

MÉTODOS DE EXCAVABILIDAD PARA LA FUNDACIÓN DE LA PRESA RAMAL H, TANDIL, PROV. DE BUENOS AIRES

GIACONI, Luis Mario, GIORDANO, Ricardo E., CUMBA, Andrea.

* Cátedra de Geología Aplicada – FCNyM - UNLP

RESUMEN

La excavación de materiales requiere la utilización de medios mecánicos y/o voladuras. La selección del método de excavación depende básicamente de la excavabilidad de los materiales, de las dimensiones y geometría de la excavación y del rendimiento de la maquinaria. Se analizan aquí los criterios de excavabilidad del macizo rocoso para la fundación de la presa del Ramal H, Tandil (Prov. de Buenos Aires)

ABSTRACT

Excavation of materials requires the use of mechanical and/or blasting methods. The selection of the excavation method depends, basically, on the materials to be excavated, the dimensions and geometry of the excavation, and the performance of the machinery. We analyze here the criteria of solid rock excavation for the foundation of the dam "Ramal H", Tandil (Province of Buenos Aires)

INTRODUCCIÓN

La denominada Presa del Ramal H (en construcción), sita en la ciudad de Tandil (Prov. de Buenos Aires), consta de una longitud de 160 m. y una altura sobre el terreno natural de 12 metros. Se proyectó a gravedad en Hormigón sobre el macizo rocoso identificado en las investigaciones a baja profundidad. El objetivo de la construcción de la misma es la laminación de crecidas extraordinarias que anegan los barrios de sector oriental de la ciudad.

DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA DEL ÁREA DEL CIERRE DE LA PRESA

Como se puede observar en el perfil geológico geotécnico anexo, existen en el sitio de cierre y en el área del futuro embalse temporario, dos componentes claramente definidos:

A.- COBERTURA DE MATERIAL NO ROCOSO.-

Suelos orgánicos, depósitos sedimentarios fluviales y eólicos y materiales friables de origen antrópico.

La estimación del espesor promedio de excavación determinado es de aprox. 2,40 m. y el volumen aproximado para el ámbito de la fundación de la presa es de aprox. 1800 m³.

B.- MACIZO ROCOSO.-

Rocas del Basamento Cristalino Precámbrico. Macroscópicamente, las rocas dominantes en el área de fundación son granitoides, gneises gris verdosos de composición tonalítica que han sido intruídos por rocas de origen pegmatítico de grano muy fino, de color rosado. La presencia de estas últimas se detecta mayormente en margen derecha aunque se han observado también en margen izquierda.

En corte delgado las rocas no alteradas o con poco grado de alteración básicamente constituyen rocas granudas, milonitas de composición tonalítica y rocas microgranudas, milonitas de un protolito aplítico o granítico, de grano fino.

ESTUDIOS SÍSMICOS EN EL ÁREA DE LA FUNDACIÓN

Los estudios geosísmicos realizados interesaron los materiales de cobertura y roca. A continuación se expone una síntesis de las investigaciones realizadas.

Sísmica de refracción: se ejecutaron 3 perfiles sísmicos de 24 canales c/u distanciados 30 metros entre sí. La separación entre los geófonos se fijó en 5 metros.

Los perfiles geosísmicos indicaban la existencia de una cubierta sedimentaria de escaso espesor, variable desde pocos centímetros a 2,5 – 3 metros, en la que las velocidades de propagación de las ondas sísmicas longitudinales están comprendidas entre 400 y 450 m/s.

Por debajo de este manto se encuentra una zona que estaría formada por una capa de roca granítica alterada, de 9 m de espesor máximo en las cercanías del cauce actual del arroyo, donde las velocidades oscilan alrededor de los 1700 m/s.

Finalmente, en la masa rocosa subyacente a la anterior las velocidades alcanzan los 4900 m/s. Esta clase de roca, que correspondería a los afloramientos de tipo granítico del área de estudio y cuyo grado de meteorización sería escaso, se encuentra a una profundidad de 11 m respecto de la superficie del terreno en las proximidades del curso del arroyo y llega a aflorar en el estribo de margen izquierda, a la cota aproximada de 207 m.

CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES NO ROCOSOS DE COBERTURA

Con respecto a los materiales de cobertura, en el área del cierre de la presa y del cuenco dissipador, según los datos aportados por la sísmica de refracción, existiría una zona superficial de velocidad de propagación de onda elástica baja de materiales de baja densidad, cuestión que ha sido corroborada mayormente en las perforaciones ejecutadas en el área del cierre y en las calicatas anexas.

Esta cubierta abarca en superficie, con magnitud mayor al metro de espesor, desde las proximidades del sondeo S11 (progresiva 81,29 m.) al sondeo S8 (progresiva 135,66 m.). Alcanza un espesor de 2,80 m., detectado en la calicata MDC5, muy próxima al Sondeo S8, existiendo dudas si lo detectado en el Sondeo S3 (progresiva 96,89 m.) hasta 5,5 m. son bloques o roca fracturada a partir de 3,5 m.. En el resto del perfil es de muy escaso a inexistente espesor, con excepción de lo detectado en el estribo de margen izquierda que no corresponde a la cubierta natural sino que constituyen materiales de desecho. Allí, en el área del Sondeo S1a (progresiva 24,13 m.) y sondeo S12 (progresiva 2,68 m.), el espesor del material mencionado alcanza valores de 3,40 metros en la calicata MIC1 (progresiva 15,48 m.), como se visualiza en el perfil adjunto.

En síntesis, los materiales de la cobertura no rocosa, se encuentran mayormente constituidos por:

- sedimentos fluviales superficiales limo arcillosos de colores oscuros aportados por el arroyo que incluyen erráticos bloques angulosos a subangulosos de dimensiones variables, llegando a volúmenes de medio metro cúbico a más. Estos últimos se han deslizado desde las pendientes adyacentes de los flancos del valle.
- sedimentos eólicos limo arenosos finos, subyacentes a los anteriores pero de acotada distribución en sectores muy localizados.
- materiales antrópicos de textura arenosa, en el área del estribo de margen izquierda.

Descripción de los materiales de cobertura

- Sedimentos limo arcillosos (origen fluvial – Postpampeano).

Estos sedimentos de origen fluvial poseen variable espesor alcanzando en margen derecha un máximo de 2,80 metros de profundidad en las cercanías del curso actual del arroyo (Calicata MDC5 – progresiva 130,21 m.). Fueron detectados también en dicha margen en los sondeos S8 (1,00 m.), S4 (2,00 m.) y en margen izquierda en los sondeos S9 (1,15 m.) en la parte superior del sondeo S3 (1,00 m. por encima de limos arenosos finos y bloques rocosos que lo subyacen) y en el sondeo S11 (1,35 m.).



Fotografía 1 - Calicata MDC5 – Eje de la presa - 2,80 metros de sedimentos fluviales limo arcillosos.

Las características generales de los sedimentos fluviales se determinan en estudios previos de laboratorio como arcillas y arcillas limosas de color castaño oscuro tipo CH y CL en la Clasificación SUCS. Poseen Límites Líquido (LL) comprendido entre 77 y 38 y Límite Plástico (LP) entre 30 y 19,6. La Humedad Natural (W_n) fue determinada entre 37,4 % Y 18,7 %. La resistencia a la Penetración Standard de estos suelos, establecida mediante ensayos SPT según Norma IRAM 10517/90, es baja a media baja: de 6 a 17 golpes.

En estos sedimentos se ejecutaron en estudios anteriores ensayos de permeabilidad mediante el Método de Lefranc-Mandel a nivel constante y variable siguiendo la Norma IRAM 10531.

Este método se utiliza en sondeos entubados y proporciona la permeabilidad en la parte inferior de la perforación que se encuentra sin entubar. Los valores de permeabilidad K obtenidos son de velocidades medio bajas a bajas y oscilan entre las magnitudes 10^{-3} a 10^{-5} cm/seg.

- Sedimentos limo arenosos finos (origen eólico - Pampeano).

En margen izquierda a medio faldeo, Sondeo S3 (progresiva 96,89) y en calicatas adyacentes aguas abajo de la traza del eje, se visualizaron por debajo de aprox. un metro de los sedimentos limo arcillosos de carácter fluvial y suelos con materia orgánica, sedimentos de textura limo arenosa fina, algo arcillosa, de color pardo amarillento, de origen eólico, atribuidos al Pampeano.

