



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**INTEGRACIÓN DE LA INFORMACIÓN EXISTENTE SOBRE LOS PROBLEMAS
DE ESTABILIDAD DE LAS LADERAS EN LAS COMUNIDADES DE SANTA
ANA (CARAPITA) Y LAS CASITAS (LA VEGA). CARACAS**

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Presentado ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

como parte de los requisitos para optar al título de

INGENIERO CIVIL

Realizado Por: Castellano G, Luis A.

Profesor Guía: Ing. Echezuría, Heriberto.

Fecha: Diciembre de 2020.



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO DE GRADO

**INTEGRACIÓN DE LA INFORMACIÓN EXISTENTE SOBRE LOS PROBLEMAS
DE ESTABILIDAD DE LAS LADERAS EN LAS COMUNIDADES DE SANTA
ANA (CARAPITA) Y LAS CASITAS (LA VEGA). CARACAS**

Este Jurado, una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su contenido con el resultado de: Diecisiete (17) puntos.

Roque García

Pedro Carrillo

Heriberto Echezuría

Trabajo de Grado presentado ante la Universidad Católica Andrés Bello

Como parte de los requisitos para optar por el título de

INGENIERO CIVIL

Tesista:

Castellano G, Luis A

Tutor:

Ing. Heriberto Echezuría

Caracas, diciembre de 2020.

DEDICATORIA

Se lo dedico a Dios. Se lo dedico a mi país, a mi Universidad, la Católica Andrés Bello, casa de formación que representa la evidencia del talento y el potencial que tenemos, donde la educación es primordial, como los buenos valores, el esfuerzo, la dedicación, trabajar duro, la excelencia, la perseverancia, que reflejan la cara de un país fuerte y con alto potencial con un nivel de formación de los profesionales y el compromiso de los mismos que son garantía de un futuro próspero para Venezuela. Se lo dedico a mis profesores que se dedicaron arduamente para formarme, para enseñarme, por vocación más que por cualquier otra cosa, para ellos va este trabajo fruto también de su arduo trabajo y dedicación. Para toda la gente de la universidad que nos cuidan y nos brindan una mano, la gente de canchas, la vigilancia, el personal de mantenimiento, que forman parte de nuestras vidas en este proceso de crecimiento, especial dedicación a todos en coordinación de deporte que además de darme bonitos recuerdos en la sub20, siempre nos mantienen activos con actividad deportiva para mantenernos motivados a lograr nuestras metas. Se lo dedico a mis padres porque sé que lo dieron todo para que lo lograra, mi papá desde chiquito es mi súper héroe favorito y mi mamá es mi estrella, la que me guía e ilumina el camino. ¡Se lo dedico a mi abuela, mi universo, mi Sol, como dicen los argentinos, Sos todo! Te adoro eres la de mayor experiencia en la familia y la que nos mantiene unidos a todos, se lo dedico a mis tíos, mis confidentes, todos profesionales que me sirvieron como ejemplo para ser profesional y trabajar por el país, este logro tan bonito también va para ellos y para mi sobrina que es la más pequeña de la familia y espero servirle de inspiración como mis familiares lo fueron para mí, se lo dedico a mi casa de estudio de Bachiller El Colegio Rioclaro que me ha suministrado la buena base que me ha permitido alcanzar este logro, se lo dedico a Barquisimeto querido, mi ciudad de nacimiento, por todos esos guaros echados pa' lante que podemos lograr grandes cosas y la dedicación más especial va para mi Bisabuela y para mi abuelo que siempre quisieron que lo lograra y me cuidaron desde el cielo para que lo pudiera hacer, abuelo ya me gradué de la católica!, solo me falta ser presidente de Venezuela, les dedico este logro personal en su memoria.

Escuela de Ingeniería Civil

AGRADECIMIENTOS

Primerio a Dios, porque por el siempre existirá la responsabilidad de hacer una buena labor para garantizar un bien común en el mundo, a mis padres por su apoyo incondicional para mejorar como persona, cultivar y cosechar éxitos y ser un profesional excelente y un ciudadano de bien, el Ing. Luis Castellano y la Lic. Marisela de Castellano. A mi abuela “La Profesora” Iraida de González le agradezco su infinito amor y también apoyo incondicional, por siempre inculcarme buenos valores, como la humildad, la caridad y el amor de la familia y los buenos amigos, que siempre me permiten mejorar como cristiano. A mi sobrina Valeria Isabel Gonzalez, la más pequeña de la familia, que a sus cortos dos años ya nos dice por videollamada, familia siempre juntos, te agradezco la alegría que me das desde que llegaste que me dieron fuerza para realizar este logro, a mis tíos la Lic. Marisol Gonzalez y el Abog. Hernan Gonzalez, que son como mis hermanos, que siempre están ahí para escucharme, darme una palmada de apoyo y seguir adelante, a mis amigos los que siempre supieron que lo podía lograr, siempre me brindaron su apoyo. A mis dos casas de estudio, el Colegio Rioclaro de Barquisimeto y a la Universidad Católica Andrés Bello de Caracas, a todos mis profesores que me han formado en el camino y siempre llevo con mucho cariño, al consejo de escuela y especial agradecimiento al Ing. Heriberto Echezuria, mi tutor de TEG por parte de la UCAB, al Ing. Roque García, el Ing. Joaquín Benitez, el Ing. José Divasson, la Lic. Samantha de seminario UCAB y a la Arq. Florinda de la UCV por brindarme su apoyo con la información a recopilar. Por último, a mis ángeles, a mi abuelo Hernán Gonzalez y mi bisabuela Benigna Marquez que me cuidan desde el cielo.

Escuela de Ingeniería Civil

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**INTEGRACIÓN DE LA INFORMACIÓN EXISTENTE SOBRE LOS PROBLEMAS
DE ESTABILIDAD DE LAS LADERAS EN LAS COMUNIDADES DE SANTA
ANA (CARAPITA) Y LAS CASITAS (LA VEGA). CARACAS**

Autor: Castellano G, Luis A.

Tutor: Ing. Echezuría, Heriberto.

Fecha: Diciembre 2020.

RESUMEN

De acuerdo a los resultados de la recopilación de los trabajos previos realizados principalmente en el área del Barrio de Carapita, tanto por la UCAB como organizaciones públicas y privadas, se llega a la conclusión de la relación de los problemas de estabilidad con las altas pendientes y la presencia de aguas servidas y desechos de basura, con debilitamiento de las condiciones geológicas de las laderas, así como la falta de canalización y obstrucción de las obras de drenaje. Los problemas de estabilidad de la ladera se analizaron mediante el programa SLIDE, obteniendo en forma regresiva parámetros de corte, que permitieron evaluar las condiciones de las laderas adyacentes, destacándose su relación con la pendiente y la presencia de agua, proveniente de los servicios tanto de agua potable como servidas. Las laderas más problemáticas se localizan alrededor de lo que fue una antigua explotación de cantera en la década de los 60 y 70, actualmente con altas pendiente y donde la población a respetado su uso debido a problemas de estabilidad que se fueron presentando en las viviendas, construyendo hacia áreas de menos pendiente. A parte del área de Carapita se abarco un sector localizado a unos 4 kilómetros hacia el sur, denominado Las Casitas en límite sur del barrio La Vega, el cual constituye un problema local de estabilidad en la escuela

ÍNDICE

Contenido

INTRODUCCIÓN	1
JUSTIFICACIÓN	2
ALCANCE Y LIMITACIONES.....	3
OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
• OBJETIVO GENERAL	4
• OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
CAPÍTULO I.....	4
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.2 INVESTIGACIONES REALIZADAS EN EL AREA	5
1.3 UBICACIÓN DE LOS TRABAJOS EN SANTA ANA (CARAPITA)	7
1.4 CAUSAS DE PROBLEMAS DE ESTABILIDAD EN LA ZONA SEGÚN TRABAJOS PREVIOS. SANTA ANA. CARAPITA.	8
1.4.1 ISG: Servicio social comunitario. Caso torrentera. Sector Santa Ana, Carapita, Parroquia Antimano, Distrito Capital, Venezuela. UCAB Escuela Ing. Civil (2018).	8
1.4.2 ISG: Adecuación de infraestructura urbana para el manejo de riesgos. Caso: calle Terepaima, sector Santa Ana, parroquia Antimano, Distrito Capital. UCAB Ing. Civil. (2019).	9
1.4.3 TEG: Relación entre la inadecuada disposición de desechos sólidos urbanos y la inestabilidad de laderas en desarrollos no consolidados. Caso: quebrada Santa Ana, parroquia Antimano. UCAB Escuela Ing. Civil (2012).	10
1.4.4 ISG: Propuesta de recuperación de calle Terepaima, sector Santa Ana, parroquia Antimano, Distrito Capital, Venezuela. UCAB Escuela Ing. Civil (2018).	12
1.4.5 “REPENSAR LA CIUDAD. EL PROYECTO URBANO DESDE LA INTERACCIÓN CON EL LUGAR.”. Ing. Roque García e Ing. José Divasson (2018).	13
1.4.6 ESTUDIO GEOMORFOLÓGICO, GEOLOGÍA DE SUPERFICIE Y RED DE DRENAJE SUPERFICIAL DEL PROYECTO METRO CABLE ANTIMANO. RGR INGENIERIA CA (2014).	16
1.4.7 “VIVIENDO EN RIESGO. ACCIONAR SOBRE LA VULNERABILIDAD SOCIO- ESPACIAL”. D, Manrique & D, Escobar. (2018).	18
1.5 LAS CASITAS. LA VEGA. CAUSAS DE PROBLEMAS DE ESTABILIDAD EN LA ZONA SEGÚN TRABAJO PREVIO.	20

Escuela de Ingeniería Civil

1.5.1 Informe de Inspección en la U.E Escuela Canaima. Urb Las Casitas, parte alta de la Vega, Parroquia La Vega del municipio Libertador. Colegio de Ingenieros (2011).	20
1.6 RESULTADOS DE LOS TRABAJOS DE INVESTIGACIONES EXISTENTES PARA LOS TRAMOS EN RIESGO EN EL SECTOR DE SANTA ANA DE ACUERDO A LA ESTABILIDAD DE TALUDES	21
1.6.1 Tramo 1-Santa Ana. ISG: Adecuación de infraestructura urbana para el manejo de riesgos. Caso: calle Terepaima, sector Santa Ana, parroquia Antímamo, Distrito Capital. M, Rodriguez, (2019).....	21
1.6.2 Tramo 2-Santa Ana. “Viviendo en Riesgo” D, Manrique & D, Escobar. (2018).....	23
1.6.3 Tramo 3-Santa Ana. Relación entre la inadecuada disposición de desechos sólidos urbanos y la inestabilidad de laderas en desarrollos no consolidados. Caso: quebrada Santa Ana, parroquia Antímamo. E, Cotua & J, Carrillo. Civil (2012).	25
1.6.4 Tramo 4-Santa Ana. ISG: Servicio social comunitario. Caso torrentera. Sector Santa Ana, Carapita, Parroquia Antimano, Distrito Capital, Venezuela. G, Starchevich & A López, (2018). 27	
1.7 RESULTADOS DEL TRABAJO DE LA INVESTIGACION EXISTENTE PARA EL TRAMO EN RIESGO EN EL SECTOR DE LAS CASITAS DE ACUERDO A LA ESTABILIDAD DE TALUDES	30
1.7.1 Tramo 1-Las Casitas. Informe de Inspección en la U.E Escuela Canaima. Urb Las Casitas, parte alta de la Vega, Parroquia La Vega del municipio Libertador. Colegio de Ingenieros (2011).	30
CAPÍTULO II	31
MARCO TEÓRICO	31
2.1 MÉTODOS DE CÁLCULO	31
2.1.1 Comparación de Métodos usados en SLIDE.....	31
2.2 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD RETROSPECTIVO O BACK-ANALYSIS	33
CAPÍTULO III	36
MARCO METODOLOGICO	36
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	36
3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	36
3.3 HERRAMIENTAS DE DESARROLLO.	37
3.4 SECCIÓN A UTILIZAR PARA ESTABLECER LOS PARÁMETROS DE DISEÑO (ANÁLISIS RETROSPECTIVO) EN CADA CASO DE ESTUDIO.	39
3.4.1 Tramo 1-Santa Ana. Sección Calle Terepaima (Para Análisis Retrospectivo).	39

Escuela de Ingeniería Civil

3.4.2 Tramo 1-Las Casitas. Sección Escuela Canaima (Para Análisis Retrospectivo).....	41
3.5 SECCIONES A UTILIZAR EN EL ESTUDIO DE LOS FS DE ACUERDO A LOS PARÁMETROS DE FALLA PARA CADA CASO DE ESTUDIO.	42
3.5.1 Tramo 2-Santa Ana. Sección La Unión- Sector El Trio (Para Estudio de FS).....	42
3.5.2 Tramo 3-Santa Ana. Sección Quebrada Santa Ana (Para Estudio FS).	43
3.5.3 Tramo 4-Santa Ana. Sección Calle Santa Ana (Para Estudio FS).....	44
3.5.4 Tramo 2-Las Casitas. Sección Escuela Canaima (Tanque) (Para Estudio FS).	45
3.6 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD	46
CAPÍTULO IV	53
CÁLCULOS Y RESULTADOS	53
4.1 PARÁMETROS DE DISEÑO ESTABLECIDOS EN EL ANÁLISIS RETROSPECTIVO PARA CADA CASO DE ESTUDIO.	53
4.1.1 Parámetros de diseño establecidos para los taludes en Santa Ana, Carapita.....	53
4.1.2 Parámetros de diseño establecidos para los taludes en Las Casitas, La Vega.	57
4.2 PERFIL DE METEORIZACIÓN	59
4.2.1 Parámetros de diseño establecidos para cada material en cada caso de estudio.....	59
4.2.2 Análisis de FS con los parámetros de diseño y los parámetros de falla.	61
4.2.2.1 Estudio de FS perfil Calle La Unión-Sector El Trio.	61
4.2.2.2 Estudio de FS perfil Quebrada Santa Ana.	63
4.2.2.3 Estudio de FS perfil Calle Santa Ana.	65
4.2.2.4 Estudio de FS perfil Las Casitas (Tanque).	66
4.3 PROPUESTAS DE ESTABILIDAD (RESULTADOS)	68
4.3.1 Propuesta para el mejoramiento de la estabilidad del talud en Calle Terepaima.	69
4.3.2 Propuesta para el mejoramiento de la estabilidad del talud en Las Casitas.	73
CAPÍTULO V	77
CONCLUSIONES	77
RECOMENDACIONES	78
BIBLIOGRAFÍAS	80
ANEXOS	82

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla N° 1 Tabla de referencia para modelo Heurístico.....</i>	<i>11</i>
<i>Tabla N° 2 Valores representativos aplicados al método heurístico.....</i>	<i>11</i>
<i>Tabla N° 3. Tabla de características hidrológicas.</i>	<i>15</i>
<i>Tabla N° 4. Descripción de la ladera.....</i>	<i>26</i>
<i>Tabla N° 5. Métodos de análisis de estabilidad de taludes.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabla N° 6. Peso Unitario para roca presente en las formaciones.</i>	<i>51</i>
<i>Tabla N° 7. Rango de porcentajes de humedad presentes en las formaciones.....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla N° 8. Peso Específico para roca presente en las formaciones.</i>	<i>52</i>
<i>Tabla N° 9. Cálculo de Rango de Pesos Unitarios a utilizar en Slide.....</i>	<i>52</i>
<i>Tabla N° 10. Resistencia de Tajadas para falla local calculados en Calle Terepaima.....</i>	<i>54</i>
<i>Tabla N° 11. Parámetros de Tajadas para falla circular calculados en Calle Terepaima. 56</i>	
<i>Tabla N° 12. Parámetros de Tajadas para falla circular calculados en la Escuela Canaima.</i> <i>.....</i>	<i>57</i>
<i>Tabla N° 13. Parámetros de Tajadas para falla local calculados en la Escuela Canaima. 58</i>	
<i>Tabla N° 14. Parámetros para cada material en el perfil de meteorización en Santa Ana. 59</i>	
<i>Tabla N° 15. Parámetros para cada material en el perfil de meteorización en Las Casitas.</i> <i>.....</i>	<i>60</i>
<i>Tabla N° 16. Resultados para el método del Cuerpo de Ingenieros. Propuesta Santa Ana.71</i>	
<i>Tabla N° 17. Resultados para el método Janbu Corregido. Propuesta Las Casitas.</i>	<i>75</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1. Ubicación de las áreas de estudio cubiertas en las investigaciones realizadas..	2
Figura N° 2. Mapa satelital con la ubicación del área de estudio de los informes y el TEG del análisis post-deslizamiento hecho en Santa Ana, escala en imagen.....	7
Figura N° 3. Levantamiento de Torrentera por GPS en AutoCAD destacando puntos de posibles fallas en progreso.....	8
Figura N° 4. Escala 1:1000. Plano topográfico presentado se encierra el tramo que cedió. ..	9
Figura N° 5. Perfil del talud más representativo presente en la quebrada de Santa Ana.	10
Figura N° 6. Restitución del eje de la vía (en color rojo).....	12
Figura N° 7 Mapa hidrográfico de la quebrada Santa Ana ubicando zonas de colapso y mapa de Google Earth ubicando la quebrada lateral a la calle Santa Ana afectada.....	14
Figura N° 8. Formaciones geológicas relacionadas con el relieve topográfico y delimitación de explotación de calizas con un relieve resultante de formas topográficas de anfiteatros respectivamente.	16
Figura N° 9. Situación Relativa Santa Ana, Carapita.....	18
Figura N° 10. Mapas contruidos sobres las condicionantes naturales-ambientales.....	19
Figura N° 11. Fotografía del informe del Colegio de Ingenieros, con sello.	20
Figura N° 12. Collage de Fotografías de las causas expuestas en el deslizamiento del talud.	22
Figura N° 13. Fotografías De Calle La Unión Con Presencia De Desechos.....	24
Figura N° 14. Perfil realizado en el momento que ocurrió el desastre (2010).	25
Figura N° 15. Collage de Fotografías resaltando los problemas presentes en la torrentera.	27
Figura N° 16. Fotografía de la situación actual del talud que deslizó en la Escuela Canaima.	30
Figura N° 17. Sección de Calle Terepaima en Google Earth. (Antes de Deslizamiento). ...	39
Figura N° 18. Perfil Longitudinal Calle Terepaima en Google Earth. (Relieve Original)...	40

