

ZONIFICACIÓN GEOTECNICA DE LOS SUELOS EN BARRANQUILLA.

Nayib Moreno Rodriguez

Corporación Universidad de la Costa, Barranquilla, Atlántico, Colombia, nmoreno@cuc.edu.co

ABSTRACT

This article reveals the zoning and geotechnical characterization in Barranquilla by identifying soils symbols and descriptions provided in the Unified Soil Classification. The research facilitates and enables investors and designers the query to the appropriate decision-making leading to investment in land plots whose preliminary geotechnical characteristics are known.

Keywords: Soil, geology, stratigraphic profile, geotechnical zoning.

RESUMEN

Este artículo da a conocer la zonificación y caracterización geotécnica en Barranquilla mediante la identificación de los suelos con los símbolos y las descripciones establecidas en el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos. La investigación facilita y permite a inversionistas y diseñadores la consulta para la toma adecuada de decisiones conducentes a la inversión en lotes de terrenos cuyas características geotécnicas preliminares sean conocidas

Palabras claves: suelo, geología, perfil estratigráfico, zonificación geotécnica.

1. INTRODUCCION.

La investigación consiste en elaborar mediante la aplicación del software ARCGIS, la representación tridimensional del subsuelo en Barranquilla. Para esto, se interpoló la información existente que consiste en los registros de exploración del subsuelo. Como parámetros de entrada al ARCGIS, se establece la posición geográfica de los registros de exploración del subsuelo, y la altimetría, considerando que Barranquilla presenta una superficie ligeramente ondulada, que obliga a asociar el mapa de perfil estratigráfico al relieve de la ciudad.

Como base de datos o información de la investigación, se tomaron 120 diseños geotécnicos realizados en la ciudad, cada uno con registro en promedio de tres sondeos exploratorios a profundidades variables entre tres y diez metros de profundidad [1]. Se tabuló la información extraída de cada registro de exploración geotécnica, de la cual se utilizó la información correspondiente a cada tipo de suelo como: espesor y profundidad de cada estrato localizado, clasificación y descripción de cada estrato mediante la aplicación del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, ensayos de humedad natural, granulometría, límites de Consistencia, Pesos unitarios y Gravedad específica.

Adicional a la información tabulada, se procedió a determinar para cada diseño geotécnico las coordenadas geográficas y la altura sobre el nivel del mar. Para esto, se ubicó el sitio donde se realizó cada estudio geotécnico y se determinaron los parámetros establecidos mediante la utilización de un equipo de posicionamiento satelital.

Los registros de perforación con toda la información adecuadamente registrada se geo referenció mediante la utilización del sistema de información geográfica ArcGIS y Google Earth. Para esto, se utilizó el mapa digital de Barranquilla elaborado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi sobre el cual se ubicaron los sitios donde se realizaron las perforaciones, por el sistema de coordenadas Universal Transversal de Mercator –UTM. Este es un sistema de coordenadas basado en la proyección cartográfica transversa de Mercator, que se construye como la proyección de Mercator normal, pero en vez de hacerla tangente al ecuador, se la hace tangente a un meridiano. A diferencia del sistema de coordenadas geográficas, expresadas en longitud y latitud, las magnitudes en el sistema UTM se expresan en metros únicamente al nivel del mar, que es la base de la proyección del elipsoide de referencia.

Como resultado de esta investigación, se establece el perfil del subsuelo en cualquier lugar de la ciudad, mediante la identificación de los suelos con los símbolos y las descripciones establecidas en el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos. Asociado al suelo, se conocen las propiedades físicas como la distribución granulométrica, los pesos unitarios y las características de plasticidad para la fracción fina de los suelos.

El contar con estudios de zonificación y caracterización geotécnica en Barranquilla permitirá a la geotecnia local contar con herramientas útiles para evaluar la aplicabilidad de los códigos existentes en términos de sus alcances y limitaciones. En ningún momento se pretende prescindir de los estudios geotécnicos correspondientes a cada proyecto. Se pretende facilitar a las empresas de planeación y desarrollo urbano del Distrito como a todas las empresas constructoras de la ciudad para que orienten y ordenen las acciones tendientes a la realización de anteproyectos más económicos y ajustados a la realidad geotécnica de la ciudad.

2. ANTECEDENTES.

Gran parte de Barranquilla y sus cercanías está asentada sobre la formación geológica denominada Barranquilla, la cual tiene su origen en la edad terciaria superior, específicamente en el Plioceno, de acuerdo a lo establecido por Raasveld [1].

