

# CARACTERIZACIÓN Y CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA DEL MACIZO ROCOSO DEL SECTOR LA SIERRA, SOGAMOSO, BOYACÁ, COLOMBIA

*Albarracín Sepúlveda Olga Lucía<sup>(1)</sup>, Gómez Acevedo Diana Carolina<sup>(2)</sup>*

*Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Sede Sogamoso<sup>(1)</sup> Calle 8 # 19 – 34, Sogamoso, Boyacá, Colombia. [Luciitalbarracin@hotmail.com](mailto:Luciitalbarracin@hotmail.com),<sup>(2)</sup> Calle 7b # 19 – 68 P-3, Sogamoso, Boyacá, Colombia. [carolgomi@yahoo.com](mailto:carolgomi@yahoo.com)*

## RESUMEN

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos en la caracterización y clasificación del macizo rocoso, la sierra, municipio de Sogamoso, Boyacá, Colombia. El cual pertenece a la Formación Picacho (Pgp) compuesta por arenisca cuarzosa y lentes de areniscas conglomeráticas. Para llegar a la clasificación se realizó una zonificación del macizo rocoso, se tomaron datos de 250 diaclasas, con su respectivo muestreo y clasificación petrográfica. En laboratorio se determinaron propiedades físicas (Densidad, Peso Especifico, porosidad, etc.) y mecánicas de la roca (granulometría, carga por punta, etc.) y propiedades hidráulicas. Una vez tabulada la información y obtenidos los resultados de laboratorio con el software Dips se determinaron dos familias de discontinuidades, las cuales se observan en los diagramas de polos, frecuencias y rosetas. Una vez recopilados y analizados los datos se pudo determinar que el macizo rocoso presenta una mala calidad.

## ABSTRACT

In this work presents the results obtained in the characterization and classification of solid rock, La Sierra, Sogamoso, Boyacá, Colombia. Which belongs to the Picacho Formation (Pgp) composed of quartz sandstone and lenses of sandstone Conglomerates. To reach the classification was made zoning of solid rock, information of 250 took diaclasas, with his(her,your) respective sampling and petrographic classification. Laboratory identified physical properties (density, specific gravity, porosity, etc.). And mechanics of the rock (grain size, peak load, etc.), and hydraulic properties. Once tabulated information and laboratory results obtained with the software Dips identified two families of discontinuities, which are shown in the diagrams of poles, frequency and rosettes. Once collected and analyzed the data it was determined that a rock solid bad quality.

## INTRODUCCIÓN

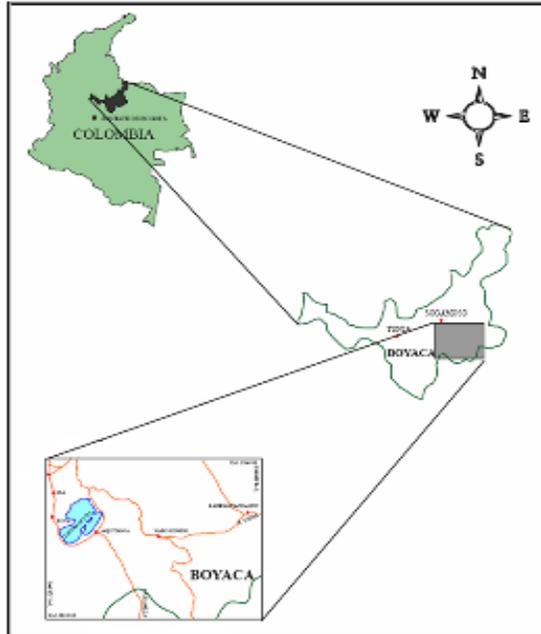
La descripción y clasificación física y mecánica de un macizo rocoso es de gran importancia debido a la gran cantidad de obras que sobre estos se desarrollan, por tal motivo se hace necesario realizar una serie de estudios y pruebas con el fin de conocer las características del material sobre el cual se planea la obra de ingeniería. Tales estudios se complementan con estudios geológicos locales y en algunos casos regionales según sea la magnitud del proyecto, detallando en aspectos de tipo estructural (fallas, pliegues, formaciones, etc.).

En el macizo del sector de la Sierra en la ciudad de Sogamoso nos encontramos con areniscas de la Formación Picacho. El afloramiento presenta dos paquetes de areniscas sobre los cuales basamos nuestro estudio, por tal motivo se realizaron pruebas de laboratorio para cada uno de estos paquetes, complementados con estudios petrográficos sobre una sección delgada de uno de los paquetes de arenisca y sobre muestras macro, con el fin de obtener los resultados más acertados sobre tal macizo.

## LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO

El afloramiento está ubicado al SE de la ciudad de Sogamoso, en las coordenadas:

(X: 1127182; Y: 1122750), a una altura de 2530 m.s.n.m.



## GEOLOGÍA LOCAL

El área de estudio está ubicada sobre la Formación Picacho, donde se encuentra areniscas de grano fino a medio de color blanco amarillento las cuales se presentan una friabilidad alta y se presentan en estratificación de media a gruesa con estratos entre 0.90 a 1.50 metros de espesor, intercaladas con areniscas conglomeraticas de color amarillo con presencia de óxidos de hierro con una estratificación media entre 30 y 50 metros de espesor. (Figura 1)

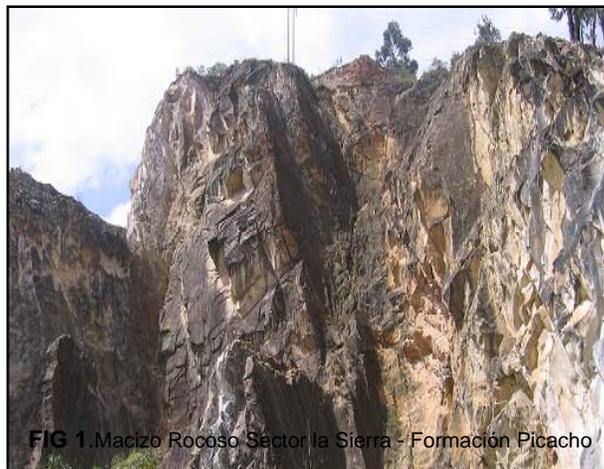


FIG 1. Macizo Rocosó Sector la Sierra - Formación Picacho

## METODOLOGIA

Para poder tomar los datos se hizo una visita de campo para establecer las zonas más aptas para la realización del trabajo y se siguieron los siguientes pasos:

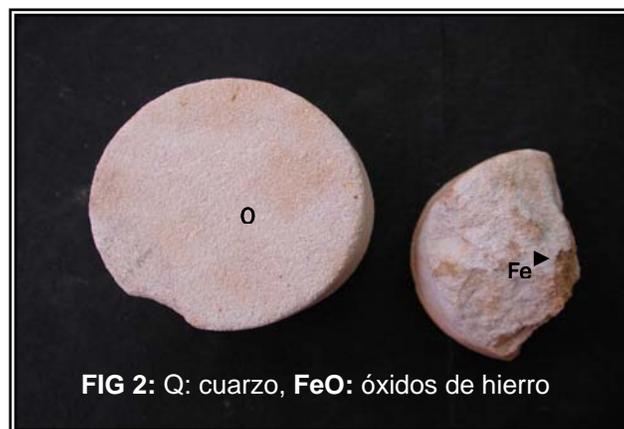
1. Visita a campo.
2. Observación de la posición y dirección de los estratos.
3. Determinación de diaclasas y toma de un número representativo de datos (dirección y buzamiento, rugosidad, espaciamiento, continuidad, infiltración, abertura.).
4. Muestreo y caracterización petrográfica.
5. Análisis de laboratorio para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la roca.
6. Recopilación y análisis de los datos.
7. Resultados y conclusiones.

## PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS MATERIALES ROCOSOS

### ANÁLISIS PETROGRÁFICO

#### Espécimen # 1 (arenisca cuarzosa)

De acuerdo al análisis macroscópico del espécimen #1 se llegó a clasificar como una cuarzo arenita ya que su composición predominante es del 95% de cuarzo y 5% de feldespatos (Según Folk, 1974). Como características generales, este presenta un color blanco grisáceo cremoso, con un grado de meteorización moderado, porosidad media y friable. (Figura 2)

