

TESIS



**EVALUACIÓN DE LOS DESLIZAMIENTOS DE LOS
CERROS LEONARDI Y ALEMÁN DE LA
FORMACION EL MILAGRO, SECTOR VALLE FRÍO,
PARROQUIA SANTA LUCÍA. MARACAIBO**

Ysabel Sanguino Femayor

Página legal

Título de la obra: Evaluación de los deslizamientos de los cerros Leonardi y Alemán de la formación El milagro, sector Valle frío, parroquia Santa Lucía. Maracaibo, 67 pp.
Editorial Digital Universitaria de Moa, año.2015 -- ISBN:

1. Autor: Ysabel Sanguino Femayor
2. Institución: Instituto Superior Minero Metalúrgico " Dr. Antonio Núñez Jiménez"

Edición: Lic. Liliana Rojas Hidalgo
Corrección: Lic. Liliana Rojas Hidalgo
Digitalización. Miguel Ángel Barrera Fernández



Institución de los autores: ISMM " Dr. Antonio Núñez Jiménez"
Editorial Digital Universitaria de Moa, año 2015

La Editorial Digital Universitaria de Moa publica bajo licencia Creative Commons de tipo Reconocimiento No Comercial Sin Obra Derivada, se permite su copia y distribución por cualquier medio siempre que mantenga el reconocimiento de sus autores, no haga uso comercial de las obras y no realice ninguna modificación de ellas.

La licencia completa puede consultarse en:
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/ar/legalcode>
Editorial Digital Universitaria
Instituto Superior Minero Metalúrgico
Ave Calixto García Iñiguez # 75, Rpto Caribe Moa 83329, Holguín Cuba
e-mail: edum@ismm.edu.cu
Sitio Web: <http://www.ismm.edu.cu/edum>

Instituto Superior Minero Metalúrgico

“Dr. Antonio Núñez Jiménez”

Facultad de Geología y Minería

Departamento de Geología

**EVALUACIÓN DE LOS DESLIZAMIENTOS DE LOS CERROS LEONARDI
Y ALEMÁN DE LA FORMACION EL MILAGRO, SECTOR VALLE FRÍO,
PARROQUIA SANTA LUCÍA. MARACAIBO.**

Tesis para optar al título académico de Máster en Geología

Autora: Geol. Ysabel Sanguino Femayor

Mayo, 2015

Instituto Superior Minero Metalúrgico

“Dr. Antonio Núñez Jiménez”

Facultad de Geología y Minería

Departamento de Geología

**EVALUACIÓN DE LOS DESLIZAMIENTOS EN LOS CERROS LEONARDI
Y ALEMÁN DE LA FORMACIÓN EL MILAGRO, SECTOR VALLE FRÍO,
PARROQUIA SANTA LUCÍA. MARACAIBO.**

Tesis para optar al título académico de Máster en Geología

Autora: Geol. Ysabel Sanguino Femayor

Tutor: DrC. Rafael Guardado Lacaba

Mayo, 2015

ÍNDICE

	Pág
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I. Características de las condiciones ingeniero geológicas de la región del cerro Leonardi y cerro Alemán.....	7
1.1. Estado del arte.....	7
1.2. Ubicación.....	11
1.3 Condiciones del relieve e hidrografía de la región.....	12
1.3.1 Hidrografía.....	14
1.3 2 Condiciones climáticas.....	14
1.4 . Vegetacion.....	16
1.5 Geología.....	18
1.6. Litología.....	19
1.7. Condiciones ingeniero geologicas de los suelos de la región.....	21
1.8 procesos y fenomenos geológicos de la región.....	23
1.8.1 Lluvias.....	23
1.8.2 Sismisidad.....	24
CAPITULO II Procedimiento ingeniero geológico para el estudio de los deslizamientos en los cerros Leonardi y Alemán de la parroquia santa Lucía, aracaibo.....	28
2.1 Introducción.....	28
2.2 Estudio básico, revisión y análisis de información temática Existente.....	28
2.2.1 Información de testigos presenciales.....	29

ÍNDICE

Continuación...	Pág.
2.2.2. Análisis de productos de sensores remotos.....	29
2.2.3 Análisis del terreno y cartografía preliminar.....	29
2.2.4 Inventario de movimientos en masas.....	30
2.3. Investigaciones preliminares del subsuelo.....	30
2.3.1 Reconocimiento	30
2.3.2 Investigación del subsuelo.....	31
2.3.3 Geofísica.....	31
2.3.4 Instrumentación.....	32
2.3.5 Análisis.....	32
2.3.6 Informes.....	32
2.4. Caracterización geomecánica donde se desarrollan los deslizamientos.....	33
2.5 Factor de seguridad.....	36
Capitulo III EVALIACIÓN INGNIERO GEOLÓGICO DE LA OCURRENCIA DE LOS DESLIZAMIENTOS EN EL SECTOR VALLE FRÍO, PARROQUIA SANTA LUCIA. MARACAIBO.	39
3.1 Introducción.....	39
3.2 Tipos de deslizamientos.....	39
3.3 Evaluación geotécnica.....	42
3.3.1 Recopilación y evaluación de la información existente.....	43
3.3.2 Reconocimiento en campo.....	43
3.3.3 Toma de muestras.....	44

3.4. Actividades geotécnicas realizadas en el área de estudio.....	46
3.5 Evaluación de los deslizamientos en el territorio.....	53
3.5.1 El agua como elemento disparador de los deslizamientos en el territorio.....	53
3.5.2 Sismicidad como elemento disparador de los deslizamiento en la zona.....	54
CONCLUSIONES.....	61
RECOMENDACIONES.....	62
BIBLIOGRAFÍA.....	63
ANEXOS.....	67

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1.1 Ubicación geográfica del municipio Maracaibo.....	11
FIGURA 1.2 Ubicación geográfica de la parroquia Santa Lucía.....	12
FIGURA 1.3 Ubicación geográfica del área de estudio.....	13
FIGURA 1.4 Refuerzo de superficie de rotura por las raíces.....	18
FIGURA 1.5 Mapa geológico regional.....	19
FIGURA 1.6 Mapa geológico estructural.....	20
FIGURA 1.7 Eventos sísmicos de 2010.....	26
FIGURA 1.8 Eventos sísmicos de 2011.....	27
FIGURA 2.1 Procedimiento general, estudio de deslizamiento.....	30
FIGURA 3.1 Caída de rocas.....	40
FIGURA 3.2 Deslizamiento por estratificación.....	41
FIGURA 3.3 Deslizamiento en cuña.....	41
FIGURA 3.4 Esquema de flujos.....	42
FIGURA 3.5 Registro de los resultados de los análisis	44
FIGURA 3.6 Diagrama de concentración	48
FIGURA 3.7 Proyecciones estereográficas	52
FIGURA 3.8 Visión tridimensional de la variación del espesor de relleno	55
FIGURA 3.9 Biomantas.....	58
FIGURA 3.10 Gunitado.....	59

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1.1. Componentes de las planta y sus funciones.....	16
Tabla 1.2 Valores de la resistividad unitaria de las muestras.	22
Tabla 1.3 Resultados de los límites de consistencia.....	22
Tabla 1.4 Sismos registrados en Agosto de 2005.....	25
Tabla 2.1 Calidad del macizo.....	33
Tabla 2.2 Identificación del grado de meteorización.....	35
Tabla 2.3 Clasificación en base a la resistencia de la roca.....	36
Tabla 2.4 Condiciones de estabilidad cinemática.....	37
Tabla 2.5 Rango de seguridad.....	37
Tabla 2.6 Rango de factor de seguridad (colores estándar).....	38
Tabla3.1 Tipos de deslizamientos.....	39
Tabla 3.2 Clasificación basada en SUCS.....	45
Tabla 3.3 Humedad natural.....	45
Tabla 3.4 Ensayos granulométricos.....	47
Tabla 3.5 Datos de Jv. Y su RQD.....	50
Tabla 3.6 Posibilidad de deslizamientos.....	54

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1.1 Temperatura promedio de Maracaibo.....	69
Anexo 1.2. Análisis de muestras.....	70
Anexo 1.3. Análisis climático y sísmico.....	71
Anexo 2.1. Mapa de estabilidad cinemática.....	72
Anexo 3.1. Curvas granulométricas de las muestras.....	73
Anexo 3.2. Ensayos granulométricos.....	74
Anexo 3.3. Mapa topográfico del área de estudio.....	75
Anexo 3.4. Bloque diagramático del área de estudio.....	76
Anexo 3.5. Mapa geológico del área.....	77
Anexo 3.6. Mapa Geomorfológico.....	78

INTRODUCCIÓN

El crecimiento incontrolado de las ciudades del país de mayor índice de expansión, hacia los espacios abiertos periurbanos se acompaña, desde hace algunos años, de un número creciente de accidentes o vicios geotécnicos. Ellos, vienen causando daños de consideración en las viviendas e infraestructuras de servicios, y son responsables incluso, de numerosas pérdidas de vidas humanas, tal como lo señala Pérez (2001 a). A menudo, estas desgracias son ocasionadas por vicios imprevistos del subsuelo, e inherentes a la naturaleza geológica de los sitios urbanizados. Pero ocurre también, que los daños se deben al desmejoramiento de la estabilidad de los terrenos como consecuencia del impacto eco geológico de las construcciones y de las modificaciones de la topografía por parte de los urbanismos no controlados.

En efecto, el crecimiento demográfico que ha experimentado la población venezolana en las últimas décadas y su concentración en los principales centros urbanos, es evidente. Tan solo entre los años 1950 y 2001, el volumen de población se incrementó 4,6 veces al pasar de 5 a 23,3 millones de habitantes y como consecuencia, el país experimentó un acelerado proceso de urbanización. Dentro de este acelerado proceso de crecimiento poblacional se destacan extensos barrios que rodean las principales ciudades del país, generalmente en espacios que no fueron contemplados en los planes de ordenamiento territorial, ni en áreas de expansión urbana de las ciudades como aptos para establecer urbanizaciones, lo que genera transformaciones antropogénicas negativas en el espacio.

Los deslizamientos son uno de los procesos geológicos más destructivos, que causan miles de muertes y daño en las propiedades por valor de decenas de billones de dólares cada año (Brabb, 1989); sin embargo, muy pocas personas son conscientes de su importancia. El 90% de las pérdidas por deslizamientos son evitables si el problema se identifica con anterioridad y se toman medidas de prevención o control (Montiel, 2009).

Los diferentes deslizamientos que han ocurridos a nivel nacional han puesto de manifiesto en los últimos años la necesidad de enfrentar estos problemas

desde un enfoque más integral. La falta de planes de ordenamiento territorial genera transformaciones antropogénicas negativas. La acción antrópica es la principal culpable, debido a que interviene de manera descontrolada en los procesos naturales, como la ubicación de población en los cauces de los ríos, en las bases o cimas de los cerros, la modificación de la topografía del terreno y el hacinamiento, entre otros, estas situaciones aceleran la inestabilidad del terreno y originan daños irreparables a la comunidad.

En este sentido, en el área de estudio, la población se ha asentado en una zona que es propensa a ser afectadas por procesos de deslizamientos provocados por lluvias y ante la proximidad de estos fenómenos climatológicos, se ve la necesidad de realizar un estudio y llevar a cabo acciones rápidas y eficientes, para minimizar, en la medida de lo posible, los daños materiales y la pérdida de vidas humanas que pueda producirse con nuevos deslizamientos.

Debido a las lluvias acaecidas en Maracaibo durante los periodos de invierno de 2005 se puso en evidencia la vulnerabilidad del territorio ante este fenómeno natural. Los principales problemas que generaron las lluvias estaban relacionados con los deslizamientos. Varios de ellos ocurridos en el sector Valle Frio, donde se deslizo parte del talud afectando varias viviendas y poniendo en peligro las personas que allí habitan.

La situación planteada, causa alarma en la población urbana desprevenida contra los efectos destructivos de fenómenos tradicionalmente localizados en el campo, pero de incidencia socioeconómica comparativamente más grave en la ciudad, debido al nivel de concentración de la población en espacios muy reducidos. La magnitud de los problemas confrontados en épocas de lluvia en diversos barrios y urbanizaciones de la ciudad de Maracaibo, está conduciendo a una toma de conciencia cada vez más clara por parte de la opinión pública, acerca de la responsabilidad que tienen los patrones de urbanismo vigentes y la tecnología actual del acondicionamiento geotécnico de los terrenos, en el deterioro de las condiciones de habitabilidad y hasta en la inseguridad de las viviendas y servicios.

Las laderas naturales, han sido alteradas debido a la actividad de la población que vive en esa zona. La construcción de viviendas, la apertura de zanjas para las aguas servidas y los cortes de laderas son algunas de las acciones que los pobladores que habitan el sector valle Frio han llevado a cabo. No se han tomado acciones de cara a prevenir la posible inestabilidad de las zonas contiguas al deslizamiento especialmente de las zonas situadas arriba de la cabecera y abajo al pie del talud, ni tampoco se han implementado medidas de corrección en la zona donde se produjo el deslizamiento y donde cedió la vivienda.

Ante la proximidad de fenómenos climatológicos similares y teniendo en cuenta que estos taludes son muy susceptibles a deslizamientos provocados por lluvia, se hace necesario la realización de este estudio.

Esta investigación está enfocada en evaluar los deslizamientos de los taludes de los cerros Leonardi y Alemán en el sector Valle Frío, se logra a través del análisis de las condiciones ingeniero geológicas: características litológicas, geotécnicas, geomorfológicas, estructura geológicas, geodinámicas y de otros factores los elementos causales y condicionales que ocasionan la inestabilidad y los deslizamientos. En estos taludes aparecen diversos tipos de desprendimientos lo que están condicionados por las acciones ingeniero geológicas y de las condiciones antrópicas que conduce a generar el problema del desconocimiento de las causales y condicionales que provocan estos deslizamientos y su estabilización.

El problema la investigación se centró en la evaluación de los deslizamientos que tienen lugar en el sector Valle Frio de la Parroquia Santa Lucia. Maracaibo.

Objetivo General

Evaluar la inestabilidad de los taludes de los cerros Leonardi y Alemán y de los deslizamientos que han tenido lugar en el sector Valle Frío, parroquia Santa Lucía, municipio Maracaibo, estado Zulia.

Objetivos Específicos

1. Analizar las condiciones ingeniero geologías del territorios y los factores condicionantes y desencadenantes de los deslizamientos en los taludes de los cerros Leonardi y Alemán de la formación El Milagro.
2. Establecer un procedimiento metodológico de estudio de los deslizamientos en los taludes de los cerros Leonardi y Alemán de la formación El Milagro.
3. Evaluamos los elementos ingeniero geológicos causales, condicionales y los elementos de inestabilidad de los deslizamiento en los taludes de los cerros Leonardi y Alemán de la formación El Milagro.

Hipótesis

Si logramos establecer los elementos cáusale, condicionales y disparadores de los deslizamientos a través de las condiciones ingeniero geológicas podemos determinar los elementos de estabilidad y solución de los deslizamientos en los taludes de los cerros Leonardi y Alemán de la formación El Milagro y que puede ser de gran utilidad para las tareas de Ordenamiento Territorial y la reducción de los efectos de los Desastres Naturales en la Parroquia Santa Lucia.

Esta investigación pretende cubrir el estudio de los deslizamientos ocurrido en los cerros Leonardi y Alemán y alcanzar en ellos su reducción y estabilización. Para ello, se estudian y se determinan sus propiedades geotécnicas del medio geológico y posteriormente, se establece un sistema de medidas para su estabilización de los suelos y rocas así como de su comportamiento. De tal forma, que se pretendió obtener una información fiable de la evolución del factor de seguridad en los taludes, a fin de poder emitir recomendaciones sobre su estabilidad.

Por otra parte, esta investigación genera una novedad científica, aportes sociales, aportes científicos y aportes medioambientales, que se describen a continuación:

Novedad Científica

- El Diseño de un procedimiento para la estabilización de los taludes en el área de estudio
- La implementación de técnicas estabilizadoras ante los posibles deslizamientos y la aplicación de las técnicas de ingeniería para el control de los taludes
- los métodos propuestos podrán aplicarse en otras áreas similares de Venezuela que requieran estos estudios para la estabilización de los taludes y en la toma de decisiones en el proceso del Ordenamiento Territorial que se pueda realizar en el transcurso del tiempo por alguna institución, sea ésta gubernamental o privada.

Aportes científicos

- Caracterización de las condiciones ingenierías geológicas del medio geológico y determinación de los elementos causales, condicionales y disparadores de los deslizamientos

- Selección de técnicas de protección de taludes que garantizan su estabilidad

Aportes sociales

- Incremento de la calidad de vida de las comunidades y del entorno.
- Mitigación de los deslizamientos de la comunidad y del entorno.
- Definir la tecnología para la estabilización de los taludes

Aportes medioambientales

- Eliminación de los impactos geoambientales de la región.
- Integración paisajística del entorno.
- Recuperación gradual y la estabilidad de los taludes

CAPITULO I. CARACTERIZACIÓN DE LAS CONDICIONES INGENIERO GEOLÓGICAS DE LA REGIÓN DE LOS CERROS LEONARDI Y ALEMÁN DE LA FORMACIÓN EL MILAGRO, PARROQUIA SANTA LUCÍA.

Introducción

El presente capítulo constituye la base conceptual del tópico de estudio Aquí se precisa la información necesaria que luego se traslada al escenario de la problemática asociada a los deslizamientos para su posterior evaluación

1.1 Estado del arte

El termino deslizamientos en masa incluye todos aquellos movimientos ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras por efectos de la gravedad (Cruden, 1991). Algunos movimientos en masa, como la reptación de suelos, son lentos, a veces imperceptibles y difusos, en tanto que otros, como algunos deslizamientos pueden desarrollar velocidades altas y pueden definirse con límites claros, determinados por superficies de rotura (Crozier, 1999a, en Glade y Crozier, 2005).

Es de gran utilidad para la comunicación de ideas en torno a los movimientos en masa, en cualquier lenguaje, la definición formal que describa los aspectos únicos que caracterizan a cada tipo de movimiento y que pueda emplearse para diferenciarlo de los otros. En esta sección se incluyen definiciones de esa clase.

En la literatura científica se encuentran muchas clasificaciones de movimientos en masa; la mayoría de ellas se basan en el tipo de materiales, los mecanismos de movimiento, el grado de deformación del material y el grado de saturación Las clasificaciones de movimientos en masa de Varnes (1958, 1978) y Hutchinson (1968, 1988) son, hoy en día, los sistemas más ampliamente aceptados en el mundo de habla inglesa e hispana. Varnes (1958 y 1978) emplea como criterio principal en la clasificación, el tipo de movimiento y en segundo lugar, el tipo de material. Así, divide los deslizamientos en cinco tipos: caídas, vuelcos, deslizamientos, propagaciones y flujos. Además, divide los materiales en dos clases: rocas y suelos, estos últimos subdivididos en detritos y tierra. De esta manera,

presenta definiciones para varias posibles combinaciones de tipo de movimiento y material.

Es común encontrar en la literatura terminología que no es consistente y definiciones ambiguas para los distintos tipos de movimientos en masa. Como un ejemplo de la ambigüedad resultante de usar el tipo de movimiento como atributo de clasificación, Hungr et al., (2001) mencionan los *flujos de tierra* en la clasificación de Varnes los cuales son conocidos como *deslizamientos de lodo* en la clasificación de Hutchinson. Numerosas observaciones de campo han demostrado que tales movimientos en masa se mueven predominantemente por *deslizamiento* a lo largo de superficies de corte discretas, y no por flujo (Hutchinson, 1970; Brunsden, 1984).

Cruden y Varnes (1996) propusieron modificaciones a la clasificación de Varnes (1978) que introducen un marco taxonómico multidimensional. No obstante, ciertos términos básicos definidos en clasificaciones previas y sus equivalentes en otros idiomas se han arraigado en el vocabulario, tanto de especialistas, como del público y por lo tanto es difícil que aquellos desaparezcan (Hungr et al., 2001). Cruden y Varnes (1996) asignan términos específicos a cada fase de movimiento, sin embargo, dado que la mayoría de los movimientos en masa son más o menos complejos y presentan varias fases, sistemas como éste conducen a nombres largos y complicados. Un ejemplo del uso de la clasificación de Cruden y Varnes (1996) sería “vuelco de rocas y deslizamiento de roca complejo” empleado para designar a un movimiento denominado por otros autores, vuelcos en bisagra (chevron). Para efectos de comunicación es más apropiado asignar términos cortos y simples a cada evento. Hungr et al. (2001) presentan un ejemplo de este tipo de clasificación simple, aplicada a los movimientos en masa particularmente del tipo flujo.

Es importante tener en cuenta que en la práctica es difícil asignar un movimiento en masa a una clase en particular, debido a que la mayoría de los procesos son bastante complejos y presentan diferentes comportamientos a lo largo de su trayectoria, debido a las propiedades de los materiales involucrados, mencionadas antes. Además hay factores externos que influyen en el tipo de movimiento, por ejemplo, mientras que

una determinada ladera pudiera fallar como deslizamiento traslacional en condiciones de humedad moderada, el mismo deslizamiento se puede transformar en una avalancha o un flujo de detritos en condiciones de mayor humedad, aumentando la longitud de su recorrido (Crozier y Glade, 2005).

En Evans y Hungr (1993) se pueden consultar ejemplos de caída de roca fragmentada. Los acantilados de roca son usualmente la fuente de caídas de roca, sin embargo también puede presentarse el desprendimiento de bloques de laderas en suelo de pendiente alta.

En un macizo rocoso, los mecanismos de falla ocurren cuando una discontinuidad geológica tiene una dirección aproximadamente paralela a la de la cara del talud y buza hacia esta con un ángulo mayor que el ángulo de fricción (Hoek y Bray, 1981). En los casos en que la traslación se realiza a través de un solo plano se denomina deslizamiento planar (Hoek y Bray, 1981). Ambos autores desarrollaron la teoría Geomecánica de hoy.