El subsuelo de la ciudad está fuertemente influenciado por fenómenos sedimentarios de origen marino y fluvial que coadyuvaron a la formación de depósitos de arenas de playa, margas, calizas de arrecifes coralinos y cieno. [2]

Al estar Barranquilla localizada sobre un plano ligeramente inclinado cuyas alturas extremas, según el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, son 4 metros sobre el nivel del mar al oriente y 98 metros sobre el nivel del mar al occidente, se requiere asociar la estratigrafía de la ciudad a su variación altimétrica mediante el posicionamiento geográfico de los registros de perforación, lo cual a la fecha no se ha realizado.

El programa de Ingeniería Civil ha venido estudiando por cerca de 20 años las propiedades físicas y mecánicas de los suelos de la ciudad, pero él no contar con tecnología adecuada impidió asociar estos suelos a una posición geográfica determinada. Solo ahora que se cuenta con herramientas computacionales y softwares pertinentes que posiciona exactamente un registro de perforación a un determinado lugar, nos permite plantear esta propuesta de investigación. La figura 1 presenta la localización de los registros de perforación utilizados en esta investigación.



Figura 1. Localización de sondeos exploratorios

3. GEOLOGIA DE BARRANQUILLA.

Tomando la información consignada en INGEOMINAS (1997), la disposición geológica del Caribe colombiano es producto de la interacción tectónica de las placas de Nazca, Caribe y Suramérica. Regionalmente el área de Barranquilla se ubica en el llamado Terreno Sinú - San Jacinto constituido por dos cuñas de materiales sedimentarios (cinturones de San Jacinto y Sinú), caracterizado por presentar pliegues anticlinales estrechos y sinclinales amplios, donde también convergen dos trenes estructurales de dirección N20°E de edad Eoceno medio y otro de dirección N45°E de edad Plioceno-Pleistoceno (Duque, 1984). [3]

Según el mapa tectónico del departamento del Atlántico [3], los pliegues y fallas se localizan principalmente hacia el centro y occidente del departamento, y hacia el sector de Barranquilla no se presentan o destacan fallas o pliegues de importancia regional

Los registros geológicos y geotécnicos realizados en Barranquilla [3] [5], establecen que el subsuelo estudiado está constituido por depósitos sedimentarios de origen fluvial y marino que datan del terciario y el cuaternario. De acuerdo a los mapas geológicos publicados por el Ingeominas en el año 1977, desde hace 55 millones de años, el subsuelo donde se localiza el Barranquilla, se ha comportado como un paleo alto desde el Eoceno inferior, con eventos de sumergimiento asociados a transgresiones marinas durante el Eoceno medio, Oligoceno y Pleistoceno-Holoceno hace un millón de años. Tal dinámica es la responsable de la presencia de materiales arenosos de playa y arcillosos calcáreos intercalados, localmente aún sin litificar, particularmente en los dos últimos millones de años. De igual manera, Ingeominas establece que las rocas que afloran en la zona de estudio corresponden a rocas sedimentarias de origen marino profundo y transicional continental pertenecientes a la Formaciones Perdices y La Popa intercaladas con unidades de Areniscas Friables. Estas unidades se encuentran cubiertas por depósitos Cuaternarios correspondientes a materiales de origen aluvial, eólico, coluvial y de movimientos en masa. A continuación se hace una descripción de cada una de estas unidades.

3.1. Formación Las Perdices.

Es el nombre dado por Anderson (1929) para designar una secuencia de shales, shales arenosos, capas de chert y algunas areniscas observadas al suroccidente de Barranquilla en un sector rural denominado Las Perdices. Esta formación aflora en una extensa área, principalmente hacia la parte media y baja de las laderas occidentales de Barranquilla. Teniendo en cuenta su litología predominantemente arcillosa, la unidad desarrolla morfologías suaves, con un relieve bajo a suavemente ondulado.

La unidad está constituida por lodolitas de colores grises y amarillos, que dependen del estado de meteorización. Algunos niveles presentan fisilidad, mientras otros tienen una partición concoidea, con tintes de oxidación de color pardo y cristales de yeso. Esporádicamente están intercaladas con arenitas cuarzosas de grano fino, amarillas, con laminación plana paralela y en capas delgadas levemente onduladas. El espesor de la unidad en el área occidental de barranquilla puede sobrepasar los 20 metros de espesor, según lo observado en algunas perforaciones realizadas.