Los mismos se encuentran sobre bloques clásticos y éstos en discordancia basal sobre las rocas del basamento cristalino a profundidades detectadas de 5,50 m. (sondeo S3) y 2,60 m. (calicata MIC11) alcanzando un espesor específico máximo de 1,60 m. A partir del metro y medio de profundidad se constata una zona de humedad correspondiente al nivel acuífero freático de muy baja velocidad de escurrimiento subterráneo, tal como se ilustra en la siguiente fotografía de la calicata MIC11.



Fotografía 2 - Calicata MIC11 – Presencia de sedimentos limo arenosos del Pampeano. Se lo podría utilizar para la construcción de las ataguías del canal de desvío.

- Materiales antrópicos de textura arenosa.

Respecto a los materiales antrópicos arrojados específicamente en el área del estribo izquierdo de implantación de la presa, los mismos son friables, sin cohesión y responden fundamentalmente a desechos arenosos de la actividad metalúrgica.

Fueron detectados en los sondeos S1a y S12 y en las calicatas MIC1 y MIC2. Alcanzan un espesor máximo sobre el eje de 3,40 m. ubicándose de tal manera coincidentes o por sobre el techo de roca a cotas superiores a 210,00 m.

Hacia aguas arriba del eje sobre el estribo izquierdo y en el área del lateral izquierda del futuro embalse temporario los espesores de este material antrópico fueron detectados mediante las calicatas ELI1, EL2, ELI3. Alcanzan magnitudes de 5,00 m a 5,20 m. de espesor, siendo las cotas detectadas del techo de roca de 209,48 m., 211,46 m. y 212,08 respectivamente.

Cabe destacar que, por acción gravitacional de su disposición, las pendientes de estos materiales friables sin ningún grado de cohesión podrían alcanzar sobre el eje y en el lateral izquierdo del área del embalse, por colapso, cotas inferiores a la cota de coronamiento (210 m.) por lo que se hallarían sujetos a condiciones inestables de potencial deslizamiento en caso de ser saturados debido a la acción de la presión del agua en sus poros. Por ello no sólo se estima deberán ser removidos en el área del eje para permitir la operaciones del empotramiento de la presa sino que también se deberán acondicionar y/o remover aguas arriba sobre el lateral izquierdo debido a la inestabilidad descripta. En la siguiente fotografía se observa la naturaleza del material antrópico al que se hace referencia extraído de la calicata MIC1.



Fotografía 3 - Calicata MIC1 – Área del estribo de margen izquierda - Material antrópico no cohesivo que deberá ser excavado para la realización del empotramiento y por razones de inestabilidad (colapso ante eventual saturación)

Se brinda a continuación en el siguiente cuadro una síntesis de los espesores, en metros, de material de cobertura no rocoso determinados durante la investigación:

SONDEOS Y CALICATAS PERFIL EN EL EJE Y CUENCO DISIPADOR						
DENOMINACIÓN	PROGRESIVA	COTA	ESPESOR NO ROCOSO	COTA TECHO DE ROCA	Prof. N. E.	COTA N. E.
MOJON EJE MI	0,00	214,07				
S12	2,68	213,91	1,3	212,61		
MIC2	6,27	213,82	1,7	212,12		
MIC1	15,48	213,42	3,4	210,02		
S1a	22,72	212,83	2,50	210,33		
MI6	46,60	206,56	1,30	205,26		
S2	61,59	204,86	0,00	204,86		
S11	81,29	202,35	1,35	201,00		
MIC3	90,39	201,28	1,4	199,88		
S3	96,89	200,73	5,50	195,23	3,5	197,23
MIC4	108,2	199,29	2,3	196,99	-	
S10 (ag. ab. Eje)	109,65	197,74	2,30	195,44	0,88	196,86
S9	112,32	197,55	1,15	196,40	0,50	197,05
ARROYO	115,3 - 119,2	197,04	2,2	194,84		
S4	124,06	197,87	2,00	195,87	0,60	197,27
MDC5	130,21	199,41	2,80	196,61		
MDC6 (cuenco disp.)		198,02	2,10	195,92	1,20	196,82
S8	135,66	199,61	1,00	198,61		
S5	149,54	203,57	0,35	203,22		
S6	170,06	206,78	1,00	205,78		
S7	193,69	209,89	0,80	209,09		
MOJON EJE MD	201,13	211,04				

