

Evaluación geotécnica del área de Los Aceitunos en la mina de carbón Paso Diablo, municipio Mara, estado Zulia

Los Aceitunos zone in Paso Diablo coalmine, Mara municipality, Zulia state geotechnical evaluation

González, Leonardo^{1*}; Rojas, Silvio¹; Apolinar, Edilmar^{1,2}; Paredes, José²; Romero, Edgardo² y Peñaloza, William¹

¹Departamento de Geomecánica, Escuela de Ingeniería Geológica,
Grupo de Investigaciones Geológicas Aplicadas (GIGA).

²Carbones del Guasare, Gerencia de Ingeniería, Departamento de Geología.

*gml@ula.ve

Recibido:14-06-2007

Revisado: 26-10-2007

Resumen

El siguiente trabajo consiste en un estudio de campo, específicamente en buscar afloramientos que están enmarcados en el área del futuro banqueo de la zona Los Aceitunos, y de los cuales se obtuvo información geotécnica, geológica y estructural, la cual permite aportar datos cuantitativos que dieron a conocer la calidad de los afloramientos presentes en el área, que servirán para el análisis y modificación del diseño de los taludes en la mina Paso Diablo. Para esto, se utilizaron tres métodos de clasificación como son el de: Barton, Bieniawski y Piero Feliziani. Además, se realizaron proyecciones estereográficas de las diaclasas y pliegues encontrados en la zona, con la finalidad de conocer el patrón estructural predominante, utilizando un programa de dominio público llamado STEREONET. Con las mediciones en los tres piezómetros ubicados en la zona, se procedió a diseñar en SURFER 8, un modelo piezométrico, mostrando que la dirección de la corriente de agua, principalmente va desde el NO hasta el SE. Para completar este estudio, se diseñaron perfiles ubicados en el área de banqueo prediseñado en el Pit Aceitunos con el fin de conocer la influencia que tiene el patrón estructural en la estabilidad de los futuros taludes.

Palabras Claves: carbón, banqueo, pit, esfuerzos, mara, piezómetro.

Abstract

The following work consists a field study, specifically in looking for outcrops that are framed in the area of future terraces in the zone the Aceitunos, from which geotechnical, geological and structural information was obtained, which can to contribute quantitative data that they showed the quality of the present outcrops in the zone, that they will serve for the study and modification as the design as the slopes in the Paso Diablo mine. For this three methods of classification were used (Barton, Bieniawski and Piero Feliziani). In addition, stereographics projections of joints and fold found in the zone were made, with the purpose of knowing predominant structural pattern, with the STEREONET program, public domain. With the measurements in the three piezometers located in the zone, it was come to design in SURFER 8, a piezometric model, showing the water direction like mainly obstacle that goes from the NW to SE. In order to complete this study, profiles located in the zone of the terraces predesigned in the Pit Aceitunos with the purpose of knowing the influence were designed that has the structural pattern in the stability of the future slopes.

Key words: coal, terraces, pit, stress, mara, piezometer.

1 Introducción

La empresa de Carbones del Guasare, S.A, Mina Paso Diablo perteneciente a Corpozulia, es una empresa dedica-

da a la extracción, explotación y comercialización del Carbón de la Cuenca carbonífera del Guasare, con alta calidad de servicio mediante asistencia de un excelente y preparado equipo humano, cuyo propósito fundamental se dirige a lo-

gar mejores niveles de eficiencia, seguridad y productividad. Esta mina se encuentra ubicada en el distrito Mara del Estado Zulia, cuyo sistema de explotación es a cielo abierto.

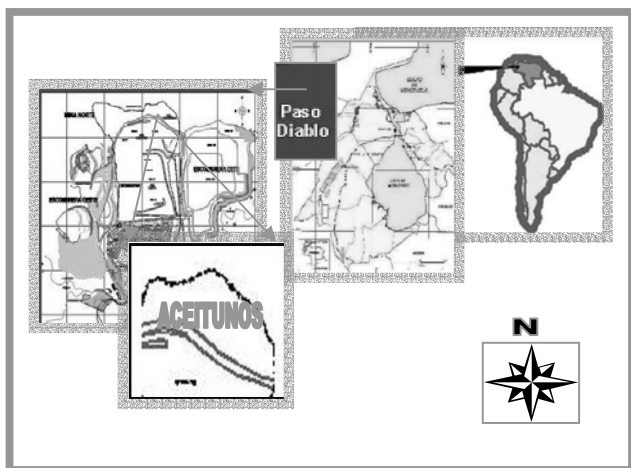


Fig. 1. Mapa de ubicación geográfica de la mina Paso Diablo y del área de Los Aceitunos. Fuente: departamento de planificación de carbones del Guasare, 2005

El departamento de geología de esta empresa, en los últimos años a procurado el estudio y obtención de información geotécnica con la finalidad de estudiar los taludes de la mina y mejorar la extracción del mineral.

