

## Estudios Geológicos-Geotécnicos en terrenos destinados a la construcción de una infraestructura universitaria en la ciudad de Azogues, Ecuador

Kathy LOPEZ <sup>1</sup>, Jenny RAMIREZ <sup>2</sup>, Xavier VERA <sup>3</sup>, Ignacio OCHOA <sup>4</sup>, Danilo DAVILA <sup>5</sup> y Ricardo ETCHEVERRY <sup>6</sup>

(1-5)- GEOESTUDIOS S.A. - Ciudadela Kennedy Norte Avenida Assaf Bucaran Mz-704 V-3, Guayaquil, Ecuador

(6) INREMI (UNLP) – calle 64 esq. 120, La Plata, Argentina

(1) [kflopez@geoestudios.com.ec](mailto:kflopez@geoestudios.com.ec) (2) [jramirez@geoestudios.com.ec](mailto:jramirez@geoestudios.com.ec) (3) [xvq@geoestudios.com.ec](mailto:xvq@geoestudios.com.ec)

(4) [iochoa@geoestudios.com.ec](mailto:iochoa@geoestudios.com.ec) (5) [ddavila@geoestudios.com.ec](mailto:ddavila@geoestudios.com.ec) (6) [etcheve@fcnym.unlp.edu.ec](mailto:etcheve@fcnym.unlp.edu.ec)

### RESUMEN

Al sur de la provincia del Cañar se desarrolla un proyecto de construcción de una universidad en un área de 45 Ha. Con el objeto de conocer los estratos del subsuelo de este predio, se realizan estudios geológicos y geotécnicos de los terrenos. El relevamiento geológico consiste en detalles de los estratos presentados en secciones estratigráficas, los datos del subsuelo son obtenidos a través de perforaciones de 10 a 30 m de profundidad. Con el propósito de conocer más información del subsuelo, como profundidad, espesor de contactos y presencia de fallas, se utilizó la geofísica, la misma que consistió en líneas de sísmica de refracción (LSR) y sísmica pasiva REMI's. El estudio geotécnico incluye la caracterización física de los suelos y rocas presentes en el predio. De esta manera se reconoce dos estratos bien definidos que son de origen aluvial y asignados al Cuaternario. Le subyace una secuencia sedimentaria de niveles de arcilitas-lutitas de la Fm Biblián y areniscas de la Fm. Azogues, ambas del Mioceno. El área de trabajo se localiza en la denominada zona *cuenca de Cuenca*, de edad miocena, la cual constituye una depresión de origen tectónico. La cuenca está controlada por un sistema de fallas regionales de rumbo, llamadas Falla Girón-Santa Isabel. En cuanto a la actividad sísmica del área, se determinó que hace 18 años se registraron dos sismos.

*Palabras Claves:* geotecnia, resistencia de suelos, Cuenca de Cuenca, Falla Girón-Santa Isabel

### ABSTRACT

*Estudios Geológicos-Geotécnicos en terrenos destinados a la construcción de una infraestructura universitaria en la ciudad de Azogues, Ecuador.* To the south of the Province of Cañar, develops a construction project at a university in an area of 45 hectares. In order to know the subsurface strata of this property are conducted geological and geotechnical fields. The geological survey is presented details of the strata stratigraphic sections, subsurface data are obtained through perforations of 10-30 m. In order to learn more subsurface information, such as depth, thickness

and presence of faults contacts, geophysics was used, which consisted of the same seismic refraction lines (LSR) and passive seismic REMI's. The geotechnical study included physical characterization of soils and rocks in the property. In this way it recognizes two well-defined strata are alluvial and assigned to the Quaternary. It lies a sedimentary sequence of argillite-shale levels of Biblián and sandstone Fm Quicksilver, both Miocene. The work area is located in the area called Cuenca basin of Miocene age, which is a depression of tectonic origin. The basin is controlled by a regional fault system course called Santa Isabel Giron failure. On the seismic activity of the area, it was determined that 18 years ago there were two earthquakes.

*Keywords: geotechnical, soil resistance, Cuenca from Cuenca, Falla Girón-Santa Isabel*

## 1. INTRODUCCIÓN

En este trabajo se realizaron estudios de los estratos del subsuelo realizando perforaciones y geofísica. Mediante las exploraciones se conoce las características geológicas y geotécnicas de los materiales. Con la aplicación de la geofísica se amplía el conocimiento del subsuelo, como extender el conocimiento hacia mayores profundidades, confirmar los espesores de estratos, contactos geológicos y presencia de fallas. Los estudios se realizan en los terrenos donde se desarrollará una infraestructura educativa de nivel superior, localizada en el cantón Azogues de la provincia del Cañar en la República del Ecuador, como se indica en la Figura 1.

