiliza para más del 60% de los materiales extraídos. Puede emplearse para cualquier material. Los distintos tipos de mina de superficie tienen diferentes nombres, y, por lo general, suelen estar asociados a determinados materiales extraídos. Las minas a cielo abierto suelen ser de metales; en las explotaciones al descubierto se suele extraer carbón; las canteras suelen dedicarse a la extracción de materiales industriales y de construcción, y en las minas de placer se suelen obtener minerales y metales pesados (con frecuencia oro, pero también platino, estaño y otros).

El material del yacimiento El Melero es extraído mediante métodos convencionales de explotación a cielo abierto. Los bancos son de 10 m, y la pendiente general del talud adoptada para el diseño de la cantera es de 45°. INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO DE ESPAÑA (1995).

#### ***2.4.4. Minas a Cielo Abierto***

Son minas de superficie que adoptan la forma de grandes fosas en terraza, cada vez más profundas y anchas. Los ejemplos clásicos de minas a cielo abierto son las minas de diamantes de Suráfrica, en las que se explotan las chimeneas de kimberlita, depósitos de mineral en forma cilíndrica que ascienden por la corteza terrestre. A menudo tienen una forma más o menos circular.

La extracción empieza con la perforación y voladura de la roca. El material extraído, clasificado como mineral se transporta a la planta de recuperación, mientras que el clasificado como estéril se vierte en zonas asignadas para ello. A veces existe una tercera categoría de material de baja calidad que puede almacenarse por si en el futuro pudiera ser rentable su aprovechamiento. BUSTILLO Y LÓPEZ (1997).



Figura # 12. Imagen de minería a cielo abierto.

#### *2.4.5. Método de Canteras*

Las canteras son bastante similares a las minas a cielo abierto, y el equipo empleado es el mismo. La diferencia es que los materiales extraídos suelen ser minerales industriales y materiales de construcción. En general, casi todo el material que se obtiene de la cantera se transforma en algún producto, por lo que hay bastante menos material de desecho. A su vez, esto significa que al final de la vida útil de la cantera queda una gran excavación.

No obstante, debido a los bajos precios que suelen tener los productos de la mayoría de las canteras, éstas tienen que estar situadas relativamente cerca de los mercados. Si no fuera así, los gastos de transporte podrían hacer que la cantera no fuera rentable. Por esta razón, muchas se encuentran cerca de aglomeraciones urbanas.

También supone que las cavidades creadas por muchas canteras adquieren un cierto valor como vertederos de residuos urbanos. En las cercanías de las grandes ciudades, puede ser que la excavación creada por la cantera tenga un valor superior al del material extraído. INSTITUTO GEO-MINERO DE ESPAÑA (1995).

Las canteras pueden subdividirse en dos grandes grupos:

- ✓ Donde se desea obtener un todo-uno fragmentado apto para alimentar a las plantas de tratamiento y obtener un producto destinado a la construcción en forma de áridos, a la fabricación de cementos, etc.
  
- ✓ Dedicado a la explotación cuidadosa de grandes bloques paralelepípedicos, que posteriormente se cortan y elaboran. Estas últimas canteras se caracterizan por el gran número de bancos que se abren para arrancar los bloques y la maquinaria especial con la que se obtienen planos de corte limpios.

En claro contraste con estas canteras se encuentran las primeras, en las que la extracción no suele ser tan cuidadosa y son frecuentes las grandes alturas de banco con las que se trabaja.



Figura # 13. Cantera de Caliza.

#### **2.4.6. Recursos y Reservas**

Los recursos minerales tienen una gran importancia en la vida diaria del hombre actual, ya que estos proveen muchos elementos básicos que ayudan a hacer más fácil la vida moderna y que nos permiten tener calefacción, electricidad, llenar el tanque de nuestros vehículos, hacer abonos para fertilizar nuestras tierras, obtener materiales para construir viviendas y edificios, producir medicinas, accesorios, etc.

Según Annels (1991), se define como recursos a aquellas masas de mineral que se conocen “in situ”, cuantificados básicamente por datos geológicos de forma tal que su extracción podría ser económicamente viable o lo es potencial en el futuro.

Los recursos minerales que necesita nuestra sociedad proceden en su gran mayoría de depósitos minerales, que son concentraciones de elementos anómalamente altas (con respecto a la composición media de la corteza) formadas por procesos geológicos. Estos depósitos minerales poseen dos características esenciales que limitan su disponibilidad.

La primera es que son recursos no renovables, esto es, que se forman por procesos mucho más lentos que el ritmo al que se explotan. La segunda característica es que sólo son explotables aquellos depósitos que poseen una concentración lo suficientemente elevada como para que sean rentables. ANNELS (1991).

#### ***2.4.6.1. Mena***

Es un mineral del que se puede extraer un elemento, un metal generalmente, por contenerlo en cantidad suficiente para ser aprovechado. Así, se dice que un mineral es mena de un metal cuando mediante minería es posible extraer ese mineral de un yacimiento y luego mediante metalurgia obtener el metal de ese mineral.

La clasificación de los recursos está basada en criterios viabilidad económica, evidencia geológica y aprovechamiento o recobro del mineral.

Algunos organismos como U.S. Bureau de Minas (USBM) y el U.S. Geological Survey (USGS) en 1980 y más recientemente, por el Australasian Mining Industry Council (AMIC) y el Australian Institute of Mining and Metallurgy (AIMM) en 1989, han clasificado los recursos y reservas ajustadas para depósitos minerales.

En estas clasificaciones se destaca el sistema propuesto por AMIC/AIMM, que puede ser aplicable a cualquier tipo de yacimiento, el cual clasifica los recursos y reservas de la siguiente manera:

#### ***2.4.6.1.1. Reservas Probadas***

Son las cantidades de mineral que, por análisis de datos de geología de superficie e ingeniería, pueden ser estimadas con "razonable certeza" que serán recuperables comercialmente, a partir de una fecha dada, de reservorios conocidos y bajo las actuales condiciones económicas, métodos de operación y regulaciones. Las reservas probadas pueden ser sub-divididas en desarrolladas y no desarrolladas.

#### ***2.4.6.1.2. Reservas Probables***

Son las reservas no probadas que el análisis de datos de geología e ingeniería sugieren que son menos ciertas que las probadas. En este contexto, cuando se usen métodos probabilísticos, debe existir al menos una probabilidad de 50 % de que la cantidad a ser recuperada será igual o excederá a la suma del estimado de reservas probadas más las probables.

#### ***2.4.6.1.3. Reservas Posibles***

Son las estimaciones se basan en una supuesta continuidad más allá de los recursos medidos e indicados, para los cuales existen pruebas geológicas. Las reservas también llamadas inferidas pueden o no estar corroborados por muestras o mediciones de campo. ANNELS (1991).

### 2.4.6.3. Cálculo de reservas

El control sistemático y oportuno de las reservas tiene una gran importancia, debido al desarrollo planificado de la economía y a las necesidades continuamente crecientes en materia prima mineral. Antes de realizar cualquier cálculo de reservas se debe haber realizado un estudio geológico detallado del área, y de acuerdo a la cantidad de información que se obtenga, mientras más cantidad, más precisos serán los resultados y menor será el rango de error.

### 2.5. Método de secciones paralelas o perfiles

Este método es, junto con el de los polígonos, uno de los más utilizados dentro de los métodos clásicos. Suele ser aplicable a cuerpos mineralizados más o menos irregulares que han sido investigados con sondeos cuyas direcciones permiten establecer cortes, perfiles o secciones.

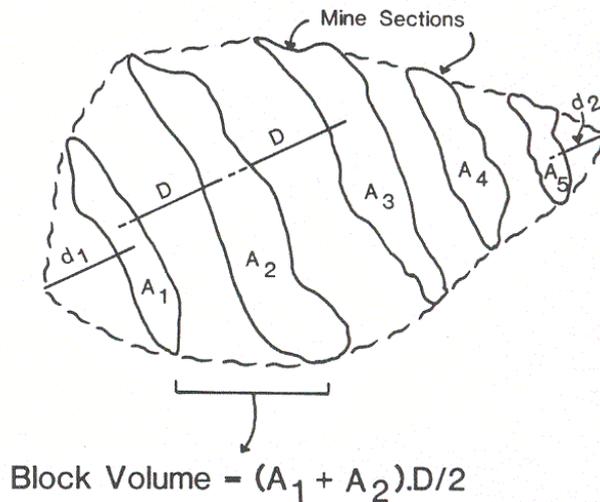


Figura # 14. Representación del método de perfiles. BUSTILLO Y LÓPEZ (1997).

La distancia entre cortes va a definir la exactitud del cálculo, pues secciones muy separadas pueden generar importantes errores debido a la existencia de cambios en la mineralización no controlada por los sucesivos perfiles. El método se aplica de la siguiente manera:

✓ *Cálculo de área mineralizada*

El área de cada corte o perfil se puede calcular de diversas maneras: planímetro, papel milimetrado o regla de Simpson.

En la mayoría de los casos en método del papel milimetrado es el más utilizado, ya que es bastante exacto y consiste en superponer un papel milimetrado a la sección y calcular cuantas unidades milimetradas existen en el perfil, para después llevar a cabo la adecuada corrección en función del área correspondiente a la citada unidad milimetrada. BUSTILLO Y LÓPEZ (1997).

## CAPÍTULO 3

### GEOGRAFÍA FÍSICA

#### *3.1. GENERALIDADES*

En la zona de estudio se encuentra la típica configuración de la Serranía del Interior Central, con un relieve definido por el desarrollo de valles encajados, pendientes fuertes y cerros de topes irregulares. Esta parte de la serranía tiene una orientación NO-SE a este-oeste, con laderas de pendientes fuertes; hasta algunos sectores donde el terreno es inaccesible, como lo es el extremo noroeste de la cantera, donde la roca en alguna época desarrolló una topografía de riscos.

El área de estudio se encuentra ubicada en la faja septentrional de la Fila El Peñón, a una altura que varía entre los 550 y 700 msnm; en la cuenca media de la quebrada de Caiza. Se encuentra enclavada en una ladera descendente hacia el sur, hasta la quebrada de Caiza, que es la principal receptora de agua de la zona. GEOCONSULTA, (2001).

#### *3.2. COMPLEJO ROCOSO METAMÓRFICO*

Se encuentra generalmente al norte de la falla de Pichao (al NO de la cuenca del Tuy). En ella predominan las rocas metamórficas de metamorfismo de bajo grado del Grupo Caracas (Formación Las Mercedes y las Rocas de Conoropa, correspondientes a la Serranía del Litoral).

El modelado es en general abrupto, con drenajes encajados, filas angostas y laderas rectilíneas de pendiente alta (entre  $30^\circ$  y  $40^\circ$ ). Como se muestra en la figura # 15.

El área de la cantera El Melero se encuentra caracterizada por el desarrollo de filas y estribos con un predominio en dirección este-oeste, con alturas que varían entre 1.000 y 1.200 m. En las zonas altas las laderas están muy disectadas con valles en V; son frecuentes los ríos de fuerte pendiente que a veces cortan la tendencia regional este-oeste.



Figura # 15. Relieve visto de satélite de la zona de estudio. (TOMADO Y MODIFICADO DE GOOGLE MAPS, 2010).

El área de estudio se levanta abruptamente una zona montañosa constituida principalmente por rocas metamórficas, que contrastan con la depresión de la Cuenca del Tuy, ocupada por los sedimentos, por su relieve pronunciado y un contacto bien definido.

Al norte de la falla de Pichao, en la cual afloran rocas de la Formación Las Mercedes, con relieve pronunciado, drenajes encajados, valles profundos con laderas casi verticales para los cursos principales y drenaje secundario con quebradas de fuerte desnivel, filas angostas y erosión acelerada.



Figura # 16. Relieve de la zona de estudio. (TOMADO Y MODIFICADO DE GOOGLE MAPS, 2010).

### 3.3. CLIMA

En la región, los aspectos climáticos que intervienen son principalmente el relieve y la acción de los vientos alisios del noreste.

Se registra una temperatura media anual de 29°C para los 700 msnm y responde al tipo de clima Aw'gi1 (clasificación según KOEPPEN), con una pluviosidad que sigue el régimen de las zonas de clima tropical de sabana (seco en verano y lluviosos en invierno); las lluvias máximas se producen en junio, julio y agosto, siendo la media anual de 800 mm. ZAMBRANO, (1970).

La cantera está localizada aproximadamente entre 550 y 700 msnm, del lado Norte del valle que con dirección general Este-Oeste desarrolla la quebrada Caiza.

### **3.4. VEGETACIÓN**

En general las laderas están cubiertas por una vegetación de poca a mediana altura; sin embargo en las partes altas de la cuenca de la quebrada Caiza se desarrolla una vegetación boscosa más densa.

En la figura # 17, se pueden observar las especies arbóreas del se reconoce el samán, copaiba, caro, yagrumo, jabillo, aceite, algunos robles, dividive, etc. Y entre los arbustos predominantes, el alcornoque, cují y guayaba sabanera.

En la parte media de la cuenca hay una temprana intervención de la cubierta vegetal, para la construcción de aislados o/y ordenados desarrollos urbanísticos.

En general, en la región se diferencian dos formaciones vegetales, según M.A.R.N.R. (1979) son:

✓ Arbóreas (Bosques de Galería): es un tipo de bosque siempre verde, monoestratificado, que crece en las orillas de los cursos de agua (márgenes y áreas de influencia freática) con sus raíces en la zona de saturación de humedad o casi en ella.

✓ Arbustivas (Matorral): de menos de 5m de altura, de fisonomía variable de acuerdo a las condiciones climáticas. Las especies poseen abundante ramificación desde la base. El matorral puede ser deciduo o siempre verde.

✓ Otras (Tierras agropecuarias): son terrenos dedicados a algún tipo de cultivo agropecuario, frutales u hortícolas, cultivos permanentes y pastizales establecidos. Generalmente se localizan sobre las terrazas aluviales.



Figura # 17. Vegetación del área de estudio.

### 3.5. FAUNA

La fauna de la zona se ha limitado a la presencia de roedores, algunos reptiles, avispas, abejas, serpientes y una más variada población de pájaros.

### 3.6. DRENAJE

La quebrada Caiza, de rumbo general aproximadamente Este-Oeste es el cauce de agua más importante en el sector; la cual recoge el agua de los cursos menores que drenan principalmente del norte, todavía dentro de los límites de la cuenca del Tuy Medio, donde el drenaje principal de la región es el río Tuy, cuyas

cabeceras se encuentran en la vertiente Sur de la serranía del litoral a unos 2.400 m de altura, cerca del Pico Codazzi, al norte de la Colonia Tovar, Estado Aragua.

En esa zona corre en dirección norte-sur; en las estribaciones de Táchata, se desvía para tomar una dirección oeste-este hasta su desembocadura en el Mar Caribe. En la cuenca fluye a lo largo del margen sur de ésta en contacto con las rocas metamórficas y desarrolla un vasto sistema de meandros en toda su extensión, en toda su extensión; igualmente se observa que se encuentra cortando antiguas terrazas.

El drenaje en general es de tipo subparalelo dendrítico, consecuente, parece estar determinado por los sistemas de diaclasas que caracterizan a la Cordillera de la Costa y no guarda relación con la estructura regional de éstas rocas. PICARD Y PIMENTEL, (1968)



Figura # 18. Drenajes cercanos al área de estudio. (TOMADO Y MODIFICADO DE GOOGLE MAPS,2010).



El ordenamiento geológico de la Cordillera de la Costa, ha variado en cuanto a su clasificación nominal, fundamentalmente una variación mejorada de la clasificación tectono-estratigráfica propuesta por Menendez, (1966). La clasificación actual, resultado del trabajo interinstitucional de la Universidad Central de Venezuela (UCV), la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS); y centralizada por la Oficina de Riesgo del Instituto Geográfico Venezolano Simón Bolívar (IGVSB-MARN), arroja el siguiente ordenamiento basada en napas tectónicas:

1. Napas de la Serranía del Litoral

1.1.- Napa Costera

1.2.- Napa Ávila

1.3.- Napa Caracas

2. Napas de la Serranía del Interior (antes denominada “Napas de Aragua” por BECK 1985).

2.1.- Napa Caucagua - El Tinaco

2.2.- Napa Loma de Hierro (BECK, 1985 incluye a Paracotos en ésta Napa)

2.3.- Napa Villa de Cura

En el sector de la Serranía del Interior es típico el predominio de la roca esquistosa, grafitosa y calcárea, con esporádicos lentes o bloques de caliza masiva recrystalizada e intensamente plegada.

## **4.2. NAPA CARACAS**

### **4.2.1. Esquisto de Las Mercedes**

Esta unidad fue descrita por Aguerrevere & Zuloaga (1938), con localidad tipo en la antigua Hacienda Las Mercedes en Caracas (actualmente urbanización Las Mercedes y Valle Arriba). Estos autores establecieron el tope de la unidad por debajo del Metaconglomerado de Charallave.

Dicha unidad posee una gran extensión en la parte central de la Cordillera de la Costa, básicamente en la región de Caracas, sin embargo, debido al creciente urbanismo de la zona metropolitana, Wehrmann, (1972) propone como sección de referencia a la carretera Petare - Santa Lucía, donde está expuesta una sección casi continua hasta su transición con el Esquisto de Chuspita. Igualmente hay secciones bien expuestas en la autopista Caracas - Valencia, en el tramo Hoyo de la Puerta - Charallave, así como en la Quebrada Las Canoas, al sureste de Hoyo de La Puerta.

Según Wehrmann (1972), y la revisión de Gonzalez de Juana et al. (1980 .p.317) la litología predominante consiste en esquisto-cuarzo-muscovítico-calcítico-grafitoso (70%), con intercalaciones de mármol grafitoso en forma de lentes de laminación delgada (15%) y una pequeña variedad de rocas arenosas y rudáceas (15%). Estas son en su mayoría metareriscas puras feldespáticas y metareniscas de cuarzo con estratificación delgada.

La mayoría de las rocas son de esta unidad son carbonáticas, una de las metareniscas contienen dolomita. La pirita es un mineral accesorio común en todos los tipos de roca. El tope de la unidad se hace mas cuarzosa y menos carbonático en su transición hacia el Esquisto de Chuspita.

El contacto entre Esquisto Las Mercedes y Esquisto de Chuspita es una falla y no se puede demostrar directamente una secuencia concordante.

#### ***4.2.2. Esquisto de Chuspita***

De acuerdo a la opinión de diversos autores, esta unidad representa la transición a clásticos más gruesos por encima del Esquisto de Las Mercedes. Esta unidad toma su nombre del Río Chuspita, estado Miranda, donde aflora una buena sección parcial. Otros afloramientos de importancia se observan en las quebradas Onoto y Morocopo, y en cortes de la carretera Guatire-Caucagua.

Seiders (1965), considera que el tipo de rocas más común son las metareniscas de color gris claro a gris oscuro, localmente grafitosa y micácea, cuyo constituyente principal es el cuarzo, con cantidad mucho menor de feldespatos (45%). Estas rocas se hacen conglomeráticas con fragmentos líticos como guijarros y peñas de hasta 25 cm de diámetro, constituido por filita, mármol y metarenisca carbonática.

El resto consiste de filita gris oscuro carbonática y grafitosa (50%). También mármol se encuentra en dos tipos, calcítico (5%), que se presenta en dos tipos, uno de tipo litográfico formando capas delgadas de color gris oscuro a negro, con vetas de calcita, mientras que el otro tipo es argiláceo con cantidades secundarias de dolomita negra y argilita negra pirítica en capas delgadas y cortada por vetas de calcita y cuarzo.

Se considera que en el tope el Esquisto de Chuspita está también en contacto de falla con la filita de Urape aunque Seiders (1966), sugiere la posibilidad de “una discordancia no angular” entre ambas formaciones.

### 4.3. UNIDAD LITOLÓGICA

El área de estudio se encuentra dentro de la *FORMACIÓN LAS MERCEDES*, la cual aflora en los alrededores de Caracas, quebrada Tacagua, hacia Guarenas, Guatire, Los Teques, San Mateo, Maracay, Tinaquillo y hasta Guárico septentrional y Carabobo oriental.

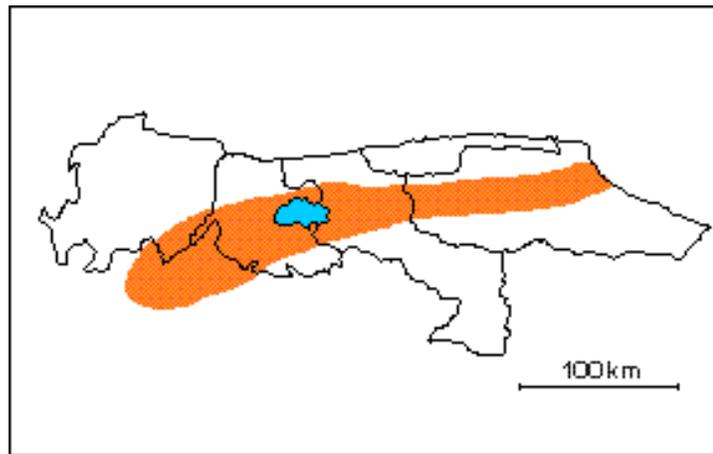


Figura # 20. Ubicación de la Formación Las Mercedes.  
Tomado de Código Estratigráfico de Venezuela (1997)

Aguerrevere y Zuloaga (1937), definen la formación como esquistos principalmente calcáreos, con zonas grafitosas y localmente zonas micáceas, de un tinte rosado-gris, con zonas blancas cuando están frescas), incluyen dentro de la formación una zona constituida por calizas oscuras y densas, en capas delgadas, interstratificadas con capas de esquistos micáceos y arcillosos, todo intensamente plegado, que denominan Fase Los Colorados, y que constituyen excelentes estratos guía.

También introducen el nombre de esquisto Jurásico-Cretácico, para una secuencia de esquisto calcáreo - grafitoso de la parte central de la Cordillera de la Costa. Posteriormente los mismos autores (1938) lo elevan a rango formacional y así se ha utilizado posteriormente. Usando los criterios actuales de nomenclatura de unidades metamórficas, este término original es más apropiado que el usual y válido de "Formación", pero se requiere que algún autor lo redefina formalmente.

Dengo (1957), coloca en la base de la Formación Las Mercedes la nomenclatura de esquisto-micáceo-calcáreo.



Figura # 21. Esquisto-calcáreo-micáceo

Según Seiders (1965), la Formación Las Mercedes consiste de filitas carbonáceas o grafitosas (70% aproximadamente), caliza gris oscuro de estratificación delgada (15% aproximadamente) y una pequeña cantidad de rocas arenosas rudáceas (15% aproximadamente).

La mayoría de las rocas de la Formación Las Mercedes son calcáreas; la piritita representa un material accesorio común en todos los tipos de rocas. A lo largo de la formación se presentan vetas de cuarzo y calcita.

La textura metamórfica se desarrolla mejor en la parte inferior donde todas las capas arenosas son esquistos y las rocas pelíticas son localmente esquistos pelíticos más que filitas. Más arriba en la sección algunas capas arenosas carecen de foliación fuerte. La composición de los granos detríticos también varían de abajo hacia arriba.

También designó bajo el nombre de Rocas de Conoropa a rocas metamórficas de bajo grado, discordantemente suprayacentes al Gneis de La Aguadita; incluye en ellas el Conglomerado de Charallave. Esta unidad aflora en el borde oriental de la cuenca del Tuy. Las formaciones Siquire y Tuy recubren esta unidad al sur y al suroeste del Placer.

Según Werhmann (1972), la litología predominante consiste en esquistos grafitosos- calcáreos con intercalaciones de mármoles grafitosos en forma de lentes, como se observa en la figura # 22. Localmente se encuentra en horizontes de mármoles oscuros en capas delgadas sin posición estratigráfica definida la cual ha sido denominada “Caliza de los Colorados”.



Figura # 22. Esquisto-grafitoso-calcáreo.

La mineralogía promedio consiste en cuarzo (40%) en cristales dispuestos en bandas con la mica, muscovita (20%) en bandas lepidoblásticas a veces con clivaje crenulado, calcita (23%) en cristales con maclas polisintéticas, grafito (5%), y cantidades menores de clorita, óxidos de hierro, epidoto y ocasionalmente plagioclasa sódica. En sección fina aparecen pequeños fragmentos fosilíferos (0,2-0,6mm.) muy finamente cristalinos y muy alargados en los planos de foliación. Son comunes los granos de cristales sueltos de calcita, de planos a ovoides y macladas; estos granos tienen alrededor de 0,5mm de diámetro y algunos encierran vestigios de restos orgánicos.

La **Filita** es el tipo de roca más abundante de la Formación Las Mercedes. Son de color negro, gris oscuro a marrón grisáceo. Localmente donde los minerales metamórficos son suficientemente gruesos, la roca es un esquisto de grano muy fino. En casi todos los sitios, la filita es calcárea y muestra localmente láminas delgadas de cristales de calcitas blancas estrechamente espaciadas y paralelas a la foliación. Su color negro probablemente se debe al grafito, pero se desconoce su importancia cuantitativa. Smith (1953), menciona una capa rica en grafito con posibilidades comerciales. El grafito es particularmente conspicuo cerca de las fallas, donde la filita ha sido cizallada. En tales afloramientos el color oscuro se intensifica por la presencia de éste mineral.



Figura # 23. Filitas observadas en el área de estudio.

Urbani (1997), estudia mineralógicamente los mármoles de esta formación en la zona de Biringo, estado Miranda, encontrando que la dolomita se encuentra en baja concentración predominando los mármoles calcíticos.

La mayoría de los autores hasta los años 70 han considerado que existe un contacto entre las formaciones Las Mercedes y Las Brisas, el cual lo denominan como concordantes y de tipo sedimentario. Autores recientes consideran que es de tipo tectónico conservando paralelismo en la foliación en ambas unidades (González de Juana et al, 1980).

Diversos hallazgos de fósiles han sido reportados en esta unidad: Mackenzie (1966) encuentra un gasterópodo (*Nerinea* sp.); Oxburgh (1965) encuentra un fragmento de amonite; Morgan (1969) halla fragmentos de bivalvos, pelecípodos, gasterópodos y foraminíferos no identificables; Urbani (1972) reporta fragmentos de equinoides; Furrer y Urbani (1973) indican foraminíferos de la familia *Ophthalminidae* y otros fragmentos no identificables; Spina (1977) reporta fragmentos de pelecípodos, gasterópodos, equinoides y algas posiblemente de los géneros *Acicularia*, *Cyanophyta*, *Cayeuxia*. (Urbani 1982). La mayoría de ellos sugieren de un ambiente de aguas marinas poco profundas, con fragmentos que parecen haber sido re TRABAJADOS por las olas.

Según Talukdar y Loureiro (1982), el ambiente era euxínico en una cuenca externa a un arco volcánico, donde la estructura finamente laminada de la caliza, marca la sedimentación en un ambiente pelágico. Navarro (1988), interpreta que la Formación Las Mercedes se formó en un ambiente de facies pelágicas de sedimentación oceánica en las cuencas del Caribe y de Altamira. Los escasos restos de fósiles hallados indican ambientes más someros, pero es probable que sean re TRABAJADOS y hayan sido acarreados a los ambientes pelágicos por corrientes de turbidez.

#### 4.4. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

En términos más generales, la estructura de las rocas metamórficas del área consiste en un solo pliegue anticlinoide, cuyo eje se extiende diagonalmente a través de la parte central del área en dirección N60E a N75E. Esta estructura se refleja tanto en el rumbo general de las unidades, como en gráficos estadísticos de la foliación y de los ejes de pliegues pequeños. La estructura consiste de dos partes principales.

Las rocas de la parte noroeste del área, al norte de las fallas La Victoria (Pichao) y Cupo, forman parte del miembro volcado, con buzamiento al norte, del antiforme *esx* de Baruta, cuyo eje se encuentra más hacia el norte del área de estudio.

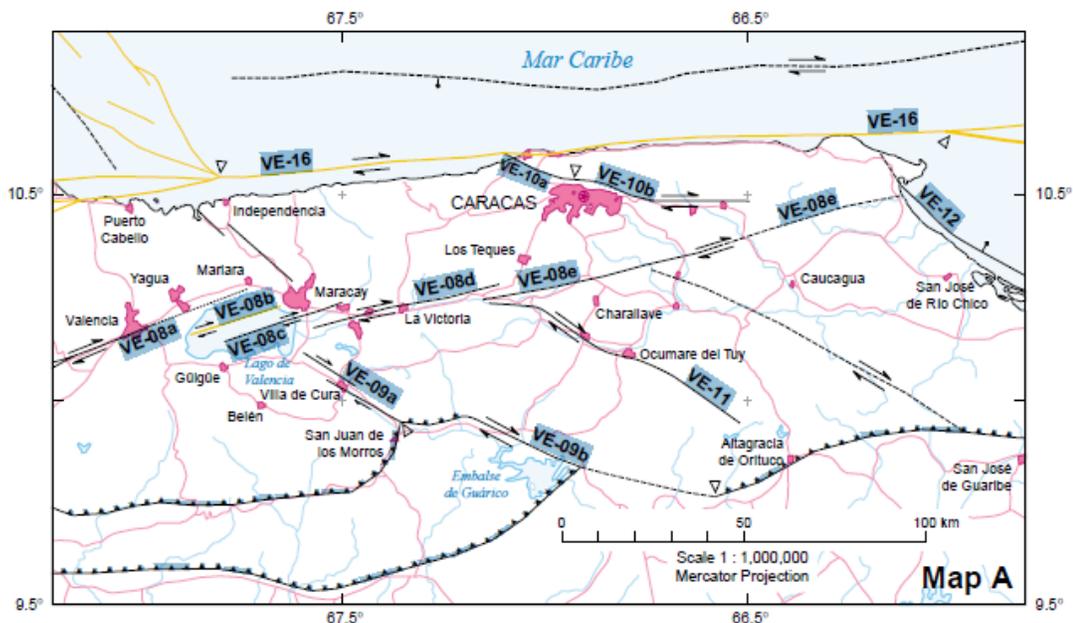


Figura # 24. Sistema de Fallas Cuaternarias de Venezuela. Zona Central. (Tomado de FUNVISIS, 2000).

Picar y Pimentel (1968), mencionan que la cuenca del Tuy y sus alrededores es un graben que se ubica en la faja tectónica de Caucagua-El Tinaco, limitada al norte por la falla de La Victoria, que en la cuenca toma el nombre de Falla de Pichao, que la pone en contacto con la Faja de la Cordillera de la Costa;

al sur por las Fallas de Agua Fría y Santa Rosa que la ponen en contacto con las Fajas de Villa de Cura y de Paracotos. El rumbo aproximado de éstas es N75°E. El límite occidental está demarcado por la Falla de Charallave, y el límite oriental lo constituye un sistema desordenado de fallas transversales.

Seiders (1965), dividió la región de Miranda Central en cinco fajas estructurales: Faja Estructural Septentrional, Faja Estructural Norte-Central, Faja Estructural Sur-Central, Fajas Estructurales de Paracotos y Villa de Cura. Las estructuras menores como la foliación se presentan casi siempre paralelas a la estratificación en las rocas metamórficas; todos los autores encuentran esta misma relación en la Cordillera de la Costa.