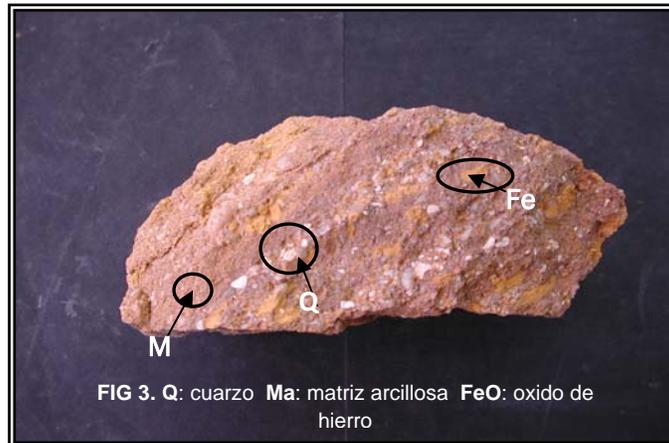


#### Espécimen #2 (arenisca conglomeratica)

Al espécimen #2 se le realizaron análisis macroscópico y microscópico los cuales se referencian a continuación:

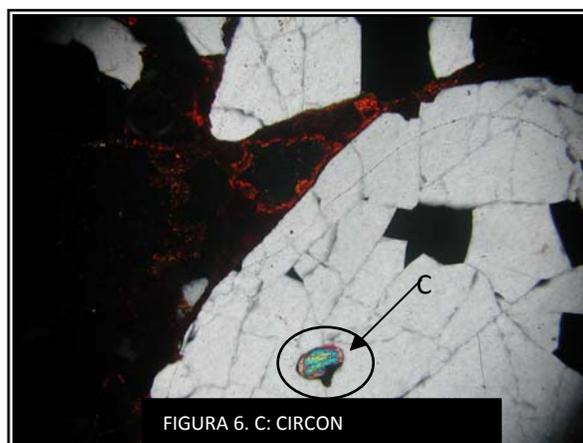
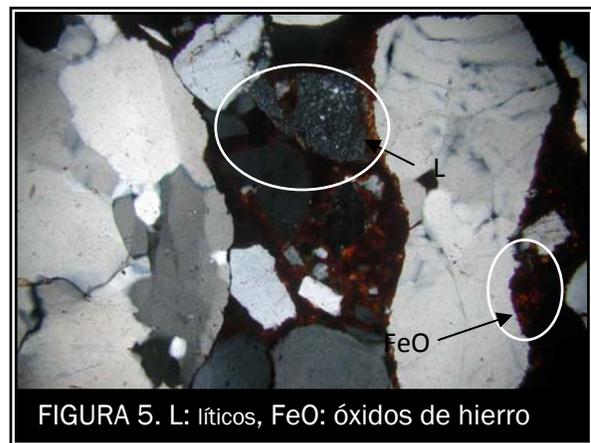
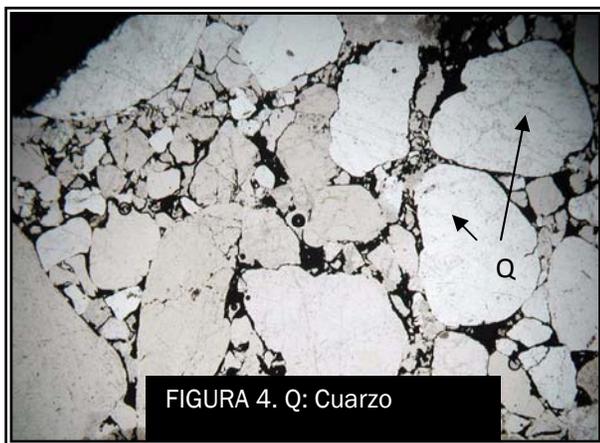
### Análisis macroscópico

De acuerdo a la clasificación Folk 1970 y según las características, es una arenisca lodosa conglomeratica, pobremente seleccionada, que dentro de su composición se encuentra un 65% de cuarzo, 30% de matriz arenosa y 5% cemento arcilloso (figura 3).



### Análisis microscópico

Según la clasificación textural de Folk 1970 se determino que el espécimen # 2 corresponde a una arenisca lodosa conglomeratica, que de a cuerdo a la composición contiene un 65% de arenas, 25% gravas y 10% de lodos. En la muestra se pudo observar un alto fracturamiento en los clastos de cuarzo lo cual indica una intensa deformación causada por el plegamiento, cizallamiento y afectación tectónica que presenta la zona. A demás se presentan fragmentos líticos metamórficos, óxidos de hierro (limolita) como alteración, se encuentran algunas inclusiones de circón y turmalina. (Figura 4-6)