Escuela de Ingeniería Civil

Figura N° 19. Sección de Calle Terepaima en Google Earth. (Evidencia de Deslizamiento).	40
Figura N° 20. Sección Las Casitas en Google Earth (Evidencia de Deslizamiento).....	41
Figura N° 21. Perfil Longitudinal del talud Las Casitas. (Relieve Original).	41
Figura N° 22. Sección Calle La Unión-Sector el Trio realizada en Google Earth.	42
Figura N° 23. Perfil Calle La Unión-Sector el Trio en Google Earth. (Relieve Original). ..	42
Figura N° 24. Sección Quebrada Santa Ana en Google Earth. (Antes de Deslizar).	43
Figura N° 25. Perfil Quebrada Santa Ana en Google Earth. (Relieve Original).	43
Figura N° 26. Sección Calle Santa Ana en Google Earth.	44
Figura N° 27. Perfil Calle Santa Ana en Google Earth. (Relieve Original).	44
Figura N° 28. Sección Las Casitas (Tanque) en Google Earth.	45
Figura N° 29. Perfil Las Casitas (Tanque) en Google Earth. (Relieve Original).	45
Figura N° 30. Mapa Geológico de Caracas.	47
Figura N° 31. Rumbo y buzamiento general de foliación Santa Ana, Carapita.	48
Figura N° 32. Imágenes de la Situación progresiva en la Calle Terepaima, Santa Ana.	49
Figura N° 33. Resultados de FS calculados para el tipo de falla local en Calle Terepaima.	53
Figura N°34. Resultados de FS calculados para el tipo de falla circular en Calle Terepaima.	55
Figura N° 35. Resultados de FS calculados para el tipo de falla circular en Las Casitas. ...	57
Figura N° 36. Resultados de FS calculados para el tipo de falla local en Las Casitas.	58
Figura N° 37. Resultados de FS calculados del perfil de meteorización en Calle Terepaima.	59
Figura N° 38. Resultados de FS calculados para el perfil de meteorización en Las Casitas.	60
Figura N° 39. Resultados de FS del perfil de meteorización Calle La Unión-Sector El Trio.	61
Figura N° 40. Resultados de FS calculado con Sismo Calle La Unión-Sector El Trio.....	62
Figura N° 41. Resultados de FS para el perfil de meteorización en Quebrada Santa Ana...	63

Escuela de Ingeniería Civil

Figura N° 42. Resultados de FS calculado con Sismo Quebrada Santa Ana.	64
Figura N° 43. Resultados de FS para el perfil de meteorización en Calle Santa Ana.	65
Figura N° 44. Resultados de FS del perfil de meteorización Las Casitas (Tanque).	66
Figura N° 45. Resultados de FS calculado con Sismo Las Casitas (Tanque).	67
Figura N° 46. Perfil Calle Terepaima en Google Earth. (Relieve Deslizamiento).	69
Figura N° 47. Perfil Calle Terepaima en Google Earth. (Relieve Propuesta).	70
Figura N° 48. Resultados de FS propuesta Calle Terepaima.	71
Figura N° 49. Resultados de FS calculado con Sismo Calle Terepaima (Propuesta).	72
Figura N° 50. Perfil Las Casitas en Google Earth. (Relieve Deslizamiento).	73
Figura N° 51. Perfil Las Casitas en Google Earth. (Relieve Propuesta).	74
Figura N° 52. Resultados de FS propuesta Las Casitas. (Janbu Corregido).	75
Figura N° 53. Resultados de FS calculado con Sismo Las Casitas (Propuesta).	76
Figura N° 54. Ilustración donde se engloban los problemas en el sector Santa Ana observados dentro del trabajo “Viviendo en Riesgo”. Se señalan cuatro tramos, en donde el riesgo es más representativo, por lo tanto, serán estudiados para el análisis de estabilidad.	82
Figura N° 55. Funcionamiento del Tramo 2 según “Viviendo en Riesgo”.	83
Figura N° 56. Funcionamiento del Tramo 3 con base de los recorridos realizados.	85
Figura N° 57. Funcionamiento del Tramo 3 con base de los recorridos realizados.	86
Figura N° 58. Tramo 1, información en base a los recorridos realizados en trabajos previos.	87

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo especial de grado tiene como objeto integrar la información de las investigaciones existentes sobre los problemas de estabilidad en las laderas que afectan las comunidades de Santa Ana (Carapita) y Las Casitas (La Vega), con el fin de evaluar las opciones para disminuir o evitar la inestabilidad en las laderas que afectan las comunidades.

El procedimiento se realizará a través de la síntesis y el análisis de la información recopilada que serán evaluadas de forma tal de conducir a la resolución del problema principal asociado con la estabilidad de las laderas, analizando distintas opciones en cada caso de estudio. La integración de los aspectos geométricos y valores representativos de las propiedades de las rocas a través del análisis regresivo, permitirán el análisis pseudoestático (SPA), que permitan garantizar el análisis de sensibilidad en la estabilidad de talud y en su factor de seguridad de acuerdo a los resultados obtenidos. La información es obtenida sobre los problemas de estabilidad y movimientos de masas, suministrada por las autoridades competentes, de acuerdo a trabajos anteriores realizados en cada caso de estudio, debido a los problemas de estabilidad presentados y dentro de la legislación de las comunidades. Los análisis de ingeniería, matrices de niveles de susceptibilidad, encuestas, además de las visitas realizadas con fotografías de campo, exponen las causas que originan estos deslizamientos, para cada tramo que se encuentra en riesgo, de acuerdo a los diferentes trabajos que los estudian particularmente. Estos problemas son principalmente relacionados con la mala disposición de desechos sólidos y mala conducción, disposición de drenajes y aguas de lluvia.

La recopilación y análisis de la amplia información existente se complementó con el análisis de las laderas mediante el programa SLIDE, el cual permitió mediante la ubicación de deslizamiento activos, sus análisis regresivos obteniendo parámetros de corte que son utilizados en la estabilidad de las laderas pobladas.

Escuela de Ingeniería Civil

Las localizaciones de las áreas de estudio se muestran en la Figura N° 1, donde el área de Carapita está ubicada al norte del valle del río Guaire, posee una forma alargada entre las comunidades de Antimano al Oeste y La Yaguara al Este, limitada al norte por la carretera El Junquito. El sector de Las Casitas se localiza a unos 4 kilómetros al sureste de Carapita, estando limitado al problema de la escuela.



Figura N° 1. Ubicación de las áreas de estudio cubiertas en las investigaciones realizadas.

Fuente: Propia. (2020).

JUSTIFICACIÓN

En un reportaje reciente para el periódico nacional Últimas Noticias en Agosto 22, 2019 se reseña que “En la parte alta de Carapita, barrio Santa Ana, calle terepaima, en la parroquia antímano del municipio Libertador, desde hace dos años se activó un megadeslizamiento de terreno, que con las lluvias que ha azotado ultimamente a la ciudad capital, mantienen en situación de alto riesgo a unas 60 familias, habitantes de la zona”. Deslizamiento actual.

Escuela de Ingeniería Civil

Esto es un llamado de atención ya que es un talud conocido que es inestable pero con las últimas lluvias y en las condiciones que se encuentra actualmente ha presentado estos movimientos y se encuentra en riesgo de colapso total poniendo en riesgo la vida de las 60 familias que habitan ahí. Este comportamiento se encuentra documentado en Santa Ana con las lluvias torrenciales del 2010. Es evidente que debido a la situación crítica, los habitantes del sector han acudido a los entes pertinentes y todavía no han encontrado respuesta. El objeto de este trabajo es cumpliendo con la responsabilidad que tenemos como universidad de apoyar a las comunidades aledañas como parte del proceso de extensión universitaria.

ALCANCE Y LIMITACIONES

Se integrará la información disponible en los estudios existentes, los análisis se realizarán en las zonas donde se puedan hacer los perfiles con Google Earth o utilizando perfiles contenidos en otros trabajos de análisis cualitativos previos. Con esa información en este TG se realizará el análisis cuantitativo, con el fin de estudiar las condiciones de los taludes según su geometría y perfil de meteorización. La información a utilizar en el estudio será la suministrada en investigaciones y en los trabajos previos antes mencionados. Dicha información también incluye datos históricos, planos topográficos, mapas y registro fotográfico, cual ya está disponible y permite el estudio cuantitativo de los casos. Los análisis de estabilidad se realizarán con los programas mencionados, los métodos son los que correspondan con la forma geométrica de la posible falla o deslizamiento, el que sea más representativo de acuerdo al deslizamiento ocurrido para examinar los distintos casos a estudiar generando factores de seguridad. No se harán ensayos en laboratorio. Los resultados para las distintas opciones analizadas de acuerdo a su aplicabilidad, viabilidad, también serán analizadas de manera económica cualitativamente la cual será solamente cualitativa. Su aplicabilidad y viabilidad de acuerdo a la información obtenida en los trabajos anteriores. Para obtener los parámetros de diseño se utilizará análisis regresivos de sectores deslizados.

Escuela de Ingeniería Civil

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

• OBJETIVO GENERAL

“Evaluar las opciones para disminuir o evitar la inestabilidad en las laderas en las comunidades de Santa Ana (Carapita) y Las Casitas (La Vega)”.

• OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- *Establecer las causas de los problemas de deslizamientos desde el enfoque cuantitativo, considerando topografía y calidad de los materiales, además de la información sobre drenajes y geología locales recopilada en trabajos recientes en la comunidad.*
- *Formular y evaluar propuestas que conduzcan a la resolución del problema principal asociado con la estabilidad de los taludes en cada caso de estudio (Carapita y La Vega).*
- *Analizar los resultados de las distintas opciones para establecer la aplicabilidad, viabilidad y economía (cualitativa) de las mismas y seleccionar la más adecuada en cada caso.*

CAPÍTULO I

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La estabilidad de taludes es muy importante en la susceptibilidad de desarrollos urbanos en zonas que se encuentran construidas en laderas o pendientes pronunciadas que pueden sufrir deslizamientos. En tal sentido, la de drenaje superficial, operatividad de aguas servidas, entre otros factores, sumado a los efectos de meteorización en el esquistos y a los efectos la erosión, degrada el talud y afectan la estabilidad del mismo. El uso que se le asigne a las laderas también es determinante, ya que en varios sectores hubo explotación de canteras y disposición de escombros producto de dicha explotación que generan terrazas sin compactar.

Estas terrazas sin compactar al ser abandonado ese rubro de la economía, fueron tomadas por poblaciones para construir ahí sin mejoras sobre las mismas. Eso crea desarrollos en localizaciones no aptas sujetas a inestabilidad.

Escuela de Ingeniería Civil

Para la zona de Santa Ana, en Carapita, esto ha sido un causante principal a que se halla visto afectada por deslizamientos de laderas que han cortado vías de comunicación internas. Ya se han realizado trabajos relacionados con las condiciones de los taludes, los drenajes de calles y aguas servidas. Sin embargo, no se ha conducido ningún estudio cuantitativo de los taludes para detectar sus condiciones de estabilidad. En este trabajo se busca unificar esos hallazgos para conducir los análisis de estabilidad cuantitativa de los taludes para determinar sus condiciones ante este peligro y de esta manera puedan proponer medidas de mitigación o corrección para esas condiciones ya que son zonas que tienen actualmente un alto riesgo por su susceptibilidad al deslizamiento.

Por otra parte, algunos sectores de la escuela Canaima, localizada en la zona de Las Casitas, en La Vega, están contruidos sobre rellenos parciales localizados muy cerca del talud de una ladera. Varias zonas de dicho relleno han sido afectadas por deslizamientos, en uno de los cuales cultivos de la Escuela. La escuela está fundada en roca, pero igual supone un riesgo si este talud sufriera un deslizamiento. Se detectarán las condiciones cuantitativas que podrían causar dichos deslizamientos.

1.2 INVESTIGACIONES REALIZADAS EN EL AREA

Las investigaciones realizadas en el área de estudio son numerosas en Carapita principalmente relacionas con trabajos comunitarios de la Universidad Católica Andrés Bello.

Para el sector Carapita la información existente es la siguiente:

- A. SERVICIO SOCIAL COMUNITARIO. CASO TORRENTERA. SECTOR SANTA ANA, CARAPITA, PARROQUIA ANTIMANO, DISTRITO CAPITAL, VENEZUELA. UCAB ESCUELA ING. CIVIL 2018.**
- B. ADECUACIÓN DE INFRAESTRUCTURA URBANA PARA EL MANEJO DE RIESGOS. CASO: CALLE TEREPAIMA, SECTOR SANTA ANA, PARROQUIA ANTÍMANO, DISTRITO CAPITAL.**

Escuela de Ingeniería Civil

C. PROPUESTA DE RECUPERACIÓN DE CALLE TEREPAIMA, SECTOR SANTA ANA, PARROQUIA ANTIMANO, DISTRITO CAPITAL, VENEZUELA. UCAB ESCUELA ING. CIVIL 2018.

D. PROPUESTA PARA LA SOLUCIÓN DE LA FALLA DE BORDE EN LA CALLE TEREPAIMA DEL SECTOR SANTA ANA, PARROQUIA ANTÍMANO. UCAB DIR. SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL 2018.

E. TEG: RELACIÓN ENTRE LA INADECUADA DISPOSICIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS URBANOS Y LA INESTABILIDAD DE LADERAS EN DESARROLLOS NO CONSOLIDADOS. CASO: QUEBRADA SANTA ANA, PARROQUIA ANTÍMANO. UCAB ESCUELA ING. CIVIL 2012

Aparte de los trabajos anteriores se encuentran los resultados de una Jornada de la UCAB-UCV (2018) **“REPENSAR LA CIUDAD. EL PROYECTO URBANO DESDE LA INTERACCIÓN CON EL LUGAR.”** Sector Terepaima de Barrio Santa Ana de Carapita. Vulnerabilidad en las áreas hidrológicas y geológicas. Con colaboración de los profesores José Miguel Divason y Roque García, de ahí, gracias a la Arq. Florinda, Amaya se tiene la memoria conceptual del proyecto urbano **“VIVIENDO EN RIESGO. ACCIONAR SOBRE LA VULNERABILIDAD SOCIO-ESPACIAL”**. Que es el trabajo final entre la colaboración interdisciplinaria de las universidades UCAB, UCV, USM y la ENSAPLV de Francia (2018), que contempla información importante de estudios en Santa Ana, Carapita.

Otro trabajo que incluyó el área de Santa Ana, Carapita, fue realizado por la compañía RGR INGENIERIA CA el año 2014, titulado **“ESTUDIO GEOMORFOLÓGICO, GEOLOGÍA DE SUPERFICIE Y RED DE DRENAJE SUPERFICIAL DEL PROYECTO METRO CABLE ANTIMANO”**.

En las casitas, se tiene data de un trabajo realizado por el colegio de ingenieros en la Escuela Canaima del talud que deslizó por fuertes lluvias en el 2010. La investigación lleva como título: **INFORME DE INSPECCIÓN DEL COLEGIO DE INGENIEROS EN LA U.E ESCUELA CANAIMA. SECTOR “B”. URB LAS CASITAS, PARTE ALTA DE LA VEGA, PARROQUIA LA VEGA DEL MUNICIPIO LIBERTADOR. (2011).**

Escuela de Ingeniería Civil

1.3 UBICACIÓN DE LOS TRABAJOS EN SANTA ANA (CARAPITA)

En esta imagen Figura N° 2, se ubicó los trabajos de seminario de grado y el TEG realizados en la UCAB para la comunidad de Santa Ana, son trabajos que se enfocan en zonas con problemas de estabilidad y fueron orientados por profesionales de ingeniería, importantes porque reflejan las zonas que se encuentran en alto riesgo para la zona de Santa Ana, Carapita. Zonificación necesaria para realizar el trabajo de análisis de estabilidad.

