



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL
LITORAL

FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

“PROSPECCIÓN GEOTÉCNICA DE CAMPO APLICADA
A LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA DEL PROYECTO
PARQUE DEL CONOCIMIENTO”.

TESIS DE GRADO

PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE:

INGENIERIA EN GEOLOGIA

PRESENTADA POR:

MOISÉS JAVIER LOOR SANCHEZ.

GUAYAQUIL-ECUADOR

2010

DEDICATORIA

A DIOS, A MI MADRE QUIENES HAN SIDO LA ESCENCIA DE MI ALMA, A MI TÍA YOLANDA, A MI TÍA OLGA GONZALES, A MI PADRE, A MI TÍA LUPE, A LA SRA. MANUELA QUE CON SU SABIDURIA Y CARIÑO, ME HAN GUIADO POR EL CAMINO DEL BIEN, A MI FAMILIA, A MIS AMIGOS, PUES HE SIDO DEPOSITARIO DE SU ESTIMACIÓN Y APOYO INNEGABLE.



AGRADECIMIENTO

A todos los que hicieron posible esta tesis, a los Docentes M.Sc. Edison Navarrete, Ing. Jorge Rengel Espinosa e Ing. Galo Montenegro por su aporte valioso a la formación de los ingenieros geólogos de la ESPOL, al Dr. Ing. Miguel Ángel Chávez Moncayo, destacado Docente de la FICT, por su guía y apoyo constante en el desarrollo de la presente Tesis, a mis compañeros del grupo de tesistas del Proyecto PARCON: Paul Gonzales, Rodrigo Carrión, Víctor Poggo, Adriana Cabrera y Karen Castro por su ayuda siempre amigable.

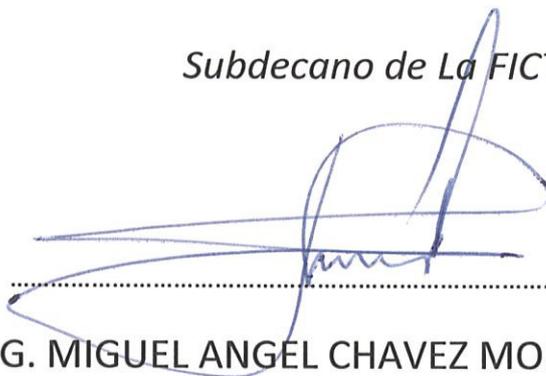


TRIBUNAL DE GRADO



ING. GASTON PROAÑO.

Subdecano de La FICT



ING. MIGUEL ANGEL CHAVEZ MONCAYO, Ph.D.

Director de Tesis



ING. Ms.C. EDISON NAVARRETE.

Vocal de Tesis



DECLARACION EXPRESA

“La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestas en esta tesis, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de exámenes y Títulos profesionales de la ESPOL)

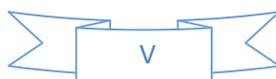


MOISES JAVIER LOOR SANCHEZ

ÍNDICE

Pág.

RESUMEN.....	1
1 INTRODUCCIÓN	
1.1 Generalidades.....	3
1.2 Objetivos y Justificación.....	3
1.3 Estudios Anteriores.....	4
1.4 Ubicación geográfica y accesibilidad.....	6
1.5 Clima, vegetación.....	8
2 ENFOQUE GEOLÓGICO REGIONAL	
2.1 Geología en el contexto regional.....	10
2.2 Enfoque sismológico.....	11
2.3 Geología de la Cuenca de Drenaje.....	12
2.4. Geomorfología.....	13
2.5. Formaciones geológicas.....	14
2.6. Estratigrafía.....	16
2.7. Estructuras geológicas.....	17
3 GEOLOGÍA DEL SITIO DE PRESA, ALVIADERO Y VASO	
3.1. Determinación de las formaciones geológicas.....	19



3.2. Estratigrafía.....	19
3.3. Estructuras geológicas.....	21
3.4. Geología en los sitios de préstamos y canteras.....	21

4. ANÁLISIS HIDROGEOLÓGICO

4.1. Condiciones del subsuelo.....	26
4.2. Aportes de agua superficial y subterránea.....	27
4.3. Modelo hidrogeológico aproximado.....	28

5. PROSPECCION Y GEOTÉCNICA DE CAMPO

5.1. Excavación de calicatas y descripción.....	30
5.2. Muestreo.....	30
5.3. Levantamiento de las discontinuidades.....	32
5.4. Ensayos in situ y de laboratorio.....	37
5.5. Sondajes geofísicos.....	43

6. ANÁLISIS GEOTECNICO

6.1. Cimentación y empotramientos de la Presa.....	45
6.2. Aliviadero.....	47
6.3. Vaso o reservorio.....	47
6.4. Áreas de Préstamos y Canteras.....	48

CONCLUSIONES.....	49
--------------------------	-----------

RECOMENDACIONES.....	50
-----------------------------	-----------

BIBLIOGRAFÍA.....	51
--------------------------	-----------

ANEXOS Y PLANOS.....	53
-----------------------------	-----------

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 1.- Monoclinal de Buzamiento 16 grados al SO.....	21
Figura 2.- Depósitos de suelos arcillosos en el valle de los esteros del vaso.....	22
Figura 3.- Litología de areniscas y limolitas meteorizadas donde se encuentra el material B.....	23
Figura 4.- Areniscas y Micro conglomerado poco meteorizado, donde se puedan obtener material de enrocado.....	24
Figura 5.- Estanqueidad en la zona del vaso.....	28
Figura 6.- Familias de fracturas presentes en el sitio de Presa.....	29
Figura 7.- toma de muestras de suelo arcilloso utilizando tubo chelvy.....	31
Figura 8.- Representación en la red estereográfica de los promedios de las tres familias de fracturas y el eje de Presa.	34
Figura 9.- Se muestra en el plano horizontal mayor de la esfera la densidad de polos que corresponde a las familias de fractura $N40^{\circ} E/83NO ; S48^{\circ} E/84SO ; N69^{\circ} O/73NE$	36
Figura 10.- Dispositivo Schlumberger.	43
Figura 11.- Trabajo geofísicos de campo S.E.V.....	44

ÍNDICES DE MAPAS

MAPA 1.- Implantación General del Sitio de Presa.	7
MAPA 2.- Zonas de Préstamos de los Materiales A y B.....	25
MAPA 3.- Levantamiento de Discontinuidades y Prospección Geotécnica.	37

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla #1.- Mediciones de Estratos.....	32
Tabla #2.- Mediciones de Fracturas.....	33
Tabla #3.- Propiedades Físico Mecánicas de los Suelos y Rocas en el Área de Presa.	42

RESUMEN

El presente trabajo es una contribución al conocimiento Geológico-Geotécnico de toda el área que involucra el denominado Proyecto Parque del conocimiento.

El primer trabajo realizado fue la investigación de la información existente, tanto a nivel del sector, como de la geología a gran escala.

El trabajo de campo involucró las áreas de cuenca de drenaje, incluyendo, sitio de Presa y Aliviadero, además las áreas de préstamo y canteras. Se analizaron las características geomorfológicas, geoestructurales y litológicas, teniendo en cuenta los objetivos principales del proyecto que consiste en construir la mayor Presa de embalse en el Campus Politécnico Gustavo Galindo.

Se realizó un levantamiento geológico detallado del área de emplazamiento de la Presa y sus empotramientos, información que igualmente se obtuvo para el reservorio y de la franja de terreno de emplazamiento del aliviadero.

El paso siguiente fue la prospección geofísica de campo y su interpretación. Se realizaron abundantes observaciones y muestreo, en diferentes puntos aprovechando la gran cantidad de excavaciones, que con el motivo de explotación pétreo se habían realizado en todo el sector.

La presente Tesis también incluye un análisis hidrogeológico y geotécnico orientado a determinar la estanqueidad, la resistencia portante y cortante, además la calidad de los materiales destinados a la construcción.

El trabajo realizado proporcionó información directamente relacionada a los diseños y al proceso constructivo del proyecto de Presa.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Generalidades

La ESPOL dispone de un amplio campus integrado en su totalidad 695 ha.de terreno como en parte de los cuales están construidas las diferentes unidades académicas, Instituciones de servicios básicos, instalaciones dotadas de infraestructura y una Presa de 20 metros de altura, construida en 1992, la misma que se constituye un puente que permite la circunvalación en las instalaciones en la ESPOL.

En el área colindante con la vía Perimetral existen aproximadamente 150 ha.de terreno que han sido utilizadas sólo en parte, un 25% de este terreno va a ser ocupado por el denominado Parque del Conocimiento. Este proyecto será construido en torno a un lago, para lo cual debe ser construida una Presa.

El autor de la presente tesis participó en la realización del los estudios geológicos destinados a la construcción la obra de Presa que es parte importante del proyecto Parque del Conocimiento de la ESPOL.

1.2. Objetivos y Justificación.

a. Objetivo General:

Realizar una caracterización geológica orientada a la construcción de obras de ingeniería Civil en el proyecto antes mencionado.

b. Objetivos Específicos:

- ❖ Realizar el mapeo Geológico detallado del área
- ❖ Determinar y Definir las características Geológicas Significativas.
- ❖ Determinar las áreas de Préstamos y Canteras.
- ❖ Realizar recomendaciones, de geología aplicada, para el proceso constructivo.

1.3. Estudios Anteriores.

En el área del campus politécnico Gustavo Galindo se han construido al momento varias obras, las mismas que han requerido estudios geológicos para cada una de ellas.

Los primeros estudios y diseños de una Presa en el Proyecto Parque Tecnológico (ahora Parque del Conocimiento) fueron presentados por el Ing. Miguel Ángel Chávez Moncayo, Profesor de la FICT, para la Unidad de Planificación de la ESPOLE en el año 2002. Debido a las profundas modificaciones que ha sufrido toda la topografía natural, por grandes excavaciones que incluyen explotación pétrea y acumulación de gran cantidad de escombros de construcción de otras partes de la ciudad, además de una gran cantidad de desechos sólidos urbanos que han sido arrojados sin control, dichos estudios y diseños llegaron a tener validez únicamente conceptual. El emplazamiento de la Presa, sus dimensiones, la calidad y dimensiones de la cimentación, empotramientos, las obras de

excedencia, la capacidad de embalse, los sitios de préstamo, entre otros aspectos, cambiaron, por lo que se hizo necesario realizar nuevos estudios y diseños.

En febrero del año 2000 la Facultad ICT presentó a la Unidad de Planificación el informe denominado Aprovechamiento Integral de los terrenos del Campus Politécnico Gustavo Galindo Velasco. En este trabajo se presentan estudios topográficos, geológicos, hidrológicos, hidráulicos, geotécnicos, impactos ambientales, soluciones ambientales, aprovechamiento urbanístico y otros aspectos, para toda el área del Campus.

Años atrás, en 1987, el Ing. Miguel Ángel Chávez Moncayo, realizó los estudios y diseños de la Presa de 20 m de altura, actualmente construida en el área de las Unidades Académicas. Este trabajo incluye estudios topográficos, geológicos, geotécnicos, hidráulicos, diseños de la Presa y Aliviadero, Especificaciones Técnicas para la Construcción, presupuesto de obras y Cronograma Valorado para la construcción de la Presa.

Dentro de los aspectos geológicos y geotécnicos del área de estudio, se han realizado tres tesis de grado, tituladas así:

- ❖ Propiedades de los materiales rocosos de la Baja Cuenca del Guayas, 1982
- ❖ Estudio Geológico del Campus Politécnico, 1982
- ❖ Análisis Físico Estadístico de Propiedades Geomecánicas de la Formación Cayo, 1990.

Desde el 2005 al 2008, la Unidad de Planificación de la ESPOL ha realizado varios levantamientos topográficos de toda el área de interés, sin embargo debido a las constantes excavaciones la topografía del terreno ha ido cambiando, así, en el lapso de un par de meses del año 2009, la topografía realizada presenta notables cambios, áreas que estaban consideradas sobre un nivel de embalse (cota 42), según los estudios anteriores (2002), debido a la extracción incontrolada de materiales han bajado de 3 a 6 m.

En el área de estudio también han sido realizados los estudios de diseño de la vía de acceso al campus por el lado nororiental de la vía perimetral.

1.4. Ubicación geográfica y accesibilidad.

El área de estudio se encuentra ubicada en el Campus Gustavo Galindo de la ESPOL, en un sector colindante con la vía Perimetral de Guayaquil. En el Mapa 1 se aprecia tanto la ubicación de la Presa, su reservorio y la Vía Perimetral.

1.5. Clima, vegetación.

En la zona existen dos estaciones climáticas perfectamente definidas:

- ❖ La lluviosa, caracterizada por precipitaciones abundantes y altas temperaturas en los meses de enero – abril.
- ❖ La seca, que comprende desde mayo a diciembre que se conoce como verano, con precipitaciones muy escasas y clima templado.

Según datos del Instituto oceanográfico de la armada (INOCAR), Guayaquil registra sus niveles más altos, de temperatura, humedad relativa y precipitación entre los meses de enero-abril. Los promedios anuales registrados son: 26,2°C de temperatura, 77 % de humedad y 660 mm. de precipitación. (6)

El área de estudio se encuentra en la zona de vida denominada “bosque seco tropical”, debido tanto a su ubicación geográfica como a sus características climáticas. Sin embargo, encontramos variantes de este tipo de bosque en diversos sectores del Campus Politécnico, debido a factores naturales tales como la conformación del terreno, así como también de una evidente intervención antrópica.

En los sectores norte, noroeste y suroeste, la vegetación en verano es de color café claro, con tonos dorados, debido a que la mayoría de las especies vegetales son plantas y árboles de

hojas deciduas, caedizas, con marcada influencia del clima en su ciclo floral.

Al sur, hacia la parte baja de los cerros, existe una agresiva deforestación, el suelo está cubierto por gramíneas y varias plantas arbustivas y trepadoras. En este sector, se ejecuta un plan de reforestación con árboles de sombra.

En lo alto de los cerros, existe un bosque muy maduro y con poco nivel de intervención humana, refugio de fauna neotropical. En este sector se observan árboles emergentes, así como también trepadoras y lianas. Es muy común observar nubes que provocan un aumento de la humedad relativa, especialmente en las horas de la mañana. Sin embargo, se mantiene la fisionomía del bosque seco tropical.

En las quebradas y en las partes bajas en general, dominan las trepadoras y lianas. Entre los árboles destacan el guasmo, niguito, bototillo, pigío, entre otros. La composición arbustiva es muy desarrollada, formando matorrales impenetrables, refugio de ofidios y saurios.

II. ENFOQUE GEOLOGÍCO REGIONAL

2.1. Geología en el Contexto Regional

El área de estudio, se encuentra estrechamente relacionado con la historia geológica y tectónica de la península de Santa Elena, así como de la cordillera de Chongón –Colonche.

La roca más antigua aflorante en la región son las de la Fm. Piñón. Que constituye el basamento. La sedimentación marina ocurrió desde el Cretáceo Superior (Fm. Cayo), hasta el fin del Cretáceo (Fm. Guayaquil chert, Maestrichtiano).

A partir del Eoceno Medio hay una transgresión marina sobre las provincias costeras y se depositan las calizas arrecifales de la Fm. San Eduardo.

Se depositan sedimentos marinos y material detrítico volcánico desde el Oligoceno hasta el Plioceno formando la Cuenca Progreso.

Estructuralmente se puede hablar de un movimiento monoclinal de la cordillera de Chongón-Colonche que produce una fuerte compresión del noreste generando deslizamiento de los sedimentos, fallamiento y plegamiento de la Cuenca Progreso.

En el Plioceno-Cuaternario, la zona baja situada al oeste de Los Andes se profundizó y se relleno de Aluviones Cuaternario. (6)

2.2. Enfoque sismológico

El área de Guayaquil como gran parte de la costa ecuatoriana está influenciada directamente por el proceso de subducción de la Placa Nazca, bajo la placa continental. La situación geológica se hace más compleja si se considera la existencia de otro elemento tectónico- estructural que constituye la denominada falla Guayaquil-Romeral.

La existencia de una falla geológica que se inicia en el Golfo de Guayaquil, que continua por la cordillera de Los Andes, pasa por Colombia y llega finalmente al sector del Romeral en Venezuela, ha sido siempre un aspecto inquietante, dentro de la tectónica regional.

Hay autores que consideran que la falla anteriormente mencionada es un límite de la placa Caribe, la que involucra, por tanto las Antillas.