MACIZO ROCOSO - ZONIFICACIÓN LITOSTRUCTURAL A LOS FINES DE SU CLASIFICACIÓN GEOTÉCNICA

Se identificaron en el macizo rocoso las siguientes zonas litoestructurales consecuentes con la litología, grado de alteración y el sistema estructural existente:

- **Zona 1:** Responde la rocas graníticas afectadas por las siguientes formas de alteración: a) Zona alterada paralela a la superficie del terreno y a la roca no alterada en sectores en margen derecha y en margen izquierda. b) Alternancia de zonas alteradas que se ubican entre discontinuidades en toda el área de la presa. c) Zona de ciza o intenso fracturamiento en margen derecha e izquierda ligado al empotramiento de los estribos y en el subsuelo de la fundación del cuerpo principal de la presa.

- **Zona 2:** Roca masiva, fresca a poco alterada, exceptuando las fallas localizadas, detectada en perforaciones, a distintas profundidades en todo el área de fundación.

En el macizo rocoso, la zona 1 se presenta, en líneas generales, subsuperficialmente paralela y varía su espesor de acuerdo a la ocurrencia local de algunas, a veces combinadas, de las formas a, b y c de alteración. La zona 2 se encuentra inmediatamente subyacente. En perfil adjunto se ilustra sobre la disposición de las zonas descritas.



Fotografía 4 - Área de margen izquierda – En primer plano se observan las rocas alteradas y fracturadas constituyentes de la zona litoestructural 1 del macizo rocoso, único afloramiento en dicha margen, y en segundo plano los materiales antrópicos no cohesivos a los que se hace alusión en párrafos anteriores.

MACIZO ROCOSO - DETERMINACIONES GEOTÉCNICAS

Zonificado el macizo, el objetivo de clasificar geotécnicamente las zonas resultantes es el de proveer al proyectista de datos cuantitativos que son requeridos para la solución de los problemas de ingeniería y brindar de esta manera una base efectiva de comunicación entre todos los integrantes del equipo de investigación en geotécnica. En este caso se adoptó la Clasificación Geomecánica RMR (Bieniawsky, 1989).

De acuerdo a la zonificación litoestructural realizada, la zona 1 mayoritariamente posee rocas cuyo grado de alteración inhibe en muchos casos la aplicación de la presente clasificación geomecánica RMR toda vez que las mismas componen un cuadro de alteración cuya distribución expone rocas de alteración A_4 a A_6 por lo que, entre otros parámetros, el RQD no resulta evaluable. Sin embargo, existen también áreas subsuperficiales muy fracturadas, donde la alteración y el grado de fracturamiento, de orientación desfavorable, no alcanzan la magnitud extrema de lo mencionado anteriormente, poseyendo separación de las discontinuidades que varían entre 0,06 m. -0,2 m. y $< 0,06$ m. o brechosa dando como resultado RQD de valores muy bajos a valores 0 (cero), siendo por lo general muy permeables.

La zona 2 presenta rocas duras, gneises y pegmatitas aplíticas, de peso específico general entre 2,6 y $2,9 \text{ g/cm}^3$, poco meteorizadas a frescas, algo fracturadas donde si bien las orientaciones estructurales se infieren desfavorables respecto a la estabilidad de estribos y/o circulación de flujo subterráneo, las matrices rocosas en cuanto al grado de alteración mayoritariamente son A_1 a A_1-A_2 , cuestión de importancia respecto a la posibilidad de mejoramiento de las condiciones geomecánicas por tratamiento.

En gran parte, aunque existen excepciones fundamentalmente en el área de los estribos, se determinó para esta zona 2 un valor de RQD superior al 75 % con valores modales en 90 a 100 % siendo que las separaciones de las discontinuidades son por lo general superiores a 0,6 m. y las diaclasas se presentan cerradas o con muy baja apertura ($< 0,1$ mm.), rugosas, por lo general sin relleno (excepto en zonas localizadas de fallas) y donde los planos o paredes de las diaclasas no presentan alteración o la poseen en grado ligero. En general los valores de los ensayos Lugeon son bajos a muy bajos, incluso sin admisiones a excepción de las zonas localizadas de falla que deberán ser tratadas posteriormente.