Durante las últimas décadas se han implementado numerosas estrategias para la gestión de riesgos por deslizamientos. La experiencia obtenida en muchos países estimula el uso de mapas de zonificación de amenaza y riesgo para el ordenamiento territorial y la gestión de emergencias (Cascini et al., 2005).

En la presente investigación en la selección de metodologías en el estudio y mapeo de los peligros por deslizamiento se trata de presentar una guía metodológica detallada para el estudio de los deslizamientos en el territorio del sector Valle Frio. Así, al tratar de satisfacer la necesidad tanto de análisis cada vez más cuantitativos, como de mapas que permitan comparaciones con otros mapas de deslizamientos, o el análisis de criterios de riesgo tolerable la autora estudio las publicación del JTC-1 (Comité Técnico Conjunto de las asociaciones ISSMGE, ISRM y IAEG), *Guía para la zonificación de amenazas, susceptibilidad y riesgo para planificación del uso del suelo*, como bibliografía que incluye elementos útiles, como por ejemplo, propuestas de clases para niveles de amenazas y riesgo, además, sugerencias de leyendas para clases.

Los primeros trabajos en el uso espacial de la información en el contexto digital para la cartografía de la susceptibilidad por deslizamientos aparecen en los años 70. Entre los primeros se destacan Carrara (1977) en Italia y Brabb (1978) en California. Se han hecho esfuerzos por estandarizar a través de una nomenclatura para la valoración de los deslizamientos (IAEG-Comisión de deslizamientos, 1990; UNESCO-WP/WLI, 1993); (IUGS-Grupo de trabajo de los deslizamientos, 1995), Cruden, 1996, realizan un trabajo para obtener el tamaño del deslizamiento y las medidas para mitigar y disminuir la acción de los deslizamientos.

En los trabajos presentados por Crude (1996) aparecen los factores y mecanismos de fallas de los diferentes tipos de deslizamientos que tienen lugar en el medio geológico. Estos autores incluyen además los elementos de geomorfometría, geología, tipo de suelo e hidrología. (Soeters, 1996), en su trabajo exponen los resultados de la cartografía por deslizamientos basada en el análisis de imagen en los laboratorios y los sensores remotos aplicando métodos geomorfológicos y el análisis de suelos en laderas. (Ibsen, 1996); Lang, *et al.*, (1999); Glade, (2001), en este orden de aparición se destacan los trabajos de la cartografía según un inventario de deslizamientos (diagnóstico por deslizamientos de un área).

Van Westen, (2004-2005) ofrece una tabla donde se toma en consideración cuatro grupos para la evaluación de la susceptibilidad y la peligrosidad (Glade, 2005) publican un artículo tomando los diferentes factores que inciden en los tipos y mecanismos por deslizamientos y analizan su incidencia con los elementos meteorológicos y los efectos hidrológicos según los diferentes meses del año y propone un análisis geodinámico en un periodo de 10 años. Schuster y Kockelman (1996) proponen una serie de principios y metodologías para la reducción de peligrosidad por deslizamiento, utilizando sistemas de prevención, los cuales requieren de políticas del Estado, la colaboración y toma de conciencia por parte de las comunidades.

Almaguer, Y., en el 2005, en su tesis doctoral "Evaluación de la Susceptibilidad del Terreno a la Rotura por Desarrollo de Deslizamientos en el Yacimiento Punta Gorda", evalúa los niveles de susceptibilidad del

terreno a la rotura por desarrollo de deslizamientos en este yacimiento lo que le permite establecer criterios de estabilidad de taludes y laderas. Estos sirven de base para futuras evaluaciones de riesgos para prevenir o mitigar los daños derivados de estos fenómenos. Emplea una metodología que parte de la confección del mapa inventario de deslizamientos.

1.2 Ubicación

La presente investigación fue desarrollada en el sector Valle Frío, parroquia Santa Lucía, municipio Maracaibo, estado Zulia y abarca una superficie de 16,18 hectáreas (161.897,44 mts²). El municipio Maracaibo se encuentra ubicado en la parte occidental del estrecho del Lago de Maracaibo. Limita al norte, con el municipio Mara; al sur, con el municipio San Francisco; al este, con el lago de Maracaibo y al oeste, con el municipio Jesús Enrique Lossada. (Figura1.1).



Figura 1.1. Ubicación geográfica del municipio Maracaibo Fuente: Autor (2015)

Abarca una superficie de 419 km², lo que representa el 0,78% de la superficie total del estado Zulia. Tiene como capital la ciudad de Maracaibo, centro político – administrativo de la región zuliana. Políticamente se encuentra dividido en dieciocho (18) parroquia. La parroquia Santa Lucía, es una parroquia del municipio Maracaibo, toma su nombre de la parroquia Santa Lucía perteneciente a la Arquidiócesis de Maracaibo, dedicada a la devoción a Santa Lucía. El barrio Santa Lucía contenido en la parroquia es conocido popularmente como “El Empedrao” por sus calles de piedra siendo uno de los sectores fundadores de la ciudad de Maracaibo e ícono cultural del estado Zulia (Figura 1.2).

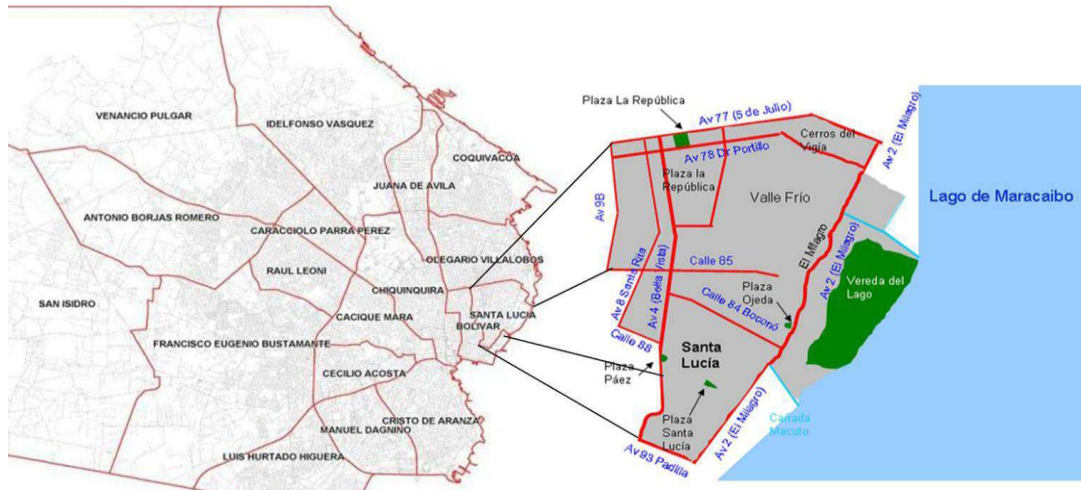


Figura 1.2. Ubicación geográfica de la parroquia Santa Lucía. Fuente: www.Wikipedia.org.

La parroquia Santa Lucía tiene una población estimada de 42.601 habitantes (2008), una superficie de 5,9 km² y una densidad de población de 7.220,51 habitantes por km². Se encuentra entre las parroquias Olegario Villalobos al norte (calle 77 ó Av. 5 de julio), el lago de Maracaibo al este, y la parroquia Bolívar al sur y oeste (calles 93, 88 y 85) y (Av. 9B, 8 y 4).

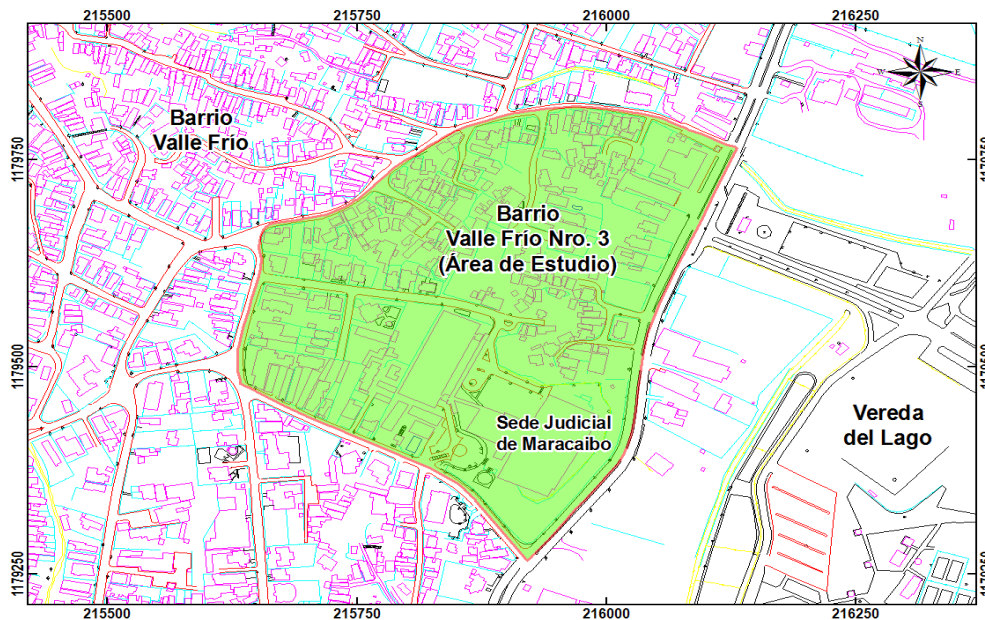


Figura 1.3. Ubicación geográfica del área de estudio. Fuente: Alcaldía de Maracaibo, modificada por la autora (2015)

1.3 Condiciones del relieve e hidrografía de la región.

El relieve se presenta de acuerdo al Instituto Nacional de Estadística (INE) (s/f), en el Estado Zulia se pueden diferenciar cuatro grandes paisajes topográficos. En la parte occidental, en la frontera con la República de Colombia, se encuentra la Sierra de Perijá, cuya divisoria de aguas sirve de límite con Colombia. La sierra se divide en tres secciones: la Serranía de Motilones (continuación de los andes colombianos); al sur la Serranía de Valledupar y los Montes de Oca, al norte. En la costa oriental se encuentra la Sierra del Empalado o de Ciruma, reserva hidráulica de esa costa.

La plataforma continental y el lago de Maracaibo (cuerpo de agua dulce más extenso de América Latina) conforman 3,5% del total del golfo de Venezuela. Las llanuras costeras de la Guajira Venezolana poseen valles fluvio-marinos, rellenos lacustrinos, paisajes del litoral marino y llanuras eólicas. La altiplanicie Maracaibo-Machiques posee paisajes de relieve plano y ondulado, planicies de denudación y ex playamiento, colinas, lomas pie de montañas de la sierra de Perijá y montañas bajas. La sierra de Perijá está formada por serranías de relieve accidentado, con alturas máximas de 3750 m.s.n.m. La depresión aluvial reciente del lago de Maracaibo está ocupada por el lago y por extensas planicies aluviales, de ex playamiento, desbordamiento y cenagosas.

El relieve de la región está definido por dos conjuntos montañosos, de fuerte expresión topográfica los cuales enmarcan internamente la extensa depresión estructural del Zulia. Esta depresión o fosa de hundimiento tectónico ha evolucionado geomórficamente y en ella se han modelado los amplios paisajes de llanuras que bordean al lago, el cual ocupa la parte central de la depresión. El relieve es relativamente plano, presentándose algunas colinas bajas al oeste cerca de la Av. 4 (Bella Vista) de no más de 40 m y acantilados en la Av. El Milagro que no superan los 20 m, este relieve da lugar a numerosas cañadas que desembocan en el Lago de Maracaibo.

1.3.1 Hidrografía

La mayor expansión del estado es el lago de Maracaibo, con 12870 km² y unos 550 km de costa. Es el núcleo colector de todos los ríos de la zona. Los ríos provienen de tres divisorias de aguas; los de la costa occidental se originan en la sierra de Perijá. Las sub-cuencas más importantes son las de los ríos Guasare, Socuy, Cachirí, la del río Santa Ana y la del río Catatumbo. Al sur del estado, a través de las llanuras aluviales, desembocan los ríos que nacen en la cordillera andina, los cuales aportan una considerable carga sedimentaria que enriquece los suelos. La hidrografía del área está representada por las corrientes y flujos hídricos desarrollados en la región, la cañada Macuto drena las aguas de Santa Lucía y desemboca en el lago de Maracaibo. La cañada Macuto va cambiando de nombre según sea el sector por donde surca; por el cerro Leonardi la toma el nombre de Santa Clara hasta que llega a la avenida Unión o calle 84 (Av. Dr. Leonardi). Este brazo de la cañada continúa atravesando la prolongación de la carretera Unión y se dirige hacia la avenida 2D o calle Santo Tomás pasando por el puente del Atracadero por su lado oeste.

1.3.2 Condiciones climáticas

El clima del estado Zulia está dominado por las altas temperaturas durante todo el año e influenciado por la presencia del lago y las cordilleras de los Andes al sur y de Perijá al oeste. Cerca del 80% del territorio tiene un régimen térmico elevado, mientras que el 20% restante está sujeto a variaciones derivadas de las diferencias de altitud. En el norte el clima es semiárido. El balance hídrico es negativo, con una evaporación que supera ampliamente a la precipitación. Las lluvias presentan gran variación espacial y temporal y disminuye progresivamente hacia el norte, hasta el clima semiárido de Maracaibo, con menos de 600 mm/año, concentrados principalmente entre noviembre y marzo, producto de los frentes fríos y el clima árido de la península de Paraguaná (< 200 mm/año).

Cabe destacar, que sobre las riberas del lago domina el clima de sabana, caracterizado por temperaturas que pueden superar los 35 °C. La sequía normalmente abarca desde noviembre hasta abril. La sierra de Perijá cuenta con un clima tropical lluvioso con una estación seca de 2-3 meses, en la cual

la precipitación desciende los 60 mm. El clima tropical lluvioso de selva representa las mayores precipitaciones en el estado. La temperatura media varía de 27,8° C en la costa del lago a 24° C hacia los piedemontes de Perijá y los Andes. Las temperaturas máximas medias varían de 32° C a 22° C y las mínimas medias de 22° C a 12° C. La humedad relativa media es muy alta tanto en las cercanías del lago como en los piedemontes (de 85% a 90%), mientras que en la zona costera del golfo de Venezuela varía de 75% a 80%. Las altas temperaturas en la región zuliana están asociadas con la sequía; al no haber agua hay mayor evaporación y mayor radiación; originando un déficit de precipitaciones. No existe un cambio de clima ya que las condiciones climáticas no han cambiado, lo que existe es una variabilidad climática (Anexo 1.1).

Análisis climático regional y local

En el análisis realizado se observó que para un periodo comprendido entre los años 2000 y 2013, las precipitaciones presentan gran variación espacial y temporal, en general el régimen es bimodal, las mayores precipitaciones ocurren a entre los meses de abril y noviembre, los valores más altos promediaron 61,52 mm al mes; a partir de septiembre se registra los mayores valores de humedad, promediando 75,16%. Los mayores valores de temperatura se registraron a mediados de año, entre los meses de junio y septiembre, con 29,93° C de temperatura promedio.

Las precipitaciones en la ciudad de Maracaibo se caracterizan por la irregularidad en su distribución anual, aunada a la disminución progresiva de las áreas de infiltración como consecuencia de la intensa urbanización de la ciudad. Las características de la litología en la ciudad y la topografía de la zona de estudio, favorecen la erosión laminar y la formación de cárcavas en los taludes, aumentando la inestabilidad de los mismos. Por otro lado, la evaporación anual alcanza los 2000 mm/año, proporcionando un déficit de 1556,65 mm lo que justifica la sequía y el clima semiárido en la zona. Esto conlleva a que la red hidrográfica del municipio sea bastante escasa y no presenta cursos de agua considerables en la parroquia Santa Lucía.

Considerando las precipitaciones ocurridas en los años 2004, 2005, 2006, 2010 y 2011, donde se menciona la situación de alto riesgo en el área de

estudio y zonas vecinas, se realizó un análisis climático para determinar la relación existente entre las variables climáticas y sísmica (Anexo1.2).

1.4 Vegetación

La vegetación del estado Zulia es muy variada y está caracterizada por presentar vegetación de bosque tropical muy seco. Entre la Alta Guajira y Castilletes se observa un paisaje pedregoso con especies vegetales como tunas, cardones y cujíes. El bosque húmedo tropical se observa hacia los 1000 m, en tanto que el bosque húmedo pre montano aparece hacia los 1500m y las especies más frecuentes son mijao, apamate, comoruco y araguaney. En el área de mayor elevación del Zulia, con alturas de 2500 a 3000 m, se encuentran especies como guácimo, saisai y covalonga.

Para poder comprender del efecto de la vegetación sobre el suelo se requiere conocer las características específicas de la vegetación en el ambiente natural que se esté estudiando (Tabla 1.1). Entre los factores importantes se encuentran el volumen y densidad de follaje, tamaño, ángulo de inclinación y aspereza de las hojas, altura total de la cobertura vegetal, presencia de varias capas diferentes de cobertura vegetal, tipo, forma, profundidad, diámetro, densidad, cubrimiento y resistencia del sistema de raíces.

Tabla 1.1 Componentes de las plantas y sus funciones

Parte de la planta	Función
Raíz	Anclaje, absorción, conducción y acumulación de líquidos.
Tallo	Soporte, conducción y producción de nuevos tejidos
Hojas	Fotosíntesis, transpiración

Fuente: Suárez (1998).

Las raíces cumplen una función muy importante de absorción. La retención de agua en el follaje demora o modifica el ciclo hidrológico en el momento de una lluvia, disminuyendo la rata de agua de escorrentía y su poder erosivo

puede aumentar la rata de infiltración. Depende del tipo de vegetación, sus características y la intensidad de la lluvia.

Los árboles de mayor volumen o densidad de follaje, demoran más el ciclo hidrológico al retener por mayor tiempo las gotas de lluvia. En el caso de lluvias muy intensas la retención de agua es mínima, pero en el caso de lluvias moderadas a ligeras, la retención puede ser hasta de un 30%, dependiendo de las características de la vegetación. Parte del agua retenida es acumulada en el follaje para luego ser evaporada. La evapotranspiración es un efecto combinado de evaporación y transpiración. Su efecto es una disminución de la humedad en el suelo. Cada tipo de vegetación en un determinado tipo de suelo, tiene un determinado potencial de evapotranspiración y se obtiene una humedad de equilibrio dependiendo en la disponibilidad de agua lluvia y nivel freático. La capacidad de una planta para consumir humedad del suelo depende del tipo y tamaño de la especie, clima, factores ambientales y características del suelo. En climas tropicales los volúmenes de evapotranspiración son mayores que en zonas con estaciones.

El efecto más importante de la vegetación es la protección contra la erosión en todos los casos y con todo tipo de vegetación. La vegetación con mayor densidad de follaje amortigua más eficientemente el golpe de la lluvia y disminuye la erosión. En hierbas y pastos, la densidad y volumen del follaje actúan como un colchón protector contra los efectos erosivos del agua de escorrentía, se ha observado que donde hay árboles altos la erosión es menor que en el caso de arbustos. Además, las hierbas o maleza protegen mejor contra la erosión que los pastos. La mejor protección contra la erosión y los deslizamientos, se obtiene estableciendo conjuntamente todos los sistemas de vegetación, incluyendo los musgos y demás variedades. No hay mejor evidencia que mirar la naturaleza y observar cómo se conserva y protege ella misma.

Las raíces refuerzan la estructura del suelo y actúan como anclajes en las discontinuidades uniendo materiales de los suelos inestables a mantos más estables. (Figura 1.4).

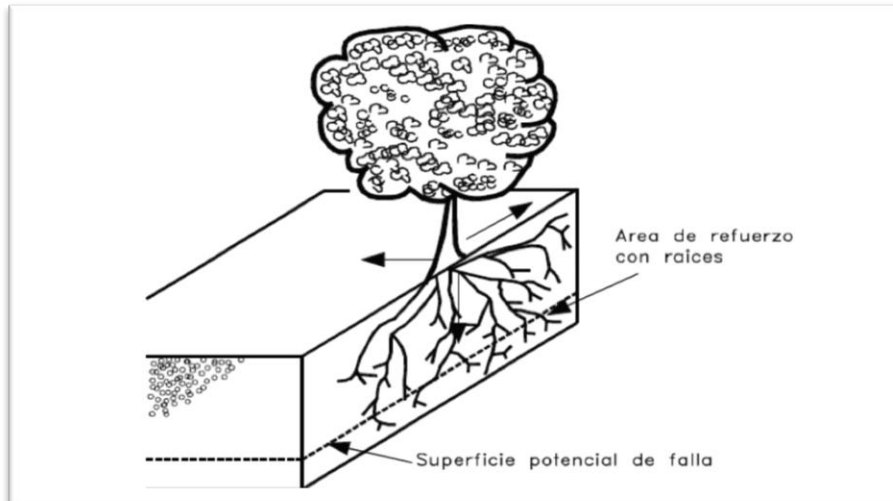


Figura 1.4. Refuerzo de superficie de rotura por las raíces de los árboles. Fuente: Suárez (1998).

La profundidad de refuerzo de las raíces comúnmente es de 20 cm, pero algunas especies tienen profundidades que permiten el anclaje a mantos de roca relativamente profundos. Por ejemplo, se conoce de eucaliptus con raíces hasta de 27 m y raíces de bosque tropical hasta de 30 m de profundidad, pero la mayoría de los árboles tienen raíces de profundidad hasta de 3 m, por lo que ésta es la profundidad hasta la que puede confiarse un refuerzo con raíces. Las características físicas de las raíces determinan el efecto de anclaje o refuerzo del suelo y la densidad del sistema radicular mejora la retención de las partículas o masas de suelo, aumentando la resistencia a la erosión.

1.5 Geología

El subsuelo de la parroquia Santa Lucía está conformado por la formación El Milagro, de edad Pleistoceno, que toma su nombre de la Av. 2 (El Milagro) que comienza en esta parroquia donde aflora en los riscos bajos que bordean el lago de Maracaibo a lo largo del trazado de la avenida. Su localidad tipo está en el barrio El Milagro de la ciudad de Maracaibo y en los acantilados occidentales de la Av. El Milagro, a lo largo de la costa del lago. El tope de la formación aflora o se encuentra cubierto por espesores delgados de suelos "in situ" y aluviones recientes arrastrados por las

principales cañadas del área, así como también por el escurrimiento laminar o en sabana predominante en la altiplanicie de Maracaibo.