Lo antes mencionado hace más complejo el proceso tectónico del sector de Guayaquil, sin embargo, de lo cual hasta el momento no se han detectado epicentro de grandes sismos en el golfo de Guayaquil; sismos de pequeña y mediana magnitud han sido registrados en el sector de Pascuales en donde además existe gran cantidad de fallas geológicas, afloramientos de rocas basálticas, de rocas graníticas (granodioríticas), filones mineralizados, en contacto con la formación geológica sedimentaria Cayo.

Como es conocido, la sismicidad de Guayaquil, puede ser variada en cuanto a las respuestas de las ondas sísmicas en función del sector considerado. Por ejemplo en sector del centro de Guayaquil, el lecho rocoso puede estar a más de 100 metros de profundidad, por lo que se tiene una capa de suelos aluviales y estuarinos, que pueden actuar como sedimentos acumulados y depositados en una fuente rocosa.

En cambio, en la parte norte de Guayaquil los terrenos que se encuentran son por lo general afloramientos rocosos de la Formación Cayo SS. Este es el caso particular del área de Presa estudiada donde aflora la Formación Cayo SS. En este caso el comportamiento de las ondas sísmicas es menos incidente que en los depósitos de suelo.

De acuerdo a análisis sísmico realizados en el área de Guayaquil, se determina, que se pueden producir aceleraciones sísmicas horizontales entre 0.08 g y 0.25 g, este último valor se deduce de sismos de alta intensidad que aun no han sido registrados en el sector de Guayaquil.

2.3 Geología de la Cuenca de Drenaje.

En el área estudiada se puede hablar de forma general que se presenta una variación litológica que se resume así: aglomerados, areniscas, limolitas y lutitas con las cuales se observan a lo largo de las quebradas diferentes secuencias, entre ellas, arenisca aglomerada.

La descripción de estos tipos de roca nos indica que son representativos de la Formación Cayo SS cuya edad se la ubica en el Cretáceo Superior y de ambiente deposicional marino profundo.

Se establece que hacia la base de la Formación Cayo SS aumenta el contenido de carbonato y hacia el tope aumenta la cantidad de sílice.

La descripción generalizada del área es de tres Formaciones:

Formación Calentura o basal, constituida por arcillas, tobas y areniscas. Formación Cayo SS constituido por un depósito volcano-sedimentario compuesto principalmente por material piroclástico y la Formación Guayaquil en el techo, siendo un conjunto de arcillas bien silicificadas.

2.4 Geomorfología

Se puede reconocer los siguientes rasgos geomorfológicos: La cordillera Chongón-Colonche, Elevación Medios de Pascuales y Planicies del Guayas.

- La Cordillera Chongón-Colonche.- Esta cordillera de compone de una serie de colinas, cuya elevación media es de unos 400 metros. Con orientación NO-SE. La cresta de la cordillera forma la división de las aguas que fluyen a la cuenca del Guayas y las que desembocan directamente en el Océano Pacífico hacia el Suroeste.

- Las Elevaciones Medias de Pascuales.- Se desarrollan al Noreste del área sin un alineamiento preferencial, donde la altura máxima alcanzada es de 120 m. En el cerro Totoral. En algunos sectores se presentan como pequeños cerros y colinas aislados.
- Planicie del Guayas.- Se caracteriza por tierras de superficies bastantes planas, su altura es de 6 a 8 metros sobre el nivel del mar. En la planicie se encuentran pequeñas elevaciones como las de Samborondón, Pascuales, Masvale, Punta de piedra y otras.

Superficialmente las planicies están cubiertas por suelos predominantemente arcillosos y limo arcillosos, con un sistema de drenaje fluvial constituido por un sinnúmero de esteros que se unen y se ramifican entre sí. Estas características son típicas de una planicie de inundación. (6)

2.5 Formaciones geológicas

Se describen 3 formaciones, que años atrás se consideraban miembros de una sola formación, las cuales son:

- Formación Calentura.- (Cenomaniano-Turoniano) consiste en lutitas con materia orgánica color negra, que afloran en la zona de Pascuales, Peñón del Río y tienen una potencia de unos 500 m. de espesor.
- Formación Cayo SS.- (Coniaciano-Campaniano) Consiste en lutitas tobáceas, síliceas, aglomerado, areniscas

glomeráticas, etc. En capas delgadas a masivas de 0.05 m. a 3 m. de espesor, respectivamente. Esta formación tiene un espesor de 2000 m.

- Formación Guayaquil.- (Maastrichtiano)_Constituye el tope de las formaciones estudiadas. Son lutitas silicificadas conocidas como chert. Tiene afloramientos importantes en los cerros Santa Ana, el Carmen, Cerro Blanco. El espesor promedio de esta formación se estima en unos 500 m.⁽⁹⁾

Las formaciones antes descritas descansan sobre la Formación Piñón, y pertenece a la época Mesozoica del período Cretáceo, edad del Senomaniense, hasta el Maastrichtiano, es decir de 70 a 83 millones de años.

Sobre los estratos rocosos se tienen superficialmente los siguientes tipos de depósitos de suelo:

- Suelos Aluviales.- se trata de material constituido por lodos y limos, depositados por ríos, que cubren buena parte de la zona de estudio.
- Suelos coluviales.- constituye el material, producto de la desintegración de las rocas, que gracias a la gravedad, se deposita al pie de las elevaciones rocosas.⁽⁸⁾
- Suelos estuarinos.- son el producto de la depositación de suelos muy finos que regresan desde el Golfo con las mareas.

2.6 Estratigrafía

De acuerdo a la edad de las formaciones geológicas descritas en el numeral anterior, la secuencia estratigráfica, es en condiciones normales de depositación, es decir sin la presencia de fallas, la siguiente:

La base estratigráfica esta constituida por la formación calentura, en donde prevalecen estratos de grano fino, como lo son las lutitas, de depositación en lagos profundos y esta descansa sobre la formación Piñón.

Sobre la secuencia de estratos Calentura se tiene la formación Cayo SS, en donde prevalece estratos de grado mediano y grueso, tal es el caso de las limolitas, areniscas, microconglomerados, micro brechas, hasta aglomerados volcánicos, producto de la geodinámica en cuencas hidrográficas y lagos someros del pasado geológico.

La transición entre la Formación Cayo S.S. a la Formación Guayaquil es a veces poco perceptible ya que aparecen areniscas algo silicificadas y lutitas que tienen diferentes grados de silicificación, en ciertos niveles se tienen especialmente lutitas silicificadas (chert), lo que caracteriza esta Formación.

La secuencia estratigráfica antes señalada que involucra las Formaciones geológicas Calentura, Cayo SS y Guayaquil Chert, forman parte del denominado Grupo Chongón. (1)

2.7 Estructuras Geológicas

A nivel regional se tienen las siguientes estructuras:

- Cuenca Progreso.- fue probablemente abierta durante el término de Eoceno y el comienzo del Oligoceno.

Esta Cuenca ha sido sumergida entre las formaciones antiguas del terciario y rellenada posteriormente por sedimentos micénicos. Hacia sus bordes afloran formaciones cada vez más antiguas, separadas entre sí por fallas escalonadas por el hundimiento ruptural de la cuenca.

Las estructuras dentro de la Cuenca Progreso son generalmente paralelas al eje de la cuenca (Noroeste; Sureste).

- Falla la Cruz.- es una falla normal de gran ángulo movida hacia abajo al Este. Su máximo desplazamiento es estimado en 2100 m. El bloque y el patrón de fallas actuales asociado con la falla principal, es atribuida a los esfuerzos establecidos por el incremento de carga deposicional del último periodo del terciario que renovaron movimientos a lo largo de planos de fallas establecidas anteriormente.
- Cuenca del Rio Guayas.- El relieve de la cuenca es variado. En la zona septentrional la topografía del terreno está caracterizada por una ondulación marcada, a veces

severamente disectada. El relieve en la zona meridional es más suave y uniforme.

En la Cuenca del Guayas los materiales más gruesos tienden a concentrarse en la vecindad de las montañas que la rodean, mientras la arena fina y los limos se recolectan en la parte central de la llanura de inundación. (6)

III. GEOLOGÍA DEL SITIO DE PRESA, ALIVIADERO Y VASO

3.1 Determinación de las formaciones geológicas

En el área de Presa que incluye emplazamiento de la Presa, aliviadero y vaso, aflora exclusivamente, la Formación Cayo SS, que presenta variaciones litológicas significativas, que se describen así:

Secuencia de estratos de limolita cuyos espesores o potencia varia de 0.5 a 1.5 metros de espesor. Estratos bien definidos de lutitas algo silicificadas, cuyo espesor varia de 0.10 a 0.20 metros. Intercalaciones de estratos de limolitas y lutitas, presentes en diferentes sitios.

Bloques de roca y cuerpos masivos de areniscas gruesas depositados en medio de estratificaciones de lutitas y limolitas.

3.2 Estratigrafía

En el sitio de Presa existen los siguientes tipos de materiales: suelos residuales, coluviales, aluviales, y estratos rocosos de la Formación Cayo SS.

Los suelos residuales son aquellos presentes en las primeras capas del macizo rocoso natural, son principalmente arcillas plásticas y suelos limo arcillosos, presentes hasta aproximadamente 80 cm. de profundidad. Bajo estas capas de suelos se tiene las rocas meteorizadas, lutitas, limolitas y también areniscas de grano fino. Esta estratigrafía prevalece

en los dos empotramientos de la Presa, detectándose que las rocas meteorizadas pueden llegar a tener hasta 2 m de espesor. En la parte central de la presa, que es parte de su cimentación, se encuentran suelos aluviales y también suelos coluviales, son en su mayoría arcillas limosas de mediana a alta plasticidad. El lecho rocoso aparece entre 2 y 3 m de profundidad, cuya litología es similar a la anteriormente descrita.

La característica geotécnica mas importante en el sitio de Presa constituye la estratificación cuyo rumbo es aproximadamente en la dirección del eje de Presa y el buzamiento es en sentido contrario a la dirección del flujo en las quebradas. Otro aspecto de gran importancia constituye la presencia de tres fracturas tectónicas transversales al eje de la Presa, que tienen buzamientos casi verticales. Estas fracturas pueden tener hasta 1 mm. de espesor y no tiene relleno.

3.3 Estructuras geológicas

La Formación Cayo S.S. presente en el sitio de Presa, al igual que en todo el sector se dispone en un monoclinial, dirigido al suroeste con una inclinación que varía entre 15 y 17 grados. Esta estructura de estratificación puede variar por su litología y por la presencia de las fracturas tectónicas, cuyo registro detallado se hace constar en el capítulo 5. Ver figura 1.



Figura 1.- Monoclinial de Buzamiento 16 grados al SO

3.4 Geología en los sitios de préstamos y canteras

Debido a que los sitios de préstamos y canteras se encuentran principalmente en el área de vaso, la formación geológica presente e inclusive las variaciones litológicas son las mismas que las ya descritas debiéndose hacer algunas precisiones:

Los suelos que se encuentran en forma natural en las quebradas principales, son principalmente de tipo coluvial ya que son depósitos que se han formado como producto de la erosión y en ciertos casos de pequeños deslizamientos ocurridos en las partes altas de las laderas. En este sector se encontraron los préstamos de arcillas para construir el núcleo impermeable de la Presa, (material A). Ver figura 2.



Figura 2.- Depósitos de suelos arcillosos en el valle de los esteros del vaso.

Otros Préstamos de Arcilla fueron determinados en el sector del CENAE, en donde el origen de dichos suelos lleva a concretar que se trata de depósitos de suelos residuales, erosionados en las partes más altas del cerro.

El material B que es de suelo Limo-arenoso, ligeramente arcilloso, es el que se obtiene de las areniscas y limolitas meteorizadas, las cuales se encuentran a pocas decenas de metros aguas arriba del eje de Presa y también a una corta distancia aguas abajo del mismo eje. Ver figura 3.



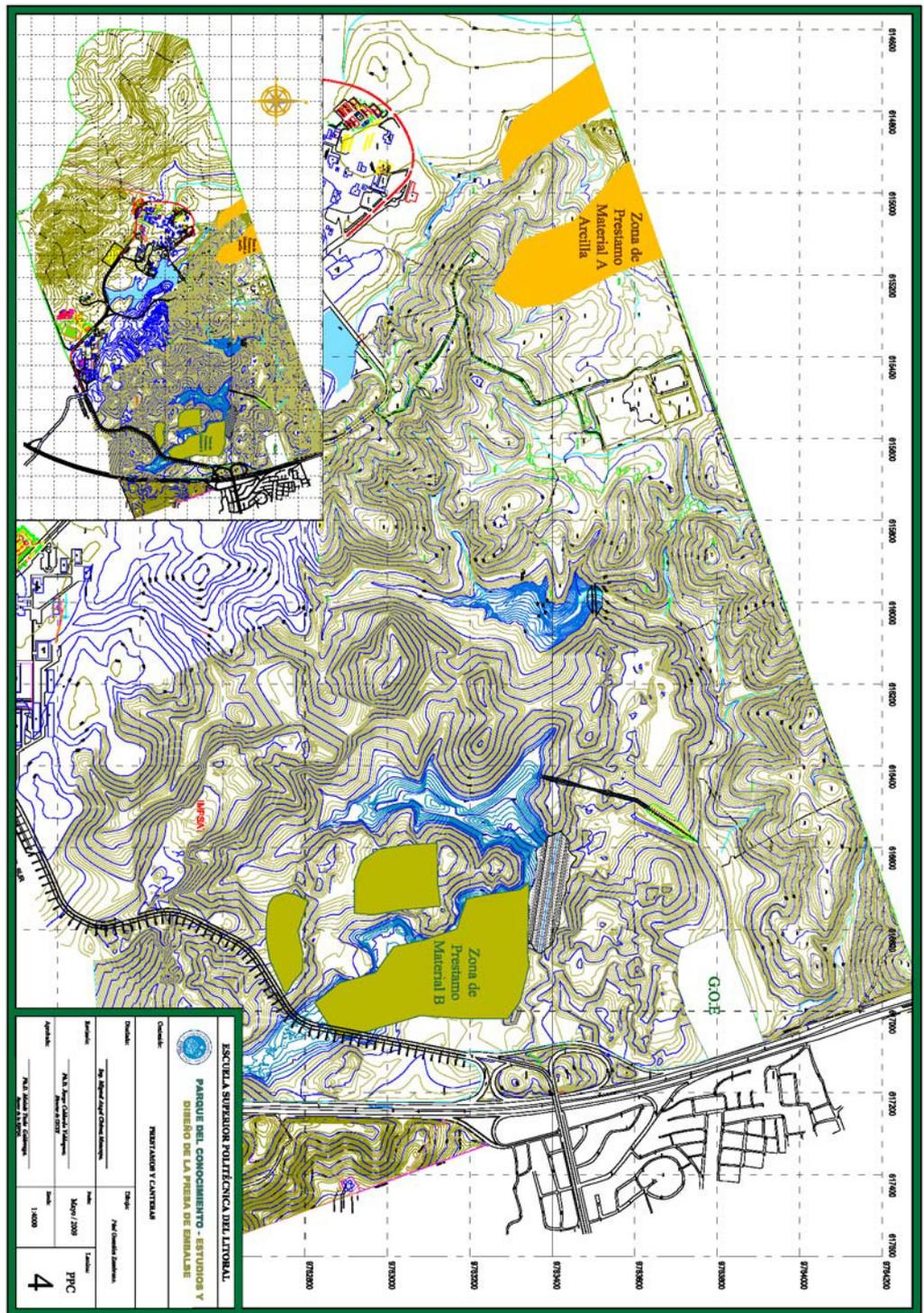
Figura 3.- Litología de areniscas y limolitas meteorizadas donde se encuentra el material B.

Debido al comportamiento mecánico que tienen las rocas de la Formación Cayo S.S. ciertas rocas como las lutitas y areniscas algo silicificadas, no sirven como material B ,ya que al ser escavadas los residuos que quedan son aun fragmentos de rocas que no pueden ser fácilmente compactados y que en todo caso son diferentes al material tipo B.

La ubicación de los prestamos de material A y material B se muestran en el Mapa 2 en donde además se señalan las áreas de canteras, que constituyen las litologías de arenisca masiva y micro conglomerados poco meteorizados. Se establece además que los estratos finos que corresponden a lutitas y limolitas no sirven para la obtención de bloques de roca para enrocado. Ver figura 4.