Determinados los parámetros de entrada en el campo, en laboratorio y en gabinete, se clasificaron geotécnicamente las distintas zonas litoestructurales detectadas de la siguiente manera.

Clasificación geotécnica zonación macizo rocoso

- Zona 1:

Según el valor $RMR = 29$ obtenido, las áreas minoritarias de mejores condiciones geomecánicas dentro de la zona geotécnica 1 se encuentran dentro de la clase IV de la clasificación geomecánica RMR, cuya calidad de roca es mala.

- Zona 2:

Según el valor $RMR = 63$ obtenido, la zona geotécnica 2 se encuentra dentro de la clase II de la clasificación geomecánica RMR cuya calidad de roca es buena.

DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DE SALIDA

o ZONA GEOTECNICA 1

Cohesión = 1 a 2 kgp/cm^2 . Ángulo de rozamiento interno = 15° a 25° . MD = Módulo de deformación genérico del Macizo Rocosos $E = 10^{(RMR - 10)/40}$, en GPa. MD = 2,98 GPa (29.800 kg./cm^2)

o ZONA GEOTECNICA 2

Cohesión = 3 a 4 kgp/cm^2 . Ángulo de rozamiento interno = 35° a 45° . MD = Módulo de deformación genérico del Macizo Rocosos $E = 2RMR - 100$, en GPa. MD = 26 GPa (260.000 kg./cm^2)

En síntesis, el macizo rocoso de la presa Ramal H se presenta en zonas contrastantes. La zona geotécnica 1 posee características de calidad de roca mala a muy mala (máximo valor determinado $RMR =$

29), de bajo valor portante, sujeto a alta deformación y con altos valores de permeabilidad por lo que deberá ser excavado a los fines de la fundación de la presa. Se puede deducir que la excavación del mismo permitirá taludes de media pendiente pero deberán tomarse medidas de estabilización.

El macizo rocoso de la zona geotécnica 2 correspondiente al subsuelo de ambas márgenes posee buenas características geotécnicas al objeto de la fundación (RMR = 63). Presenta carácter duro, poco meteorizado a fresco, algo fracturado con presencia de + de tres familias de discontinuidades al menos subsuperficialmente, pero sin filtraciones importantes dada su baja permeabilidad general, por lo que se deducen mejores condiciones geotécnicas respecto a fundación de la presa que se propone, exceptuando las fallas descritas localizadas que deberán ser tratadas. En general, se puede deducir que posee una capacidad portante media alta a alta, la excavación de taludes se podrá realizar con altas pendientes y no se precisarán mayores medidas de estabilización.

CRITERIOS GENERALES DE EXCAVABILIDAD

En general, los principales métodos de excavación en función del grado de consistencia de los materiales, son:

a) medios mecánicos para materiales poco consolidados (pala excavadora y pala cargadora) para excavación directa de materiales de suelos finos o granulares y rocas muy alteradas y carga de materiales previamente fragmentados mediante otras técnicas.

b) medios mecánicos para materiales consolidados (uña/s escarificadoras de alta potencia o rippers. Algunas variedades de rippers están dotados de martillos hidráulicos de impacto.) para excavación de suelos cementados y rocas alteradas.

c) Voladuras mediante explosivos ocasionando la disgregación o figuración de las rocas según sea la voladura de extracción o de esponjamiento del material.

La anterior descripción técnica de los métodos de excavación conlleva entonces una de las cuestiones más conflictivas en la ejecución de obras debido a que, respecto a la decisión del medio a utilizarse durante las tareas de excavación siendo un aspecto decisivo en el costo de obra, la incógnita mayor es saber si una roca es escarificable o ripable, es decir cuando puede ser excavada sin explosivos y en que medida.

La ripabilidad depende, más allá de las características propias de los equipos de excavación, de los parámetros del macizo rocoso como resistencia a la compresión simple, resistencia a la tracción, RQD, naturaleza de las discontinuidades, velocidad de propagación de las ondas sísmicas en el medio rocoso, alternancia de niveles de distinta competencia mecánica, etc.