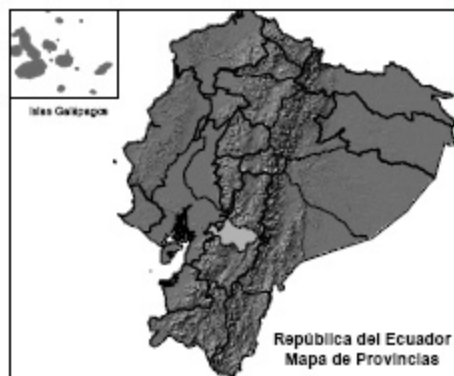


Figura 1.- Ubicación del área de estudio

Los estudios comprende el levantamiento de unidades litológicas y estructuras con su dirección y buzamiento, así como la clasificación geomecánica (Sociedad

Internacional de Mecánica de Rocas o Bieniawski) de las unidades litológicas, todo esto apoyándose en las mediciones de campo.

Los ensayos geofísicos (sísmicos y de resistividad) y perforaciones, sobre cuyas muestras se realizaron ensayos mecánicos, permiten establecer el modelo geológico - geotécnico.

Los terrenos del proyecto estudiado representan un total de 45.15 hectáreas. El uso de este predio ha sido de sembríos de cereales y pasto de ganado vacuno en pocas cantidades, así como también pocas viviendas asentadas en el sector.

## 2. METODOLOGÍA

La metodología para desarrollar este trabajo consiste en realizar un levantamiento geológico en detalle a escala 1:250 y perfiles, donde se incluye secciones estratigráficas, 9 perforaciones de suelos y rocas con longitudes de 10 metros y geofísica con profundidades mayores. La geofísica consistió en la medición de la velocidad de onda de corte ( $V_p$ ) de los tipos de subsuelos presentes, así como las velocidades de onda compresional ( $V_s$ ). Esto se realizó mediante 12 líneas de sísmica de refracción (LSR) y 10 REM, la interpretación y correlación se realizó como indica Barton 2007. Con toda esta información georeferenciada se elaboraron perfiles en dirección NO-SE y NE-SO. La caracterización geotécnica de los estratos del subsuelo es identificado mediante los datos de las perforaciones y análisis de muestras, los afloramientos

rocosos son caracterizados a través del método de Bieniawski (1993).

### 3. GEOLOGÍA REGIONAL

El área de estudio pertenece la zona geológica conocida como cuenca de Cuenca, la cual es una depresión de origen tectónico que al mismo tiempo que se formaba en el Mioceno, se rellenaba de materiales principalmente clásticos provenientes de la erosión de las márgenes altas donde afloran las rocas más antiguas del substrato de la cuenca.

La cuenca de Cuenca tiene como origen el movimiento dextral de un sistema de fallas regionales de rumbo, denominado Falla Girón.

En la Figura 2 (tomada de Stauder, 1975) se reconoce los principales rasgos morfo-estructurales de los Andes, donde hacia el sur se encuentra la localidad de Cuenca. A partir del sur de la ciudad de Cuenca, la falla Girón, comienza a curvar hacia una dirección NE-SO con la que llega hasta unos 80 km al Sur de Cuenca.

La cuenca de Cuenca se subdivide en las siguientes formaciones geológicas:

Las rocas más antiguas, considerado el basamento de la cuenca, está constituido por rocas de edad cretácica y son las formaciones Piñón y Yunguilla, las mismas que no afloran en la zona de estudio. Las rocas del Mioceno-Plioceno, son rocas sedimentarias medianamente consolidadas que se encuentran plegadas y falladas, que a medida que se depositaban sus sedimentos maternos, se iban deformando por la actividad de la falla Girón. Las formaciones que constituyen el cuerpo principal de la cuenca son de mayor a menor edad, las siguientes: Biblián de edad Mioceno Inferior (arcillolitas rojas), Formación Loyola de edad Mioceno Inferior (areniscas en la base y arcillolitas cremas hacia el centro y tope), Formación Azogues de edad Mioceno Medio (areniscas tobáceas gruesas predominantes con intercalaciones subordinadas de lutitas), Formación Guapán del Mioceno Medio

(lutitas similares a las de la Loyola) y Formación Mangán de edad Mioceno Superior (areniscas tobáceas y lutitas verdes y rojas asociadas a niveles de carbón).