El presente trabajo se basa en una evaluación Geotécnica en el área de Los Aceitunos en la mina Paso Diablo que no ha sido intervenida, con el fin de conocer la calidad de los afloramientos y derivar datos cuantitativos que servirán de aporte para el diseño y estudio de la estabilidad de los taludes en el futuro banqueo.

Esto se llevo a cabo mediante de un estudio de campo, donde se evaluaron todas las características geotécnicas presente en el afloramiento, por medio de unos métodos de clasificación geomecánicos, entre los cuales se destacan el sistema Q, RMR y PIERO FELIZIANI. Estos métodos tendrán como finalidad la obtención de parámetros geomecánicos a partir de datos de afloramientos, que se llevaron a cabo a través de una serie de observaciones y mediciones de campo, que serán empleados en el diseño de los taludes de la mina. Además, se realizaron mediciones en los diferentes piezómetros con el de conocer la influencia de agua en la zona.

2 Ubicación geográfica

La mina Paso Diablo de Carbones del Guasare S.A., se encuentra ubicada en el sector denominado Paso Diablo de la Parroquia Luís de Vicente en el Municipio Mara del Estado Zulia, geográficamente a unos 120 Km al noroeste de la ciudad de Maracaibo específicamente en el pie de monte oriental de la Sierra de Perijá y al oeste del Sincli-

nal Manuelote, entre las coordenadas geográficas 10°58'44" – 11°04'08" de latitud norte y 72°18'03" – 72°15'15" de longitud oeste. La misma se encuentra enmarcada dentro de la Cuenca Hidrográfica del Río Guasare. Dicha mina limita al norte con el Río Guasare y por el sur con el caño Norte. El estudio se realiza en el área de Los Aceitunos localizada al Norte de la mina Paso Diablo, esta es un área irregular con una dimensión de 52.720 m², (Fig. 1).

3 Antecedentes

Los estudios geológicos en esta región son muy escasos y los que proveen una información minera, casi nulos; de los existentes la mayoría son informes de la misma empresa dedicadas a la extracción del carbón y son de uso interno de los mismos. Este es el primer estudio geotécnico en el área de Los Aceitunos, por lo que la única información que se posee son datos geotécnicos obtenidos de testigos que han sido perforados y de allí la envergadura de este proyecto.

4 Columna estratigráfica regional

Dentro de la región se destacan las formaciones geológicas Guasare Marcelina y Misoa, las cuales se encuentran en la mina Paso Diablo, y se observan en las Figs. 2 y 3.

4.1 Formación Guasare

Tiene edad paleoceno, su localidad tipo se encuentra en el margen sur del río Guasare. En los afloramientos del río Guasare, Cachiri y Socuy se caracteriza por tener afloramientos con calizas de color grisáceo o gris amarillenta, generalmente glauconíticas con capas delgada de carbón. En el tope tiene un contacto con la Formación Marcelina, pero cuando Marcelina desaparece por erosión entra en contacto discordante con la Formación Misoa. Esta formación esta destacada por tener un ambiente de plataforma, donde su litología y contenido fosilífero corresponden a un ambiente marino nerítico con influencia de tipo deltáico. (González de Juana, et al., 1980)

4.2 Formación Misoa

Tiene edad Eoceno Medio inferior, Su localidad tipo se encuentra en Sierra de Misoa. Litologicamente esta caracterizada por areniscas y lutitas de grano fino, en donde su contenido fosilífero es escaso pero presenta unos foraminíferos que son de poco interés estratigráfico. En el subsuelo del lago de Maracaibo suprayace discordantemente con la formación Guasare y Marcelina. Esta formación se destaca por tener una variación en la sedimentación pasa de deltaica alta a deltaica baja a marino somero. (González de Juana, et al., 1980)

4.3 Formación Marcelina

Tiene edad Paleoceno, su localidad tipo se encuentra en el Río Guasare, con un espesor de 610 mts.; en la Mina Paso Diablo, tiene un espesor de 550 mts según sondeos. Litológicamente esta caracterizada por Arenisca, Limolitas y capas de carbón, donde en la base de la formación las ca

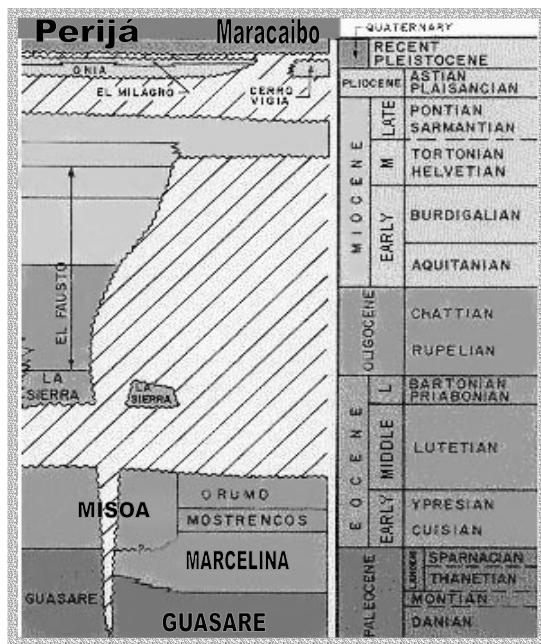


Fig. 2. Columna estratigráfica regional

pas de areniscas están gruesas y generalmente calcáreas y hacia el tope estas areniscas se hacen más delgadas, interestratificadas con limolitas de colores gris oscuro muy meteorizadas.