Figura 4.- Areniscas y Micro conglomerado poco meteorizado, donde se puedan obtener material de enrocado.



Mapa 2.- Zonas de préstamos de los materiales A y B.

IV. ANÁLISIS HIDROGEOLÓGICO

4.1. Condiciones del Subsuelo

Tal como queda señalado en todo el sector de Presa se encuentra en la Formación Geológica Cayo S.S., que presenta algunas variaciones litológicas, sin embargo mantiene las mismas condiciones de estratificación.

Entre el eje de Presa y la cola del vaso se tienen las siguientes variaciones litológicas:

En el sitio de Presa hay una secuencia de estratos de lutitas, areniscas y limolitas ligeramente meteorizadas en estratos de espesor máximo de 20 cm. esta condición se mantiene en toda la cimentación de la Presa hasta unos 50 m. aguas arriba, en donde aparecen las areniscas que tienen estratos de más de un metro de espesor, la potencia de estos estratos es de aproximadamente 60 m.

Siguiendo aguas arriba se presenta una nueva secuencia de estratos de una estratigrafía similar a la ya descrita en la cimentación, pero que tiene un espesor de aproximadamente 200 m. En la parte que corresponde al centro del vaso y la cola aparece otra vez la secuencia de arenisca de grano grueso, micro conglomerados potentes que constituyen la característica principal de la formación Cayo S.S.

El rumbo y buzamiento general tiene un promedio de $S71^{\circ}E/16^{\circ}SO$, de toda la secuencia litológica antes descritas.

Las facturas tectónicas que se repiten con la misma orientación, tienen aproximadamente los siguientes rumbos y buzamientos: $N40^{\circ}E/83NO$; $S48^{\circ}E/84SO$; $N69^{\circ}O/73NE$.

Lo antes descrito determina que existen condiciones parciales de capacidad de reservorio subterráneo, teniendo en cuenta que las rocas sedimentarias de mayor tamaño de grano como lo son los micro conglomerados y las areniscas de grano grueso son los materiales que por su porosidad efectiva tienen la mayor capacidad de almacenamiento.

Las lutitas prácticamente no tienen condiciones de almacenamiento ya que sus granos son muy finos y forman capas impermeables.

4.2. Aportes de agua superficial y subterránea

La recarga en el medio geológico antes descrito puede ser cuantificada en primer término en función de la cuenca de drenaje que es de 100 ha. En el caso particular de la Presa estudiada, teniendo en cuenta el buzamiento de los estratos la recarga se produce principalmente debido a la inclinación de los estratos, en toda el área de Presa.

Todos los frentes que han sido escavados y donde la roca está expuesta constituyen áreas de infiltración cuando ocurran las lluvias. Bajo este concepto se tendría que las mayores concentraciones de aguas subterráneas se van a tener en el vaso de la Presa.

Lo antes descrito determina indudablemente una condición favorable para el volumen total de agua embalsada y subterránea en el vaso.

También se puede establecer que el flujo subterráneo en el sentido de la dirección del estero principal (dirección aguas debajo de la Presa) no está favorecido. Se ha llegado a esta conclusión porque se han observado empozamientos en la parte central del vaso sin que esa agua se infiltre. Ver figura 5.



Figura 5.- Estanqueidad en la zona del vaso.

4. 3 Modelo hidrogeológico aproximado

Debido a la forma de la recarga, la estratificación generará acumulaciones de agua subterránea, que podría constituir un acuífero confinado por estratificación, especialmente en las capas de arenisca, por el grado de porosidad y permeabilidad que posibilitarán las infiltraciones.

La presencia de las tres familias de fracturas antes anotadas, cuyo rumbo es transversal al eje de Presa que tiene una orientación aproximada E-W, constituyen elementos que cambian las condiciones hidrogeológicas aplicadas al diseño de la cimentación de dicha obra. Ver figura 6.



Figura 6.- Familias de fracturas presentes en el sitio de Presa.

Tanto la cimentación como los empotramientos de Presa, permitirían infiltraciones más aun si va a existir condiciones de carga de agua. De allí se deduce que adopten soluciones técnicas que permitan controlar dichas filtraciones.

En el vaso y sitio de Presa, incluyendo empotramientos, las filtraciones, serían mínimas o poco significativas a nivel de la cimentación rocosa, lo que constituye una condición muy favorable para lograr un cierre de Presa.

V. PROSPECCION Y GEOTÉCNICA DE CAMPO

5.1. Excavación de calicatas y descripción

Se realizaron 38 calicatas, en los afloramientos dejados como producto de las excavaciones, en los cuales se procedió a realizar limpiezas para una mejor visualización de los estratos rocosos a estudiar. De esta manera se pudieron hacer observaciones de varios cambios litológicos que presenta la formación Cayo SS, así como también las capas de suelos y de rocas bien meteorizadas.

5.2. Muestreo

Durante la prospección geotécnica de campo se efectuó el muestreo representativo tanto de suelos como de las rocas, en el sitio de Presa, Vertedor y Vaso. En cuanto a los materiales destinados a la construcción de espaldones y los requeridos para el núcleo de la Presa, fueron muestreados en las áreas de préstamos y canteras ubicadas mediante el mapeo geológico.

Se tomaron muestras inalteradas para determinar las propiedades geomecánicas, en tanto que se obtuvieron muestras alteradas integrales en los préstamos, para determinar los parámetros del terraplén compactado del cuerpo de la Presa. Ver figura 7.



Figura 7.- toma de muestras de suelo arcilloso utilizando tubo chelvy

5.3. Levantamiento de las discontinuidades

En todos los afloramientos disponibles y en los sitios donde las discontinuidades: estratificación y fracturas tectónicas estaban presentes se realizaron medidas de su orientación, utilizando una brújula Brunton, midiendo en todos los casos el rumbo y buzamiento de dichas discontinuidades. Toda esta información fue utilizada para ser graficada en la red estereográfica.

Los datos obtenidos fueron los siguientes en cuanto a estratificación:

TABLA #1 -ESTRATOS					
ESTACION	ESPESOR (mm)	RUMBO	BUZAMIENTO	COORD. X	COORD. Y
30	500	N 79 O	17 SO	616798	9762369
31	600	S 61 E	21 SO	616624	9762572
32	550	S 80 E	17 SO	616704	9763292
33	1000	N 75 O	13 SO	616278	9763527
34	1200	S 65 E	16 SO	616897	9763406
35	400	N 65 O	13 SO	616749	9763545

El promedio de orientación es: rumbo $S71^{\circ}E$ y buzamiento de $16^{\circ}SO$.

Teniendo en cuenta la nomenclatura de dirección de buzamiento de los estratos es de 199/16.

Familias de Fracturas.

De acuerdo a las numerosas mediciones realizadas se establece que existen tres tipos de familias de fracturas principales, lo que se observa en el siguiente cuadro:

TABLA #2 -FRACTURAS						
ESTACIO N	ESPACIAMIENTO (m)	ESPEJOR (mm)	RUMB O	BUZAMINET O	COORD. X	COORD. Y
1	0,93	12	N 65 O	90	616772	9763062
2	0,4	12	S 34 O	90	616772	9763062
3	0,4	15	S 45 O	90	616719	9763056
4	0,9	5	S 53 E	90	616789	9762368
5	0,9	2	N 50 E	65 N	616736	9763450
6	1,2	2	N 44 E	84 NO	616798	9762369
7	1,5	6	N 35E	81 NO	616486	9763117
8	2	7	N 40 E	73 NO	616798	9762369
9	0,6	8	S34 O	90	616663	9763479
10	0,7	2	N 62 O	70 NE	616611	9763531
11	0,7	11	N 60 O	79 NE	616798	9762369
12	0,4	15	S 30 O	90	616767	9762374
13	2	6	S 58 O	90	616798	9762369
14	1	3	S 65 E	70 NE	616663	9763479
15	1,2	2	S 67 E	71 NE	616674	9763525
16	1,5	14	S 55 E	86 SO	616606	9762757
17	1,1	5	S 69 E	80 SO	616736	9763450
18	0,7	5	N 50 O	79SO	616798	9762369
19	0,9	4	N 75 O	80 NE	616391	9762366
20	0,8	6	S 35 O	85 NO	616486	9762614
21	0,8	9	S 72 E	72 NE	616192	9763068
22	0,6	4	S 35 E	85SO	617124	9763003
23	0,9	12	N 77 O	76 NE	616834	9763546
24	0,7	10	N 38 E	75 NO	617052	9762350
25	0,9	10	S 45 E	84 SO	616371	9763504
26	1,2	13	N 80 O	75 NE	616485	9763406
27	1	2	N 65 O	70 NE	616865	9763344
28	1,5	2	S 30 E	85 SO	616262	9763427

Las tres familias de fracturas encontradas son en valores promediales los siguientes:

F1: $N40^{\circ} E/83NO$; F2: $S48^{\circ} E/84SO$; F3: $N69^{\circ} O/73NE$

Teniendo en cuenta que la orientación del eje de Presa es en promedio es de 101 grados azimut, es decir $N79^{\circ}O$, las tres familias de fractura son transversales al eje de Presa, lo que se demuestra objetivamente en el gráfico de promedio de fracturas. Ver figura 8.

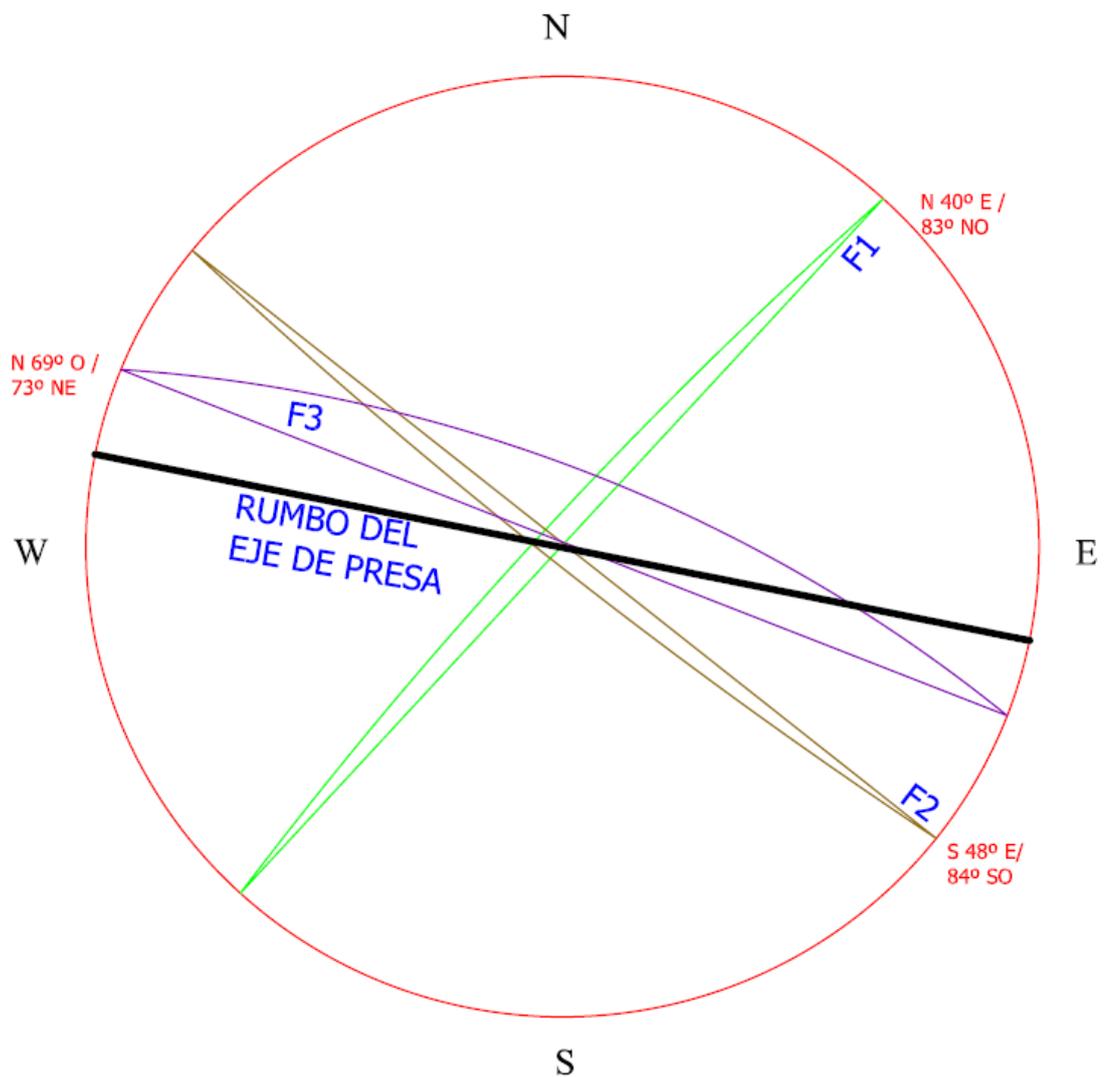


Figura 8.- Representación en la red estereográfica de los promedios de las tres familias de fracturas y el eje de Presa.

Observando la ubicación espacial de las fracturas que atraviesan el eje de Presa se determina que las mas críticas son las familias de fracturas F1 Y F3, ya que su buzamiento está dirigido al norte, es decir aguas debajo de la Presa, es importante destacar que las fracturas F2 por su disposición corta las fracturas F1 y F3, por lo que es factible, que el agua fluya debido a la presión de la carga hídrica del embalse. La fractura F2 tiene una especial connotación ya que corta las otras dos fracturas y al excavar taludes se produce la caída de bloques.

También se puede visualizar las características de las fracturas, graficándolas por sus polos. Ver figura 9.