Según Singh y Denby (1989), el índice de ripabilidad, en función de la resistencia a la tracción, grado de alteración, grado de abrasividad y espaciamiento de las discontinuidades del macizo rocoso, varía entre < 22 para las zonas muy alteradas y fracturadas hasta 66 para las zonas de moderada alteración y un espaciamiento de discontinuidades menor del metro, siendo > 88 para la utilización de voladuras. Entre ambos índices (66 a 88), existe una zona calificada como de “ripabilidad marginal”, área límite entre la ripabilidad extrema y el uso de voladura.

Por otra parte, analizando la excavabilidad respecto a la velocidad de propagación de las ondas sísmicas, existe un criterio general por el cual todos los materiales que poseen velocidad de propagación de onda sísmica:

a) < de 1500 m/seg. son excavables fácilmente de manera mecánica.

b) De 1500 a 2000 m/seg. son de ripado o escarificación algo difícil.

c) De 2000 a 2500 m/seg. son de ripado costoso con grandes equipos por lo que lo mas usual para la excavación de estos materiales es la voladura ligera (grandes longitudes de retacados y bajos consumos específicos).

d) Entre 2500 y 3000 m/seg. se precisan voladuras ligeras y prevoladuras (precorte).

e) Para mas de 3000 m/seg. se deberán realizar voladuras importantes (pequeñas longitudes de retacados y altos consumos específicos).

Finalmente, existe un método alternativo de excavación de bajo impacto ambiental a la utilización de voladuras. El mismo, si bien lento y costoso, es muy utilizado en sitios reducidos donde existen complejidades de tipo técnico y del marco ambiental.

Se basa en la utilización de cemento expansivo a los fines de separar los bloques rocosos en bancos mediante la perforación de una hilera de barrenos que se separan a aprox. 0,15 metros unos de otros. Provocada la separación del banco por la acción del cemento expansivo en los barrenos, con martillos de alto impacto se provoca la rotura de dichos bancos en bloques de menor dimensión a los fines de su posterior extracción.

DETERMINACIÓN DE LOS METODOS DE EXCAVABILIDAD DE LA PRESA

Los distintos escenarios de velocidades de onda sísmica responden en consecuencia a los distintos materiales geotécnicos detectados. Así:

a) Los suelos suprayacentes son los que determinan las velocidades de onda sísmica de 400 a 450 m/seg.

b) La zona geotécnica 1 posee velocidades de onda sísmica aproximada a 1700 m/seg.

c) La zona geotécnica 2 posee velocidades de onda sísmica superiores a 4900 m/seg.

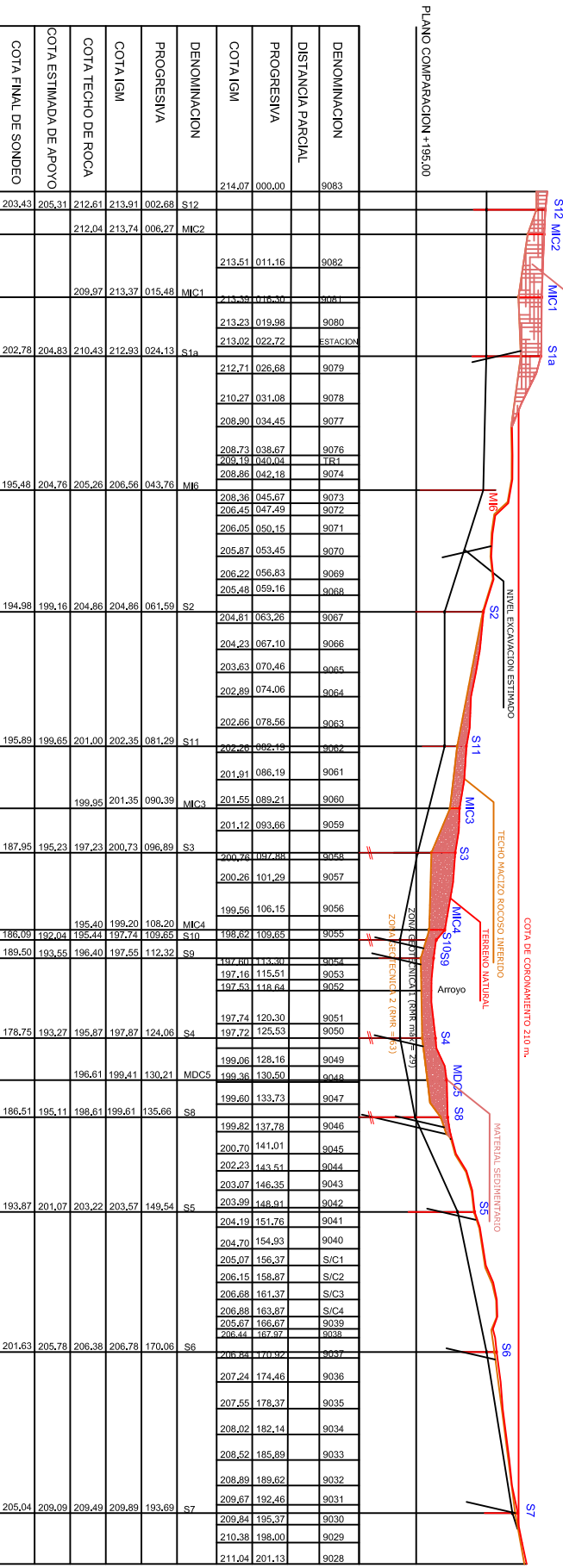
En conclusión, en función de lo analizado y teniendo en cuenta la sísmica de refracción realizada, los materiales detectados en el presente estudio se estima podrán, en general, ser excavados:

- mecánicamente: los suelos finos y granulares de la cobertura no rocosa y las rocas muy alteradas y cizalladas de la zona geotécnica 1.
- escarificables con dificultad: algunos de los materiales rocosos con menor rango de alteración y fracturación que los anteriores.
- voladuras de baja intensidad: en el resto de la excavación hasta llegar a la superficie de fundación donde se encuentran las rocas de la zona geotécnica 2.

BIBLIOGRAFÍA

- Clasificación geomecánica de macizos rocosos. CSIR - RMR. Bieniawsky. 1989.
- Ingeniería Geológica. González de Vallejo. Editorial Pearson. 2003.
- Presa del Ramal H. Estudio geológico geotécnico. Giaconi, Luis M. 2009. (Inédito)
- Singh y Denby. Excavabilidad. 1989.

PERFIL GEOLOGICO – GEOTECNICO PRESA RAMAL H



DENOMINACION	DISTANCIA PARCIAL	PROGRESIVA	COTA IGM	DENOMINACION	PROGRESIVA	COTA IGM	DENOMINACION	PROGRESIVA	COTA IGM
9083									
		000,00	214,07						
		011,16	213,51						
		016,30	213,33						
		019,98	213,23						
		022,72	213,02						
		026,68	212,71						
		031,08	210,27						
		034,45	208,90						
		038,67	208,73						
		040,04	209,19						
		042,18	208,86						
		045,67	208,36						
		047,49	206,45						
		050,15	206,05						
		053,45	205,87						
		056,83	206,22						
		059,16	205,48						
		063,28	204,81						
		067,10	204,23						
		070,48	203,83						
		074,06	202,89						
		078,58	202,86						
		082,19	202,20						
		086,19	201,91						
		089,21	201,55						
		093,66	201,12						
		097,88	200,78						
		101,29	200,26						
		106,15	199,56						
		109,85	198,82						
		116,30	197,80						
		115,51	197,16						
		118,64	197,53						
		120,30	197,74						
		128,53	197,72						
		128,16	199,06						
		130,50	199,36						
		133,73	199,60						
		137,78	199,82						
		141,01	200,70						
		143,51	202,23						
		146,35	203,07						
		148,91	203,99						
		151,76	204,19						
		154,93	204,70						
		156,37	205,07						
		158,87	206,15						
		161,37	206,88						
		163,87	206,88						
		166,67	205,67						
		167,97	206,44						
		171,97	206,28						
		174,46	207,24						
		178,37	207,55						
		182,14	208,02						
		185,89	208,52						
		189,62	208,89						
		192,46	209,67						
		195,37	209,84						
		198,00	210,38						
		201,13	211,04						

REFERENCIAS
SUP. TOPOGRAFICA (COTAS IGM)
NIVEL TECHO DE ROCA EN SUP.
COTA TECHO DE ROCA INFERIOR
NIVEL EXCAVACION ESTIMADO
PROF. SONDEO/CALCATA



NOTA: El valor de cota inferida de apoyo es sólo referencial. La cota definitiva deberá ser fijada durante las tareas de excavación.