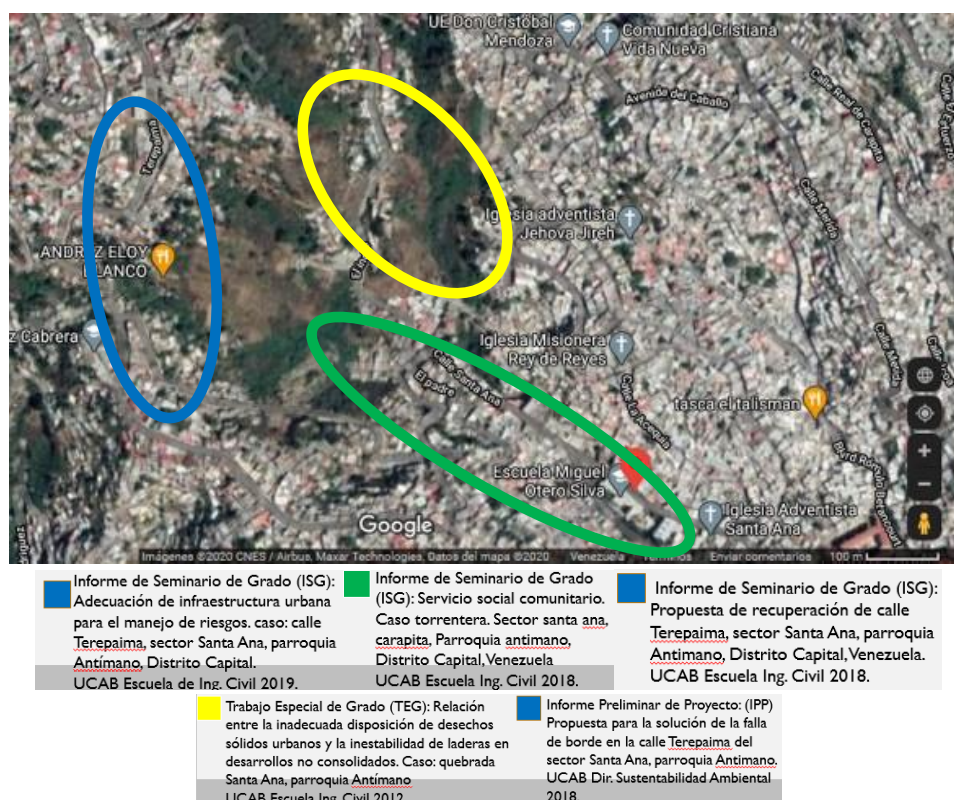


Figura N° 2. Mapa satelital con la ubicación del área de estudio de los informes y el TEG del análisis post-deslizamiento hecho en Santa Ana, escala en imagen.

Fuente: Propia, (2020).

Escuela de Ingeniería Civil

1.4 CAUSAS DE PROBLEMAS DE ESTABILIDAD EN LA ZONA SEGÚN TRABAJOS PREVIOS. SANTA ANA. CARAPITA.

1.4.1 ISG: Servicio social comunitario. Caso torrentera. Sector Santa Ana, Carapita, Parroquia Antimano, Distrito Capital, Venezuela. UCAB Escuela Ing. Civil (2018).

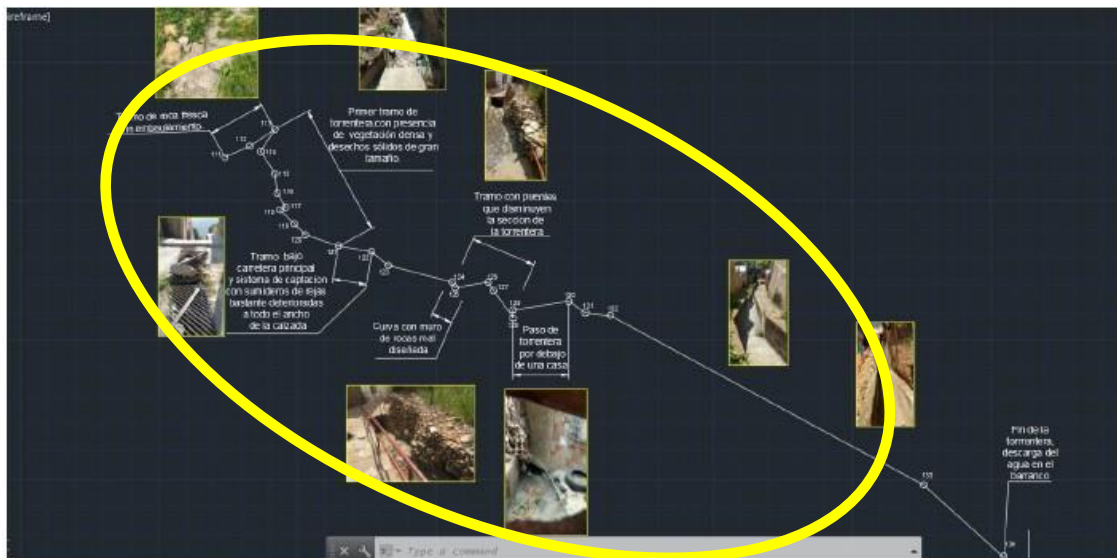


Figura N° 3. Levantamiento de Torrentera por GPS en AutoCAD destacando puntos de posibles fallas en progreso.

Fuente: G, Starchevich & A, López, (2018).

Se presentan ubicados en plano de CAD realizado por G, Starchevich & A, López, (2018). En la Figura N° 4, problemas que influyen en la inestabilidad del talud. Son potenciales causas de los deslizamientos ocurridos y problemas de estabilidad, según la información obtenida en estos trabajos previos en el servicio comunitario de la UCAB, Se agrega que en reconocimientos realizados en este trabajo se denota topografía poco empinada para su geología, exceptuando un tramo. La torrentera está ubicada en el sector Santa Ana y genera no solo problemas para el sector, si no aguas abajo generando filtraciones y escurrimientos que generan grandes afectaciones en la parte baja, en las viviendas de las laderas que colindan la Calle Santa Ana, estos son analizados para evaluar propuestas de resolución a los mismos.

Escuela de Ingeniería Civil

1.4.2 ISG: Adecuación de infraestructura urbana para el manejo de riesgos. Caso: calle Terepaima, sector Santa Ana, parroquia Antímano, Distrito Capital. UCAB Ing. Civil. (2019).

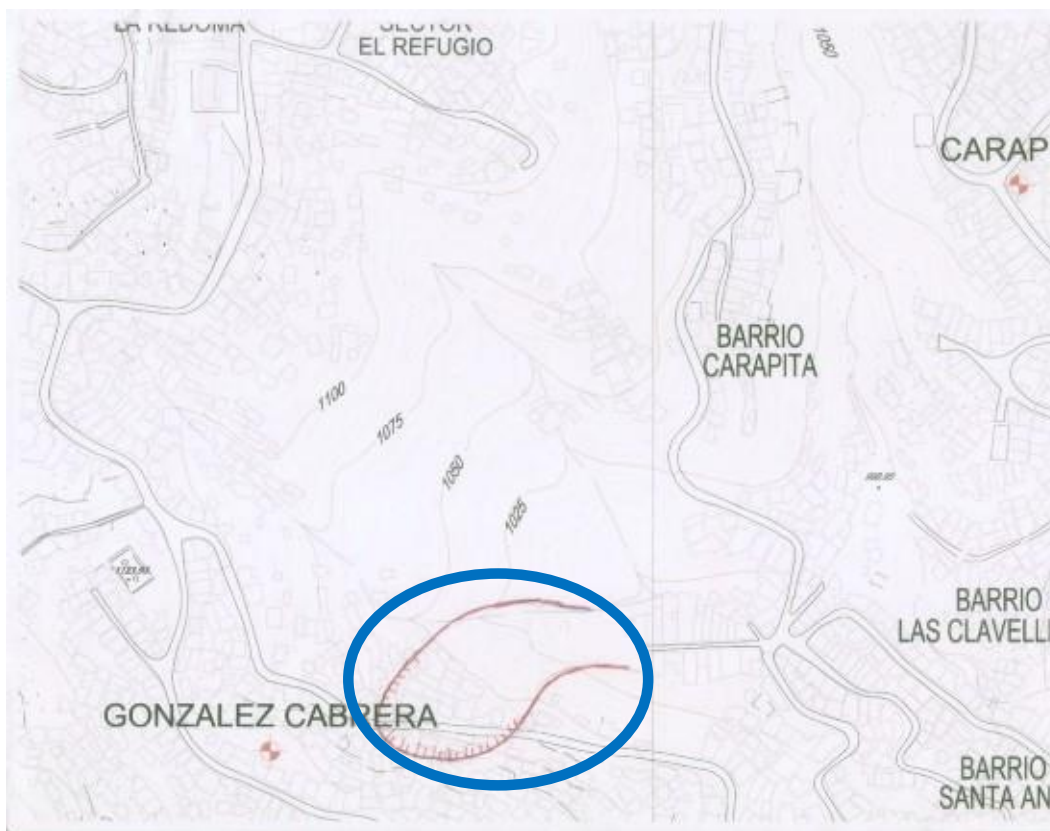


Figura N° 4. Escala 1:1000. Plano topográfico presentado se encierra el tramo que cedió.

Fuente: M, Rodriguez, (2019).

Dentro del área potencialmente inestables se encuentra el talud que cedió por deslizamiento colapsando una comunicación vial, nótese el anfiteatro en la figura N° 4 con una extensión aproximada de unos 50 metros de ancho, la cota del extremo norte superior de acuerdo con mediciones con GPS satelital es de 1.081 m.s.n.m. y el extremo sur inferior tiene por cota 1.062 m.s.n.m. Mediante estos datos obtenidos se procedió a delimitar la zona afectada por el derrumbe, la cual se presenta aquí en la figura N° 4 gracias al trabajo realizado por M, Rodriguez en el 2019.

Escuela de Ingeniería Civil

1.4.3 TEG: Relación entre la inadecuada disposición de desechos sólidos urbanos y la inestabilidad de laderas en desarrollos no consolidados. Caso: quebrada Santa Ana, parroquia Antímano. UCAB Escuela Ing. Civil (2012).

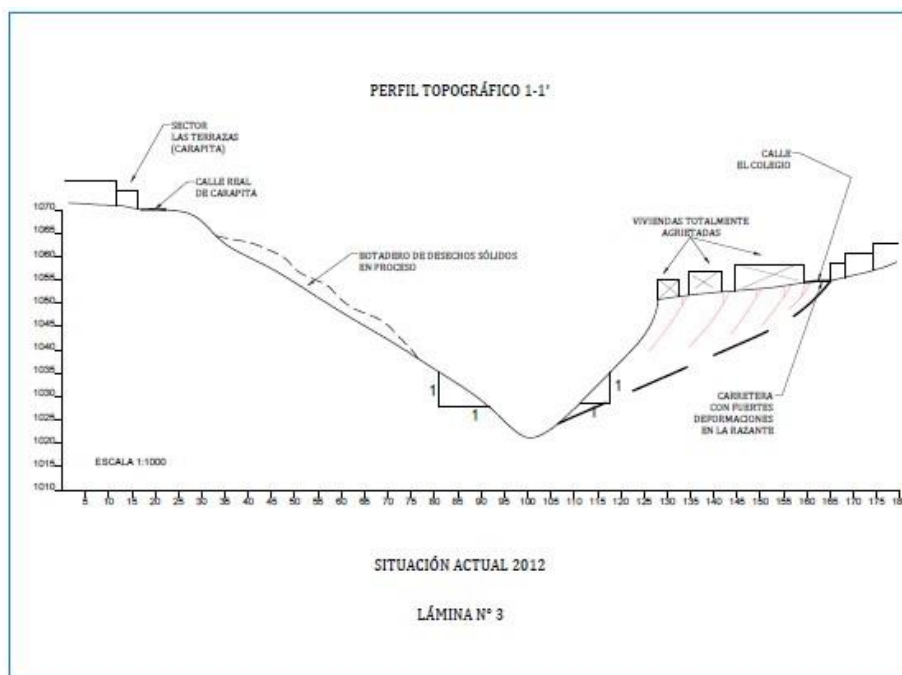


Figura N° 5. Perfil del talud más representativo presente en la quebrada de Santa Ana.

Fuente: N, Ruiz & A, Carrillo, (2012).

En la figura N° 5 se puede observar en la ladera derecha problemas de estabilidad que afectan las viviendas y en la ladera izquierda se encuentran desechos sólidos. Estos desechos en la ladera no solo es una carga importante, es el verdadero problema ya que es designada popularmente como botadero, además de que es una geología inestable con una pendiente alta, las aguas servidas mal canalizadas y dispuestas aunadas a la mala disposición de desechos causan los problemas de inestabilidad. La terraza del lado derecho corresponde a materiales de desechos de canteras, sobre los cuales se construyeron viviendas, en dicha terraza se evidencia un agrietamiento que resulta como un aviso de los asentamientos presentes, que pueden conducir un deslizamiento futuro por inestabilidad.

Escuela de Ingeniería Civil

. En la Tabla N° 1 se pueden apreciar la influencia en la estabilidad de las variables como geomorfología y pendientes, clasificando sus variables y otorgando de acuerdo a su afectación un valor de susceptibilidad generada por E, Cotua & J, Carrillo, (2012).

Tabla N° 1 Tabla de referencia para modelo Heurístico.

Variables o Factores	Peso relativo	Parámetros y/o categorías	Nivel de susceptibilidad	Valor
Geomorfológicos	0,2	Deslizamientos activos	Alto	3
		Deslizamientos inactivos	Alto	3
		Terrazas	Moderado	2
		Cauces de ríos	Moderado	2
Pendientes	0,2	< 15°	Bajo	1
		15°-45°	Moderado	2
		>45°	Alto	3
Uso de la tierra	0,25	Ladera totalmente cubierta por viviendas	Bajo	2
		Ladera parcialmente cubierta por viviendas	Moderado	1
		Ladera sin viviendas	Alto	3
Geológicos	0,2	Formación Las Brisas (Klb)	Moderado	2
		Formación Antimano / Las Mercedes (Ka/m)	Alto	3
		Formación Las Mercedes (lm)	Moderado	2
Precipitaciones	0,15	< 25 mm/día	Bajo	1
		25-30 mm/ día	Moderado	2
		>30 mm/día	Alto	3

Fuente: E, Cotua & J, Carrillo, (2012).

Tabla N° 2 Valores representativos aplicados al método heurístico.

Variable o factor	Peso relativo	Parámetros y/o categorías	Nivel de susceptibilidad	Valor	Total
Geomorfológico	0,2	Deslizamientos activos	Alto	3	0,6
Pendiente	0,2	>45°	Alto	3	0,6
Uso de la tierra	0,25	Ladera sin viviendas	Alto	3	0,75
Geológico	0,2	Formación Antimano/ Las Mercedes	Alto	3	0,6
Precipitación	0,15	>30 mm/día	Alto	3	0,45
					3,0

Fuente: E, Cotua & J, Carrillo, (2012).

Como se puede observar, la Tabla N° 2 reporta un valor de 3 o muy cercano a 3, para este caso, porque los parámetros del talud a estudiar están en una clasificación con una susceptibilidad muy alta, razón por la cual se cree pertinente analizar su estabilidad actual.

Escuela de Ingeniería Civil

1.4.4 ISG: Propuesta de recuperación de calle Terepaima, sector Santa Ana, parroquia Antimano, Distrito Capital, Venezuela. UCAB Escuela Ing. Civil (2018).



Figura N° 6. Restitución del eje de la vía (en color rojo).

Fuente: V, De las Casas & A, Torres. (2018).

La Figura N° 6 es una imagen satelital de la Calle Terepaima, la geología del sitio en cuestión aunado con el peso en la cresta del talud ejercido por las viviendas informales que se establecieron luego del deslizamiento menor, esto, ha generado una falla de borde muy riesgosa en el 2018, que produce un asentamiento en el eje de la vía que evidencia futuros deslizamientos. Además, considerando que esta vía era anteriormente muy transitada, ya que conecta dos sectores de la zona, cuando los camiones de gas o de basura transitaban por la vía, los habitantes de la zona escuchaban ruido proveniente de la roca como si “sonara roca fracturándose”, según el Sr. Antonio Delgado, trabajador de Coca-cola y habitante del lugar, esto también es determinante y son las evidencias recaudadas en el trabajo anterior de V, De las Casas & A, Torres. (2018). Que justifican el deslizamiento presente actualmente.

Otra de las causas dentro de los problemas en la Calle Terepaima de la figura N° 6. Es que, al no haber suficiente drenaje, al llover se genera mucho estancamiento de agua, lo que daña los suelos perdiendo propiedades de resistencia y por ende los taludes conformados por este suelo pierden estabilidad. Las malas condiciones de drenajes, está generando socavaciones importantes en la calle, una de las razones principales de su deslizamiento y los asentamientos en las cercanías.