1.6 Litología

La formación consiste de arenas friables, finas a gruesas, muy micáceas, de color crema a pardo-rojizo, limos micáceos de color gris claro, interestratificados con arcillas arenosas, rojas y pardo-amarillentas y lentes lateríticos bien cementados. Hay dos capas de arcillas arenosas y limosas, con abundantes fragmentos y troncos de madera silicificada. Las capas de arcillas arenosas y limosas cubren horizontes caracterizados por abundantes nódulos de hierro y formación laterítica, que fueron interpretados como paleosuelos. El paleosuelo superior separa la gruesa unidad inferior de la sección arenosa, característica de la Formación El Milagro. El paleosuelo inferior está desarrollado sobre el centro del arco y separa la Formación El Milagro de una unidad verdosa, posiblemente equivalente a la Formación Onia (Figura 1.5).

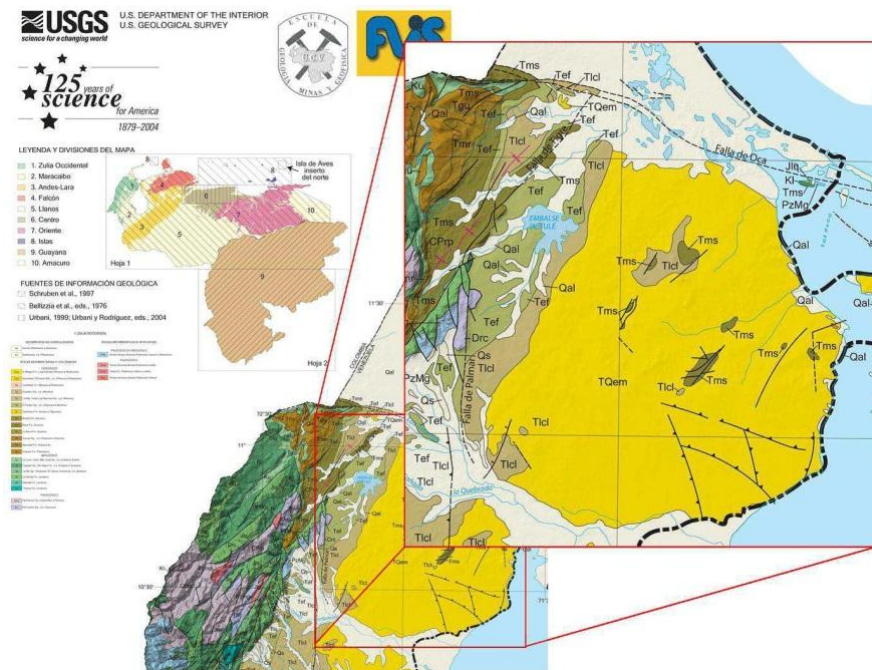


Figura 1. 5 Mapa geológico regional de la Formación El Milagro. Fuente: Fuente: UCV (2006).

La Formación El Milagro cubre el Arco de Maracaibo y se extiende hasta la parte noreste del lago de Maracaibo. Se observa también en el subsuelo del lago, y en el distrito Bolívar del estado Zulia. Su espesor varía de 0 a 33 m en el centro del Arco de Maracaibo, y aumenta rápidamente hacia el sur, alcanzando unos 150 m en el pozo Regional-1, a unos 10 km al suroeste de Maracaibo. En el subsuelo se desconoce su espesor. En la provincia del Arco de Maracaibo, la Formación El Milagro cubre estratos terciarios con discordancia angular, y está cubierta por sedimentos cuaternarios más jóvenes en forma discordante.

Respecto al paleo ambiente, estos sedimentos son de aguas dulces y llanas, depositados a una distancia considerable del área fuente. Se considera que el ambiente de sedimentación de la Formación El Milagro es fluvio-deltaico y lacustino marginal. Existen autores que difieren afirmando que los sedimentos de la formación son de carácter fluvial y paludal, depositados sobre un amplio plano costanero y de poco relieve, y que estuvieron expuestos a la meteorización y anegamiento por lo menos tres veces durante el Cuaternario. Estas condiciones facilitaron la acción eólica y algunas capas pueden representar dunas (González de Juana, et al., 1980).

El mapa geológico estructural

Levantado por el Ministerio de Energía y Minas en el año 1977 a escala 1:500.000 presenta la falla de la Ensenada, de dirección sur norte, atravesando la ribera occidental del lago, pasando por la Concepción y prolongándose hasta la parte sur del Bajo San Francisco; constituye una falla de cabalgamiento, difícil de seguir en campo e interpretar en las fotos aéreas debido al espeso cubrimiento de arenas que predominan en el sector sur de Maracaibo. Al noroeste del Puente General Rafael Urdaneta, específicamente donde la Circunvalación No.1 cambia de dirección noroeste a norte, en el barrio Bolivariano, parece manifestarse nuevamente, originado un cambio de relieve de colinas disceptadas o una topografía ondulada y plana correspondiente a los barrios: Sur América, El Silencio y Sierra Maestra. Así mismo, origina un cambio en la pendiente de topografía plana, a planos ligeramente inclinados hacia el Lago, en los alrededores del barrio San Jacinto al norte del área de estudio (Figura 1.6).

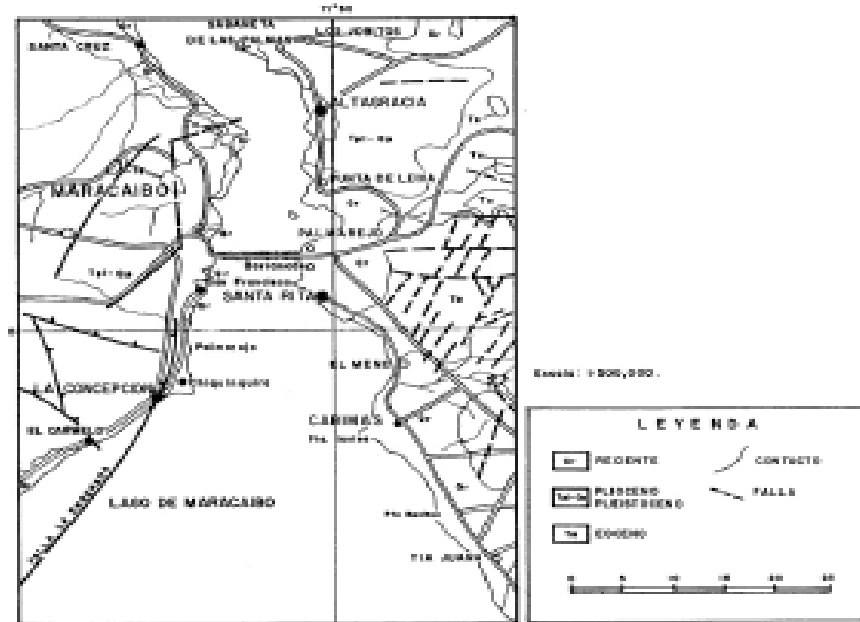


Figura 1.6 Estudio Geológico de Maracaibo y sus alrededores. Fuente Ministerio de Energía y Minas 1977

1.7 Condiciones ingeniero geológicas de los suelos de la región.

Litologías presentes en el área de estudio

a) Arenisca arcillosa (Are-arc)

Corresponde a la litología principal observada, con espesores que van desde 60 cm a 6 m. En general, se presentan como cuerpos masivos de colores amarillo ocre, gris claro a rojizo, de grano fino a muy fino, micáceos. Conforman rocas incompetentes, moderadamente duras, densas, con meteorización de moderada a alta y fracturada.

b) Arcilla arenosa (Arc-are)

Es la segunda litología predominante. Se presenta en capas de 25 cm a 5 m de espesor y lentes masivos de color amarillo claro y blanco a gris claro de grano muy fino, micáceas. Conforman rocas incompetentes, moderadamente duras, densas y fracturadas, con una meteorización de moderada a alta.

c) Lateritas y nódulos (Lat/Nód)

Es la tercera litología presente en el área de estudio. Se presentan en capas y lentes de color rojizo a amarillo oscuro, con espesores entre 20 cm y 2 m. Presenta nódulos arcillosos y ferruginosos cuyo tamaño va desde 0,5 a 40

cm. Es una roca dura, altamente alterada. Los cuerpos lateríticos se forman por la descomposición de la roca y su lavado por corrientes de agua ocasionales. Las lateritas no son propiamente derivadas directamente de las rocas, sino que son el resultado del proceso físico químico que conlleva a la remoción gradual de sílice y sales solubles. Este proceso ocurre cuando el agua percola a través del suelo.

Tabla 1.2. Valores del peso unitario de las muestras

Muestra Nro.	Peso sin parafina	Peso con parafina	Peso sumergido	Peso UNITARIO (gr/cc)
M-01	52,80	57,30	18,29	1,56
M-02	76,90	85,30	28,45	1,63
M-03	48,10	52,90	17,10	1,59
M-04	44,80	49,90	13,80	1,48
M-05	47,30	52,50	16,90	1,60
M-06	56,30	62,20	22,10	1,60

Límites de consistencia

Las muestras extraídas presentan características propias de arena fina mal gradada con presencia de arcillas; considerando esta condición, sus respuestas líquidas y plásticas se ensayaron con el método de Límites de Consistencia. Los valores obtenidos se muestran en la Tabla 1.3

Tabla 1.3 Resultados de los ensayos para límites de consistencia

MUESTRA N°	M6		M3		M1		M2		M4		M5	
	W _L	W _P	W _L	W _P	W _L	W _P	W _L	W _P	W _L	W _P	W _L	W _P
Número de golpes	27	~	10	~	12	~	12	~	14	~	20	~
Peso de cápsula (Gr)	20	21,7	23,7	~	22,1	~	22	~	20,9	~	19,9	~
Peso cápsula + Suelo húmedo (Gr)	35	23,6	47,1		41	~	40	~	37,6	~	40,8	~
Peso cápsula + Suelo seco (Gr)	28,4	23,2	42,2		37,5	~	38	~	34,9	~	37,3	~
Humedad %	78,571	26,67	26,49		22,73		12,50		19,29		20,11	
Límites:	79,40	26,67	23,67	N/P	20,75	N/P	11,41	N/P	17,94	N/P	19,55	N/P
Índice de Plasticidad (IP)	52,73		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	

Nivel freático

Durante la toma de muestras y cortes de pared en los sitios prospectados en el área de estudio de los deslizamientos de material proveniente de los taludes del cerro Leonardi y cerro Alemán a la profundidad máxima de 45 cm, no se detectó la presencia de nivel freático o aguas de filtración.

Equipos y herramientas utilizadas

Para el reconocimiento geológico, geomorfológico y geotécnico se utilizaron herramientas como escalímetro, equipo GPS (Sistema de posicionamiento global), alfiler, piquetas, brújulas de geólogos, libretas de campo, planillas de recolección de datos geotécnicos, mapa (topográfico y geológico), lápices, cinta adhesiva, marcadores, cinta métrica y lupa.

1.8 Procesos y fenómenos geológicos de la región.

1.8.1 Lluvias

En la región tienen lugar diversos procesos y fenómenos geológicos los cuales están en función de la geodinámica del territorio. Podemos clasificarlos como:

Erosión continental. La erosión hídrica presente en el territorio reviste en aquellos espacios geográficos sujetos a condiciones climáticas en donde imperan abundantes y frecuentes lluvias de alta intensidad. El agente activo de este tipo de erosión es el agua en forma de lluvia. Es ocasionada por fuerzas hidráulicas que actúan sobre las partículas de suelo, produciendo su desprendimiento y posterior transporte y depósito. El grado de la pendiente regula la velocidad de circulación del agua sobre la superficie de forma casi exclusiva. La longitud de la pendiente influye en la velocidad por las alturas de agua acumuladas en la parte baja de las pendientes; tales alturas son mayores cuanto más extensas son las vertientes en la parte superior.

En un suelo sin protección vegetal, en áreas de montaña tropical, se calculan hasta 50 m³ de suelo removido por hectárea, en una lluvia fuerte de una hora de duración. Al profundizarse y ampliarse los surcos de erosión se convierten en cárcavas. En este proceso una cárcava con cauce en V captura a las vecinas y va transformando su sección de una V ampliada a U.

Existen dos tipos de cárcavas: las continuas, que no tienen cabeza con escarpe vertical importante y ocurren en suelos granulares o cohesivos al deteriorarse la cobertura vegetal por acción de los surcos de erosión y las cárcavas con escarpe vertical superior, que generalmente ocurren en suelos cohesivos o con coberturas densas de raíces, son retrogresivas con avance y rotura de los taludes resultantes por esfuerzo al corte o volteo. En ocasiones se agrava el proceso por afloramiento de agua subterránea en el pie del escarpe formado.

1.8.2 Sismicidad.

Los deslizamientos activados por sismos generan fuerzas inerciales dentro de la ladera, las cuales aumentan los esfuerzos cortantes actuantes en la superficie de deslizamiento. Lo que provocar desprendimientos de bloques, deslizamientos, flujo de suelos y avalanchas, depende de las características de la ladera, su topografía, propiedades de las rocas, el nivel freático y el tipo de vegetación, además de la magnitud del sismo. Los principales eventos sísmicos registrados en la región ocurrieron en el 2004, 2005, 2006, 2010 y 2011 se presentan gráficamente en Tabla 1.3 y Gráfico 1.1 que han causado considerables daños a la comunidad de valle Frio. Para validar esta información, se descargaron los archivos digitales de la página web de Funvisis de los años 2010 y 2011. De los años anteriores al 2007 y posteriores al 2011 no se encuentra disponible la información. A pesar de ello, a través de los medios de información digitales se corroboraron los siguientes movimientos telúricos en la región:

En el año 2005, una cadena de ocho sismos se registró entre las 7:48 y las 11:30 de la mañana del 24 de mayo; con epicentro al sureste del municipio Lagunillas. Uno de los temblores alcanzó 5,0 grados de magnitud en la escala de Richter y profundidad superficial de 10,1 km. El segundo evento, ocurrido a las 9:43 am, alcanzó 5,0 de magnitud en la escala de Richter. El resto de los temblores tuvieron una intensidad menor a 3,7 grados. Las ondas sísmicas lograron gran alcance porque tuvieron una profundidad superficial, inferior a 50 km. En el área de estudio hubo un deslizamiento de material el 13 de junio.

El día 5 de agosto hubo un desprendimiento de masa rocosa que conformaba parte del talud del cerro Leonardi, por lo que la empresa Geoproject, C.A. realizó una diagnosis sobre riesgo geológico y una evaluación del desprendimiento de la Formación El Milagro en el cerro Leonardi para la alcaldía del municipio Maracaibo. Uno de los factores considerados fue la sismicidad registrada en áreas cercanas a la ciudad de Maracaibo, encontrando que los días previos al deslizamiento, ocurrieron 6 eventos cuyo rango de magnitudes varían entre 3,6 y 2,9 en la escala de Richter. Los eventos fueron superficiales, siendo la profundidad máxima igual a 13,2 km.

Gráfico 1.1 Sismos registrados previo al desprendimiento ocurrido en Agosto del 2005

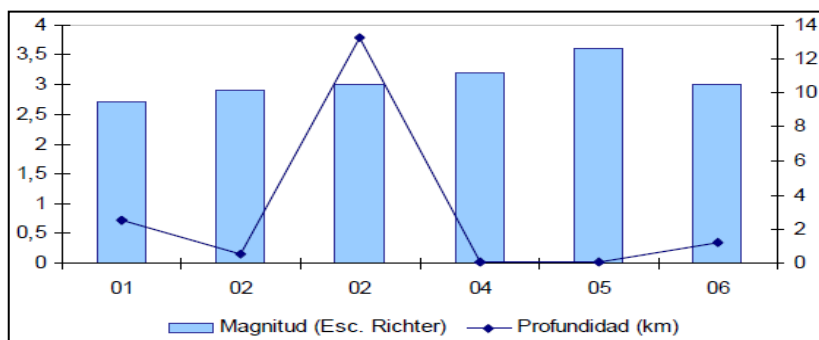


Tabla 1.4 Sismos registrados en Agosto del 2005

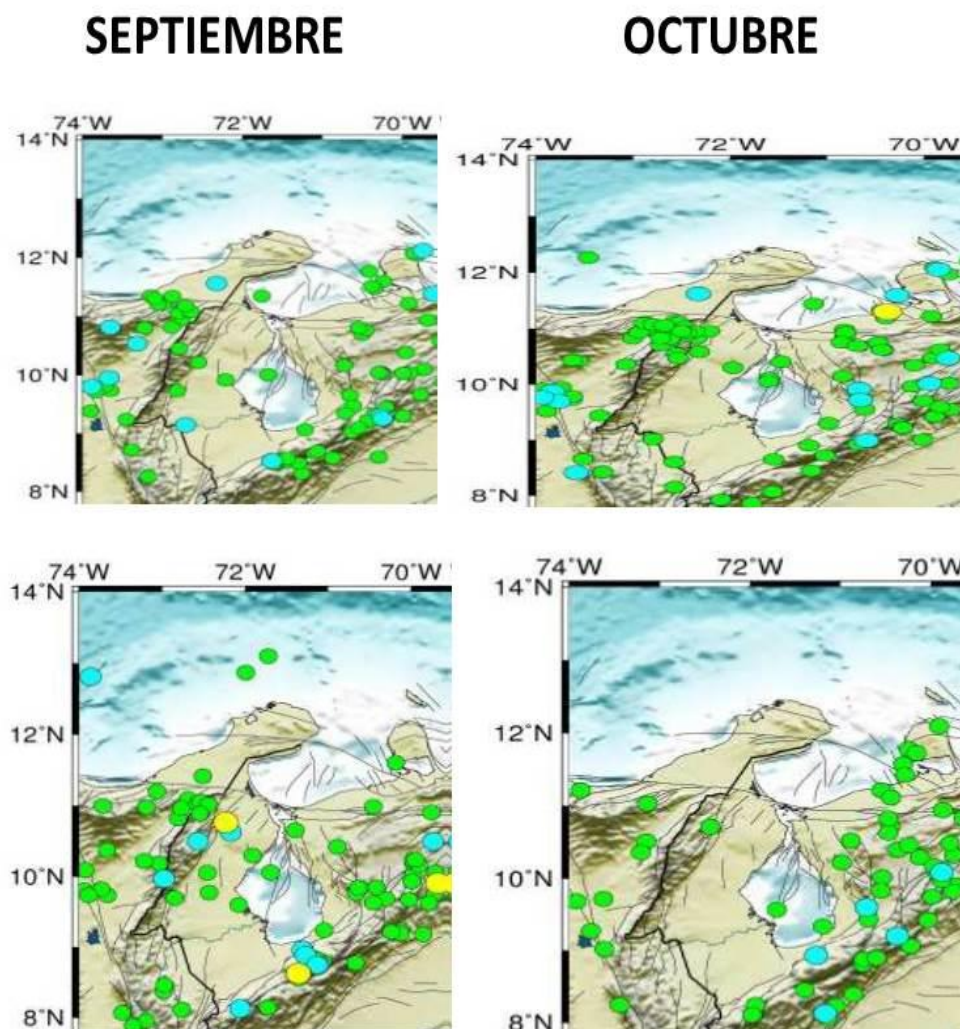
Fecha (HLV)	Hora (HLV)	Latitud (Grados)	Longitud (Grados)	Profundidad (Kms)	Magnitud	Localización
01/08/2005	16:00	11.30	-70.74	2,5	2,7	19 km al NO de Capatarida
02/08/2005	05:46	10.69	-71.51	0,5	2,9	13 km al NE de Maracaibo
02/08/2005	06:04	10.69	-71.51	13,2	3	13 km al NE de Maracaibo
04/08/2005	02:36	10.70	-71.52	0,1	3,2	13 km al NE de Maracaibo
05/08/2005	14:13	09.96	-73.15	0,1	3,6	69 km al O de Machiques
06/08/2005	04:50	10.70	-71.52	1,2	3	13 km al NE de Maracaibo

Sismos registrados previos al desprendimiento ocurrido en agosto del 2005. Fuente: Geoproject (2005).

En el año 2006, el 1 de enero se registró un evento sísmico con una magnitud de 5,0 en la escala de Richter, con epicentro a 59 km. al suroeste de las Islas Los Monjes y una profundidad de 91 km. Seguidamente, el 3 de

enero se registró otro evento sísmico con magnitud de 5,0 en la escala de Richter, epicentro a 64 km. al sureste de Villa del Rosario y a unos 59 km. al suroeste de La Concepción. Este evento tuvo una réplica 7 minutos después de magnitud de 2,6 en la escala de Richter, manteniendo el mismo epicentro y con una profundidad de 5,8 km. En el área de estudio hubo un deslizamiento de material el 22 de enero. En las siguientes figuras (Figuras 1.7 y 1.8) se observa la sismicidad registrada en áreas cercanas a la ciudad de Maracaibo, en los meses en los que se registraron los deslizamientos durante los años 2010 y 2011.