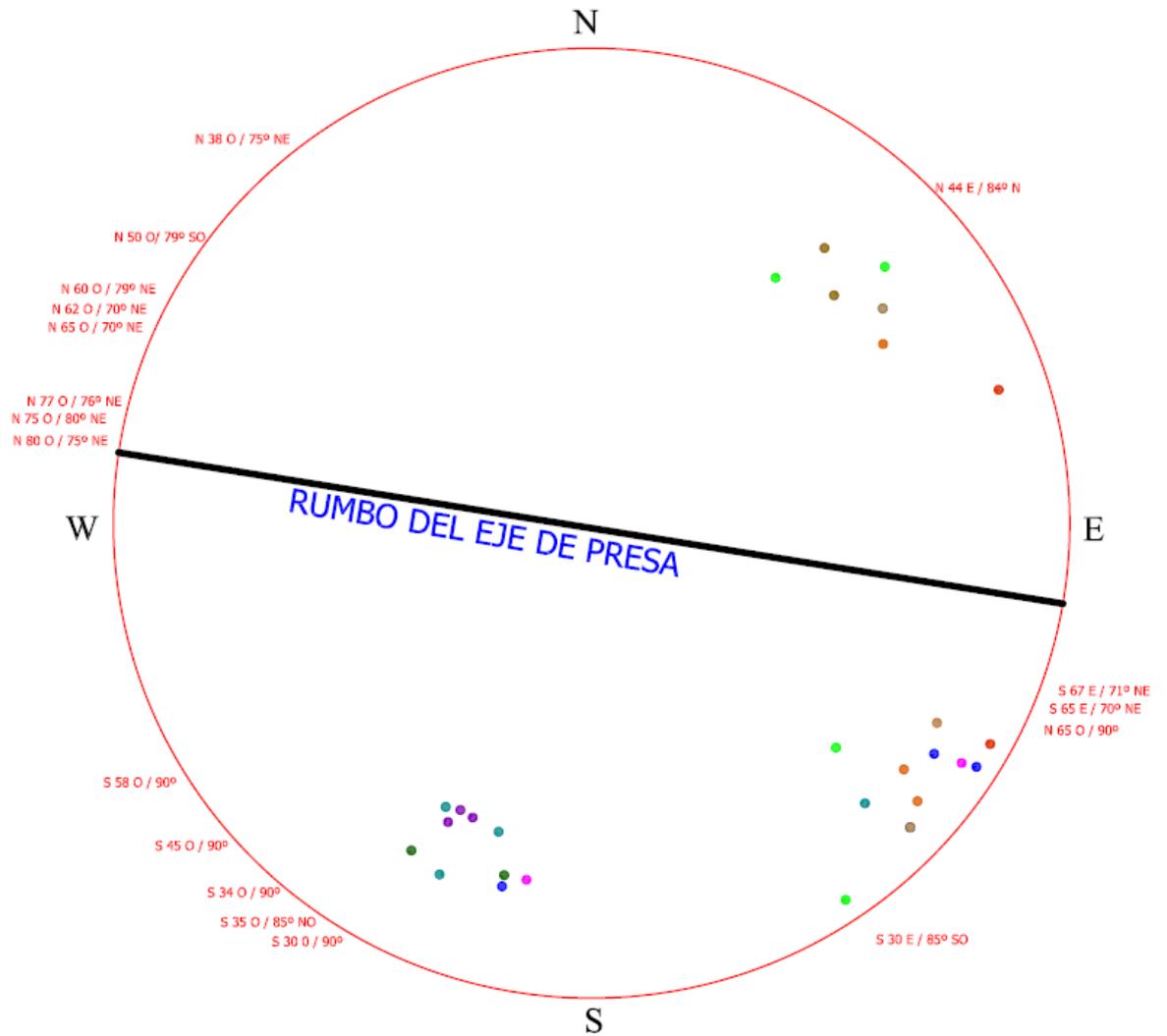
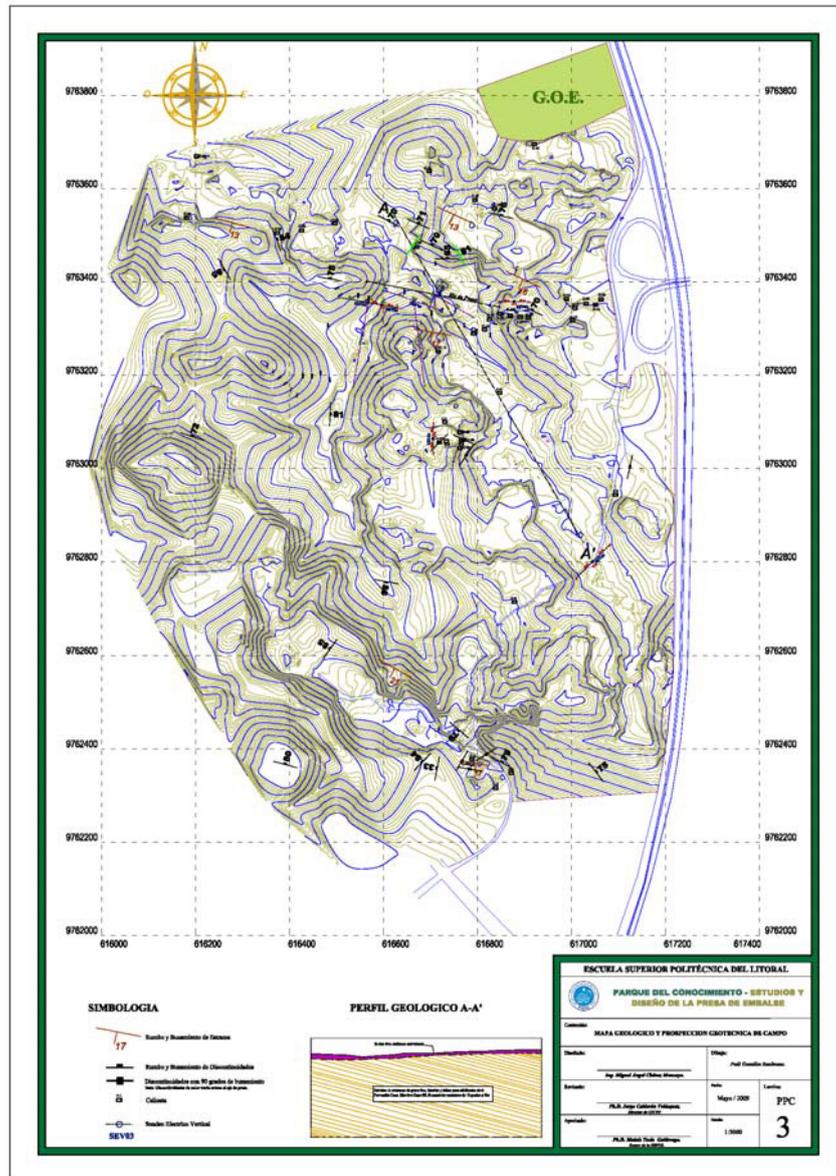


Figura 9.- Se muestra en el plano horizontal mayor de la esfera la densidad de polos que corresponde a las familias de fractura $N40^{\circ}E/83^{\circ}NO$; $S48^{\circ}E/84^{\circ}SO$; $N69^{\circ}O/73^{\circ}NE$.



Mapa 3.- Levantamiento de Discontinuidades y Prospección Geotécnica.

5.4. Ensayos in situ y de Laboratorio

En la presente investigación no se presentaron perforaciones, debido a la existencia de gran cantidad de afloramientos y de cortes de roca, debido a la extracción pétre.

Sin embargo se hicieron observaciones directas en huecos de roca que se llenaban con aguas lluvias y que permanecían con sus niveles constantes durante varios días, aun cuando ya no ocurrían lluvias. Esta observación permite determinar que pese a las fracturas existentes, cuando no hay una carga importante de agua no ocurre la infiltración, por lo que se puede deducir que si se construye un cuerpo impermeable de Presa y si la cimentación es debidamente tratada, el reservorio o vaso es estanco.

Otro análisis que ha sido considerado como ensayo in situ es el que se realizó en los estudios y diseños de la Presa 1 en donde se efectuaron análisis de hidráulica de roca, determinándose que con el efecto de la carga del nivel de embalse, podrían ocurrir filtraciones debajo de la cimentación de la Presa. Esta pérdida del agua del embalse se constata en la actualidad en la Presa 1, por cuanto no se efectuó un tratamiento de impermeabilización de la cimentación de dicha Presa.

De acuerdo al los cálculos realizados por el diseñador se estarían infiltrando uno 4 litros por segundo, a través de esas fracturas. (12)

Los ensayos de laboratorio realizados para el proyecto fueron orientados a determinar la calidad de los materiales. Para la obtención de los parámetros geotécnicos de suelos y rocas se realizaron ensayos de caracterización física, determinando así las propiedades índice y también ensayos de caracterización

mecánica que fueron realizados en un Laboratorio de la ciudad de Guayaquil.

Los ensayos efectuados fueron los siguientes:

- ❖ Análisis Granulométrico,
- ❖ Pasante el Tamiz N° 200,
- ❖ Contenido de Humedad,
- ❖ Límites de Atterberg,
- ❖ Densidad Seca Máxima (Proctor),
- ❖ Compresión Simple,
- ❖ Corte Directo,
- ❖ Compresión Triaxial con deformación controlada.

Análisis Granulométrico.- Este ensayo consiste en separar los granos que componen una muestra de acuerdo a su tamaño, y así clasificar suelos gruesos de los finos (Tamiz N° 4) y también determinar si se cumple con especificaciones técnicas.

Pasante el Tamiz N° 200.- Este ensayo se lo emplea para separar los finos y posteriormente ser analizados por métodos como “Sifoneado” para determinar el porcentaje de arcillas y limos que posee la muestra.

Contenido de Humedad.- Es un ensayo realizado para determinar la cantidad de agua que posee una muestra, se lo

emplea en ensayos como límites de Atterberg y ensayos de compactación (Proctor).

Límites de Atterberg.- Entre los límites tenemos: Límite Líquido (WL), Límite Plástico (WP), Índice de Plasticidad (IP).

Límite Plástico es el menor contenido de agua de un suelo para que pase de un estado semisólido a un estado plástico.

Límite Líquido es el contenido de humedad del suelo para que pase de un estado plástico a un estado líquido.

Índice de plasticidad se define como la diferencia que existe entre el límite líquido y el límite plástico, en otras palabras es el rango en el cual el suelo o la muestra permanecen en un estado plástico.

Densidad Seca Máxima (Proctor).- Es un ensayo de compactación que tiene como objetivo la determinación de la densidad del material más alta que puede lograr alcanzar por medios mecánicos variando el contenido de agua (Humedad). Al referirse a su máxima densidad, se refiere al estado en el cual el material presenta su máxima resistencia y su menor capacidad de deformación, debido que al encontrarse más compactado el material, los espacios vacíos disminuyen.

Compresión Simple.- Este ensayo consiste en aplicar un carga axial al espécimen o testigo (Muestras de material en forma de cilindro de dimensiones normadas), hasta llegar al colapso, este ensayo determina la resistencia última del material.

Corte Directo.- Es un ensayo que determina los parámetros de Cohesión (C) y Ángulo de Fricción de los materiales (ϕ), consiste en la aplicación de una carga de cortante y una carga normal de confinamiento al testigo, la carga normal se mantiene constante, y se registran con la deformaciones que ocurren. Para suelos cohesivos es necesario un mínimo de 3 pruebas con diferentes cargas verticales, para cada carga normal hay un punto máximo que es donde falla el suelo, (se produce la máxima carga de corte).

Compresión Triaxial con deformación controlada.- Este ensayo fue usado para determinar características esfuerzo deformación y resistencia de los suelos, son pruebas en que actúan presiones en tres direcciones sobre la muestra cilíndrica. Los parámetros obtenidos son: Cohesión (C) y Ángulo de Fricción (ϕ).⁽⁴⁾

En los estudios de diseño de la Presa PARCON⁽¹¹⁾ instan en forma detallada el reporte de los ensayos realizados. Para la presente tesis se presenta un cuadro resumido de los parámetros obtenidos en los ensayos geotécnicos mencionados en la siguiente página.

Propiedades Físico Mecánicas de los Suelos y Rocas en el Área de Presa

Propiedades Físicas

Material Tipo	Muestra N°	Descripción del Lugar	Clasificación SUCS		IP%	Densidad (kg/m ³)	Resistencia a la Compresión Simple (Kg/cm ²)	Angulo de Fricción Interno φ (°)	Cohesión (Kg/cm ²)	Esfuerzos expansivos	Permeabilidad K (cm/seg)
Material B Cuerpo de la Presa	1	Terraza para construcción de PARCON (Aguas Arriba)	SP	Arena mal Graduada	NP	1592	...	21,8	0,2	...	1,30x10 ⁻³
	2	Embalse Aguas Abajo (Puente)	GP	Grava mal Graduada	NP	1655	...	...	...	...
	3	Estribo Derecho	GP	Grava mal Graduada	NP	1612	...	27	1,1	...	
	4	Estribo Izquierdo (Superficial)	CH	Arcilla de alta Plasticidad	26,41	1382	...	...	...	...
	5	Terraza para construcción de PARCON (Aguas Abajo)	GP	Grava mal Graduada	NP	1492	...	...	...	...
	6	Parte de Atrás del Estribo Derecho	SM	Arena Limosa	NP	1685	...	...	...	...
Material A Nucleo Arcilla	2	Material del CENAE	CH	Arcilla de alta Plasticidad	57,55	...	0,974	3	0,45	...	1,50x10 ⁻⁸
	3	Material del CENAE	CH	Arcilla de alta Plasticidad	57,51	...	1,748	11,3	0,3	...	
	4	Emblase Cerca del Eje de Presa	CH	Arcilla de alta Plasticidad	50,36	...	1,371	16,7	0,3	...	
	Ensayo Realizado		Granulometría/ Límites de Aterberg/Pasante el Tamiz N°200		Límites de Aterberg	Proctor	Resistencia a la Compresión Simple (qu)	Corre Directo / Triaxial			

5.5. Sondajes Geofísicos

Este trabajo se realizó para determinar en forma aproximada en los sitios factible a ejecutarse, las capas de suelos y la presencia de roca.

Se efectuaron un total de 6 sondajes geofísicos empleando el método de resistividad aparente y dos tipos de dispositivos de sondajes denominados Schlumberger y half Schlumberger, el segundo dispositivo, se realizo para estudiar los espesores de suelos a partir de barrancos. El primer dispositivo se emplea para el caso en el cual se podían desplazar los electrodos a ambos lados del centro de sondaje.

Para obtener las mejores correlaciones entre los registros geofísicos y los diferentes tipos de estratos, se partió de observaciones directa de los afloramientos disponibles en varios cortes existentes en el sitio de Presa. Ver figura 10.

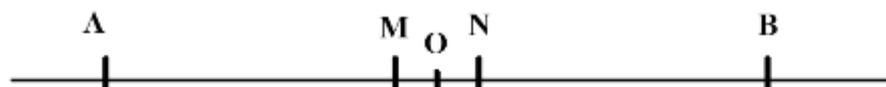


Figura 10.- Dispositivo Schlumberger.

Es importante recalcar que para lograr buenos sondajes, se busco remplazar los electrodos prácticamente en un mismo nivel de tal manera que no exista incidencia de las pendientes topográficas en la interpretación de los registros de resistividades.

Los 6 sondajes realizados tuvieron profundidades de investigación variables entre 20 y 50 metros, los resultados de la prospección geofísica permitieron, junto con la prospección mecánica, realizar los perfiles geotécnicos en el sitio de Presa. Ver figura 11.



Figura 11.- Trabajo geofísicos de campo S.E.V.

Los registros de campo, ubicación de los sondeos, la interpretación de los sondajes se presentan en los Anexos de Geofísica.

VI. ANÁLISIS GEOTECNICO

6.1. Cimentación y empotramientos de la Presa

Partiendo de los planos topográficos de los estudios y diseños efectuados en el año 2002¹ y de las visitas de campo, se constataron notables cambios en el terreno, los que se resumen así:

Desaparición de los empotramientos derechos e izquierdos del primer proyecto de Presa, se habían eliminado las capas de suelo arcilloso, extraídos grandes volúmenes de roca, ya que ese sector se transformó en un frente de cantera múltiple. El cauce natural o estero que pasa por aquel lugar, fue rellenado con todos los escombros de la explotación en espesores que variaban de 2 a 7 metros.

El empotramiento derecho ha sido afectado por excavaciones de cantera y al mismo tiempo por la acumulación de materiales de desalojo provenientes de las excavaciones del túnel de Cerro Blanco. También se encontraron grandes montones de basura.

El mapeo geológico incluyó toda el área existente entre el lindero sur de la ESPOL y las instalaciones del GOE. El recorrido se realizó teniendo en cuenta el área que inicialmente fue

¹ En el año 2002 el Profesor Ing. Miguel Ángel Chávez Moncayo, presentó a la unidad de Planificación de la ESPOL, los primeros estudios y diseños de la Presa en el Parque de las Ciencias que en la actualidad pasó a designarse como Parque del Conocimiento

elegida como sitio de Presa, el cual se ha transformado en dos grandes frentes de canteras.

En función de las condiciones topográficas aptas para determinar un sitio de Presa se debieron realizar varias observaciones, en concordancia con el equipo de trabajo, dirigido por el Director de la presente Tesis, por lo que los resultados del análisis fueron destinados directamente a los estudios y diseños de la Presa.

Así se seleccionó el sitio de cierre localizado a unos 300 metros aguas arriba del eje que fuera elegido en los estudios del año 2002.

La ubicación de los préstamos también cambió ya que al realizarse la explotación pétrea se eliminaron las capas de arcilla que eran consideradas áreas de préstamos para el núcleo de la Presa, por lo que se debió planificar la búsqueda de nuevos préstamos.

También se constató que los costados del vaso fueron sometidos a procesos de explotación de materiales pétreos, quedando taludes inestables. Debido a esto se planificaron estudios para la estabilización de dichos taludes.

Además de los aspectos antes mencionados ocurrió la eliminación de un alto porcentaje de árboles, arbustos típicos del bosque natural generando condiciones de inestabilidad.

Por las situaciones antes descritas se ocasionaron impactos ambientales bióticos y al medio geológico natural lo que además conlleva afectaciones, a la infraestructura existente aguas abajo del área afectada, tal es el caso de urbanizaciones, especialmente por acusa de la erosión.

6.2. Aliviadero

El aliviadero será construido en el empotramiento izquierdo de la Presa. En un alto porcentaje este canal será construido en roca poco meteorizada. Sin embargo debido a que para llegar al nivel de salida del aliviadero se deben excavar taludes de hasta 10 m de altura, estos cortes pueden hacerse inestables debido a la presencia de las familias de fracturas antes descritas. La estratificación que es aproximadamente transversal al eje del aliviadero, no tiene incidencia en la estabilidad de esos taludes.

6.3. Vaso o Reservorio

Este elemento del proyecto participa de las mismas características geotécnicas que existen en el área de cierre, esta situación garantiza la estanqueidad del reservorio.