El plegamiento isoclinal a pequeña escala es característica común y en muchos afloramientos se puede seguir la foliación, paralela a la estratificación, en los flancos y sobre las crestas de pliegues pequeños. Las fallas menores, en su mayoría son fracturas rectas, pero localmente se observan curvas y se hacen más inclinadas o más suaves con la profundidad.

#### ***4.5. GEOLOGÍA HISTÓRICA***

En algún momento durante el Jurásico Cretáceo inferior, el mar transgredió hacia el sur sobre las rocas graníticas y metamórficas de alto grado, hasta el sitio actual de la Cordillera de la Costa. Los primeros depósitos de ésta transgresión son arenas y gravas feldespáticas, con arrecifes biohermales locales. Estos depósitos se formaron en aguas someras y están representados actualmente por la Formación Las Brisas. Sin embargo, los sedimentos más antiguos depositados dentro de ésta área se formaron en aguas relativamente profundas.

La cuenca de sedimentación se había hundido más rápidamente de lo que recibía sedimentos, suministrados por una fuente de bajo relieve inmediatamente al sur.

Esta fuente de origen conservó su relieve bajo durante todo el período de sedimentación y en las últimas etapas el único mineral detrítico grueso aportado a la cuenca sedimentaria fue el cuarzo. Las arenas de cuarzo probablemente se acumularon primero en la plataforma estable inmediatamente al sur de la cuenca más profunda.

En ocasiones, estas arenas fueron barridas a la plataforma por corrientes de la plataforma por corrientes de turbidez hasta la cuenca norte, para formar los depósitos ahora nombrados en la Formación Chuspita.

Al iniciarse la actividad volcánica, probablemente a comienzos del Cretáceo superior, hubo aporte de lavas y tobas basálticas, tanto a la cuenca septentrional profunda, como a lo que anteriormente había formado parte de la fuente de sedimentos de esa cuenca. Hacia el sur hubo hundimiento más o menos al mismo tiempo del comienzo del vulcanismo, de manera que las primeras lavas y tobas se depositaron debajo del agua.

El sedimento suministrado desde afuera a la cuenca subsecuente seguía siendo principalmente cuarzo y se depositó para formar el conglomerado de Charalleve. Es probable que se haya acumulado un espesor apreciable de sedimentos por encima de éstas rocas, pero en Miranda central no se preservaron indicios de éste hecho.

Los primeros indicios de la actividad orogénica se encuentran en los conglomerados de la Formación Urape, que probablemente se depositaron a mediados del Cretáceo tardío. Rocas volcánicas formadas anteriormente, equivalentes a las rocas de Conoropa al sur y a la Formación Tacagua al norte, fueron removidas por la erosión antes de la sedimentación de la Formación Urape. Probablemente no hubo plegamiento de importancia durante ese tiempo, pero no se puede determinar si las rocas por debajo de la Formación Urape sufrieron o no algún metamorfismo.

Los sedimentos depositados durante la última mitad del Cretáceo superior probablemente se sedimentaron en aguas profundas, al igual que los depósitos anteriores, pero la fuente de sedimentación ya era diferente, y aportó principalmente detritos inmaduros. Durante todo éste periodo hubo actividad volcánica intermitente, que puede representar la continuación del vulcanismo anterior que dio origen a las tobas y lavas de Conoropa.

La deformación principal del área tuvo lugar durante el Maestrichtriense-Paleoceno, cuando las rocas fueron volcadas y corridas hacia el sur. Al mismo tiempo la masa de Villa de Cura se deslizó hacia el sur por encima de esas rocas. La sobrecarga en la corteza de éstas masas de deslizamiento produjo ajustes isostáticos que abrieron fracturas profundas, a lo largo de las cuales se emplazaron intrusiones ferromagnéticas y ultraferromagnéticas. Los movimientos verticales durante el Mioceno produjeron la formación de cuencas donde se depositaron sedimentos marinos y no-marinos. Estos movimientos persisten hasta el presente y han levantado la parte Norte del área correspondiente a la Formación Las Mercedes del Grupo Caracas, con relación a la parte sur . TOMADO BOLETÍN DE GEOLOGÍA VOL.VI #12. SEIDERS V. (1965)

## CAPÍTULO 5

### GEOLOGÍA LOCAL

#### 5.1. GENERALIDADES

Los aspectos geológicos locales identificados en campo, permitieron definir una serie de unidades informales, cada una con distintas propiedades que permiten su diferenciación. La cantera tiene una cota máxima de 670msnm y una mínima de 570 m, dividida en bancos o niveles por el sistema de explotación minera a cielo abierto.

La cantera está estructurada en niveles como se muestra en la figura # 25, bancos o terrazas de 10m de altura, con una longitud en la cota más alta de 150 m y 360 m en la cota más baja aproximadamente.



Figura # 25. Frente de explotación.

En cuanto a la proporción unidades litológicas, cabe destacar que lo que se reportará a continuación para cada unidad establecida, es producto de la apreciación hecha visualmente en los afloramientos a escala mesoscópica, y que no necesariamente reflejan una proporción a nivel mineralógico, que solamente es posible afinar a través de ensayos químicos estudios petrográfico de secciones que se mostrarán más adelante.

En el área de estudio, afloran principalmente rocas metamórficas como filitas, esquistos calcáreos-micáceos, esquistos calcáreos-grafitosos y mármoles. Todas estas correspondiente a la Formación Las Mercedes.

## **5.2. UNIDADES LITOLÓGICAS**

### **5.2.1. Unidad de filitas (F)**

Se encuentra en los niveles superiores de la cantera desde la cota 690 hasta la cota 610, hacia el extremo NE y ocupan aproximadamente el 15% del área de estudio. Se encuentran en contacto con los esquistos calcáreos micáceos hacia el sur del área de estudio.

Se presentan de varias tonalidades que van desde el gris hasta el marrón parduzco (ver foto# 26), esto debido al moderado grado de meteorización presente en la zona y el contenido de sericita. Hacia el sur presentan mayor contenido calcáreo que hacia el norte.

Las superficies de estas rocas se observan con un brillo sedoso, y la estructura es laminar planar y ondulada cuando hay plegamiento (ver figura # 27).



Figura # 26. Afloramiento de filitas observadas en el nivel 670.

Figura # 27. Afloramiento de filita  
Observado en el nivel 590.



### ***5.2.2. Unidad de Esquistos Calcáreos Micáceos (ECM)***

Se encuentran presentes en gran parte de la zona de estudio ya que se observan desde la cota más alta hasta los niveles intermedios del frente de explotación, específicamente en el área central. Comprenden aproximadamente el 25% de la totalidad de la zona de explotación.

Son principalmente sericíticos, se observan bien definidos los planos de foliación y en general van de color marrón grisáceo, amarillentos a rosado y con un moderado grado de meteorización como se observa en la figura # 28.

Esta unidad esquistosa está en ciertas partes descompuesta y con pequeños lentes de mármol color gris claro.



Figura # 28. Afloramiento de esquistos calcáreos micáceos observado en el nivel 610.

Se observan abundantes vetas de calcita translúcida, blanca o amarillo claro, de hasta 5cm de espesor y en algunos tramos hay presencia de vetas de cuarzo. Tienen buena esquistosidad y por lo general se presentan plegados. Se encuentran en contacto hacia el norte con las filitas, hacia el suroeste con los esquistos calcáreos grafitosos y hacia el sur con la unidad de mármoles.



Figura # 29. Afloramiento de esquistos calcáreos micáceos observado en el nivel 680.

### 5.2.3. Unidad de Esquistos Calcáreos Grafíticos (ECG)

Son principalmente grafíticos, van de color gris oscuro a negro por el alto contenido de grafito. Se encuentran ubicados hacia la parte norte de la cantera, en los niveles más bajos del área de explotación, entre la cota 600 y 580 m.

Este afloramiento de esquistos presenta una dirección en forma continua, en comparación a las filitas que hacia el extremo Sur que se presentan plegadas, a medida que los esquistos se van acercando al contacto con éstas, pueden observarse poco plegados. Se encuentran en contacto hacia el sur con el mármol en capas delgadas, y hacia el norte con las filitas.



Figura # 30. Afloramiento de Esquisto calcáreo grafítico del Nivel 570.

Generalmente se observan con presencia de vetas de calcita mayormente en las discontinuidades y en algunos puntos vetas de cuarzo blanco a cristalino (ver figura # 30, que contrastan con el color negro opaco del grafito contenido en los esquistos. Abarcan un espacio de aproximadamente del 15% de la cantera.

Por lo general están intercalados con mármoles en forma de lentes que van desde los 10cm hasta 26cm.

#### 5.2.4. *Unidad de Mármoles (M)*

Son de color gris, gris azulado y gris oscuro a negro cuando poseen alto contenido de grafito ver figura # 35. Son de aspecto macizo, masivos y con moderado bandeamiento. Son comunes las vetas de calcita y se observan huellas de disolución cárstica (ver figura # 33). En algunos casos las vetas de calcita se observan rectas, pero por lo regular con irregulares, formando un reticulado blanco que contrasta con el color gris azulado de los mármoles. Estos se encuentran mayoritariamente hacia el sur del frente de explotación, y otra proporción se encuentra hacia el NW del área de estudio. Se encuentran en contacto con los esquistos calcáreo micáceos en los niveles superiores y con los esquistos calcáreos grafitosos hacia el norte.



Figura # 31. Afloramiento de Mármol.  
Con costra de calcita.



Figura # 32. Afloramiento de Mármol.  
Planos de diaclasas.

Están poco meteorizados, excepto algunos casos donde se observa una capa parduzca, producto de los agentes externos o por el contenido de sericita presente en el afloramiento, y en algunos puntos hacia el sur hay presencia de meteorización cárstica.



Figura # 33. Meteorización Cárstica en el área de los mármoles.

Se observa cuarzo cristalino de hasta 5cm de espesor, y en algunos casos desarrollo de microcristales de calcita y cuarzo (ver foto), y algunas oquedades que están cubiertas por oxidación amarilla a marrón claro. En algunos tramos se observa intercalado con esquisto en capas delgadas de unos pocos centímetros, son de color gris azulado.



Figura # 34. Cristales de cuarzo embebidos en mármol.

Hacia la zona sur de la cantera (sector denominado Las Casitas), se presentan en capas gruesas y a medida que se van acercando al norte las capas se van haciendo más delgadas y oscuras por el contenido de grafito, cuando ya entran en contacto con los esquistos. Comprenden aproximadamente el 50% de la totalidad del área de estudio.

De acuerdo a éstas características, los mármoles se clasificaron en tres renglones:

*En capas delgadas* (con espesor menor a 40cm y ángulo de buzamiento aproximado entre 30° y 45° hacia el norte), paralelas a la dirección del afloramiento, abundantes vetas y una placa de calcita cubriendo el afloramiento y moderada meteorización. Son de color gris oscuro debido al alto contenido de grafito y en la figura # 35 se observan intercalados con los esquistos calcáreo-grafitosos.



Figura # 35. Afloramiento de mármoles en lentes delgadas del nivel 570.

*En capas gruesas* ( *Mármoles diaclasados*), constituyendo horizontes discontinuos y paralelos a la dirección del afloramiento y en volumen económicamente rentable.

Son de color gris claro a gris azulado. Presencia de vetas y costras de calcita como se muestra en la figura # 36 y oquedades rellenas de óxido. El grado de meteorización en éste sector de la cantera es bastante bajo.



Figura # 36. Afloramiento de Mármol observado en el nivel 610.

***Mármoles masivos***, estos se encuentran en la zona NO del área de estudio y abarcan aproximadamente un 15% de la totalidad de los mármoles. Representan de igual manera el material óptimo para la Fábrica Nacional de Cementos, aunque actualmente no se encuentren en explotación.

Son de color gris azulado, macizos (ver figura # 37) y presentan delgadas vetas de cuarzo y calcita, aunque no tan abundantes como en el caso de los mármoles de la zona sur y se encuentran cubiertos por una capa vegetal. Están en contacto hacia el noroeste con los esquistos calcáreos grafitosos.



Figura # 37. Mármoles masivos de la zona noroeste del área de estudio.

### ***5.3. FOLIACIÓN***

Los planos de foliación (ver figura # 38), con rumbo promedio de N10-20W y buzamiento promedio 30-40N, se observan en la zona más al norte del área de estudio. Esta foliación observada en el área de estudio, define los rasgos estructurales internos de aproximadamente el 50% de las rocas del área de estudio, los cuales se han generado por la deformación y plegamiento mencionado anteriormente.



Figura # 38. Foliación representativa del área de estudio.

Otro sistema de planos de foliación presenta un rumbo promedio de N30-40W y con buzamiento 55S. Éste se observa casi en la zona central del frente de explotación. (ver anexo # 21).



Figura # 39. Foliación presente en la zona norte.

#### ***5.4. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL***

Estructuralmente el área estudiada ha sido afectada por deformaciones, producto de esfuerzos compresivos. Esto ha generado plegamientos, los cuales han producido que la estructura se falle.

En el estudio de superficie, se encontraron evidencias de dos fallas y la existencia de otras estructuras planas como lo es el diaclasamiento existente a lo largo de toda el área de estudio, al cual se le tomaron las mediciones que más adelante se podrán observar con mejor detenimiento (ver anexo # 20).

Todas estas estructuras delimitan en parte a los horizontes de material explotable económicamente rentable, como se observa en la figura # 40.



Figura # 40. Panorámica del frente de explotación con la representación de la estructura.

Las estructuras con orientación N30-40W están ubicadas al Norte de la zona de estudio y siguiendo el curso de la quebrada Melero. (ver figura # 18)



Figura # 41. Estrías de falla con orientación N30-40W, en el nivel 570 del frente de explotación.

El conjunto de fallas con orientación N50-60E están ubicadas hacia el extremo oeste de la zona estudiada.

Se observaron otras estructuras de deformación como pliegues que afectan el área a lo largo de toda la estructura y a los planos de foliación, lo cual es muy característico de las rocas de la Formación Las Mercedes.



Figura # 42. Plegamiento observado en el extremo norte del frente de explotación.

### *Planos de diaclasa*

Los conjuntos de diaclasas como los observados en el extremo sur del frente de explotación , tienen generalmente dirección Plano 1: N40W87N, Plano 2: N48E88N, Plano 3: N23W40N los cuales se representaron en el mapa geológico (ver anexo # 23) y en representación estereográfica. (ver anexo #24).

Se encuentran a lo largo de los horizontes de mármol, desde el SE hasta la zona central del frente de explotación.



Figura # 43. Planos de diaclasas en el área de los mármoles.

Las rocas de éste sector sur del frente de explotación (ver figura #43), por estar fracturadas o diaclasadas facilitan el arranque de material rocoso en el caso del mármol, el cual es el más rentable económicamente para FNC.

### ***5.5. ANÁLISIS PETROGRÁFICOS***

El estudio petrográfico se llevó a cabo con la finalidad de corroborar principalmente el tipo de litología existente en el área de estudio. Avalado por la descripción hecha visualmente en los afloramientos a escala mesoscópica. Para este estudio, se tomaron en cuenta las 8 muestras que representaban mejor las litologías observadas en el yacimiento.

A continuación se presenta una tabla donde se especifica la nomenclatura y la ubicación de cada muestra seleccionada.

Tabla # 3. Muestras de secciones petrográficas.

PUNTO	MUESTRA	C. ESTE	C. NORTE
P27	MMe13*	739800	1141188
P30	MMe16*	739916	1140925
P29	MMe14*	739951	1140902
P51	MMe29*	739679	1141031
P46	MMe28*	739822	1140070
P45	MMe26*	739808	1141092
P23	MMe17*	739884	1141038
P47	MMe27*	739745	1141070

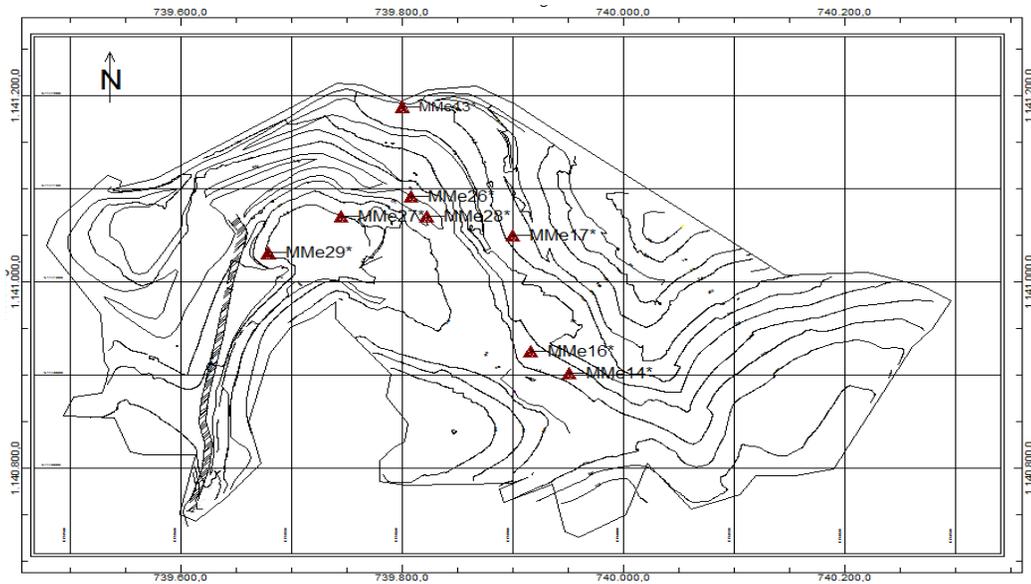


Figura # 44. Ubicación de las muestras en el área de estudio.

### **5.5.1. Muestra MMe 13**

En afloramiento y muestra de mano se observa una roca laminada, con un brillo satinado, con presencia de sericita, superficie ondulada y el grano es tan fino que es prácticamente imposible distinguir.

Su composición mineralógica está basada principalmente en: %Micas (moscovita-sericita-biotita)=30, que se encuentran en delgados y pequeños cristales altamente deformados y alargados, asociados al grafito. La orientación de este mineral genera la foliación característica de la roca. %Cuarzo=40, el cual se presenta tanto monocristalino como policristalino, siendo más abundante el primero, con formas de euhedrales a anhedrales y tamaños que varían de 0,5 mm a 0,01 mm, predominando este último. En cuanto a la variedad policristalina se presenta generalmente rellenando vetas y lentes que son tanto concordantes como discordantes con la foliación y a veces sustituido por calcita.

Se observa buena distribución del cuarzo en toda la roca; %Calcita: 25, observándose en forma de cristales amorfos que se alinean al bandeamiento característico de la roca y está asociada con el grafito y cuarzo presente en la sección.

Se observan oquedades debidas a posible disolución de la calcita y el resto en óxidos de hierro asociado a hematita que se presenta en cristales anhedrales distribuidos a lo largo de la sección de forma uniforme. Todas estas características conllevan clasificar la roca como una filita micácea cuarzosa. (ver anexo # 1 y figuras # 45)

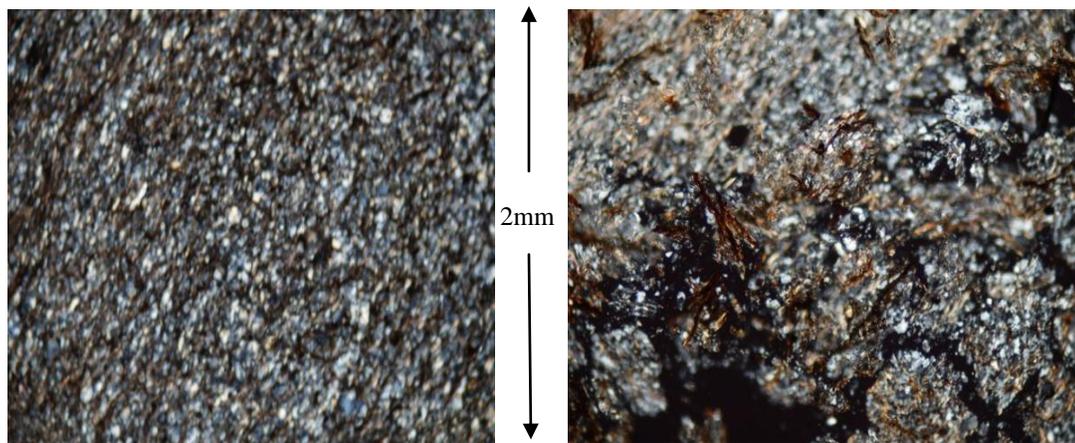


Figura # 45(MMe13). A la izquierda textura foliada de la roca y los cristales de cuarzo, tomada con objetivo de 10X. en la foto a la derecha presencia de oxido y micas, tomada con objetivo de 40X, en nicoles cruzados.

### 5.5.2. Muestra MMe 16

En afloramiento y muestra de mano se observa la roca bien maciza con color meteorizado marrón rojizo y color fresco gris.

La composición mineralógica consiste básicamente en Calcita= 60% la cual se encuentra en cristales euhedrales de tamaños que varían entre 6 mm y 0,1 mm, generalmente maclada . Se observan algunas oquedades producto de la disolución de dicho mineral, Cuarzo=30% presentándose tanto monocristalino como policristalino, con formas de euhedrales a anhedrales y tamaño promedio de 0,3;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ =3% posiblemente pirita y Micas=7% entre las cuales están moscovita y biotita. (ver anexo # 2). Posee textura granoblástica como se observa en la figura # 46 y se le clasifica como mármol.

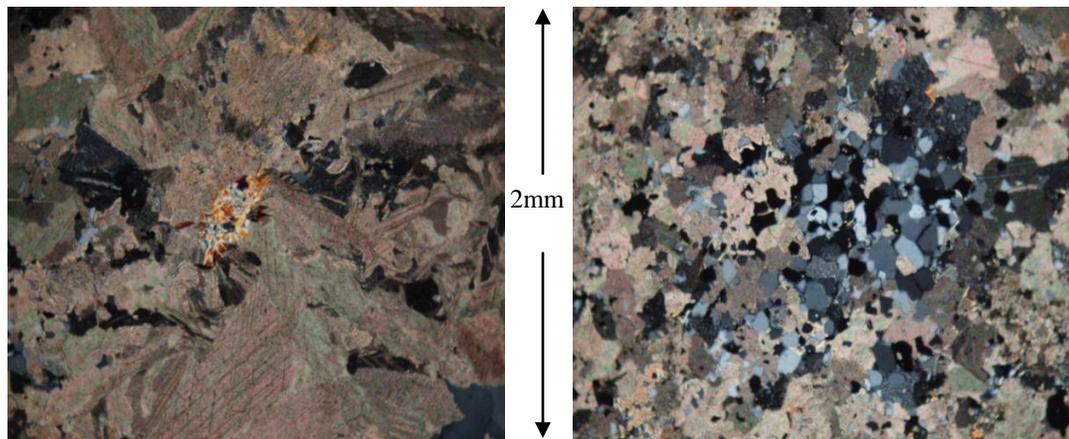


Figura # 46 (MMe16). A la izquierda abundantes cristales de calcita y en el centro biotita. A la derecha cristales de cuarzo rodeados de calcita. Fotos tomadas con objetivo de 20X en nícoles cruzados.

### 5.5.3. Muestra MMe 14

Esta roca es muy representativa del área de estudio, ya que presenta abundantes vetas de calcita y es de color gris. Su composición mineralógica está basada principalmente por Calcita= 75%, se presenta como granos alargados con maclado bien marcado; Cuarzo=10% policristalino y microcristalino siendo el más abundante el primero; minerales accesorios como micas moscovita y biotita 13%; y el resto se le atribuye al grafito y óxidos de hierro como pirita/hematita.

Posee textura de granoblástica dispuesta en forma de mosaico y se le clasifica como mármol. Véase anexo # 3.

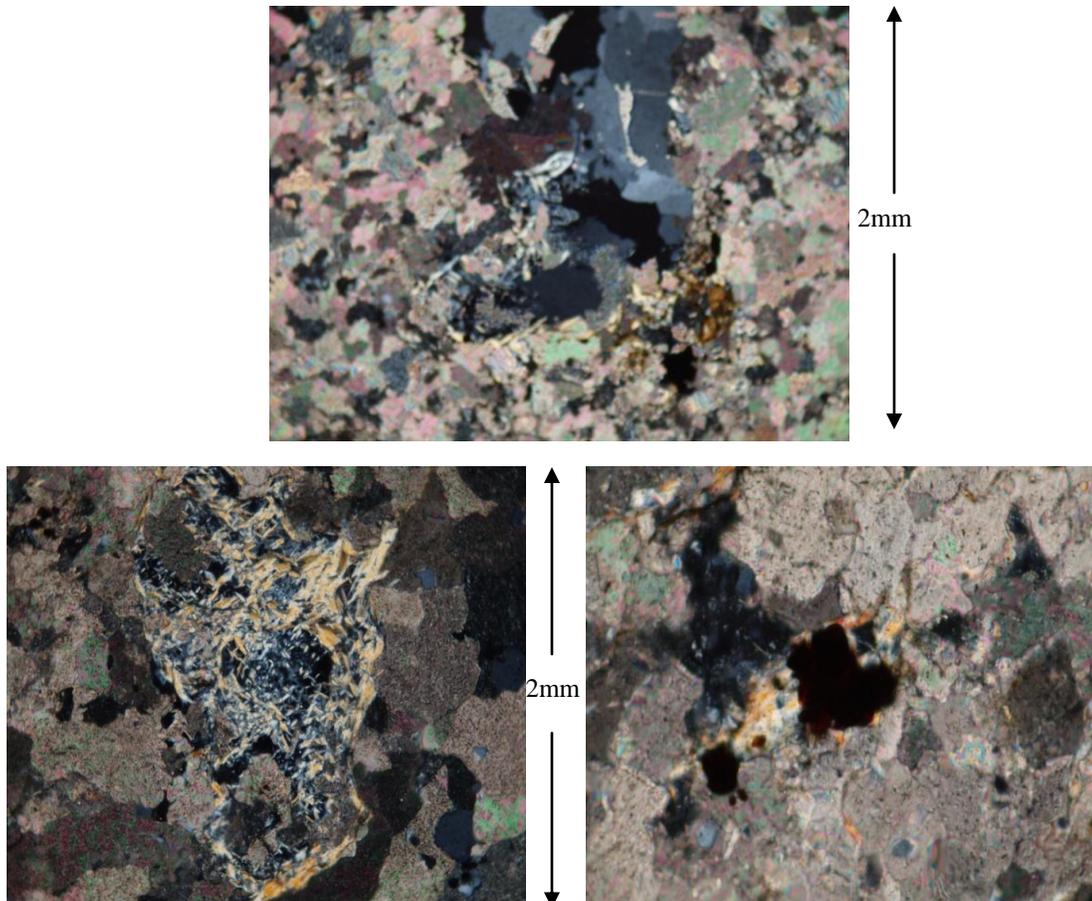


Figura # 47 (MMe14). Arriba cristales de cuarzo, rodeado de biotita, foto tomada con objetivo de 10X. Abajo a la izquierda conjunto de micas rodeadas de calcita, tomada con objetivo de 40X. A la derecha cristales de pirita y lo de mediana birrefringencia es mica biotita. Foto tomada con objetivo de 20X en nículos cruzados.

#### 5.5.4. Muestra MMe 29

En afloramiento esta roca posee un color gris azulado. Son visibles abundantes vetas de calcita formando un reticulado. La composición mineralógica es variada ya que presenta %Cuarzo=10; %Calcita=70 presentándose ejes paralelos, formas alargadas, con maclas polisintéticas y exfoliación rombohédrica; %Micas=10 (biotita y moscovita); %Grafito=5 y el resto en óxido de hierro como pirita.

Es observable en el microscópio la textura granoblástica, por lo cual se le clasifica como un mármol. (ver anexo # 4).

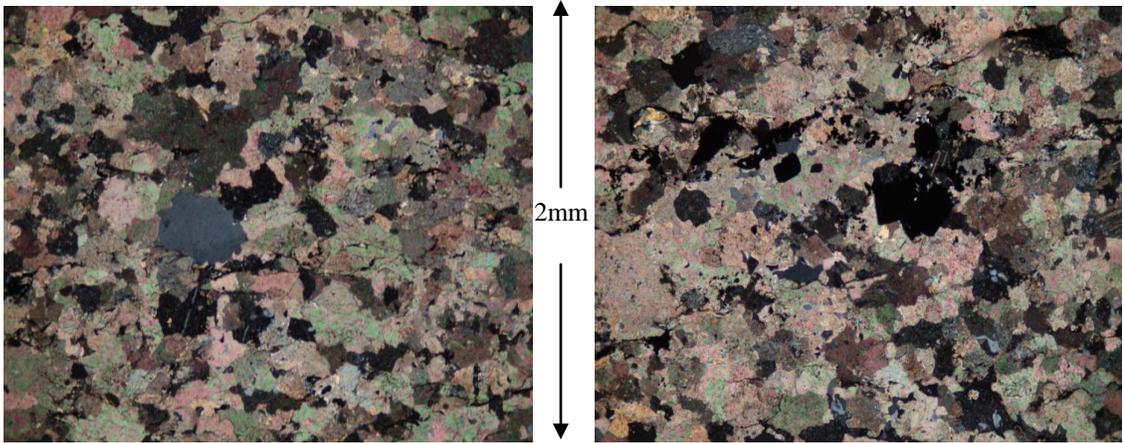


Figura # 48(MMe29). A la izquierda cristal de cuarzo dentro de calcita. A la derecha cristales de pirita rodeados de calcita. Fotos tomadas con objetivo de 10X en nícoles cruzados.

#### 5.5.5. Muestra MMe 28

Se observa una roca maciza con vetas de calcita y en la parte superior una pequeña capa de óxido. Su composición mineralógica está compuesta básicamente de %Calcita=65 se presenta en maclas polisintéticas y paralelas a la exfoliación; %Cuarzo=10; %Micas=5 (moscovita); % $\text{Fe}_2\text{O}_3$ =5 (pirita) y 15% de grafito. Posee textura foliada. De acuerdo a las características mencionadas de la clasifica a la roca como un esquisto calcáreo grafitoso. (ver anexo # 5).

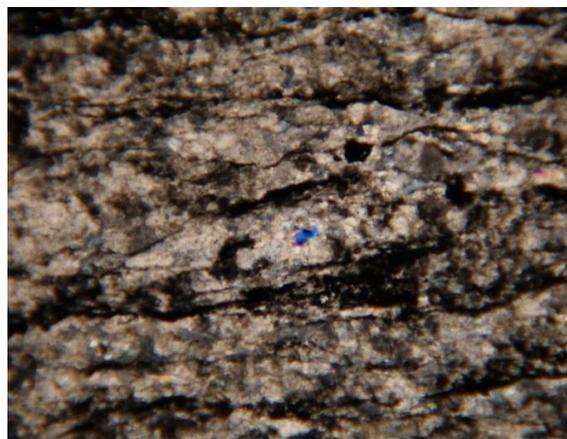


Figura # 49 (MMe28). Mineral de alta birrefringencia color azul (moscovita). y bandas negras de grafito.  
Foto tomada con objetivo de 10X en  
2mm nícoles cruzados.

### 5.5.6. Muestra MMe 26

Se observa una roca oscura por la abundancia de grafito, grano de fino a medio y delgadas vetas de calcita.