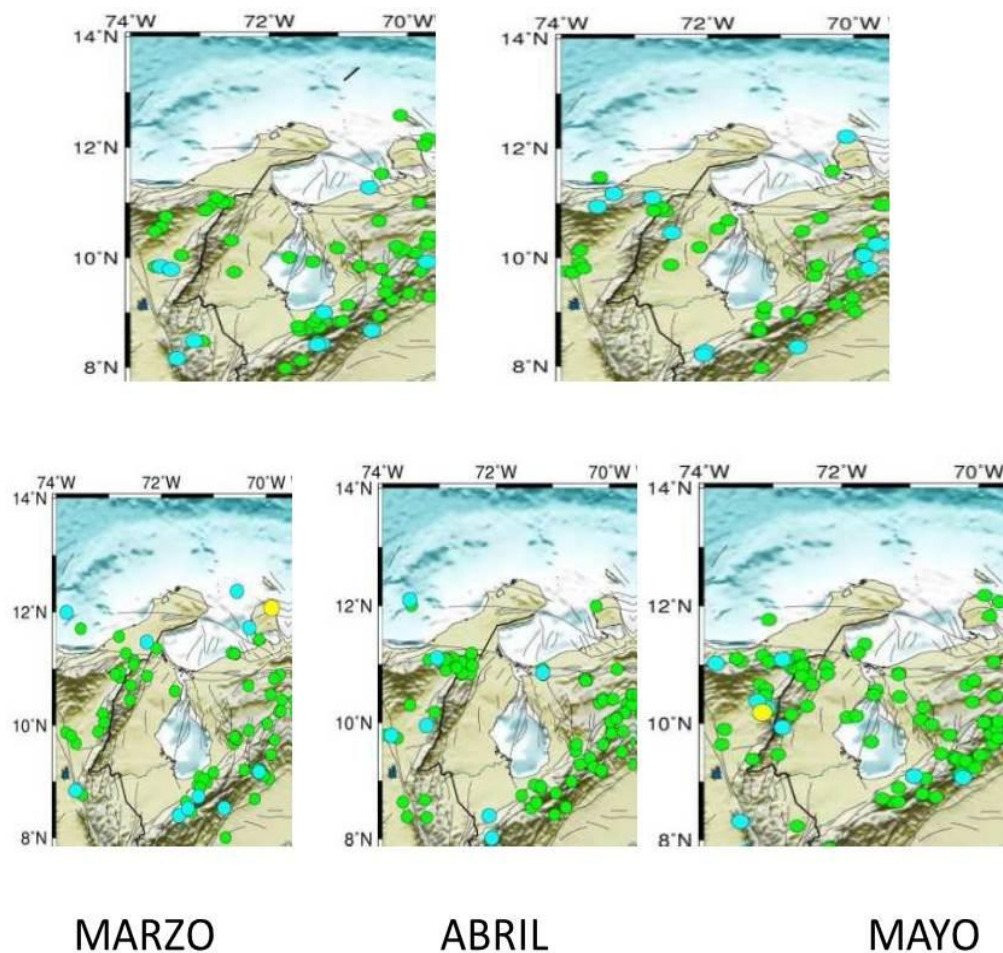
Figura 1.7 Eventos sismológicos del año 2010.



Fuente: Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS)

De lo anteriormente expuesto, se puede concluir, que la lluvia es uno de los principales factores que afecta la estabilidad de laderas, los deslizamientos ocurren durante o después de los períodos de lluvia, los terrenos de la formación el Milagro, tiene muchas variaciones litológicas, lo que favorece la erosión. Otro factor que influye para la ocurrencia de los deslizamientos son los sismos, cuando se presenta uno se generan fuerzas inerciales dentro del talud, las cuales aumentan los esfuerzos cortantes que actúan en la superficie de deslizamiento, provocando desprendimientos de bloques, deslizamientos, flujo de suelos y avalanchas, dependiendo de las características intrínsecas de la ladera.

Figura 1.9 Eventos sísmológicos durante el año 2011.



Fuente: Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS).

CAPÍTULO II PROCEDIMIENTO INGENIERO GEOLOGICO PARA EL ESTUDIO DE LOS DESLIZAMIENTOS EN LOS CERROS LEONARDI Y CERRO ALEMAN DE LA PARROQUIA SANTA LUCIA, MARACAIBO.

2.1. Introducción.

Durante las últimas décadas se han implementado numerosas estrategias para la gestión de riesgos por deslizamientos. La experiencia obtenida en muchos países estimula el uso de mapas de zonificación de amenaza y riesgo para el ordenamiento territorial y la gestión de emergencias (Cascini et al., 2005) y muestra que existe la necesidad de métodos estándares y reproducibles para evaluación y zonificación de los procesos y fenómenos por deslizamientos. Desafortunadamente existe poca consistencia entre los diferentes tipos de estrategias y procedimientos producidos en diferentes países en el mundo, o por diferentes instituciones de un mismo país, e incluso dentro de una misma institución. Por lo general la terminología empleada no es uniforme y con frecuencia las leyendas no están acompañadas por definiciones que faciliten el uso de los mapas. Esta necesidad de métodos de evaluación constituyó en el objetivo inicial de la conformación de un aporte al servicio geológico venezolano.

Este capítulo tiene como objetivo contribuir con un procedimiento para el estudio y valoración de los deslizamientos. Se trata de presentar una guía metodológica que permita una valoración más exacta para el conocimiento de estos y contribuir al uso más racional del medio y de su ordenamiento territorial.

2.2. Estudio básico, revisión y análisis de información temática existente

Esta etapa incluye la captura y análisis de la información existente del sitio de estudio. Esto incluye mapas topográficos, publicaciones geológicas, artículos en periódicos o en revistas, fotos que describan la historia del sitio, informes geotécnicos, geológicos o geomorfológicos, registros de perforaciones, bases de datos, registros de pozos de agua, precipitaciones, deshielos, entre otros y por lo tanto requiere una interacción a nivel interinstitucional, entre las instituciones que poseen información que se debe

analizar, los gobiernos locales, regionales, oficinas de planificación y transporte, instituciones de protección civil, bomberos, institutos hidrológicos y meteorológicos, institutos sismológicos, universidades, para poder generar una solución a la problemática existente.

2.2.1. Informe de testigos presenciales

En el caso de estudios locales se debe identificar e interrogar sistemáticamente a personas que viven cerca del sitio, con el fin de obtener información acerca de la estabilidad de las laderas en el área y las características de eventos pasados. Sus informes deben registrarse con detalle, fechas y cualquier dato cuantitativo que ellos puedan recordar.

2.2.2. Análisis de productos de sensores remotos

En el caso de estudios regionales de pequeña escala o de un gran deslizamiento individual, se pueden utilizar imágenes satelitales como ayuda para el mapeo e inventario de movimientos en masa. En algunos casos, se pueden compilar mapas topográficos o modelos del terreno mediante imágenes satelitales. Para cualquier proyecto siempre se debe realizar la interpretación multitemporal de fotografías aéreas. Con fotos de mayor detalle. Es deseable usar fotos de diferentes años, especialmente para identificar movimientos en masa ya ocurridos, lo cual permite tener una idea multitemporal de su ocurrencia y del grado de preservación de los depósitos asociados a estos para una zona determinada.

2.2.3. Análisis del terreno y cartografía preliminar

Es importante en cada caso establecer el marco geomorfológico de cada lugar, identificar las características y origen de las geoformas en el área, los tipos de materiales que se pueden esperar, y los procesos geomorfológicos que ocurran o puedan ocurrir. La escala del análisis dependerá de la escala del proyecto, pero los mapas del terreno no deben ser de escala menor a 1:25.000. Los mapas se elaboran primordialmente basándose en cartografía existente y fotografías aéreas, pero a continuación deben verificarse y actualizarse a través del trabajo preliminar en terreno.

2.2.4. Inventario de movimientos en masa

Todas las ocurrencias de los deslizamientos próximas a la localidad deben registrarse en un mapa de inventario y en una base de datos que incluya: tipo de movimiento en masa, magnitud, tiempo de ocurrencia o de su reactivación y datos similares. No todo inventario necesita el detalle completo del formulario estándar, se deben realizar las simplificaciones adecuadas de acuerdo al caso; el grado de detalle requerido depende de la escala del estudio. El inventario debe incorporar inicialmente los datos obtenidos del desarrollo de las tareas 1 a 4, de la Figura 2.1. Luego, debe actualizarse con la información recogida durante el trabajo en terreno.

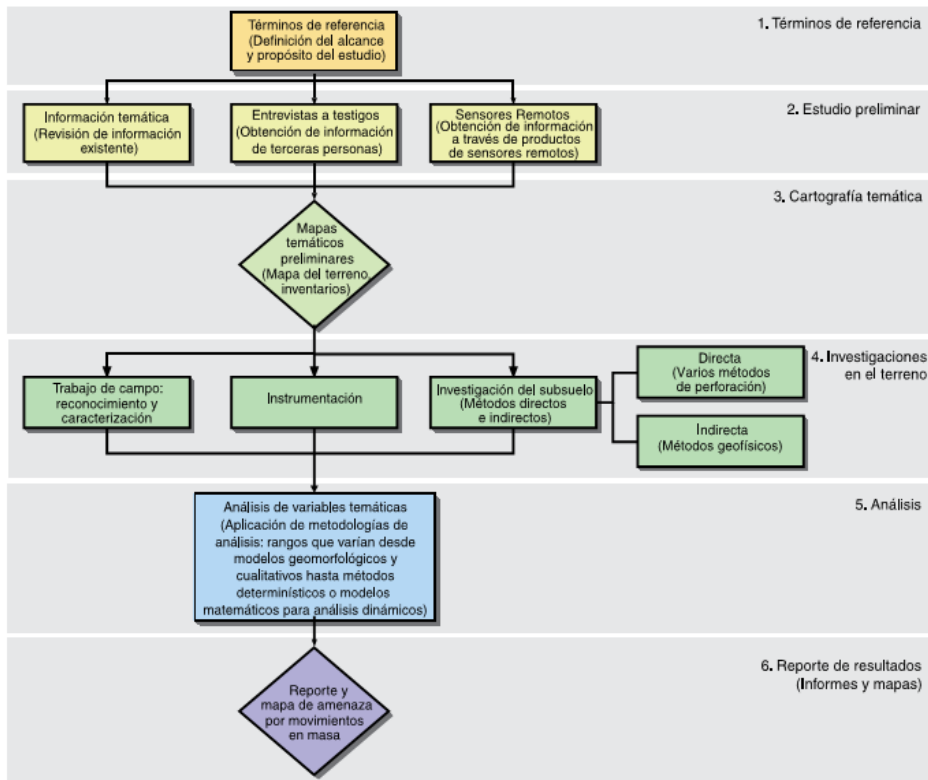


Figura 2.1. Procedimiento general para la realización de un estudio de deslizamientos.

2.3. Investigaciones preliminares.

2.3.1. Reconocimiento

La investigación de cada sitio debe comenzar por un trabajo de reconocimiento de sitio. Si el presupuesto lo permite, la observación aérea, así como las fotos tomadas desde un helicóptero o desde una cámara fija al

ala de un avión, pueden ser muy útiles en terrenos inaccesibles. Es también útil tener una vista general del sitio desde un ángulo preferencial. Se deben realizar los recorridos de campo con el fin de cubrir los vacíos de información, reconocer en el terreno las unidades que se bosquejaron en las fotos aéreas, y comprobar los tipos de suelos y de rocas y los sitios con deslizamientos.

Los afloramientos de suelo y roca deben registrarse con su localización y elevación altimétrica. En el levantamiento geológico se deben registrar cuidadosamente las características geológicas de los materiales aflorantes estrechamente relacionados con sus características físicas mecánicas como unidades litológicas y límites estratigráficos, tipos de suelos y rocas, grado de meteorización, elementos estructurales (diaclasas, fallas, foliaciones, esquistosidad), evidencia de filtraciones y signos de inestabilidad (grietas, material triturado, flexiones, cambios en la vegetación, etc.). En general, la observación de rocas o suelos debe tratarse con tanto cuidado como los datos de una perforación exploratoria.

2.3.2. Investigación de subsuelo

La investigación del subsuelo se requiere sólo en casos donde pueden ocurrir movimientos en masa profundos. En nuestro caso es necesaria en la evaluación de los deslizamientos de flujos, que cubran áreas de gran extensión. La perforación debe ser supervisada por un inspector calificado, que obtenga muestras y registre la información del subsuelo. Siempre que sea posible deben realizarse ensayos in situ, tales como el de penetración estándar o la prueba dinámica con conos en suelos granulares, o el ensayo de veleta de campo (vane test) en suelos cohesivos. Deben instalarse piezómetros y tomar datos de éstos.

2.3.3. Geofísica.

La geofísica puede suplir la falta de información subsuperficial directa; sin embargo, es peligroso confiar en los perfiles geofísicos sin una verificación del terreno. La aplicación de métodos geofísicos está orientada a identificar contactos, tener una idea de las condiciones del macizo rocoso, distinguir unidades arcillosas o arenosas y localizar el nivel freático.

2.3.4. Instrumentación

Se deben instalar instrumentos de monitoreo de acuerdo con la necesidad, aprovechando adecuadamente las perforaciones realizadas. Alrededor de los piezómetros se debe colocar un relleno de arena sellando arriba y abajo de éste con bentonita, para cerciorarse que la presión de poros leída corresponda a una profundidad específica. Los piezómetros del tipo Casagrande, no son costosos, y consiste de un elemento poroso unido a un tubo que va hasta la superficie del terreno. Se deben instalar inclinómetros en sitios donde puedan ocurrir movimientos en masa. Para identificar movimientos también se pueden realizar monitoreo de puntos o de líneas de referencia en la superficie, empleando por ejemplo un sistema de posicionamiento global diferencial.

2.3.5. Análisis

Es importante seleccionar el método de análisis más apropiado, según el alcance y propósito de la investigación, y a la disponibilidad de los datos. Si se emplean programas de computador, deben ser seleccionados cuidadosamente y tener en cuenta que muchos modelos modernos de programas de computador requieren datos detallados, que no están disponibles comúnmente en investigaciones de rutina. Los resultados del análisis mediante el software pueden depender totalmente de la calidad de los datos proporcionados por el usuario. Quienes usen el software deben estar familiarizados con su función y deben por lo menos comprender la teoría básica que hay detrás de su uso. Hay que recordar que ningún programa de computador existente substituirá a un analista con experiencia y bien informado.

2.3.6. Informes

Es importante distinguir entre los informes de carácter científico o ingenieril o de carácter interno, de aquellos informativos y para uso externo por el público. El contenido de ambos es similar pero los segundos deben ser más generales, explicativos y orientados hacia el usuario. Asimismo, deben explicarse conceptos que un usuario no técnico podría ignorar, tales como

terminología, métodos, etc. Los informes de evaluación de amenazas deben tener como mínimo el siguiente contenido:

2.4. Caracterización Geomecánica del macizo donde se desarrollan los deslizamientos.

Los macizos rocosos, como medios discontinuos, presentan un comportamiento geomecánico complejo. Con este objetivo surgieron las clasificaciones geomecánicas, que aportan, mediante la observación directa de las características de los macizos rocosos y la realización de sencillos ensayos, índices de calidad relacionados con los parámetros geomecánicos del macizo y sus características frente a los taludes.

La clasificación RMR, desarrollada por Bieniawski constituye un sistema de clasificación de macizos rocosos que permite relacionar índices de calidad con parámetros geotécnicos. Para aplicar la clasificación RMR, se divide el macizo rocoso en zonas con características geológicas más o menos uniformes de acuerdo con las observaciones hechas en campo referentes a las propiedades y características de la matriz rocosa y de las discontinuidades. Una vez obtenidas las puntuaciones que resultan de aplicar los cinco parámetros de clasificación, se efectúa la corrección por orientación de discontinuidades y se obtiene un valor numérico con el que se clasifica finalmente el macizo rocoso. Esta clasificación distingue cinco clases, cuyo significado geotécnico se expresa en la tabla 2.1; a cada clase de macizo se le asigna una calidad y unas características geotécnicas.

Tabla 2.1. Calidad de macizos rocosos aplicando el índice RMR

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
I	Muy buena	100-81	> 4 kg/cm ²	> 45°
II	Buena	80-61	3-4 kg/cm ²	35°-45°
III	Media	60-41	2-3 kg/cm ²	25°-35°
IV	Mala	40-21	1-2 kg/cm ²	15°-25°
V	Muy mala	< 20	< 1 kg/cm ²	< 15°

Esta clasificación proporciona una estimación inicial de los parámetros del macizo rocoso a bajo coste y de manera sencilla, no obstante, debe ser considerada como una simplificación, ya que no tiene en cuenta otros aspectos como la deformabilidad del macizo y debe ser aplicada con criterio y en base al conocimiento y experiencia previa. Para el análisis de roturas por grupos de discontinuidades se puede utilizar el siguiente procedimiento:

- Determinar los grupos de juntas más “significativos”, evaluando su valor relativo dentro de la familia de las diaclasas, en cuanto a posibilidad de ocurrencia de un movimiento.
- Para cada grupo determinar su orientación, buzamiento, espaciamiento, abertura, resistencia al corte, entre otros factores.
- Estudiar por medio de bloques en el espacio las diversas posibilidades de ocurrencia de roturas.
- Hacer el análisis de estabilidad de cada uno de los bloques identificados.

Se debe en todos los casos estudiar la posibilidad de ocurrencia, no sólo de roturas al corte, sino de roturas por volteo y roturas de grupos de bloques. En estos casos, se estudia la estabilidad del talud en el espacio en tres dimensiones, ya que una masa de roca fracturada es altamente anisotrópica respecto a su resistencia al corte. Una combinación progresiva de grupos de diaclasas es un problema complejo por la dificultad para definir una superficie de rotura, que puede vincular varios grupos diferentes de discontinuidades.

La resistencia de la matriz rocosa puede ser estimada en el afloramiento mediante índices de campo o a partir de correlaciones con datos proporcionados por sencillos ensayos de campo, como el ensayo de carga puntual PLT o el martillo Schmidt. Los índices de campo permiten una estimación del rango de resistencia de la roca. Los criterios para su identificación aparecen descritos en la Tabla 2.2 y deben ser aplicados sobre la roca una vez limpiada la capa de alteración superficial

Tabla 2.2. Identificación del grado de meteorización

Clase	Descripción	Identificación de campo	Aproximación al rango de resistencia a compresión simple (Mpa)
S1	Arcilla muy blanda	El puño penetra fácilmente varios cm	< 0,025
S2	Arcilla débil	El dedo penetra fácilmente varios cms.	0,025-0,05
S3	Arcilla	Se necesita una pequeña presión para hincar el dedo.	0,05-0,1
S4	Arcilla rígida	Se necesita una fuerte presión para hincar el dedo.	0,1-0,25
S5	Arcilla muy rígida	Con cierta presión puede marcarse con la uña.	0,25-0,5
S6	Arcilla dura	Se marca con dificultad al presionar con la uña.	> 0,5
R0	Roca extremadamente	Se puede marcar con la uña.	0,25-1,0
R1	Roca muy blanda	La roca se desmenuza al golpear con la punta del martillo. Con una navaja se talla fácilmente.	1,0-5,0
R2	Roca blanda	Se talla con dificultad con una navaja. Al golpear con la punta del martillo se producen pequeñas marcas	5,0-25
R3	Roca moderadamente dura	No puede tallarse con la navaja. Puede fracturarse con un golpe fuerte del martillo.	25-50
R4	Roca dura	Se requiere más de un golpe con el martillo para fracturarla.	50-100
R5	Roca muy dura	Se requieren muchos golpes con el martillo para fracturarla.	100-250
R6	Roca extremadamente dura	Al golpearlo con el martillo sólo saltan esquirlas.	. > 250

Fuente: ISMR 1981

Con los valores de resistencia obtenidos se puede clasificar la matriz rocosa en base a los criterios de la Tabla 2.3.

Tabla 2.3. Clasificación basada en la resistencia de la roca

Resistencia a compresión simple (Mpa)	Descripción
1-5	Muy blanda
5-25	Blanda
25-50	Moderadamente dura
50-100	Dura
100-250	Muy dura
□□250	Extremadamente dura

Fuente: Vallejo (2004).

La morfología de un movimiento en masa permite obtener valiosa información tanto del tipo de movimiento como de su génesis. Existe una caracterización a partir de los elementos que lo componen. La presencia o ausencia de tales elementos y sus relaciones dimensionales y espaciales, permiten definir su tipología. A los taludes a los cuales se les realizaron los análisis de estabilidad, se le calculó el factor de seguridad “**FS**”.

2.5 Factor de seguridad

$\mathbf{FS = \frac{\text{Fuerza Resistentes}}{\text{Fuerza Motriz}}}$
--

Tabla 2.4. Condiciones de estabilidad cinemática asociada a los taludes y laderas

Estabilidad	Factor de Seguridad	Condición
Estable	Valores mayores a 1.5, o sin cinemática aparente	Cinemática aparentemente inactiva
Ligeramente Estable	$1.5 > FS \geq 1.2$	Poca a nula densidad e incidencia de procesos de remoción en masa, asociada a la cinemática de planos estructurales
Inestable	$1.2 > FS \geq 1$	Media densidad e incidencia de procesos de remoción en masa, asociada a la cinemática de planos estructurales
Muy Inestable	$FS < 1$	Alta densidad e incidencia de procesos de remoción en masa, asociada a la cinemática de planos estructurales

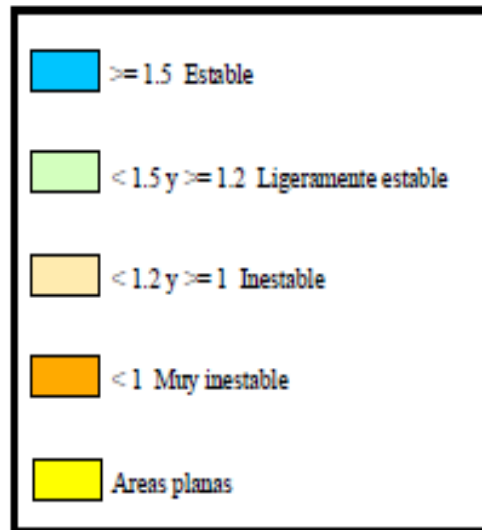
Tabla 2.5. Rangos de seguridad (FS)

<i>Factores condicionantes</i>	<i>F.S.</i>	< 1	< 1,2 a 1	< 1,5 a 1,2	>= 1 a 1,5
	Pendientes	> 45°	33° a 45°	33° a 20°	< 20°
	Separación	0,06 a 0,2 m	0,6 a 0,2 m	0,2 a 2 m	> 2 m
	Persistencia	> 10 m	10 m a 3 m	3 m a 1 m	< 1 m
	Abertura	< 5 mm a 1 mm	1 mm a 0,1 mm	< a 0,1 mm	Cerrada
	Rugosidad	Espejo de falla / superficie lista	Ligeramente rugosa	Rugosa	Muy rugosa
	Relleno	Blando, arcilloso	Duro/arcilloso	Duro/granular	Sin relleno
	Meteorización	Muy meteorizada / descompuesta	Moderadamente meteorizada	Ligeramente meteorizada	Bordes sanos
	Cinemática	Activa (alta densidad)	Activa (moderada densidad)	Incipiente (baja densidad)	Ausente/Inactiva

Fuente: Bongiorno y otros (2011)

Los rangos de estabilidad obtenidos son representados en el mapa de estabilidad cinemática aplicado a laderas y taludes, asignándole el color correspondiente a cada talud, según la clasificación a la condición de estabilidad (Tabla 2.6), para obtener como resultado el mapa de estabilidad cinemática (Anexo2.1).