Esta caracterizada por la presencia de 24 mantos de carbón donde los más característicos son del 4M al 8I; estos mantos fueron nombrados con número y letra dependiendo de la calidad, en donde el grupo de 4M son lo de mejor calidad ya que poseen bajo contenido de ceniza, azufre, humedad y alto poder calorífico. Esta formación tiene un contacto infrayacente con la Formación Guasare y su contenido fosilífero es escaso, se destaca por tener un ambiente Paludal. (González de Juana, et al., 1980) (ver Fig. 3)

5 Análisis estructural regional

Estructuralmente la Sierra de Perijá es considerada un levantamiento en dirección NNE – SSO, siendo afectada por una serie de plegamientos y directrices estructurales en dirección longitudinal, meridional y transversal. La directriz más característica es la directriz longitudinal (ver Fig. 4), que esta representada por el alineamiento de la Falla de Perijá al sur y la Falla del Tigre al Norte. La falla de Perijá se destaca al sur del alineamiento por su traza principal que

es en línea recta y esta asociada a sinclinales y depresiones estructurales tipo graben. La falla del Tigre también tiene una traza en línea recta con un movimiento transcurrerte lateral izquierdo donde su mayor movimiento según Miller 1960 fue absorbido por la falla de Cuiba.

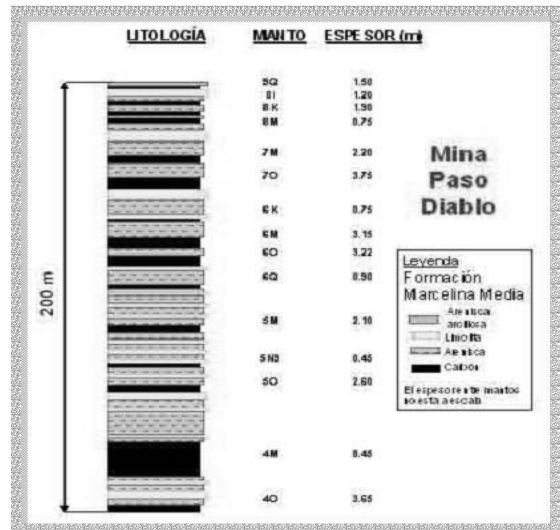


Fig. 3. Columna estratigráfica local

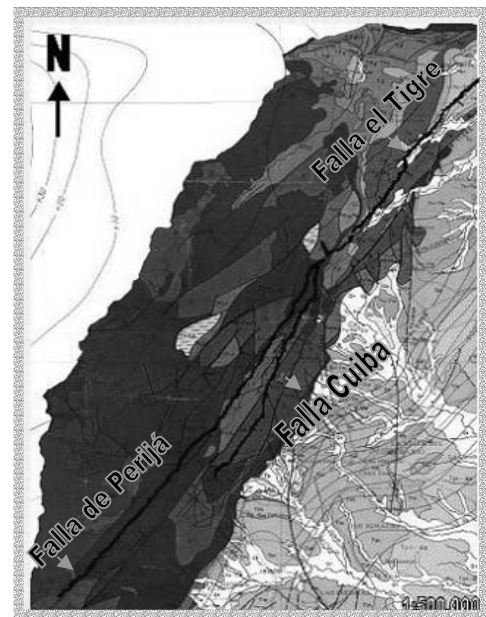


Fig. 4. Directriz principal de la Sierra de Perijá

En la imagen de radar trabajada se observan los diferentes patrones estructurales presentes en la Sierra de Perijá. Allí se destacan alineamientos en dirección NE – SO en mayor proporción, y además alineamientos en dirección NO – SE. Se acentúa la presencia de un sinclinal llamado: Sinclinal de Manuelote y al norte se observó una falla principal llamada Falla de Oca. (ver Fig. 5).

6 Geología estructural local

6.1 Fallas

En la imagen de radar se puede observar que el área de estudio está caracterizada por la presencia de fallas inversas con orientación NO-SE, que en los trabajos de la mina Paso Diablo son llamados corredor de falla. Este corredor va desde el SE hasta el NO afectando al Pit explotado actualmente está caracterizado por fallas inversas con el salto en 54 y 60 mts poniendo en contacto los mantos de carbón del grupo 6 con el grupo 8. (ver Fig. 6).