Por las características litológicas y texturales con aporte de sedimentos tamaño arcilla y limo, se considera que la formación las Perdices se depositó en un ambiente marino con profundidades batiales.

3.2. Formación La Popa.

Aflora en la parte noroeste del departamento, donde forma una serie de colinas abruptas y alargadas en las lomas de Camarón y Juaruco, al norte de Tubará, en las lomas de la Risota, Nisperal, Aguas Vivas y Pan de Azúcar en los alrededores de Puerto Colombia. Tiene un patrón de drenaje sub paralelo. La primera referencia de la unidad La Popa se encuentra en Anderson (1926) como la Popa Group, pero es Bürgl en 1957 quien le da el nombre de Formación la Popa a los estratos que conforman el cerro de la Popa en Cartagena.

La edad de la Formación la Popa ha sido muy discutida; Anderson (1926) la consideró Pliocena; Link (1927) la considera del Pleistoceno inferior; Royo y Gómez (1950) postula que es del Mioceno superior. Con base en las muestras micropaleontológicas recolectadas por geólogos del INGEOMINAS en el Departamento del Atlántico, durante el Proyecto Caribe, se asume que esta formación es del Pleistoceno. Con base en la litología se puede establecer que esta unidad es correlacionable con las Margas de Salgar y Barranquilla (Anderson, 1929).

4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LA INFORMACIÓN.

La base de datos que permite la elaboración del plano corresponde a 120 sondeos exploratorios y los ensayos de laboratorio realizados en las investigaciones que por cerca de 20 años se han realizado en el programa de Ingeniería Civil en la Corporación Universidad de la Costa.

Los suelos localizados en la zona de estudio presentan características similares a las establecidas en otros estudios como los de Ingeominas [3]. A fin de estandarizar la denominación de los suelos en Barranquilla, la denominación de los suelos localizados en la zona de estudio es similar a la de los suelos coincidentes establecidos en la literatura de Ingeominas. En general, las características de estos suelos son:

4.1. Rocas Calizas Arrecifales.

Corresponden al conjunto superior de la formación La Popa. Presentan color amarillo a crema y están compuestas por fragmentos de conchas y de especies fósiles. En general estas calizas tienen buena estabilidad, resistencia a la compresión alta a muy alta y es excavable con métodos mecánicos o con explosivos. En algunos sectores la roca se encuentra moderadamente meteorizada y fracturada.

En general, este material se encuentra al occidente del centro comercial Buenavista, al oriente del centro comercial Miramar y al norte en la zona de canteras de cementos Argos. En el sector norte donde se presentan estratos que se acuñan, hasta de 4 metros de espesor, con abundantes corales en forma de tallo y fragmentos de otros tipos de corales.

4.2. Roca Calizas alcalinosa.

Corresponden al conjunto superior de la formación La Popa. Se localizan en zonas con morfología plana a ligeramente ondulada con presencia de escasa vegetación. Presentan una plasticidad baja, son hidrosolubles, con tacto jabonoso y se disgregan fácilmente generando abundante polvo, con muy baja resistencia al corte.

Son ligeramente limosa, con aspecto de tiza, son dispersivas y presentan color gris crema a rosado claro.

El espesor de este estrato es de hasta de 4 metros y en algunos sectores presenta costras de malaquita de color verdoso. Aflora hacia el sector norte del área en inmediaciones de las canteras de Cementos Argos y al norte de la carrera 65 en el barrio Riomar.

4.3. Arenas.

Son sueltas a pobremente compactadas asociadas a los estratos de la Formación Las Perdices. Se caracteriza por presentar alta porosidad y permeabilidad, baja compresibilidad y consistencia. Se componen de arenas de grano fino a grueso, deleznable, compuesta por granos subangulares a subredondeados, de color gris a marrón, con tintes rojizos de oxidación. Se intercalan lentes de arena gravosa con granos subredondeados constituidos por cuarzo y chert.

Estas arenas generan morfología ondulada de suave a plana. Se localizan en los alrededores de la avenida Olaya Herrera, en el sector de las canteras de Cementos Argos, en el barrio Villa Santos, en la parte alta y baja de Campo Alegre, en el barrio La Pradera y al occidente del centro comercial Buenavista hasta la avenida Circunvalar, donde se presentan arenas intercaladas con niveles delgados de calizas arrecifales.