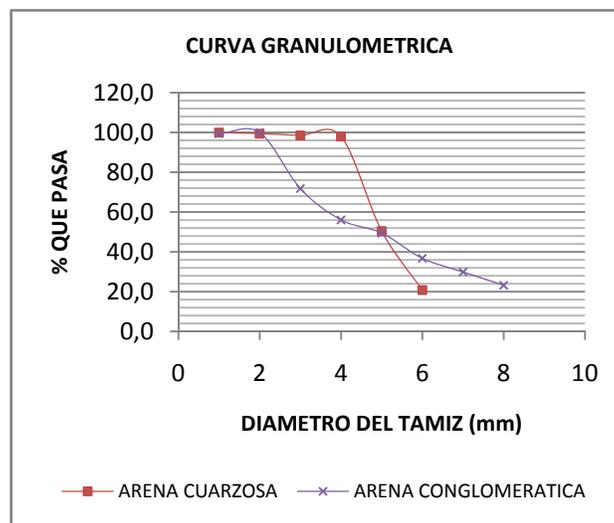
## RESULTADOS DE LOS ANALISIS FISICOS.

### Propiedades físicas.

Con una serie de análisis de laboratorio se obtuvieron los datos de las propiedades físicas de los especímenes en estudio como: densidad, peso específico, humedad, porosidad, etc. Para la obtención de estos datos se procedió de la siguiente forma:

- Con una muestra representativa tomada en campo se procedió a fragmentar la roca en dimensiones tales que se pudieran sumergir posteriormente en una probeta.
- Las muestras fueron pesadas y cubiertas con papel aluminio para su posterior secado en el horno durante 24 horas, después se sacan y se toma nuevamente su peso, con el fin de hallar la humedad y densidad natural de los especímenes.
- Se determina el volumen de las muestras por desplazamiento en agua.
- Posteriormente las muestras son sumergidas en agua durante 24 horas para su saturación, con el fin de hallar el índice de porosidad de la roca.

### Análisis granulométrico



Según la curva granulométrica tenemos que la arena cuarzosa según clasificación (U.S.C.S), es **SC**: arenas arcillosas mal gradadas. Y la arena conglomerática es **SC**: arenas arcillosas mal gradadas.

## PROPIEDADES HIDRAULICAS

### Desleimiento

Procedimiento basado en el libro de "caracterización de rocas y ensayo de laboratorio", Álvaro De La Cruz Correa Arroyave, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería, Santa fe de Bogotá. Capítulo 2 (Pág. 75).

Arenisca cuarzosa: índice de desleimiento (%) 1er ciclo 96.52%

Arenisca conglomerática: índice de desleimiento (%) 2do ciclo 41.32%.

## PROPIEDADES MECANICAS

### ANGULO DE REPOSO

Para obtener los datos se hace pasar el material por los diferentes tamices (cada tamaño de grano). Este material se dejar caer el material por una pequeña rampa y cuidadosamente, se toma la altura más alta y la distancia más corta horizontalmente, esto generara un triángulo recto y con ayuda de formulas se halla el ángulo de reposo.

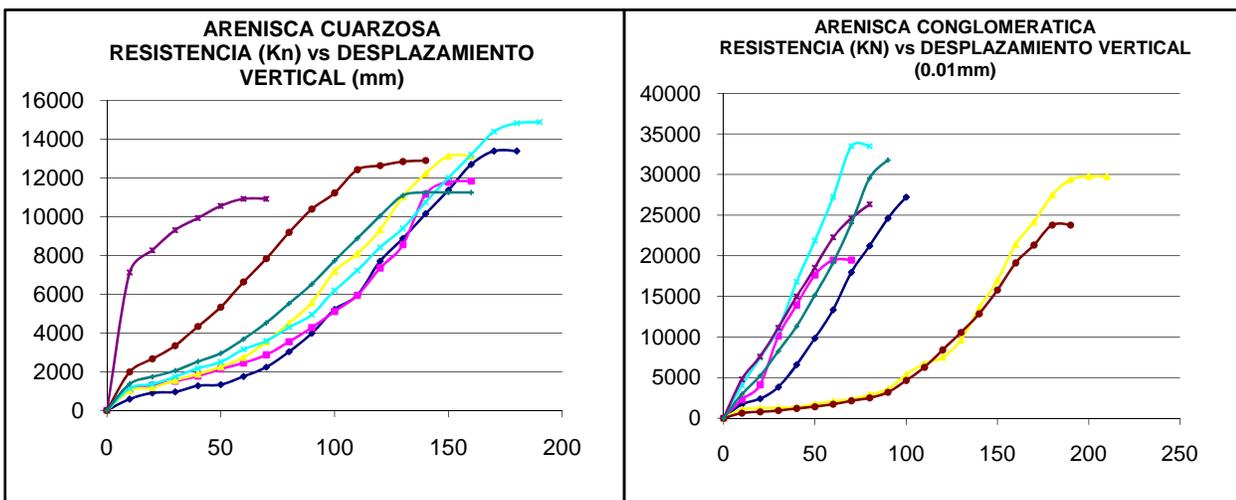
DESCRIPCIÓN	TAMIZ Nº	ANGULO REPOSO
Arenisca cuarzosa de grano fino	20	24.23
	40	31.3
	60	28.17
	100	27.87
	200	32.96