La composición mineralógica es principalmente %Cuarzo=10 presentándose tanto monocristalino como policristalino, con formas de euhedrales a anhedrales y tamaño promedio de 0,2; %Calcita=65 en cristales con maclas polisintéticas; %Micas=5 (moscovita-biotita); %Grafito=20, el resto del minerales se encuentra en cantidades menores de clorita, óxidos de hierro y epidoto. Con textura foliada, se le clasifica como esquistó calcáreo grafitoso. (ver anexo # 6).

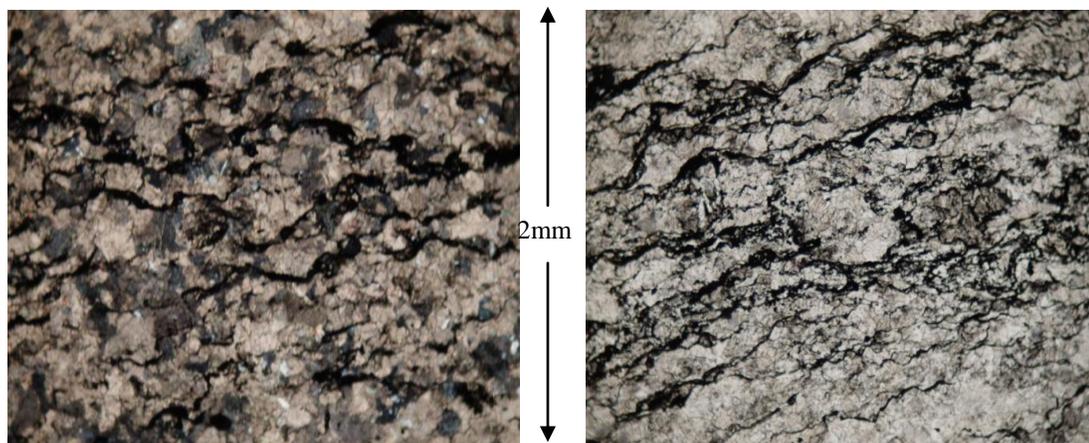


Figura # 50 (MMe26). A la izquierda cristales de calcita y bandas de grafito, en nicoles paralelos. A la derecha en nicoles cruzados grafito, siguiendo la dirección de foliación de la roca. Fotos tomadas con objetivo de 20X.

### 5.5.7. Muestra MMe 17

La roca en muestra de mano se observa foliada, con abundante sericita en la superficie y delgadas vetas de calcita, está compuesta mineralógicamente por un alto % de Calcita=60 en forma de cristales euhedrales dispuestos en bandas a lo largo

de la sección. El tamaño de los cristales varía de 0,74 mm a 0,19 mm, con tamaño promedio de 0,43 mm; %Cuarzo=15 se halla en su variedad monocristalina, con forma anhedral y tamaño promedio de 0,1 mm; % $\text{Fe}_2\text{O}_3$ =8 (pirita); %Micas=12(biotita-moscovita) y 5 % de clorita . Luego de describir esta sección fina y observar las características superficiales se le clasifica como esquisto calcáreo micáceo. (ver anexo # 7).

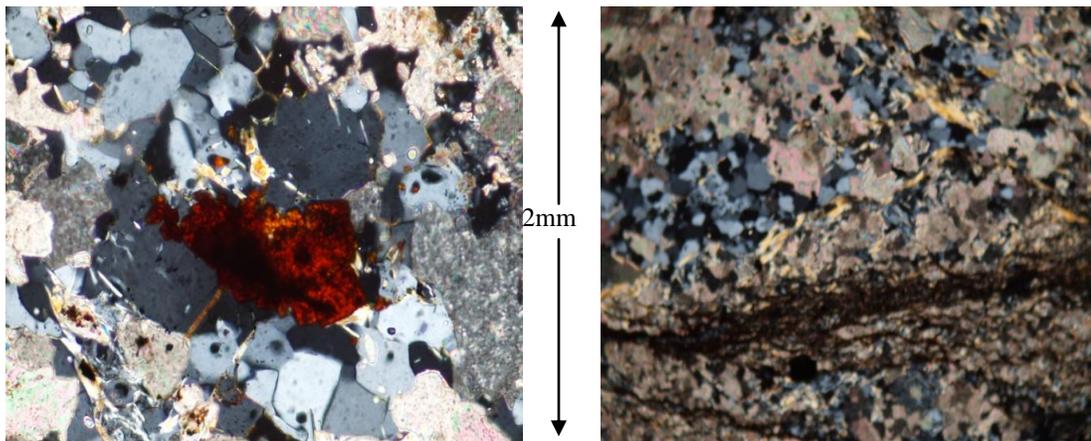


Figura # 51(MMe17). A la izquierda minerales de pirita, micas y cristales de cuarzo policristalino, foto tomada con objetivo de 40X. A la derecha foliación con alguna cantidad de oxido, mica biotita y cuarzo policristalino, tomada con objetivo de 10X en nícoles cruzados.

#### 5.5.8. Muestra MMe 27

Esta roca se observa bien fresca, con color gris azulado y delgadas vetas de calcita formando una especie de reticulado. Se presenta con capas alternadas de grano grueso a fino. Su composición mineralógica comprende %Calcita=75, en forma de granos irregulares variando entre los 0,02 mm y 0,5 mm y maclado polisintético bien marcado; %Cuarzo=10 policristalino y microcristalino; feldespatos (ortosa) 5%; %Micas=5 (biotita-moscovita); % $\text{Fe}_2\text{O}_3$ =3 posiblemente hematita; el resto de minerales accesorios de encuentra la pirita y otros filosilicatos como la clorita. Posee textura granoblástica. Se clasifica como un mármol. (ver anexo # 8).

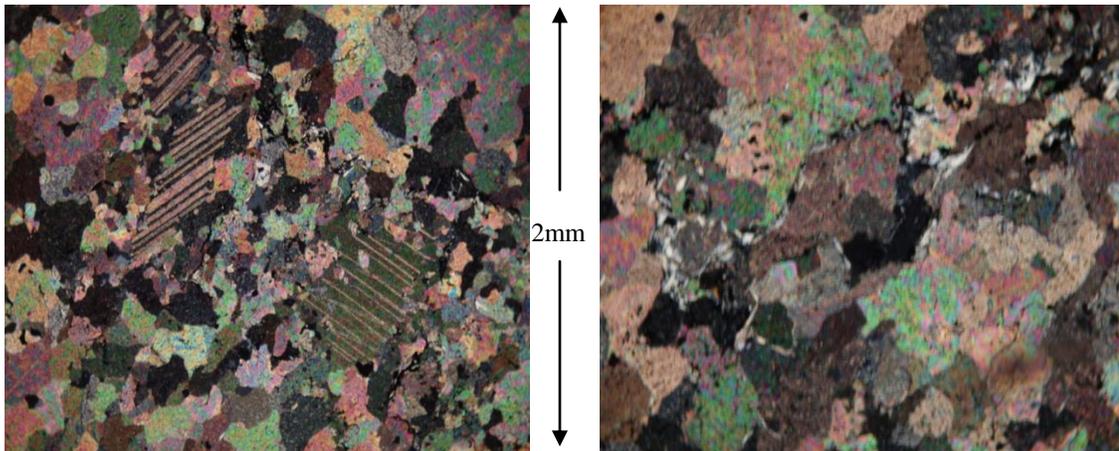


Figura # 52 (MMe27). A la izquierda minerales de calcita con maclado bien marcado y textura granoblástica característica de este tipo de roca, foto tomada con objetivo de 20X. a la derecha de igual manera cristales de calcita y particular mica blanca (fengita), foto tomada con objetivo de 40X y en nicoles cruzados.

## 5.6. METAMORFISMO

Una vez realizados los análisis petrográficos, los cuales permitieron reconocer más detalladamente la mineralogía de las rocas que comprenden este estudio, se pudo determinar la facies metamórfica a la cual pertenecen según las asociaciones mineralógicas. La asociación mineralógica le sitúa una zona a este tipo de rocas, para este caso es equivalente a la zona de la biotita, con variaciones minerales de biotita-clorita-moscovita-fengita-cuarzo-albita-calcita. Esta asociación coincide con SEIDERS (1965), DENG (1953) Y WEHRMANN (1972).

De acuerdo a todas las características mencionadas anteriormente, se le atribuyó a la zona de estudio un tipo de metamorfismo regional de grado medio de las calizas, de la facies de los esquistos verdes de la subfacies cuarzo-clorita-moscovita-biotita-albita, donde los grados intermedios de presión y temperatura aumentaron simultáneamente. YARDLEY & MACKENZIE (1972).

### 5.7. ENSAYOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS

Los ensayos químicos han sido elaborados con el propósito de cuantificar cada componente existente en cada muestra colectada en la fase de campo, y para estimar de varias maneras la concentración y variación vertical del carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) contenido en el yacimiento El Melero.

A continuación se presenta una tabla con un total de 30 muestras colectadas en la etapa de campo, las cuales fueron sometidas a análisis de fluorescencia de rayos X a través del espectrómetro XRF Oxford IB-LABX3000 de sobremesa, el cual incluye la medida rápida de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  y  $\text{MgO}$ .

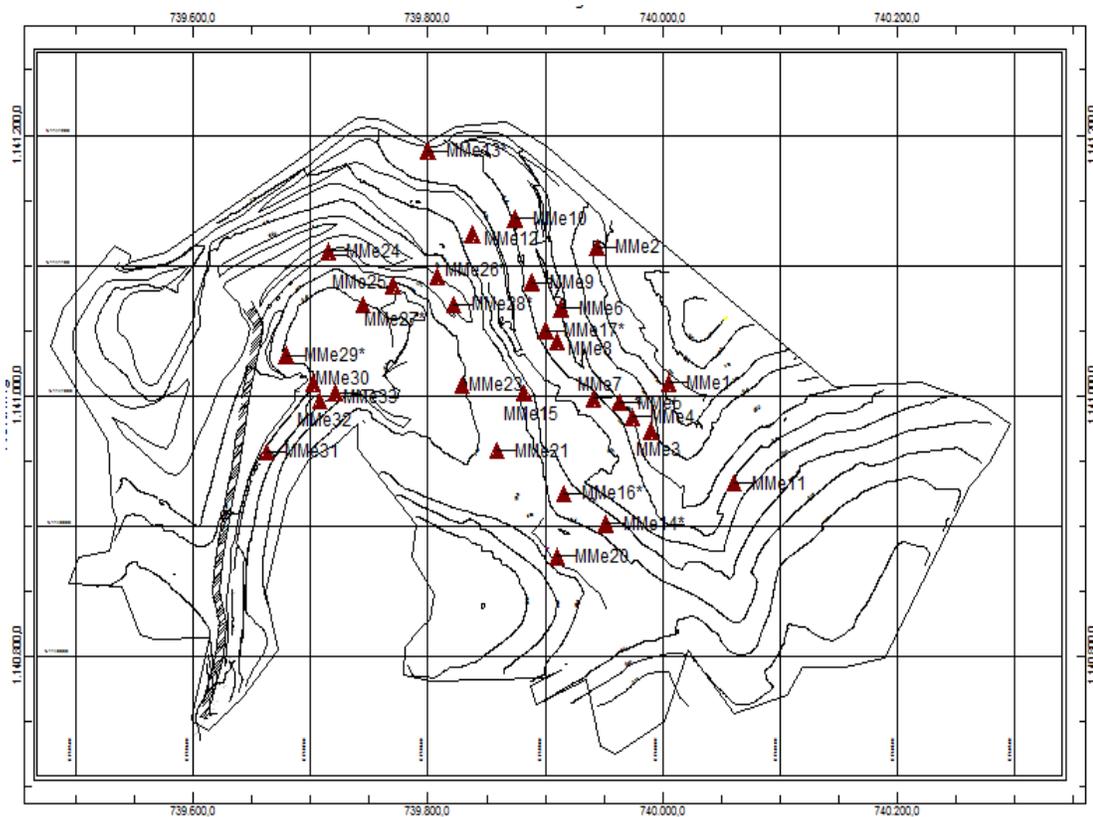


Figura # 52'. Muestreo realizado en el área de estudio, a los cuales se les realizó análisis químico. (ver tabla # 4)

Tabla # 4. Ensayos químicos realizados a muestras colectadas en el frente de explotación 2009.

PUNTO	MUESTRA	%CaO	%Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%SiO <sub>2</sub>	%MgO	%Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%CaCO <sub>3</sub>
P7	M2	24,1	3,14	39,9	0,77	5,63	42,994
P9	M4	44,07	0,68	11,09	0,49	1,62	78,621
P14	M7	47,6	0,38	6,98	0,34	0,89	84,918
P17	M9	40,78	0,88	19,68	0,29	1,76	72,752
P38	M21	42,03	0,85	14,78	0,34	2	74,982
P36	M20	33,19	1,79	26,53	0,35	3,8	79,211
P25	M12	33,29	1,55	24,96	0,32	1,72	59,389
P39	M23	43,05	0,63	15,24	0,54	2	76,801
P10	M5	44,13	1,07	14,71	0,53	1,6	78,728
P33	M18	43,85	1,28	14,91	0,29	0,81	78,228
P27	M13	12,09	5,01	58,53	0,84	12,69	21,569
P41	M24	17,78	3,06	34,03	0,21	7,63	29,560
P30	M16	33,02	1,37	28,29	0,3	2,66	58,908
P33	M15	49,03	0,48	7,88	0,29	0,97	87,470
P29	M14	47,48	0,52	8,34	0,25	1,35	84,704
P51	M29	48,56	0,51	8,49	0,3	0,9	86,631
P8	M3	41,58	1,18	16,51	0,25	2,02	74,179
P20	M11	36,91	1,39	20,24	0,86	1,85	65,847
P16	M8	46,89	0,52	8,56	0,58	1,61	83,652
P56	M33	39,53	1,72	16,29	0,28	3,35	70,522
P55	M32	27,22	4,45	28,81	0,22	4,69	48,560
P44	M25	35,19	1,22	21,22	0,24	2,79	42,779
P47	M27	43,27	1,05	13,67	0,25	2,77	77,194
P46	M28	39,95	0,75	18,97	0,26	2,24	71,271
P23	M17	40,51	0,98	18,53	0,28	2,23	72,270
P47	M27	42,29	0,65	7,72	0,19	1,2	75,445
P1	M1	34,56	1,2	18,9	0,25	1,95	61,655
P45	M26	42,15	0,98	13,15	0,25	1,97	75,196
P52	M30	46,05	6,1	56,68	0,41	13,45	79,713
P54	M31	31,35	3,76	12,45	0,8	4,89	55,928

### **CONSIDERACIONES GENERALES**

Las muestras **M27, M29, M9, M20, M14, M15, M18, M5, M23, M21, M7, M4, M10, M30, M31, M26, M8** son representativas de la unidad de mármoles. Contienen un alto porcentaje de calcita el cual supera los valores solicitados en planta  $> 75\%$  , lo cual induce a ser el material mayormente adquirido en el frente de explotación.

La cantidad de MgO en estas muestras no supera el 0,53%, lo que indica que es poco probable la dolomitización en ésta área. En cuanto al SiO<sub>2</sub> y Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> presente, oscilan entre el 7% y el 15% (SiO<sub>2</sub>) y entre 1% y 2% (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), los cuales se encuentran presentes en la cantidad de micas, cuarzo y feldespatos observados en las muestras en sección fina. La cantidad de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> obtenida está representada por la cantidad de óxidos observadas en las secciones petrográficas estudiadas de estos mármoles.

Las muestras, **M1, M17, M26, M32, M33, M12, M3, M16, M11, M8, M2, M28** son representativas de la unidad de esquistos (calcáreos-micáceos y calcáreos-grafíticos). La variación vertical de CaCO<sub>3</sub> que va desde 42% a 74% de concentración, demuestra que son el material secundario extraído del frente de explotación y que en ciertos casos cuando se mezcla con el material primario (mármol) le baja la calidad a los mismos.

El porcentaje de MgO no supera el 0,86% lo cual demuestra de igual manera que en el caso anterior, que la existencia de dolomita es muy baja. Por el contrario la aumento de SiO<sub>2</sub> (12%- 39%) y Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (4%- 7%) es notable y representativo de la cantidad de micas, feldespatos y cuarzo presente en las muestras colectadas. De igual manera el Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> contenido, refleja la cantidad de minerales de hierro como hematita y pirita observadas en muestras de mano y sección fina.

Las muestras **M13, M24, M25** con bajo contenido de  $\text{CaCO}_3$  (19%-30%), constituyen las rocas de la unidad de filitas, las cuales son las de menor provecho para la fabricación del cemento.

Presentan altos porcentajes de  $\text{SiO}_2$  (56%-58%) y  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (12%- 13%) indicativos principalmente del alto contenido de micas, y el moderado porcentaje de  $\text{MgO}$  (0,41%-0,84%) tampoco es muy relevante como en los casos anteriores. Estas muestras contienen mayor porcentaje de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (5%-6%), indicativo de que estas contienen mayor proporción de minerales de micas.

El valor (%) de  $\text{CaCO}_3$  reflejado en la tabla anterior, se realizó de dos maneras para corroborar los valores en algunos casos.

*En primer lugar*, se determinó el valor de éste mineral, mediante un factor multiplicador que resulta de la adición del PM de la formula necesaria ( $\text{CaCO}_3$ ) / PM de la fórmula original (CaO).

$$\frac{\text{PM} (\text{CaCO}_3)}{\text{PM} (\text{CaO})} = 1,784$$

Con el valor del factor de corrección 1,784 multiplicado por el valor del %CaO previamente derivado del análisis de fluorescencia de rayos X, se obtiene la concentración de  $\text{CaCO}_3$ .

*En segundo lugar*, se determinó el porcentaje del mineral necesario a partir del valor del dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ). La premisa es que en rocas muy carbonáticas la mayor parte del calcio se encuentra asociado al  $\text{CaCO}_3$ , de manera que a partir del % $\text{CO}_2$  asociado al %CaO se puede obtener este mineral. El  $\text{CO}_2$  se determinó por ensayos de pérdida al rojo vivo y por medio de la siguiente ecuación. GONZÁLEZ Y SANCHEZ, (2001)

$$\%CO_2 = \frac{\%CaO * PM CO_2}{PM CaO}$$

Sabiendo que la ecuación estequiométrica es:



Ejemplo: (por factor de corrección)

PUNTO	MUESTRA	%CaO	%CaCO3
P7	M2	24,1	42,994

$$\%CaO * 1,784 = 42,994$$

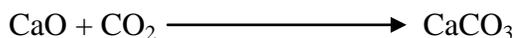
Ejemplo: por estequiometría

Sabiendo que: P.A (Ca)= 44; P.A (C)= 12; P.A (O)= 16

$$\%CO_2 = \frac{\%CaO * PM CO_2}{PM CaO}$$

$$\%CO_2 = \frac{24,1 * 12 + 16(2)}{44 + 16} = \frac{1060,4}{60} = 17,67\%$$

Por la relacion estequiométrica:



$$24,1 + 17,67 \longrightarrow 41,77 \text{ p/p}$$

Se observó que al comprobar el valor de concentración por el método estequiométrico, también es legal, ya que se reflejó un margen de error mínimo, con respecto al resultado obtenido mediante el factor de corrección.

### 5.7.1. ANÁLISIS QUÍMICOS DE LOS DATOS DE LAS PERFORACIONES

Con el fin de observar la distribución de concentración de calcita en el frente de explotación, se realizaron los siguientes perfiles de concentración del mineral, en base a los resultados de los ensayos químicos realizados en las campañas de perforación de los años 1994, donde se realizaron las perforaciones **P-1, P-2, P-3, P-4, P-5** y 1997 constituida por las perforaciones **P-1M, P-2M, P-3M, P-4M, P-5M, P-6M, P-7M**, los cuales fueron analizados en primera instancia por Ernesto Alcaíno A.

Los núcleo de perforación a los cuales se le realizaron ensayos químicos fue a los del año 1997, ya que de los del año 1994 no se encontraron los datos de ensayos químico.

Tabla # 4. Datos de las perforaciones.

<b>NOMBRE</b>	<b>COORDENADA NORTE</b>	<b>COORDENADA ESTE</b>	<b>COTA (m)</b>	<b>PROFUNDIDAD (m)</b>
P-1	1140777	740017	679,8	42
P-10M	1141048	739603	589,73	47,75
P-1M	1141017	739738	569,59	65
P-2	1141069	740078	679,8	45
P-2M	1141048	739679	582,28	73,1
P-3	1140955	739964	685	70
P-3M	1140970	739840	581,7	49
P-4	1141010	739999	705,3	50
P-4M	1141082	739840	632,32	70
P-5	1141006	740028	696	30
P-5M	1141130	739629	612,38	32,4
P-6M	1141082	739655	590,55	70,1
P-7M	1141100	739762	603,3	75,1
P-8M	1141163	739738	621,45	106,6
P-9M	1141185	739682	646,45	75

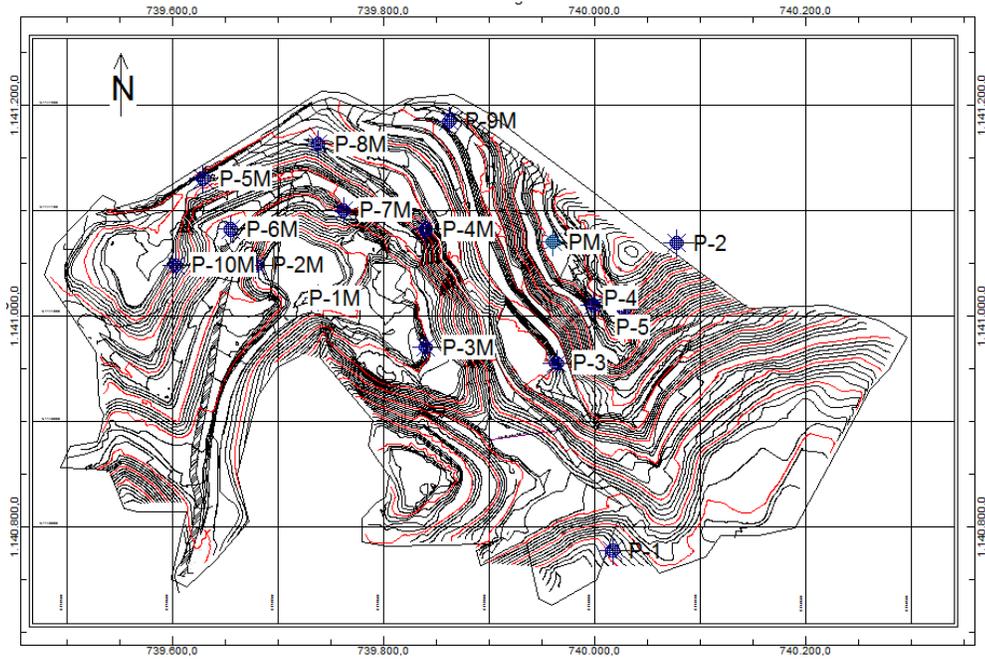


Figura # 53. Ubicación de las perforaciones en el área de estudio.

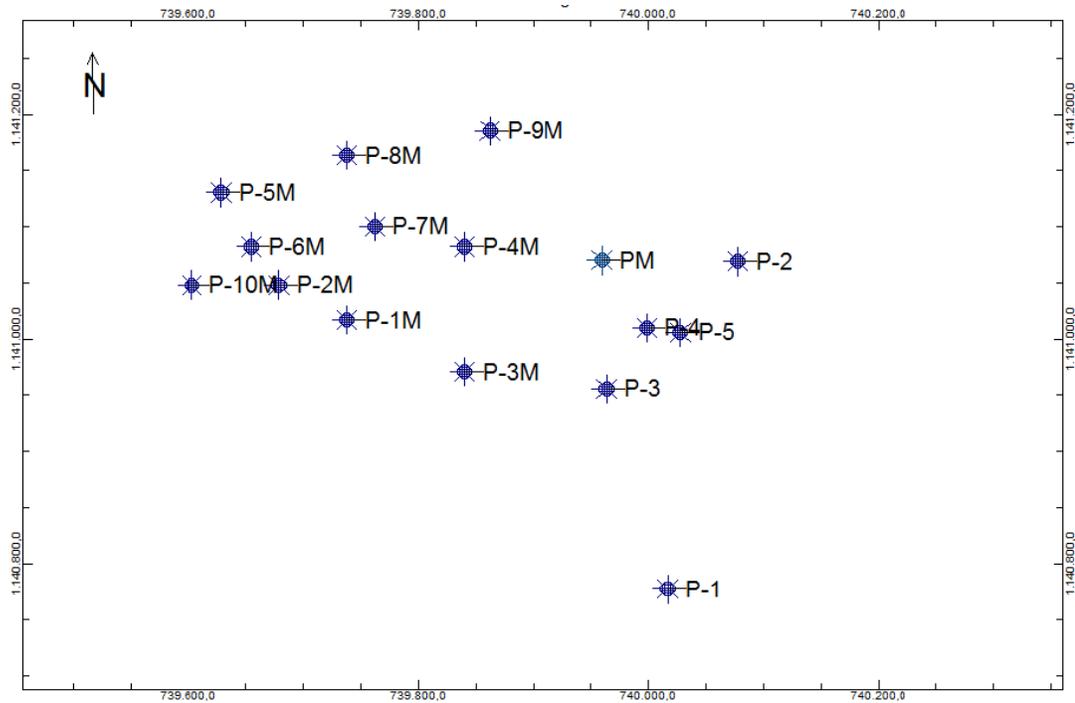


Figura # 54. Distribución de las perforaciones.

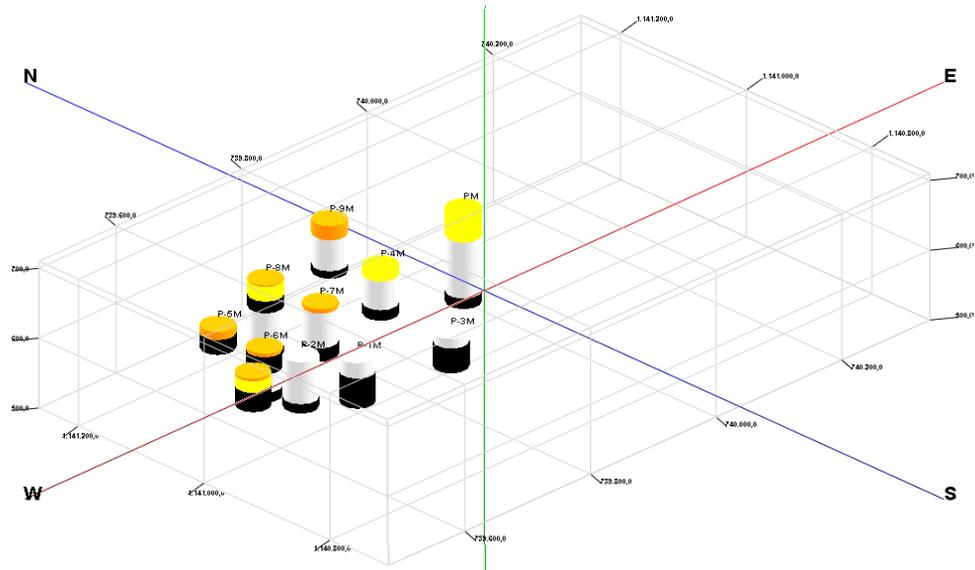


Figura # 55. Distribución de las perforaciones en profundidad. En naranja material descompuesto, el cual incluye estéril (suelo) y fragmentos de esquistos calcáreos micáceos. En amarillo esquistos calcáreos micáceos. Gris el mármol y negro el esquistos calcáreos grafitosos (ver anexo # 11).

Para realizar el análisis de estas perforaciones vistas en profundidad (ver figura # 55), se tomaron solo en cuenta las concentraciones de  $\text{CaO}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{MgO}$  y  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , ya que son los componentes mayoritarios presentes en los núcleos de perforación estudiados. (ver anexos #

El  $\text{CaO}$  el cual se refleja en las siguientes figuras, ya transformado en  $\text{CaCO}_3$  es el componente mayoritario en la mayoría las muestras analizadas, representa la mena en éste estudio, ya que es el mineral principal para le elaboración del cemento.

El  $\text{SiO}_2$ , es el segundo componente importante, ya que su composición en los siguientes análisis, puede representar bien sea la cantidad de silicatos o filosilicatos en las muestras. Se indicará para cada figura que minerales representa mayoritariamente.

Luego sigue el óxido de hierro, el cual está representado por los minerales nombrados en los análisis petrográficos y por último, en menor cantidad, se refleja la composición del óxido de magnesio, el cual se explicó de igual manera que los demás componentes.

***Perfil #1. P-1M***

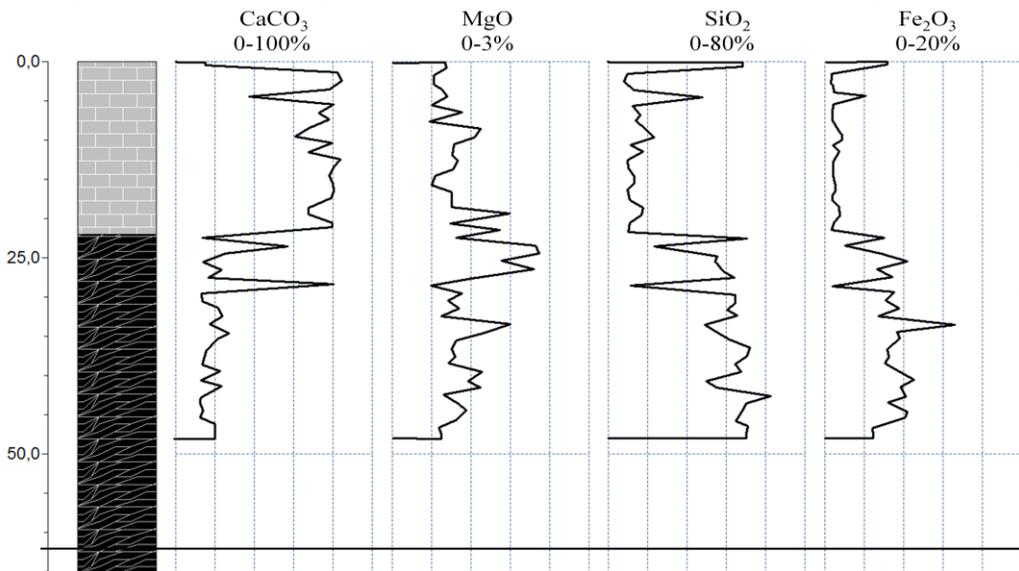


Figura # 56. Columna litológica del pozo P-1M y perfiles de distribución de concentraciones de CaCO<sub>3</sub>, MgO, SiO<sub>2</sub> y Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> en p/p. (porcentaje en peso)

El gráfico describe la columna litológica de la perforación P-1M y las concentraciones de CaCO<sub>3</sub> en una escala de 0 a 100%, MgO (0-3%), SiO<sub>2</sub> (0-80%) y Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (0-20%). En los perfiles se observa la variación vertical de cada uno de los óxidos leídos a través del espectrómetro XRF Oxford IB-LABX3000.

Litológicamente, presenta esquisto calcáreo grafitoso con 53 m de espesor y 22 m de mármol hacia la parte más superficial de la perforación.

Químicamente, el carbonato de calcio presenta una variación vertical a los 5 m de la perforación, donde se observa un incremento del óxido de magnesio, óxido de sílice y óxido de hierro.