Escuela de Ingeniería Civil

1.4.5 “REPENSAR LA CIUDAD. EL PROYECTO URBANO DESDE LA INTERACCIÓN CON EL LUGAR.”. Ing. Roque García e Ing. José Divasson (2018).

Los Ingenieros Divasson y García, indican que para entender y solucionar los problemas de estabilidad y de drenaje que afectan un área sin ningún plan original de urbanismo, en toda la zona de estudio, Santa Ana, Carapita. Se debe conocer la historia del desarrollo actual, que para el sector Terepaima del Barrio Santa Ana, se relaciona con área donde funciono una cantera de explotación y que representa el mayor riesgo ya que ya presentó un gran deslizamiento y esto degrada de manera más acelerada la resistencia de la ladera de la zona donde actualmente no se ha corregido el deslizamiento. *“El proceso de extracción de la piedra estuvo relacionado con excavaciones, botes de desechos y construcción de vías de acceso tanto para la explotación de la piedra como para el transporte. Todo lo anterior conformo la base de un urbanismo que fue aprovechada para la construcción de viviendas en una explosión demográfica en la década de los 70-80. Las amplias áreas de relieve plano de botes de materiales constituyeron zonas de fácil implantación de viviendas, así como conformaciones planas al pie de excavaciones de explotación de la piedra, limitada por altos taludes de corte de estabilidad precaria”.* Ing. García, R. (2018).

“A lo anterior las vías de acceso fueron construidas mediante excavación y bote lateral de conformación plana, también aprovechadas para la construcción de viviendas. El nuevo urbanismo generado sobre la base de un relieve resultado de la explotación de cantera, sumado a la presencia de aguas servidas, comenzó a detonar los problemas de estabilidad afectando parte de las viviendas construidas”. Ing. R, García (2018). Analizando esto, en crecidas las zonas explotadas sufren más debido a las crecidas. El movimiento de masas ocasionado por las lluvias torrenciales del 2010 y los desechos presentes en la superficie del margen izquierdo del cauce de la Quebrada Santa Ana señalado en la figura N° 7.A obstruyó la quebrada, donde las aguas erosionaron lateralmente la superficie del margen derecho, constituido por material de bote de cantera a lo cual hay que sumarle la presencia de grandes volúmenes de basura, esta es la evaluación que se otorga de acuerdo a las causas principales relacionadas al problema principal con la estabilidad de taludes en la zona.

Escuela de Ingeniería Civil

Los colapsos de los márgenes de la quebrada fueron en las zonas encerradas en círculo en la Fig. N° 7.A. En la Fig. 7.B parte baja de la quebrada Santa Ana paralela a la Calle Santa Ana la cual sufrió las consecuencias debido a este colapso. Inundada con el desborde y arrastre de sedimentos.



7.A

7.B

Figura N° 7 Mapa hidrográfico de la quebrada Santa Ana ubicando zonas de colapso y mapa de Google Earth ubicando la quebrada lateral a la calle Santa Ana afectada.

Fuente: R, García. (2018).

“La quebrada lateral a la calle Santa Ana, embaulada sirve como acceso a gran número de viviendas laterales construidas. Las lluvias torrenciales del 2010, fueron las que generaron grandes caudales de agua asociado a todo tipo de desechos sólidos. El resultado con afectación de un gran número de viviendas y de vidas”. García, R. (2018).

Esto refuerza a que el mayor problema que se presenta, los sistemas de drenaje, debido al aporte de sólidos, provenientes de la basura, como la inestabilidad de las laderas. Adicionalmente las tuberías de aguas residuales, se encuentran obstruidas por los mismos desechos sólidos o rotas, lo que ocasiona mayor escurrimiento superficial que acelera la degradación de la roca, la cual pierde sus propiedades de resistencia al corte y generando estos deslizamientos. La visión Hidrológico-Hidráulica fue realizada por el Ing. José Divasson dejando como data las características hidrológicas del cauce Santa Ana, se determina que los drenajes y conducciones no poseen la capacidad necesaria.

Escuela de Ingeniería Civil

En la Tabla N°3 se encuentran parámetros determinados por el Ing. J. Divassón (2018) recomendados para diseño:

Características Hidrológicas

Tabla N° 3. Tabla de características hidrológicas.

Extensión:	115 Ha
Longitud de su cauce:	1.870 metros
Desnivel máximo:	435 metros
Pendiente media del cauce:	23%
Tiempo de concentración:	10 a 15 minutos
Caudales Esperados:	
5 años de período de retorno:	19.000 lps
10 años de período de retorno:	21.600 lps
25 años de período de retorno:	24.900 lps

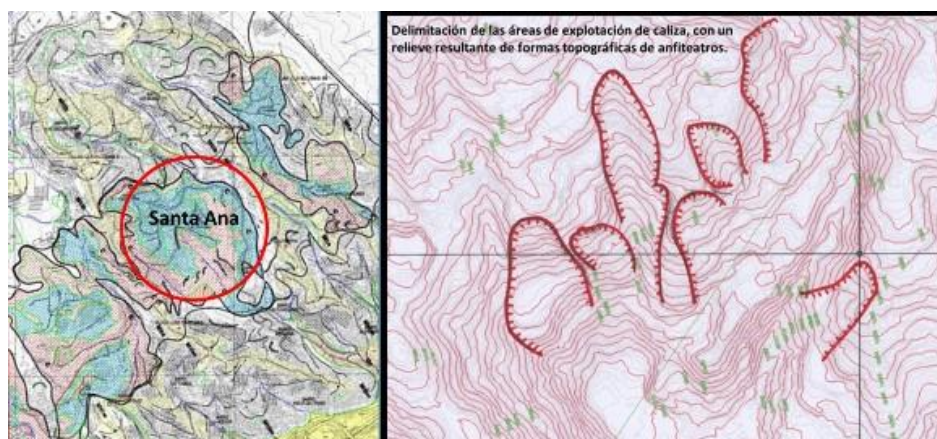
Fuente: J, Divasson. (2018).

Es muy importante el aporte hidrológico, debería considerarse al diseñar las estructuras de drenaje, conducción y otras obras hidráulicas necesarias para minimizar los caudales de escurrimiento superficial, evitar la saturación y mitigar la meteorización en los taludes, causa principal de los deslizamientos que derivan al problema principal de estabilidad. Para este caso Santa Ana, se puede contar con el estudio de las características hidrológicas gracias al Ing. J. Divasson, presentado en la Tabla N° 4, Así que este es el que debe considerarse al realizar el diseño de drenajes competentes requerido.

Escuela de Ingeniería Civil

1.4.6 ESTUDIO GEOMORFOLÓGICO, GEOLOGÍA DE SUPERFICIE Y RED DE DRENAJE SUPERFICIAL DEL PROYECTO METRO CABLE ANTIMANO. RGR INGENIERIA CA (2014).

En el informe se describen las condiciones geológicas del área de estudio abarcando el sector Carapita, cuyo plano geológico, delimita tres (3) formaciones geológicas muy relacionadas con el relieve topográfico como se muestra en la figura N° 8.A, que abarcan la parte central el sector de Santa Ana. El relieve topográfico evidencia áreas en forma de anfiteatros, correspondiente a las antiguas zonas de explotación de calizas en Santa Ana, Carapita en la Figura N° 8.B.



8.A

8.B.

Figura N° 8. Formaciones geológicas relacionadas con el relieve topográfico y delimitación de explotación de calizas con un relieve resultante de formas topográficas de anfiteatros respectivamente.

Fuente: R, García. (2018).

Lo más importante que se puede apreciar en la Figura N° 8 es que en el sector central de Santa Ana y se destacan una serie de formas topográficas de anfiteatros que corresponden a zonas de inestabilidad, que han sido consideradas para los correspondientes estudios de análisis de estabilidad.

En resumen, las características litológicas de las formaciones geológicas del área son:

- **Formación Las Mercedes (Mt-lm)**, ocupa la parte inferior del área de proyecto entre las cotas 960 y 1100 m.s.n.m., constituida por esquistos calcáreos con variaciones de esquistos cuarzo micáceos y filitas micáceas, presentando el conjunto un color lila característico por efecto de meteorización.
- **Formación Antímano (Mt-a)**, ocupa una amplia franja central del área en estudio constituida por un predominio de calizas recrystalizadas, con intervalos de esquistos cuarzos micáceos. Las calizas presentan una textura cristalina, en general macizas, de color gris oscuro, constituyendo paquetes de más de 10 metros de espesor, destacándose viejos frentes de explotación de 50 metros de altura. Las calizas forman masas no continuas en general de forma lenticular, por lo cual los frentes de explotación se encuentran distanciados.
- **Formación Las Brisas (Mt-lb)**, se designa a un conjunto de esquistos cuarzos micáceos con intervalos de esquistos cuarzos feldespáticos, e intervalos de filitas, que controlan el relieve por encima de la formación Antímano. En general los esquistos se presentan en paquetes macizos de 5 a 10 metros, separados por intervalos de esquistos asociados con filitas micáceas. La secuencia presenta colores pardos con tono rojizos por efecto de meteorización.

El informe concluye que la totalidad del relieve montañoso está controlado por rocas esquistosas, cuyo rumbo se orienta Noreste a Este-Oeste y buzamiento en general suave al Norte, no siendo mayor a los 20°. La estructura forma parte del flanco Sur del denominado Sinclinal de Antímano, cuyo eje sigue la divisoria de agua. Dentro del área de cantera existe formas topográficas en anfiteatro lo que evidencia problemas de estabilidad con presencia de grietas de tensión, que en la mayor parte de los casos están relacionados con el agrietamiento en las viviendas existente hacia la cresta o dentro de dicha forma topográfica, donde se aprovecha el relieve moderado de la masa deslizada.

Escuela de Ingeniería Civil

1.4.7 “VIVIENDO EN RIESGO. ACCIONAR SOBRE LA VULNERABILIDAD SOCIO-ESPACIAL”. D, Manrique & D, Escobar. (2018).

En el trabajo realizado por D, Manrique & D, Escobar. (2018). Se fundamenta el conocimiento de una zona de barrio o tejido auto producido, partiendo del contacto directo con el área de estudio, la población residente y actores que sin ser residentes tiene un importante impacto en la zona. De esta manera se plantea un diagnóstico, desde lo perceptivo y lo analítico que son de utilidad para comprender los problemas que se presentan en la comunidad en la zona. Se consta en el trabajo que habido acercamiento de las universidades que participan en el proceso, es decir, en Santa Ana, la UCAB y la UCV.

En la figura N° 9 se destaca municipio, parroquia y se pueden destacar datos como Área de influencia 123.64 Ha y área de estudio (Santa Ana) 64.19 Ha.



Figura N° 9. Situación Relativa Santa Ana, Carapita.

Fuente: D, Manrique & D, Escobar. (2018).

Se extrae del trabajo información recopilada por D, Manrique & D, Escobar. (2018):
A. Topografía: El área de estudio y su zona de influencia inmediata, posee un relieve montañoso escarpado. La topografía es accidentada y posee unas pendientes pronunciadas, donde se denotan la ondulación del terreno. Existe una fuerte diferencia de altimetría, desde el inicio de la calle real de Santa Ana (921 m.s.n.m.) hasta el punto más alto al norte, naciente de la quebrada 1ero de Mayo, al final de la calle La Unión (1.149 m.s.n.m), total de 219 m.

Escuela de Ingeniería Civil

B. Hidrografía. La zona de estudio se caracteriza por encontrarse en la Cuenca de la Quebrada Santa Ana, que cuenta con dos afluentes, Quebrada 1ro.de mayo y Quebrada Virgen del Carmen.

C. Pendientes. Alrededor del 60% de la zona cuenta con pendientes mayores o iguales al 20% precisamente donde se encuentra la mayor parte de la ocupación del sector. Las áreas con pendientes más pronunciadas se encuentran en la zona del barranco y próximas a los ejes viales.

D. Estabilidad de taludes. Para el análisis de estabilidad de terreno, se toman en cuenta tres aspectos fundamentales: 1) Posición del rumbo y buzamiento de las estructuras geológicas con respecto a las laderas 2) Pendiente de la ladera, 3) Litología y condiciones de meteorización.

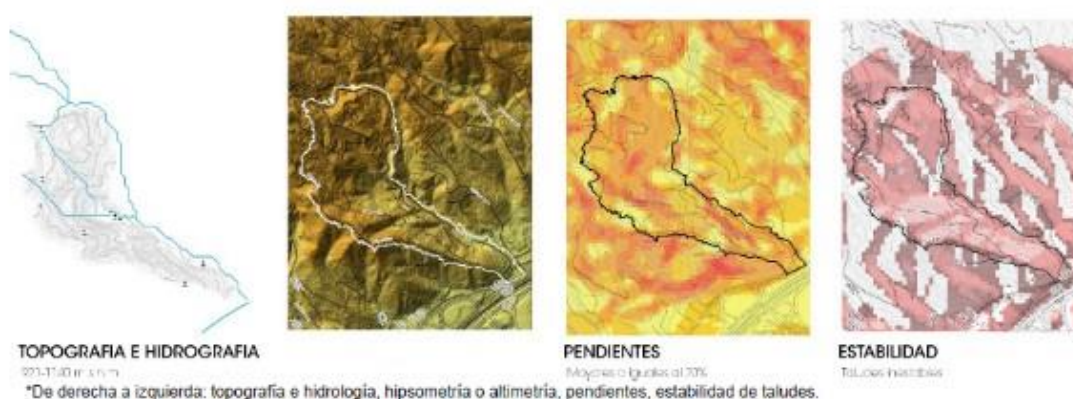


Figura N° 10. Mapas construidos sobre las condicionantes naturales-ambientales.

Fuente: D, Manrique & D, Escobar. (2018).

En la figura N° 10 se observa planos generados por D, Manrique & D, Escobar. (2018), donde se encierra el área de estudio para topografía, hidrografía, pendientes y estabilidad. Se destaca que donde han ocurrido los deslizamientos se encuentran cercanas a un cauce hidrográfico y poseen una topografía irregular con una pendiente principal igual a 70% o cercano, lo que conlleva en la zona encerrada taludes inestables, causas determinantes.

Escuela de Ingeniería Civil

1.5 LAS CASITAS. LA VEGA. CAUSAS DE PROBLEMAS DE ESTABILIDAD EN LA ZONA SEGÚN TRABAJO PREVIO.

1.5.1 Informe de Inspección en la U.E Escuela Canaima. Urb Las Casitas, parte alta de la Vega, Parroquia La Vega del municipio Libertador. Colegio de Ingenieros (2011).

De la inspección realizada el 24 de marzo del 2011 por motivo de “Que se expone que se requiere inspección a la infraestructura que permita avalar las condiciones físicas, motivado a que, por las lluvias a finales del 2010, se deslizó parte del terreno que bordea las instalaciones, observándose alrededor actualmente, grietas en el referido inmueble.” En la Figura N° 11 se presenta informe, con fotografías del talud deslizado para el 2011. La edificación se encuentra en una fila topográfica, constituida por esquistos. Se construyó una losa para mejorar el drenaje superficial y evitar que no cayera directamente sobre el talud en una franja del mismo. Se indica que “Se observó en otros sectores de la edificación como aceras externas que comunican los núcleos, existen evidentes asentamientos del terreno que han dejado en descubierto algunos tramos de las fundaciones” Colegio de Ingenieros (2011). En el trabajo se realizará análisis retrospectivo para estudiar la estabilidad de su talud.

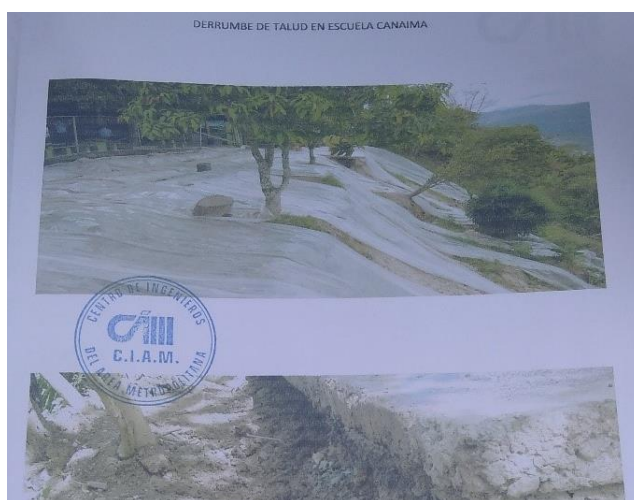


Figura N° 11. Fotografía del informe del Colegio de Ingenieros, con sello.

Fuente: Propia. (2020).

1.6 RESULTADOS DE LOS TRABAJOS DE INVESTIGACIONES EXISTENTES PARA LOS TRAMOS EN RIESGO EN EL SECTOR DE SANTA ANA DE ACUERDO A LA ESTABILIDAD DE TALUDES

Los tramos se encuentran ubicados en el trabajo en los anexos, en las Figuras N° 54-58. Figuras del trabajo de D, Manrique & D, Escobar. (2018). Que determinan tramos en riesgo, la enumeración de los tramos fue cambiada para el estudio de estabilidad de este trabajo, enumerando de mayor a menor riesgo.