Después de finalizar el cierre de la cuenca de Cuenca, vinieron las rocas post-deformación de esta cuenca, las mismas que corresponden a una edad Plioceno-Cuatrnario. Las rocas aparecen como coberturas en posición subhorizontal, y corresponden a las formaciones Santa Rosa del Plioceno (conglomerados en estado de consolidación) y la formación "Volcánicos Llaico" conformada por brechas volcano-clásticas de composición andesítica.

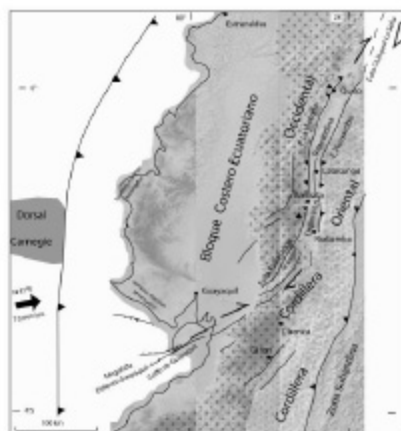


Figura 2.- Principales rasgos morfo-estructurales de los Andes de Ecuador. Hacia el sur de Cuenca se reconoce el sistema de falla denominado Girón.

### 4. GEOTÉCNIA Y GEOLOGÍA

#### 4.1 Descripción en Superficie

El reconocimiento de los materiales en superficie y de los afloramientos rocosos en los márgenes del predio en estudio, consistió en obtener muestras (MG) para analizar la granulometría y clasificación SUCS de los suelos, y reconocer su caracterización geotécnica. La muestra MG-8 representa al afloramiento rocoso del Este cuyo valor de



Las unidades U1-1, U1-2, y U1-3 corresponden al cuaternario y son suelos aluviales, que son parte de la cobertura de la zona de estudio.

Las investigaciones de la geología por debajo de la capa de suelo superficial, se realizó

mediante perforaciones y geofísica que alcanza hasta 45 metros de profundidad. Las descripciones granulométricas y geotécnicas son descritas en perfiles estratigráficos.

#### 4.1 Descripción del Subsuelo

Mediante los sondeos geofísicos y los sondeos directos se reconstruyeron los perfiles estratigráficos del subsuelo. Los Perfiles en dirección NO-SE, descritos de derecha a izquierda, permiten reconocer que las terrazas son afloramientos de lutitas a las que se les asigno la denominación de U3-1. Estas conserva estratos con rumbos de  $105^\circ$  azimut e inclinaciones de hasta  $41^\circ$ , en los gráficos se presenta la proyección de la inclinación a  $35^\circ$ . Hacia la izquierda de estos perfiles se reconoce el subsuelo.

La figura 4 representa el valor de  $N_{50}$  que es el número de golpes vs la cota de profundidad de todas las perforaciones y fue utilizado para la elaboración de los perfiles estratigráficos y estimar la resistencia de los materiales.

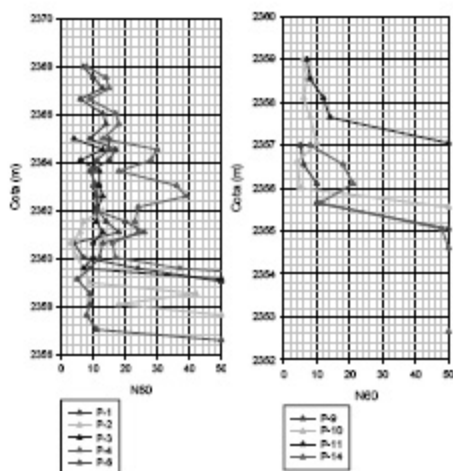


Figura 4.- Diagrama de numero de golpes de las perforaciones a percusión

La Figura 5 tiene los perfiles A-A' y B-B' en dirección NO-SE y los perfiles C-C' y D-D' que están en dirección NE-SO y se describen a continuación.