4.4. Médanos.

Depósitos eólicos que corresponden a sedimentos transportados por el viento. Presentan alta porosidad y permeabilidad, baja compresibilidad y consistencia. En el área de estudio presentan color gris amarillento a gris oscuro. Constan de arenas muy sueltas, de grano fino a medio. Su espesor es inferior a 20 metros y varía de acuerdo a los cambios de morfología. Se localizan en la parte norte del área en estudio, cubriendo los sectores de las canteras de cementos Argos, alrededores de la vía Circunvalar en la zona industrial.

4.5. Arcilla.

Corresponden a la formación Perdices y afloran en sectores como Villa Santos, Campo Alegre y el barrio el Bosque. En general, son de comportamiento expansivo moderado, ya que poseen caolinitas e illitas y muy pocas como las del Barrio el Bosque poseen Montmorillonita.

Se presenta un corte del perfil estratigráfico de Barranquilla que corresponde a un corte elaborado de este a oeste paralelo a la vía circunvalar desde el sector de la cantera de Argos hasta la intersección de la calle 17 con el boulevard de Simón Bolívar. [4].

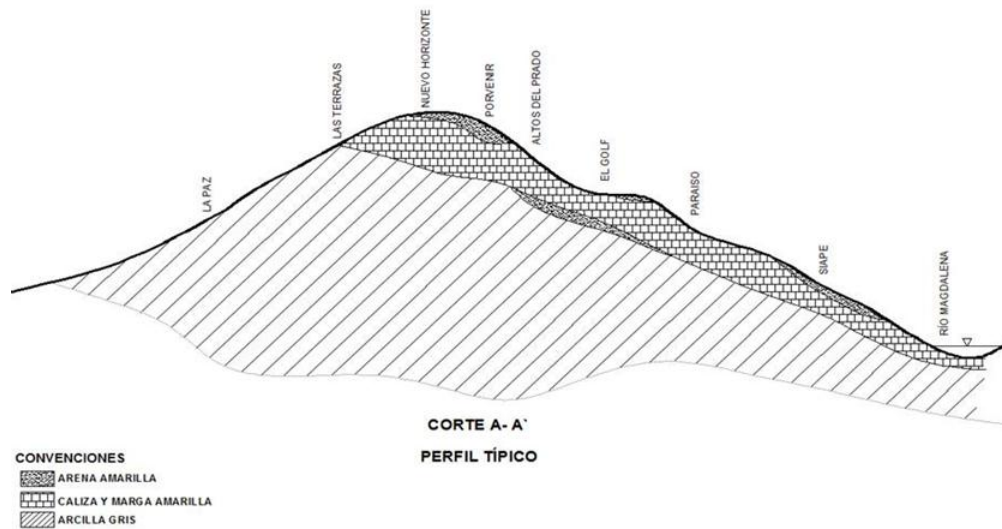


Figura 2. Perfil estratigráfico típico de Barranquilla

5. CONCLUSIONES

Como producto de la investigación se clasificaron los suelos presentes en los registros de perforación al utilizar el sistema unificado de clasificación de suelos [6] y se construyeron los perfiles estratigráficos que permite establecer para cualquier lugar de la ciudad los materiales que conforman el perfil estratigráfico. A continuación se presenta los cortes horizontales de los perfiles estratigráficos correspondientes a las profundidades de un metro, tres metros y ocho metros de profundidad. Las propiedades de los suelos corresponden a las establecidas en las investigaciones realizadas durante más de 20 años en el programa de Ingeniería Civil de la Universidad de la Costa. [7], [8] y [9].

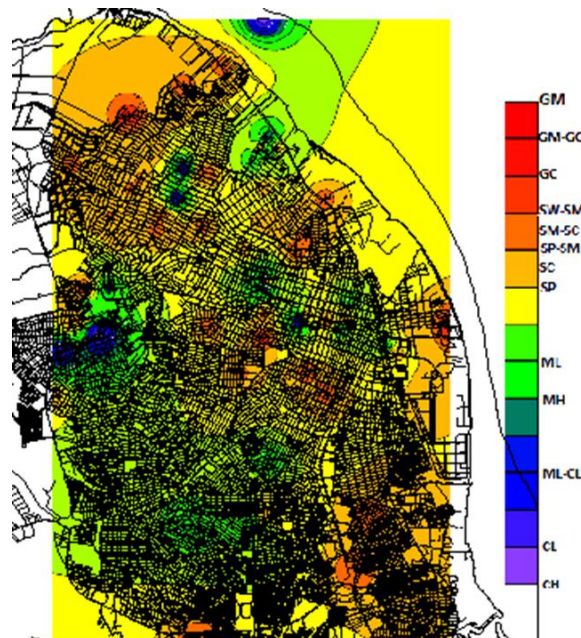


Figura 3. Corte de la estratigrafía horizontal a un metro de profundidad

La figura 3 corresponde a un corte horizontal a la profundidad de un metro, donde se observa que los suelos presentes son gravas, arenas, limos y arcillas con las características físicas establecidas con anterioridad en este documento.