Tabla 2.6 Rangos de factor de seguridad (colores estándar)



Fuente: : Hoek y Bray (1981)

En este capítulo se llega a la conclusión que con toda la información recabada y con la metodología adecuada para el procesamiento del análisis de los resultados, se obtuvo que gracias a la recopilación de información y de los mapas existentes para realizar un estudio a detalle se pueda culminar con los objetivos propuestos.

CAPITULO III. EVALUACION INGENIERO GEOLOGICAS DE LA OCURRENCIA DE LOS DESLIZAMIENTOS EN EL SECTOR VALLE FRIO, PARROQUIA SANTA LUCIA, MARACAIBO.

3.1 Introducción

Este capítulo proyecta los resultados de los análisis realizados en el área de estudio según el procedimiento antes señalado, se brinda un estudio y evaluación de los deslizamientos que tienen lugar, sus causalidades, sus condicionalidades y sus factores disparadores que los provocan. Al mismo tiempo se brinda un conjunto de medidas pasivas y activas que permitan estabilizarlos y estabilizar el medio.

3.2 Tipos de deslizamientos.

En este epígrafe se presentan definiciones para las siguientes clases de movimientos por deslizamientos: desprendimientos, deslizamientos, y flujos. Se menciona la relación del intervalo de velocidades típicas con la escala de velocidades propuesta por Cruden y Varnes (1996), la cual se presenta en la Tablas 3.1.

TABLA 3.1. Tipos de deslizamientos que tienen lugar en la región

Tipos	Sub tipos
Caídas	<ul style="list-style-type: none">• Caídas de rocas,• Caídas de suelo y rocas.• Desprendimientos de rocas
Deslizamientos	<ul style="list-style-type: none">• Deslizamientos por estratos• Deslizamientos por cuñas.• Deslizamientos rotacionales• Deslizamientos Traslacionales
Flujos	<ul style="list-style-type: none">• Flujos de lodo secos• Flujos hídricos de sedimentos de distinta granulometría.• Flujos por licuación de suelos

Los deslizamientos que tiene lugar en el área de estudio según la tabla 3.1 en:

a) Caída (Fall), es un tipo de movimiento en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera, sin que a lo largo de esta superficie ocurra desplazamiento cortante apreciable. Una vez desprendido, el material cae desplazándose principalmente por el aire pudiendo efectuar golpes, rebotes y rodamiento. Dependiendo del material desprendido se habla de una caída de roca, o una caída de suelo. Una característica importante de las caídas es que el movimiento no es masivo. Existe interacción mecánica entre fragmentos individuales y su trayectoria, pero no entre los fragmentos en movimiento.

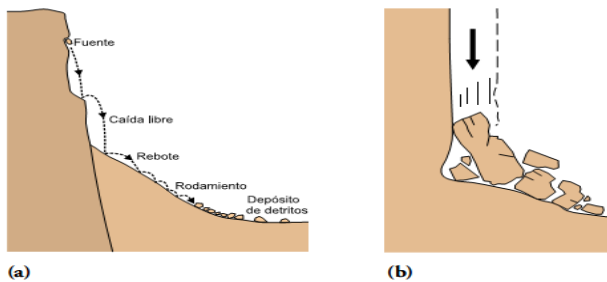


Figura 3.1. Caídas de rocas.

b) Deslizamiento (Slide), son movimientos ladera abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de una delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante, se clasifican los deslizamientos, según la forma de la superficie de falla por la cual se desplaza el material, en traslacionales y rotacionales. Los deslizamientos traslacionales a su vez pueden ser planares o en cuña.

c) Deslizamiento traslacional (Translational slide), es un tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla plana u ondulada. En general, estos movimientos suelen ser más

superficiales que los rotacionales y el desplazamiento ocurre con frecuencia a lo largo de discontinuidades como fallas, diaclasas, planos de estratificación o planos de contacto entre la roca y el suelo residual o transportado que yace sobre ella. La velocidad de los movimientos traslacionales puede variar desde rápida a extremadamente rápida.



Figura 3.2 Deslizamientos por la estratificación.



(a)



(b)

Figura 3.3 Deslizamientos en cuña.

- d) Flujos secos, para la mayoría de los movimientos de este tipo se requiere cierto contenido de agua. Sin embargo, ocurren con alguna frecuencia pequeños flujos secos de material granular y se ha registrado un número considerable de flujos grandes y catastróficos en materiales secos.
- e) Flujo hídricos de sedimentos (Debris flows), es un flujo muy rápido a extremadamente rápido de detritos saturados, no plásticos que transcurre principalmente confinado a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada. Se inician como uno o varios deslizamientos superficiales

de detritos en las cabeceras o por inestabilidad de segmentos del cauce en canales de pendientes fuertes. Sus depósitos tienen rasgos característicos como albardones o diques longitudinales, canales en forma de u, trenes de bloques rocosos y grandes bloques individuales. Los flujos de detritos desarrollan pulsos usualmente con acumulación de bloques en el frente de onda. Como resultado del desarrollo de pulsos, los caudales pico de los flujos de detritos pueden exceder en varios niveles de magnitud a los caudales pico de inundaciones grandes. Esta característica hace que los flujos de detritos tengan un alto potencial destructivo.

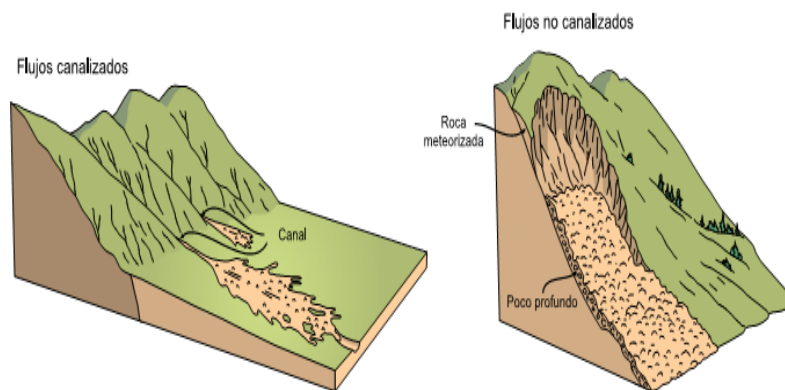


Figura 3.4 Esquema de flujos que tienen lugar en la región.

3.3. EVALUACION GEOTECNICA

Las rocas que aparecen en el área de estudio son rocas sedimentarias. Las areniscas presentes en el área están constituidas por granos cuyo tamaño varía de 60 mm a 70 mm, el mineral más frecuente es el cuarzo. El cemento de óxido de hierro puede dar un color rojo a la roca y el dióxido de hierro un color marrón a amarillo. El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (USCS) es un sistema de clasificación usado en Geotecnia; y se aplicó a las muestras de suelos del área para obtener su clasificación.

3.3.1 Recopilación y evaluación de la información existente:

Consistió en la búsqueda e interpretación de información geológica, topográfica, geotécnica, climatológica y sismológica de carácter regional y local. La documentación adquirida fue la siguiente:

- Planos digitales de la división geopolítica del municipio Maracaibo.
- Cartas Cartográficas a escalas 1:100000,
- Informes técnicos de los siniestros ocurridos en el área de estudio.
- Imágenes satelitales.
- Boletines climáticos.
- Boletines sismológicos.
- Información geomorfológica.
- Información bibliográfica relacionada con eventos de esa naturaleza.
- Noticias sobre los deslizamientos ocurridos en la zona en periódicos.
- Encuestas y entrevistas a la comunidad.

3.3.2 Reconocimiento en campo

Esta etapa se realizó:

- Delimitar el área de estudio.
- Definir las estaciones y realizar las mediciones necesarias para generar el mapa topográfico del área de estudio.
- Identificar las geoformas existentes y definir los procesos geomorfológicos que han actuado en el área de estudio.
- Reconocer y caracterizar en el área de estudio los productos de la meteorización.
- Identificar la litología y las estructuras geológicas presentes.
- Aplicar métodos de campo que indiquen la calidad de los macizos rocosos en superficie.

Se definió el área de estudio, con la realización del levantamiento planimétrico y las mediciones de coordenadas UTM y altitud en 195

estaciones. (Figura 3.5). Con esta información, se comenzó a elaborar el mapa topográfico.

Para la caracterización geológica y geotécnica se realizó un reconocimiento en la zona de estudio; se ubicaron los afloramientos y se describieron sus características geométricas, litológicas, estructurales y geotécnicas.

3.3.3 Toma de muestras

Se efectuó el procedimiento de muestreo de pared (calicatas de pared), Se logró extraer los monolitos para sus respectivos análisis de laboratorio y estos son los resultados granulométricos efectuados a las muestras tomadas en campo. Las curvas granulométricas son presentadas en el anexo 3.1.

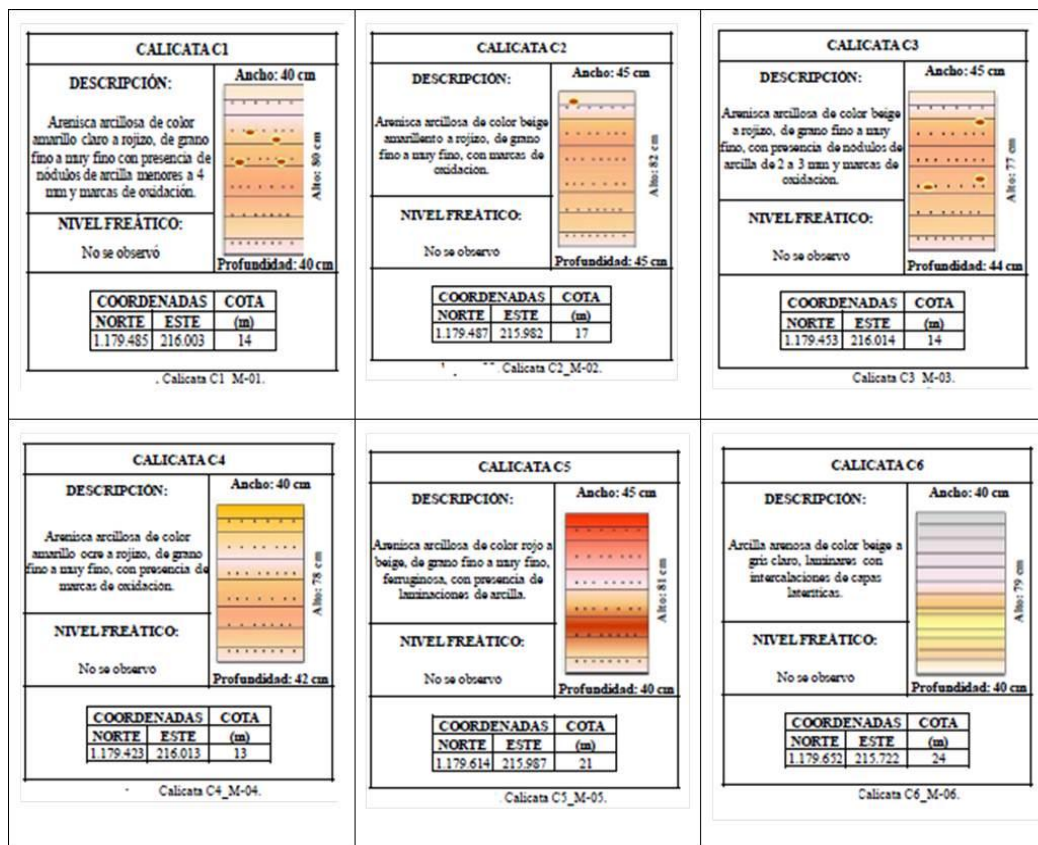


Figura 3.5 Registro de resultados de calicatas realizadas

Las muestras obtenidas de las calicatas fueron analizadas por medio de los siguientes ensayos convencionales:

- Análisis visual

- b. Peso unitario.
- c. Límites de plasticidad
- d. Análisis granulométrico por tamizado
- e. Clasificación basada en el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.)

Considerando los resultados obtenidos a través del análisis granulométrico, las muestras fueron clasificadas según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.) como se muestra. (Tabla 3 .2).

Tabla 3.2. Clasificación basada en el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.)

SP- SC	Arenas mal gradadas con arcilla
SC	Arenas arcillosas
CH	Arcillas de alta plasticidad

Considerando los resultados obtenidos a través del análisis granulométrico y el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.), la litología presente en el área de estudio corresponde a arena mal gradada con arcilla (SP-SC), con estratificaciones de arenas arcillosas (SC) y arcillas de alta plasticidad (CH) con presencia de capas laterítica, nódulos arcillosos y concreciones ferruginosas en algunas zonas. Los resultados de laboratorio arrojaron un valor mínimo de humedad natural de 1,38 % y un valor máximo de 3,3 %. El promedio general para el cerro Leonardi es de 2,6 % y para el cerro Alemán es de 3,3 %. Humedad Natural: Los resultados de laboratorio arrojaron un valor mínimo de humedad natural de 1,38 % y un valor máximo de 3,3 %. El promedio general para las estaciones del cerro Leonardi es de 2,6 % y para el cerro Alemán es de 3,3 % (Tabla 3.3)

Tabla 3.3. Humedad natural de las muestras

Muestra	W %
M-01	3,13
M-02	3,13
M-03	3,15
M-04	1,38
M-05	3,3
M-06	3,3

Fuente: Autores (2015).

Las muestras extraídas arrojaron un valor promedio para el Límite Líquido de 28,79 % y no presentaron características representativas para calcular su Límite Plástico. El Índice de Plasticidad tiene un valor promedio de 24,34 %. Los valores determinados de peso unitario varían entre 1,48 gr/cc y 1,69 gr/cc en los suelos del área de estudio (tabla 3.4).

3.4. Actividades geotécnicas realizadas en el área de estudio

Mapa Topográfico.

Los datos obtenidos de las estaciones fueron ingresados en la aplicación Google Earth™, Se utilizaron las aplicaciones Surfer™ v.12 y Autocad™ v.2012 para realizar el mapa topográfico y el bloque diagramático preliminar del área de estudio (Anexos 3.2 y 3.3). Del programa Googleozi™ se empleó la aplicación shareware™ para descargar los mapas de Google™ y para la calibración de OziExplorer™ y otros archivos de mapas. El mapa geológico local Se obtuvo a partir del mapa geológico de Venezuela, utilizando el software ArcGis™ v.10 (Anexo 3.4).

Análisis de procesos geomorfológicos

Un análisis de las unidades geomorfológicas muestran que las colinas constituyen los relieves más sobresalientes en la altiplanicie de Maracaibo y están drenadas por pequeños cursos de régimen intermitente que confluyen a las cañadas Juan López, La Arreaga y La Morillo, cuyos cauces en su parte media y en los topes de las colinas han sido modificados y rellenados, haciendo que los escurrimientos producto de las lluvias se desplacen a lo largo de calles y avenidas.

Estos relieves relativamente accidentados transicionan de semiondulados a planos. Presentan desniveles de 10-15 m e incluso, hasta 20 m con respecto al nivel del lago. Los datos obtenidos se emplearon considerando la información topográfica y geológica. El trazado costero se presenta muy irregular con entrantes y salientes, áreas deprimidas y levantadas, relacionadas con los últimos movimientos de las fallas activas y recientes, que atraviesan el lago y la ciudad de Maracaibo en sentido sureste-noroeste.

Análisis geotécnico

A partir de la información recopilada en las fichas de reconocimiento geotécnico de macizo rocoso se realizó un análisis geotécnico de los taludes presentes en el área de estudio que arrojó las siguientes observaciones.

Tabla 3.4 Ensayos granulométricos de la muestras 1-6

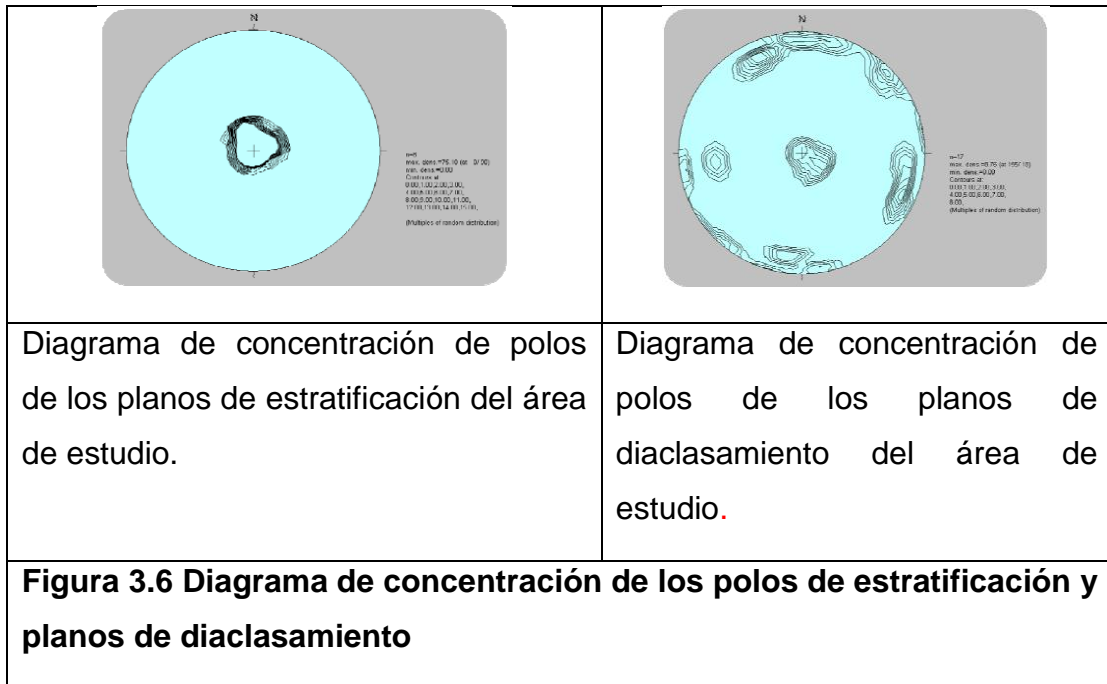
Ensayo granulométrico - Muestra 01						Ensayo granulométrico - Muestra 02					
Ensayo granulométrico - Muestra 01						Ensayo granulométrico - Muestra 02					
Peso total de la muestra seca: 137,5 gr						Peso total de la muestra seca: 157,10 gr					
Nro. Tamiz	Tamaño de grano (mm)	Peso retenido	% retenido	% más grueso	% más fino	Nro. Tamiz	Tamaño de grano (mm)	Peso retenido	% retenido	% más grueso	% más fino
1-1/2"	37,50	0,00	0,00	0,00	100,00	1-1/2"	37,50	0,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,00	0,00	0,00	0,00	100,00	1"	25,00	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,00	0,00	0,00	0,00	100,00	3/4"	19,00	0,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,50	0,00	0,00	0,00	100,00	3/8"	9,50	0,00	0,00	0,00	100,00
nro. 4	4,75	0,00	0,00	0,00	100,00	nro. 4	4,75	0,00	0,00	0,00	100,00
nro. 10	2,00	0,40	0,29	0,29	99,71	nro. 10	2,00	0,30	0,19	0,19	99,81
nro. 20	0,85	0,10	0,07	0,36	99,64	nro. 20	0,85	0,40	0,25	0,45	99,55
nro. 40	0,43	1,20	0,87	1,24	98,76	nro. 40	0,43	3,30	2,10	2,55	97,45
nro. 60	0,25	46,70	33,96	35,20	64,80	nro. 60	0,25	55,40	35,26	37,81	62,19
nro. 140	0,11	72,40	52,65	87,85	12,15						

Ensayo granulométrico - Muestra 03						Ensayo granulométrico - Muestra 04					
Ensayo granulométrico - Muestra 03						Ensayo granulométrico - Muestra 04					
Peso total de la muestra seca: 146,60 gr						Peso total de la muestra seca: 155,00 gr					
Nro. Tamiz	Tamaño de grano (mm)	Peso retenido	% retenido	% más grueso	% más fino	Nro. Tamiz	Tamaño de grano (mm)	Peso retenido	% retenido	% más grueso	% más fino
1-1/2"	37,50	0,00	0,00	0,00	100,00	1-1/2"	37,50	0,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,00	0,00	0,00	0,00	100,00	1"	25,00	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,00	0,00	0,00	0,00	100,00	3/4"	19,00	0,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,50	0,00	0,00	0,00	100,00	3/8"	9,50	0,00	0,00	0,00	100,00
nro. 4	4,75	0,00	0,00	0,00	100,00	nro. 4	4,75	0,00	0,00	0,00	100,00
nro. 10	2,00	0,30	0,20	0,20	99,80	nro. 10	2,00	0,60	0,39	0,39	99,61
nro. 20	0,85	4,20	2,86	3,07	96,93	nro. 20	0,85	0,70	0,45	0,84	99,16
nro. 40	0,43	6,50	4,43	7,50	92,50	nro. 40	0,43	6,00	3,87	4,71	95,29
nro. 60	0,25	59,80	40,79	48,29	51,71	nro. 60	0,25	63,10	40,71	45,42	54,58
nro. 140	0,11	54,00	36,83	85,13	14,87	nro. 140	0,11	63,60	41,03	86,45	13,55
nro. 200	0,08	3,50	2,39	87,52	12,48	nro. 200	0,08	3,50	2,26	88,71	11,29

Ensayo granulométrico - Muestra 05						Ensayo granulométrico - Muestra 06					
Ensayo granulométrico - Muestra 05						Ensayo granulométrico - Muestra 06					
Peso total de la muestra seca: 148,90 gr						Peso total de la muestra seca: 157,60 gr					
Nro. Tamiz	Tamaño de grano (mm)	Peso retenido	% retenido	% más grueso	% más fino	Nro. Tamiz	Tamaño de grano (mm)	Peso retenido (gr)	% retenido	% más grueso	% más fino
1-1/2"	37,50	0,00	0,00	0,00	100,00	1-1/2"	37,50	0,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,00	0,00	0,00	0,00	100,00	1"	25,00	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,00	0,00	0,00	0,00	100,00	3/4"	19,00	0,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,50	0,00	0,00	0,00	100,00	3/8"	9,50	0,00	0,00	0,00	100,00
nro. 4	4,75	0,00	0,00	0,00	100,00	nro. 4	4,75	0,00	0,00	0,00	100,00
nro. 10	2,00	0,00	0,00	0,00	100,00	nro. 10	2,00	0,00	0,00	0,00	100,00
nro. 20	0,85	0,00	0,00	0,00	100,00	nro. 20	0,85	1,00	0,63	0,63	99,37
nro. 40	0,43	3,40	2,28	2,28	97,72	nro. 40	0,43	19,90	12,63	13,26	86,74
nro. 60	0,25	59,90	40,23	42,51	57,49	nro. 60	0,25	20,30	12,88	26,14	73,86
nro. 140	0,11	60,90	40,90	83,41	16,59	nro. 140	0,11	21,10	13,39	39,53	60,47
nro. 200	0,08	6,90	4,63	88,05	11,95	nro. 200	0,08	15,30	9,71	49,24	50,76

Estratos

Las estructuras observadas en campo, muestran una proyección hemisférica donde se ha representado la concentración de polos de todos los planos de estratificación medidos en el área de estudio. En este diagrama se observa que los planos de estratificación presentan dos tendencias principales: una de rumbo NO con buzamiento hacia el NE y la otra de rumbo NE con buzamiento hacia el SE.