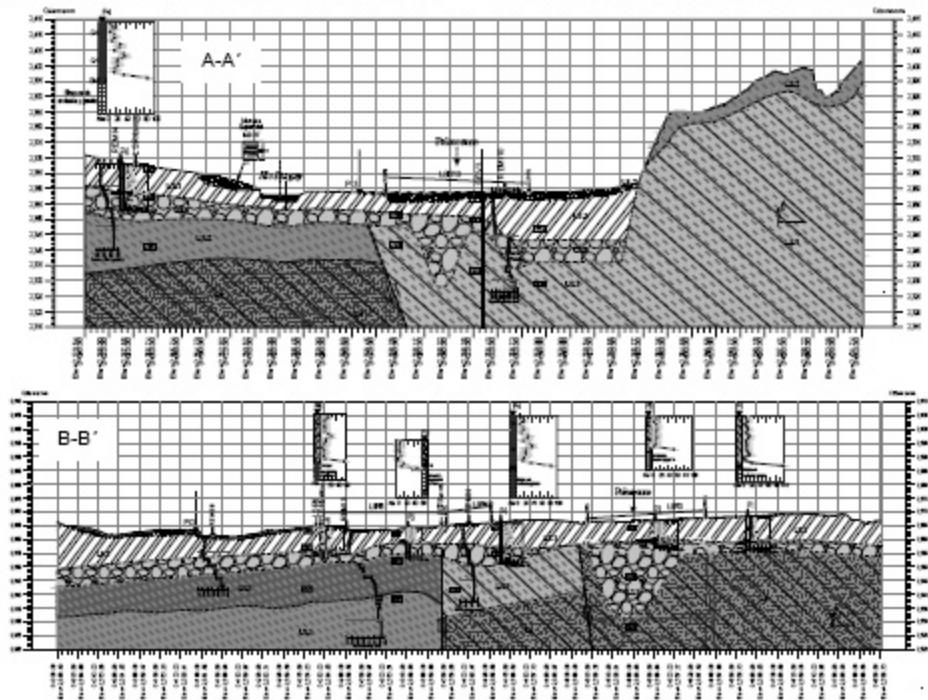
En la izquierda del perfil A-A' se reconoce, de techo a base, la presencia de estratos de entre 4-9 metros de espesor de arcillas arenosas (CL) a las que se denomina unidad U1-1. En la perforación P4 se reconoce que en los primeros cinco metros de las arcillas tienen valores de  $N_{50}$  entre 8-20 (golpes), estimando una resistencia entre 25-80 kPa, según (Look, 2007); seguido hacia abajo hay cuatro metros de la misma arcilla con valores de  $N_{50}$  entre 20-40 (golpes), esto indica una resistencia de entre 80-160 kPa. A continuación hay un estrato de gravas denominado U2-1. Al llegar a este estrato el número de  $N_{50}$  llega a valores de 80, por tal razón la exploración continua mediante perforación a rotación. De esta manera se reconoció la presencia de fragmentos decimétricos de rocas volcánicas, acompañados de arenas medias a gruesas, depositado como aluvial. Este aluvial permite reconocer la presencia de paleocauces, del río Burgay. Hacia abajo sigue un estrato de depósito de arcillolitas denominado U3-2, que probablemente provienen de la terraza baja de lutitas. Ambos paquetes están separados por una falla no activa. Finalmente se estima la presencia de un paquete de areniscas denominado U4, asignables a la Fm Yunguilla, con el mismo rumbo e inclinación que las lutitas y areniscas. En el perfil B-B' se reconoce, de techo a base, la continuidad de los mismos estratos descritos en el anterior perfil. Con la diferencia de que el paquete de fragmentos rocosos del aluvial aumenta en su espesor a medida que se explora hacia el Sur del predio, así como también el espesor del estrato de arcillolitas

de Fm. Azoguez. En el primer perfil están ubicadas las perforaciones P5, P14 y P11 con las que se pueden reconocer el espesor del aluvial, mientras que las LSR 5 y 7 y el Remi 7 permiten reconocer los estratos subyacentes al aluvial que son las arcillolitas de Fm Biblián y las areniscas de Fm Yunguilla.

En el perfil C-C, están las perforaciones P-6, P-5, P-4, P-3 y P-1, las mismas que permiten reconocer el estrato de arcillas CL de resistencia de entre 25-100 kPa para los primeros cuatro metros y de 100-200 kPa de

resistencia a los siguientes cinco metros de este paquete arcilloso. Continuando hacia abajo sigue el aluvial con el material más grueso correspondiente a los fragmentos de rocas volcánicas.

En el perfil D-D' se reconoce que por debajo del paquete aluvial, estrato arcillo arenoso seguido hacia abajo de un estrato de gravas, se reconoce la arenisca (U5) cuyos estratos conservarían el rumbo  $105^\circ$  azimut y el buzamiento de  $41^\circ$  hacia el este. Esta unidad parece haber sido levantada por un movimiento que sucedió en el terciario.