DESCRIPCIÓN	TAMIZ Nº	ANGULO REPOSO
Arenisca conglomeratica de grano grueso a medio	10	26.11
	20	34.33
	40	25.44
	60	30.11
	100	27.5
	200	27.07

### COMPRESIÓN SIMPLE

Para el ensayo de compresión se tomaron muestras de tamaños representativos de las cuales se extrajeron los testigos utilizados para los ensayos de compresión simple, carga por punta axial y diametral para cada uno de los especímenes.

Cada uno de los testigos se preparo con las especificaciones necesarias para desarrollar el ensayo. En las cuales se identificaba la base y el techo. Se fallaron 7 muestras para cada espécimen (arenisca cuarzosa y arenisca conglomeratica).



## CARGA POR PUNTA, AXIAL Y DIAMETRAL

Estos ensayos se desarrollan sobre especímenes regulares e irregulares, aplicando la carga ya sea de forma axial o diametral. La maquina del ensayo consta de un sistema de carga, un sistema para medir la carga P requerida para mover el espécimen y un sistema para medir la distancia D entre los dos puntos de contacto de las puntas cónicas de los cilindros, la capacidad de carga debe ser suficiente para fallar el espécimen más grande y fuerte que deba ensayarse. Luego se insertan las muestras en la maquina y se acercan las puntas de tal forma que entren en contacto a lo largo de un diámetro de la muestra, posteriormente se incrementa la carga a una tasa estable hasta que se presente la falla, registrar la carga de falla P. Las muestras para el ensayo deben tener su contenido natural de humedad.

## MODELO GEOLOGICO

### CARACTERIZACIÓN DE LA MATRIZ ROCOSA

#### IDENTIFICACIÓN

Según la clasificación de la roca para usos geotécnicos, la matriz rocosa del área de estudio es una arenisca compuesta de granos de cuarzo dendrítico; presenta alto grado de meteorización, matriz arcillo arenosa de grano fino a grano grueso; con intercalaciones de cemento ferruginoso.

El tamaño de grano encontrado es medio oscilando su tamaño entre 0.06 y 2 mm, fácilmente distinguible en muestra de mano. El color es de blanco a amarillo y en algunos casos rojizo producto de la meteorización.

#### METEORIZACIÓN

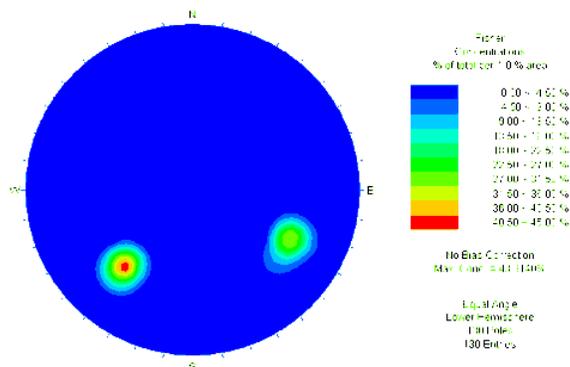
La meteorización presente en la roca se clasifica como decolorada, aclarando que los minerales constituyentes no han sufrido cambios en su estructura química, pero si algo en la física evidenciado en una matriz de poca consistencia.