Fig. 5. Imagen de radar con alineamientos principales de la Sierra de Perijá

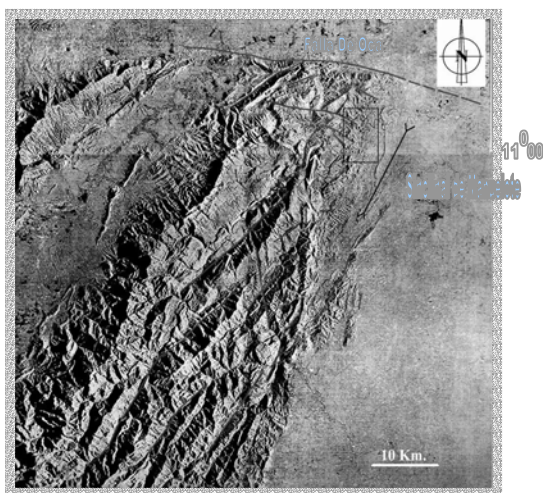


Fig. 6. Imagen de radar con alineamientos en el área de estudio

6.2 Pliegues

En el área de estudio se encontraron 4 pliegues cuyos

datos fueron introducidos en el programa ESTEREONET con el fin de conocer los esfuerzos principales. La Fig. 7 representa la estereofalsilla del primer pliegue en él predomina un régimen compresivo donde los esfuerzos principales tienen dirección NNO –ESE, es decir que tiene una variación significativa pero similar a la observada por Stephan, (1982) y González, (2005) en los alrededores del Tucuyo ligados a un empuje N110°. Los resultados de los 3 últimos pliegues fueron similares en las estereofalsillas, lo que verifica un régimen compresivo e indica que tienen la misma dirección de los esfuerzos principales o vergencia con dirección NO-SE. (ver Figs 8, 9 y 10).

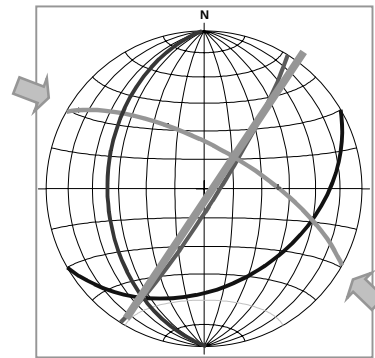


Fig. 7. Estereofalsilla del primer pliegue

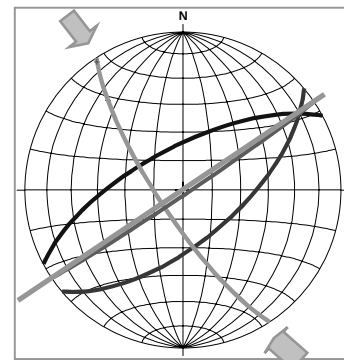


Fig. 8. Estereofalsilla del segundo pliegue

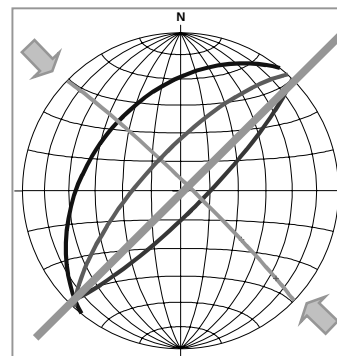


Fig. 9. Estereofalsilla del tercer pliegue

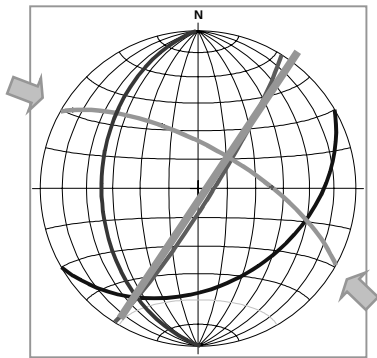


Fig. 10. Estereofalsilla del cuarto pliegue

6.3 Diaclasas

En el área de estudio se midieron 292 diaclasas con el fin de conocer la dirección preferencial del rumbo en la zona. Estos datos fueron introducidos en el programa ESTE-REONET el cual reflejó un diagrama de roseta (ver Fig. 11) donde se observa que la dirección preferencial del rumbo es en dirección NE. Este mismo procedimiento se aplicó para la secuencia estratigráfica, dando como resultado también un diagrama de roseta (ver Fig. 12), donde la dirección preferencial del rumbo es en dirección NE. Esto se hizo con el propósito de conocer la dirección preferencial tanto de las diaclasas y secuencia estratigráfica ya que serán un aporte para el estudio de los futuros taludes en el Área de Los Aceitunos.