Diaclasas

Esta figura define dos sistemas de diaclasas principales, cuyas orientaciones son: las diaclasas 1 con rumbo hacia el NE y buzamiento hacia el SE y las diaclasas 2 con rumbo hacia el NO y buzamiento hacia el SO. También se observó un tercer sistema de diaclasas, atenuante.

Finalmente podemos afirmar que Geomecánicamente los macizos tienen una calidad Media (Clase III), para estos macizos el valor del RMR se encuentra en el intervalo 60-41, correspondiente la clase III de acuerdo a la clasificación de Bieniawski. El valor del GSI oscila entre 50 y 60 la cohesión puede encontrarse entre 2 y 3 Kg/cm² y el ángulo de fricción interna entre 25° y 35°. Estos macizos están estratificados y diaclasados, sus superficies se encuentran de moderada a altamente meteorizadas, ligeramente rugosas, con aberturas mayores a los 5 mm y frecuentemente presentan rellenos

blandos como arena y ocasionalmente raíces. La estabilidad de este material está condicionada por una continua erosión. Los márgenes superiores y zonas al pie de los taludes están expuestos a eventos propios de una intensa actividad antrópica. Estas características se observan en las estaciones 04, 05, 06 y 07, correspondientes al cerro Leonardi y en la estación 08, correspondiente al cerro Alemán.

Macizos con Calidad Mala (Clase IV): El valor del RMR en estos macizos puede variar entre 40 y 21, correspondiente a la clase IV de acuerdo a la clasificación de Bieniawski. Por otra parte, el valor del GSI puede encontrarse entre 20 y 35. Estos macizos presentan valores de cohesión que varían entre 1 y 2 Kg/cm², así como los ángulos de fricción interna entre 15° y 25°. Corresponden a macizos estratificados, fuertemente diaclasados y fracturados. Las superficies de las diaclasas se muestran rugosas, muy meteorizadas, con aberturas superiores a los 5 mm y predominan los rellenos blandos.

Se presenta un material granular fino a muy fino, moderadamente permeable a impermeable, cohesivo, con una densidad relativa media-baja y una moderada capacidad de carga. La estabilidad de este material está condicionada por una continua erosión y lavado debido a la actividad hídrica incipiente. La estructura está expuesta a eventos propios de actividad antrópica. También se puede indicar que el estado físico de la roca en estas unidades formacionales corresponde a dos tipos: roca meteorizada blanda fracturada (RMbf) y roca muy meteorizada blanda fracturada (RmMbf).

Frecuencia. Los datos de frecuencias tomados en las 07 estaciones donde se observaron procesos de diaclasamiento en la roca, se muestra la tendencia de estas diaclasas, la primera corresponde a una familia de diaclasas con frecuencias de 2:1 y la segunda de 3:1.

Separación: Se puede apreciar la separación de las diaclasas observadas en las diferentes estaciones, distinguiéndose dos tendencias: la primera, que representa familias de las diaclasas 1, que tienen entre 0,10 a 0,40 m de separación y la segunda, correspondiente a las diaclasas 2, que tienen entre 0,15 a 0,60 m. Estas tendencias son indicativas de que los bloques poseen pequeñas dimensiones, aunque pudieran alcanzar mayores volúmenes ya

que se observaron separaciones mayores a 1 m dentro de una misma familia de diaclasas.

Tabla 3.5. Datos de Jv y su RQD de las estaciones de trabajo

Estación	Jv	RQD
4	6,75	93
5	9,6	83
6	5,46	97
7	10,37	81
8	11,67	77
9	21,54	44
10	23,57	37

Persistencia. Este parámetro presenta un poco de variabilidad en las discontinuidades del área de estudio, sin embargo, en el Anexo 3.7 se puede observar que la tendencia que domina es de aproximadamente 2 m.

Rugosidad: Los datos de campo que señalan que el 62% de los planos de las diaclasas son ligeramente rugosos, lo que indica que las superficies ofrecen una resistencia media al corte, mientras que el 38% de las superficies son rugosas, ofreciendo buena resistencia.

Análisis de estabilidad cinemática

Para el análisis de estabilidad cinemática de los macizos rocosos se realizaron representaciones estereográficas de los planos de discontinuidad por talud utilizando el software StereoNet v.10. Obtenidos estos datos, se agrupan las direcciones de buzamiento de los planos de discontinuidad para luego mediante una simple relación geométrica adquirir los rumbos generales que dominan el área, mostrando la tendencia en cuanto a alineamiento se refiere.

Estación 4

En este talud se presentan dos casos de rotura, el primero es una rotura en cuña debido a la intersección de los planos de las diaclasas 1 y 2, que forman una recta con intersección de 73° de inclinación. El segundo, es un caso de rotura planar consecuencia de la relación geométrica entre el plano de la diaclasa 2 y el talud

Estación 5

Este talud presenta un caso de rotura en cuña debido a la intersección del plano de la diaclasa 1 y la diaclasa 2, creando una recta de intersección de $45,3^\circ$ de inclinación. También se presenta un caso de rotura planar debido a la relación geométrica que guarda el plano de estratificación con respecto al talud

Estación 6

Este talud presenta un caso de rotura en cuña debido a la intersección del plano de la diaclasa 1 y la diaclasa 2, creando una recta de intersección de $70,4^\circ$ de inclinación. También se presenta otro caso de rotura en cuña debido a la intersección del plano de la diaclasa 1 y la diaclasa 3, creando una recta de intersección de 74° de inclinación

Estación 7

Este talud presenta un caso de rotura en cuña debido a la intersección del plano de la diaclasa 1 y la diaclasa 2, creando una recta de intersección de $55,7^\circ$ de inclinación. También es propenso a sufrir un caso de rotura planar si se incrementa el ángulo del talud

Estación 8

Se presenta un caso de rotura en cuña debido a la intersección del plano de la diaclasa 1 y la diaclasa 2, creando una recta de intersección de 74° de inclinación.

También se presenta un caso de rotura planar, formado por la relación geométrica que guarda el plano de estratificación con respecto al talud (

Estación 9

Se presenta un caso de rotura en cuña debido a la intersección del plano de la diaclasa 1 y la diaclasa 2, creando una recta de intersección de $83,2^\circ$ de inclinación. Se puede observar un caso de rotura planar, originado por la relación geométrica que guarda el plano de estratificación con respecto al talud

Estación 10

Se puede apreciar dos atenuantes casos de rotura planar, el primero originado por

la relación geométrica que guarda el plano de estratificación con respecto al talud, el segundo caso está formado por la geometría del plano de la discontinuidad 2 y el talud; un posible tercer caso se origina debido a la relación geométrica entre la discontinuidad 1 y el talud

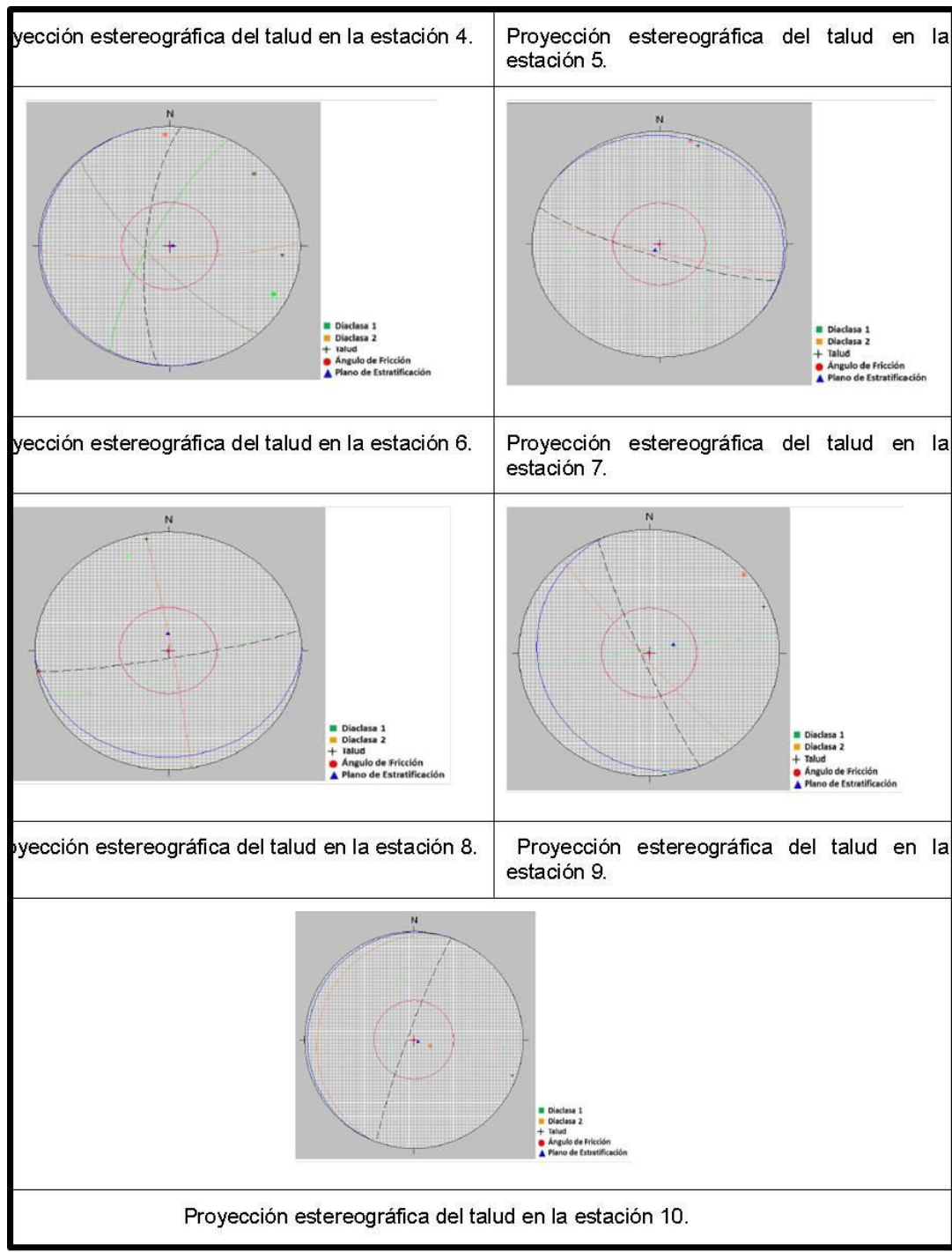


Figura 3.7 Proyecciones estereográficas de las estaciones 4-10

3.5 Evaluación de los deslizamientos en el territorio.

3.5.1 El agua como elemento disparador de los deslizamientos en la zona

El agua de lluvia, es el factor disparador que se asocia con las roturas de los taludes. La mayoría de los deslizamientos ocurren después de las intensas lluvias. Existen lluvias en épocas de invierno, donde el suelo es saturado, produciéndose el colapso del medio y su arrastre. La infiltración es el movimiento del agua desde la superficie del terreno hacia el suelo o roca. El porcentaje de infiltración corresponde a la proporción de lluvia que se infiltra. La cantidad de agua que penetra o se infiltra en la tierra queda determinada por varios factores:

1. Cantidad, intensidad y tipo de precipitación.
2. Ritmo de precipitación.
3. Pendiente superficial.
4. La permeabilidad de los suelos y las rocas.

Una infiltración alta puede producir problemas de presión del agua interna que pueden generar un deslizamiento. En el caso de que el talud llegue a saturarse, la facilidad o dificultad con que el talud se auto drena depende de las formaciones geológicas circundante.

La configuración del nivel freático depende de la forma del relieve superficial, el cual reproduce generalmente, sí bien con contornos menos abruptos y también depende de la permeabilidad del terreno y del abastecimiento de agua. Una lluvia fuerte puede producir abundante escorrentía, pero una llovizna ligera puede absorberse en forma casi total, porque el suelo a menos que esté muy seco, se satura en forma rápida y no puede absorber más agua. Generalmente, la escorrentía se concentra en corrientes de agua que pueden formar surcos o cárcavas de erosión. Desde la perspectiva geológica y de formación del paisaje, la erosión es parte del proceso de morfogénesis a través del cual se alteran y moldean las formas terrestres.

3.5.2 SISMICIDAD COMO ELEMENTO DISPARADOR.

Entre los factores considerados en el análisis de taludes y laderas expuestos a eventos sísmicos están el valor de las fuerzas sísmicas aplicadas sobre las masas de suelo potencialmente deslizables y su disminución de resistencia, el aumento de presión de poros especialmente en suelos limosos y arenas finas, el aumento de fuerza sísmica generado por la amplificación en los suelos blandos y la magnitud de las deformaciones en la masa de suelo. Los sismos que producen un mayor daño son los sismos relativamente superficiales. Existen dos parámetros importantes para designar el tamaño y la fuerza de un sismo son la magnitud y la intensidad (Tabla 3.6).

Tabla 3.6 Posibilidad de deslizamientos causados por sismos

Magnitud del sismo	Tipo de deslizamiento producido
4.0	Caídos de roca, deslizamientos de roca, caídos de suelo y alteración de masas de suelo.
4.5	Deslizamiento de translación, rotación y bloques de suelo.
5.0	Flujos de suelo, esparcimientos laterales, deslizamientos subacuáticos
6.0	Avalanchas de roca.
6.5	Avalanchas de suelo.

FUENTE: Keefer, 1984

La intensidad sísmica se aplica a la identificación del grado de destrucción o efectos locales de un terremoto, depende de la magnitud del sismo, la profundidad de la zona de liberación de energía, las características físicas locales y la distancia del sitio al epicentro. La ocurrencia de un deslizamiento relacionado con un sismo depende de la intensidad del sismo y de otros factores topográficos geológicos e hidrogeológicos. El movimiento en el talud consta de tres fases: una onda directa, una onda reflejada, y una onda difractada. El resultado demuestra que hay una amplificación topográfica importante en la parte alta del talud y que a lo largo de este podría ocurrir amplificación y atenuación dependiendo de la geometría del talud y la frecuencia del movimiento.

Los procesos antrópicos que activan los deslizamientos se encuentran los cambios en el relieve y cargas del talud por remoción de suelos y rocas en los cortes, sobrecarga por medio de rellenos o construcciones, modificación de las condiciones de humedad en aguas superficiales, cambio general en el régimen de aguas superficiales y construcción de reservorios o presas. Por otra parte, el drenaje subterráneo conlleva a una concentración de las aguas de percolación en profundidad (terreno altamente poroso y permeable) hacia el centro del área para después seguir la vía de drenaje al pie del acantilado del sector expuesto al norte, en el cual se observa la cavidad producida por la erosión de las aguas.

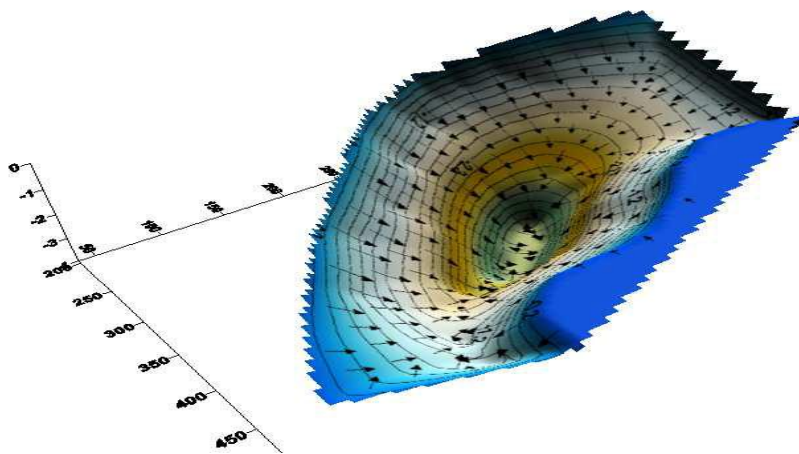


Figura 3.8 Visión tridimensional de la variación del espesor del relleno, de la Formación El Milagro y los vectores del drenaje subterráneo. Fuente: Geoproject (2005).

Debido a los resultados alcanzados, más se recomendó a la constructora de la obra realizar la pavimentación del área, impidiendo la percolación de las aguas de lluvia en el subsuelo para evitar la erosión por descarga de las mismas hacia el centro y su posterior desembocadura en el pie del talud.

El trabajo de investigación realizado por Montiel et al en el año 2007, expresa que el área ocupada por la Formación El Milagro es muy vulnerable.

Morfológicamente, el barrio Cerros de Marín se encuentra emplazado en taludes escarpados a lo largo de la costa, con una topografía muy accidentada que evidencia bad lands de color marrón rojizo, rebajados y cortados por los trabajos de urbanismos. La mala cohesión de los suelos que componen estos taludes, combinados con las altas pendientes y la

incidencia antrópica, agudiza la ocurrencia de los procesos erosivos. Ocurren así, procesos de desestabilización de taludes en las áreas ubicadas al sureste, colindando con la parroquia Santa Lucía y la Av. 2. Los procesos de ladera predominantes corresponden a derrumbes, desprendimientos repentinos de rocas.

Dentro de la dinámica de las vertientes del barrio Cerros de Marín, se evidencia la presencia de cárcavas y surcos excavados por las aguas de lluvias torrenciales y por infiltraciones de agua de tuberías rotas. La concentración de aguas en períodos lluviosos (agosto-noviembre y mayo), propicia un aumento de su energía y desencadena procesos de erosión violenta. Dentro de tales circunstancias, predominan cárcavas de entre 1, 3 a 2 m de ancho y 3,5 a 5 m de largo que evidencian la actividad actual, y constituyen zonas de alta amenaza geomorfológica por inestabilidad de laderas. De acuerdo con los datos obtenidos en los análisis de las muestras de rocas, se evidencia que los valores de permeabilidad se ubican entre 1600 hasta 89 md, lo que indica que tienen una alta capacidad acumulativa para almacenar fluidos (agua).

Existen diversos factores generadores de inestabilidad de laderas causada por la actividad del hombre, principalmente por las modificaciones de la geometría de las laderas, excavaciones artificiales, excavaciones para la construcción, procesos de urbanización, rellenos, deforestación y tuberías de agua, entre otras. Los rellenos que se presentan en el barrio Cerros de Marín, son generalmente más permeables que los suelos naturales, favoreciendo la acumulación de agua en los poros debido a que son menos cementados y su estructura es más susceptible a deterioro o colapso por eventos sísmicos y/o lluviosos.

En el análisis del macizo rocoso se puede clasificar las rocas, según las discontinuidades como tipo III y IV. Las rocas de estos cerros, según el índice de campo ISRM, se clasificaron en roca extremadamente blanda (R0), muy blanda (R1), blanda (R2) y moderadamente dura (R3), con una resistencia a la compresión de 0,25 a 50 MPa, es decir, muy baja a la resistencia a los esfuerzos

En el sector 5 del barrio Santa Lucía se encuentra inestable en el talud del cerro Los Padres. Esta inestabilidad es producto de su constitución rocosa: areniscas y arenas pobremente consolidadas con alto contenido de finos (limo) de la Formación El Milagro y la presencia de diaclasas.

Dentro de los factores geológicos que causaron el deslizamiento en el cerro Leonardi se identificaron a la cohesión de los suelos como el factor es que tienen mayor incidencia son la poca consolidación de la roca, a ello se suma; las fracturas naturales de los estratos (fallas, diaclasas, planos de estratificación y superficies de erosión), la acción erosiva del agua de las precipitaciones y su filtración, aunada a la percolación del agua proveniente del sistema de riego y la sismicidad del área se sugiere. Una vez establecido las condiciones de inestabilidad de los taludes del sector se sugiere que se realice un estudio de las técnicas que se pueden utilizar para la estabilización de los mismo.

Técnica con geocintéticos

Son elementos planos y flexibles que se adhieren y acomodan a la superficie del terreno evitando que el agua y el viento entren directamente en contacto con el suelo y provoquen erosión. La función de estas intervenciones es la de promover la integración del talud al medio circundante, reconstituyendo cuanto sea posible la vegetación local.

Esa técnica es usada en taludes o laderas formadas de rocas inestables debido a que fijan las rocas sueltas evitando que las mismas se desprendan y rueden cuesta abajo (Figura 3.9).