A partir de los 22 m disminuye el porcentaje de carbonato de calcio, debido a dicho incremento MgO (1,7%), SiO<sub>2</sub> (68%) y Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (16%). Solo en algunos tramos puntuales (23 m y 30 m), se observa un aumento de hasta 75% de CaCO<sub>3</sub>, promedio en el cual se encuentra la concentración del mismo. (ver anexo # 9).

**Perfil #2. P-2M**

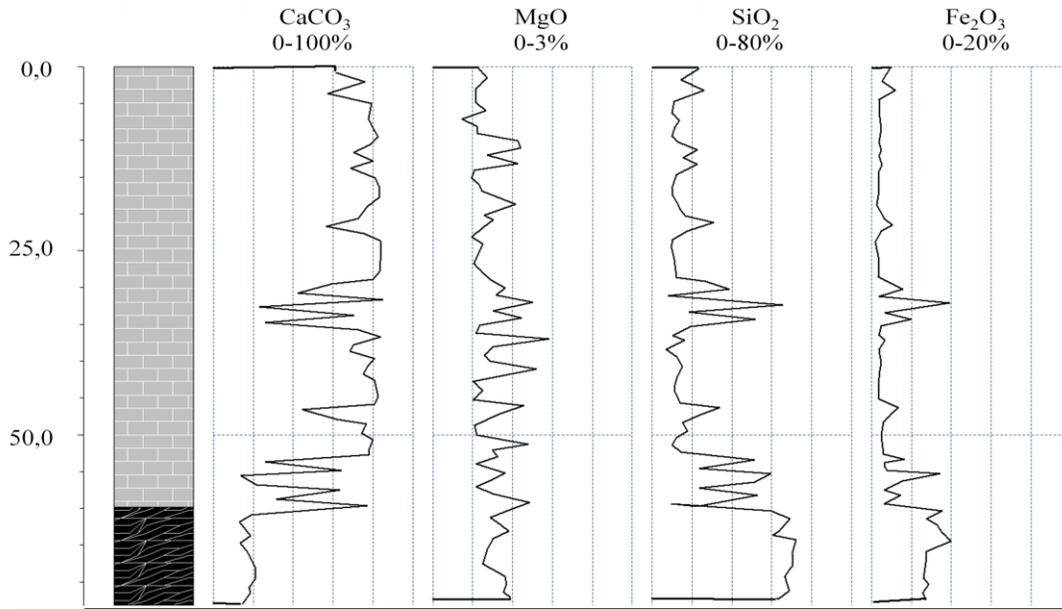


Figura # 57. Columna litológica del pozo P-2M y perfiles de distribución de concentración de CaCO<sub>3</sub>, MgO, SiO<sub>2</sub> y Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> en p/p.

Litológicamente, la perforación P-2M, presenta un espesor de 60 m de mármol, donde se observa el cambio litológico a esquisto calcáreo grafitoso con unos 15 m de profundidad. Esta perforación representa un volumen bien representativo para efectos de producción. (ver figura # 57).

Químicamente, presenta valores de calcita importantes para la elaboración del cemento (>80%), con variaciones entre los 25- 30 m de profundidad donde se observa un aumento de MgO (0,8%), SiO<sub>2</sub> (61%) y Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (8%), produciendo un mínimo descenso de CaCO<sub>3</sub> en éste sector.

Luego se va incrementando hasta los 60 m de profundidad, donde aumenta significativamente la concentración de óxido de sílice hasta unos 55%. (ver anexo # 9).

**Perfil #3. P-3M**

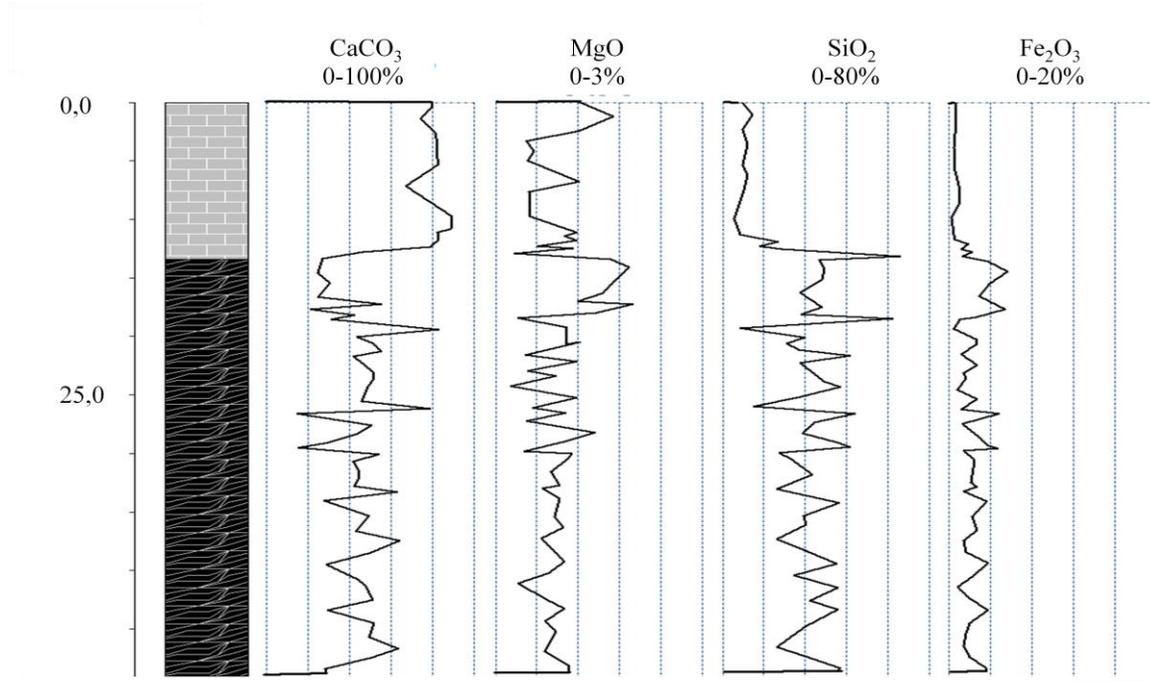


Figura # 58. Columna litológica del pozo P-3M y perfiles de distribución de concentración de CaCO<sub>3</sub>, MgO, SiO<sub>2</sub> y Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> en p/p.

La figura # 58 de la perforación P-3M, presenta muchas variaciones químicas, aunque para efectos de producción es bien aprovechable debido a las siguientes características: Litológicamente, se observa un espesor de mármol (13,4 m) de profundidad, mientras que de esquisto calcáreo grafitoso presenta una profundidad hasta la base de la perforación de 37,6 m.

Químicamente, se observa un incremento de MgO (1,8%), SiO<sub>2</sub> (75%) y Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (7%) entre los 10- 18 m de profundidad, con descenso del carbonato de calcio, el cual comienza a aumentar con ciertas variaciones hasta los 26 m.

Luego se mantiene con un valor de 62% hasta la parte inferior de la perforación, el cual sigue siendo un valor óptimo para la producción ya sea para mezcla en la elaboración del cemento o para material agregado. Los promedios y las variaciones se pueden observar en anexo # 9.

**Perfil #4. P-4M**

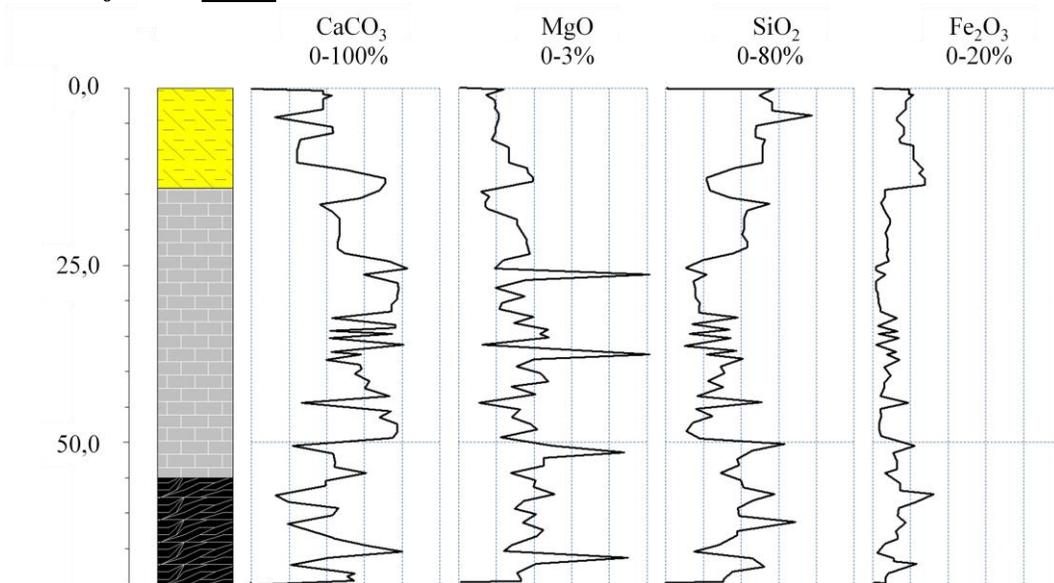


Figura # 59. Columna litológica del pozo P-4M y perfiles de distribución de concentración de CaCO<sub>3</sub>, MgO, SiO<sub>2</sub> y Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> en p/p.

Litológicamente, la perforación P-4M comprende desde el tope, esquistos calcáreos micáceos hasta los 14,1 m, luego una buena proporción de mármoles con 41 m de profundidad y finalmente esquistos calcáreos grafitosos con 15 m.

Químicamente, en los primeros metros de la perforación no se observan valores representativos de calcita (42%), más bien se observa un aumento del SiO<sub>2</sub> que alcanza (60%) aproximadamente.

Ésta concentración elevada es debida mayormente a la cantidad de micas (sericita-moscovita-fengita), y una menor proporción es debido al cuarzo presente en el área. Desde los 14 m hasta el final de la perforación se mantiene más o menos estable el valor de CaCO<sub>3</sub>, con valores entre 60%-80% y se observan picos marcados

que representan el incremento parcial del óxido de magnesio hasta 3%, el cual hace bajar la calidad del material principal en este estudio ( $\text{CaCO}_3$ ). (ver anexo # 9).

**Perfil #5. P-5M**

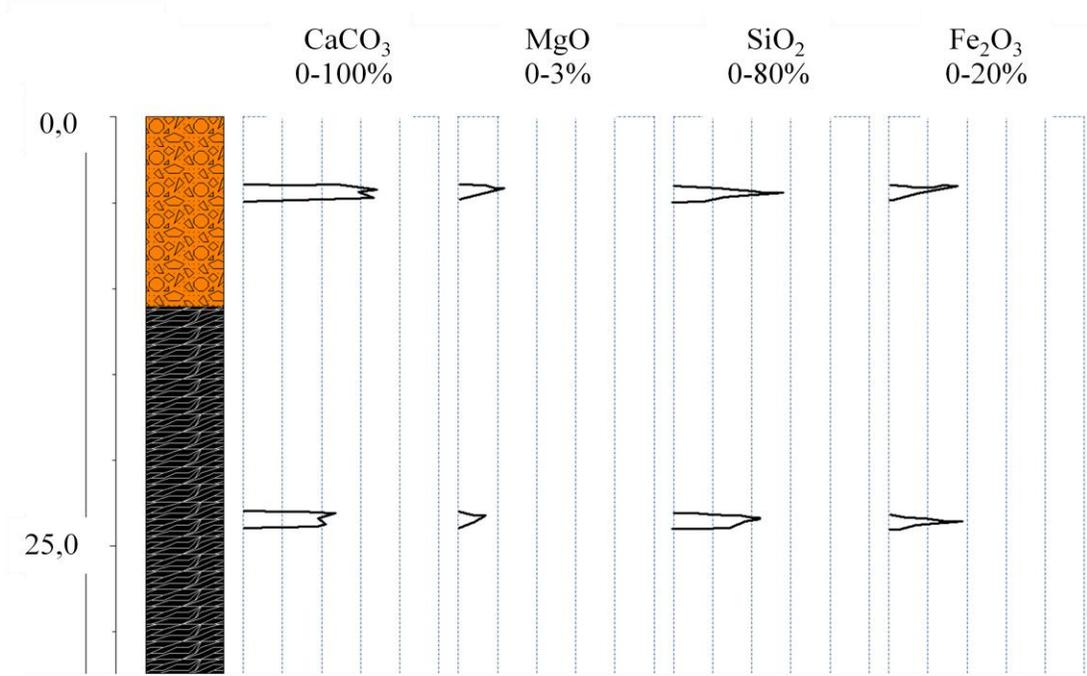


Figura # 60. Columna litológica del pozo P-5M y perfiles de distribución de concentración de  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{SiO}_2$  y  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  en p/p.

La figura # 60, de la perforación P-5M, representa de igual manera que en los casos anteriores, la variación o distribución vertical de las concentraciones de óxidos leídos en los ensayos de fluorescencia de rayos X. Para este caso solo se realizó ensayos químicos a dos sectores, ya que se encontraron dos tipos de litologías que no son de mayor provecho.

En el primer punto a los 5 m, representado litológicamente por material descompuesto (mezcla de los distintos materiales muy fragmentados). Presenta concentraciones de  $\text{CaCO}_3$  (62%),  $\text{MgO}$  (0,5%),  $\text{SiO}_2$  (45%) y  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (17%).

En el segundo punto a los 24 m, se encuentra una litología de esquistos calcáreos grafitosos, químicamente con proporciones de calcita de 42% el cual no es

aprovechable como materia prima y valores de MgO (0,2%), SiO<sub>2</sub> (38%) y Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (17%). Co toda esta información se corroboró que a pesar de la poca información, en cuanto a composición química de esta perforación, que el material presente an la misma posee concentraciones optimas para realizar mezclas y llegar al nivel exigido para la elaboración del cemento.(ver anexo # 9-10).

### ***Perfil #6. P-6M***

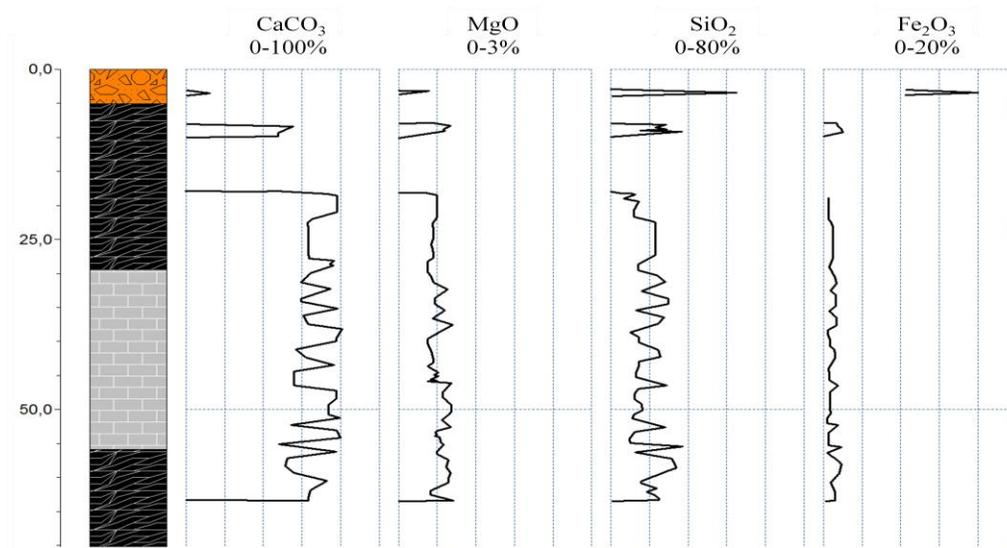


Figura # 61. Columna litológica del pozo P-6M y perfiles de distribución de concentración de CaCO<sub>3</sub>, MgO, SiO<sub>2</sub> y Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> en p/p.

En el figura # 61, se puede observar que la perforación P-6M está compuesta litológicamente en la parte superior por 5 m de material descompuesto, seguida de esquistó calcáreo grafitoso (24 m), 27 m de mármol y al final de la perforación se observaron 14 m de esquistó calcáreo grafitoso.

Químicamente, se observó que en los primeros metros de la perforación no se pudo recuperar bien el material, por lo que no se tienen valores consecutivos de los óxidos de sílice, magnesio, hierro ni de carbonato de calcio. Pero a partir de la profundidad de 18 m aproximadamente, se observaron valores de CaCO<sub>3</sub> bien representativos entre 60%-80%, valores de MgO que no superan el 0,8%, SiO<sub>2</sub> (35%)

y  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (3%). (ver anexo # 9-10).

**Perfil #7. P-7M**

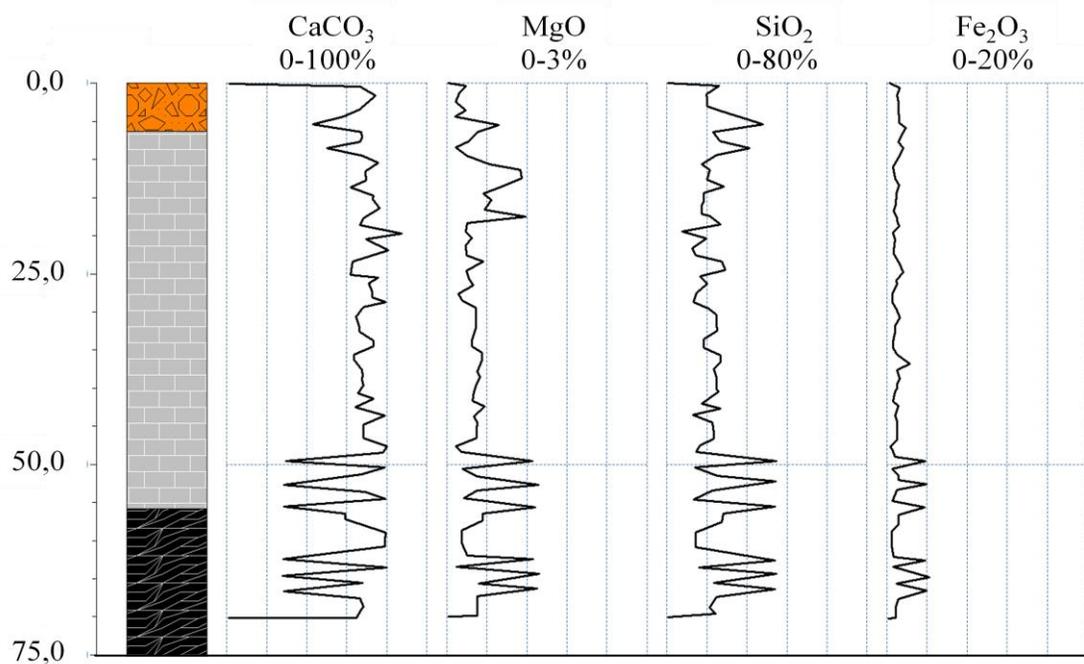


Figura # 62. Columna litológica del pozo P-7M y perfiles de distribución de concentración de  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{SiO}_2$  y  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  en p/p.

En la figura # 62, se muestra la columna litológica de la perforación P-7M, con la distribución vertical de las concentraciones de los óxidos presentes.

Litológicamente, está conformada por tres tipos, desde el tope de la perforación se encuentra material descompuesto (6m), 60 m de mármol conformando el tipo litológico mas resaltante de esta sección y al final se observa esquisto calcáreo grafitoso.

Químicamente, se observa que es un material rico en  $\text{CaCO}_3$ , a lo largo de los 70 m, ya que en los últimos 5 m de perforación no se encontraron datos químicos. Se observa un incremento de los tres óxidos restantes entre los metros 50 y 65,  $\text{MgO}$

(1,2%),  $\text{SiO}_2$  (40%) y  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (1,5%), con picos bien resaltantes en esta área. (ver anexo # 10).

**Perfil #8. P-8M**

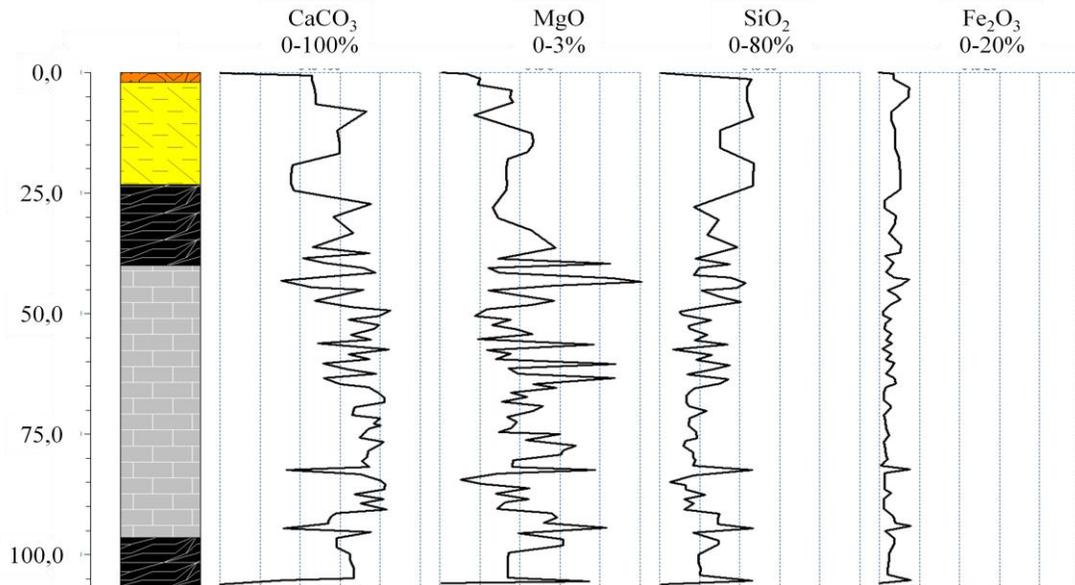


Figura # 63. Columna litológica del pozo P-8M y perfiles de distribución de concentración de  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{SiO}_2$  y  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  en p/p.

Litológicamente, se observan cambios a lo largo de toda la perforación P-8M representado en la figura 63, empezando con 2 m de material descompuesto conformado químicamente por 42% de calcita aproximadamente, 0,4% de  $\text{MgO}$ , 30% de  $\text{SiO}_2$  y 1,5% de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

Hasta los 24 m de profundidad se observa esquisto calcáreo micáceo conformado por valores de calcita no mayor a 63% y valores de  $\text{MgO}$  (0,5%),  $\text{SiO}_2$  (hasta 40%) y de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (0,5%). A los 27 m se observa un cambio litológico a esquisto calcáreo grafitoso, compuesto químicamente por concentraciones regulares de calcita y demás óxidos no muy relevantes en cuanto se dice a material económicamente rentable, en este tramo se presentan picos altos de  $\text{MgO}$  el cual alcanza los 3% en p/p.

Luego se observa el tipo litológico-químico con más relevancia en toda la perforación, representada por el mármol con valores de calcita que oscilan entre los 70-80%. Finalmente, se encuentra de nuevo en la base de la perforación esquistos calcáreo grafitoso con las mismas características que el antes mencionado. (ver anexo # 10).

**Perfil #9. P-9M**

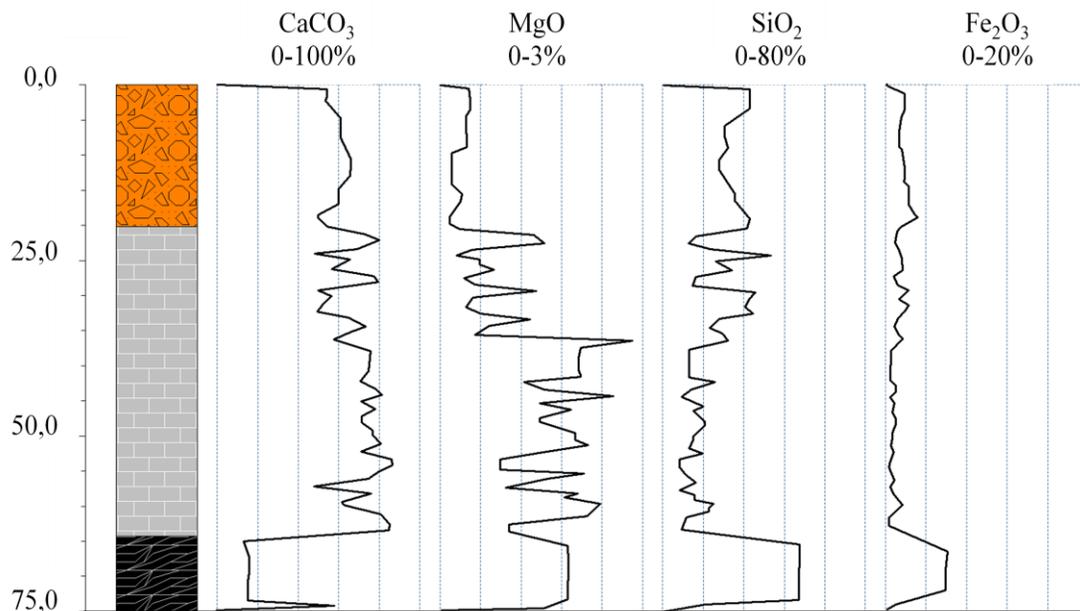


Figura # 64. Columna litológica del pozo P-9M y perfiles de distribución de concentración de  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{SiO}_2$  y  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  en p/p.

Litológicamente, la columna P-9M de la figura # 64, se encuentra representada por 20 m de material descompuesto desde la parte superior, seguido de 45 m de mármol y hacia la base de la perforación se encuentran 10 m de esquistos calcáreo grafitoso.

Químicamente, esta columna presenta concentraciones de calcita (entre 60% y 82%) (ver anexo # 10), lo cual indica que es un material aprovechable para efectos de la elaboración del cemento.

Mientras que los valores de MgO (0,5-3%), SiO<sub>2</sub> (hasta 40%) y de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (0,5-2%), no son muy relevantes y no producen cambios que puedan afectar la concentración del material. Solo en los últimos 10 m de la perforación se observa un cambio abrupto de los porcentajes de dichos óxidos.

***Perfil #10. P-10M***

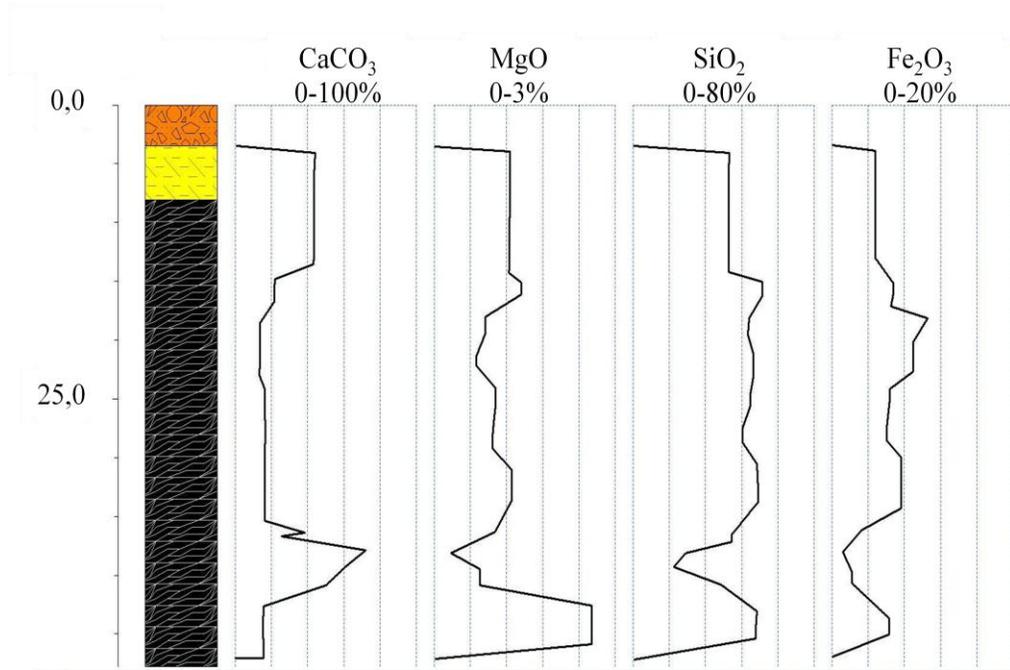


Figura # 65. Columna litológica del pozo P-10M y perfiles de distribución de concentración de CaCO<sub>3</sub>, MgO, SiO<sub>2</sub> y Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Litológicamente, en la figura # 65 se observó desde el tope con material descompuesto con un espesor de 3 m, seguido de esquisto calcáreo micáceo con 5 m de espesor y el resto de la perforación está representada por esquisto calcáreo grafitoso.

Químicamente, los primeros 25 m no sobrepasan el 41 % de calcita. El resto de la perforación muestra concentraciones no mayores de MgO (1,5%), SiO<sub>2</sub> (45%) y Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (8%).

Estas concentraciones indican que el material presente no es óptimo para la elaboración del cemento.

En los siguientes 25 m de perforación se mantienen los valores de los óxidos, excepto entre los metros 35 y 40 donde se observa un pequeño incremento de calcita que no sobrepasa 63%. En los últimos metros de la perforación se observa un incremento bien significativo de los MgO (2,5%), 50% de SiO<sub>2</sub> y 10% de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. (ver anexo # 10).

### ***CONSIDERACIONES GENERALES***

En vista de todo lo anterior se puede decir que los ensayos químicos realizados a las muestras de mano (Ver tabla de resultados químicos), tienen mucha relación con los ensayos químicos realizados por FNC en la campaña de 1997. Se observan valores de calcita oscilan entre 65% y 88%, el SiO<sub>2</sub> no varía significativamente, ya que esta atribuido principalmente a las mica, cuarzo y feldspatos presentes hacia el noreste del área de estudio. En cuanto al óxido de magnesio en los ensayos realizados a las muestras de mano, no sobrepasa de 0,9%, mas sin embargo en los ensayos químicos realizados a las perforaciones en 1997, se observan incrementos de hasta el 3%, que ante el porcentaje presente de calcita no es muy relevante ni altera químicamente la concentración del material económicamente rentable. El óxido de hierro cuantificado en los análisis petrográficos, no varía mucho en comparación a los resultados vistos en las graficas de los perfiles descritos anteriormente, y es atribuido principalmente a los minerales de pirita y hematita observados en dichos análisis.

Efectivamente todos los datos son relativamente semejantes, ya que la mayoría de las muestras colectadas en la etapa de campo, corresponden a las litologías descritas en las perforaciones, ya que en la actualidad todas son observadas en afloramiento, debido a la constante explotación que realizan en la cantera.

## CAPÍTULO 6

### GEOLOGÍA DE YACIMIENTOS

#### *6.1. GENERALIDADES*

Un yacimiento geológico, es una formación en la que está presente una concentración estadísticamente anómala de minerales (depósitos minerales) presentes en la corteza terrestre o litósfera.

Un yacimiento minero es aquel yacimiento en el cual la calidad y cantidad de los minerales presentes justifica un mayor estudio, el cual tiene por objetivo definir en cantidad, calidad, profundidad y dimensión el yacimiento con el fin de desarrollar las actividades mineras para que la explotación del yacimiento sea económicamente rentable y acorde con las tecnologías actuales.

La mayoría de los elementos químicos naturales, incluso los menos abundantes, se encuentran en la corteza en cantidades considerables. Sin embargo, para que sean extraíbles se necesitan concentraciones que sólo aparecen de manera excepcional, además de unas adecuadas condiciones de accesibilidad. Algunos procesos geológicos internos y externos pueden producir localmente concentraciones económicas de materiales como menas explotables de metales, carbón o hidrocarburos.