Debido a la gran cantidad de excavaciones realizadas para la extracción de materiales pétreos, en el reservorio se encuentran frente de canteras, donde los taludes son casi verticales y en algunos casos existen contra pendientes, por esta razón se prevé condiciones de inestabilidad, sobre todo

cuando el reservorio entre en funcionamiento y los niveles de agua actúen como un elemento desestabilizante.

6.4. Áreas de Canteras y Préstamos

A partir del mapeo geológico se ha determinado se pueden tenerse frentes de canteras en la misma área de Presa, ya que por las excavaciones constatándose frentes de estratificación rocosa de diferentes características de resistencia y que en algunos casos van a requerir del proceso de voladura para producir bloques de roca destinados al diseño de la Presa.

Se considera que existe gran cantidad de materiales que pueden ser explotados en el área de vaso e inclusive aguas abajo del sitio de Presa.

Los préstamos que se recomienda utilizar se encuentran en el sector del CENAE en sitios que son contiguos al área donde se explotó este mismo tipo de material, para construir la Presa 1 en actual funcionamiento. Estos préstamos se encuentran aproximadamente a 1500 metros.

De acuerdo a la característica que tiene el vaso o reservorio también pueden ser explotados los suelos limo-arcillosos aptos para el núcleo de Presa.

CONCLUSIONES

1. En general, los estudios geológicos realizados demuestran que las condiciones geológicas existentes en el área de Presa favorecen un proyecto de Presa de Tierra zonada, tanto para facilitar los diseños, como para su construcción.
2. El sitio de Presa es decir donde se cimentará y apoyará la Presa se tienen una misma formación geológica denominada Cayo S.S, con una litología que cambia entre lutitas, limonitas y areniscas de grano fino.

La estructura de los estratos es la de un monoclinal, que es la misma disposición que se encuentra en toda la zona de Guayaquil, con rumbo $S71^{\circ}E$ y buzamiento promedio de $16^{\circ}SO$. El aspecto que más connotaciones tiene en la cimentación es la presencia de fracturas tectónicas que son transversales al eje de Presa, lo cual determina que se deban dar soluciones especiales para dicha cimentación.

3. Los taludes excavados para construir el aliviadero presentarán condiciones de inestabilidad debido a la presencia de las familias de fracturas y la dirección de los cortes.
4. El vaso o reservorio está favorecido por la disposición estratigráfica que es igual a la antes descrita. Se ha

verificado que pozos de agua se mantienen sin infiltración lo que demuestra las condiciones de estanqueidad.

5. Se tienen préstamos de materiales de construcción arcillas para núcleo, capas muy meteorizadas de limonitas y areniscas para los espaldones y enrocados para los paramentos de la Presa, todos está ubicados en el sitio de cierre y en áreas muy próximas (entre 100 y 300m).
6. Una grave intervención antrópica que en realidad es una afectación sustancial al medio ambiente ha ocurrido por haberse utilizado toda el área de Presa para la extracción indiscriminada de materiales pétreos, afectando al mismo tiempo al sistema de drenaje natural, la estabilidad de las laderas y taludes, además al proceso constructivo ya que se rellenó áreas con materiales totalmente heterogéneos.

RECOMENDACIONES

- Luego de construida la Presa debe procederse al control de proceso erosivo en las áreas excavadas.
- Es necesario que se realice un control y adecuaciones en los esteros y hondonadas naturales.
- Se sugiere también la utilización de los suelos orgánicos para cubrir áreas pedregosas y facilitar el crecimiento de vegetación del lugar (endémica).
- Se considera interesante que se realicen estudios detallados de los cambios litológicos existentes para

realizar un perfil estratigráfico detallado de este sector de Guayaquil. Para esto se cuenta con numerosos afloramientos dentro del campus politécnico y fuera de él (en la vía perimetral).

- Los prestamos de arcilla, realmente suelos limo arcillosos, deben ser explotados en las terrazas bajas, y relativamente planas, existentes en el campus Gustavo Galindo.

BIBLIOGRAFÍA.

- ❖ GEOLOGICAL AND GEOPHYSICAL EVALUATION OF THE PROGRESO BASIN, SOUTHWESTERN ECUADOR, geol. Antenor M. Aleman , Duke Energy- Petroecuador. antenor@swbell.net. (1)
- ❖ GEOLOGÍA DEL ECUADOR; Msc. Eugenio Núñez del Arco.
- ❖ La Celadonita en la formación Guayaquil en la cordillera de Chongón Colonche; Por Ing. Galo Montenegro, Ing. Washington Vilema.
- ❖ Ingeniería Geológica; Prentice Hall; Luis I. Gonzáles de Vallejo.(4)
- ❖ Fundamento de Ingeniería Geotécnica; Thomson Learning; Braja M. Das.
- ❖ Lexique Stratigraphique International, volumen V Amérique Latine, Ecuador 1977.(9)

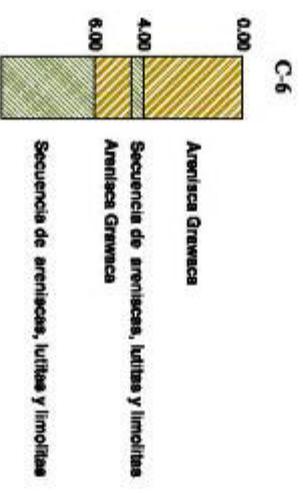
- ❖ Geología para Ingenieros Geotécnicos, J.C. Harvey.(10)
- ❖ Los estudios y diseños para la construcción de la Presa 1 efectuados en el año 1985 por el Docente, Ing. Miguel Ángel Chávez Moncayo. (12)
- ❖ Tesis de Grado:
 - Estudio Geológico del Campus Politécnico-Gustavo Medina Posada-1982.(6)
 - Análisis Físico Estadístico de propiedades Geomecánicas de la formación Cayo-Anatolia Delgado Vargas-1990.(7)
 - Propiedades de los Materiales Rocosos de la Baja Cuenca del Rio Guayas-Carlos Luis Balseca Franco-1982.(8)
 - “Estudios y Diseños de la Presa de Embalse del Parque del Conocimiento – ESPOL” Presentada por: Paúl Efrén González Zambrano, Rodrigo Aníbal Carrión Rodríguez. (11)
 - Estudio Geológico - Geotécnico del Proyecto de Presa “BABA”; Guillermo Toala Urvina.

ANEXOS Y PLANOS.

ANEXOS DE GEOTECNIA

Calicatas

Nº	Coordenadas		Nº	Coordenadas	
	X	Y		X	Y
C-1	616789	9762378	C-20	616671	9763476
C-2	616879	9762714	C-21	616497	9763526
C-3	616839	9762316	C-22	616426	9763511
C-4	616872	9762348	C-23	616375	9763506
C-5	617094	9762944	C-24	616181	9763538
C-6	616766	9763060	C-25	616202	9763670
C-7	616731	9763100	C-26	616772	9763062
C-8	616734	9763059	C-27	616719	9763056
C-9	616847	9763162	C-28	616789	9762368
C-10	617003	9763318	C-29	616763	9763044
C-11	617008	9763344	C-30	616763	9763078
C-12	616990	9763364	C-31	616717	9763251
C-13	616792	9763290	C-32	617063	9763363
C-14	616815	9763298	C-33	617052	9763352
C-15	616698	9763638	C-34	617032	9763353
C-16	616921	9763696	C-35	616848	9763332
C-17	616826	9763320	C-36	616870	9763328
C-18	616837	9763558	C-37	616892	9763325
C-19	616795	9763576	C-38	616908	9763323



Obras:

Diseño de La Presa del "Parque del Conocimiento"

Condens:

Calicatas

Dibujó:

Moisés Loor Sánchez

Revisó:

Ing. Miguel Ángel Calvez Merozo

Fecha:

23/06

Fecha:

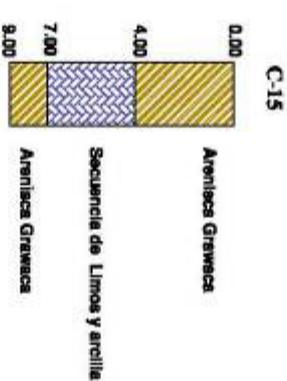
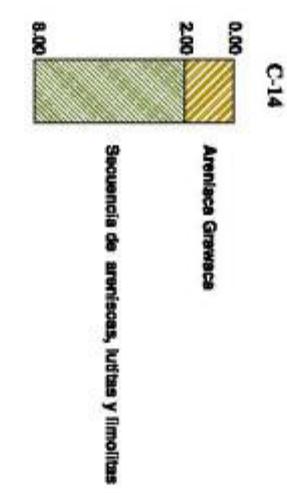
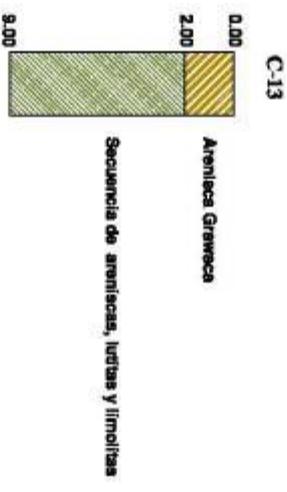
Julio 2009

Laminar:

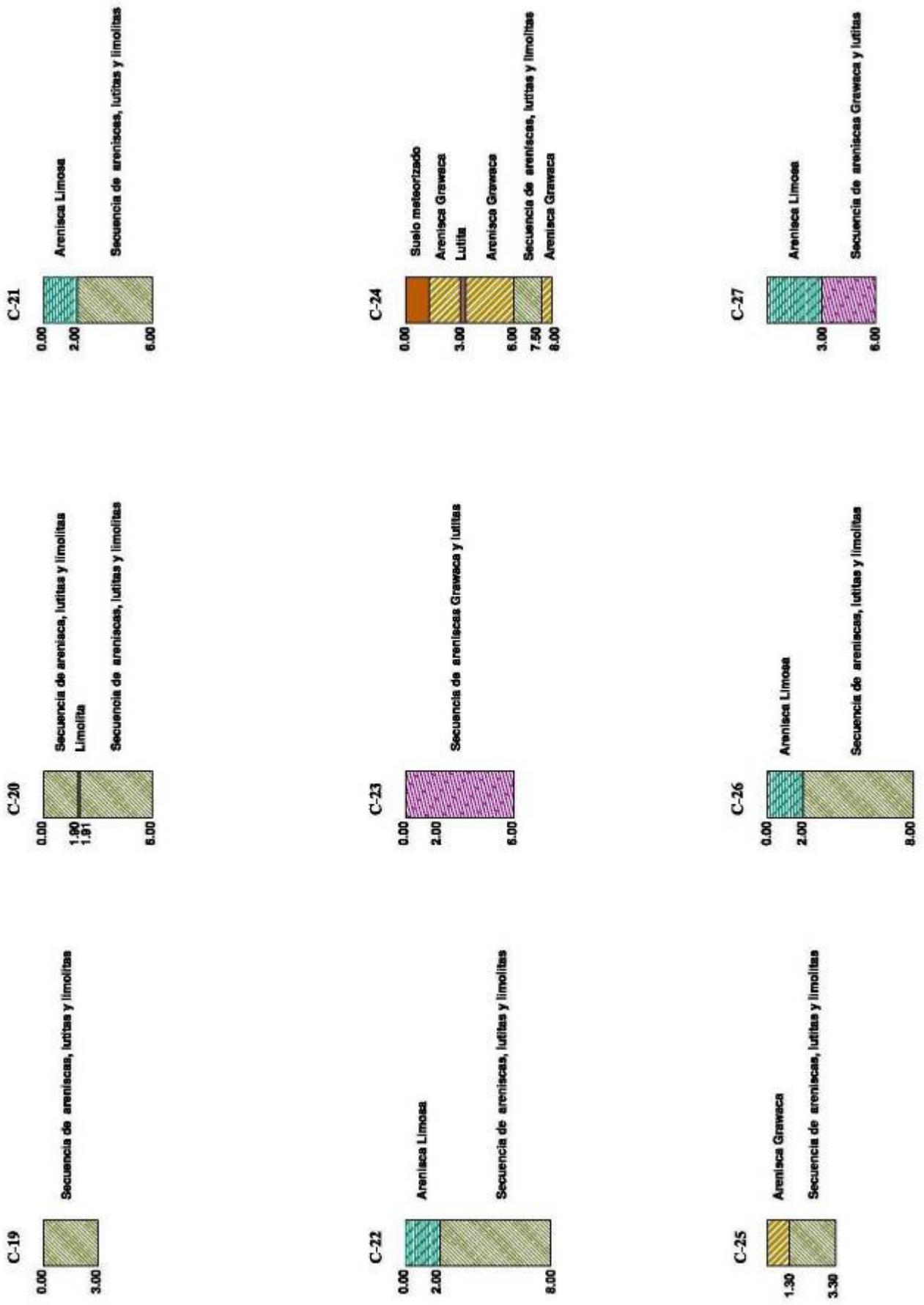
1/5

Revisó:

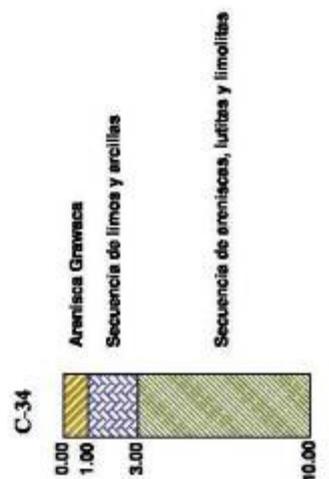
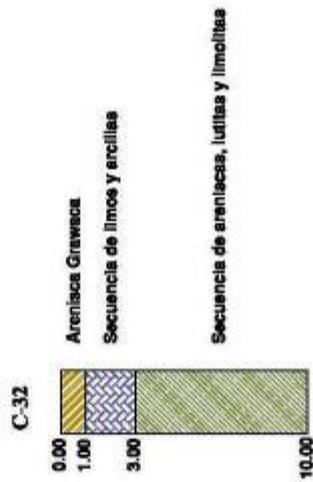
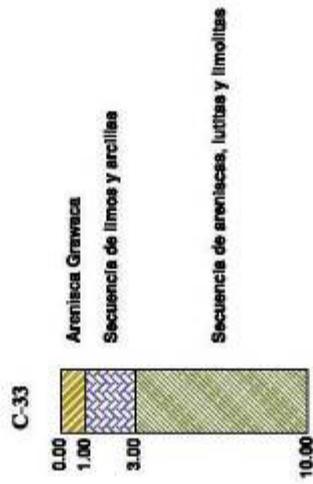
Peel Gonzalez Zambrano



Obras:		Revisión:	
Diseño de La Presa del "Parque del Conocimiento"		Ing. Miguel Ángel Calvez Mecosyo	
Condensación:		Fecha:	
Calicatas		Julio 2009	
Dibujos:		Laminas:	
Pedro González Zambrano		2/5	



Obra: <i>Diseño de La Presa del "Parque del Conocimiento"</i>	Levanto: Moisés Loos Sánchez.		Revisó: Ing. Miguel Ángel Chávez Muncayo	
	Dibujo: Paúl González Zambrano	Escala: 1:5000	Fecha: Julio/2009	Lámina: 3/5
Contiene: <i>Calicatas</i>				



Obes:

Diseño de La Presa del "Parque del Conocimiento"

Contiene:

Calicatas

Levanto:

Moisés Loos Sánchez.