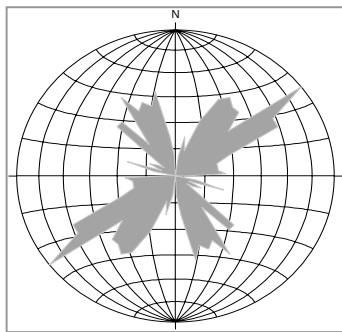


Fig. 11. Dirección preferencial del rumbo de las diaclasas

Además se realizaron histogramas de frecuencia con el fin de conocer la dirección preferencial del buzamiento. Estos que fueron diseñados en Autocad, reflejan que la dirección de buzamiento de la secuencia estratigráfica está en dirección SE (1) y el de las diaclasas en dirección NO (2), lo que verifica que son conjugadas lo cual provocaría desprendimiento de los bloques por gravedad o en el momento del corte en los taludes. (Ver figuras 13 y 14).

7 Estudio geotécnico

El estudio geotécnico se basó en la recopilación de da-

tos necesarios para clasificar a los afloramientos según los métodos: Barton, Bieniawski y Piero Feliziani; para conocer la influencia del agua subterránea y para conocer la influencia del patrón estructural en la zona de futuro banqueo en el área de Los Aceitunos.

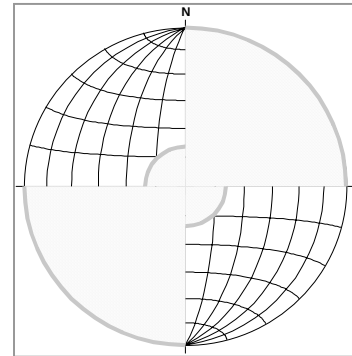


Fig. 12. Dirección preferencial del rumbo de las secuencias estratigráficas

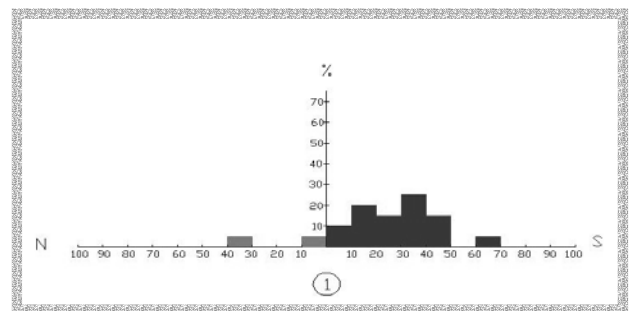


Fig. 13. Dirección preferencial del buzamiento de la secuencia estratigráfica

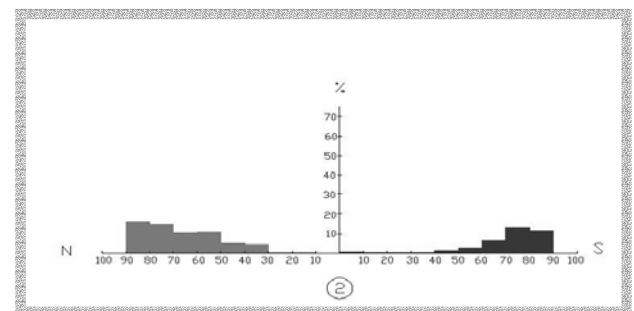


Fig. 14. Dirección preferencial del buzamiento de las diaclasas

7.1 Clasificación de los afloramientos

La clasificación de los afloramientos se hizo con el propósito de identificar los parámetros más significativos que influyen sobre su comportamiento y derivar o aportar datos cuantitativos para el diseño y estudio de los taludes de la mina en el área de Los Aceitunos.

La selección de los parámetros para asegurar la estabilidad de la masa rocosa fue importante, por tal razón se

hace difícil establecer un parámetro que pueda describir total y cuantitativamente los afloramientos, ya que varios parámetros tienen diferente significado, y solamente tomados juntos pudieron describir el afloramiento satisfactoriamente.

Los sistemas de clasificación utilizados fueron, el sistema de Barton (Q), el sistema de Bieniawski (RMR) y la clasificación de Piero Feliziani, los cuales se aplicaron a 20 afloramientos presente en el área de Los Aceitunos, donde se va a realizar el futuro banqueo. Las características que se consideraron para la clasificación de los afloramientos son los siguientes de acuerdo a cada método. Para el de Barton (Q), se consideraron 6 parámetros tales como: el R.Q.D, Jn, Jr, Jw, JA, S.R.F y una vez obtenidas las puntuaciones que resultaron del evalúo en la ecuación 1, se obtuvieron el índice Q. (Ver Tabla 1). Igualmente para el método de Bieniawski, se consideraron 6 parámetros como: resistencia, R.Q.D, espaciamiento, naturaleza, presencia de agua y orientación en las discontinuidades y una vez obtenida las puntuaciones que resultaron de aplicar los cinco primeros parámetros, se le resto la orientación y se obtuvo el valor de RMR. (Ver Tabla 2)

Tabla 1. Valores que clasifican los afloramientos según Barton.