1.6.1 Tramo 1-Santa Ana. ISG: Adecuación de infraestructura urbana para el manejo de riesgos. Caso: calle Terepaima, sector Santa Ana, parroquia Antímano, Distrito Capital. M, Rodriguez, (2019).

El tramo se encuentra ubicado en la Fig N° 55 y es el tramo 2 para el trabajo “Viviendo en Riesgo”. Para nuestro trabajo la Calle Terepaima (Parte Baja) es el Tramo 1-Santa Ana de donde se determinan los parámetros de diseño, debido al deslizamiento que propicia a que sea uno de los tramos con viviendas gravemente afectadas estructuralmente. Hay la invasión de terrenos ya desalojados, que deben ser reubicados, que estos en el análisis de estabilidad permiten realizar la propuesta considerando la mejor opción en viabilidad, aplicabilidad y economía, realizando la reacomodación de los escombros ya deslizados al pie del talud para optimizar la superficie del talud y reubicar estas viviendas. Se destaca en el sector la información de las viviendas invadidas luego del desalojo, ya que afecta la estabilidad del talud a gran escala debido a las malas disposiciones de aguas en las mismas.

El análisis de estabilidad se hace en base de la información del análisis regresivo en este deslizamiento para determinar la resistencia al corte y el FS de la propuesta para un talud más estable. Con la recomendación de corregir y mantener drenajes, conducciones y disposiciones. Este tramo representa el tramo 1 del trabajo debido a que es donde se determina los parámetros de diseño en el análisis de estabilidad de Santa Ana, Carapita. Ya que los parámetros que poseía el talud al deslizar representan unos parámetros similares al de los demás taludes de la zona además que es el caso más desfavorable.

Escuela de Ingeniería Civil



12.A

12.B



12.C

12.D

Figura N° 12. Collage de Fotografías de las causas expuestas en el deslizamiento del talud.

Fuente M, Rodriguez, (2019).

Figura N° 12.A Talud Activo: El talud producto de los asentamientos y acumulación de agua ha dejado una zona descubierta con signos de avanzada meteorización además de afectar a la calle Terepaima, El desprendimiento del tramo de la calle debilita el soporte por parte del terreno de las viviendas y edificaciones ubicadas en el sector las Torres, debe optimizarse. De igual manera no permitir el establecimiento de nuevas edificaciones y desocupar las ya existentes en la zona de talud activo.

Figura N° 12.B Fractura del tubo colector de aguas servidas: Las aguas servidas del sector superior de la calle drenan hacia la superficie de la ladera. La propuesta con base a la Figura es la reparación inmediata del colector. revisión de otros puntos débiles para refuerzo, evitando a toda costa el fallo del colector y mantenimiento preventivo.

Escuela de Ingeniería Civil

Figura N° 12.C Drenaje de las aguas de lluvia hacia el sector el Trío: El sector El Trío representa una vía de drenaje natural de las aguas que escurren por la montaña donde se encontraba la calle Terepaima. Estos drenajes se encuentran en precarias condiciones como se puede apreciar en la figura y deben estar aptos, para las lluvias del sector que inundan de lodo escurrido de la montaña.

Figura N° 12.D Establecimiento de nuevas familias en los sectores de riesgos: Se aprecian en la figura viviendas de familias que deben ser reubicadas por motivos de estabilidad.

1.6.2 Tramo 2-Santa Ana. *“Viviendo en Riesgo” D, Manrique & D, Escobar. (2018).*

En la figura N° 56 se presenta tramo de altas pendientes, que representa el Tramo 3 del trabajo “Viviendo en Riesgo” para este trabajo representa el Tramo 2-Santa Ana, debido al riesgo por su alta pendiente. Allí se encuentran emplazados equipamientos de ámbito primario como lo son la U.E.B 17 de Diciembre. U.E La Creación y Capilla Nuestra Señora de la Esperanza. Se denotan viviendas poco consolidadas hacia El Barranco que deben ser desalojadas por las consecuencias negativas a la alta susceptibilidad física y por la inestabilidad del terreno. De base de datos de los problemas de estabilidad de la zona se toma la información de D, Manrique & D, Escobar. (2018). Es importante su análisis debido a que se encuentra inmediatamente por encima del talud “El Barranco” Talud: Calle La Unión-Sector El Trío. Este tramo es el que representa el tramo 2 del estudio en el análisis de estabilidad de taludes, debido a que posee mayor sensibilidad por sus altas pendientes y aunque no se realiza propuesta de mejoramiento de la estabilidad del talud se recomienda seguir las indicaciones luego del análisis de estabilidad y si es posible hacerse un mejoramiento de la pendiente del talud en un proyecto futuro que se tiene documentado realizar para el esparcimiento social en Santa Ana, Carapita.

Escuela de Ingeniería Civil



Figura N° 13. Fotografías De Calle La Unión Con Presencia De Desechos.

Fuente: D, Manrique & D, Escobar. (2018).

En la figura N° 13 se presenta la inadecuada disposición de residuos sólidos, causa concurrente con los problemas de estabilidad que afecten las laderas de alta pendiente ocupadas por viviendas en la comunidad de Santa Ana. La meta básica es lograr la gestión integral de residuos y desechos sólidos urbanos. Que funcione de ejemplo, para otras comunidades similares.

- Exceso de desechos sólidos en las vías de Santa Ana: En esta figura podemos apreciar que el problema de los desechos no solo es de disposición también es de recolección, por lo tanto, se propone hacer las correcciones pertinentes para realizar una recolección de desechos más efectiva, ya que la presencia de estos desechos en las vías es muy perjudicial para la estabilidad de las laderas del sector, ya que en un desborde son arrastrados por la corriente de agua.

Este problema debe ser canalizado y debe solucionarse, por eso la propuesta es que la ruta de recolección de basura, debe corregirse, aumentar tanto la flota de vehículos provistos que cubran mayor número de rutas del sector, establecer frecuencias de recolección más cortas (interdiarias) y garantizar que se cumplan. Establecer y señalar sitios adecuados con contenedores y de fácil acceso para la disposición de los desechos y realizar y promover campañas de concientización en materia de disposición de residuos sólidos.

Escuela de Ingeniería Civil

1.6.3 Tramo 3-Santa Ana. Relación entre la inadecuada disposición de desechos sólidos urbanos y la inestabilidad de laderas en desarrollos no consolidados. Caso: quebrada Santa Ana, parroquia Antímano. E, Cotua & J, Carrillo. Civil (2012).

Se observa la información verificada para el Tramo 3 del trabajo “Viviendo en Riesgo” en la Figura N° 57. Tramo en cuestión en el desastre del 2010, que coincidentemente representa el Tramo 3-Santa Ana para este trabajo. Estos mapas fueron generados por reconocimientos en la zona en visitas de campo por E, Cotua & J, Carrillo. (2012), y dan evidencia del problema de estabilidad del talud, base para el estudio de estabilidad y además evidencia el problema que representa la acumulación de desechos sólidos sobre el cauce de la quebrada Santa Ana. Este tramo representa el tramo 3 ubicado en la Quebrada Santa Ana que tuvo problemas de estabilidad en el desastre del 2010 debido a las fuertes lluvias, debido a esto se realizará el estudio del análisis de estabilidad en este tramo.

En la Figura N° 14 se presenta la representación visual realizada por N, Ruiz & A, Carrillo, (2012) del desastre de septiembre del 2010. Donde se puede observar, en la ladera izquierda el movimiento de un gran bote de basura debido a las fuertes lluvias que obstruyeron el cauce, causando una erosión al pie de la ladera derecha, que refleja consecuencias con un deslizamiento leve y agrietamientos de las viviendas de la derecha.

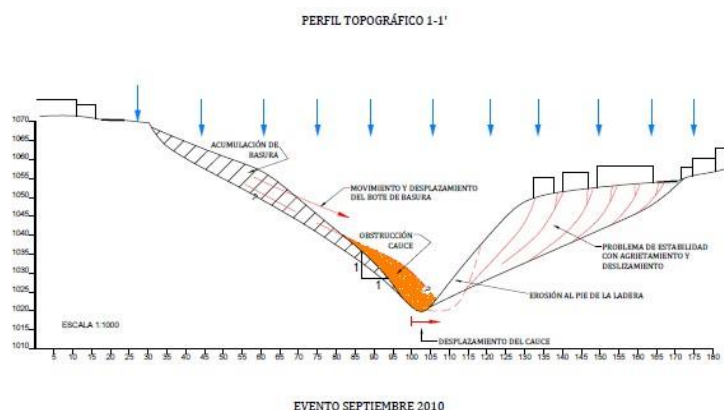


Figura N° 14. Perfil realizado en el momento que ocurrió el desastre (2010).

Fuente: N, Ruiz & A, Carrillo, (2012).

Escuela de Ingeniería Civil

Debido a esto se debe llevar a cabo un plan de saneamiento de la quebrada, mantenimiento de obras hidráulicas y alcantarillado, de forma tal que permita erradicar la presencia de desechos sólidos tanto en laderas, sitios adyacentes y dentro del cauce de la misma. Se debe proceder a eso y mantenerse. Esto también con la correcta disposición de drenajes que no causen erosión y aguas residuales que no contaminen para ser correctamente dispuestos al punto final designado con las consideraciones ambientales y sanitarias correspondientes. Debe ser importante de igual manera culturizar a las personas para que esto no suceda.

Tabla N° 4. Descripción de la ladera.

		Punto 1		Acumulación de desechos	Pto. de observación		Si, escombros y desechos dispersos		Apreciación sobre riesgo de deslizamientos			
Localización (Coordenadas/Altura)		N1158569 E0721042 1058msnm			Ladera opuesta		Si, acumulación importante cerca del borde de la ladera escombros y desechos		Pto. de observación		Si, alto	
Descripción general del sitio de ubicación		Sobre área de deslizamiento, restos de viviendas, botadero de escombros y basura							Ladera opuesta		Si, alto	
Zona de referencia		Calle El Colegio, sobre calle ciega, margen derecha de la quebrada			Viviendas		Pto. de observación		No			
Perfil Asociado		1-1'					Ladera opuesta		No			
Pendiente estimada		Bastante pronunciada					Pto. de observación		No			
Longitud de ladera hasta el cauce	Pto. de observación	40m.			Otras edificaciones		Pto. de observación		No			
	Ladera opuesta	70m.					Ladera opuesta		No			
					% de ladera intervenida		Pto. de observación		0%			
							Ladera opuesta		0%			

Escuela de Ingeniería Civil

1.6.4 *Tramo 4-Santa Ana. ISG: Servicio social comunitario. Caso torrentera. Sector Santa Ana, Carapita, Parroquia Antimano, Distrito Capital, Venezuela. G, Starchevich & A López, (2018).*

Este es el Tramo 1 expuesto por D, Manrique & D, Escobar. (2018), que en nuestro trabajo representa el Tramo 4-Santa Ana en la Fig. N° 58. Para el tramo se estudia su riesgo según parámetros de diseño en el análisis de estabilidad, las viviendas sufrieron afectaciones por las obstrucciones en la Quebrada en 2010. Del trabajo realizado por G, Starchevich & A López, resalta que la acumulación de problemas en este tramo es debido al estado de la torrentera, razón de que se encuentre en riesgo, la falla borde y deslizamientos internos generan material suelto, este, al no ser correctamente dispuesto, es arrastrado en las épocas de lluvias acelerando su erosión, que además sumado a el mal estado de los sumideros, hacen estos efectos más violentos. En la Fig. N° 55 se observa esas causas de degradación de resistencia y estabilidad en los taludes del sector, por ese motivo, se realizará el análisis de estabilidad en el tramo. Este representa el tramo 4 para el trabajo.



15.A

15.B

15.C

15.D

Figura N° 15. Collage de Fotografías resaltando los problemas presentes en la torrentera.

Fuente: G, Starchevich & A López. (2018).

En la Figura N° 15 se observa el collage de las causas de problemas en la torrentera, causas principales de las afectaciones en la Calle Santa Ana en el 2010. En cuanto a estabilidad esta presentó asentamientos y pequeños deslizamientos debido a las grandes cargas de aguas con sedimentos que provinieron de la obstrucción en la quebrada.

Escuela de Ingeniería Civil

Se describen las propuestas formuladas para la corrección de los problemas en la torrentera provenientes del análisis del trabajo de G, Starchevich & A López. (2018), que contribuyen en la corrección del problema principal asociado a la estabilidad de taludes para el tramo, se describirán las propuestas en orden, desde la ubicación más alta del tramo.

- Figura N° 15.A Tramo de roca fresca sin embaulamiento: Se aprecia en la figura que en este tramo se puede dejar la roca fresca como está, presenta buena resistencia a la vista y no presenta signos de desgaste. Se observa una pendiente importante en donde se puede construir aguas abajo en concreto reforzado para evitar erosión.
- Figura N° 15.B Tramo de torrentera, con presencia de vegetación densa y desechos de gran tamaño: Se observa en la Fig. una falla de borde en la acera que debe ser corregida, puede que con la construcción de un muro de gavión o concreto u otra manera para evitar la socavación de la acera que produce sedimentos y obstrucción.
- Figura N° 15.C Tramo bajo carretera principal y sistema de captación con sumideros de rejillas bastante deteriorados a todo lo ancho de la calzada: Se observa en la figura que las rejillas deben ser restauradas para permitir el correcto drenaje, y no sean arrastrados sedimentos de gran tamaño por la corriente. Además, hay una gran acumulación de material granular el cual es arrastrado por las calzadas y es necesario removerlas del cajón cada cierto tiempo para realizar el mantenimiento.
- Figura N° 15.D. Tramo de Casa encima de la Torrentera: En la figura podemos apreciar que la torrentera pasa debajo de una casa, la condición del canal en este tramo no se pudo observar con detalle en el trabajo de G, Starchevich & A López. (2018), pero se aprecia una notable disminución en la sección de la torrentera, lo que en casos de crecidas generan estancamientos que conllevan a un remanso y por consecuencia a un desbordamiento del agua. En el peor de los casos la energía del agua puede ser capaz de levantar la casa y destruirla. La vivienda debe ser retirada del lugar, ya que la torrentera debe tener una sección constante fácil de limpiar y que no produzca aumentos de nivel hacia aguas arriba.
- La presencia de desechos se observó a lo largo de toda la torrentera.

Escuela de Ingeniería Civil

Estos problemas en la torrentera, que es el drenaje principal del sector, es el motivo principal de las afectaciones que ocurren en el tramo 4, la Calle Santa Ana, colocándola en riesgo, razón por la cual es objeto a estudio en el análisis de estabilidad, además, debe mantenerse en óptimas condiciones, se pueden perder viviendas sepultadas por los escombros arrastrados de grandes corrientes de agua que erosionan gravemente los taludes.

Aguas Abajo de la Torrentera (Calle Santa Ana)

Luego del tramo que pasa debajo de la vivienda la torrentera desciende por un sector inaccesible y se pierde de vista hacia la Calle Santa Ana. Hasta donde se logra ver la torrentera se encuentra en buen estado, pero según testimonios de los vecinos la misma se encuentra destruida por el derrumbe, desastre del 2010. Estaría pendiente un estudio más detallado de la zona. Si en este tramo efectivamente la torrentera cedió por el terreno se debería corregir y estabilizar el talud estudiado, para el caso es recomendable estudiar la posibilidad de una reforestación para evitar la erosión y agregar estabilidad, la torrentera desciende por la carretera y termina en una falla de borde descargando directamente en un barranco, problema grave para la degradación de las laderas de la parte baja de Santa Ana, se debe conducir hasta dar una disposición correcta como El Guaire. Entre otras posibles soluciones para minimizar el impacto se podría:

- Revisar planos de la zona para ubicar dicho colector y rehabilitarlo.
- Embaular el cauce de la torrentera desde la falla de borde de la vía hasta El Trio.
- Arreglar la falla de borde además de aumentar el diámetro del colector en el Trio para evitar que se obstruya y que el agua no descienda por la carretera hacia la autopista. Esto con la implementación de una nueva canalización que pueda conducir las aguas hasta un sitio de disposición correcto, esta es una propuesta que no es económica, pero es necesaria dado a las condiciones que se encuentra la estabilidad de taludes de la zona, el estudio de estabilidad nos refleja una propuesta de talud para cuando la rehabilitación de la torrentera sea ejecutada como se recomienda.

Escuela de Ingeniería Civil

1.7 RESULTADOS DEL TRABAJO DE LA INVESTIGACION EXISTENTE PARA EL TRAMO EN RIESGO EN EL SECTOR DE LAS CASITAS DE ACUERDO A LA ESTABILIDAD DE TALUDES

1.7.1 Tramo 1-Las Casitas. Informe de Inspección en la U.E Escuela Canaima. Urb Las Casitas, parte alta de la Vega, Parroquia La Vega del municipio Libertador. Colegio de Ingenieros (2011).