Dibujo:

Paúl González Zambrano

Escala:

1:500

Revisó:

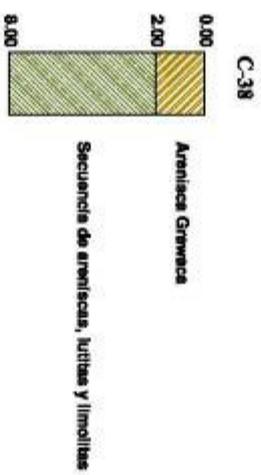
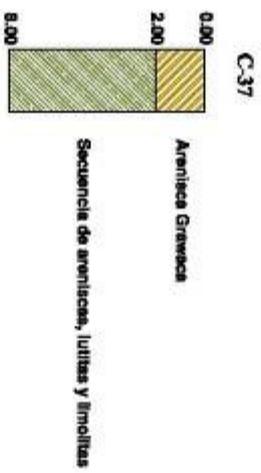
Ing. Miguel Ángel Chávez Moncayo

Fecha:

Julio/2009

Lamina:

4/5



Obra: <i>Diseño de La Presa del "Parque del Conocimiento"</i>		Termino: <i>Modelo Leon Sanchez</i>		Revisor: <i>Ing. Miguel Angel Chavez Monroyo</i>	
Condensado: <i>Calicatas</i>		Diseñador: <i>Pedro Gonzalez Zambrano</i>	Fecha: <i>7/3/09</i>	Fecha: <i>Julio 2009</i>	Pagina: <i>5/5</i>

ANEXOS DE GEOFÍSICA

Sondeos Eléctricos Verticales

S.E.V	Coord. X	Coord. Y	Cotas
SEV-01 (13 Capas)	617045	9762800	36 m.
SEV-02 (9 Capas)	616706	9763064	57 m.
SEV-03 (13 Capas)	616878	9763358	47 m.
SEV-05 (14 Capas)	616567	9763356	33 m.
SEV-06 (13 Capas)	616665	9763359	34 m.
SEV-07 (14 Capas)	616710	9763371	30 m.

Resultados de los Sondeos Eléctricos Verticales

SEV-01 (13 Capas)	Resistividad (Ω -m)	Espesor de la Capa	Profundidad de la base
1	14,34	0,6	0,6
2	22,83	0,22	0,81
3	15,73	0,23	1,04
4	47,07	0,31	1,35
5	112,31	0,45	1,8
6	273,24	1,24	3,04
7	75,77	0,98	4,02
8	76,73	1,42	5,44
9	62,74	2,11	7,54
10	33,62	9,16	16,7
11	50,26	4,53	21,23
12	64,45	19,23	40,47
13	127,28		

SEV-02 (9 Capas)	Resistividad (Ω -m)	Espesor de la Capa	Profundidad de la base
1	326,96	0,98	0,98
2	96,83	0,31	1,29
3	92,13	0,45	1,73
4	70,08	0,31	2,04
5	71,11	1,14	3,18
6	18,85	1,7	4,88

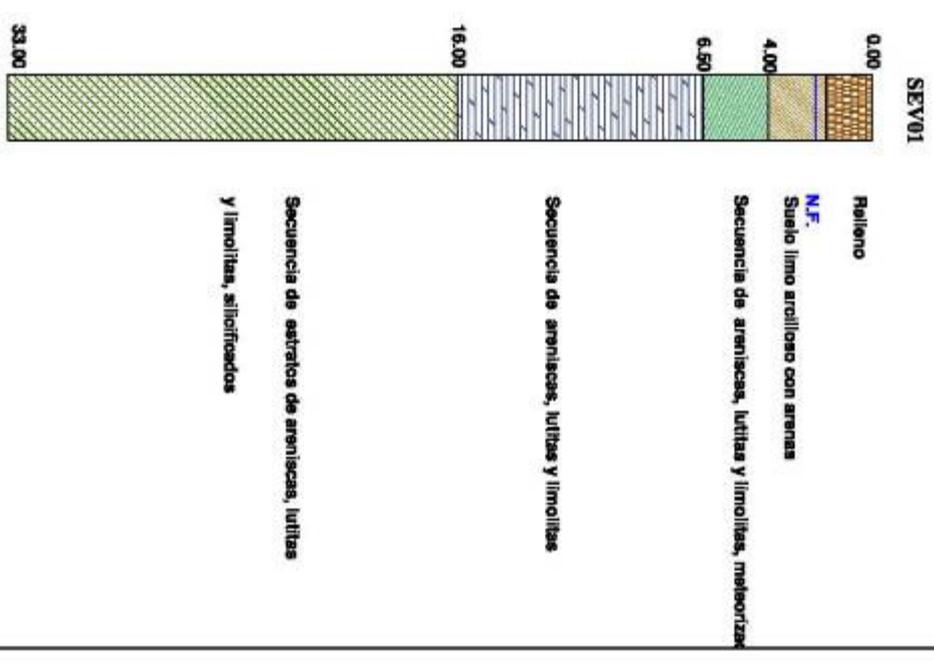
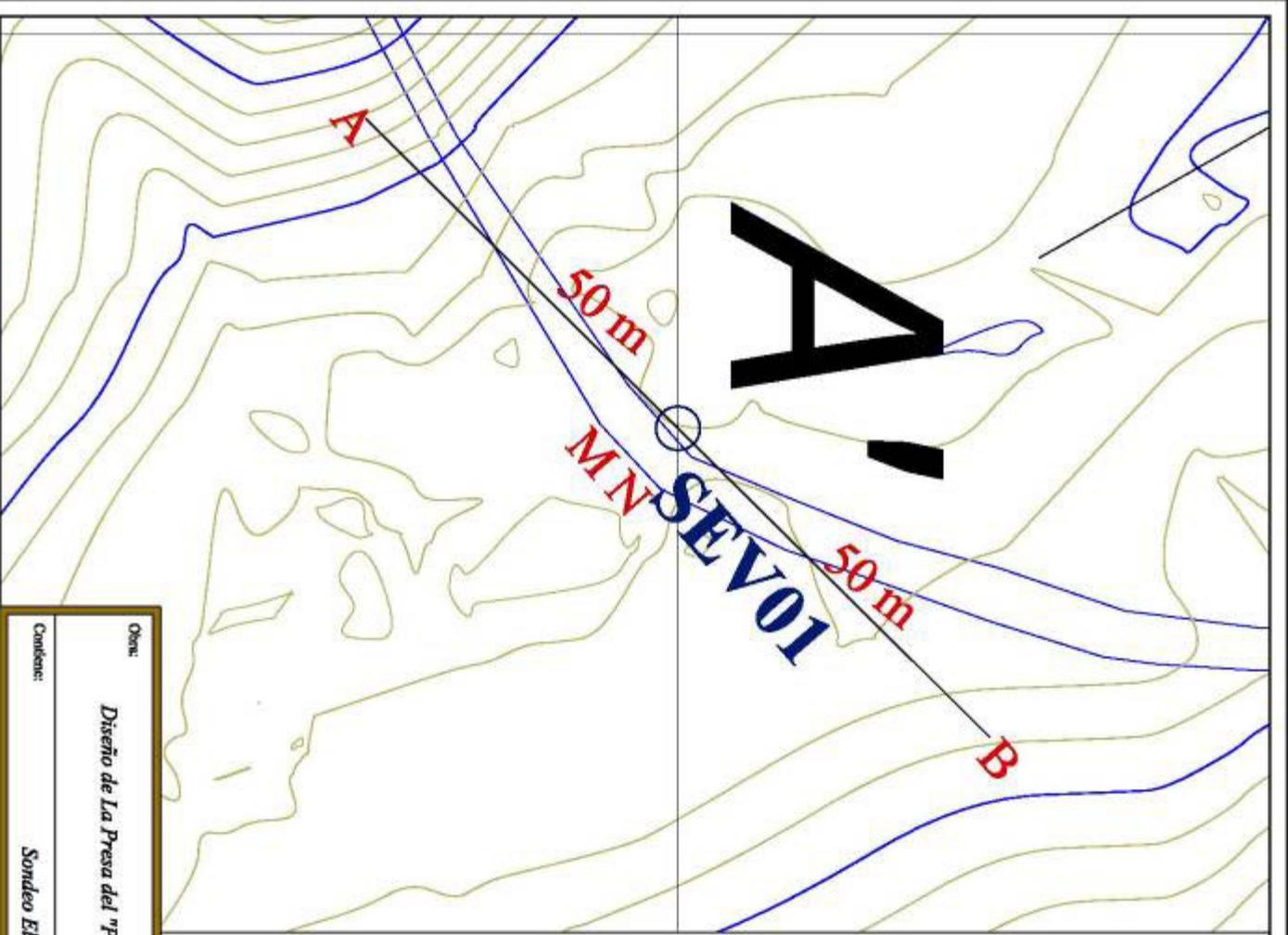
7	65,14	9,39	14,26
8	47,71	2,13	16,4
9	51,37		

SEV-03 (13 Capas)	Resistividad (Ω -m)	Espesor de la Capa	Profundidad de la base
1	327,89	1	1
2	309,48	0,26	1,26
3	197,04	0,28	1,55
4	159,76	0,31	1,85
5	53,34	0,61	2,47
6	31,91	1,53	3,99
7	13,82	1,48	5,48
8	198,33	7,33	12,81
9	3,9	2,11	14,91
10	90,44	4,9	19,81
11	69,3	4,53	24,34
12	35,14	6,66	31
13	4,08		

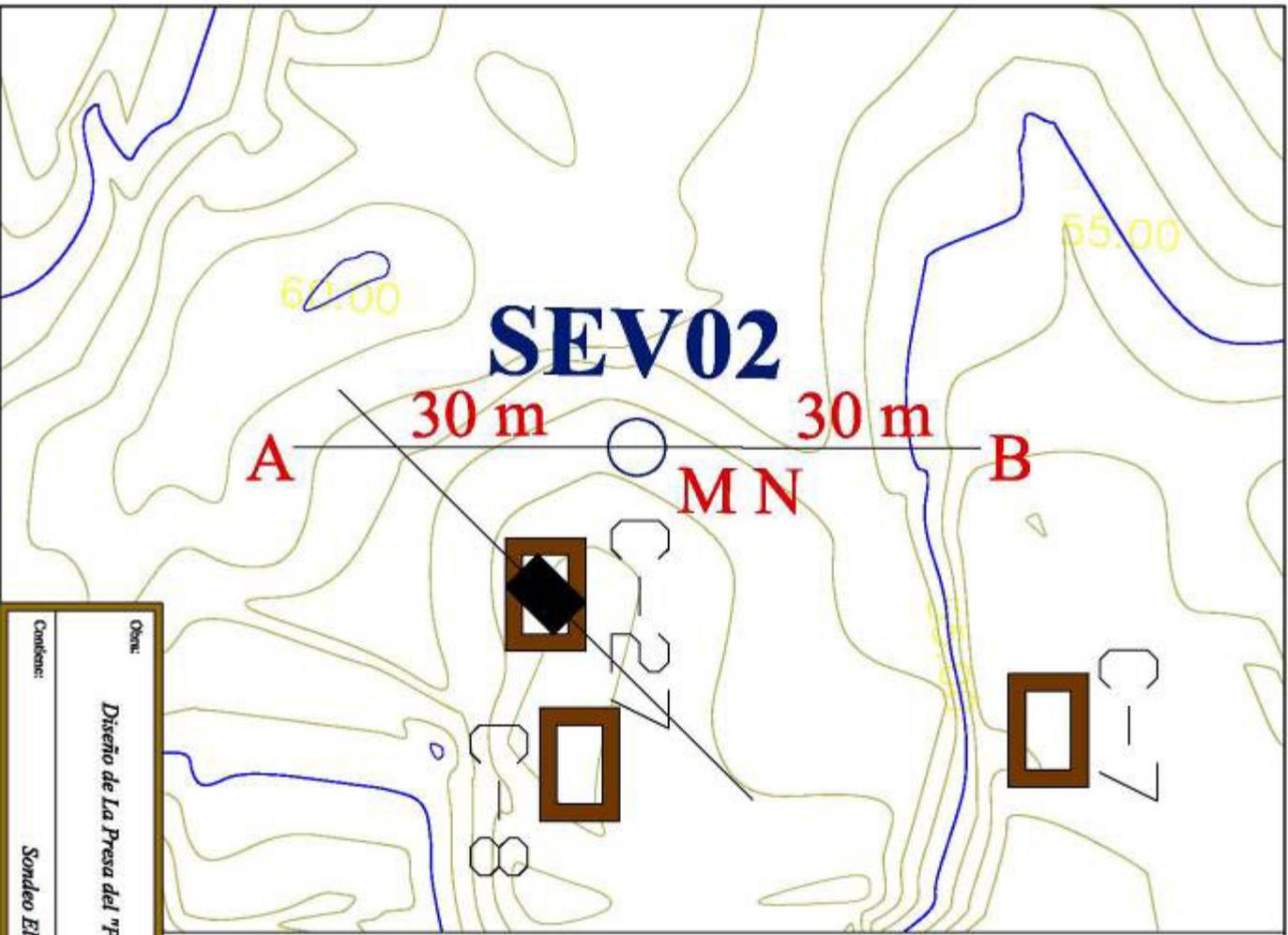
SEV-05 (14 Capas)	Resistividad (Ω -m)	Espesor de la Capa	Profundidad de la base
1	37,02	0,99	0,99
2	58,48	0,35	1,35
3	29,35	0,42	1,76
4	65,25	1,68	3,45
5	40,37	0,77	4,21
6	36,09	1,7	5,92
7	29,1	1,43	7,34
8	25,19	2,45	9,79
9	9,65	2,11	11,9
10	3,58	3,09	14,98
11	1,15	8,46	23,45
12	14,49	67,96	91,41
13	11,79	100,13	191,54
14	10,42	****	

SEV-06 (13 Capas)	Resistividad (Ω -m)	Espesor de la Capa	Profundidad de la base
1	78,59	0,72	0,72
2	21,55	0,14	0,86
3	15,99	0,46	1,32
4	46,08	1,65	2,97
5	38,22	2,08	5,04
6	14,59	0,67	5,71
7	23,82	0,98	6,69
8	8,19	2,79	9,48
9	9,1	3,88	13,36
10	17,4	3,09	16,44
11	112,85	16,75	33,2
12	37,56	19,23	52,43
13	26,06	****	

SEV-07 (14 Capas)	Resistividad (Ω -m)	Espesor de la Capa	Profundidad de la base
1	46,78	1,56	1,56
5	5,52	0,34	1,9
3	18,29	0,97	2,87
4	53,01	1,21	4,08
5	65,91	1,24	5,32
6	69,85	1,97	7,29
7	62,33	1,07	8,36
8	53,07	1,49	9,85
9	19,89	2,11	11,96
10	80,13	3,09	15,05
11	113,61	14,25	29,3
12	93,51	9,08	38,38
13	47,58	98,14	136,52
14	100,94	****	



Obra: Diseño de La Presa del "Parque del Conocimiento"		Revisó: Ing. Miguel Ángel Calvea Mecoayo	
Condensó: Sondeo Eléctrico Vertical 1		Fecha: Julio 2009	
Dibujo: Paul González Zambrano		Laminas: 1/6	