Afloramiento	Q	Calidad del Macizo Rocoso	Afloramiento	Q	Calidad del Macizo Rocoso
1	1	Muy Mala	11	2,4	Mala
2	0,7	Muy Mala	12	2,7	Mala
3	2,2	Mala	13	3,09	Mala
4	0,8	Muy Mala	14	1	Muy Mala
5	1,5	Mala	15	0,7	Muy Mala
6	3,5	Mala	16	3,1	Mala
7	2,1	Mala	17	1	Muy Mala
8	2,1	Mala	18	0,8	Muy Mala
9	0,9	Muy Mala	19	0,9	Muy Mala
10	0,8	Muy Mala	20	2,1	Mala

Los resultados de los índices de los parámetros utilizados para los 20 afloramientos, se encontraban entre 10^{-1} - 4 para Barton y entre 0-40 para el RMR, de tal manera que los clasifica entre mala y de muy mala calidad, esto se debe a que el lugar en donde se encuentran estos afloramientos esta caracterizada por la presencia de estructuras tectónicas (falla, pliegues, diaclasas), que hacen que sea menos resistente, debido al abundante fracturamiento.

Aunado a esto, se suma el fenómeno de la autocombustión de algunos mantos de carbón relativamente cercanos a la superficie, el cual quema a la roca suprayacente haciéndola más dura pero al mismo tiempo más frágil, debido a la contracción que sufre la roca por pérdida de humedad, provocando más presencia de diaclasamiento y fracturamiento.

Además se debe considerar que las rocas que se encuentran en la zona, pertenecientes a la Formación Marcelina se destacan por areniscas interstratificadas con limolitas

y limolitas arcillosas que tienden a ser incompetentes por tener poca dureza y estar muy meteorizada.

Se utilizo otro sistema de clasificación según Piero Feliziani, que se encargo de estudiar el terreno o las zonas de los veinte afloramientos, clasificándolo en elementos estables e inestables. Este estudio fue más netamente geológico y se considero la litología, estructuras, morfología, meteorización y pendiente de los afloramientos presentes en el área de futuro banqueo.

Tabla 2. Valores de clasificación de los afloramientos según Bieniawski.

Afloramientos	Índices	Sector Geotécnico	Afloramientos	Índices	Sector Geotécnico
1	0,52	Intermedio	11	0,56	intermedio
2	0,5	Intermedio	12	0,54	intermedio
3	0,52	Intermedio	13	0,48	Intermedio
4	0,45	Intermedio	14	0,51	Intermedio
5	0,52	Intermedio	15	0,59	intermedio
6	0,59	intermedio	16	0,54	intermedio
7	0,45	Intermedio	17	0,56	Intermedio
8	0,52	intermedio	18	0,49	intermedio
9	0,52	Intermedio	19	0,54	Intermedio
10	0,52	Intermedio	20	0,49	Intermedio

Las observaciones de campo en el área, permitieron considerar que la zona de estudio estaba caracterizada por ser un medio montañosos con cobertura vegetal regular y escorrentía difusa, además se observaron indicios de movimientos de masa lentos, acompañado con roca ligeramente hasta altamente meteorizada con coloración rojizo, por lo que tales características reflejaron unos índices entre 0,4 - 0,6, clasificando a los veinte afloramientos como sectores intermedios de acuerdo con lo observado. (ver Tabla 3)

Tabla 3. Sectores Geotécnicos del método de Piero Feliziani

Afloramiento	RMR	Clase	Clasificación	Afloramiento	RMR	Clase	Clasificación
1	10	V	MUY MALA	11	21	IV	MALA
2	16	V	MUY MALA	12	28	IV	MALA
3	28	IV	MALA	13	25	IV	MALA
4	18	V	MUY MALA	14	10	V	MUY MALA
5	22	IV	MALA	15	11	V	MUY MALA
6	30	IV	MALA	16	23	IV	MALA
7	23	IV	MALA	17	8	V	MUY MALA
8	22	IV	MALA	18	17	V	MUY MALA
9	14	V	MUY MALA	19	18	V	MUY MALA
10	16	V	MUY MALA	20	21	IV	MALA

8 Mapas de zonificación

A través de los estudios realizados en los afloramientos en el área de Los Aceitunos por medio de los métodos de clasificación, se pudo realizar una zonificación de la calidad de los mismos de acuerdo a sus índices resultantes, los cuales fueron plasmados en unos mapas topográficos.

La zonificación presentada depende de los índices re-

sultantes para cada afloramiento según el método utilizado. Para el sistema de clasificación de Barton y Bieniawski el índice de la calidad de los afloramientos varió entre 10^{-1} - 4 Y 0 - 40, tales resultados fueron comparados con la Tabla 4 y 5, dándole una coloración naranja porque la calidad de los afloramientos según estos métodos es entre Mala y Muy Mala. (Ver Fig. 15)

Tabla 4. Zonificación de acuerdo al método de Bieniawski (RMR)

Método de Bieniawski (RMR)	Valor de RMR	Calidad	Zonificación
	0-20	Muy mala	Naranja
	21-40	Mala	
	41-60	Media	Amarillo
	61-80	Buena	Verde Claro
	81-100	Muy buena	