Del informe realizado y las visitas al campo, se puede denotar la evidencia del deslizamiento ocurrido que conjunto al drenaje indebido de las aguas de lluvia son la causa principal de que esta zona represente un riesgo de inestabilidad en la ladera que podemos observar en la Figura N° 16. Los cultivos que pueden observarse actualmente presentes en la superficie de la ladera antes de las lluvias torrenciales del 2010, estos cultivos se encontraban a nivel de la Escuela Canaima y formaban parte de un relleno en el que también se encuentra construido un parque recreacional, los drenajes deben ser optimizados y procurar que los escurrimientos provenientes de crecidas no terminen drenando en la superficie de esta ladera.



Figura N° 16. Fotografía de la situación actual del talud que deslizó en la Escuela Canaima.

Fuente: Propia. (2020).

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 MÉTODOS DE CÁLCULO

Los métodos de cálculo a utilizar son los que generan un equilibrio de fuerzas y momentos en base a dovelas o tajadas generadas sobre la superficie de falla, para de esta manera con las fuerzas y momentos actuantes y resistentes en cada tajada calcular un FS, los métodos a presentar son los que se ejecutan en el programa SLIDE.

2.1.1 Comparación de Métodos usados en SLIDE.

Los métodos más utilizados según los casos presentes son el de Fellenius, el de Janbu y el Bishop. El Fellenius porque debido a que es el más primitivo es el que se presenta más bajo en las fallas locales que se realizan para simular fallas reales ocurridas, el método siempre presentado en los cálculos es el método con el menor valor de FS para trabajar con el más desfavorable y así se trabaja del lado de la seguridad. La diferencia entre estos métodos radica en que fuerzas se toman y cual no y de la manera que se toman para realizan el cálculo de estabilidad.

El método de Fellenius ha sido el punto de partida en el análisis de la estabilidad de un talud, ya que es el primero en considerar las fuerzas que actúan en el mismo talud. También conocido como Método Sueco. Este método fue el primero que consideró la estabilidad del talud a través del análisis de fuerzas que actúan en este, dividiendo a la masa de suelo en dovelas. Se ignora la fricción entre dovelas y solo se consideran las fuerzas tangenciales a lo largo de la superficie de falla que actúan en cada una de ellas. Este método es importante en el diseño según la falla local que presenta el programa, que es similar a la realmente ocurrida, se logra adaptando en el programa un límite de búsqueda de falla que genera una falla local muy similar a la ocurrida en los deslizamientos. Este método es el presentado en los cálculos para la falla local ya que entre todos los aplicados es el que represente un menor FS lo que nos garantiza trabajar del lado de seguridad y que todos los FS cumplen.

Escuela de Ingeniería Civil

Para las fallas circulares los métodos más importantes son Bishop y Janbu. El método Janbu es un método general de cortes realizados en la base del equilibrio límite. Debe satisfacer el equilibrio de fuerzas y momentos actuando en bloques individuales (El único que no se satisface es el momento de equilibrio en el último bloque superior). El Factor de seguridad corregido de Janbu es considerando un factor de modificación. El factor de modificación de Janbu es un intento de compensar el hecho de que el método simplificado de Janbu solo satisface el equilibrio de fuerza y supone cero fuerzas de corte. El método propuesto por Bishop en 1955 analiza la estabilidad de un talud con SPF del tipo circular. Este método al igual que el anterior es un método que intenta ser sencillo, práctico y se basa en tablas hechas por los mismos autores del método. Para este método se suele interpolar valores de su tabla según sea los requerimientos. En la Tabla N° 5 se presenta diferencias de características de los métodos comunes, los cuales la mayoría se encuentran el programa SLIDE y fueron activados para el cálculo para así proponer el más desfavorable.

Tabla N° 5. Métodos de análisis de estabilidad de taludes

Método	Superficies de Falla	Equilibrio	Características
Talud infinito	Rectas	Fuerzas	Bloque delgado con nivel freático, falla paralela a la superficie.
Bloques o cuñas	Cuñas con tramos rectos	Fuerzas	Cuñas simples, dobles o triples, analizando las fuerzas que actúan sobre cada cuña.
Espiral logarítmica (Frohlich, 1953)	Espiral logarítmica	Fuerzas y momentos	Superficie de falla en espiral logarítmica. El radio de la espiral varía con el ángulo de rotación.
Arco circular, (Fellenius, 1922)	Circulares	Momentos	Círculo de falla, el cual es analizado como un solo bloque. Se requiere que el suelo sea cohesivo ($\phi = 0$).
Ordinario o de Fellenius (Fellenius 1927)	Circulares	Fuerzas	No tiene en cuenta las fuerzas entre dovelas.
Bishop simplificado (Bishop 1955)	Circulares	Momentos	Asume que todas las fuerzas de cortante, entre dovelas, son cero.
Janbú Simplificado (Janbú 1968)	Cualquier forma	Fuerzas	Asume que no hay fuerza de cortante entre dovelas.
Suoco Modificado. U.S. Army Corps of Engineers (1970)	Cualquier forma	Fuerzas	Las fuerzas entre dovelas tienen la misma dirección que la superficie del terreno.
Lowe y Karafiath (1960)	Cualquier forma	Fuerzas	Las fuerzas entre dovelas están inclinadas en un ángulo igual al promedio de la superficie del terreno y las bases de las dovelas.
Spencer (1967)	Cualquier forma	Momentos y fuerzas	La inclinación de las fuerzas laterales son las mismas para cada tajada, pero son desconocidas.
Morgenstern y Price (1965)	Cualquier forma	Momentos y fuerzas	Las fuerzas entre dovelas, sea asume, que varían de acuerdo con una función arbitraria.
Sarma (1973)	Cualquier forma	Momentos y fuerzas	Utiliza el método de las dovelas en el cálculo de la magnitud de un coeficiente sísmico requerido para producir la falla.

Fuente: Suárez J. (2009).

2.2 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD RETROSPECTIVO O BACK-ANALYSIS

Es una Técnica de Análisis geotécnico que nos permite estimar la resistencia in-situ del suelo, para esta técnica se asumen los siguientes factores:

- Factor de Seguridad igual a la unidad.
- Peso Unitario del Terreno.
- Considera la geometría original del talud antes de fallar.
- Considera las condiciones de frontera del talud, todas aquellas acciones en contra o a favor de la estabilidad incluyendo el nivel freático.

Esto es la forma de convertir un caso real a través de un modelo en una solución técnica para encontrar los parámetros que vamos a utilizar en los diseños. Es convertir los casos de deslizamientos en los tramos de los distintos sectores en riesgo de Santa Ana y el deslizamiento ocurrido en Las Casitas a través de un modelo, en una solución técnica para encontrar los parámetros que vamos a utilizar en los diseños, las propuestas de soluciones de problemas de estabilidad. Esta técnica me otorga las propiedades geo-mecánicas de un terreno en el cual un talud ha fallado y de la roca como la cohesión y el ángulo de fricción.

El método consiste en variar los parámetros de resistencia de suelo, se varían estos dos parámetros de forma manual (Cohesión y ángulo de fricción interna) hasta conseguir un factor de seguridad muy cercano a la unidad. Para una superficie de falla circular, aplicando el método Mohr-Coulomb según el programa SLIDE en los casos que sufrieron este tipo de falla, con la geometría original de la sección. La falla a aplicar en el terreno es la falla más cercana a la falla en la realidad y la falla circular seleccionada por el programa que es la falla profunda más probable en ese talud con esas condiciones presentes, asumir falla circular Mohr-Coulomb representan unos valores muy cercanos por eso se asume que es representativo a la falla en la realidad. En base de las dos fallas que se pueden conocer en los taludes que deslizaron, se hace el análisis retrospectivo, de ahí escojo los parámetros cohesión y ángulo de fricción interna para el diseño de mis propuestas y para el análisis de estabilidad de los otros taludes a estudiar en la zona.

Escuela de Ingeniería Civil

Factor de Seguridad: Este debe ser igual a la unidad (1) y es la base del análisis retrospectivo que refleja las propiedades del suelo como Cohesión, Ángulo de fricción, resistencia al corte y demás fuerzas provenientes del cálculo a través del programa SLIDE, que realiza ese cálculo con distintos métodos, el método más ajustado al valor absoluto de la unidad es el valor que se presenta para las tablas de resultados, que es el que determina la Cohesión y el Ángulo de Fricción para las condiciones presentes en estos taludes, que se asumen según la información teórica de trabajos anteriores.

Peso unitario: Es el peso de la roca presente en el talud a estudiar, para asumir este valor el trabajo se basa en trabajos especiales de grado como el realizado por C, Graterol (2012). Que estudian las formaciones geológicas del Valle de Caracas, de allí se asume un rango, de acuerdo a la roca presentes en las laderas de cada área de estudio y los valores de peso específico presentados para esas rocas en el trabajo de C, Graterol (2012).

Geometría de los Taludes: Para los estudios de estabilidad se construyen perfiles en AutoCAD dentro de las zonas de alto riesgo señaladas anteriormente, en total serán 6 para los distintos análisis de estabilidad. Es importante conocer la geometría antes de deslizar.

Condiciones de frontera: En las laderas presentes en las áreas de estudio no se encuentra actualmente ningún anclaje o soporte para la estabilidad de las mismas, la altura de nivel freático está sujeta a la información provenientes de los trabajos previos, en los taludes que sufrieron deslizamientos debido al desastre de las lluvias torrenciales del 2010 se estudian con un nivel freático para un suelo saturado, para casos como el de la calle Terepaima se asume un nivel freático alto para un cálculo conservador. Las cargas uniformes se calculan asumiendo un peso volumétrico según Acciones Mínimas COVENIN para materiales diversos de 1400 kgf/m³ y multiplicando ese peso por el área que se encuentra sobre el talud de acuerdo a Google Earth, luego multiplicado por dos porque sabemos que en esas zonas se construyen unas viviendas sobre las otras y luego transformando a KN para utilizar el valor en SLIDE que realiza el cálculo con los diferentes métodos para la geometría y condiciones que se introducen.

2.3 MÉTODOS PARA ESTABILIZAR LOS TALUDES

Para estabilizar los taludes que se encuentran inestables, producto de un deslizamiento, hay numerosos métodos que se pueden aplicar como el corte de la parte activa de los taludes para compensar compactando el material de bote en la parte pasiva del talud, para de esta manera optimizar la pendiente a que no sea tan pronunciada y por lo tanto mejora su estabilidad, estos trabajos son muy complicados y ya que en las zonas inestables se encuentran habitadas y también la cabecera del talud se encuentra habitada con un gran número de viviendas por lo tanto esta no es una opción viable que pueda ser aplicable para la solución del problema principal de estabilidad en las zonas de estudio.

La construcción de un muro de contención o sostenimiento es una propuesta que se suele realizar en taludes inestables previa al establecimiento de las viviendas de manera que al colocarlo el talud ya sea estable y garantizado. Esta es una opción que no puede recomendarse en este caso porque debe ser previa al establecimiento de viviendas, y a que las filtraciones son aspectos importantes de estas construcciones ya establecidas. Las viviendas rurales, aportan un gran flujo de filtraciones que serían muy perjudiciales para el muro, además que no es una propuesta económica y ese es un aspecto importante a considerar en el trabajo.

Otra opción es la construir pilotes en la parte pasiva del talud que anclen el mismo a un estrato más profundo y previenen el deslizamiento. Esta es una solución efectiva para el deslizamiento, pero es muy difícil de construir además de ser muy costosa, por lo cual, se omite como opción a recomendar para estabilizar los taludes.

El método recomendado en este trabajo para la estabilización de los taludes es la reforestación de la zona pasiva con arbórea como: El *Eleagnus angustifolia* (Árbol del Paraíso), *Eucalyptus globulus* (Eucalipto macho), *Acacia retinodes* (Acacia verde), *Ailanthus altissima* (Ailanto). Esa arbórea son de rápido crecimiento y tienen raíces profundas que establecen una mayor resistencia similar a la que aportan los pilotes además de proteger contra la erosión y bajar el nivel freático.

Escuela de Ingeniería Civil

Adicionalmente, para los taludes que deslizaron se recomienda este método para la estabilización ya que propician el reacomodo de los escombros que deslizaron al pie del talud. Recuérdese que esta opción es la mejor tomando en cuenta el factor económico. Por lo tanto, en este trabajo esta será la primera opción a recomendar.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLOGICO

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Según lo establecido por Salinas en “Metodología de la Investigación” (2010). Este trabajo se considera como una investigación explicativa, solo busca describir o acercarse al problema objeto de investigación, sino que prueba encontrar las causas del mismo. El fin, son los propósitos que persigue la investigación, es decir, la solución al problema planteado. Es una investigación cuantitativa porque las soluciones al problema planteado son establecidas en base a cálculos y los resultados de la investigación son sujetos a una estadística en este caso representada por un Factor de Seguridad (FS).

3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Es una investigación no experimental, los parámetros fueron calculados mediante un análisis retrospectivo, es decir, no fue necesaria la manipulación de materiales a través de los taludes que deslizaron se establecen los parámetros de diseño presentes para cada caso de estudio y es una investigación documental ya que la base de la información del trabajo es de trabajos anteriores, analizada, para sacarle provecho de manera de cumplir con los objetivos de establecer causas, realizar propuestas y analizarlas para presentar las mejores.

3.3 HERRAMIENTAS DE DESARROLLO.

- Google Earth Pro, Versión 7.3, desarrollado por Google. Empleado para suministrar las coordenadas de los perfiles elaborados y ubicación de los deslizamientos y zonas de riesgo.
- AutoCAD, versión 2019, desarrollado por Autodesk. Empleado para los dibujos de perfiles longitudinales, esenciales para el análisis retrospectivo y el cálculo del volumen deslizado.
- SLIDE, Versión 5.0, desarrollado por Rocscience. Empleado en el cálculo y análisis de estabilidad de taludes.
- Microsoft Excel, versión 2020, desarrollado por Microsoft Office. Empleado para la organización y proceso de datos arrojados por el programa SLIDE y los perfiles longitudinales de Google Earth Pro, además de la generación de tablas pertinentes.

En el capítulo III se presentan tramos objetos a estudio en el análisis de estabilidad de taludes, con base a la información presentada para tramos en riesgo en el Capítulo 1, en donde en las laderas que deslizaron, se establecen parámetros de diseño. En el tramo 1-Santa Ana, se encuentra hoy día el deslizamiento de la Calle Terepaima en su parte baja, el análisis retrospectivo se basa en establecer un rango para establecer un perfil de meteorización de diseño, generando una falla local que es una falla recta que simula el programa de acuerdo a la zona donde ocurrió la verdadera falla y la falla circular, una falla que calcula automáticamente la malla del programa para con este rango establecer el perfil. De igual manera para Las Casitas en el análisis retrospectivo y se realiza análisis de estabilidad en los cálculos del trabajo con el fin de redactar y evaluar propuestas que conduzcan a la resolución del problema principal asociado con la estabilidad de los taludes en cada caso de estudio.

Escuela de Ingeniería Civil

En el tramo 4-Santa Ana es la zona baja del sector, donde posee las pendientes más suaves, pero donde son conducidas todas las aguas de drenaje del sector y de la quebrada (Calle Santa Ana), es el tramo que más fue afectado con el desastre del 2010. El tramo 2-Santa Ana, es el tramo ubicado en la parte más alta (Calle La Unión), que presenta asentamientos debido a viviendas ubicadas en sitios de altas pendientes y además estas viviendas se encuentran construidas sobre el talud de una ladera conocida como “El Barranco”, talud inestable proveniente de los deslizamientos en la época de la explotación de canteras. El tramo 3-Santa Ana son las laderas de la quebrada que sufrieron los deslizamientos debidos a los movimientos de masa por la excesiva acumulación de desechos sólidos y las fuertes lluvias, Estos tramos también se analizan en el estudio de estabilidad debido al riesgo implícito para los mismos y también como ejemplo de cómo debe realizarse el cálculo de estabilidad con los parámetros del perfil de diseño establecidos en el análisis retrospectivo.

Los perfiles son contruidos tomando distancias y cotas de los puntos en las secciones elaboradas en Google Earth, estas trascritas a Excel en donde se organizan para el dibujo de los perfiles longitudinales en AutoCAD, de esta manera se evita la deformación que proporcionan los perfiles de elevación del programa Google Earth.

Se recomienda el estudio más detallado de los taludes de alta pendientes presentes en otros tramos de riesgo con los parámetros establecidos en el análisis retrospectivo aquí presentados o con datos de laboratorio si llegasen a realizarse.

Escuela de Ingeniería Civil

3.4 SECCIÓN A UTILIZAR PARA ESTABLECER LOS PARÁMETROS DE DISEÑO (ANÁLISIS RETROSPECTIVO) EN CADA CASO DE ESTUDIO.

3.4.1 Tramo 1-Santa Ana. Sección Calle Terepaima (Para Análisis Retrospectivo).



Figura N° 17. Sección de Calle Terepaima en Google Earth. (Antes de Deslizamiento).

Fuente: Propia. (2020).