El cálculo de reservas no es solo el conjunto de operaciones del computo, sino es principalmente el análisis y la generalización de todos los datos experimentales obtenidos el proceso de estudio geológico del yacimiento. Tomado de A.B KAZHDAN (1982).

## 6.2. CRITERIOS PARA DEFINIR EL YACIMIENTO

Se utilizaron criterios litológicos y químicos para definir las dimensiones del yacimiento de El Melero. Los primeros fueron establecidos por Fábrica Nacional de Cemento, en atención a las necesidades de la planta Ocumare del Tuy ( $\text{CaO} > 42\%$ ); los criterios litológicos son producto del estudio geológico de superficie y revisión de los datos de las perforaciones.

Tabla # 5. Tipos químicos y litológicos.

Tipo Litológico		Tipo Químico	% $\text{CaCO}_3$	Características Litológicas
M	MCG	1	>75	<b>MÁRMOL:</b> De color gris azulado, con abundantes vetas de calcita blanca a amarillenta, generalmente con espesores >40cm. Incluye los mármoles diaclasados de la zona noroeste.  <b>MÁRMOL (en capas delgadas):</b> De color gris azulado a gris oscuro por el contenido de grafito, presencia de vetas de calcita y cuarzo.
	MCD			
	MD	2		
ECM		3	>= 65	<b>ESQUISTO CALCÁREO-MICÁCEO:</b> Son principalmente sericíticos, por lo regular van de color marrón grisáceo, amarillentos a rosado y gris oscuro. Se observan abundantes vetas de calcita.

<p><b>ECG</b></p>	<p>4</p>	<p>&gt;40&lt;70</p>	<p><b>ESQUISTO CALCÁREO GRAFITOSO:</b>                  Van de color gris oscuro a negro por el alto contenido de grafito, el espesor va desde los 10cm hasta 26cm, Generalmente se observan bandeados y plegados con presencia de vetas de calcita entre las fracturas y en algunos puntos vetas de cuarzo blanco a cristalino</p>
<p><b>F</b></p>	<p>5</p>	<p>&lt;30</p>	<p><b>FILITAS:</b>                  Se presentan de varias tonalidades que van desde el gris hasta el marrón parduzco, esto debido al moderado grado de meteorización presente en la zona.</p>

La cantera se ha desarrollado principalmente, con la explotación del (M), gris azulada como se muestra en la figura # 66, que conforma la parte central y sur de la misma y donde predomina igualmente lo que se denominó químicamente roca tipo 1, con valores de CaCO<sub>3</sub> >75 %.

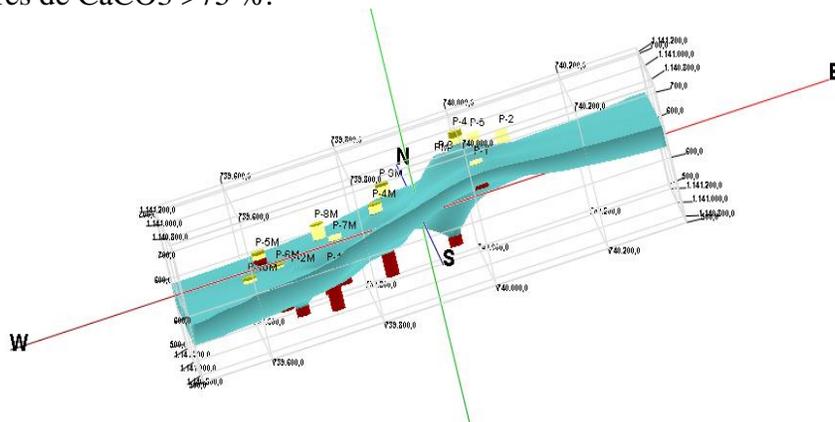


Figura # 66. Área con material económicamente rentable en la cantera.

Además del mármol gris azulado y gris oscuro tipo 1 y 2, existe un tipo menos importante, constituido por una espesa secuencia de esquistos calcáreo-micáceo (ECM) y esquistos-calcáreos-grafitosos (ECG).

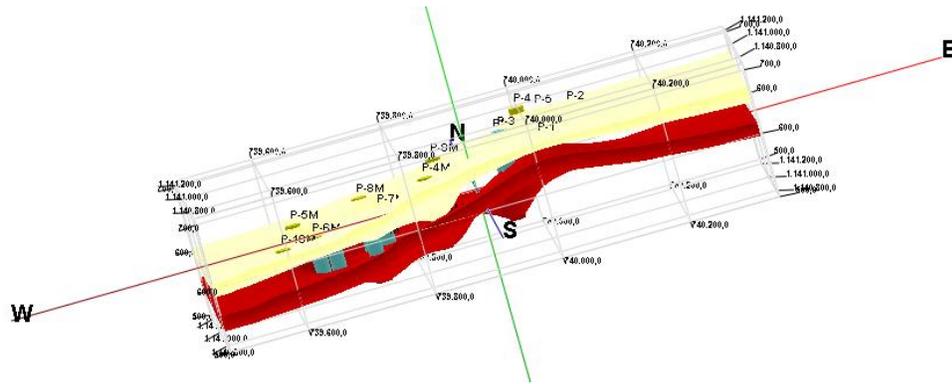


Figura # 67. Área con ECM Y ECG.

Todo esto en la parte norte y este del frente de explotación, conformado por los tipos químicos-litológicos 3 y 4 que no son utilizados como materia prima principal para la elaboración del cemento.

Sin embargo, son de provecho como material de agregado o para mezclas porque poseen una extensión importante en toda el área como se observó en la figura # 67, y además que a lo largo del litotipo ECM, se encuentran delgadas capas lenticulares de mármol, encontrado hacia la zona media del frente de explotación, que también son de importancia, ya que éste material al no poseer tanta pureza en  $\text{CaCO}_3$ , puede ser empleado para elaborar mezclas que puedan alcanzar la concentración mínima de mineral para la elaboración del cemento. (ver anexo # 14).

### **6.3. RESERVAS**

En la cantera El Melero, se reconoce un alto grado de aproximación entre la interpretación geológica y porcentaje de material económicamente rentable, y se acepta un nivel de riesgo no cuantificable en cuanto al límite inferior del cuerpo calcáreo; esto es consecuencia de la escasa profundidad alcanzada por algunas perforaciones y ante la imposibilidad de revisar los testigos de las perforaciones y así compararlos con los resultados analíticos, lo cual evidentemente, va a tener incidencia en el volumen de reservas a ser determinadas.

En vista de lo anterior, se han definido las reservas probadas y reservas probables dentro de los siguientes términos:

#### **6.3.1. Reservas probadas**

El volumen de reservas cuantificadas como del tipo litológico M (Tipo químico 1) cuya secuencia fue cortada por las perforaciones.

#### **6.3.2. Reservas probables**

El volumen de reservas del tipo 1 que se encuentra en el área SW, de las cuales no se tiene cuantificada la cantidad de material económicamente rentable, pero se observan afloramientos que poseen este tipo de características, representativas del tipo litológico 1.

La separación, casi en partes iguales de las reservas de alto y mediano contenido de CaCO<sub>3</sub>, hace recomendable la explotación de la cantera en dos frentes, uno en cada sector de mármol, con lo cual se aprovecharán más eficientemente las reservas, a la vez que se suministrará a la planta de cemento un

material más cercano a la mezcla deseable que contenga  $> 75 \%$  de  $\text{CaCO}_3$ , y el otro en cada sector donde se encuentran los esquistos calcáreos micáceos, que si bien no son el mejor material aprovechable económicamente, pueden ser utilizados para mezclar con material puro en el proceso de elaboración del cemento y para productos agregados y rellenos de carretera.

#### **6.4. ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DEL YACIMIENTO**

En base a los análisis químicos y sobre los tipos químicos y litológicos descritos anteriormente, se estimó el volumen de reservas del yacimiento El Melero, el cual fue medido siguiendo el método de secciones paralelas como se muestra en la figura # 68.

El tipo litológico mármol (M), constituye el material de mejor calidad del frente de explotación, y por ello ha sido explotado preferencialmente; sin embargo, en éste estudio se ha incorporó el tipo litológico (ECM) al volumen de reservas útiles, porque a pesar de que puedan incluir horizontes lenticulares, con relativamente altas concentraciones de óxido de sílice y de aluminio, poseen buenas concentraciones de carbonato y pueden ser explotados para confeccionar mezclas y así equilibrar y optimizar el aprovechamiento del total de reservas.

En atención a lo anterior y tomando en cuenta la cantidad de material extraído, para efectos de producción del cemento se estimó un nuevo volumen de reservas, tomando en cuenta solo los tipos litológicos 1, 2 y 3 los cuales poseen valores promedios de  $\text{CaCO}_3$  por encima del 65%. (ver tabla # 5).

El volumen a estimar se consigue a partir de un área promedio entre dos secciones consecutivas. (ver tabla # 7).

Al multiplicar el área resultante por la distancia entre las dos secciones se

obtiene el volumen del material deseado, señalado en la siguiente ecuación.

$$V = \frac{(A1 + A2) * D}{2}$$

Donde: **V**: Volumen parcial de las reservas

**A1, A2, A3, A4, A5**: Área de las secciones; **D**: Distancia entre las dos áreas.

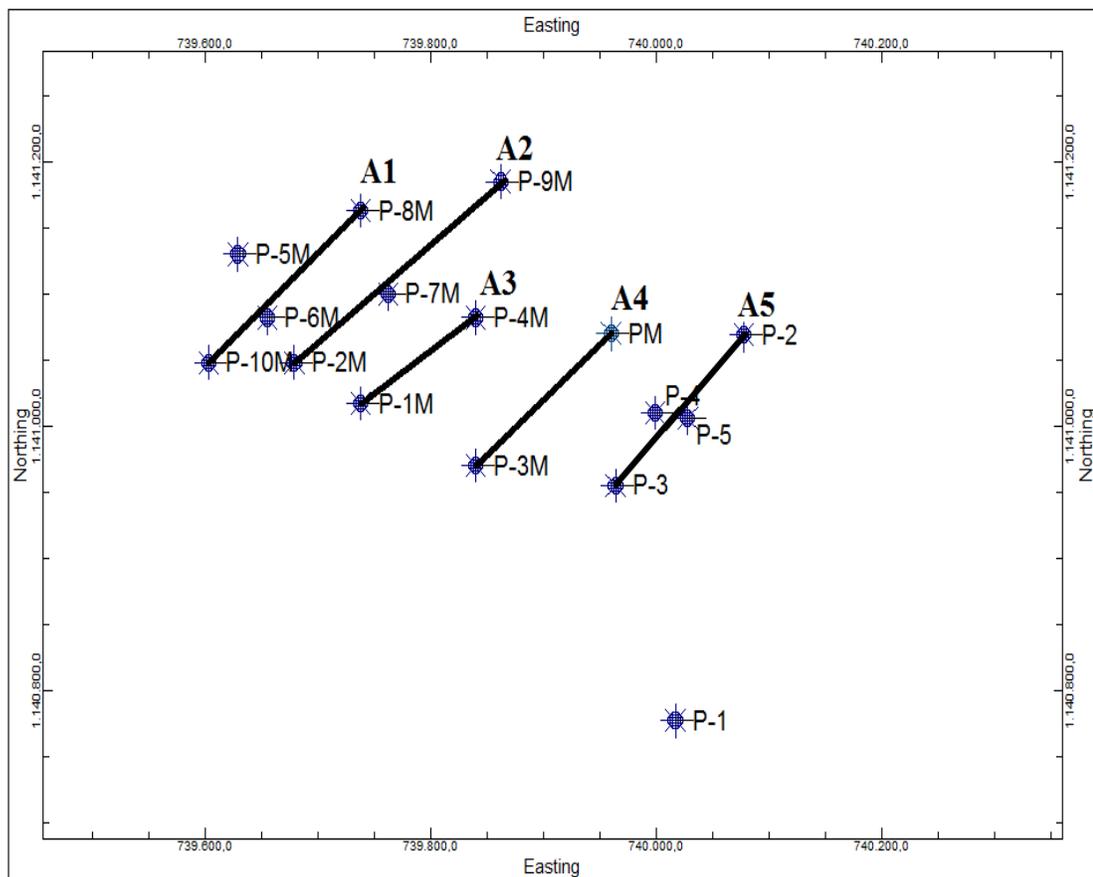


Figura # 68. Líneas de secciones geológicas.

Se realizaron 5 cortes geológicos como se mostró en la figura # 58, con los cuales se pudo determinar el área mineralizada de los tipos litológicos 1,2 y 3 para las secciones geológicas A1 desde P-10m hasta P-8M, A2 desde P-2M hasta P-9M, A3 desde P-1M hasta P-4M, A4 desde P-3M hasta P-M y A5 que va desde P-3 hasta P-2, (ver tabla #6 y figura # 68). A partir de allí, se relacionaron con el objetivo de estimar el volumen de material económicamente rentable para la fabricación de cemento, estimando el volumen total mediante la sumatoria de los volúmenes calculados para cada sección. (ver anexo 15 al 19).

Tabla # 6. Área estimada de mármol para cada sección.

N°	SECCIONES	ÁREA (m <sup>2</sup> )
A1	P-10M/P-6M/P-8M	6937,84
A2	P-2M/P-7M/P-9M	10979,62
A3	P-1M/P-4M	4082,97
A4	P-3M/P-M	6703,46
A5	P-3/P-5/P-4/P-2	6092,41

Tabla # 7. Estimación del volumen de reservas del tipo litológico (M) en el frente de explotación.

PERFILES	ÁREA 1 (m)	ÁREA 2 (m <sup>2</sup> )	DISTANCIA (m)	VOLUMEN ESTIMADO
A1-A2	6937,84	10979,62	53,82	302399,41
A2-A3	10979,62	4082,97	62,87	139327,78
A3-A4	4082,97	6703,46	84,15	286131,05
A4-A5	6703,46	6092,41	84,28	263437,62

991295,86 m<sup>3</sup>

**2.577.369,24 Tn**

Tabla # 8. Área medida del tipo litológico 3 (ECM) en cada sección.(ver figura # 67).

N°	SECCIONES	ÁREA (m <sup>2</sup> )
A1	P-10M/P-6M/P-8M	2342,55
A2	P-2M/P-7M/P-9M	2719,38
A3	P-1M/P-4M	2492,89
A4	P-3M/P-M	3264,83
A5	P-3/P-5/P-4/P-2	2255,35

Tabla # 9. Estimación del volumen de reservas del tipo litológico 3 (ECM) en el frente de explotación.

PERFILES	ÁREA 1 (m)	ÁREA 2 (m <sup>2</sup> )	DISTANCIA (m)	VOLUMEN ESTIMADO
A1-A2	2342,55	2719,38	53,82	75521,07
A2-A3	2719,38	2492,89	62,87	81083,38
A3-A4	2492,89	3264,83	84,15	139860,61
A4-A5	3264,83	2255,35	84,28	98305,28

394770,33m<sup>3</sup>**1.026.402,86 Tn**

Tabla # 10. Volumen total de reservas estimadas.

TIPO LITOLÓGICO	VOLUMEN ESTIMADO (Tn)
1-2	<b>2.577.369,24</b>
3	<b>1.026.402,86</b>
	<b>3.603.772,10</b>

El volumen estimado de reservas de material tipo 1, 2 y 3 reflejado en las tabla #, es para el momento en que aun no se había empezado a realizar la explotación de la cantera.

Para estimar el volumen actual del yacimiento, fue necesario evaluar la cantidad explotada de material desde el inicio de la explotación de la cantera, hasta la actualidad, lo cual se refleja en la tabla # 12.

Tabla # 12. Volumen extraído desde inicios de la explotación.

AÑO	VOLUMEN EXTRAÍDO (Tn)
2003	213670
2004	398583
2005	340541
2006	250542
2007	312586
	<b>1515922</b>

En la tabla # 12, se observa la cantidad en toneladas que han sido extraídas del frente de explotación desde el año 2003 al 2007.

Éstos volúmenes indican que hasta el año 2007 se extrajeron un total de 2.087.850,10 Tn, lo que indica un volumen promedio anual de explotación de 303184,4 Tn.

Asumiendo que éste volumen promedio fue explotado en los años siguientes 2008-2009 con aproximadamente 606368,8 Tn extraídas, se estima que el volumen actual de la cantera es de **1.481.585,30 Tn**.

En vista de lo anterior, se estima la vida útil del yacimiento, a un ritmo de producción de 150.000 Tn/año aproximadamente, estaría en el orden de los 4,8 años, tomando en cuenta que este estimado puede variar de acuerdo a los planes de explotación y a los diseños de pit final que apliquen en Fábrica Nacional de Cemento.

## CAPÍTULO 7

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En base a los datos, observaciones y resultados obtenidos en la fase de campo y en la fase de laboratorio, el área de estudio se caracterizó de la siguiente manera:

✓ Las litologías estudiadas pueden ser observadas en el mapa geológico ver anexo # 23, y comprende lo siguiente: **Unidad de Mármol**, con tres características particulares (masivos, diaclasados en capas gruesas y diaclasados en capas delgadas) distribuidos a lo largo de la cantera, los cuales representan la materia prima para la elaboración del cemento. **Unidad de Filitas**, se encuentran hacia la zona norte del área de estudio, no representa un material aprovechable, y en conjunto con el suelo que se encuentra en el área, se le denomina estéril. **Unidad de esquistos calcáreos micáceos**, se encuentran ubicados en la parte central del frente de explotación y conforman una unidad relativamente importante, ya que en algunos tramos se encuentran intercalados con pequeños lentes de mármol los cuales le proporcionan mejor calidad. **Unidad de esquistos calcáreos grafitosos**, están ubicados en dos puntos del área de estudio, como su nombre lo indican poseen cantidades de grafito el cual les asigna el color negro representativo de esta unidad. De igual manera que la unidad anterior, en algunos tramos se encuentra intercalado con capas delgadas de mármol.

✓ Estructuralmente, el macizo pasó por tres eventos de deformación, el primero en el momento en que fue depositado, un segundo evento incluye las deformaciones menores (pliegues, diaclasamiento), debidos a esfuerzos

compresivos y el tercero el fallamiento.

✓ En el área de estudio se encuentra influenciada por dos sistemas de fallas, uno producido por la falla principal que pasa por la zona (Falla La Victoria), y el otro producto de la falla de Tácata.

✓ La estructura general del macizo es un antiformal, el cual presenta un ángulo interlimbar de  $45^\circ$  al este, representando un ángulo medianamente abierto.

✓ De acuerdo a los estudios petrográficos realizados a cada sección fina, representativa de cada unidad, los minerales encontrados, asignan a la zona de estudio un tipo de metamorfismo de mediano grado, correspondiente a la facies de los esquistos verdes, de la zona de la biotita.

✓ Químicamente, la unidad de mármol representa la unidad de más importancia para este estudio, debido a que posee las concentraciones de  $\text{CaCO}_3$  con un promedio de 80 %, encontradas en la cantera.

✓ La unidad de esquistos calcáreos micáceos (ECM) y la unidad de esquistos calcáreos grafitosos (ECG), presentan concentraciones de  $\text{CaCO}_3$  que oscilan entre los 45% y 80%, y son útiles para mezclas.

✓ Tanto el factor de corrección como la estequiometría son métodos útiles para calcular la concentración de carbonato de calcio en las muestras a las cuales se realizaron ensayos químicos, ya que los dos arrojan un margen de error mínimo de aproximadamente  $1 \times 10^3$ .

✓ El volumen estimado de reservas para comienzos de la explotación, calculado en base a los estudios de los datos de las perforaciones existentes en la

cantera, fue de aproximadamente 3.603.772,10 Tn, evaluado mediante el método de secciones paralelas.

✓ Las reservas probadas alcanzan un área total de aproximadamente 44.990 m<sup>2</sup>. Mientras que las reservas probables poseen un área de aproximadamente 36.167,7 m<sup>2</sup>.

✓ A través de los planes de explotación diseñados para la cantera, ésta ha llevado un ritmo promedio de extracción de material anual desde el año 1998 al 2009 es de 150.000 Tn/año.

✓ Las reservas actuales que posee la cantera son de aproximadamente 1.481.585,30 Tn, las cuales incluyen los tipos litológicos 1-2 y 3.

✓ En base al estudio de los datos de las perforaciones ubicadas hacia la zona norte y noroeste, P-9M (55m), P-8M (30m), P-6M (30m), P-7M (55m), P-2M (55m), P-4M (40m) y P-1M (23m) el área de mármol que se observó en éstas perforaciones comprende un volumen bastante considerable ya que poseen suficiente materia prima para la elaboración del cemento.

✓ De acuerdo a las reservas probadas del yacimiento, y a un ritmo de explotación anual de 150.000 Tn/año, se estima una vida útil de 4,8 años, cantidad que podría variar por los diseños de planes futuros de explotación o por otros factores.

## RECOMENDACIONES

- ✓ Realizar estudios de los núcleos de perforación, que aunque son pocos sería bueno para corroborar información estudiada en los datos de las perforaciones.
  
- ✓ Realizar nuevas campañas de perforación ya que el área perteneciente a FNC es de 132 hectareas y es posible que se encuentren otros yacimientos de material económicamente rentable, ya que solo están en explotación 18 hectáreas y no le queda mucha vida útil a la cantera.
  
- ✓ Realizar ensayos geotécnicos/geomecánicos in situ para estimar la estabilidad de taludes y corroborar que el método utilizado para el banqueo es o no factible. Para ello es recomendable determinar las propiedades físicas de los materiales estudiados, y a partir de allí medir parámetros geomecánicos del terreno, como la resistencia, deformidad, permeabilidad, etc.
  
- ✓ Diseñar un nuevo plan de explotación donde se incluyan las reservas del área norte y noroeste de la cantera, ya que a mediana profundidad se encuentra un material hasta con 85% de  $\text{CaCO}_3$ .

---

## CAPÍTULO 8

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUERREVERE, S. E. & G, ZULOAGA. (1937)-a. Observaciones geológicas en la parte central de la Cordillera de la Costa, Venezuela. Bol. Geol. y Min., Caracas, 1(2-4): 3-22.

ÁLVAREZ, M. (1985). Mapas geológicos (Explicación e interpretación). España. Editorial Paraninfo. 281p.

ANNELS, A. (1990). Minerals Deposits Evaluation, a practical approach. Department of Geology, University of Wales. Cardiff. Chapman Hall. U.S.A.

AUDEMARD, F. (1984). Evaluación geológica de la cuenca del Tuy para fines de investigaciones neotectónicas. Trabajo especial de Grado. Inédito. Universidad Central de Venezuela, Caracas.

AUDEMARD, F., M. M. ACHETTE, J. COX, R. DART & K HALLER (2000). Map and Database of Quaternary Faults in Venezuela and its Offshore Regions. U.S. Geological Survey, Open File Report 00-018.

BAAMONDE J. (2006). Petrología. Instituto de Ciencias de la Tierra, UCV, Facultad de Ciencias, pp 363.

BUSTILLO, M. & LÓPEZ, C. (1997). Manual de evaluación y diseño de explotaciones mineras. Editorial Masson, S.A. Barcelona, España. 457p.

---

DENGO, G. (1951). Geología de la región de Caracas. Bol. Geol., Caracas, 1(1): 39-116.

ERMINY, M. (1998). Informe geológico de avance del yacimiento de roca caliza cantera San Bernardo. Información técnica.

FÁBRICA NACIONAL DE CEMENTOS. (2001). Manual de aseguramiento de la Calidad. Gerencia de Planta. ISO-9000, Ocumare del Tuy. Información Técnica.

FÁBRICA NACIONAL DE CEMENTOS. (1998). Proceso productivo de la Planta Ocumare. Ocumare del Tuy. Información Técnica.

GEOCONSULTA C.A.(2.001). Plan de explotación cantera el Melero. Fábrica Nacional de Cementos. Información técnica.

GONZÁLEZ DE JUANA C., J.M. ITURRALDE & PICARD, (1980). Geología de Venezuela y de sus cuencas petrolíferas. Edic. Foninves, Caracas, 2 vols., 1031 p.

GONZÁLEZ DE VALLEJO L. I. ET.AL. (2002). Ingeniería Geológica. Pearson Prentice Hall, Madrid. 744 pp.

Hakcley P, Urbani F, Karlsen A y Garrity C, 2006. Mapa Geológico de Venezuela. FUNVISIS y Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Caracas Venezuela.

INSTITUTO TÉCNICO GEOMINERO DE ESPAÑA (1999). “Manual de Restauración de Terrenos y Evaluación de Impactos Ambientales en Minería”. Cuarta Edición. Impreso por Gráfica Chile. Madrid, España.

---

INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA (1995). "Manual de Arranque, Carga y Transporte en Minería a Cielo Abierto". Madrid, España.

KAZHDAN, A. (1982). Prospección de yacimientos minerales. Primera edición. España. Impreso por Gráfica Chile. Madrid, España. 587-p.

KERRR P. (1965). Mineralogía Óptica. Tercera Edición, McGraw-Hill Book Company, New York, 443 pp.

MENÉNDEZ, V. DE V. A. (1966). Tectónica de la parte central de la montañas occidentales del Caribe. Venezuela. Bol. Geol., Caracas, 8(15): 116-139.

M., OSTOS & F. YORIS. (1988). Revisión y redefinición de unidades litoestratigráficas y síntesis de un modelo tectónico para la evolución de la parte norte - central de Venezuela durante el Jurásico Medio - Paleogeno. Acta Científica Venezolana, 39: 427-436.

M., OSTOS & F. YORIS. (1987). Revisión y redefinición de las formaciones Paracotos y Tucutunemo, parte sur-central de la Cordillera de la costa. 1as. Jorn. Inves. En Ingeniería. Fac. Ingeniería, U. C. V., Caracas, memorias, p. 77-84.

MINISTERIO DE ENERGÍA Y PETROLEO. (PDVSA). INTEVEP. "Codigo Geológico de Venezuela". (Documento en línea). Disponible: <http://www.pdvsa.com/lexico> (Consulta: 2009).

PIMENTEL DE BELLIZIA, N. (1998). "VI Jornadas Regionales de Minería San Felipe, Estado Yaracuy, Aspectos Geológicos del Estado Yarcuy". Caracas.

- 
- SALCEDO, S.D. (1982). Macizos Rocosos: Caracterización, resistencia al corte y mecanismos de rotura. Trabajo presentado en la conferencia del 25 aniversario de la SVMSSH, Caracas.
- SAYA, R. (2001). Plan de Explotación de la Cantera San Bernardo, Ubicada en el Municipio Tomas Lander del Estado Miranda. Trabajo especial de Grado.
- SEIDERS, V. M. (1965). Geología de Miranda Central. Bol. De Geol. (Venezuela) Vol. 6., N° 12, p. 289-410.
- TALUKDAR, S. & D. LOUREIRO. (1982). Geología de una zona ubicada en el segmento norcentral de la Cordillera de la Costa, Venezuela: metamorfismo y deformación. Evolución del margen septentrional de Suramérica en el marco de la tectónica de placas. *Geos*, Caracas, (27): 15-76.
- TURNER F.J.(1981). *Metamorphic Petrology Mineralogical field and tectonic aspect.*, 2<sup>da</sup> Ed. Mc. Graw Hill. Book. CO., N.Y. 524p.
- URBANI, F. y RODRÍGUEZ, J. (2003). Atlas Geológico de la Cordillera de la Costa. Venezuela. UCV. FUNVISIS.
- URBANI, F. (1982). Comentarios sobre algunas edades de las rocas de la parte central de la Cordillera de la Costa. *Geos*, U.C.V., Caracas, 27: 77-84.
- URBANI, F. (2002). Nomenclatura de las Unidades de Rocas Ígneas y Metamórficas de la Cordillera de la Costa. *Geos*, U.C.V., Caracas., 35 (2002). pp. 107.

---

URBANI, F. (1969) a. Notas sobre el hallazgo de fósiles en rocas metamórficas de la parte central de la Cordillera de la Costa. *Circular Soc. Venez. Geol.*, (39): 5-15.

WINKLER, H.F. (1979). *Petrogénesis de rocas metamórficas*. España, Ed. H. Blume., 346p.

WERHMANN, 1972. Geología de la región de Guatire - Colonia Tovar. *Bol. Geol.*, Caracas, Public. esp. 5, 4: 2093-2121.

YARDLEY. B. & MACKENZIE 1997. *Atlas de rocas metamórficas y sus texturas*. Editorial Masson, S.A. Barcelona, España. 120p.

ZAMBRANO, A. (1970). Estudio Fisiográfico de la Cuenca del Tuy. *Bol. Geol.* 11(21): 3-206.

Páginas consultadas por la web.

<http://www.pdv.com/lexico/lexicoh.htm>

<http://www.venezuela-online.net>

<http://www.googlemaps.com>

<http://www.geovirtual.com/metamorfismo>.

<http://www.bocadepolen.org/.../index.html>

<http://www.homepages.tesco.net/~Philip.Sutton/canteras.htm>.



**Anexo # 20.** Tabla con mediciones de diaclasas presentes en el área de estudio.

Punto	Plano1	Plano2	Plano 3
P8	N10W/55S	N70W/55N	N50E/70S
P14	N20E/25N	N65W/Pv	N40E/70S
P20-P21	N70W/60S	N50E/Pv	N25W/35N
P20-P21	N20W/40N	N35W/62S	N45E/Pv
P29	N30E/45N	N40W/80N	N65W/73N
P30-P31	N40W/44N	90/90	N20E/85N
P31-P32	N15W/45N	N75W/58N	N35W/Pv
P33-P34	N50E/42N	N45W/70S	N20W/Pv
P44-P45	N30E/25N	N85E/62S	N50W/Pv
P45-P46	N45W/Pv	N35W/Pv	NS/E

**Anexo # 21.** Tabla con mediciones de foliación presente en el área de estudio.

PUNTO	RUMBO	BUZAMIENTO
P1-P2	N35E	30N
P5-P6	N15E	55N
P10-P11	N32E	28N
P12-P13	N10W	55S
P15-P16	N30E	55N
P18	N15W	47S
P23	N25E	50N
P23	N-S	45W
P25-P26	N50E	50N
P27-P28	N-S	22W
P41	N10W	55S
P54-P55	N10E	22N
P54-P56	N25W	40N

**Anexo # 9.** Tablas de resultados de análisis químicos de los núcleos de perforación de P-1M, P-2M, P-3M, P-4M, P-5M, P-6M, P-7M, P-8M, P-9M y P-10M del año 1997.