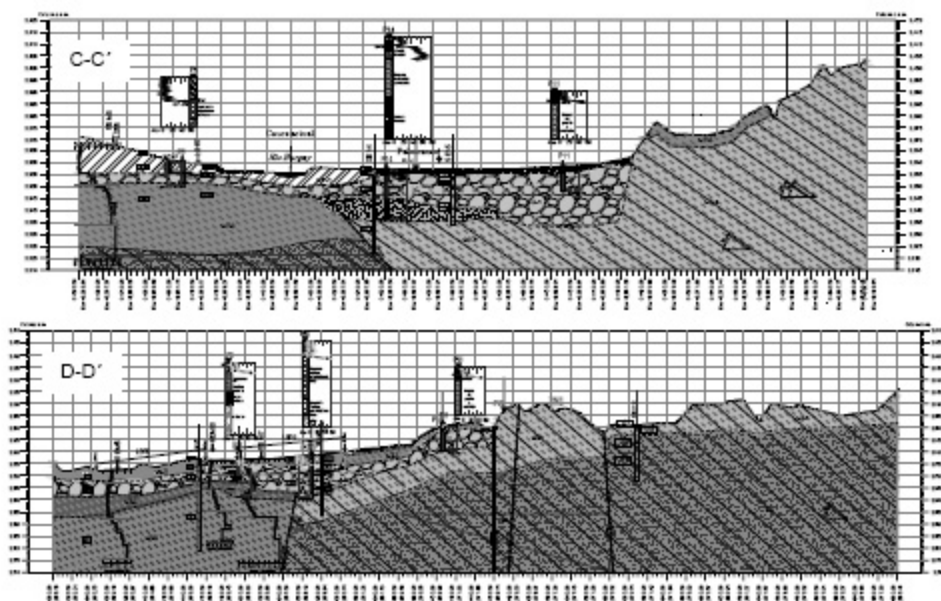


Figura 9.- Perfiles en dirección NO-SE (A-A' y B-B') y perfiles en dirección NE-SO (C-C' y D-D')

## 5. CONCLUSIONES

El contexto geológico del predio es una depresión de origen tectónica, que en el Mioceno se rellenaba de materiales clásticos provenientes de la erosión de las márgenes altas. Geomorfológicamente la depresión corresponde al valle interandino.

La meseta ha sido rellenada por un aluvial compuesto de estratos de gravas y arcillas arenosas, evento sucedió en el cuaternario. Por debajo del aluvial se encuentran las formaciones terciarias, constituidas de rocas sedimentarias, como son Fm Azoguez, Fm Biblián y Fm Yunguilla.

La estratigrafía de techo a base indica que hay una cobertura de 4-9 metros de espesor de suelos aluviales, compuesto por un paquete de arcillas con arenas y de un estrato de gravas; este paquete es del cuaternario. Posteriormente sigue un paquete de roca blanda de arcillolita y otro de lutitas,

ambos son de la formación Biblián. Por debajo está presente un paquete de roca dura correspondiente a la Formación Azoguez. Las fallas normales e inversas que se reconocen en los perfiles estratigráficos del sector en estudio, son producto de rompimiento de la corteza terrestre debido al esfuerzo de un sistema de fallas activo cercano al lugar.

La geología local, permite reconocer los materiales presentes en la superficie del predio, de esta manera, se identifica en el oriente un afloramiento de lutitas de la formación Biblián, que afloran en estratos de rumbo  $110^\circ$  de azimut y  $41^\circ$  de inclinación hacia el SO. Geotécnicamente, esta unidad geológica de lutitas se caracterizó como una roca cuya cohesión está entre 0.1-0.2MPa, su ángulo de fricción interno entre  $15-25^\circ$  y la capacidad de carga admisible entre 135-45 T/m<sup>2</sup> con una pendiente de corte máximo de  $45^\circ$ . En el resto del predio se reconoce la

cobertura de suelos aluviales blandos, correspondientes al cuaternario.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barton, N., 2007. Rock Quality, seismic velocity, attenuation and anisotropy. Editorial Taylor and Francis Group. London.
- Bieniawski, Z.T., 1993. Design methodology for rock engineering: Principles and Practice. Capítulo 22 en Comprehensive Rock Mechanics. Ed. J. Hudson. Ed. Pergamon. Tomo 3, pag 553-573.
- Stauder, W., 1975. Subduction of the Nazca plate under Peru as evidence by focal mechanisms and by seismicity. *Journal of Geophysical Research* 80(8): 1053-1064.