Tabla 5. Zonificación de acuerdo al método de Barton (Q)

Método de Barton (Q)	Valor de Q	Calidad	Zonificación
	0,001 – 0,01	Excepcionalmente mala	Rojo
	0,01 – 0,1	Extremadamente mala	
	0,1 – 1	Muy mala	Naranja
	1 – 4	Mala	
	4 – 10	Media	Amarillo
	10 – 40	Buena	Verde Claro
	40 – 100	Muy buena	
	100 – 400	Extremadamente Buena	Verde Oscuro
	400 - 1000	Excepcionalmente Buena	

Tabla 6. Zonificación de acuerdo al método de Piero Feliziani

Método de Piero Feliziani	Índice	Calidad	Zonificación
	0 - 0,2	Muy inestable	Rojo oscuro
	0,2 - 0,4	Inestable	Rojo Claro
	0,4 - 0,6	Intermedio	Amarillo
	0,6 - 0,8	Parcialmente estable	Verde Claro
	0,8 - 1	Estable	Verde oscuro

También se realizó otro mapa de zonificación considerando el método de Piero Feliziani, este permitió clasificar los afloramientos en elementos de estabilidad con estudio

netamente geológico. Los valores de los índices resultantes de los afloramientos según este método variaron entre 0,4 – 0,6, tales resultados fueron comparados con la Tabla 6, el cual permitió darle una coloración amarillenta ya que la calidad de los afloramientos es intermedia. (Ver Fig. 16). Estos mapas de zonificación permitieron dar una visualización de la mala y muy mala calidad de la roca de los afloramientos presentes en el área de Los Aceitunos y mostrar a la zona como intermedia.

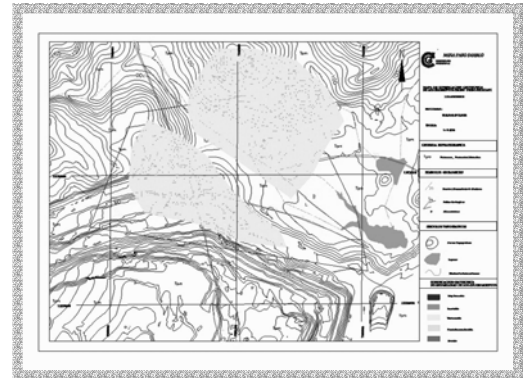


Fig. 15. Mapa de zonificación de Barton y Bieniawski

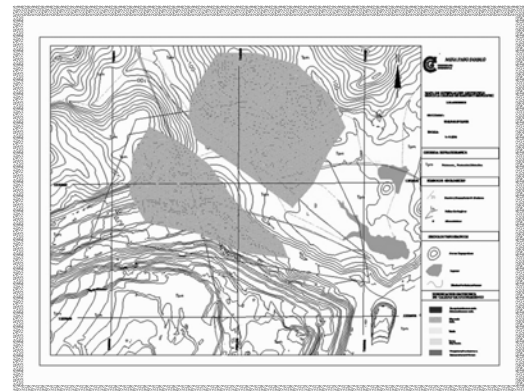


Fig. 16. Mapa de zonificación de Piero Feliziani

9 Influencia del agua subterránea

Analizando las líneas de flujo del modelo de superficie piezométrica en tres dimensiones (ver Fig. 17), proporcionadas por los datos de campo de los pozos PHG-012, PHG-014 y PHG-016, localizados al norte de Los Aceitunos, se puede inferir una escorrentía periférica desde el Noroeste y Noreste hacia el Sureste.

Esto se debe al cambio estructural generado por el levantamiento de la Sierra de Perijá al norte, provocando una canalización de la escorrentía subterránea que es captada en la zona de interfluvio, la cual es drenada a través de las zonas de debilidad (ángulo de estratificación, los estratos arenosos, planos de debilidad, fallas geológicas, fracturas Abiertas y diaclasamiento pronunciado), constituyendo po-

sección afectando moderadamente al banco, el cual podría ocasionar desprendimiento de los bloques por gravedad.

Por otro lado, estructuralmente predomina un sistema de fallas de moderada relevancia paralela al banqueo prediseñado, en donde el pie del banco coincide con la superficie de buzamiento de las fallas.

La presencia de estas fallas paralelas, podría conllevar a una vasculación de bloques por efecto de la distensión lateral del confinamiento de la masa rocosa localizada al norte, es decir, al socavarse el área minera quedará un vacío en donde se liberaran algunos esfuerzos en sus componentes rectangulares, por lo cual, la estabilidad podría ceder. Los esfuerzos no se compensarían, ya que la falla A de comportamiento inverso favorece la rotación de la masa rocosa.

11 Conclusiones

El levantamiento geotécnico de superficie por medio de los métodos de Barton, Bieniawski y Feliziani, en el área de Los Aceitunos determinó la mala y muy mala calidad de los veinte afloramientos categorizándolos con conducta intermedio.