En la Figura N° 17 se puede apreciar la sección realizada para estudiar el talud que deslizó en la parte baja de la Calle Terepaima, como se puede denotar se realiza una sección recta que representa mejor el talud, en la Figura N° 18, que es el perfil longitudinal generado a través de las distancias y cotas recopiladas en Google Earth, todo presentado en unidades métricas en AutoCAD, corrigiendo la escala vertical del Google Earth para presentar los perfiles iguales en escala vertical y horizontal, presentado con un eje de cota de referencia para así poder visualizar mejor las cotas de interés en los taludes. La Figura N° 19 representa la evidencia de que donde estamos generando la sección es en donde ocurre el deslizamiento, en la parte baja de la Calle Terepaima, Santa Ana, Carapita.

Escuela de Ingeniería Civil

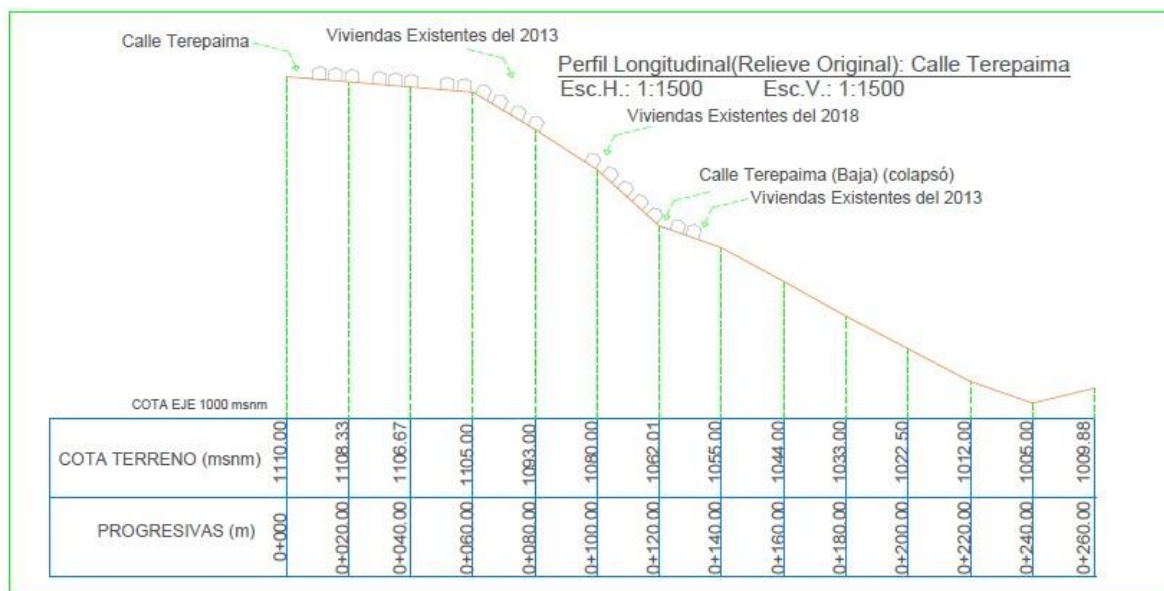


Figura N° 18. Perfil Longitudinal Calle Terepaima en Google Earth. (Relieve Original).

Fuente: Propia. (2020).



Figura N° 19. Sección de Calle Terepaima en Google Earth. (Evidencia de Deslizamiento).

Fuente: Propia. 2020.

Escuela de Ingeniería Civil

3.4.2 Tramo 1-Las Casitas. Sección Escuela Canaima (Para Análisis Retrospectivo).



Figura N° 20. Sección Las Casitas en Google Earth (Evidencia de Deslizamiento)

Fuente: Propia. (2020).

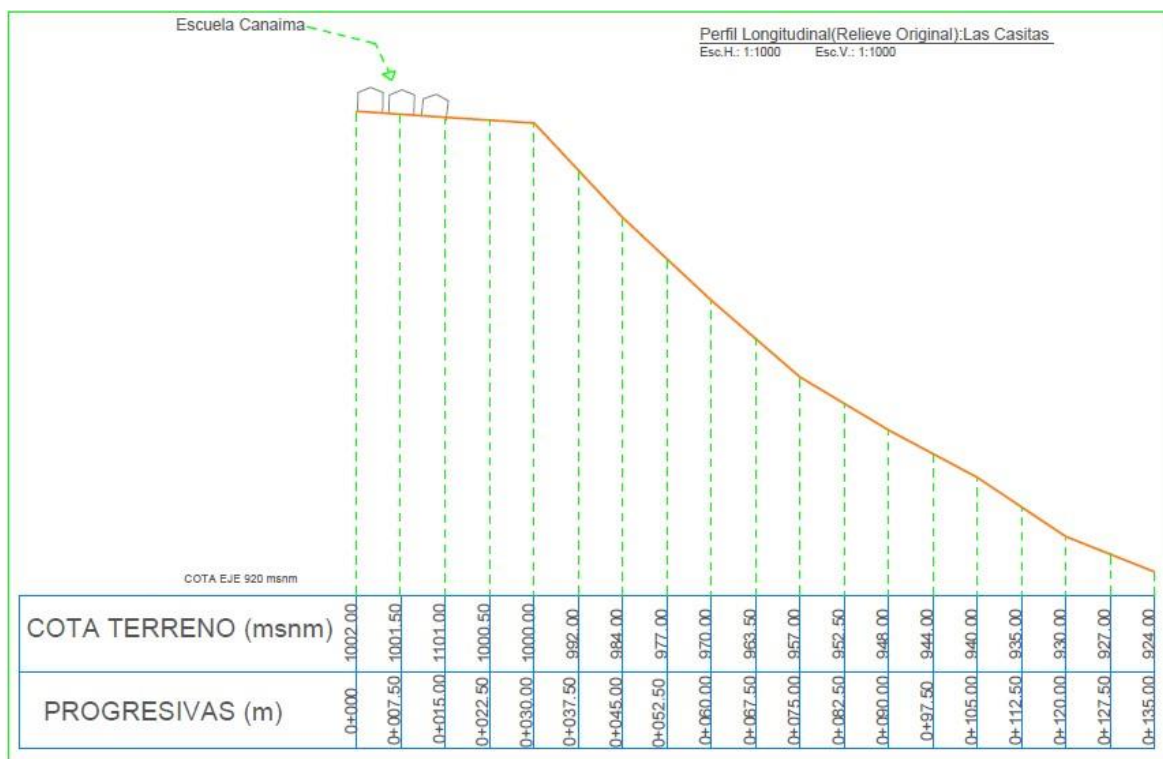


Figura N° 21. Perfil Longitudinal del talud Las Casitas. (Relieve Original).

Fuente: Propia. (2020).

Escuela de Ingeniería Civil

3.5 SECCIONES A UTILIZAR EN EL ESTUDIO DE LOS FS DE ACUERDO A LOS PARÁMETROS DE FALLA PARA CADA CASO DE ESTUDIO.

3.5.1 Tramo 2-Santa Ana. Sección La Unión- Sector El Trio (Para Estudio de FS).

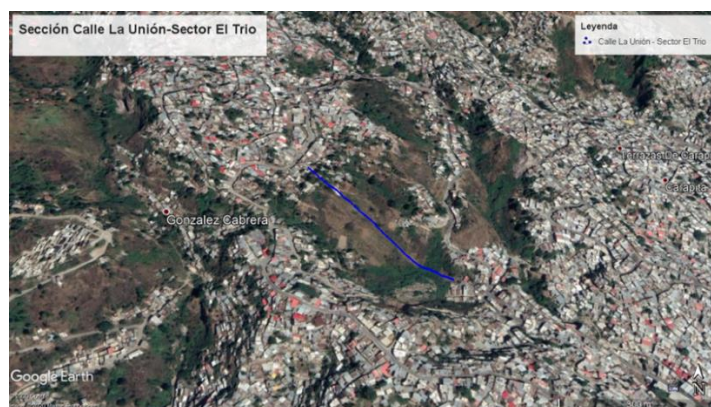


Figura N° 22. Sección Calle La Unión-Sector el Trio realizada en Google Earth.

Fuente: Propia. (2020).

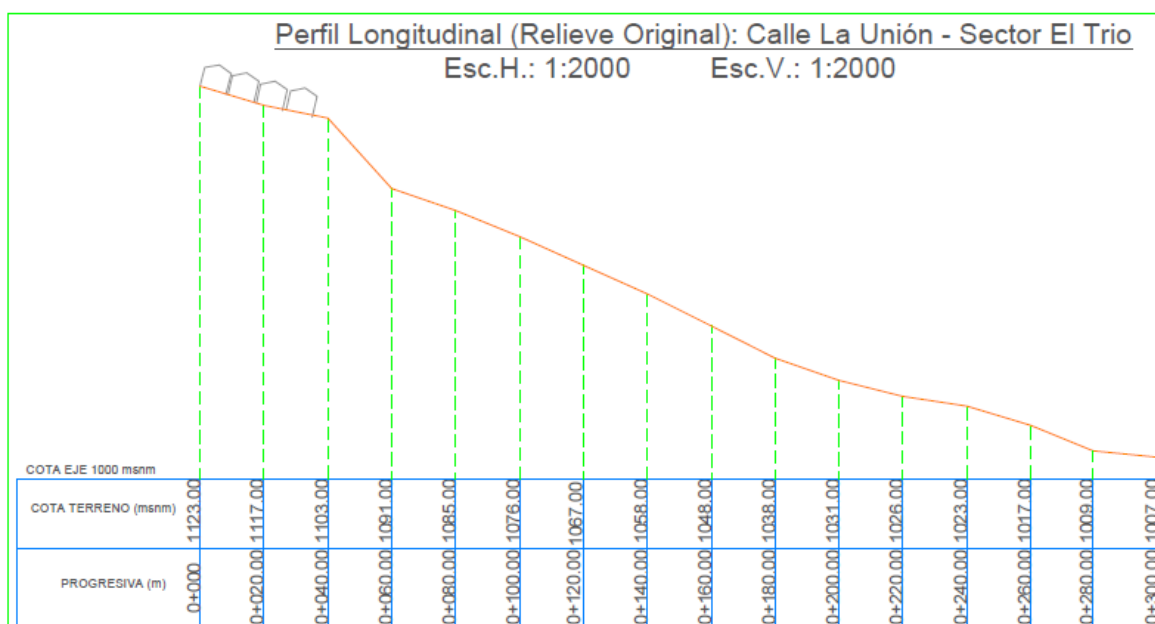


Figura N° 23. Perfil Calle La Unión-Sector el Trio en Google Earth. (Relieve Original).

Fuente: Propia. (2020).

Escuela de Ingeniería Civil

3.5.2 Tramo 3-Santa Ana. Sección Quebrada Santa Ana (Para Estudio FS).



Figura N° 24. Sección Quebrada Santa Ana en Google Earth. (Antes de Deslizar).

Fuente: Propia. (2020).

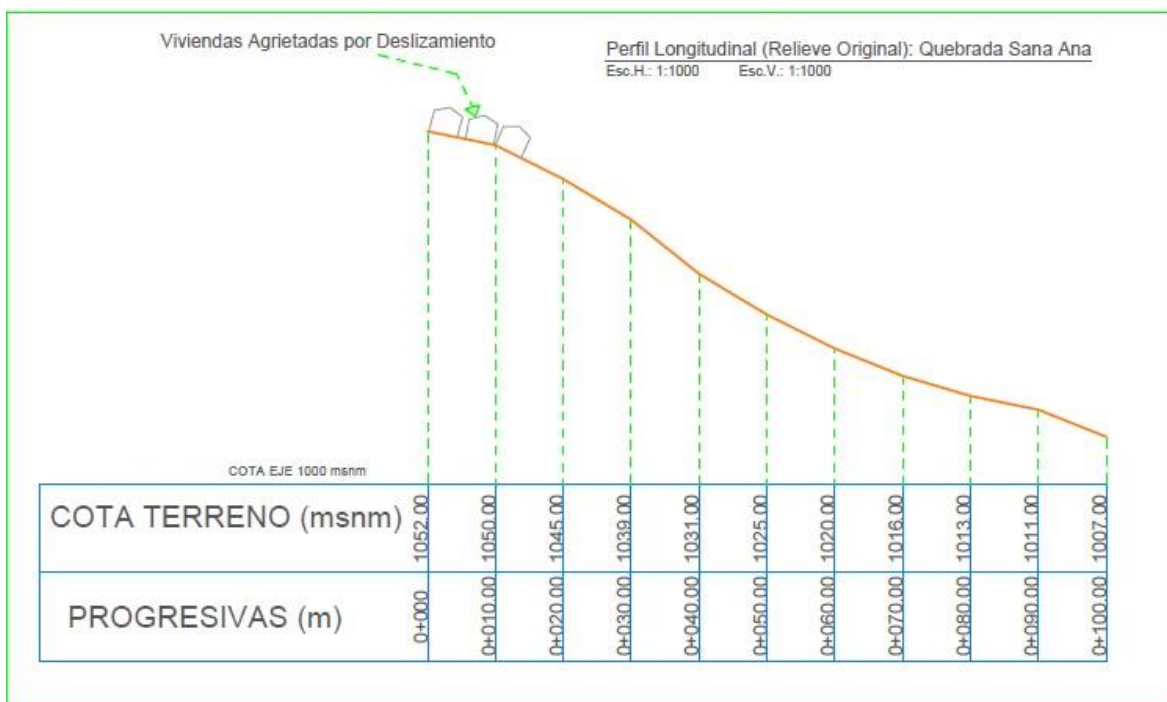


Figura N° 25. Perfil Quebrada Santa Ana en Google Earth. (Relieve Original).

Fuente: Propia. (2020).

Escuela de Ingeniería Civil

3.5.3 Tramo 4-Santa Ana. Sección Calle Santa Ana (Para Estudio FS).



Figura N° 26. Sección Calle Santa Ana en Google Earth.

Fuente: Propia. (2020).

En la Figura N° 26 y 27 se presentan sección y perfil del talud que está sujeto al estudio de FS de acuerdo a los parámetros de Cohesión y Ángulo de Fricción de diseño.

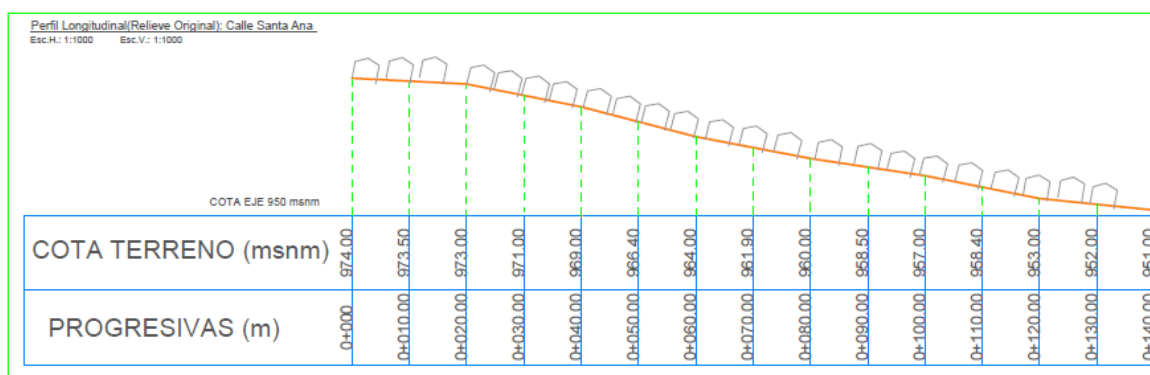


Figura N° 27. Perfil Calle Santa Ana en Google Earth. (Relieve Original).

Fuente: Propia. (2020).

Escuela de Ingeniería Civil

3.5.4 Tramo 2-Las Casitas. Sección Escuela Canaima (Tanque) (Para Estudio FS).



Figura N° 28. Sección Las Casitas (Tanque) en Google Earth.

Fuente: Propia. (2020).

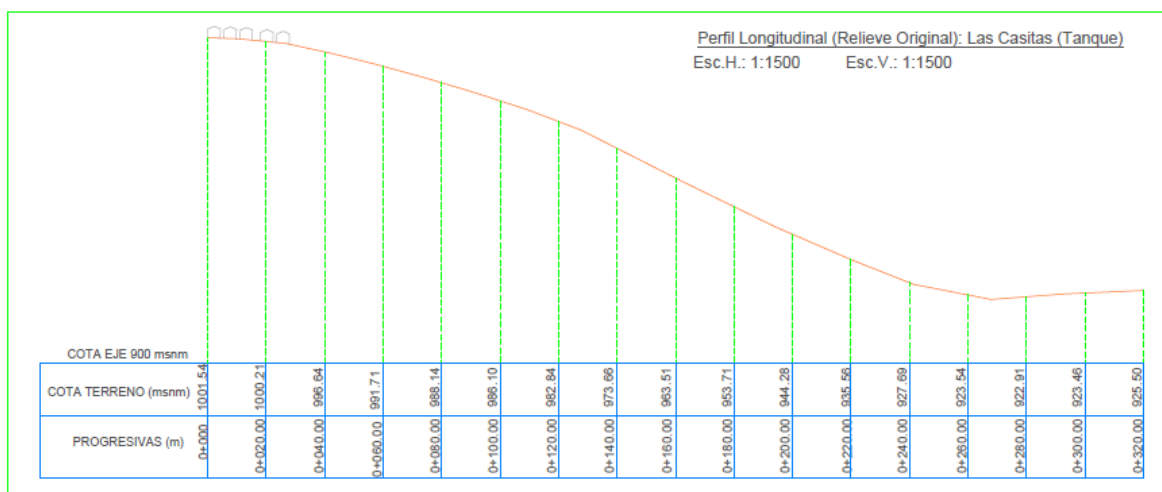


Figura N° 29. Perfil Las Casitas (Tanque) en Google Earth. (Relieve Original).