Las gravas se localizan en el norte de la ciudad, las arcillas claramente se definen en algunos sectores como son el noroccidente y en el sur de Barranquilla, mientras que las arenas se localizan en el centro y nor oriente de la ciudad.

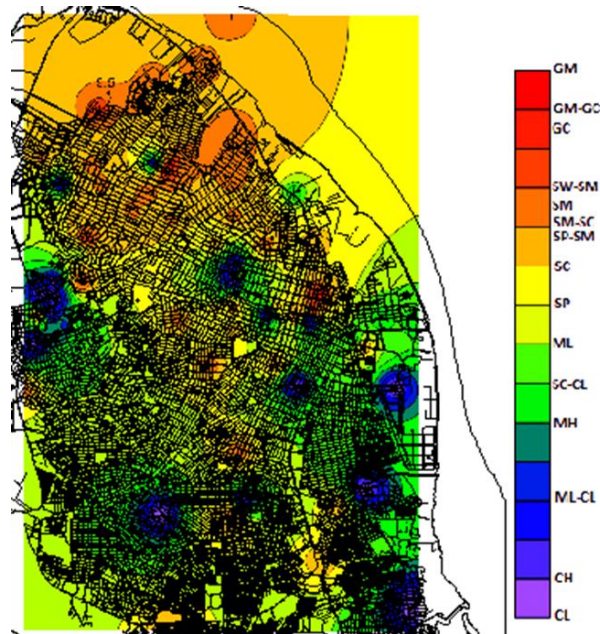


Figura 4. Corte de la estratigrafía horizontal a 3 metros de profundidad

La figura 4 presenta un corte horizontal del perfil estratigráfico de la ciudad, donde se evidencia continuidad general de los estratos presentados a un metro de profundidad en la figura 3. Solo se resalta que a esta profundidad desaparece el estrato de limo de baja compresibilidad ubicado en el norte de la ciudad, subyaciendo sobre este una grava y arena caliza conocida como caliche.

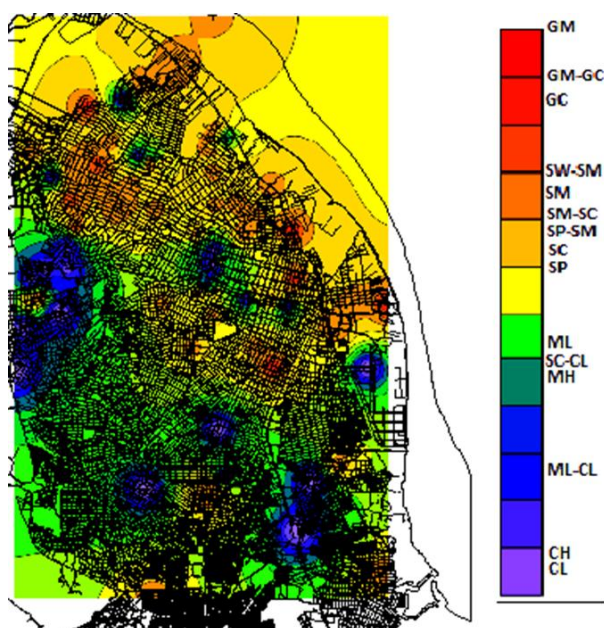


Figura 5. Corte de la estratigrafía horizontal a 8 metros de profundidad.

La figura 5 presenta el corte horizontal a los 8 metros de profundidad. Se puede apreciar que a esta profundidad, los estratos son significativamente similares a los estratos presentados a la profundidad de un metro y tres metros; sin embargo, en el centro oriente de la ciudad se aprecia cómo se amplía el estrato de limo arcilla de baja compresibilidad.