Análisis químicos de P-1M

Perf.	Desde	Hasta	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Mfio	K <sub>2</sub> O	C!	HSi	Mal	CaCO <sub>3</sub>
P1M	0,000	1,000	7,79	10,10	6,10	8,17	0,80	1,53	0,00	3,40	1,65	14,60
P1M	1,000	2,000	8,07	1,37	0,58	46,28	0,64	0,24	0,03	4,19	2,65	82,52
P1M	2,000	3,000	6,44	1,56	0,64	47,32	0,64	0,33	0,01	2,92	2,45	84,40
P1M	3,000	4,000	10,36	1,75	0,74	43,99	0,74	0,29	0,00	4,16	2,34	78,40
P1M	4,000	5,000	38,11	5,47	4,10	20,84	0,83	0,77	0,01	3,98	1,34	37,20
P1M	5,000	6,000	10,16	1,66	0,76	44,72	0,60	0,24	0,00	4,20	2,19	79,70
P1M	6,000	7,000	13,12	2,71	0,82	41,29	1,06	0,41	0,00	3,73	3,31	73,60
P1M	7,000	8,000	11,33	1,94	0,67	43,57	0,56	0,32	0,01	4,33	2,68	77,70
P1M	8,000	9,000	15,01	2,69	1,11	38,07	1,33	0,54	0,00	3,95	2,43	67,90
P1M	9,000	10,000	18,43	3,41	1,43	34,80	1,26	0,73	0,00	3,81	2,38	62,00
P1M	10,000	11,000	9,01	1,52	0,80	44,58	0,93	0,29	0,00	3,88	1,89	79,50
P1M	11,000	12,000	14,18	3,84	1,28	38,42	0,90	0,84	0,00	2,77	3,00	68,50
P1M	12,000	13,000	7,73	1,35	0,77	45,72	0,97	0,21	0,00	3,65	1,75	84,50
P1M	13,000	14,000	8,33	1,62	0,74	45,20	0,93	0,30	0,00	3,52	2,18	80,60
P1M	14,000	15,000	10,25	1,59	0,71	44,13	0,66	0,29	0,00	4,47	2,23	78,70
P1M	15,000	16,000	10,13	1,67	0,76'	44,64	0,60	0,25	0,00	4,16	2,20	79,60
P1M	16,000	17,000	8,15	1,64	0,75	45,28	0,91	0,30	0,00	3,42	2,19	80,70
P1M	17,000	18,000	9,23	1,65	0,63	44,44	0,90	0,25	0,00	4,05	2,64	79,20
P1M	18,000	19,000	14,09	3,90	1,28	38,41	0,90	0,86	0,00	2,72	3,05	68,50
P1M	19,000	20,000	13,96	2,60	1,39	37,81	1,81	0,58	0,00	3,50	1,88	67,40
P1M	20,000	21,000	9,00	1,62	0,75	44,86	0,87	0,28	0,00	3,80	2,16	80,00
P1M	21,000	22,000	8,08	1,81	0,65	45,09	1,62	0,22	0,00	3,29	2,77	80,40
P1M	22,000	23,000	56,55	10,50	5,82	7,82	0,98	1,42	0,00	3,46	1,80	13,90
P1M	23,000	24,000	19,29	4,39	1,85	31,91	2,17	0,93	0,00	3,10	2,38	56,90
P1M	24,000	25,000	44,21	7,07	5,63	14,14	2,26	1,17	0,00	3,43	1,20	25,20
P1M	25,000	26,000	43,97	12,94	8,25	7,95	1,67	1,80	0,00	2,08	1,57	14,20
P1M	26,000	27,000	46,56	7,45	5,11	13,08	2,15	1,24	0,00	3,71	1,46	23,30
P1M	27,000	28,000	51,28	10,18	6,64	8,47	1,22	1,39	0,00	3,10	1,53	15,10
P1M	28,000	29,000	9,54	2,00	0,77	44,72	0,57	0,32	0,00	3,40	2,58	79,70
P1M	29,000	30,000	51,66	11,20	6,93	7,63	1,04	1,52	0,01	2,85	1,62	13,60
P1M	30,000	31,000	51,49	11,78	6,06	7,78	0,86	1,49	0,00	2,89	1,94	13,90
P1M	31,000	32,000	48,72	8,25	7,38	12,16	1,01	1,08	0,00	2,12	1,12	21,70
P1M	32,000	33,000	52,33	6,78	5,26	13,30	0,76	0,94	0,00	4,34	1,29	23,70
P1M	33,000	34,000	39,27	9,85	13,00	9,97	1,80	1,14	0,00	1,72	0,76	17,80
P1M	34,000	35,000	44,76	6,55	7,20	14,96	1,43	0,78	0,00	3,25	0,91	26,70
P1M	35,000	36	48,99	8,08	7,38	12,16	0,99	1,08	0,00	3,17	1,10	21,70
P1M	36,000	37,000	58,47	8,53	6,27	8,69	0,91	1,14	0,00	3,95	1,36	15,50
P1M	37,000	38,000	56,37	9,10	6,32	3,70	0,96	1,19	0,00	3,66	1,44	15,50
P1M	38,000	39,000	51,88	11,74	6,05	7,84	0,86	1,49	0,00	2,90	1,94	14,00
P1M	39,000	40,000	54,32	4,40	7,54	12,99	1,35	0,42	0,00	4,55	0,58	23,20
P1M	40,000	41,000	40,43	14,16	8,77	7,38	1,14	2,27	0,00	1,76	1,61	13,10
P1M	41,000	42,000	44,26	8,00	7,74	12,74	1,33	1,05	0,00	2,81	1,03	22,70
P1M	42,000	43,000	66,02	6,62	8,06	7,13	0,78	0,78	0,00	4,50	0,82	12,70
P1M	43,000	44,000	56,08	10,21	6,86	7,10	0,99	1,48	0,00	3,27	1,47	12,70
P1M	44,000	45,000	54,61	9,59	8,19	7,71	1,11	1,30	0,00	3,07	1,17	13,70
P1M	45,000	46,000	51,82	11,19	7,96	7,41	0,98	1,63	0,00	2,71	1,41	13,20
P1M	46,000	47,000	56,72	7,09	4,96	11,35	0,72	1,04	0,00	4,71	1,43	20,20
P1M	47,000	48,000	56,23	7,08	4,95	11,43	0,74	1,04	0,00	4,67	1,43	20,40

## Análisis químicos de P-2M

Perf.	FROM	TOASS	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Mfio	K <sub>2</sub> O	C!	HSi	Mal	CaCO <sub>3</sub>
P2M	0,000	1,000	18,89	1,23	1,92	34,67	0,68	0,60	0,00	6,00	0,64	61,82
P2M	1,000	2,000	10,62	2,31	0,93	42,64	0,84	0,38	0,00	3,28	2,48	76,00
P2M	2	3	10,81	2,29	0,93	42,68	0,84	0,37	0	3,36	2,46	78,45
P2M	3	4	20,98	5,86	2,4	32,17	0,64	0,7	0	2,54	2,44	57,36
P2M	4	5	9,05	1,73	0,67	44,74	0,66	0,26	0	3,78	2,59	79,8
P2M	5	6	9,02	1,72	0,67	44,65	0,65	0,26	0	3,78	2,58	79,6
P2M	6	7	8,18	1,35	0,5	44,22	0,82	0,ae	0	4,41	2,7	78,8
P2M	7	8	10,67	1,65	0,58	43,7	0,45	0,24	0	4,8	2,85	77,9
P2M	8	9	9,71	1,82	0,68	45,67	0,68	0,27	0	3,88	2,68	81,4
P2M	9	10	8,46	1,75	0,67	46,8	0,69	0,28	0,01	3,52	2,65	83,4
P2M	10	11	10,77	1,65	0,6	44,04	1,29	0,25	0	4,77	2,74	78,5
P2M	11	12	18,37	1,69	0,9	39,49	1,33	0,24	0	7,09	1,89	70,4
P2M	12	13	12,43	1,3	0,67	44,87	0,83	0,18	0	6,31	1,94	80
P2M	13	14	18,43	1,73	0,9	39,34	1,29	0,24	0	7,02	1,93	70,1
P2M	14	15	9,82	1,65	0,63	46	0,65	0,25	0	4,32	2,63	82
P2M	15	16	9,86	1,66	0,62	46,02	0,58	0,26	0	4,37	2,69	82
P2M	16	17	8,37	1,77	0,66	46,93	0,69	0,28	0	3,45	2,7	83,7
P2M	17	18	8,89	1,35	0,5	46,8	0,74	0,19	0	4,82	2,7	83,4
P2M	18	19	10,35	1,71	0,6	43,91	1,31	0,25	0	4,47	2,83	78,3
P2M	19	20	11,06	1,88	0,6	43,83	1,31	0,25	0	4,85	2,81	78,1
P2M	20	21	13,75	2,19	1,05	41,22	0,78	0,41	0	4,24	2,09	73,5
P2M	21	22	24,75	3,98	2	31,75	0,91	0,8	0	4,14	1,99	56,6
P2M	22	23	14,04	1,99	0,76	42,63	0,77	0,32	0	5,01	2,62	76
P2M	23	24	8,47	1,32	0,58	47,59	0,6	0,19	0,01	4,45	2,28	84,85
P2M	24	25	8,11	1,48	0,5	47,04	0,74	0,24	0	4,1	2,96	83,87
P2M	25	26	8,64	1,34	0,5	46,56	0,73	0,19	0	4,7	2,69	83
P2M	26	27	8,63	1,46	0,49	49,79	0,62	0,21	0	4,43	2,96	83,4
P2M	27	28	8,58	1,46	0,49	46,88	0,62	0,21	0	4,4	2,96	83,6
P2M	28	29	9,51	1,57	0,55	45,55	0,78	0,25	0	4,49	2,85	81,2
P2M	29	30	21,73	5,08	1,94	33,16	0,88	1	0	3,09	2,62	59,1
P2M	30	31	31,36	7,94	3,09	23,92	1,12	1,33	0	10,15	2,57	42,65
P2M	31	32	6,21	1,42	0,58	48,47	0,96	0,21	0	3,1	2,45	86,4
P2M	32	33	52,66	5,4	7,84	13,03	1,53	0,56	0	4	0,69	23,2
P2M	33	34	14,92	3,38	1,29	39,81	0,9	0,67	0	3,19	2,61	70,98
P2M	34	35	41,41	10,82	4,24	14,65	1,36	1,65	0	2,75	2,55	26,1
P2M	35	36	15,49	2,63	0,87	40,71	0,73	0,45	0	4,42	3,04	72,6
P2M	36	37	8,19	1,49	0,58	47,05	0,67	0,24	0	3,96	2,59	83,9
P2M	37	38	13,17	2,06	1,31	39,71	1,79	0,42	0	3,91	1,57	70,8
P2M	38	38	5,56	1,36	0,59	48,48	0,93	0,27	0	2,85	2,31	69,84
P2M	39	40	9,82	1,63	0,64	45,46	0,8	0,27	0	4,34	2,56	81,1
P2M	40	41	11,36	2,28	0,92	43,73	0,88	0,37	0	3,55	2,49	78
P2M	28	29	9,51	1,57	0,55	45,55	0,78	0,25	0	4,49	2,85	74,9
P2M	29	30	21,73	5,08	1,94	33,16	0,88	1	0	3,09	2,62	80,5
P2M	30	31	31,36	7,94	3,09	23,92	1,12	1,33	0	10,15	2,57	59,1
P2M	31	32	6,21	1,42	0,58	48,47	0,96	0,21	0	3,1	2,45	42,65
P2M	32	33	52,66	5,4	7,84	13,03	1,53	0,56	0	4	0,69	86,4
P2M	33	34	14,92	3,38	1,29	39,81	0,9	0,67	0	3,19	2,61	23,2
P2M	34	35	41,41	10,82	4,24	14,65	1,36	1,65	0	2,75	2,55	70,98
P2M	35	36	15,49	2,63	0,87	40,71	0,73	0,45	0	4,42	3,04	26,1
P2M	36	37	8,19	1,49	0,58	47,05	0,67	0,24	0	3,96	2,59	72,6

Perf.	Desde	Hasta	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Mfio	K <sub>2</sub> O	C	HSi	Mal	CaCO <sub>3</sub>
P2M	54	55	19,32	3,54	1,22	36,41	0,68	0,72	0	4,06	2,91	64,9
P2M	55	56	47,73	12,8	6,95	7,74	1,1	1,55	0	2,42	1,84	13,8
P2M	56	57	41,19	12,26	2,97	12,86	0,93	2,08	0	2,7	4,1	22,9
P2M	57	58	19,46	3,23	1,2	36,43	0,66	0,69	0	4,4	2,69	65
P2M	58	59	42,46	12,63	2,98	12,59	0,94	2,09	0	2,72	4,23	32,4
P2M	59	60	8,32	2,08	1,04	44,07	1,45	0,34	0	2,83	1,99	78,6
P2M	60	61	47,69	9,96	7,06	10,68	1,2	1,43	0	2,81	1,41	19
P2M	61	62	55,89	10,43	5,61	7,66	0,9	1,42	0	3,48	1,86	13,7
P2M	62	63	51,89	10,2	6,33	9,17	1,05	1,46	0	3,14	1,61	16,35
P2M	63	64	48,61	9,45	6,94	10,72	1,14	1,46	0	2,97	1,38	19,1
P2M	64	65	57,94	8,2	8,01	7,63	0,93	0,85	0	3,57	1,02	13,6
P2M	65	66	56,12	10,6	5,59	7,59	0,89	1,41	0	3,47	1,9	13,5
P2M	65	67	56,63	8,61	5,49	9,81	0,82	1,13	0	4,02	1,57	17,49
P2M	67	68	57,14	6,61	5,38	12,03	0,75	0,85	0	4,77	1,23	21,4
P2M	68	69	55,38	6,75	5,4	12,19	0,77	0,37	0	4,56	1,25	21,7
P2M	69	70	54,13	8,51	5,14	11,12	1,09	1,07	0	3,97	1,66	19,8
P2M	70	71	54,78	8,88	5,64	10,19	1,11	1,18	0	3,77	1,57	18,2
P2M	71	72	55,1	8,01	5,15	11,23	1,07	1,04	0	4,18	1,56	20
P2M	72	73	50,62	11,88	5,29	8,66	1,18	1,66	0	2,95	2,25	15,4
P2M	73	74	50,49	11,52	5,11	9,13	1,21	1,57	0	3,04	2,56	16,3

### Análisis químicos de P-3M

Perf.	Desde	Hasta	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Mfio	K <sub>2</sub> O	C	HSi	Mal	CaCO <sub>3</sub>
P3M	0,000	1,000	8,89	1,75	0,73	45,10	1,26	0,24	0,00	3,59	2,41	80,40
P3M	1,000	2,000	12,26	1,81	0,82	41,24	1,74	0,32	0,00	4,66	2,19	73,50
P3M	2,000	3,000	8,45	1,44	0,58	45,30	1,26	0,27	0,00	4,17	2,49	80,80
P3M	3,000	4,000	10,10	1,58	0,53	45,86	0,47	0,23	0,00	4,79	2,98	81,80
P3M	4,000	5,000	9,96	1,83	0,54	45,69	0,55	0,28	0,00	4,19	3,40	81,50
P3M	5,000	6,000	8,79	1,60	0,57	46,71	0,49	0,24	0,00	4,06	2,81	83,30
P3M	6,000	6,850	9,85	2,38	1,15	37,56	4,16	0,47	0,00	2,57	2,07	67,00
P3M	6,850	7,000	9,20	1,50	0,60	44,92	1,30	0,24	0,00	4,37	2,52	80,10
P3M	7,000	8,000	9,33	2,41	1,15	37,43	4,33	0,43	0,00	2,62	2,10	66,70
P3M	3,000	9,000	5,40	1,35	0,46	49,55	0,51	0,22	0,00	2,97	2,83	88,40
P3M	9,000	10,000	5,35	1,34	0,46	49,15	0,50	0,21	0,00	2,96	2,89	87,60
P3M	11,000	11,150	7,95	1,59	0,75	45,67	1,22	0,32	0,00	3,39	2,12	81,40
P3M	11,150	11,400	7,43	1,40	0,59	46,82	1,07	0,24	0,00	3,73	2,35	83,40
P3M	11,400	11,700	14,69	1,50	0,79	44,23	1,01	0,31	0,00	6,42	1,89	78,90
P3M	11,700	12,000	22,70	5,62	2,35	31,42	1,17	1,00	0,00	2,85	2,39	56,00
P3M	12,000	12,300	12,31	2,18	1,18	43,72	0,56	0,39	0,00	3,66	1,85	78,00
P3M	12,300	12,500	23,33	5,63	2,65	25,96	1,15	1,13	0,00	2,82	2,13	46,30
P3M	12,500	13,000	69,88	0,78	1,27	16,33	0,31	0,05	0,00	34,04	0,61	29,10
P3M	13,000	13,100	38,55	10,38	4,12	14,86	1,73	1,82	0,00	2,66	2,52	26,50
P3M	13,400	14,000	39,73	10,09	5,77	13,33	1,96	1,70	0,00	2,51	1,75	23,80
P3M	14,000	15,000	38,88	10,42	4,15	14,86	1,72	1,83	0,00	2,81	2,40	28,50
P3M	15,000	16,000	30,37	6,77	3,03	24,64	1,58	1,58	0,00	3,10	2,33	24,00
P3M	16,000	17,000	22,51	5,65	2,35	31,21	1,16	1,00	0,00	2,81	2,40	55,70
P3M	17,150	17,250	39,19	10,19	5,76	13,48	2,04	1,72	0,00	2,46	1,77	21,00

Perf.	Desde	Hasta	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Mfio	K <sub>2</sub> O	C	HSi	Mal	CaCO <sub>3</sub>
P3M	17,250	18,000	31,31	6,33	2,98	24,40	1,48	1,02	0,00	3,36	2,12	43,50
P3M	18,000	18,400	66,84	0,83	1,27	16,80	0,33	0,05	0,01	31,86	0,66	30,00
P3M	18,400	19,000	7,37	1,40	0,59	46,65	1,06	0,23	0,00	4,10	2,96	83,20
P3M	19,000	20,000	33,36	6,91	2,90	23,72	1,02	1,00	0,00	3,40	2,38	42,30
P3M	20,000	20,400	25,31	6,59	2,78	27,93	1,30	1,23	0,00	2,70	2,37	49,80
P3M	20,400	21,000	29,15	3,09	1,42	30,61	0,78	0,46	0,00	6,46	2,18	54,60
P3M	21,000	21,750	49,84	1,68	1,43	23,01	0,40	0,13	0,00	15,99	1,17	41,00
P3M	21,750	22,000	30,39	6,73	2,84	25,30	1,22	1,11	0,00	3,17	2,37	45,10
P3M	22	23	34,79	2,93	1,53	28,19	0,48	0,42	0	7,8	1,92	50,3
P3M	23	23,35	31,13	5,47	1,89	27,98	0,91	0,84	0	4,23	2,89	49,9
P3M	23,35	24	46,16	0,92	0,94	26,53	0,24	0,08	0	24,78	0,97	47,3
P3M	24	25	30,7	6,61	2,84	25,19	1,2	1,1	0	3,25	2,33	44,9
P3M	25	26	11,42	2,12	1,17	43,67	0,55	0,38	0	3,47	1,81	77,9
P3M	26	26,4	52,35	12,23	5,13	7,53	1,06	1,17	0	3,02	2,38	13,4
P3M	26,4	27	36,56	2,77	1,52	28,11	0,47	0,42	0	8,52	1,83	50,1
P3M	27	28	31,1	3,33	3	24,58	1,48	1,03	0	3,33	2,11	43,8
P3M	28	29	45,6	8,34	3,94	15,75	1,02	0,95	0	3,71	2,12	28,1
P3M	29	29,45	51,71	12,54	5,18	7,47	1,09	1,19	0	2,92	2,42	13,3
P3M	29,45	29,7	50,2	1,66	1,45	22,87	0,41	0,12	0	16,16	1,15	40,8
P3M	29,7	30	22,32	5,81	2,35	31,08	1,17	1,02	0	2,74	2,47	55,4
P3M	30	30,3	27,26	5,83	2,71	23,21	1,06	1,03	0	3,19	2,15	41,4
P3M	30,3	31	34,84	5,81	2,37	24,37	0,83	0,91	0	4,26	2,45	43,4
P3M	31	32	34,99	5,87	2,36	24,51	0,83	0,91	0	4,25	2,49	43,7
P3M	32	32,8	34,41	• 6,50	2,91	23,47	0,98	0,97	0	3,66	2,23	41,9
P3M	32,8	33	21,6	3,54	1,64	35,67	0,7	0,62	0	4,17	2,16	63,6
P3M	33	33,5	46,21	7,54	3,91	15,72	0,96	0,88	0	4,04	1,93	28
P3M	33,5	34	45,85	7,58	3,89	15,67	0,96	0,89	0	4	1,95	27,9
P3M	34	35	32,18	5,71	2,51	26,02	0,87	0,9	0	3,92	2,28	46,4
P3M	35	36	33,19	6,66	2,91	23,54	0,99	1	0	3,47	2,28	42
P3M	36	37	21,05	3,27	1,6	35,87	0,67	0,61	0	4,32	2,04	64
P3M	37	38	33,29	5,09	1,86	27,38	0,86	0,79	0	4,79	2,74	48,8
P3M	38	39	44,94	fi,15	3,9	15,93	1,03	0,94	0	3,73	2,09	28,4
P3M	39	40	28,79	5,12	2,32	24,36	0,79	0,84	0	3,87	2,21	43,4
P3M	40	41	45,26	0,94	0,94	26,81	0,34	0,03	0	24,1	1	47,8
P3M	41	42	33,85	4,22	2,16	23,53	0,74	0,61	0	5,3	1,95	50,9

### Análisis químicos de P-4M

Perf.	Desde	Hasta	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Mfio	K <sub>2</sub> O	C	HSi	Mal	CaCO <sub>3</sub>
P4M	0	1	45,76	3,89	3,52	21,74	0,58	0,48	0	6,18	1,11	38,8
P4M	1	1,4	40,11	4,48	2,57	24,78	0,64	0,5	0	5,69	1,74	44,2
P4M	1,4	3,5	45,64	4,01	3,52	21,82	0,59	0,49	0	6,06	2,7	38,9
P4M	3,5	4,95	62,48	10,86	2,74	7,37	0,54	1,47	0	4,59	3,96	13,1
P4M	4,95	7,05	38,7	3,73	4,37	24,38	0,8	0,39	0	4,78	0,65	43,5

Perf.	Desde	Hasta	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Mfio	K <sub>2</sub> O	C	HSi	Mal	CaCO <sub>3</sub>
P4M	7,05	8	42,26	9,9	5,34	15,44	1,1	1,09	0	2,77	1,85	27,5
P4M	8	11,05	41,38	10,95	5,62	14,25	1,19	1,2	0	2,5	1,95	25,4
P4M	11,05	12,25	29,71	1,29	1,46	33,94	0,37	0,14	0	10,8	0,88	50,5
P4M	12,25	14,1	17,46	2,13	1,27	40	0,48	0,33	0	5,28	1,88	72
P4M	14,1	15	18,92	2,79	1,08	38,09	0,44	0,48	0	4,88	2,56	69,3
P4M	15	16	27,57	3,21	1,41	32,76	0,49	0,58	0	5,97	2,28	58,4
P4M	25,000	26,000	8,90	1,42	0,44	46,90	0,59	0,24	0,00	4,78	3,23	83,60
P4M	26,000	27,000	17,63	3,90	1,50	33,92	3,07	0,84	0,00	3,26	2,60	60,50
P4M	27,000	28,000	12,34	1,76	0,57	43,86	1,07	0,31	0,00	5,30	3,09	78,20
P4M	28,000	29,000	12,00	1,66	0,57	44,43	0,59	0,30	0,00	5,38	2,91	79,20
P4M	29,000	30,000	12,35	1,76	0,57	43,74	1,06	0,31	0,00	5,30	3,09	78,00
P4M	30,000	31,000	14,70	2,57	0,66	42,14	0,72	0,39	0,00	4,55	3,89	75,10
P4M	31,000	32,000	14,55	1,54	0,86	41,87	0,65	0,26	0,00	6,06	1,79	74,60
P4M	32,000	33,000	31,07	6,58	2,64	24,19	1,23	0,96	0,01	3,37	2,49	43,10
P4M	33,000	34,000	11,09	2,15	0,63	43,47	0,91	0,40	0,00	3,99	3,41	77,50
P4M	34,000	34,600	27,40	8,32	2,76	23,89	1,42	1,46	0,00	2,47	4,00	42,60
P4M	34,600	35,000	10,05	2,12	0,72	42,51	1,31	0,43	0,00	3,54	2,84	75,80
P4M	35,000	36,000	28,14	8,44	2,77	23,71	1,42	1,46	0,00	2,51	3,05	42,30
P4M	36,000	37,000	9,01	1,40	0,43	45,88	0,39	0,24	0,00	4,92	3,26	81,80
P4M	37,000	37,400	30,59	6,92	2,58	24,18	1,34	1,00	0,00	3,22	2,68	43,10
P4M	37,400	38,000	17,50	3,84	1,47	33,49	3,06	0,84	0,00	3,30	2,61	59,70
P4M	38,000	39,000	32,22	7,47	2,93	22,68	1,23	1,06	0,00	3,10	2,55	40,40
P4M	39,000	40,000	23,12	4,25	1,26	32,98	0,94	0,72	0,00	4,18	3,32	58,80
P4M	40,000	41,000	24,49	4,36	1,86	30,98	1,28	0,80	0,00	3,94	2,34	55,20
P4M	41,000	42,000	18,49	3,34	1,26	35,83	1,43	0,64	0,00	4,02	2,65	63,90
P4M	42,000	43,000	23,83	3,90	1,26	34,33	0,86	0,52	0,00	4,62	3,10	61,20
P4M	43,000	44,000	13,42	2,31	0,78	41,61	1,21	0,42	0,00	4,34	2,96	74,20
P4M	44,000	45,000	41,22	9,32	3,76	15,59	1,21	0,94	0,00	3,15	2,48	27,80
P4M	45,000	46,000	13,49	2,27	0,75	41,60	0,98	0,43	0,00	4,47	3,03	74,20
P4M	46,000	47,000	20,26	2,38	0,86	33,14	0,88	0,45	0,00	6,25	2,77	68,00
P4M	47,000	48,000	11,41	1,93	0,74	43,39	1,15	0,31	0,00	4,27	77,40	77,40
P4M	48,000	49,000	9,06	2,03	0,67	43,95	1,26	0,42	0,00	3,36	3,03	78,40
P4M	49,000	50,000	14,16	1,59	0,87	42,47	0,68	0,26	0,00	5,76	1,63	75,70
P4M	50,000	51,000	50,77	7,22	4,46	12,69	1,15	0,98	0,00	4,35	1,62	22,60
P4M	51,000	52,000	36,80	3,91	2,16	23,49	2,68	0,63	0,00	6,06	1,81	41,90
P4M	52,000	53,000	30,47	7,04	2,56	24,26	1,36	1,00	0,00	3,17	2,73	43,30
P4M	53,000	54,000	30,94	6,96	2,61	24,39	1,35	1,00	0,00	3,23	2,67	43,50
P4M	54,000	55,000	23,38	3,94	1,26	34,29	0,86	0,52	0,00	4,50	3,13	61,10
P4M	55,000	56,000	32,54	7,38	2,91	22,55	1,22	1,05	0,00	3,16	2,54	40,20
P4M	56,000	57,000	33,05	7,36	2,93	22,73	1,21	1,05	0,00	3,21	2,51	40,50
P4M	57,000	58,000	46,13	13,35	6,48	7,29	1,52	1,62	0,00	2,33	2,06	13,00
P4M	58,000	59,000	37,40	10,37	4,55	11,46	1,04	1,22	0,00	2,51	2,28	20,40
P4M	59,000	60,000	30,73	5,79	2,79	25,98	0,90	0,94	0,00	3,58	2,06	46,30
P4M	60,000	61,000	31,01	6,80	2,69	24,35	1,24	0,97	0,00	3,27	2,53	43,40
P4M	61,000	62,000	55,15	8,38	3,58	10,95	1,02	1,24	0,00	4,61	2,34	19,50

Perf.	Desde	Hasta	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Mfio	K <sub>2</sub> O	C	HSi	Mal	CaCO <sub>3</sub>
P4M	62,000	63,000	30,53	6,97	2,58	24,30	1,34	0,98	0,00	3,20	2,70	43,30
P4M	63,000	64,000	30,75	6,90	2,71	24,36	1,26	0,98	0,00	3,20	2,55	43,40
P4M	64,000	65,000	22,88	4,06	1,27	34,50	0,88	0,53	0,00	4,29	3,20	61,50
P4M	65,000	66,000	12,61	3,08	0,60	45,30	0,72	0,35	0,00	3,43	5,13	80,80
P4M	66,000	67,000	36,47	3,88	2,19	23,96	2,71	0,64	0,00	6,01	1,77	42,70
P4M	67,000	68,000	41,68	12,02	4,82	12,19	1,24	1,32	0,00	2,48	2,49	21,70
P4H	68,000	69,000	28,63	6,04	1,66	28,50	0,94	0,75	0,00	3,72	3,64	50,80
P4M	69,000	70,000	24,69	4,88	1,46	31,11	0,98	0,84	0,00	3,89	3,34	55,50

### Análisis químicos de P-5M

Perf.	Desde	Hasta	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Mfio	K <sub>2</sub> O	C!	HSi	Mal	CaCO <sub>3</sub>
P5M	4,000	5,000	45,28	9,90	7,17	3,82	0,67	0,82	0,00	2,65	1,38	68,00
P5M	23,000	24,000	36,49	13,11	7,09	2,65	0,43	1,24	0,00	1,81	1,85	47,00

### Análisis químicos de P-6M

Perf.	Desde	Hasta	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Mfio	K <sub>2</sub> O	C	HSi	Mal	CaCO <sub>3</sub>
P6M	3,000	4,000	52,47	11,87	7,61	7,04	0,46	1,10	0,00	2,69	1,56	12,50
P6M	8,000	9,000	23,26	6,12	1,55	31,35	0,81	1,08	0,00	3,03	3,95	55,90
P6M	9,000	10,000	29,97	5,40	2,05	27,20	0,72	0,86	0,00	4,02	2,63	48,50
P6M	18,000	19,000	10,42	2,24	0,52	43,96	0,60	0,37	0,00	3,78	4,31	78,40
P6M	22,000	23,000	19,05	4,16	1,16	36,16	0,52	0,65	0,00	3,58	3,59	64,50
P6M	28,000	29,000	11,88	2,64	0,66	43,37	0,45	0,47	0,00	3,60	4,00	77,30
P6M	30,000	31,000	18,98	4,16	1,19	36,09	0,52	0,65	0,00	3,55	3,50	64,40
P6M	31,000	32,000	22,95	4,83	1,46	33,68	0,56	0,65	0,00	3,65	3,31	60,10
P6M	32,000	33,000	13,02	2,19	0,82	42,46	0,79	0,39	0,00	4,33	2,67	75,70
P6M	33,000	34,000	23,53	4,81	1,46	33,74	0,56	0,66	0,00	3,77	3,29	60,20
P6M	34,000	35,000	23,78	4,77	1,45	33,77	0,56	0,65	0,00	3,82	3,29	60,20
P6M	35,000	36,000	10,69	1,90	0,67	44,34	0,72	0,31	0,00	4,16	2,84	79,10
P6M	36,000	37,000	21,00	4,36	1,37	34,83	0,54	0,65	0,00	3,66	3,18	62,10
P6M	37,000	38,000	20,04	3,24	1,44	35,19	0,86	0,59	0,00	4,28	2,25	64,50
P6M	38,000	39,000	8,82	1,73	0,49	45,89	0,69	0,29	0,00	3,97	3,53	81,80
P6M	39,000	40,000	11,89	2,62	0,67	43,68	0,45	0,46	0,00	3,61	3,91	77,90
P6M	41,000	42,000	19,32	4,06	1,29	32,65	0,51	0,60	0,00	3,61	3,15	58,20
P6M	42,000	43,000	21,32	4,31	1,40	35,05	0,53	0,64	0,00	3,73	3,08	62,50
P6M	43,000	44,000	11,57	2,58	0,66	43,14	0,45	0,46	0,00	3,57	3,91	76,90
P6M	44,000	45,000	10,62	2,24	0,52	44,21	0,60	0,37	0,00	3,85	4,31	56,10
P6M	46,000	47,000	23,31	6,12	1,56	31,49	0,81	1,07	0,00	3,04	3,92	56,10
P6M	47,000	48,000	10,74	1,88	0,67	44,08	0,71	0,31	0,00	4,21	2,81	78,60
P6M	48,000	49,000	10,82	1,89	0,68	43,98	0,72	0,31	0,00	4,21	2,78	78,40