#### RESISTENCIA

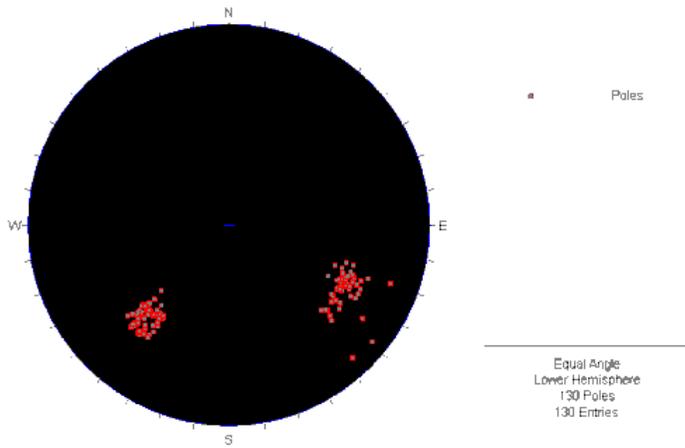
Según los ensayos realizados en laboratorio y tomando en cuenta el promedio de los valores obtenidos la resistencia a compresión simple, la roca se encuentra entre los rangos de 5 a 25 lo cual la clasifica como blanda.

## CLASIFICACIÓN DE FAMILIAS POR MEDIO DEL SOFTWARE DIPS

### DIAGRAMA DE DENSIDADES

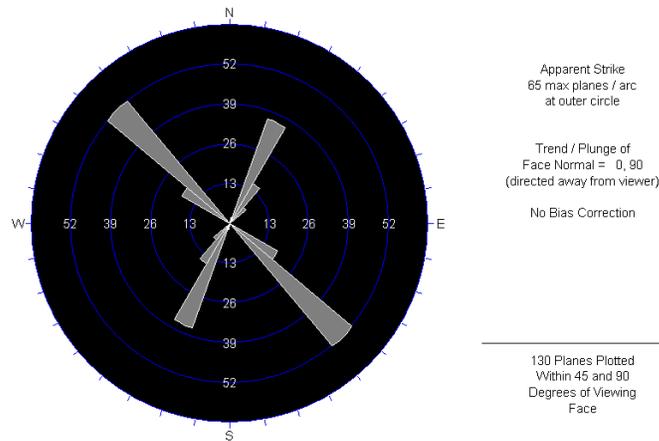


## DIAGRAMA DE POLOS

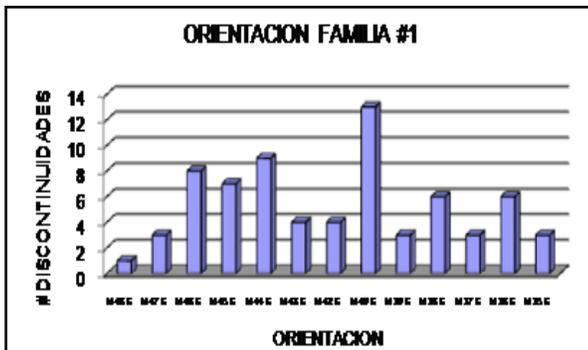


## EVALUACION Y CARACTERIZACION DE LAS DISCONTINUIDADES

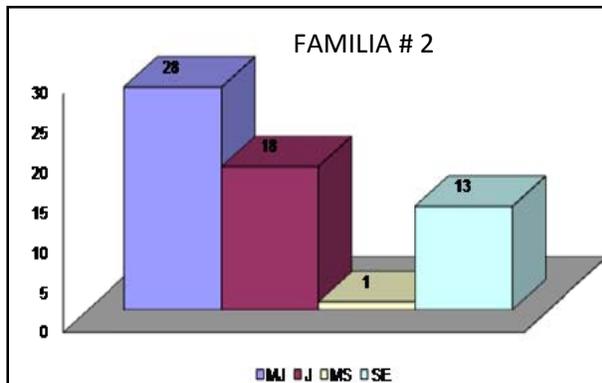
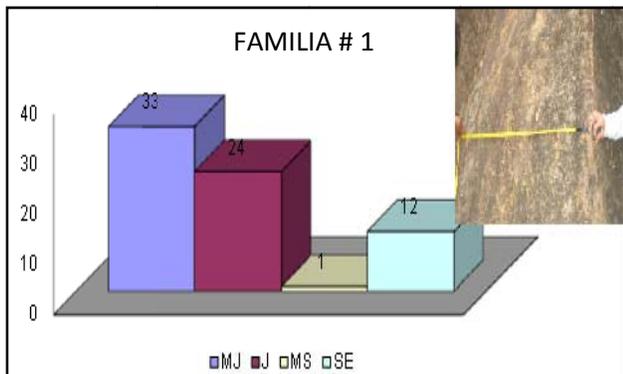
### DIAGRAMA DE ROSETAS