Con el estudio geotécnico se logró obtener datos cuantitativos que servirán de aporte para el estudio y modificación de los taludes prediseñados, que serán utilizados por la Golder Associates, (empresa Chilena) para tal fin.

Las proyecciones estereográficas dieron a conocer que el patrón predominante del rumbo del diaclasamiento y la estratificación tienen dirección NE en el área de estudio y podría provocar deslizamientos y afectar el área de explotación en el momento del corte.

Los histogramas de buzamientos determinaron que la dirección predominante del buzamiento para las diaclasas tienen dirección NO y para la secuencia estratigráfica dirección SE, el cual podría formar bloques producto del diaclasamiento pudiendo originar desprendimiento de los bloques por gravedad.

Los mapas de zonificación representan por medio de colores la calidad de la roca y el comportamiento de los afloramientos para futuras excavaciones.

El modelo piezométrico permitió conocer que la corriente de flujo de agua va en forma periférica, desde el Noreste y Noroeste hacia el sureste, específicamente con acumulación de agua en el área de Los Aceitunos afectado a los bancos de pared baja a medida que avanza la explotación minera.

Al banqueo prediseñado indicado en el mapa topográfico se le realizaron perfiles geológicos permitiendo concluir lo siguiente:

En el perfil A o Zona 1, el patrón de diaclasas predominante tiene un rumbo NE y un buzamiento NO, lo que significa que el buzamiento del diaclasamiento está contra de la estratificación natural del terreno, pero podría originar fracturamiento de los bloques.

En el perfil B o zona 2, estructuralmente predomina un patrón de diaclasamiento similar al perfil A, con rumbo NE

y buzamiento NO y en vista que la sección se hace más transversal al Banqueo se observó que el patrón de diaclasamiento está más perpendicular al buzamiento de la estratificación o pendiente del talud, por lo cual podría originar desprendimientos de los bloques.

En el perfil C o zona 3, además del predominio estructural con una dirección de rumbo NE y buzamiento NO, esta caracterizada por la presencia de falla con moderada afectación, la cual es de tipo inversa, con buzamiento paralelo al ángulo de reposo del talud, el cual podría ser muy perjudicial en el momento de la excavación y extracción del mineral.

En el perfil D o zona 4, estructuralmente predomina un sistema de fallas de moderada relevancia encontrándose, en forma paralela, donde la falla A está al borde al pie del talud, esto podría conllevar a una vasculación de bloques comprendido entre las dos fallas por efecto del confinamiento de la masa rocosa localizada al norte y por excavación al pie del talud.

Referencias

- Bellizzia A, Pimentel N y Bajo R, 1976, Mapa geológico estructural, Ministerio de Energía y Minas, Edición 1-DG.
- Feliziani P, 1989, Modelo de predicción del modelo geotécnico de los terrenos, evolución metodológica y cartografía temática, publicado VII Congreso Geológico Venezolano, Tomo 4, Caracas, Venezuela.
- González C, Iturralde J y Picard X, 1980, Geología de Venezuela y sus Cuencas Petrolíferas, Tomo II, Caracas, Venezuela.
- Gonzalez L, Ortuño L, Ferrer M y Oteo C, 2002, Ingeniería Geológica, Madrid, España.
- Gonzalez LE, 2004, Analyse structurale et évolution tectonique des Andes Vénézuélienne nord orientales, These, Université de Pau et des Pays de l'Adour, Francia.
- Goodyear Aerospace Corporation, 1979, Imagen de radar Aeroespacial de la zona de la Sierra de Perijá, Escala 1500.000.
- Miller JB, 1960, Directrices tectónicas en la Sierra de Perijá y partes adyacentes de Venezuela y Colombia, Cong. Geol. Venez 3, Caracas, pp. 685-718.
- Ministerio de Energía y Minas, 1997, Léxico estratigráfico de Venezuela, Boletín Geológico, Tomo 1 y 2, Caracas, Venezuela.
- Rodríguez DL, 1978, El uso de las proyecciones hemisféricas como técnica de predicción y análisis de problemas relativos a estabilidad de taludes en macizos rocosos, pp. 2-5.
- Ruiz O, 1983, La formación Marcelina: sectores este y sur, Zona Paso Diablo, Jorn. Geología, Carbozulia, pp. 99-137.
- Stéphan JF, 1977, El contacto Cadena Caribe - Andes meridionales entre Carora y el Tucuyo, Estado Lara: Observaciones sobre el estilo y la edad de las formaciones cenozoicas en el occidente venezolano. Memoria, V Cong. Geol. Venez, Tomo 2,7, Caracas.
- Apolinar E, 2005, Evaluación geotécnica en el área de Los

Aceitunos en la mina de carbón Paso Diablo, municipio Mara, estado Zulia, Trabajo final de grado, Escuela de In-

geniería Geológica, Facultad de Ingeniería, ULA.