Perf.	Desde	Hasta	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Mfio	K <sub>2</sub> O	C	HSi	Mal	CaCO <sub>3</sub>
P6M	49,000	50,000	13,06	2,10	0,80	41,89	0,79	0,39	0,00	4,50	2,63	74,70
P6M	51,000	52,000	8,82	1,70	0,49	45,67	0,69	0,29	0,00	4,03	3,47	81,40
P6M	52,000	53,000	23,21	6,21	1,54	31,29	0,81	1,03	0,00	2,99	4,03	55,80
P6M	53,000	54,000	10,56	2,23	0,52	44,13	0,60	0,36	0,00	3,84	4,29	78,70
P6M	54,000	55,000	8,78	1,69	0,49	45,83	0,68	0,28	0,00	4,03	3,45	81,70
P6M	55,000	58,000	30,60	5,14	2,06	27,36	0,72	0,83	0,01	4,25	2,50	48,80
P6M	56,000	57,000	10,59	2,18	0,52	44,22	0,60	0,35	0,00	3,92	4,19	78,80
P6M	57,000	58,000	26,24	5,76	1,74	29,83	0,78	0,98	0,00	3,50	4,00	53,20
P6M	58,000	59,000	26,90	5,64	1,79	29,42	0,76	0,96	0,00	3,62	3,15	52,50
P6M	59,000	60,000	23,31	6,12	1,56	31,38	0,81	1,07	0,00	3,04	3,92	56,00
P6M	60,000	61,000	12,79	2,14	0,80	41,54	0,78	0,39	0,00	4,35	2,68	74,10
P6M	61,300	61,900	19,01	4,21	1,20	36,64	0,53	0,66	0,00	3,51	3,51	64,80
P6M	63,000	63,600	20,16	3,22	1,39	35,96	0,85	0,59	0,00	4,37	2,32	64,10

### Análisis químicos de P-7M

Perf.	Desde	Hasta	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Mfio	K <sub>2</sub> O	C	HSi	Mal	CaCO <sub>3</sub>
P7M	0,000	1,000	21,43	2,74	1,09	37,49	0,29	0,44	0,00	5,60	2,51	66,80
P7M	1,000	2,000	16,22	1,89	1,12	41,39	0,18	0,30	0,00	5,39	1,69	73,80
P7M	2,000	3,000	16,59	1,86	1,11	41,51	0,15	0,30	0,00	5,59	1,68	74,00
P7M	3,000	4,000	21,33	2,61	1,18	36,84	0,26	0,44	0,00	5,64	2,21	65,70
P7M	4,000	5,000	30,93	1,59	1,05	32,66	0,13	0,15	0,00	11,72	1,51	58,20
P7M	5,000	6,000	39,26	4,20	1,64	24,32	0,79	0,72	0,00	6,72	2,56	43,40
P7M	6,000	7,000	19,57	2,69	1,48	37,33	0,48	0,46	0,00	4,48	1,95	66,60
P7M	7,000	8,000	21,07	2,65	1,16	37,23	0,33	0,44	0,00	5,52	2,29	66,40
P7M	8,000	9,000	33,44	4,27	1,74	28,03	0,17	0,72	0,00	5,56	2,45	50,00
P7M	9,000	10,000	20,26	2,59	1,11	37,97	0,30	0,43	0,00	5,48	2,33	67,70
P7M	10,000	11,000	14,26	1,95	0,68	42,09	0,65	0,34	0,00	5,42	2,87	75,10
P7M	11,000	12,000	17,50	2,33	0,87	38,88	1,11	0,42	0,00	5,47	2,68	69,30
P7M	12,000	13,000	17,00	2,05	0,92	39,14	1,12	0,40	0,00	5,72	2,23	69,80
P7M	13,000	14,000	22,50	3,08	1,19	35,55	0,84	0,56	0,00	5,27	2,59	63,40
P7M	14,000	15,000	15,42	2,07	0,77	41,12	0,57	0,36	0,00	5,43	2,69	73,30
P7M	15,000	16,000	15,30	2,07	0,78	41,22	0,67	0,36	0,00	5,37	2,65	73,50
P7M	16,000	17,000	14,33	1,95	0,68	41,21	0,57	0,33	0,00	5,45	2,87	75,30
P7M	17,000	18,000	17,83	2,21	0,93	38,49	1,18	0,43	0,00	5,68	2,38	68,60
P7M	18,000	19,000	21,87	2,66	1,10	37,69	0,31	0,43	0,00	5,82	2,42	67,20
P7M	19,000	20,000	6,33	1,46	0,58	48,63	0,84	0,29	0,00	3,07	2,55	86,70
P7M	20,000	21,000	16,67	2,08	0,85	39,27	1,30	0,40	0,00	5,69	2,45	70,00
P7M	21,000	22,000	11,47	1,66	0,51	44,90	0,89	0,30	0,00	5,29	3,25	80,10
P7M	22,000	23,000	11,63	1,91	0,51	41,75	0,88	0,31	0,00	4,81	3,75	79,80
P7M	23,000	24,000	22,24	3,10	1,20	35,54	0,89	0,56	0,00	5,17	2,58	63,40
P7M	24,000	25,000	23,35	2,40	1,37	34,95	0,68	0,31	0,00	6,19	1,75	62,30
P7M	25,000	26,000	14,21	1,95	0,67	42,19	0,66	0,34	0,01	5,42	2,91	75,20
P7M	26,000	27,000	16,42	2,07	0,91	39,52	1,23	0,40	0,00	5,51	2,27	70,50
P7M	27,000	28,000	12,65	1,35	0,48	40,34	1,55	0,22	0,00	6,91	4,00	71,90
P7M	28,000	29,000	10,67	1,55	0,52	44,24	2,04	0,24	0,00	5,15	2,98	78,80
P7M	29,000	30,000	17,51	2,83	0,95	38,23	1,75	0,46	0,00	4,63	2,98	68,20

Perf.	Desde	Hasta	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Mfio	K <sub>2</sub> O	C	HSi	Mal	CaCO <sub>3</sub>
P7M	30,000	31,000	20,38	3,11	1,23	36,55	3,01	0,44	0,00	4,70	2,53	65,20
P7M	31,000	32,000	20,46	2,99	0,78	36,94	3,19	0,42	0,00	5,43	3,83	65,90
P7M	32,000	33,000	20,93	2,98	0,77	36,89	3,02	0,42	0,00	5,58	3,87	65,80
P7M	33,000	34,000	15,24	2,40	0,64	40,98	4,15	0,38	0,00	5,01	3,75	73,10
P7M	35,000	36,000	21,70	4,22	1,14	35,85	2,65	0,57	0,00	4,05	3,70	63,90
P7M	36,000	37,000	22,27	4,19	1,14	35,87	2,74	0,57	0,00	4,18	3,68	63,90
P7M	37,000	38,000	19,62	3,65	0,98	37,72	3,08	0,48	0,00	4,24	3,72	67,30
P7M	38,000	39,000	20,29	3,60	1,04	37,48	2,50	0,50	0,00	4,37	3,46	66,80
P7M	39,000	40,000	20,19	3,57	0,98	37,81	2,71	0,48	0,00	4,44	3,64	67,40
P7M	10,000	41,000	21,09	2,92	0,78	36,79	2,88	0,42	0,00	5,70	3,74	65,60
P7M	41,000	42,000	14,93	2,39	0,64	40,94	4,21	0,38	0,00	4,93	3,73	73,00
P7M	42,000	43,000	21,90	4,25	1,14	35,79	2,95	0,58	0,00	4,06	3,73	63,80
P7M	43,000	44,000	11,04	2,47	0,69	44,14	3,12	0,42	0,00	3,49	77,40	78,70
P7M	44,000	45,000	18,50	3,67	0,92	38,35	3,11	0,47	0,00	4,03	3,99	68,40
P7M	45,000	46,000	19,99	3,53	1,00	37,56	2,69	0,46	0,00	4,41	3,53	67,00
P7M	45,000	47,000	19,41	3,53	0,92	38,37	2,98	0,47	0,00	4,36	68,40	68,40
P7M	47,000	48,000	13,57	0,99	0,49	44,82	0,02	0,15	0,00	9,17	2,02	79,90
P7M	48,000	49,000	12,50	1,66	0,50	43,56	4,23	0,24	0,00	5,79	3,32	77,70
P7M	49,000	50,000	44,05	12,23	3,80	16,09	8,45	1,31	0,00	2,75	3,22	28,70
P7M	50,000	51,000	11,30	1,74	0,52	44,13	4,41	0,25	0,00	5,00	3,35	78,70
P7M	51,000	52,000	20,10	3,49	1,07	37,34	3,17	0,48	0,00	4,41	3,26	66,60
P7M	52,000	53,000	43,64	12,78	3,99	15,81	9,36	1,37	0,00	2,60	3,20	28,20
P7M	53,000	54,000	18,68	3,55	0,92	38,41	3,52	0,47	0,00	4,18	3,86	68,50
P7M	54,000	55,000	11,45	1,71	0,51	44,20	4,26	0,24	0,00	5,16	3,35	78,80
P7M	55,000	56,000	43,25	12,50	3,81	16,01	10,06	1,33	0,00	2,65	3,28	28,50
P7M	56,000	57,000	23,14	3,58	1,11	33,25	2,77	0,53	0,00	4,93	3,23	59,30
P7M	58,000	62,000	11,29	1,74	0,52	44,30	4,73	0,25	0,00	5,00	3,35	79,00
P7M	62,000	63,000	44,13	12,22	3,80	15,99	8,98	1,31	0,00	2,75	3,22	28,50
P7M	63,000	64,000	13,73	1,01	0,50	44,66	0,13	0,14	0,00	9,09	2,02	79,60
P7M	64,000	65,000	44,04	12,69	3,96	15,80	9,38	1,37	0,00	2,65	3,20	28,20
P7M	65,000	66,000	19,82	3,56	0,98	37,65	3,33	0,48	0,00	4,37	3,63	67,10
P7M	66,000	57,000	44,37	12,71	3,96	15,76	8,81	1,36	0,00	2,66	3,21	28,10
P7M	67,000	68,000	20,06	3,57	1,01	37,53	3,17	0,48	0,00	4,38	3,53	66,90
P7M	68,000	69,000	18,60	3,56	0,92	38,30	3,72	0,47	0,00	4,15	3,87	68,30
P7M	69,000	70,000	20,09	3,48	0,98	37,67	3,44	0,48	0,00	4,50	3,55	67,20

### Análisis químicos de P-8M

Perf.	Desde	Hasta	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Mfio	K <sub>2</sub> O	C	HSi	Mal	CaCO <sub>3</sub>
P8M	0,000	1,000	36,25	10,32	1,50	26,44	0,56	0,65	0,00	3,07	6,88	47,10
P8M	3,000	7,000	34,67	6,46	3,01	27,04	1,06	0,39	0,01	3,66	2,15	48,20
P8M	7,000	11,000	36,99	10,20	1,49	26,47	0,52	0,65	0,00	3,16	47,20	74,00
P8M	11,00	14,000	24,28	7,03	1,77	33,37	1,34	0,58	0,00	2,76	3,97	59,50
P8M	14,000	17,000	24,22	7,08	1,78	33,53	1,34	0,58	0,01	2,73	3,98	59,80
P8M	17,000	23,000	37,87	14,25	2,12	21,03	0,99	0,92	0,00	2,31	6,72	37,50
P8M	23,000	26,000	37,82	14,26	2,12	21,04	1,00	0,92	0,00	2,31	6,73	37,50
P8M	26,000	29,000	14,09	3,16	0,73	42,32	0,80	0,40	0,00	3,62	4,33	75,50
P8M	29,000	32,000	22,87	4,65	1,62	31,99	0,85	0,63	0,00	3,65	2,87	57,00
PSM	32,000	35,000	19,43	5,62	1,21	37,11	1,32	0,61	0,00	2,84	4,64	66,20
P8M	35,000	36,000	31,39	10,19	2,23	26,54	1,71	0,98	0,00	2,53	47,30	47,30
P8M	38,000	37,000	14,43	2,45	0,69	42,80	0,84	0,39	0,00	4,60	3,55	76,30
P8M	37,000	39,000	17,21	3,12	1,01	40,69	0,70	0,44	0,00	4,17	3,09	41,69
P8M	39,000	40,000	28,07	6,69	1,54	29,72	2,53	0,91	0,00	3,41	4,34	53,00
P8M	40,000	41,000	16,66	3,04	1,01	40,95	0,70	0,44	0,00	4,11	3,01	73,00
P8M	41,000	42,000	13,81	3,25	0,74	42,91	0,86	0,41	0,00	3,46	4,39	76,50

Perf.	Desde	Hasta	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MfiO	K <sub>2</sub> O	C	HSi	Mal	CaCO <sub>3</sub>
P8M	42,000	43,000	27,79	6,86	1,54	29,67	2,57	0,92	0,00	3,31	4,45	52,90
P8M	43,000	44,000	34,08	10,58	3,1 S	17,65	3,95	1,29	0,00	2,48	3,33	31,50
P8M	44,000	45,000	31,39	10,03	2,24	26,56	1,72	0,98	0,00	2,56	4,43	47,40
P8M	45,000	46,000	16,58	3,21	1,02	41,03	0,73	0,45	0,00	3,92	3,15	73,20
P8M	46,000	47,000	23,85	5,80	1,73	34,12	1,20	0,70	0,00	3,17	3,35	60,80
P8M	47,000	48,000	32,21	9,57	2,23	26,74	1,69	0,85	0,00	2,73	4,29	47,70
P8M	48,000	49,000	19,23	5,54	1,21	37,27	1,36	0,62	0,00	2,81	4,66	66,40
P8M	49,000	50,000	8,57	1,45	0,46	48,07	0,69	0,22	0,00	4,49	3,15	85,70
P8M	50,000	51,000	9,36	1,14	0,44	45,22	0,51	0,19	0,00	5,92	2,59	80,60
P8M	51,000	52,000	20,74	5,35	1,31	36,36	1,04	0,64	0,01	3,11	4,08	64,90
P8M	52,000	53,000	11,56	23,46	0,62	44,87	0,77	0,33	0,00	0,48	37,54	80,00
P8M	53,000	54,000	11,48	2,40	0,72	44,09	1,12	0,31	0,00	3,88	4,00	78,60
P8M	54,000	55,000	19,10	5,59	1,21	37,22	1,36	0,62	0,00	2,51	4,62	66,40
P8M	55,000	56,000	14,00	3,1S	0,73	42,87	0,55	0,40	0,00	3,58	4,36	76,40
P8M	56,000	57,000	27,67	5,49	1,46	27,72	2,29	0,53	0,00	3,98	3,76	49,70
P8M	57,000	58,000	5,47	1,53	0,46	48,02	0,69	0,22	0,00	4,26	3,33	85,60
P8M	58,000	59,000	21,01	5,2S	1,31	36,44	1,04	0,64	0,00	3,19	4,03	65,00
P8M	59,000	60,000	14,53	2,41	0,69	42,74	0,83	0,38	0,00	4,69	3,49	76,20
P8M	60,000	61,000	27,99	8,53	1,50	29,70	2,63	0,90	0,00	3,49	4,35	52,90
P8M	61,000	62,000	21,09	5,22	1,31	36,43	1,03	0,64	0,00	3,23	3,98	64,30
P8M	62,000	63,000	11,56	2,3S	0,73	44,06	1,12	0,31	0,00	3,72	3,26	78,60
P8M	63,000	64,000	27,92	6,59	1,52	29,71	2,60	0,91	0,00	3,44	4,34	53,00
P8M	64,000	65,000	24,20	6,97	1,79	33,57	1,39	0,06	0,00	2,76	3,89	59,90
P8M	65,000	66,000	13,44	3,48	0,81	41,95	1,72	0,51	0,00	3,13	4,30	74,80
P8M	66,000	67,000	11,64	2,10	0,61	45,35	1,04	0,2S	0,00	4,30	3,44	80,90
P8M	67,000	68,000	10,22	1,69	0,48	46,38	1,27	0,24	0,00	4,71	3,52	82,70
P8M	68	69,000	10,41	2,32	0,55	46,36	0,92	0,29	0,00	3,63	77,40	82,70
P8M	69,000	70,000	10,41	4,42	1,18	3S,02	1,49	0,54	0,00	3,23	3,75	67,80
P8M	70,000	71,000	19,06	5,65	1,21	37,14	1,37	0,61	0,00	2,78	4,67	66,20
P8M	71,000	72,000	11,97	2,02	0,60	45,18	1,01	0,28	0,00	4,57	68,40	80,60
P8M	72,000	73,000	11,56	2,38	0,72	44,10	1,12	0,31	0,00	3,74	3,31	76,60
P8M	73,000	74,000	11,56	2,20	0,61	45,2S	1,06	0,29	0,00	4,11	3,61	80,70
P8M	74,000	75,000	14,53	2,51	0,70	42,72	0,88	0,39	0,00	4,53	3,59	76,20
P8M	75,000	76,000	15,09	4,52	0,93	40,13	1,81	0,64	0,00	2,77	4,86	71,60
P8M	76,000	77,000	10,41	1,68	0,48	46,35	1,27	0,24	0,00	4,52	3,50	82,60
P8M	77,000	78,880	9,91	1,89	0,50	45,82	2,02	0,29	0,00	4,15	3,78	81,70
P8M	78,870	79,000	12,98	3,70	0,73	41,98	1,83	0,57	0,00	2,93	5,07	74,80
P8M	79,000	85,56	13,00	3,63	0,72	41,86	1,80	0,56	0,00	2,99	5,04	74,80
P8M	80,000	81,000	14,90	4,51	0,93	40,17	1,10	0,66	0,00	2,74	4,85	71,60
P8M	81,000	82,000	13,24	3,47	0,50	42,18	1,08	0,51	0,00	3,10	4,34	75,20
P8M	82,000	83,000	36,94	12,32	3,26	18,76	2,35	1,40	0,00	2,37	3,78	33,50
P8M	83,000	84,000	14,34	2,93	0,78	39,94	0,85	0,47	0,00	3,87	3,78	71,20
P8M	84,000	85,000	5,57	1,8S	0,50	46,11	0,29	0,2S	0,00	4,17	3,78	82,20
P8M	85,000	86,000	10,44	2,68	0,55	46,71	0,60	0,32	0,00	3,23	4,87	83,30
P8M	86,000	87,000	10,13	1,86	0,50	46,16	1,32	0,29	0,00	4,29	3,72	82,30
P8M	87,000	88,000	18,54	4,37	1,17	38,12	0,84	0,55	0,00	3,42	3,74	68,00
P8M	88,000	89,778	9,94	1,86	0,50	46,1 S	1,30	0,28	0,00	4,21	3,72	82,40
P8M	89,000	90,000	13,58	3,2?	0,71	39,71	0,96	0,54	0,00	3,56	4,54	70,80
P8M	90,000	91,000	10,38	1,68	0,48	46,67	0,84	0,24	0,00	4,81	3,50	83,20
P8M	91,000	92,000	23,58	6,21	1,54	33,02	1,66	0,85	1,00	3,04	4,03	58,90
P8M	92,000	93,000	23,35	6,36	1,54	33,02	1,73	0,87	2,00	2,96	4,13	56,90
P8M	93,000	94,000	23,04	5,51	1,51	30,99	1,55	0,80	3,00	3,28	3,65	55,30
P8M	94,000	95,000	37,31	12,37	3,31	18,69	3,50	1,40	4,00	2,38	3,74	33,30
P8M	95,000	96,000	13,62	3,32	0,7S	42,34	1,16	0,50	5,00	3,31	4,20	75,50
P8M	96,770	97,778	23,70	6,19	1,55	33,00	1,81	0,55	6,00	3,06	3,98	58,80
P8M	99,000	102,000	15,80	4,33	1,18	38,28	1,02	0,55	7,00	3,38	3,71	66,20
P8M	102,000	105,000	15,92	4,01	0,92	37,87	1,00	0,60	8,00	3,23	4,36	67,50

## Análisis químicos de P-9M

Perf.	Desde	Hasta	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Mfio	K <sub>2</sub> O	C	HSi	Mal	CaCO <sub>3</sub>
P9M	0,000	4,000	34,50	2,35	2,08	30,65	0,45	0,18	0	0,07	0,07	0,60
P9M	4,000	8,000	25,31	4,S9	1,53	34,10	0,41	0,56	0	0,14	0,04	0,73
P9M	9,000	14,000	22,10	2,93	1,85	36,66	0,20	0,43	0	0,08	47,20	0,36
P9M	14,000	15,000	28,25	2,26	2,40	33,78	0,32	0,27	0	0,06	0,07	0,57
P9M	18,000	20,000	34,36	3,46	3,28	28,S6	0,18	0,43	0	0,11	0,11	0,32
P9M	20,000	21,000	33,36	3,37	1,SS	30,84	0,31	0,47	0	0,10	0,06	0,55
P9M	21,000	22,000	13,83	4,52	1,33	40,96	1,40	0,52	0	0,11	0,03	2,50
P9M	22,000	23,000	9,97	2,12	1,00	44,96	1,56	0,35	0	0,05	0,02	2,78
P9M	23,000	24,000	18,80	2,68	1,50	38,94	0,51	0,45	0	0,07	0,04	0,91
P9M	24,000	24,500	44,68	1,S9	1,63	27,43	0,26	0,29	0	0,07	0,06	0,46
P9M	24,500	25,000	21,35	4,01	1,65	36,43	0,60	0,98	0	0,11	0,05	1,07
P9M	25,000	26,000	21,12	3,31	1,67	3S,62	0,60	0,57	0	0,10	0,05	1,07
P9M	26,000	27,000	28,01	5,40	1,99	31,90	0,83	0,36	0	0,16	0,06	1,57
P9M	27,000	28,000	13,74	1,75	1,12	43,73	0,40	0,19	0	0,04	0,03	0,71
P9M	28	29,000	11,53	1,SS	1,31	44,44	0,52	0,22	0	0,04	0,03	0,93
P9M	29,000	30,000	36,46	4,37	2,36	27,95	1,44	0,31	0	0,14	0,08	2,57
P9M	30,000	31,000	33,88	2,80	1,73	31,53	0,52	0,20	0	0,08	0,05	0,93
P9M	31,000	32,000	33,06	3,76	2,35	30,42	0,41	0,49	0	0,11	0,08	0,73
P9M	32,000	33,000	35,85	5,39	2,02	27,92	0,60	0,68	0	0,18	0,07	1,07
P9M	33,000	34,000	22,81	2,62	1,3S	36,52	1,35	0,37	0	0,07	0,04	2,41
P9M	34,000	35,000	18,09	2,02	1,05	40,84	0,76	0,32	0	0,05	0,03	1,36
P9M	35,000	36,000	24,14	2,45	1,39	37,11	0,56	0,35	0	0,06	0,04	1,00
P9M	36,000	37,000	25,81	5,30	1,79	32,10	2,88	0,75	0	0,16	0,06	5,15
P9M	37,000	38,000	10,16	2,10	0,64	42,04	2,10	0,28	0	0,05	0,02	3,74
P9M	42,000	43,000	20,60	1,33	1,07	39,60	1,27	0,19	0	0,03	0,03	2,26
P9M	43,000	44,000	11,69	2,08	1,16	43,56	1,57	0,33	0	0,05	0,03	2,80
P9M	44,000	45,000	7,30	1,47	0,80	45,49	4,09	0,26	0	0,03	0,02	7,29
P9M	45,000	46,000	16,33	4,01	1,04	40,25	1,50	0,40	0	0,10	4,00	2,67
P9M	46,000	47,000	12,37	2,75	0,78	43,11	1,94	0,33	0	0,06	0,02	3,46
P9M	47,000	48,000	16,64	4,03	1,04	40,22	1,50	0,40	0	0,10	0,03	2,67
P9M	49	50,000	12,41	2,77	0,78	43,01	2,01	0,32	0	0,06	0,02	3,58
P9M	51,000	52,000	10,17	2,16	0,64	44,87	2,20	0,28	0	0,05	0,01	3,92
P9M	52,000	53,000	16,22	4,01	1,03	40,14	1,54	0,39	0	0,10	0,03	2,75
P9M	53,000	54,000	7,20	1,72	0,55	48,58	0,90	0,23	0	0,04	0,01	1,60
P9M	55,000	56,000	9,37	1,26	0,84	44,S2	3,07	0,24	0	0,03	0,02	5,47
P9M	58,000	57,000	12,92	3,37	1,07	41,81	1,65	0,49	0	0,08	0,03	2,94
P9M	58,000	59,000	12,69	2,76	0,78	42,96	2,05	0,32	0	0,06	0,02	3,66
P9M	59,000	60,000	20,19	4,73	1,60	35,20	2,40	0,75	0	0,13	0,05	4,28
P9M	61,000	62,000	10,2)	2,08	0,63	44,89	2,23	0,27	0	0,05	0,01	3,98
P9M	62,000	63,000	7,57	1,56	0,59	47,82	1,06	0,25	0	0,03	0,01	1,89
P9M	64,000	65,000	53,93	17,60	6,03	8,49	1,92	1,11	0	1,21	0,71	3,42
P9M	74,000	75,000	16,95	3,98	1,03	40,08	1,56	0,40	0	0,10	0,03	2,78

## Análisis químicos de P-10M

Perf.	Desde	Hasta	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Mfio	K <sub>2</sub> O	C	HSi	Mal	CaCO <sub>3</sub>
P10M	3,500	8,100	41,97	4,22	4,87	24,47	1,24	0,28	0	0,14	0,20	2,21
P10M	14,200	17,250	56,71	12,79	6,67	11,84	1,43	0,93	0	0,69	0,56	2,55
P10M	17,250	20,230	51,26	19,62	10,52	7,35	0,85	1,33	0	1,10	1,43	1,52
P10M	20,230	23,350	52,17	21,17	9,02	7,40	0,69	1,28	0	1,29	1,22	1,23
P10M	23,350	26,400	51,14	20,45	6,43	8,33	0,98	1,49	0	1,39	0,77	1,75
P10M	26,400	29,450	48,98	21,48	6,15	8,83	0,97	1,48	0	1,43	0,70	1,73
P10M	29,450	35,550	54,14	17,32	7,72	8,83	1,27	1,13	0	1,05	0,87	2,26
P10M	35,550	37,600	43,11	6,97	3,41	20,69	1,01	0,81	0	0,37	0,16	1,60
P10M	37,600	38,600	23,33	0,49	1,24	39,7B	0,30	0,05	0	0,01	0,03	0,53
P10M	38,600	40,000	17,71	8,07	2,20	34,49	0,73	1,21	0	0,22	0,06	1,30
P10M	40,000	41,650	38,36	4,17	2,22	27,96	0,73	0,41	0	0,14	0,08	1,30
P10M	41,650	47,750	53,78	19,09	6,30	8,56	2,60	1,47	0	1,28	0,74	4,64

**Anexo # 10.** Tablas de promedio y desviación estándar para las concentraciones de CaCO<sub>3</sub>, MgO, SiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, de los análisis químicos de los núcleos de perforación del año 1997.