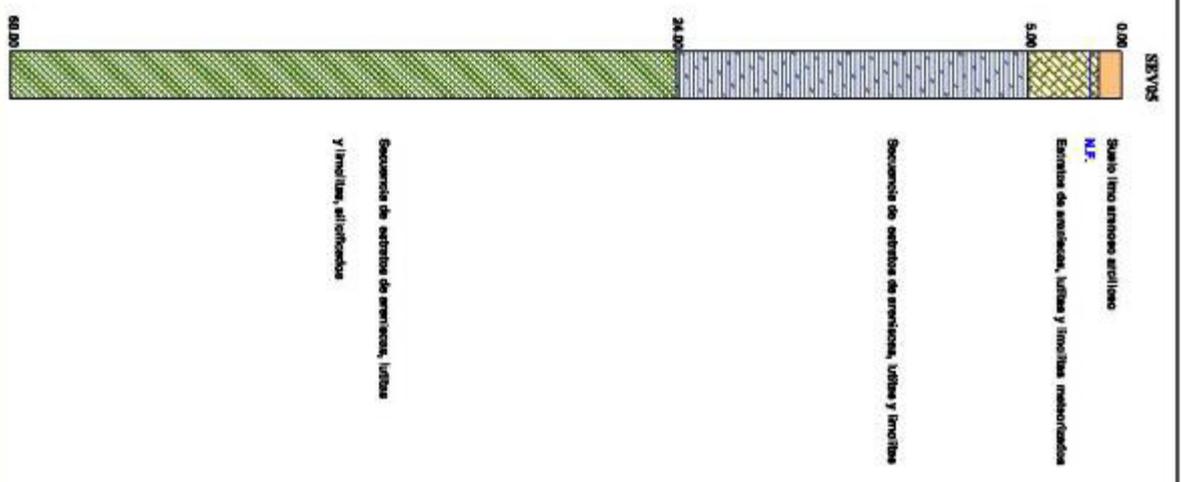
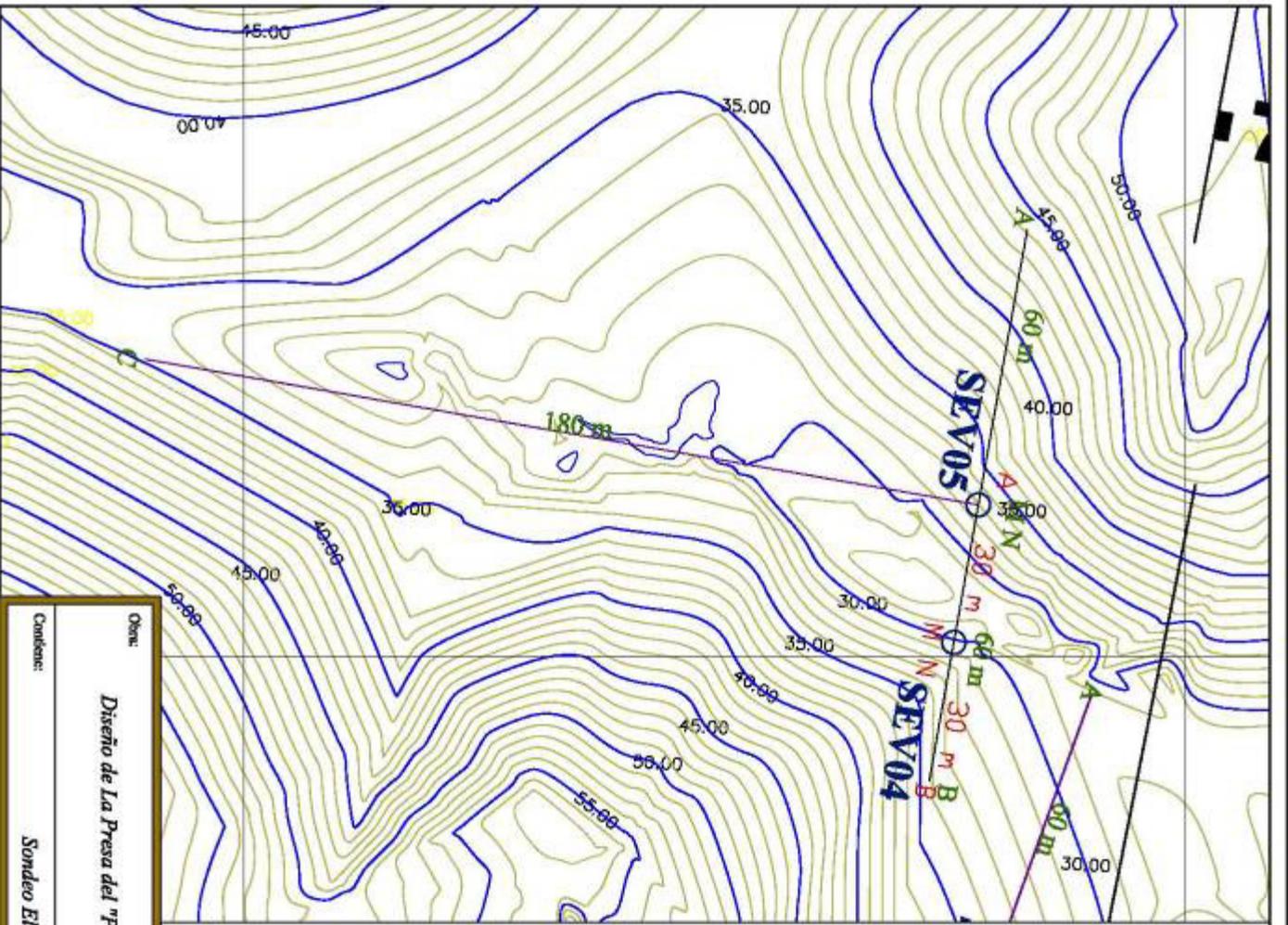
SEV02

Areniscas de grano fino y limollitas fracturada

Areniscas y limollitas metacrizadas

Secuencia de areniscas, lutitas y limollitas

Obra: Diseño de La Presa del "Parque del Conocimiento"		Revisó: Ing. Miguel Ángel Calvea Mecoayo	
Condensó: Sondeo Eléctrico Vertical 2		Fecha: Julio 2009	
Dibujo: Peil Gonzalez Zambrano		Laminó: 2/6	



SEV05

0.00

60.00

144.00

Suelo tipo arenoso arcilloso

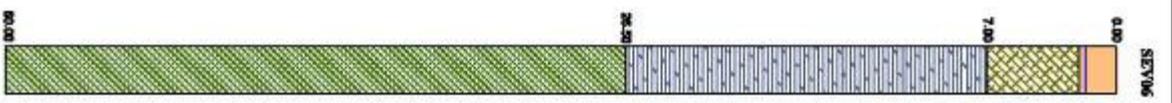
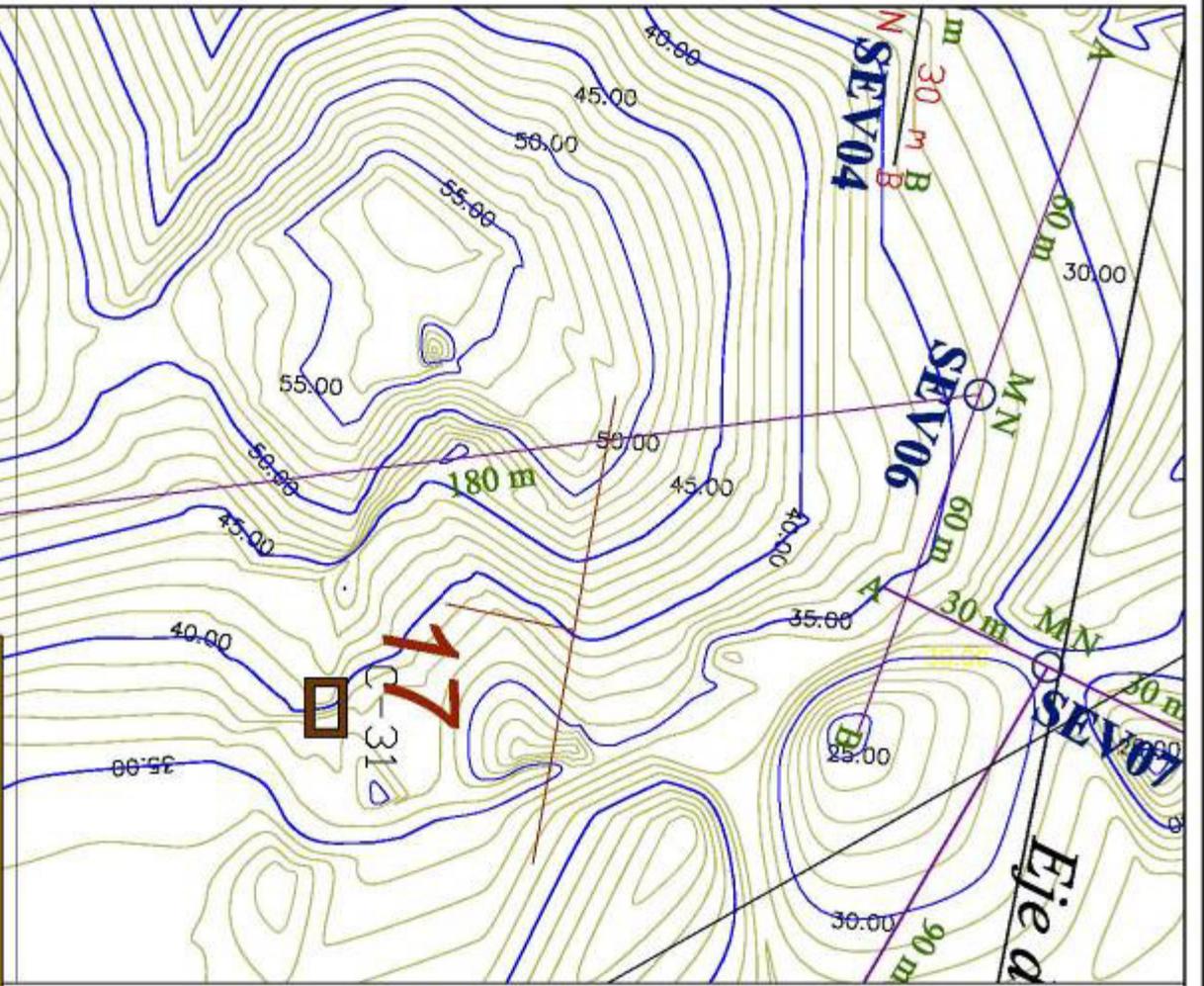
M.F.

Escoria de selenita, lutita y limonita meteorizada

Secuencia de estratos de arenisca, lutita y limonita

Secuencia de estratos de arenisca, lutita y limonita, silíceos

Obru: Diseño de La Presa del "Parque del Conocimiento"		Revisó: Ing. Miguel Ángel Calvez Mecoayo	
Condens: Sondeo Eléctrico Vertical 4		Fecha: Julio 2009	
Dibujo: Ped. González Zambrano		Laminas: 4/6	



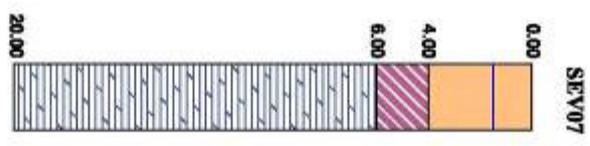
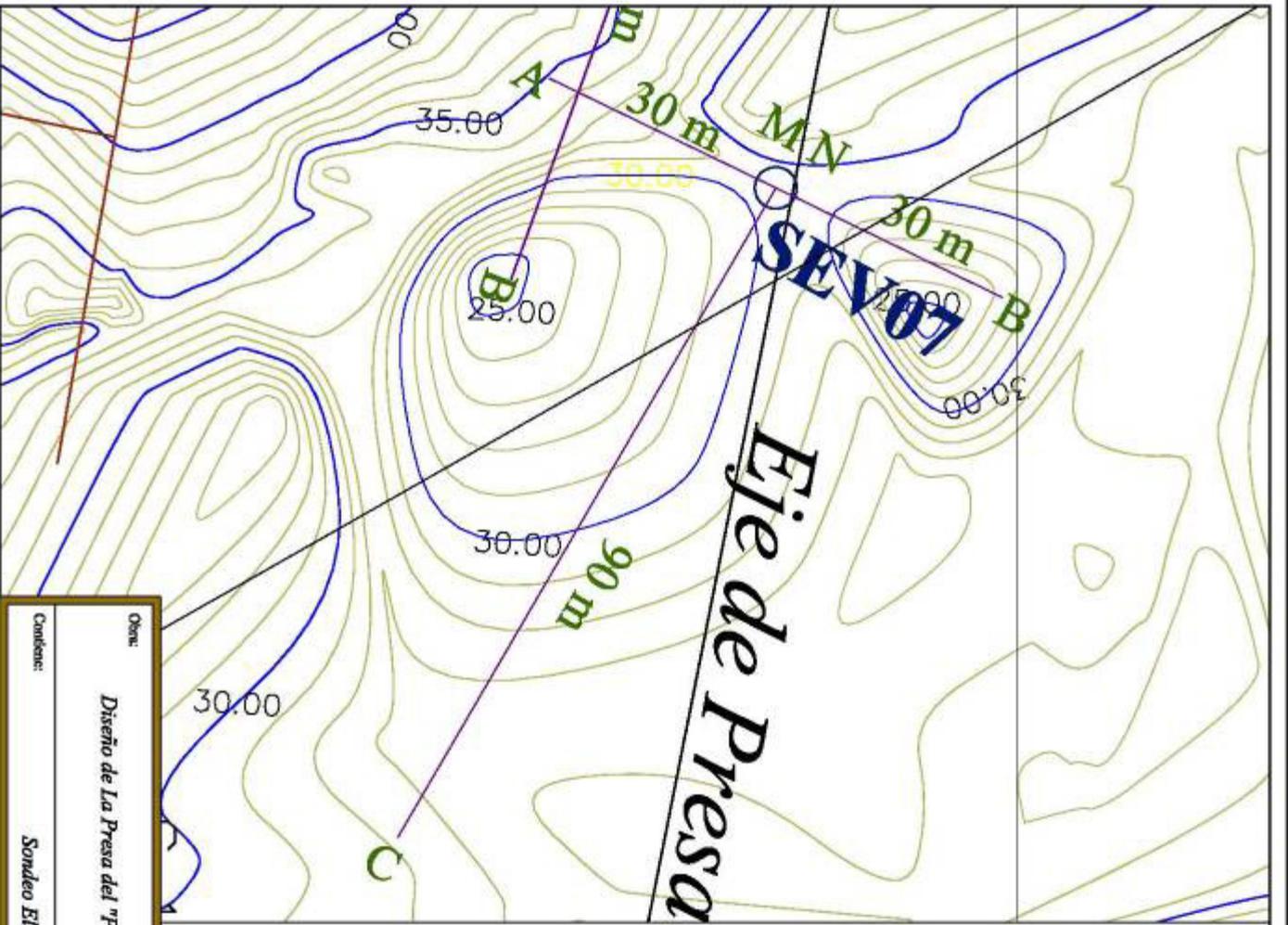
SEV06
 Suelo fino arenoso arcilloso con cascara
 N.F.

Estructura de arenales, lutitas y limolitas interbedadas

Secuencia de arenales, lutitas y limolitas

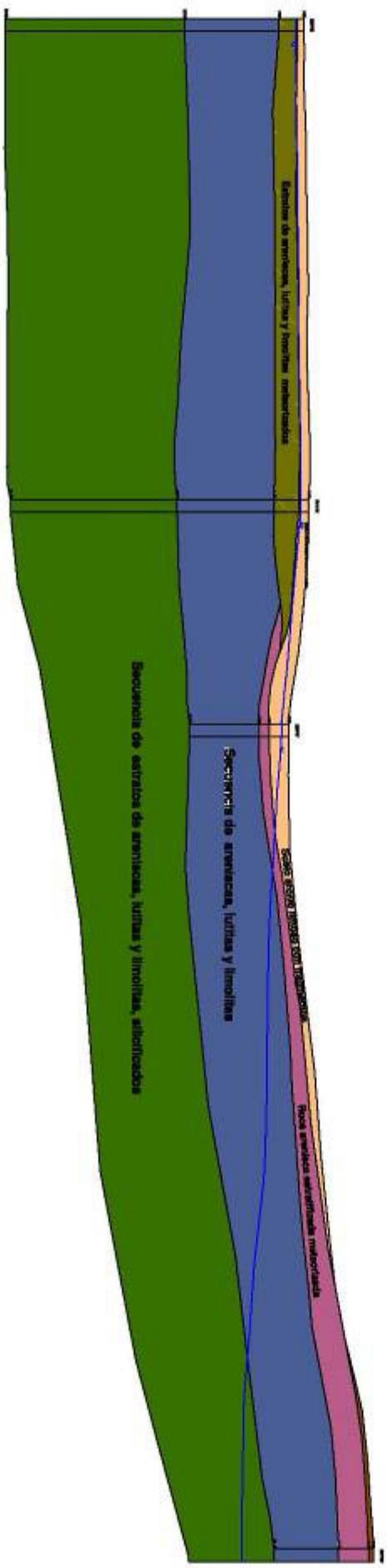
Secuencia de arenales de arenales, lutitas
 y limolitas, silicificadas

Obra: Diseño de La Presa del "Parque del Conocimiento"		Revisó: Ing. Miguel Ángel Calvea Mecoayo	
Condensó: Sondeo Eléctrico Vertical 6		Fecha: Julio 2009	
Dibujo: Pedri González Zambrano		Laminó: 5/6	