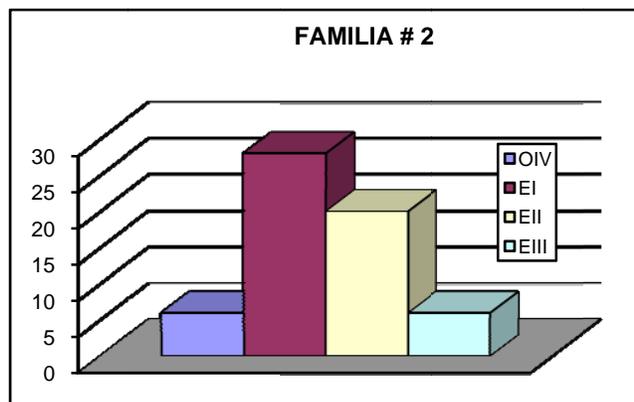
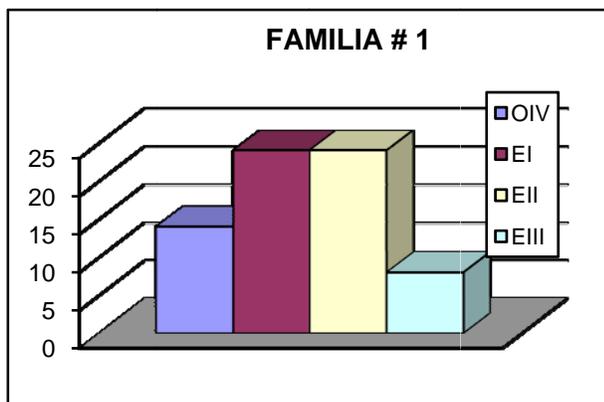
### Orientación



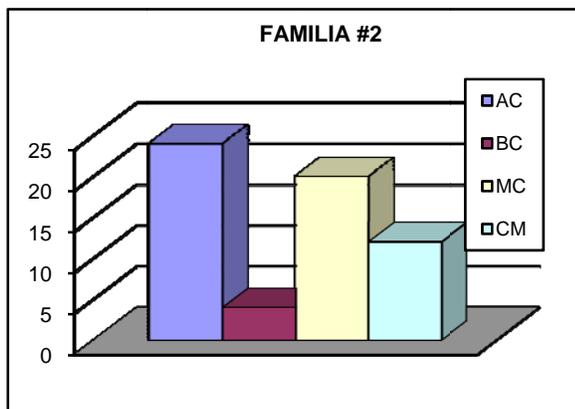
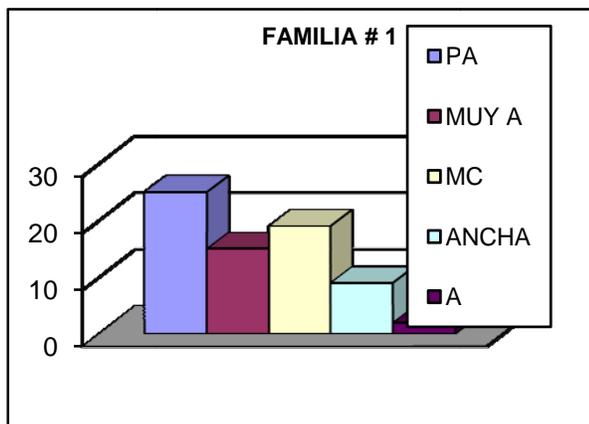
## ESPACIADO



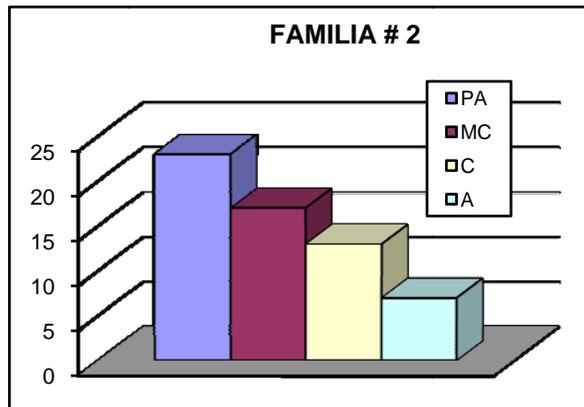
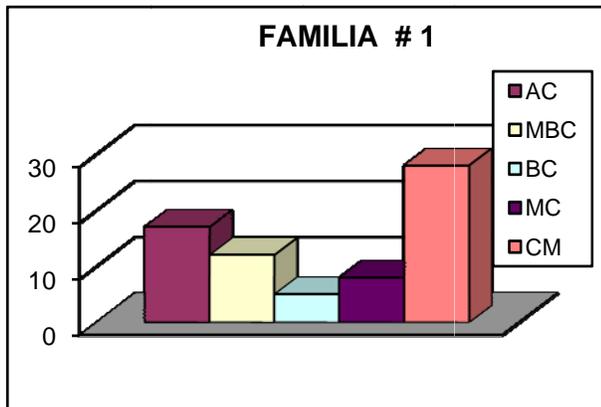
## RUGOSIDAD