Biomantas

Son revestimientos biodegradables producidos con fibras de coco u otras fibras naturales, pero con vida útil suficiente para desarrollar esta función. Su función principal es la de servir de protección y abono para las especies vegetales que serán sembradas en el talud, antes de la colocación de la misma. Después de pocos meses de su aplicación la biomanta desaparece por completo y la protección contra la erosión es proporcionada por la vegetación que se habrá desarrollado en el talud.

Figura 3.9. Biomantas



Fuente: Alberti Arroyo et al 2006.

Geomantas: En casos de taludes de suelos poco cohesivo y de pendiente suave la mejor opción de revestimiento es una geomanta producida con filamentos de nylon, esta se aplica directamente sobre el talud y es anclado con grapas metálicas, posteriormente es sembrado y cubierto con tierra vegetal. Su función es confinar las semillas con las cuales es colmatado, facilitando el crecimiento de la vegetación y garantizando la interacción suelo-material a través del anclaje de las raíces.

Gunitado

Es un sistema constructivo que consiste en proyectar con una manguera a alta presión hormigón, pudiendo construir sobre cualquier tipo de superficie. Con el objeto de construir un muro continuo con mayor resistencia y menor espesor para soportar y contener la presión ejercida por el terreno.

Puede aplicarse a taludes de cualquier tipo de pendiente ofreciendo una permeabilización óptima gracias a la baja porosidad. Una de las ventajas de esta técnica es la mayor resistencia por metro², es decir con menos material se consigue mayor resistencia y durabilidad (figura 3.10).

Puede ser usado para revestir pendientes muy inclinadas y así evitar los deslizamientos con un grado de durabilidad que hace que su mantenimiento sea pequeño.

Figura 3.10. Gunitado



Fuente: Alberti Arroyo et al 2006.

Para concluir, los deslizamientos de tierra ocurridos durante el año 2004 coinciden con los meses de mayor precipitación, como lo son mayo (75,96 mm), junio (69,09 mm) y noviembre (54,87 mm). Los valores de humedad más bajos, registrándose el último deslizamiento en los meses de mayor humedad, que son octubre y noviembre (79,8% y 81,3%, respectivamente).

Los deslizamientos de tierra ocurridos durante el año 2005 coinciden con los meses de mayor precipitación o con el mes que le prosigue, como lo son febrero (220 mm), abril (146,6 mm) y mayo (117,4 mm). Durante el mes de mayo y a finales del año, se registraron los valores de humedad más altos, registrándose los deslizamientos en meses donde la humedad es mayor a 70% (73,8%, 74% y 72,1%, respectivamente).

Estos desprendimientos también fueron precedidos por varios eventos sísmicos, ocurridos en un lapso no mayor a 5 días, con una profundidad máxima de 13,2 km y mínima de 0,1 km y magnitudes entre 2,7 y 3,6 en la escala de Richter. El epicentro más lejano se ubicó a 197 km y el más cercano a 13 km al noreste de Maracaibo.

El deslizamiento de tierra registrado a principios del año 2006 ocurre después de los meses de mayor humedad del año 2005, que promedian 76,86%, sin que se registren precipitaciones entre noviembre y diciembre de ese año ni durante enero. Estos movimientos, también fueron precedidos por varios eventos sísmicos, ocurridos en un lapso no mayor a 21 días, con una profundidad máxima de 91 km y magnitudes entre 2,6 y 5,0 en la escala de Richter. El epicentro más lejano se ubicó a 59 km al noreste de Maracaibo y el más cercano a 59 km aproximadamente al suroeste de La Concepción.

Los deslizamientos de tierra registrados durante el año 2010 ocurren después de los meses donde se registran las mayores temperaturas, entre mayo y agosto, donde la temperatura promedia 29,8° C. Respecto a la humedad, los deslizamientos ocurren cuando la humedad es mayor al 70%, incrementándose desde agosto hasta noviembre, donde se registra la humedad máxima del año 2010 (87,9%). Durante ese año la precipitación fue escasa, siendo el mes de agosto donde se registró la mayor precipitación (14,49 mm).

Estos desprendimientos también fueron precedidos por varios eventos sísmicos. En el mes de septiembre ocurrió en un lapso no mayor a 8 días, con una profundidad máxima de 35,6 km y mínima de 1,6 km y magnitudes entre 2,2 y 3,0 en la escala de Richter. En el mes de noviembre ocurrió en un lapso no mayor a 13 días, con una profundidad máxima de 136,5 km y mínima de 1,1 km y magnitudes entre 2,0 y 4,1 en la escala de Richter. En el mes de diciembre ocurrió en un lapso no mayor a 24 días, con una profundidad máxima de 136 km y mínima de 1 km y magnitudes entre 2,2 y 3,0 en la escala de Richter. Fueron considerados sismos ocurridos entre los grados 71 -73 de longitud (este) y los grados 9 -14 de latitud (norte).

El deslizamiento de tierra ocurrido durante el año 2011 tuvo lugar tras registrarse un incremento de 80 mm a 159 mm en los valores de precipitación entre los meses de abril a mayo, donde la temperatura promedia los 29,1° C y va en ascenso. Respecto a la humedad, el deslizamiento ocurre luego de haberse registrado el valor más bajo de humedad en el año (69,8% en abril).

Estos desprendimientos también fueron precedidos por varios eventos sísmicos. En el mes de enero ocurrió en un lapso no mayor a 24 días, con una profundidad máxima de 134,8 km y mínima de 1,1 km y magnitudes entre 2,0 y 3,1 en la escala de Richter. En el mes de mayo ocurrió en un lapso no mayor a 12 días, con una profundidad máxima de 156,7 km y mínima de 1,9 km y magnitudes entre 2,0 y 3,4 en la escala de Richter. Fueron considerados sismos ocurridos entre los grados 71 -73 de longitud (este) y los grados 9 -14 de latitud (norte).

Como resultado del análisis de las representaciones estereográficas se obtuvo que entre los 10 taludes presentes en el área de estudio, sólo de 7 taludes se pudo obtener información pertinente al análisis de estabilidad, debido a que presentaron dos tipos de rotura: la primera, de rotura en cuña (47%) y la segunda, de rotura planar (53%).

Los resultados del análisis de estabilidad indican que aproximadamente el 71% de los taludes se encuentran en una condición muy inestable, con factores de seguridad inferiores a 1 y presentan una condición de alta densidad e incidencia de procesos de desprendimientos de bloques asociada a la cinemática de planos de estratificación y de las discontinuidades; a pesar de ello y según las observaciones de campo, en algunos casos la ocurrencia de caídas de roca simplemente se deben a un desprendimiento por gravedad condicionado por el ángulo del talud. El 29% de estas estructuras se encuentran en condiciones estables con factores de seguridad superiores a 1,5.

Considerando el grado de estabilidad de los taludes se realizó el mapa de estabilidad cinemática, donde se puede observar que los taludes de la zona se presentan muy inestables.

CONCLUSIONES

1. El relieve del área, tiene una topografía predominante de colinas de formas cóncavo-convexas. Esta morfología se relaciona con un sistema de cárcavas, las cuales en los períodos de lluvia, generan intensos flujos en dirección al lago de Maracaibo. Las fallas activas, están relacionadas geo -estructuralmente con estas, orientándose en dirección noroeste-sureste. La acción del hombre, ha roto su equilibrio morfo dinámico urbano, alterando variables como pendiente, escurrimiento, suelos, zonas de corte y relleno, áreas de préstamos entre otros.
2. La metodología de estudio de los deslizamientos en los taludes del cerro Leonardi y el cerro Alemán de la formación El Milagro permitió la realización más efectiva del estudio de los deslizamientos de la zona lográndose una mejor interpretación, estudio y evaluación de los deslizamientos que en este territorio tiene lugar.
3. Los suelos, son en su mayoría arenas muy finas con estratos poco consolidados, que se erosionan hacia las partes más bajas, creando zonas de inestabilidad. Los factores climáticos y sísmicos fueron los desencadenantes de los deslizamientos ocurridos en la zona. Evidencia de ello son los eventos registrados en los años 2004, 2005 y 2011. El 71% de los taludes se encuentra en una condición muy inestable, con factores de seguridad < 1 . Los deslizamientos están condicionados por la orientación de los planos de estratificación y las discontinuidades.

RECOMENDACIONES

1. Continuar con los análisis de los deslizamientos en el sector para poder proponer técnicas adecuadas para la estabilización de los taludes. Eliminando el impacto geoambiental de la región.
2. Generar un sistema de medidas que permitan estabilizar el talud para armonizarlo con el ambiente y así Incrementar la calidad de vida de la comunidad y de su entorno

BIBLIOGRAFIA

Alcántara, i. (2000). "landslides" ¿deslizamientos o movimientos del terreno? definición, clasificación y terminología, México. 19 pp.

Ayala, R., Páez, G. y Araque, F. (2007). Análisis geomorfológico de la microcuenca El Guayabal, a propósito de la ocurrencia de las lluvias excepcionales de febrero de 2005. Cuenca del río Mocotíes, estado Mérida-Venezuela. Revista Geográfica Venezolana. 48(1):59-82

Bonachea, P. (2006). "Desarrollo, aplicación y validación de procedimientos y modelos para la evaluación de amenazas, vulnerabilidad y riesgo debidos a procesos geomorfológicos". Tesis doctoral. Universidad de Cantabria. Santander. 278pp.

Brabb, E. (1984). "Innovative Approaches to Landslide Hazard and Risk Mapping" In: IV International Symposium on Landslides, vol. 1 (Toronto, 1984), pp. 307-323.

Brabb, E. (1991). "The world landslide problem". International institute for geo information scie T.A.V. library, vol. 14, N. 1. pp. 52-61.

Brunsdon, D. (1979). "Mass movements", (In: Embleton, C.E. y J.B. Thornes (ed.), Progress in Geomorphology), Arnold. pp. 130-186.

Cees van Westen; 2,009; "Guide book, Multi-Hazard Risk Assessment", United Nations University-ITC School on Disasters Geo-Information Management - UNU-ITC-DGIM.

Cartaya Scarlet. Méndez Williams y Pacheco Henry. (2006). Modelo de zonificación de la susceptibilidad a los procesos de remoción en masa a través de un Sistema de Información Geográfica. Interciencia. Caracas: Asociación Interciencia, vol. 31, no. 9, p. 638-646. 2002

Castellanos, E. (2008) "Multi-scale landslide risk assessment in Cuba". Ph.D. Thesis. International Institute for Geo-information Science and Earth Observation, Enschede, The Netherlands. 273 pp.

Castellanos, E. y van Westen, C. (2001). "Landslide hazard assessment using the heuristic model". Memorias. IV Taller Internacional de Ciencias de la Tierra y Medio Ambiente. La Habana, Cuba (19 al 23 de marzo).

Coates, D. (1977). "Landslides perspectives". In Coates, D. (ed.), *Landslide*. Geological Society of America

Código Geológico de Venezuela. Sitio web. Disponible en: Copons Llorens, R. y Tallada Masquef, A. (2009). *Movimientos de ladera*. Universitat Politècnica de Catalunya. Departamento de Ingeniería del Terreno, Cartográfica y Geofísica. Disponible en: <http://revistas.um.es/geografia/article/view/92401>

Crozier, M. (1973). "Techniques for the morphometric analysis of landslips", *Zeitschrift fur Geomorphologie*, 17. pp. 78-101.

Cruden, D. (1991). A simple definition of a landslide (<http://www.itc.nl/external/unescorapca/Presentaciones%20Powerpoint/04%20Amenaza%20por%20Deslizamientos/Introduccion%20a%20los%20Deslizamientos.pdf>)

Cruden, D. and Varnes, J. (1996) "Landslides types and processes". In Turner, A. and R. Schuster (eds.). *Landslides: Investigation and Mitigation*, Transportation Research Board, Special Report 247, National Academy Press, Washington, D.C. USA. pp. 36-75.

Espinoza, Antonio. (1992). *Sinopsis fisiográfica de la región zuliana*.

Disponible en:

<http://ance.msinfo.info/bases/biblo/texto/libros/EA.1992.a.4.pdf&sa=U&ei=0MXcVN2DLdHksATW8IGIDg&ved=0CBoQFjAB&usg=AFQjCNF1pKjSZZWYJwhtPyostiH6GD6kYQ>

GeoProyect. C.A. (2005). *Estudio geológico, hidrogeológico y de estabilidad del talud de la Formación El Milagro en el área de construcción del futuro vivero y museo geológico*. (Inédito). Maracaibo, Venezuela.

Geoproject. C.A. (2005). *Diagnos sobre riesgo geológico y evaluación del desprendimiento de la Formación El Milagro, cerro Leonardi (sede del poder judicial)*. Estudio ejecutado para la alcaldía de Maracaibo. Maracaibo, Venezuela.

Montiel K., Gouveia Muñetón, E., Montes Galbán, E. (2007). *Influencia de la intervención antrópica en la ocurrencia de procesos de ladera*. Microcuencia

de la quebrada Ramos, Flanco Nor-andino venezolano. Universidad Central de Venezuela. Terra Nueva Etapa, vol. XXIII, núm. 34, julio-diciembre, 2007, pp. 35-68. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=72103403>

Montiel, K., González Bravo, Y., Loaiza Arellano, C. y Gouveia Muñetón, E. (2008). Inestabilidad de laderas en el barrio cerros de Marín, Maracaibo, estado Zulia, Venezuela. Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal. Sistema de Información Científica. Universidad Central de Venezuela. Terra Nueva Etapa, vol. XXIV, núm. 36, julio-diciembre, 2008, pp.13-53. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?>

Pérez, L., Semprúm, Y., Vivas, R. y Cubillán, Y. (2013). Manual para la gestión de riesgos socio-naturales dirigida a las comunidades del barrio Santa Lucía, parroquia Santa Lucía, municipio Maracaibo, estado Zulia. Instituto Universitario de Tecnología de Maracaibo. Departamento de Geología e Hidrocarburos. Programa Nacional de Formación en Geociencias. 110 p.

Perles María. Perspectivas Actuales en la Geografía Física. Problemas Heredados y Posibilidades de Cambio. Revista Encuentros en la Biología. España: Universidad de Málaga. Nº 100, 2005.

Plan de desarrollo urbano local de Maracaibo. Tomo 1. Disponible en:

.

Schuster, A. and Kockelman, N. (1996) "Stability of natural slopes and embankment foundations". Proceedings of the Seventh International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, State of Art. Volumen, México. pp. 291-340.

Van Westen, C. (1996). "Slope instability recognition, analysis, and zonation". In: Turner, A., Schuster, R.L. (Eds.), Landslide: investigation and mitigation. National Research Council, Washington, D. C. USA. Special report 247. pp. 129-177.

Van Westen, C.; van Asch, M and Soeters, R. (2005). "Landslide hazard and risk zonation -why is it still so difficult?" International Institute for Geo-

Information Science and Earth Observation (ITC), Enschede, The Netherlands. Faculty of Geosciences, Utrecht University, Utrecht, The Netherlands. 18 pp.

Varnes, D. (1958). "Landslides: types and processes". In Ekel, E.B (ed.), Landslides and Engineering Practice, Highway Res. Board Special Report 29. pp. 20-47.

Varnes, D. (1978). "Slope movements, types and processes", Landslides: Analysis and control, transportation research board, Spec. Rep. 176, National Academy of Science, Washington. pp. 11-33.

Varnes, D. (1984) "Landslide hazard zonation", A Review of principles and practice UNESCO Press. Paris. France. Pp.1- 63.

Ward, W. (1945). "The stability of natural slopes", Geographical Journal, 105: pp. 170-197.

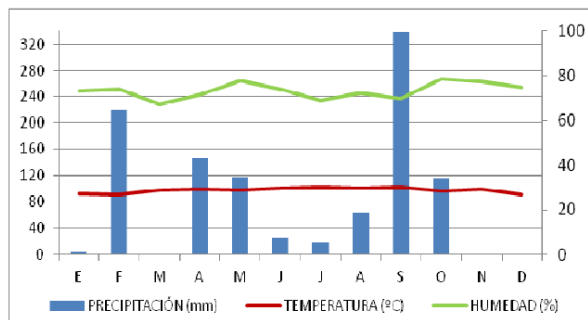
Yuri Almaguer Carmenates, Rafael Guardado Lacaba; 2006; "type of the landslide developed in the territory of Moa", Institute Superior Minero Metalúrgico de Moa; Cuba; Revista de Ciencias de la Tierra, volumen 22. número 2.

ANEXOS

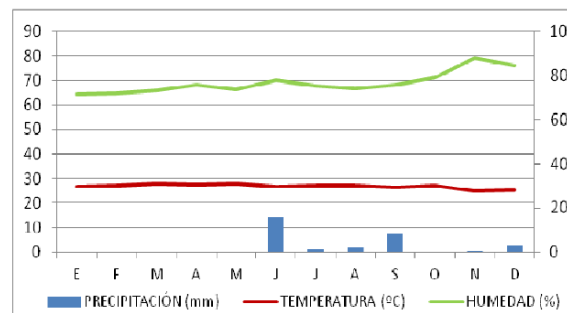
ANEXO 1.1 TEMPERATURA PROMEDIO DE MARACAIBO

Temperatura	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Total
Temperatura Diaria máxima °C (°F)	31 (89)	31 (89)	32 (90)	32 (90)	31 (89)	32 (91)	32 (91)	33 (92)	32 (90)	31 (88)	31 (89)	31 (88)	32 (90)
Temperatura diaria mínima °C (°F)	23 (74)	23 (75)	25 (77)	25 (78)	25 (78)	25 (78)	26 (79)	25 (78)	24 (78)	24 (76)	24 (76)	23 (75)	25 (77)
Precipitación total mm (pulg)	5 (0,2)	5 (0,2)	5 (0,2)	30 (1,5)	60 (2,6)	50 (2,2)	20 (1,0)	50 (2,1)	70 (3,0)	110 (4,7)	50 (2,2)	20 (0,8)	510 (20,3)

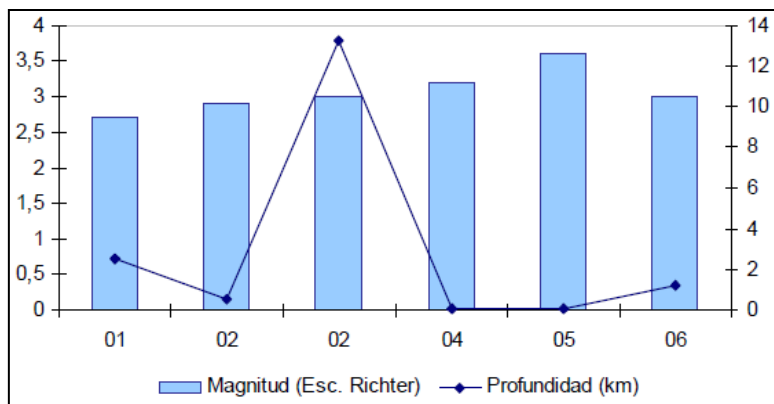
ANEXO 1.3 ANÁLISIS CLIMÁTICO Y SÍSMICO DEL 2005



PP	3.05	220	0	146.6	117.4	24.89	18.03	61.73	337.3	115.3	0	0
TM	27.3	26.9	29	29.2	28.8	29.5	30.1	29.6	30	28.4	29.1	26.7
H	73.1	73.8	67	71.5	77.8	74	68.9	72.1	69.9	78.7	77.2	74.7
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC



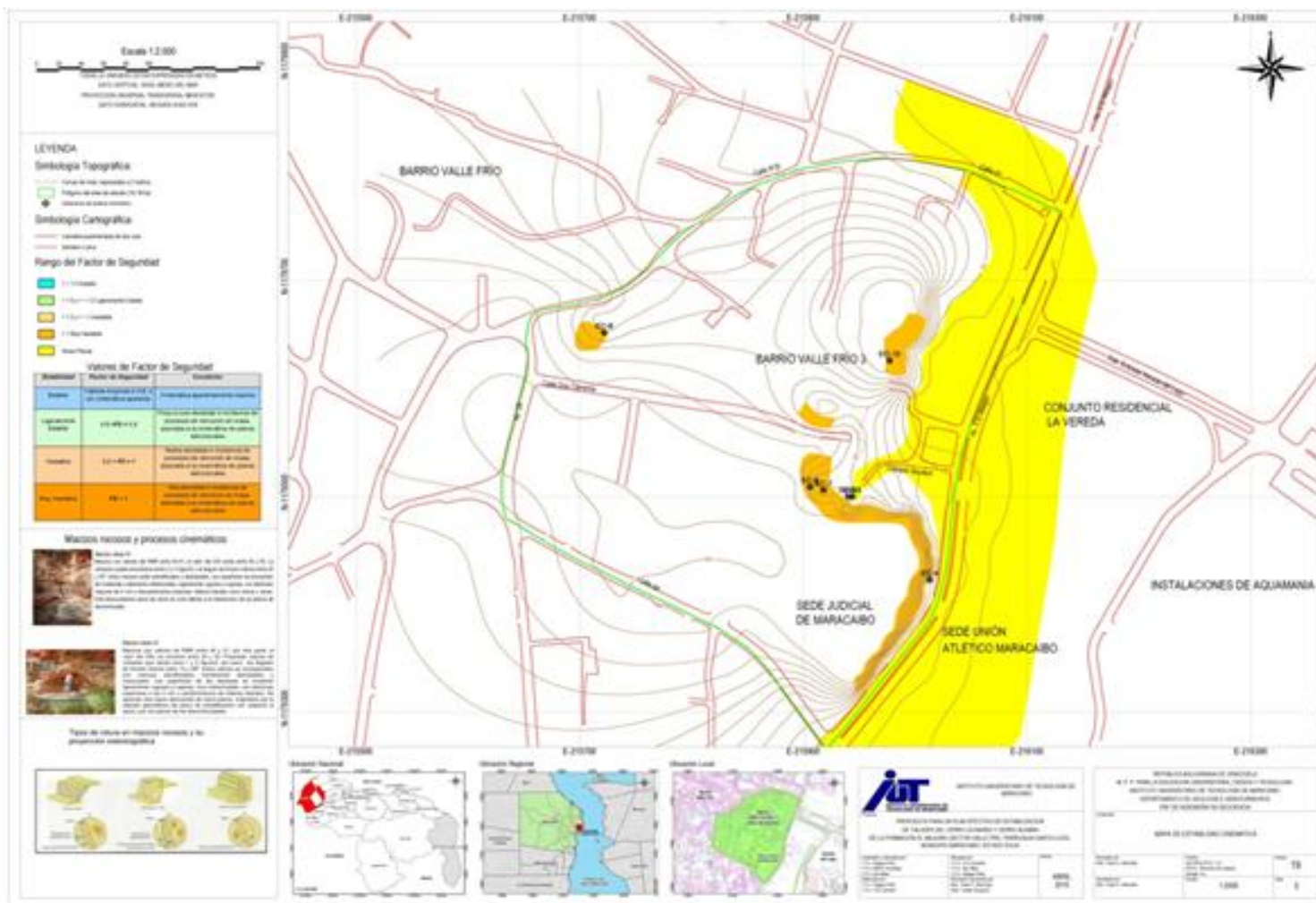
PP	62	7.11	0	80	159	74.94	41.9	19.1	55.4	240	137	64.3
TM	28.2	28.5	28.6	29.1	29.1	29.9	29.6	30.3	29.9	28.5	28.5	28
H	81.4	74.9	70.6	69.8	73	73.7	74.8	73.3	74	78.7	79.5	76.9
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC



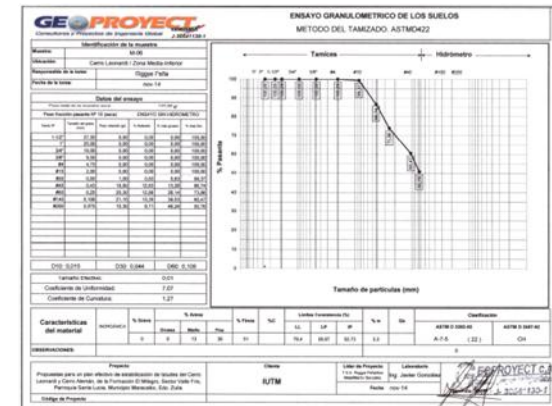
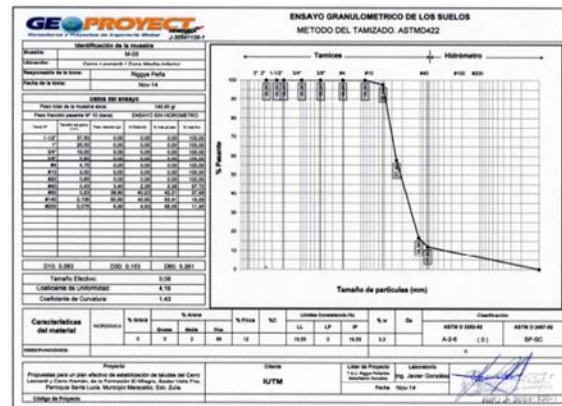
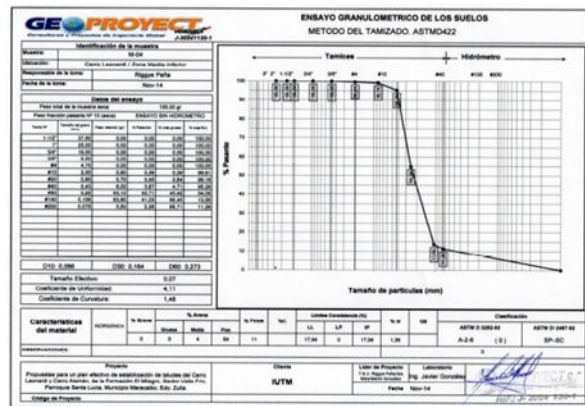
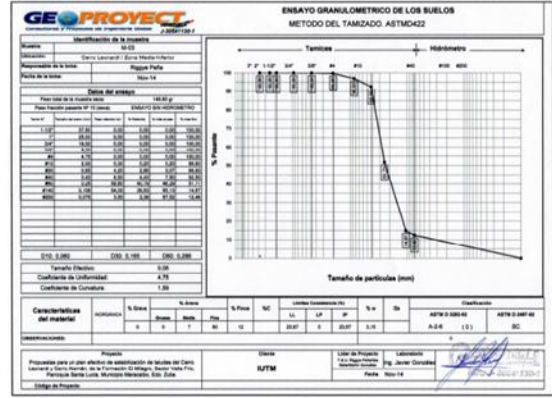
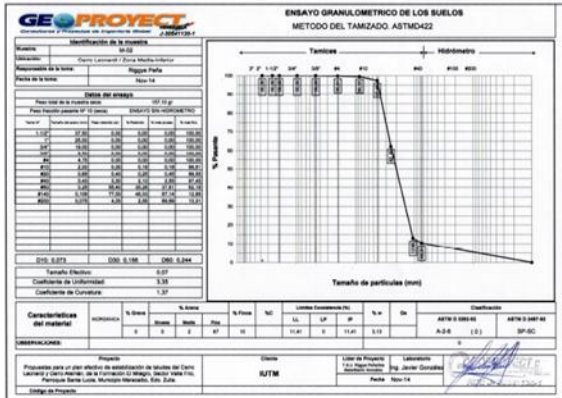
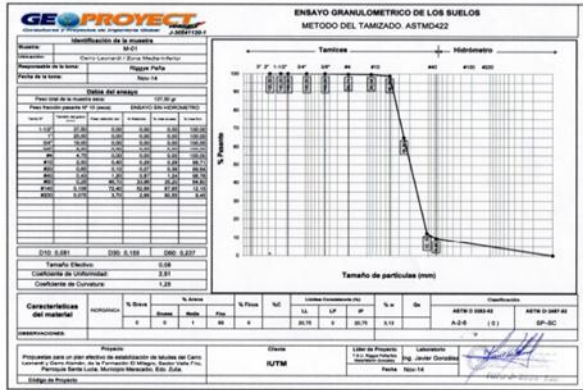
Fecha (HLV)	Hora (HLV)	Latitud	Longitud	Profundidad	Magnitud	Localización
		(Grados)	(Grados)	(Kms)		
01/08/2005	16:00	11.30	-70.74	2,5	2,7	19 km al NO de Capatarida
02/08/2005	05:46	10.69	-71.51	0,5	2,9	13 km al NE de Maracaibo
02/08/2005	06:04	10.69	-71.51	13,2	3	13 km al NE de Maracaibo
04/08/2005	02:36	10.70	-71.52	0,1	3,2	13 km al NE de Maracaibo
05/08/2005	14:13	09.96	-73.15	0,1	3,6	69 km al O de Machiques
06/08/2005	04:50	10.70	-71.52	1,2	3	13 km al NE de Maracaibo

Agosto 2005

ANEXO 2.1 MAPA DE ESTABILIDAD CINEMÁTICA



ANEXO 3.1 CURVAS GRANULOMÉTRICO



ANEXO 3.2 ENSAYOS

GEOPROYECT		ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE HUMEDAD EN MUESTRAS DE SUELO		
Consultores y Proyectores de Ingeniería Civil		ASTM D 2216-05		
CLIENTE	Instituto Universitario de Tecnología de Maracaibo (UTM)			
PROYECTO	Propuestas para un plan efectivo de estabilización de taludes del Cerro Leonardi y Cerro Alemán, de la Formación El Milagro, Sector Valle Frio, Parroquia Santa Lucía, Municipio Maracaibo, Edo. Zulia			
PROYECTANTE	T.S.U. Riggye Peña, Ibis Mata, Martín González			
FECHA DE ELABORACIÓN	19-11-2014			
Hoja 1/1				
PLANILLA DE RESULTADOS				
MUESTRA N°	Peso de la Capsula	Peso Capsula + Suelo Húmedo	Peso Capsula + Suelo Seco	% de Humedad
M1	49.30	207.90	205.60	3.13
M2	42.30	223.80	218.80	3.13
M3	42.30	213.00	208.40	3.15
M4	44.30	221.10	216.00	1.90
M5	46.30	218.10	215.80	1.74
M6	44.50	217.10	211.90	3.30
Observaciones:				
Técnico de Laboratorio Ing. Oscar Comas	Revisado y Aprobado por Ing. Javier González			
Av. 2 Milagro Norte, Sector Puntilla de Piedra, Calle "Avenida Segunda", Casa 19F-02, Tel/Fax: 0261 742 1452, 0416 503 2996 Correo Electrónico: geoproyc@guayana.net, geoproyc@prodigy.net, geoproyc@prodigy.com Maracaibo, Estado Zulia - Venezuela				

Ensayo 1. Contenido de humedad

GEOPROYECT		ENSAYO DE CLASIFICACIÓN VISUAL		
Consultores y Proyectores de Ingeniería Civil		ASTM D 1585		
CLIENTE	Instituto Universitario de Tecnología de Maracaibo (UTM)			
FECHA	19/11/2014			
PROYECTO	Propuestas para un plan efectivo de estabilización de taludes del Cerro Leonardi y Cerro Alemán, de la Formación El Milagro, Sector Valle Frio, Parroquia Santa Lucía, Municipio Maracaibo, Edo. Zulia			
MUESTRA	INTERVALO (cm)	SPT	DESCRIPCIÓN	COORDENADAS UTM
M1	40		Arena beige de grano fino a muy fino, limosa, micácea	N. 1179485 / E. 210003
M2	45		Arena beige de grano fino a muy fino, limosa, micácea	N. 1179487 / E. 215982
M3	44		Arena amarillosa amarillosa clara, grano fino a muy fino en parte medio, micácea	N. 1179452 / E. 210014
M4	42		Arena amarillosa clara, grano fino a muy fino ocasionalmente grano medio, micácea	N. 1179423 / E. 216013
M5	40		Arena roja clara, grano fino a muy fino, en parte grano medio, micácea	N. 1179614 / E. 215987
M6	40		Limo Antracoso algo Antracoso, beige claro, en parte gris claro, micácea	N. 1179652 / E. 215722
OBSERVACIONES:				
Técnico de Laboratorio Ing. Oscar Comas	Revisado y Aprobado por Ing. Javier González			
Av. 2 Milagro Norte, Sector Puntilla de Piedra, Calle "Avenida Segunda", Casa 19F-02, Tel/Fax: 0261 742 1452, 0416 503 2996 Correo Electrónico: geoproyc@guayana.net, geoproyc@prodigy.com, geoproyc@prodigy.com Maracaibo, Estado Zulia - Venezuela				

Ensayo 2. Clasificación visual

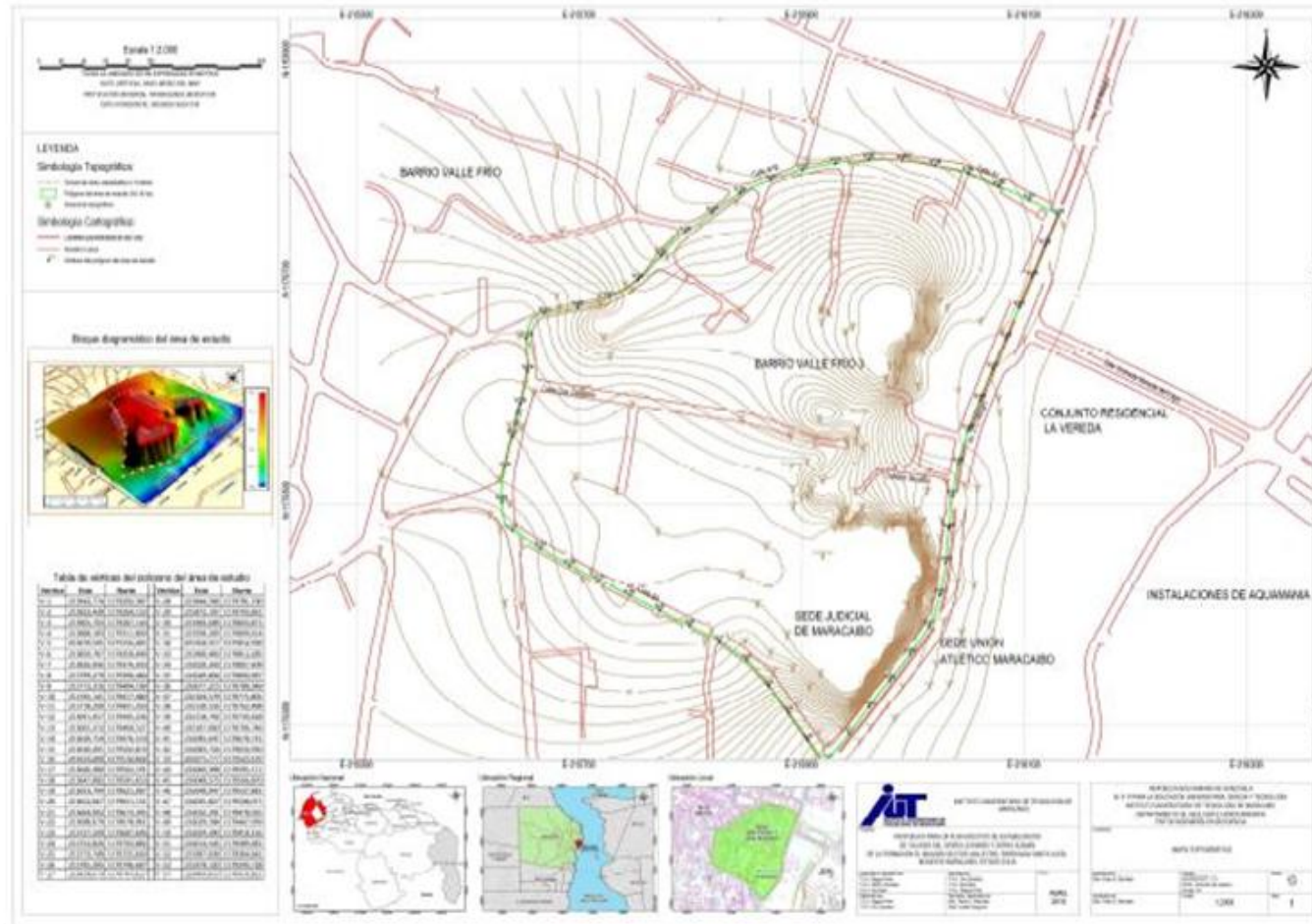
GEOPROYECT		DETERMINACIÓN DE PESOS UNITARIOS		
Consultores y Proyectores de Ingeniería Civil		ASTM D 2216-05		
CLIENTE	Instituto Universitario de Tecnología de Maracaibo (UTM)			
PROYECTO	Propuestas para un plan efectivo de estabilización de taludes del Cerro Leonardi y Cerro Alemán, de la Formación El Milagro, Sector Valle Frio, Parroquia Santa Lucía, Municipio Maracaibo, Edo. Zulia			
PROYECTANTE	T.S.U. Riggye Peña, Ibis Mata, Martín González			
FECHA DE ELABORACIÓN	24/11/2014			
PLANILLA DE RESULTADOS				
MUESTRA N°	Peso Sin Capsula	Peso Capsula + Suelo Húmedo	Peso Capsula + Suelo Seco	Peso UNITARIO (g/cm³)
M-01	52.80	57.30	18.29	1.56
M-02	76.90	85.30	28.45	1.63
M-03	44.10	43.60	17.14	1.44
M-04	44.80	49.80	13.80	1.48
M-05	47.30	52.30	16.90	1.80
M-06	56.30	62.30	22.10	1.69
Observaciones: Sin observaciones.				
Técnico de Laboratorio Ing. Oscar Comas	Revisado y Aprobado por Ing. Javier González			
Av. 2 Milagro Norte, Sector Puntilla de Piedra, Calle "Avenida Segunda", Casa 19F-02, Tel/Fax: 0261 742 1452, 0416 503 2996 Correo Electrónico: geoproyc@guayana.net, geoproyc@prodigy.com, geoproyc@prodigy.com Maracaibo, Estado Zulia - Venezuela				

Ensayo 3. Determinación de peso unitario

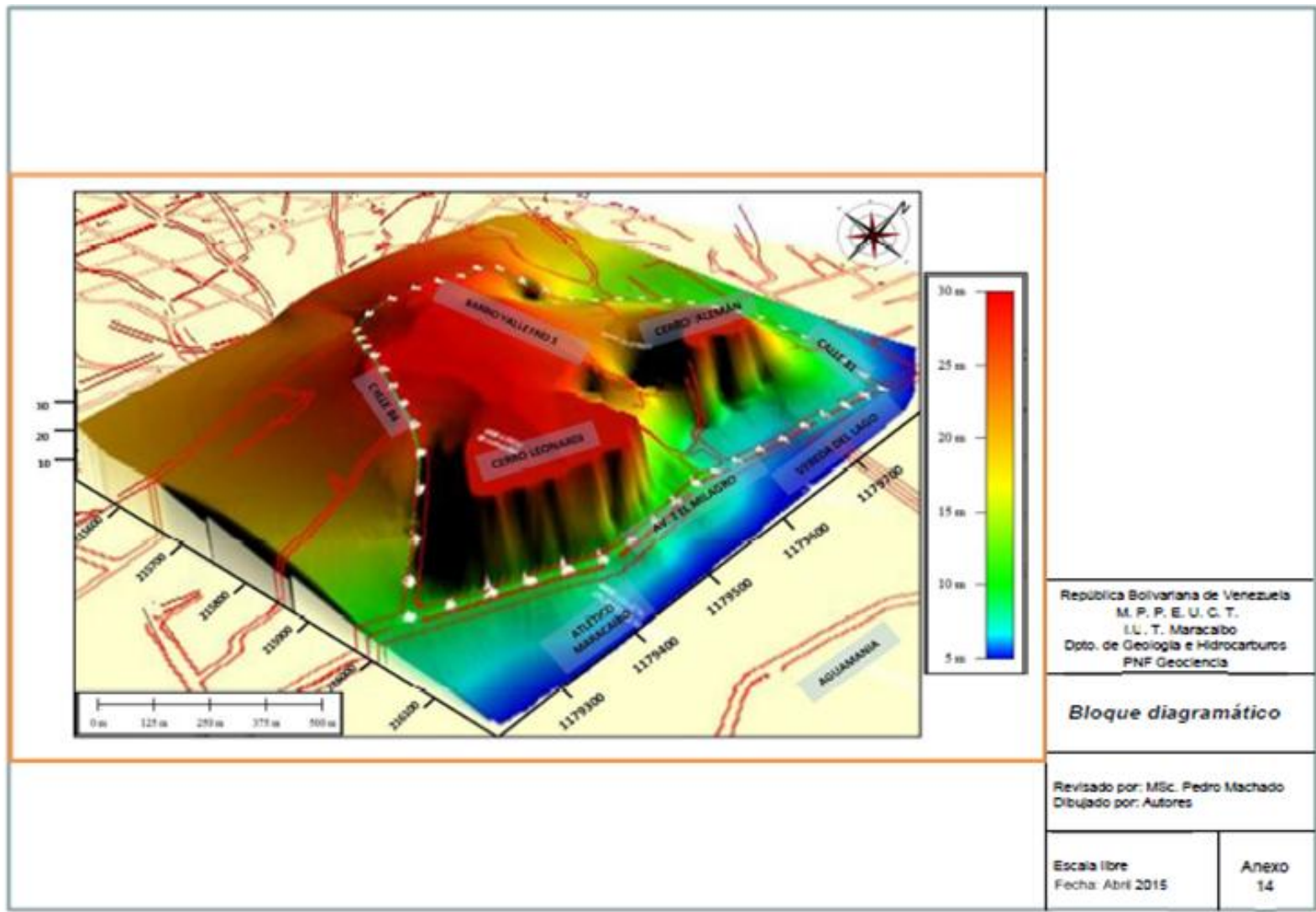
GEOPROYECT		ENSAYO DE LÍMITES DE CONSISTENCIA DE SUELOS			
Consultores y Proyectores de Ingeniería Civil		Límite Líquido y Plástico ASTM D423 - D424			
CLIENTE	Instituto Universitario de Tecnología de Maracaibo (UTM)		SOLICITANTE		
PROYECTO	Propuestas para un plan efectivo de estabilización de taludes del Cerro Leonardi y Cerro Alemán, de la Formación El Milagro, Sector Valle Frio, Parroquia Santa Lucía, Municipio Maracaibo, Edo. Zulia		Riggye Peña, Ibis Mata, Martín González		
FECHA DE ELABORACIÓN	24 de 25/11/2014				
RESULTADO DE LOS ENSAYOS					
Hoja 3/3					
MUESTRA N°	M1	M2	M3	M4	M5
Número de golpes	27	10	12	14	20
Peso de capsula (Gr)	20	21.7	23.7	22.1	20.9
Peso capsula + Suelo húmedo (Gr)	35	23.6	47.1	41	40
Peso capsula + Suelo seco (Gr)	28.4	23.2	42.2	37.5	38
Humedad %	78.571	26.67	26.49	22.73	12.50
Límites	79.40	26.67	22.67	20.75	11.41
Índice de Plasticidad (IP)	52.73	0.00	0.00	0.00	0.00
W _L Límite Líquido W _P Límite Plástico					
OBSERVACIONES:	Técnico de Laboratorio Ing. Oscar Comas		Revisado y Aprobado por Ing. Javier González		
Av. 2 Milagro Norte, Sector Puntilla de Piedra, Calle "Avenida Segunda", Casa 19F-02, Tel/Fax: 0261 742 1452, 0416 503 2996 Correo Electrónico: geoproyc@guayana.net, geoproyc@prodigy.com, geoproyc@prodigy.com Maracaibo, Estado Zulia - Venezuela					

Ensayo 4. Límites de consistencia de suelos

ANEXO 3.3 MAPA TOPOGRÁFICO



ANEXO 3.4 BLOQUE DIAGRAMATICO DEL ÁREA DE ESTUDIO



República Bolivariana de Venezuela
 M. P. P. E. U. C. T.
 I. U. T. Maracaibo
 Depto. de Geología e Hidrocarburos
 PNF Geociencia

Bloque diagramático

Revisado por: MSc. Pedro Machado
 Dibujado por: Autores

Escala libre
 Fecha: Abril 2015

Anexo
 14

ANEXO 3.6. MAPA DE PROCESOS GEOMORFOLÓGICOS