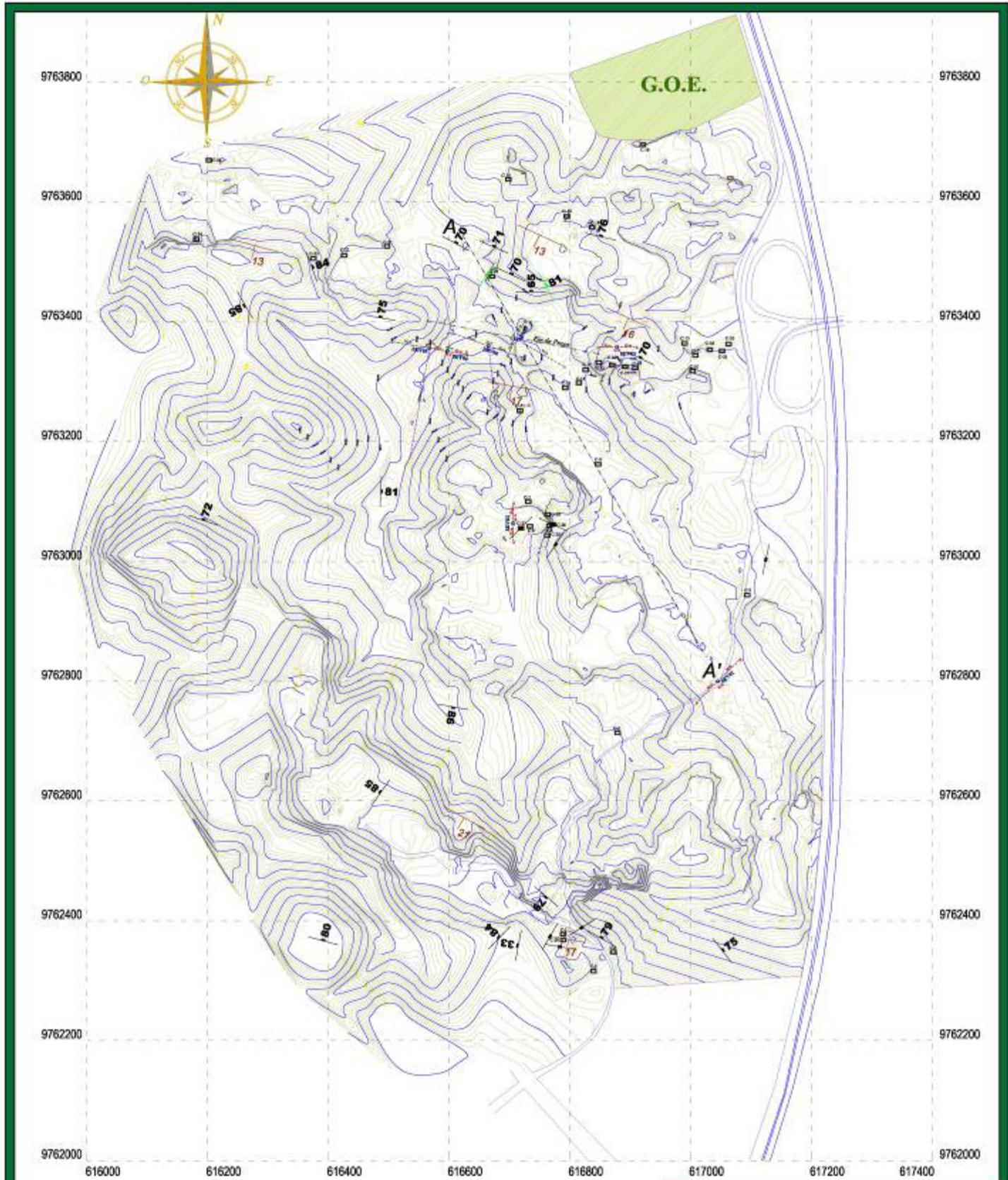
- N.F. Suelo arcillo limoso con fragmentos
- Roca arenisca estratificada meteorizada
- Secuencia de areniscas, lutitas y limollas

Tema: Diseño de La Presa del "Parque del Conocimiento"		Revisó: Ing. Miguel Angel Calvez Mecayo	
Condensó: Sondeo Eléctrico Vertical 7		Fecha: Julio 2009	
Dibujo: Ped. González Zambrano		Laminó: 6/6	



Obra: Diseño de La Presa del "Parque del Conocimiento"		Lerenio: Moisés Loor Sánchez		Revisó: Ing. Miguel Ángel Calvez Merozo	
Condens: Perfil Geofísico		Dibujó: Pedri González Zambrano		Fecha: Julio 2009	
		Escala: no escala		Laminar: 1/1	

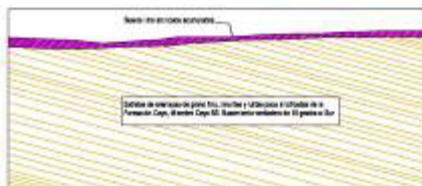
MAPAS Y PLANOS



SIMBOLOGIA

- Rango y buzamiento de Estrata
 - Rango y buzamiento de Discontinuidades
 - Discontinuidades con 90 grados de buzamiento
Nota: Discontinuidades de color verde cuando el grado de truncamiento es 90.
 - Cebadero
 - Sondas Eléctricas Verticales
- SEV03

PERFIL GEOLOGICO A-A'



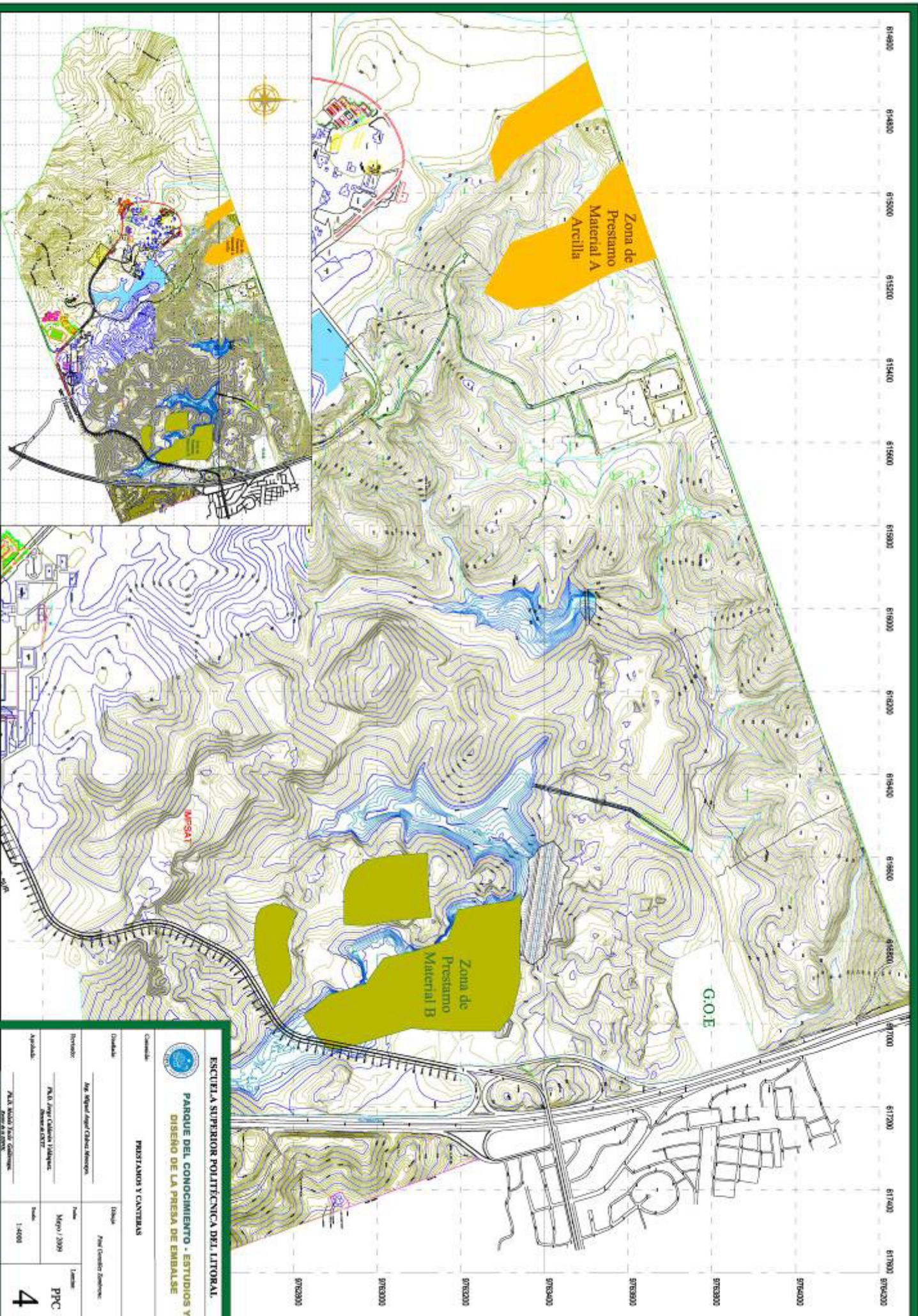
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL



PARQUE DEL CONOCIMIENTO - ESTUDIOS Y
DISEÑO DE LA PRESA DE EMBALSE

Contenido:
MAPA GEOLOGICO Y PROSPECCION GEOTECNICA DE CAMPO

Diseñado:	Diseño:	
Ing. Miguel Angel Chávez, Msc. Ing.	Freddy Claudio Zambrano	
Revisado:	Fecha:	Lugar:
Ph.D. Jorge Galindo Folláquez, Director de OBT	Mayo / 2009	PPC
Aprobado:	Escala:	3
Ph.D. María Tania Galdeano, Rector Ph.D. OBT	1:3000	



G.O.E

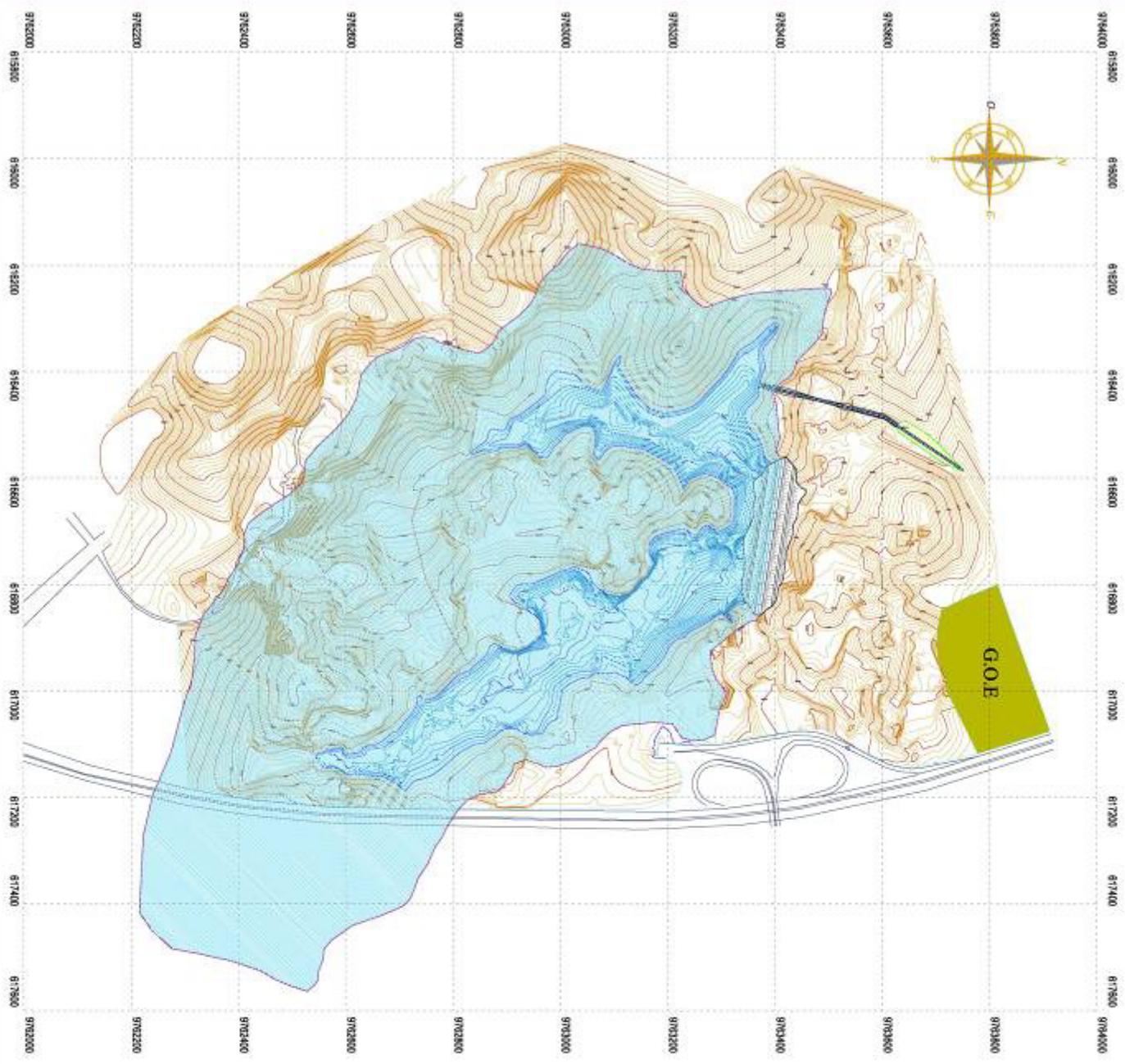
Zona de
Prestamo
Material A
Arcilla

Zona de
Prestamo
Material B

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
PARQUE DEL CONOCIMIENTO - ESTUDIOS Y DISEÑO DE LA PRESA DE ENLASE

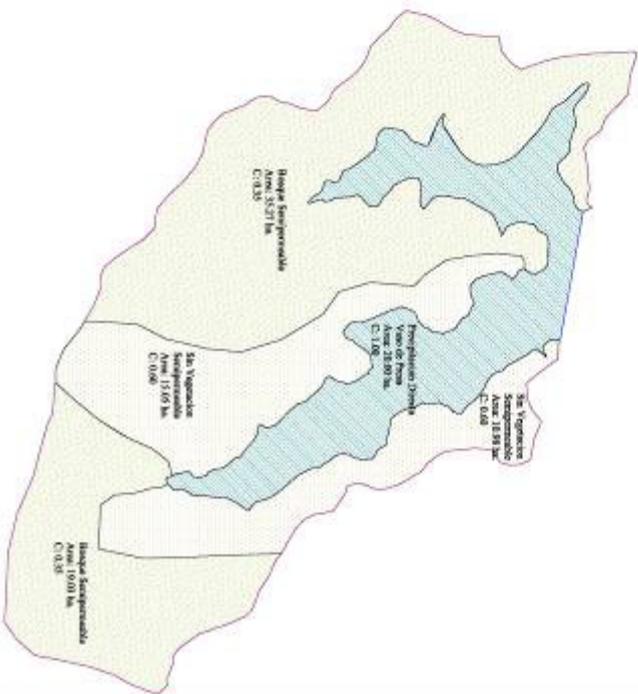
PROSTANOS Y CANTERAS

Comanda		Título	
Coordinador	Ing. Sigifredo López Cevallos, Director	Plan (Lugar) Director	
Revisor	Dr. Roberto Cordero Velasco, Director	Fecha	Mayo / 2009
Aprobado	Dr. Roberto Cordero Velasco, Director	Escala	1:4000
		PPC	
4			



Ponderación del Coeficiente C por los diversos Usos del Suelo

Descripción	Área (m ²)	Coeficiente C	
		Original	Corregido
Tierras de Pesca	31.81	0.10	0.10
Áreas de Recreación y Esparcimiento	31.21	0.20	0.20
Áreas de Agricultura y Ganadería	31.00	0.30	0.30
Áreas de Silvicultura	31.00	0.30	0.30
Áreas de Pastoreo	31.00	0.30	0.30
Áreas de Minería	31.00	0.30	0.30
Áreas de Industria y Comercio	31.00	0.30	0.30
Áreas de Vivienda	31.00	0.30	0.30
Áreas de Transporte	31.00	0.30	0.30
Áreas de Servicios Públicos	31.00	0.30	0.30
Áreas de Protección Ambiental	31.00	0.30	0.30
TOTAL	1000.00	0.30	0.30



Simbología

- Límite de Cuenca de Drenaje
- Área de Cuenca de Drenaje
- Curvas de Nivel de Terreno no levantado
- Curvas de Nivel de Vano de Presa

Nota:

Los coeficientes C han sido determinados de "Apuntes de Clases de Hidrología" Autor: Ing. B. Montoya C. Los coeficientes fueron determinados de la columna de pendientes de terreno Média (3% - 20 %)

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

PARQUE DEL CONOCIMIENTO - ESTUDIOS Y DISEÑO DE LA PRESA DE EMBALSE

CUENCA DE DRENAJE

Carrera:	Ingeniería de Civil	Curso:	Diseño
Docente:	Ing. Miguel Ángel Chávez Montoya	Alumno:	Paul Osvaldo Sánchez
Fecha:	Mayo / 2009	Nota:	1.000
Aprobado:	PAU. Ángel Caldera Estayana	Fecha:	1.000
PAU. María Inés González		1.000	

5