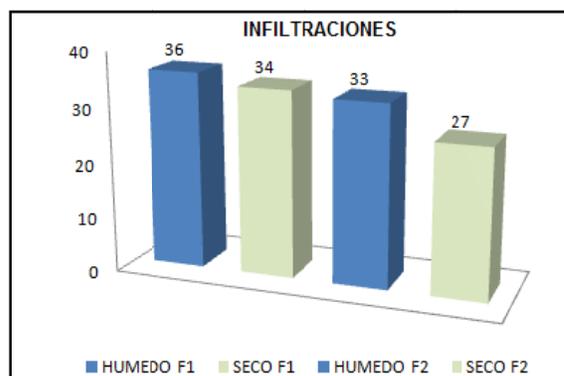
## ABERTURA



CONTINUIDAD



INFILTRACIONES FAMILIAS 1 Y 2



CLASIFICACIONES GEOMECÁNICAS

ÍNDICE DE CALIDAD DE LAS ROCAS, RQD

$$RQD = 100e^{-0.1\lambda}(0.10\lambda + 1)$$

$\lambda = 1/x$ ; donde  $x$  es el espaciado promedio en m.

$$x = 0.04m \quad \lambda = 1/0.04 = 25$$

$$RQD = 100e^{-0.1\lambda}(0.10\lambda + 1)$$

$$RQD = 28.73 \text{ (CALIDAD MALA)}$$

LA CLASIFICACIÓN RMR DE BIENIAWSKI

Según la clasificación de Bieniawski se obtuvo una puntuación de 41, la cual hace que el macizo se encuentre definido dentro de la clase III, lo cual indica que este presenta una calidad media.

## LA CLASIFICACIÓN Q DE BARTON

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a} \times \frac{J_w}{SRF}$$

TABLA DE CLASIFICACIÓN FINAL	(Q)
Medio	4 - 10

$$Q = \frac{28.73}{4} * \frac{3}{4} * \frac{1}{1}$$

$$Q = 5.38$$

## CONCLUSIONES

- De acuerdo a los datos tomados en campo y mediante la utilización del software Dips se determinaron dos familias de discontinuidades en el macizo, las cuales se pueden observar en los diagramas de polos, frecuencias y rosetas.
- Las direcciones que predominan en la familia número 1 del macizo son: N40E, N44E, N45E, N46E. Las direcciones de buzamiento que predominan en la familia número 2 del macizo rocoso son: N64W, N63W, N62W, N60W.
- El espaciado característico para la familia numero 1 son: muy junto (20 y 60 mm) y junto (60 a 200). El espaciado que predomina en la familia número 2 es moderadamente junto (MJ).
- Las rugosidades que predominan en el macizo son escalonada rugosa (EI) y escalonada lisa (EII).
- Las aberturas que predominan en la familia número 1 son: Muy cerrada (MC) y Parcialmente abierta (PA). La abertura que predomina en la familia número 2 es: parcialmente abierta (PA).
- De acuerdo con los resultados obtenidos se determino que este presenta una alta infiltración.
- La continuidad que predomina en la familia número 1 es una continuidad media (CM). Las continuidades que predominan en la familia número 2 son: alta continuidad (AC) y muy alta continuidad (MC).
- Según las clasificaciones RMR, Q, y el índice de calidad de la roca RQD, las propiedades geomecánicas del macizo tienden a ser de mala calidad.

## BIBLIOGRAFÍA

- GONZÁLEZ DE VALLEJO, Luís I. *Ingeniería geológica*. Pearson Prentice Hall, Madrid 2002.
- GOODMAN, Richard E, *Introduction to rock mechanics, second edition* 1989.
- HOEK, E; KAISER, FK, *Support of underground excavations in hard rock* 1995.
- ITGE. *Mecánica de rocas aplicada a la minería metálica subterránea* 1991.
- PHILLIPS. *La proyección estereográfica en geología estructural* 1975.