### Para P-1M

M	MEDIA	DESV. ESTANDAR
%CaCO <sub>3</sub>	74,81	10,63
%Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,02	0,75
%SiO <sub>2</sub>	12,06	6,68
%MgO	0,94	0,33

ECG	MEDIA	DESV. ESTANDAR
%CaCO <sub>3</sub>	21,70	14,78
%Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,56	2,25
%SiO <sub>2</sub>	48,30	11,74
%MgO	1,18	0,46

**Para P-2M**

M	MEDIA	DESV. ESTANDAR
%CaCO <sub>3</sub>	70,14	18,10
%Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,33	1,40
%SiO <sub>2</sub>	15,77	11,06
%MgO	0,90	0,30

ECG	MEDIA	DESV. ESTANDAR
%CaCO <sub>3</sub>	17,54	2,81
%Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,87	0,88
%SiO <sub>2</sub>	53,74	3,28
%MgO	1,01	0,16

**Para P-3M**

M	MEDIA	DESV. ESTANDAR
%CaCO <sub>3</sub>	78,05	8,44
%Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,83	0,47
%SiO <sub>2</sub>	10,17	4,11
%MgO	1,35	1,19

ECG	MEDIA	DESV. ESTANDAR
%CaCO <sub>3</sub>	42,76	14,68
%Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,65	1,26
%SiO <sub>2</sub>	35,65	12,00
%MgO	0,96	0,41

**Para P-4M**

<b>ECM</b>	<b>MEDIA</b>	<b>DESV. ESTANDAR</b>
<b>%CaCO<sub>3</sub></b>	39,32	16,79
<b>%Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	4,01	1,05
<b>%SiO<sub>2</sub></b>	40,44	12,09
<b>%MgO</b>	0,74	0,25

<b>M</b>	<b>MEDIA</b>	<b>DESV. ESTANDAR</b>
<b>%CaCO<sub>3</sub></b>	66,65	14,01
<b>%Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	1,52	0,94
<b>%SiO<sub>2</sub></b>	23,10	10,73
<b>%MgO</b>	1,11	0,62

<b>ECG</b>	<b>MEDIA</b>	<b>DESV. ESTANDAR</b>
<b>%CaCO<sub>3</sub></b>	41,53	17,22
<b>%Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	2,88	1,51
<b>%SiO<sub>2</sub></b>	32,95	9,99
<b>%MgO</b>	1,21	0,46

**Para P-5M**

<b>ECG</b>	<b>MEDIA</b>	<b>DESV. ESTANDAR</b>
<b>%CaCO<sub>3</sub></b>	39,32	16,79
<b>%Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	4,01	1,05
<b>%SiO<sub>2</sub></b>	40,44	12,09
<b>%MgO</b>	0,74	0,25

**Para P-6M**

<b>ECG</b>	<b>MEDIA</b>	<b>DESV. ESTANDAR</b>
<b>%CaCO<sub>3</sub></b>	51,96	24,70
<b>%Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	2,58	2,87
<b>%SiO<sub>2</sub></b>	27,03	15,89
<b>%MgO</b>	0,62	0,14

<b>M</b>	<b>MEDIA</b>	<b>DESV. ESTANDAR</b>
<b>%CaCO<sub>3</sub></b>	69,32	9,91
<b>%Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0,98	0,42
<b>%SiO<sub>2</sub></b>	15,77	5,81
<b>%MgO</b>	0,64	0,12

<b>ECG</b>	<b>MEDIA</b>	<b>DESV. ESTANDAR</b>
<b>%CaCO<sub>3</sub></b>	61,54	10,80
<b>%Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	1,38	0,52
<b>%SiO<sub>2</sub></b>	21,2	6,97
<b>%MgO</b>	0,73	0,11

**Para P-7M**

<b>M</b>	<b>MEDIA</b>	<b>DESV. ESTANDAR</b>
<b>%CaCO<sub>3</sub></b>	68,43	10,55
<b>%Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	1,03	0,69
<b>%SiO<sub>2</sub></b>	18,68	7,02
<b>%MgO</b>	0,50	0,28

<b>ECM</b>	<b>MEDIA</b>	<b>DESV. ESTANDAR</b>
<b>%CaCO<sub>3</sub></b>	52,75	14,37
<b>%Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	2,05	0,53
<b>%SiO<sub>2</sub></b>	32,64	6,60
<b>%MgO</b>	1,04	0,30

**Para P-8M**

<b>ECM</b>	<b>MEDIA</b>	<b>DESV. ESTANDAR</b>
<b>%CaCO<sub>3</sub></b>	56,19	21,11
<b>%Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	1,87	1,50
<b>%SiO<sub>2</sub></b>	26,43	13,19
<b>%MgO</b>	0,72	0,47

<b>ECG</b>	<b>MEDIA</b>	<b>DESV. ESTANDAR</b>
<b>%CaCO<sub>3</sub></b>	59,57	13,53
<b>%Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	1,29	0,55
<b>%SiO<sub>2</sub></b>	21,07	6,70
<b>%MgO</b>	1,25	0,67

<b>M</b>	<b>MEDIA</b>	<b>DESV. ESTANDAR</b>
<b>%CaCO<sub>3</sub></b>	69,38	13,64
<b>%Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	1,07	0,70
<b>%SiO<sub>2</sub></b>	17,12	7,87
<b>%MgO</b>	1,36	0,71

**Para P-9M**

<b>M</b>	<b>MEDIA</b>	<b>DESV. ESTANDAR</b>
<b>%CaCO<sub>3</sub></b>	70,18	10,48
<b>%Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	1,24	0,50
<b>%SiO<sub>2</sub></b>	18,45	9,54
<b>%MgO</b>	1,42	0,88

<b>ECG</b>	<b>MEDIA</b>	<b>DESV. ESTANDAR</b>
<b>%CaCO<sub>3</sub></b>	43,30	39,83
<b>%Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	3,53	3,54
<b>%SiO<sub>2</sub></b>	35,44	26,15
<b>%MgO</b>	1,74	0,25

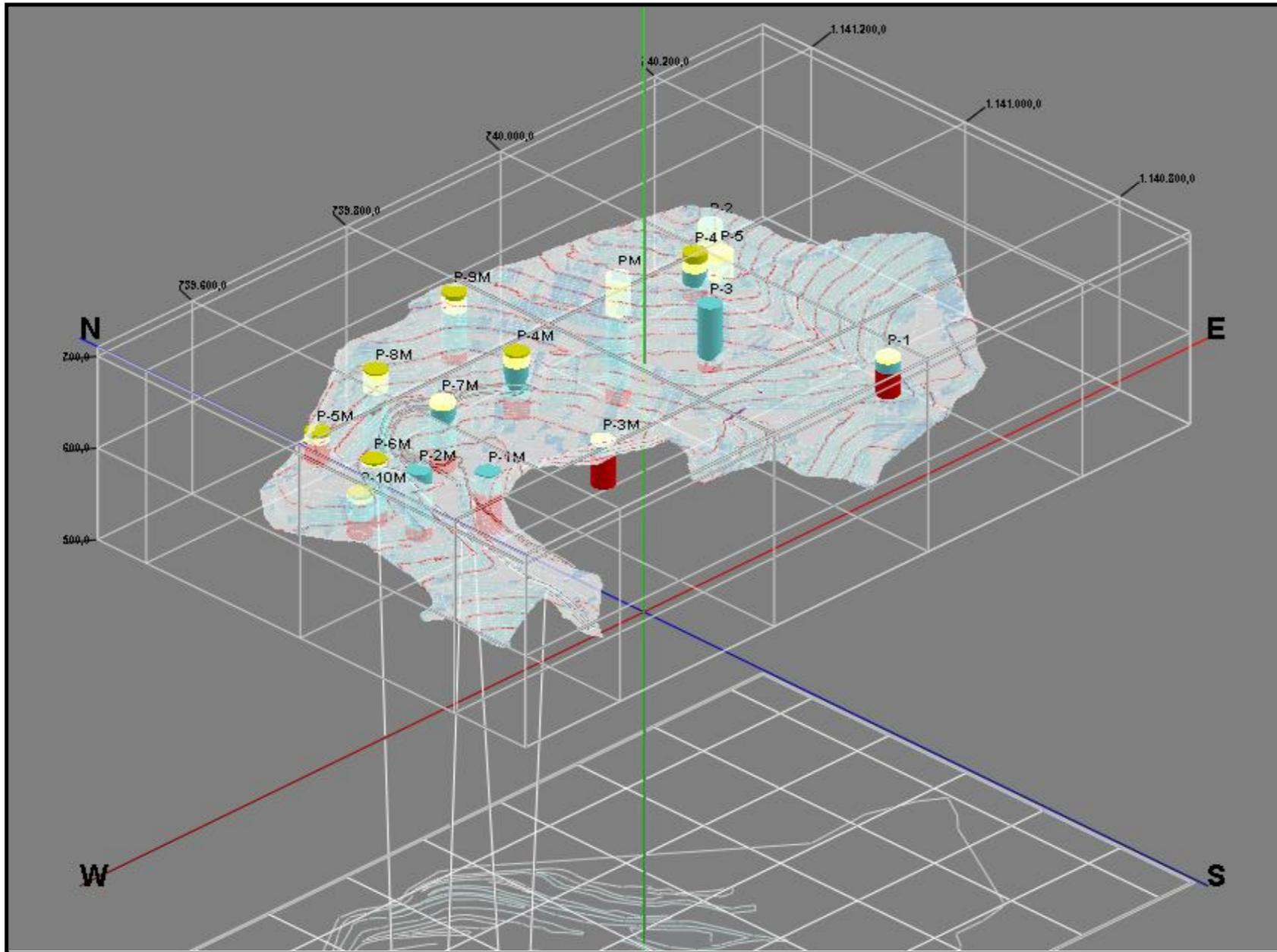
**Para P-10M**

<b>ECM</b>	<b>MEDIA</b>	<b>DESV. ESTANDAR</b>
<b>%CaCO<sub>3</sub></b>	22,76	14,41
<b>%Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	7,77	2,50
<b>%SiO<sub>2</sub></b>	50,53	6,18
<b>%MgO</b>	1,05	0,34

<b>ECG</b>	<b>MEDIA</b>	<b>DESV. ESTANDAR</b>
<b>%CaCO<sub>3</sub></b>	35,10	23,16
<b>%Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	4,46	2,46
<b>%SiO<sub>2</sub></b>	41,32	13,98
<b>%MgO</b>	1,07	0,68





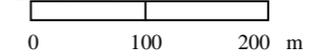


UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE GEOLOGÍA, MINAS Y GEOF.  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

### MAPA TOPOGRÁFICO 3D DE LA CANTERA CON PERFORACIONES

Escala: 1:10000

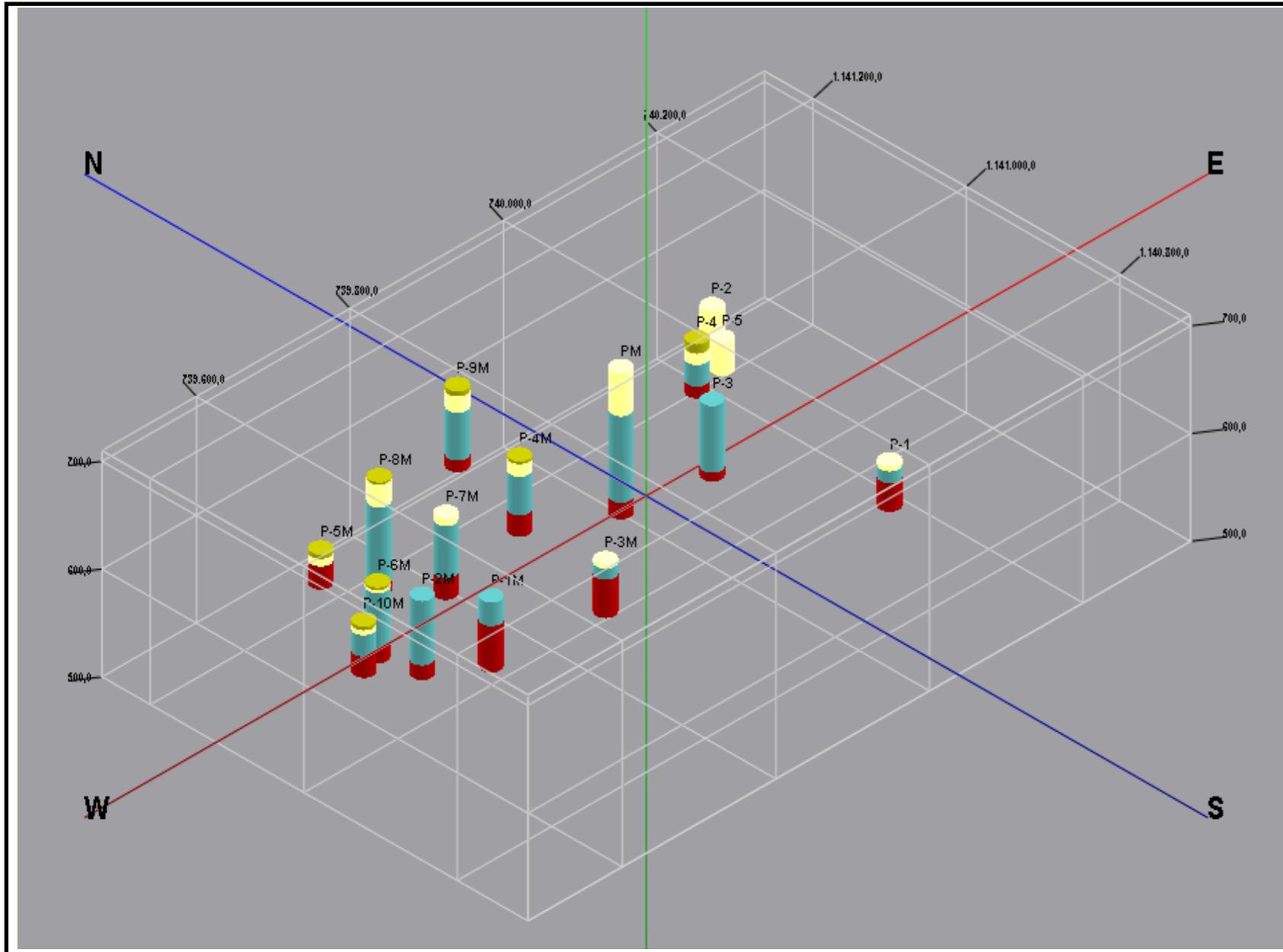


#### Leyenda

-  Estéril
-  Esquisto Calcáreo Micáceo
-  Mármol
-  Esquisto Calcáreo Grafítico

**P** Perforaciones

Elaborado por: Yoxela Corniel  
Abril, 2010

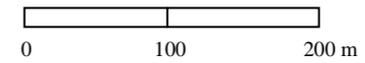


UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE GEOLOGÍA, MINAS Y GEOF.  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

## UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LAS PERFORACIONES

Escala: 1:10000



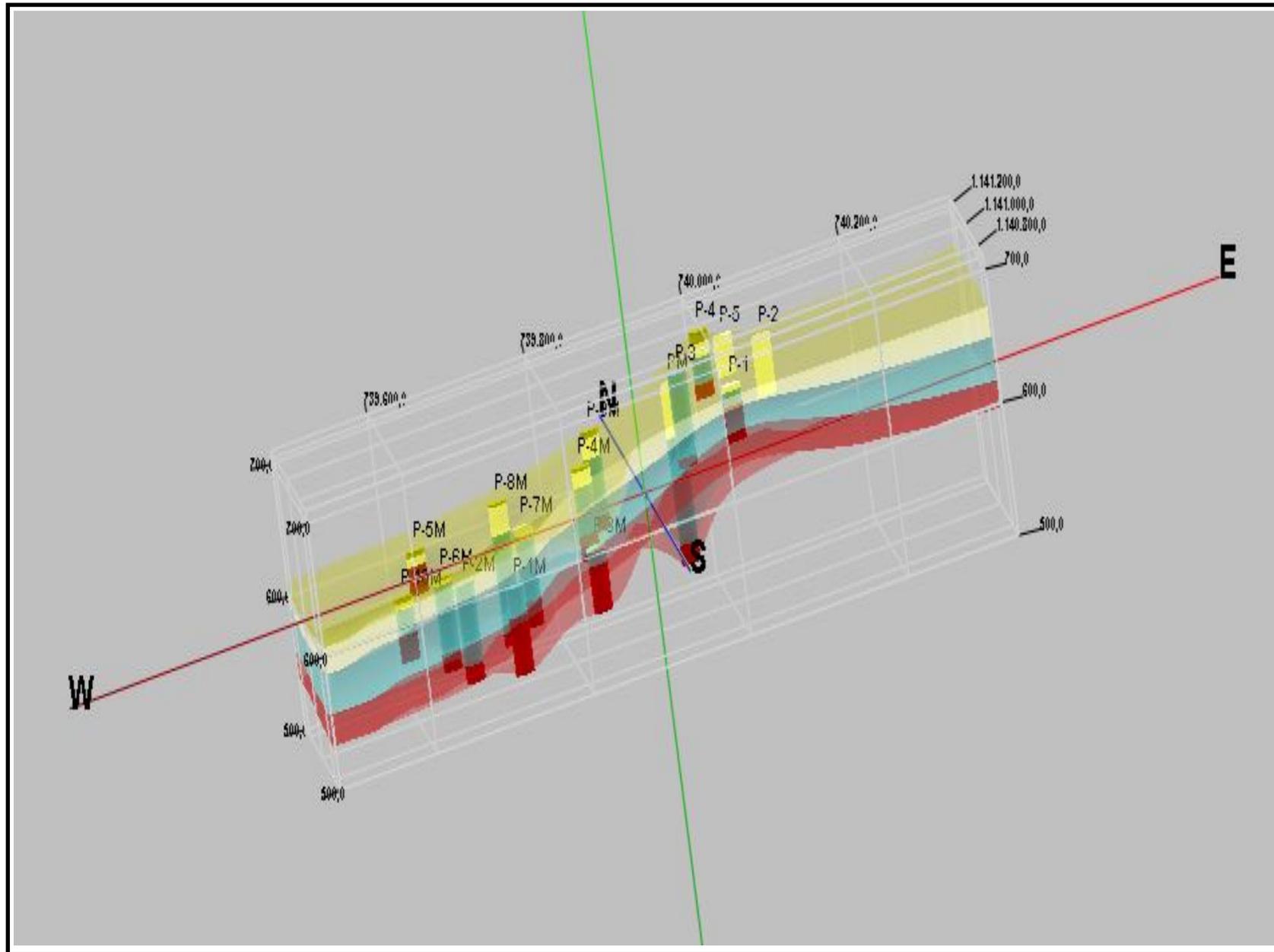
### Leyenda

-  Estéril
-  Esquisto Calcáreo Micáceo
-  Mármol
-  Esquisto Calcáreo Grafítico

**P** Perforaciones

Elaborado por: Yoxela Corniel

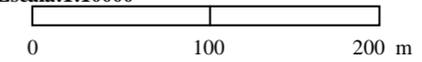
Mayo , 2010



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE GEOLOGÍA, MINAS Y GEOF.  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA  
TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

## REPRESENTACIÓN ESPACIAL DEL YACIMIENTO

Escala: 1:10000



### Leyenda

- Estéril
- Esquisto Calcáreo Micáceo
- Mármol
- Esquisto Calcáreo Grafítico

**P** Perforaciones

Elaborado por: Yoxela Corniel

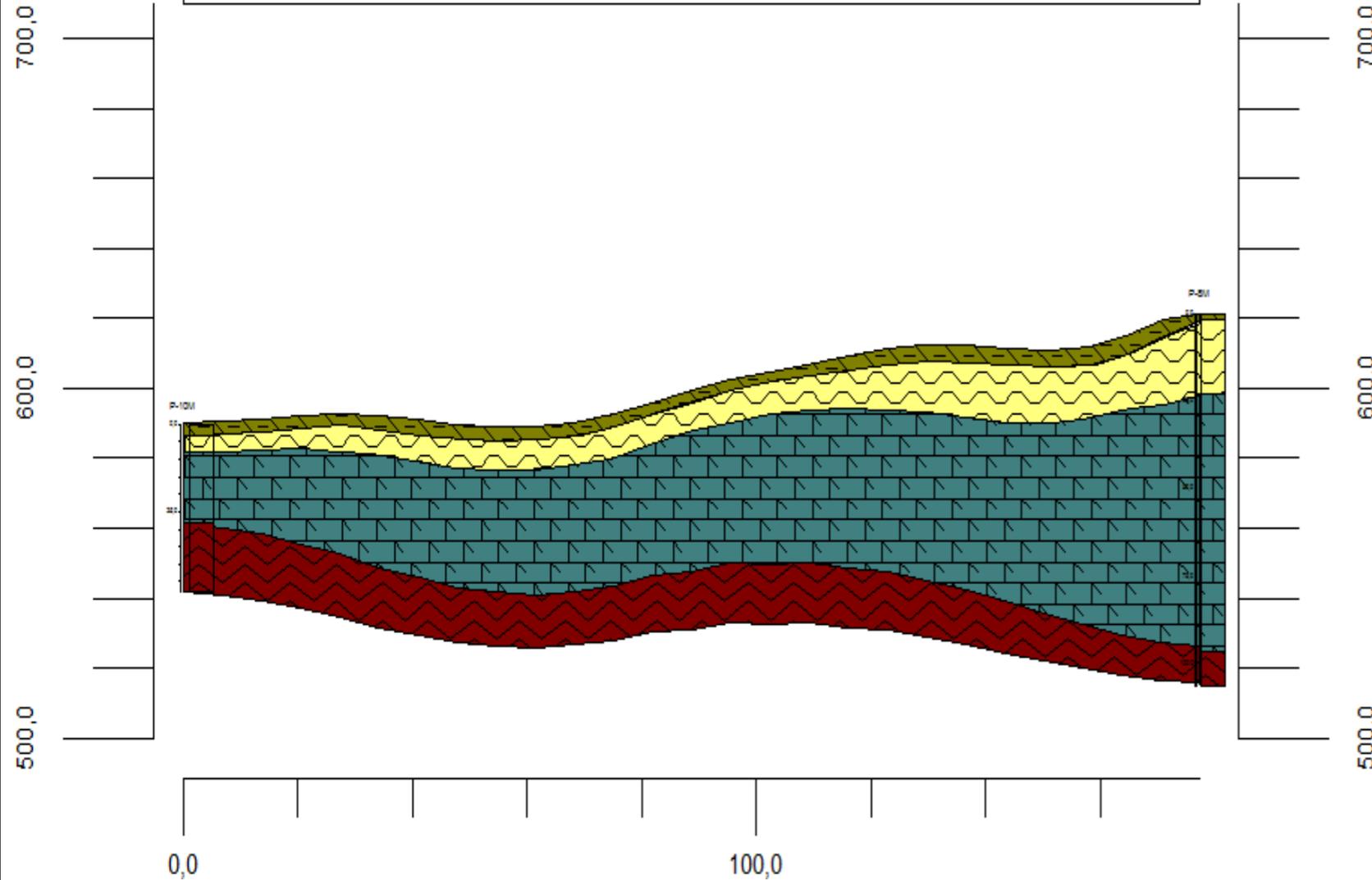
Mayo , 2010

# Sección A1

N60E

P-10M

P-8M



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE GEOLOGÍA, MINAS Y GEOF.  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

SECCIÓN GEOLÓGICA

A1

Escala: 1:10000

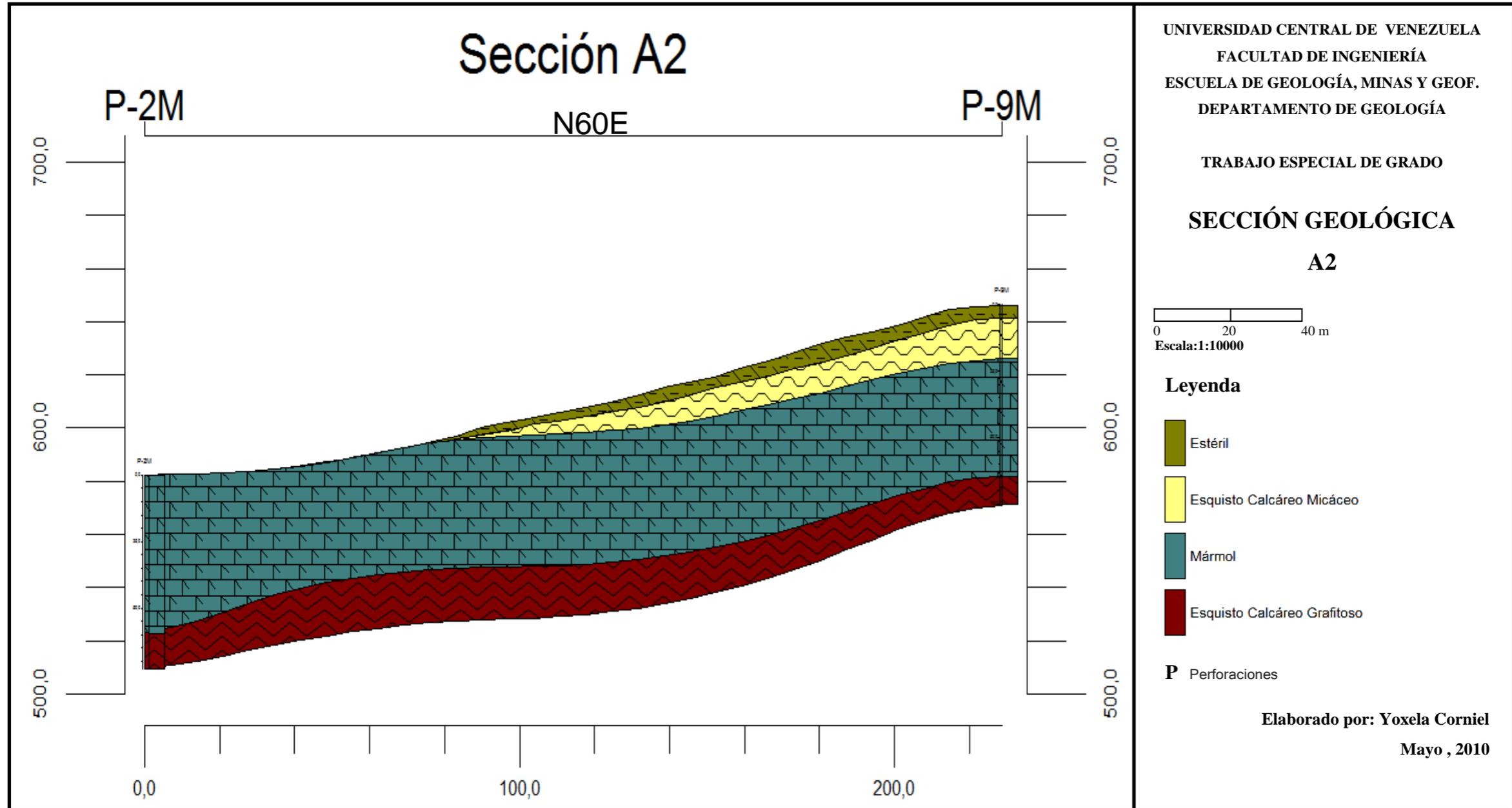
Legenda

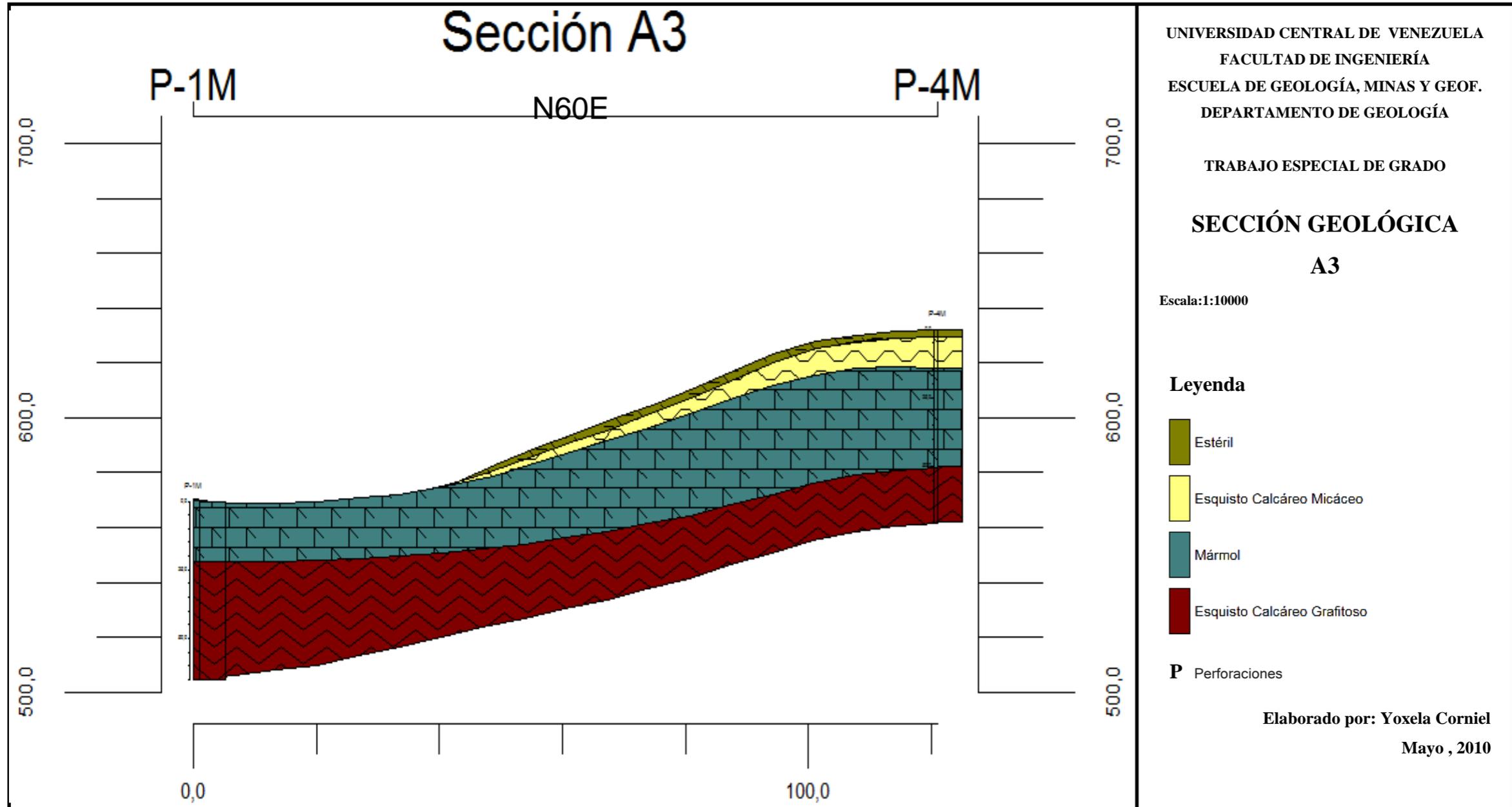
-  Estéril
-  Esquisto Calcáreo Micáceo
-  Mármol
-  Esquisto Calcáreo Grafítico

**P** Perforaciones

Elaborado por: Yoxela Corniel

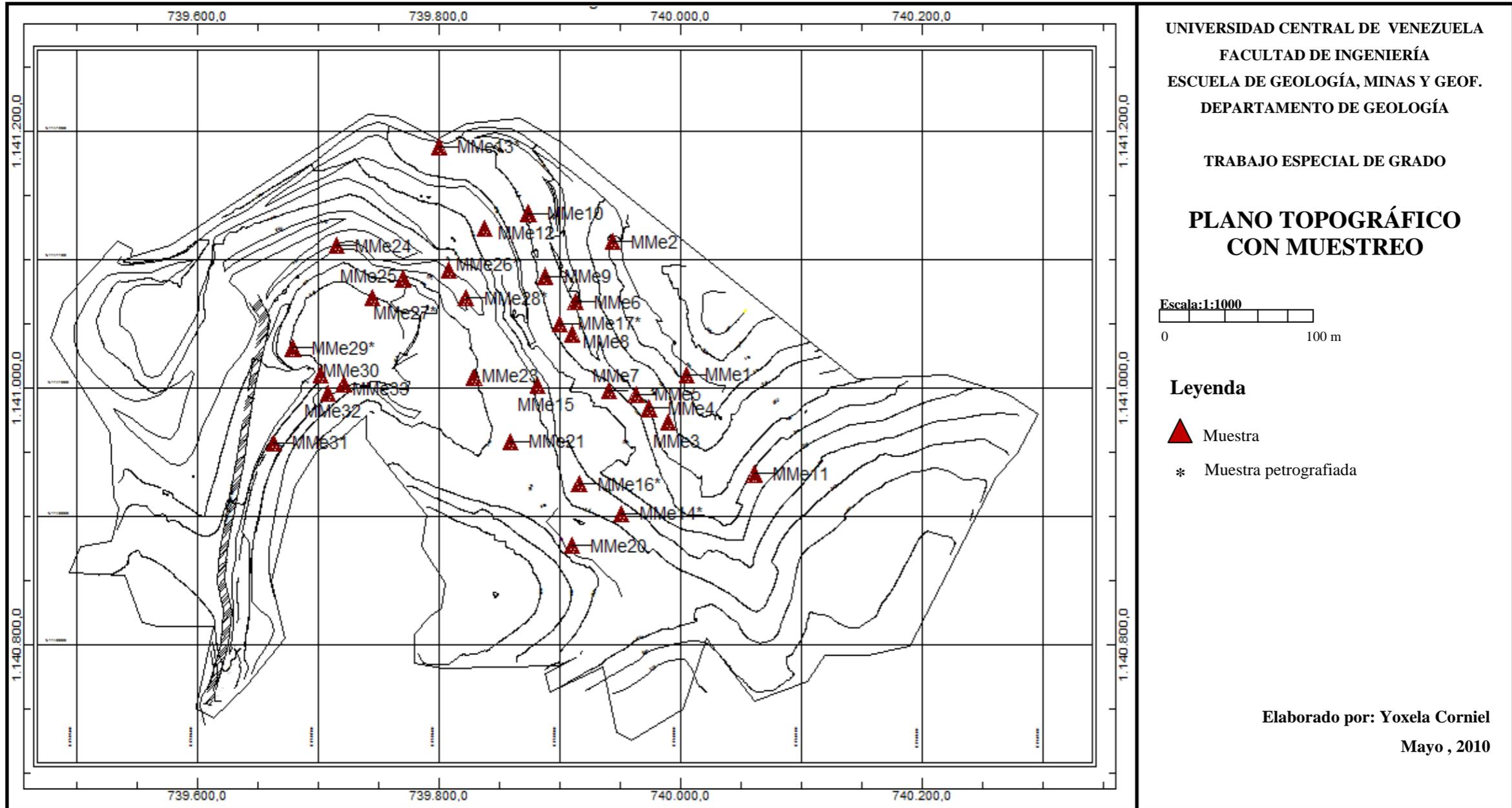
Mayo, 2010











Anexo # 24. Representación estereográfica de los planos de diaclasa y densidad de polos.