En general, las arcillas presentan propiedades disimiles que corresponden a los tipos de minerales arcillosos presentes en su estructura o esqueleto. La mayor parte de las arcillas corresponden a las Illitas, especialmente en los barrios Campo Alegre, Villa Santos y la Terrazas. Las arcillas del Barrio el Bosque se enmarcan entre Illitas y Montmorillonitas.

Las arcillas del barrio El Bosque presentan un grado de dispersión intermedio donde los suelos se erosionan lentamente, pero las arcillas presentes en el resto de la ciudad presentan poca dispersibilidad. En resumen, las arcillas de Barranquilla categorizadas por sectores o barrios presentan las siguientes propiedades:

PROPIEDADES DE LAS ARCILLAS	BARRIO			
	BOSQUE	VILLA SANTOS	CAMPO ALEGRE	LAS TERRAZAS
Límite Líquido (%)	85 - 108	56 - 82	35 - 57	63 - 84
Límite Plástico (%)	40 - 52	30 - 65	23 - 31	32 - 49
Densidad (Ton/m ³)	1,60 - 1,71	1,70 - 1,91	1,89 - 2,10	1,67 - 1,93
Gravedad específica relativa de los sólidos	2,60 - 2,84	2,60 - 2,89	2,63 - 2,81	2,60 - 2,83
Cohesión (kg/cm ²)	0,37 - 1,56	0,15	0,34 - 3,79	0,23 - 2,19

Tabla 1. Propiedades físicas y mecánicas de las arcillas en Barranquilla

Las arenas y los caliches son los suelos más conocidos de la ciudad y se caracterizan por sus buenas propiedades físicas y mecánicas, lo que permite obtener aceptables capacidad de carga en la construcción de cualquier tipo de edificación.

En resumen las propiedades de estos materiales son:

Los médanos se clasifican según el sistema unificado de clasificación de suelos como un SP-SM y un SM; es decir, una arena fina con presencia significativa de limos en un porcentaje que oscila entre el 8% y el 17%. La gravedad específica de los sólidos varía entre 2,70 y 2,80, mientras que la densidad está entre 1,40 y 1,50 gr/cm³.

Las rocas calizas tanto arrecifales como alcalinas presentan diversas clasificaciones tales como GM, SM y ML según el sistema unificado de clasificación de suelos. Corresponden a rocas limosas que han sufrido un proceso de desintegración mecánica, Este proceso de meteorización produce un tamaño de partículas más pequeño, pero que la composición química y mineralógica del material es similar. Presentan restos de fósiles marinos y una matriz hidrosoluble.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Reglamento colombiano de Construcción Sismo Resistente –NSR-10. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Bogotá, 2010. Disponible en: <http://camacol.co/informacion-tecnica/nsr-10>.
- [2] Alcaldía Distrital de Barranquilla. Código de Laderas del Distrito de Barranquilla. 2005
- [3] Instituto Colombiano de Geología y Minería –Ingeominas. Zonificación de amenaza por movimientos en masa de las laderas occidentales de Barranquilla, Departamento del Atlántico. 2011
- [4] Santodomingo, Antonio y Del Toro Donaldo. Corporación Universidad de la Costa. Estudio geotécnico de la Costa Atlántica. Tesis de grado. 1982.
- [5] Alcaldía de Barranquilla. Zonificación de amenazas por movimiento en masa de las laderas occidentales. Disponible en: http://www.barranquilla.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=3034:zonificacion-de-amenaza-por-movimientos-en-masa-de-las-laderas-occidentales-de-barranquilla-departamento-del-atlantico&catid=53&Itemid=235
- [6] INVIAS. Especificaciones Generales de construcción de carreteras y normas de ensayo para materiales de carreteras. Disponible en: <http://www.invias.gov.co/index.php/documentos-tecnicos-izq>
- [7] Cabarcas Rangel, Gustavo. Caracterización de las propiedades mecánicas de los suelos calcáreos (caliche) en estado seco y saturado de las canteras de Barranquilla para ser utilizadas como relleno estructural en la cimentación de edificios. Trabajo de grado. Corporación Universidad de la Costa. 2005.
- [8] Baró Garzón, Ramón. Caracterización geotécnica de los caliches en la ciudad de Barranquilla. Trabajo de grado. Corporación Universidad de la Costa. 1900
- [9] Cantillo Pérez, Yamil Antonio. Determinación de parámetros de resistencia de las arcillas en Barranquilla, con equipo de compresión confinada y correlación con resultados con equipo triaxial. Trabajo de grado. Corporación Universidad de la Costa. 1991.