Fuente: Propia. (2020).

3.6 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Los problemas que se observan en el barrio de Santa Ana, se relacionan con el sector donde fueron explotadas canteras de calizas, cuya área presenta escasas construcciones de viviendas estando localizadas en las periferias, principalmente limitada por la calle Terepaima. En dicho sector se han presentado problemas de estabilidad que han afectado viviendas y la vialidad existente, los cuales tienden a ampliarse con el tiempo donde son afectados los servicios de aguas servidas y blancas, agravando los problemas. Hacia cotas inferiores se encuentra un área densamente poblada, cuyos efectos superiores pueden repercutirlos. Para el análisis del deslizamiento de la Calle Terepaima se utilizará secciones obtenidas en Google Earth. El deslizamiento delimitado por M, Rodríguez (2019) será objeto de un análisis regresivo de forma tal de obtener los parámetros de resistencia que serán utilizados para las propuestas, con los taludes de los tres tramos que no han sufrido deslizamientos tan graves, se realizan estudios con los parámetros obtenidos de acuerdo a un FS.

Para el sector de Las Casitas se analizarán dos secciones que cruzan la edificación de la escuela, utilizar. En las casitas se analizarán las secciones generadas en Google Earth, ubicando una zona de derrumbe del deslizamiento en el cual se genera parámetros en un análisis regresivo igualmente que en Santa Ana para determinar la resistencia al corte a la falla y poder realizar un estudio y otorgar un factor de seguridad en la zona donde se va a instalar un tanque de agua prefabricado que produce una gran carga, que se estima para una capacidad de 40 m³, lo que representa una carga de 395 KN, este es pertinentemente agregado en calculo en SLIDE para el perfil longitudinal del talud que se encuentra ubicado debajo de la zona donde se va a instalar el tanque de agua.

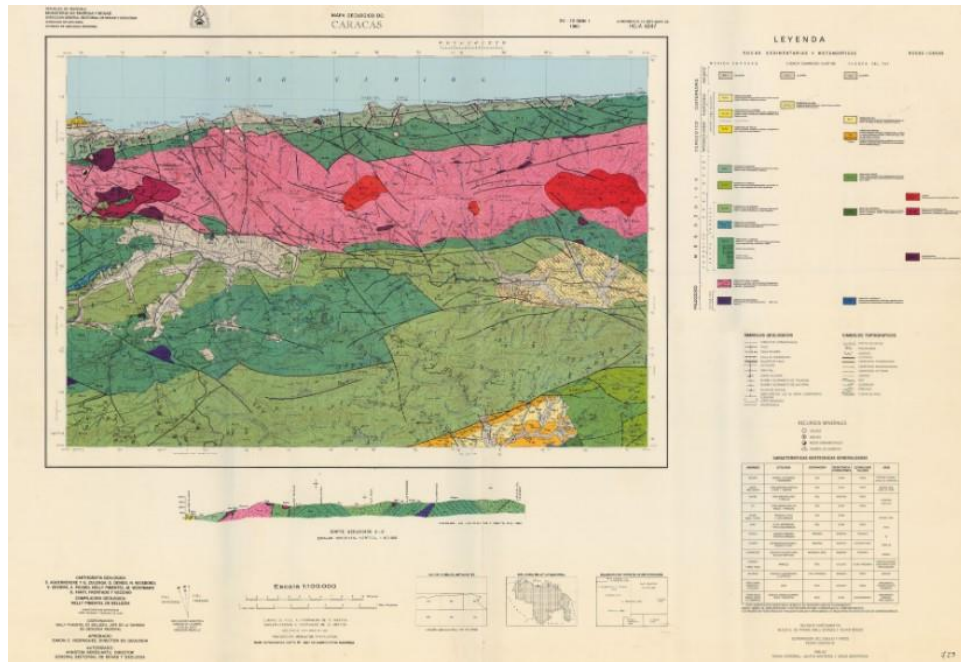


Figura N° 30. Mapa Geológico de Caracas.

Fuente: Dengo, G. (1986).

Todos los deslizamientos que se han visto en esquistos, la foliación de la litología metamórfica es siempre paralela al deslizamiento, sin importar la orientación regional. Esto se debe a que localmente, el esquistos se orienta en direcciones y ángulos de buzamiento muy variados, debido al fuerte plegamiento y que esta orientación se refleja en la topografía, especialmente en cuanto a filas se refiere. En una litología tan extremadamente alterada como sucede en Carapita, es casi imposible encontrar un afloramiento in situ donde se pueda medir la orientación del esquistos. La alteración andrógena, ha alterado el material hasta hacerlo irreconocible. Los minerales, especialmente los feldespatos han sido alterados a arcillas, que lubrican los planos de debilidad y hasta el carbonato ha sido lixiviado por las aguas residuales aciduladas, cargadas de cerveza y ron. En la Figura N° 30 se encuentra el mapa geológico de la zona, que rectifica toda la información presentada para este trabajo como se puede ver las zonas de estudio se encuentran en zonas enrojecidas representadas como laderas inestables.

Escuela de Ingeniería Civil

Para poder determinar si el problema tiene una solución geotécnica más allá de nuestro análisis de estabilidad se recomienda realizar perforaciones para conocer la roca fresca en qué estado se encuentra, si no se encuentra deteriorada. En caso de que las perforaciones nos indiquen que la roca es mecánicamente incompetente actualmente, se tendrá que considerar soluciones no muy económicas pero dado el caso serían necesarias. Las soluciones serán dirigidas a mejorar la estabilidad en los taludes pueden ser muros de contención, mejoramiento de suelos, revestimiento de superficie, dependiendo del talud en particular.

Además, debido a la explotación de calizas al Norte de la calle en cuestión, las explosiones alteraron la estructura de diaclasas y posibles fallas a varios Kilómetros a la redonda. Las fracturas o diaclasas se abren con los movimientos sísmicos y facilitan la infiltración de aguas, sean meteóricas o servidas, siendo este el peor efecto que le puede ocurrir a la roca. Es posible que el deslizamiento actual sea una consecuencia a largo plazo de dichas sacudidas y por eso aparte de las propuestas de mejoramiento del talud en el análisis de estabilidad es pertinente realizar el debido estudio de suelos donde se realicen perforaciones y estudien estos daños en el macizo rocoso de manera detallada. En la Figura N° 31 se puede apreciar el rumbo y buzamiento general de la foliación.



Figura N° 31. Rumbo y buzamiento general de foliación Santa Ana, Carapita.

Fuente: R, García (2020).



Figura N° 32. Imágenes de la Situación progresiva en la Calle Terepaima, Santa Ana.

Fuente: Propia. (2020).

En la actualidad el sector está afectado por amplio deslizamiento, cuya historia puede ser reconstruida mediante imagen de Google Earth, presentado el desarrollo del área desde 2013 hasta el presente. En la Figura N° 32, se encuentra ubicada el área de afectación en los años 2013, 2018 y 2020, de forma tal observa el avance de ocupación del sector.

Escuela de Ingeniería Civil

- 2013. El área está ocupada por unas pocas viviendas localizadas del lado oeste de la calle de acceso inferior localizada a unos 50 metros en cota inferior a la calle Terepaima. La ladera posee una pendiente de 1,25(H):1(V), que dificulta la ubicación de viviendas. Se destaca otra calle intermedia que facilita la ubicación de viviendas hacia la parte inferior de la ladera.
- 2018. Se destaca que el número de vivienda ha ido en aumento, estando cubierta la ladera entre la vía intermedia y la calle inferior, así como algunas viviendas localizadas a cota inferiores a la calle. Por las calles deben existir tuberías para el suministro de agua blanca y seguramente las aguas servidas deben haber estado canalizada ladera abajo y por pozos sépticos. El terreno bajó entre 6 m y 20 m que la loma al pie presenta indicios de futuros deslizamientos, provenientes de este gran desgaste y cicatrices provenientes de la explotación.
- 2020. Se produce un amplio deslizamiento que abarca una longitud de unos 60 metros de la calle y unos 30 metros en cota por encima de dicha calle, en forma de anfiteatro, con afectación ladera abajo. Dicha ladera en la actualidad está cubierta en parte por resto de construcciones, mezclados con el producto del sector de roca con alto grado de meteorización afectada por el deslizamiento. Ya en 2020 la situación es crítica y el deslizamiento masivo, por eso esta es la principal razón por la que se sujeta al estudio para determinar sus parámetros de cohesión y ángulo de fricción y sus esfuerzos resistentes a la falla para así determinar una propuesta de solución a la estabilidad del mismo analizando la mejor opción de acuerdo a aplicabilidad, viabilidad y economía.

Para el estudio en Las Casitas son esquistos calcáreos con poco desarrollo de meteorización pero se determinan igual los parámetros de resistencia, ya que para el relleno que se encuentra en La Escuela Canaima en las Casitas, debido a las lluvias torrenciales en el 2010, presentó un deslizamiento el relleno, que no se puede observar en Google Earth con igual claridad que el caso en Santa Ana, pero se verificó mediante una visita al sitio y se determinan sus parámetros para generar igual de manera la solución que garantice el FS.

Escuela de Ingeniería Civil

Los esquistos de la formación Las Mercedes, que representan a Las Casitas son cuarzo muscovíticos-grafitoso-calcáreo, o similares. Estas formaciones se agrupan en las zonas del valle de Caracas que se caracterizan por la presencia de estratos residuales que a simple vista se puede apreciar en ellos un color rojizo los cuales, presentan los pesos unitarios mostrados en la Tabla 6 y las humedades indicadas en la Tabla 7. (Graterol, 2012).

Tabla N° 6. Peso Unitario para roca presente en las formaciones

Zonas del Valle de Caracas	Peso Unitario Saturado. (Tn/m ³)	Peso Unitario Seco. (Tn/m ³)
Residual (Rojo)	2.24	1.89

Fuente C, Graterol. (2012).

Tabla N° 7. Rango de porcentajes de humedad presentes en las formaciones.

Zonas del Valle de Caracas	W (%)
Residual (Rojo)	16-25

Fuente C, Graterol. (2012).

En la Tabla N° 8 se presentan los valores de las gravedades específicas de los materiales constitutivos de los esquistos de la Formación Las Mercedes, los cuales permiten estimar un valor entre 2,69 y 2,8 para los esquistos meteorizados de dicha formación.

Tabla N° 8. Peso Específico para roca presente en las formaciones.

Material	Peso Específico. (Tn/m ³)
Cuarzo	2.64
Moscovita	2.7-3.10
Calcita	2.72

Fuente C, Graterol. (2012).

En la Tabla N° 9 se muestra una estimación de los valores de pesos unitarios, relaciones de vacíos y humedades utilizando varios valores de gravedad específica (peso específico) dentro del rango señalado antes a fin de establecer un valor representativo para los cálculos de estabilidad. Como se aprecia en la Tabla 9, utilizando una gravedad específica de 2,77 Tn/m³, una humedad de 16% se obtienen una relacion de vacíos de 0,44 con cuyos valores se estima un pesos unitario total de 2,23 (Tn/m³) y 1.93 (Tn/m³), resaltados en amarillo, los cuales están muy próximos a los valores reportados por Graterol (2012) incluidos en las Tablas 6 y 7. Por lo tanto esos valores serán utilizados para Santa Ana (Carapita) y para Las Casitas (La Vega) ya que son formaciones con pesos específicos bastante similares.

Tabla N° 9. Cálculo de Rango de Pesos Unitarios a utilizar en Slide.

G (Tn/m ³)	W (%)	e	γ_h (Tn/m ³)	γ_d (Tn/m ³)
2.69	0.25	0.675	2.01	1.61
2.69	0.24	0.65	2.02	1.63
2.69	0.22	0.6	2.06	1.68
2.7	0.19	0.5	2.13	1.80
2.7	0.17	0.45	2.17	1.86
2.77	0.16	0.44	2.23	1.92

Fuente: Propia. (2020).

CAPÍTULO IV

CÁLCULOS Y RESULTADOS

4.1 PARÁMETROS DE DISEÑO ESTABLECIDOS EN EL ANÁLISIS RETROSPECTIVO PARA CADA CASO DE ESTUDIO.

4.1.1 Parámetros de diseño establecidos para los taludes en Santa Ana, Carapita.

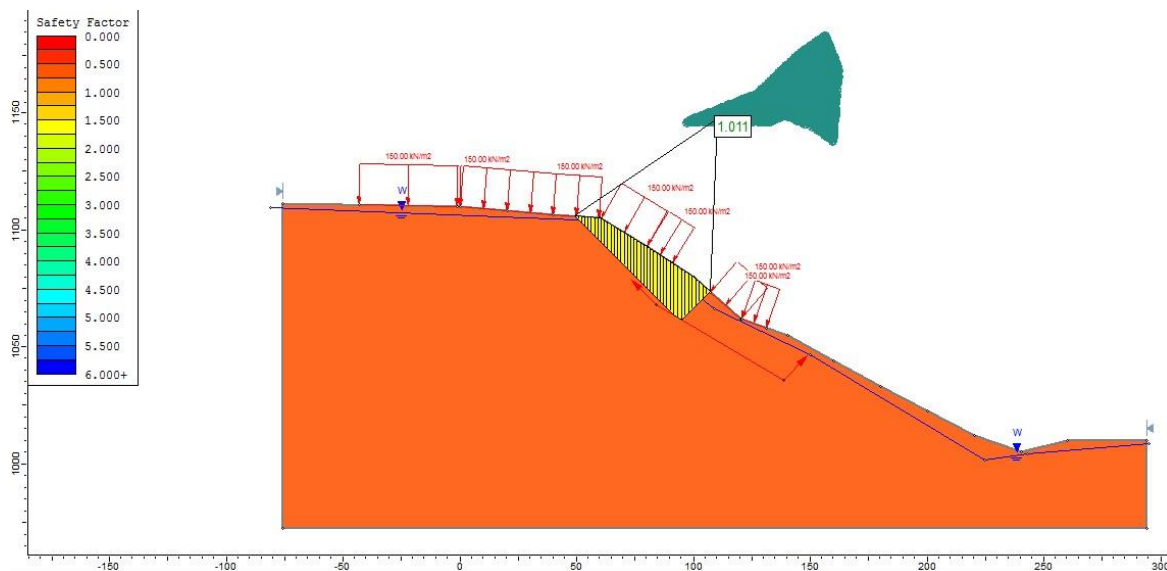


Figura N° 33. Resultados de FS calculados para el tipo de falla local en Calle Terepaima.

Fuente: Propia. (2020).

En la Figura N° 33 se presenta el resultado para el cálculo de la estabilidad de taludes según el método de Fellenius para unas condiciones de contorno establecidas según la información en trabajos previos y cálculos de carga, como se puede denotar el valor del factor de seguridad promedio de todas las tajadas calculadas es de 1.011, que es un valor muy cercano a la unidad, este se determina a través de iteración de cohesión y ángulo de fricción, se utilizan parámetros de roca basados en la teoría de trabajos previos para obtener este valor. El análisis de falla que se establece para establecer estos parámetros es el conocido y generado por el perfil longitudinal, antes de las fallas (local y circular). Rango de parámetros que se utiliza en iteración para generar el perfil de meteorización de diseño.

Escuela de Ingeniería Civil

Estos parámetros son los presentados en la tabla N° 10 por lo que representan los valores en el momento del deslizamiento en la Calle Terepaima. El programa Slide otorga valores de resistencia y esfuerzos representativos para cada tajada de cálculo, podemos denotar que la Cohesión y el Ángulo de Fricción son iguales para cada tajada, por lo tanto, son los valores de diseño según la falla local, que es similar a la realmente ocurrida, Estos cálculos son realizados en el programa SLIDE mediante las condiciones establecidas en la falla, terreno saturado, similares condiciones de falla reales, esto es exclusivamente para simular la falla ya que según la información de trabajos previos al fallar estaba saturado.

Tabla N° 10. Resistencia de Tajadas para falla local calculados en Calle Terepaima.

N° de Tajada (Fellenius)	3	18	33	40
Factor de Seguridad	1.01	1.01	1.01	1.01
Ángulo Base de Fricción (Grados °):	32.00	32.00	32.00	32.00
Base Cohesión (Kpa):	28.00	28.00	28.00	28.00
Ancho del Deslizamiento de cálculo(m):	1.40	1.40	1.51	1.51
Longitud de La Base (m):	1.98	1.98	2.14	2.14
Ángulo de Base de Tajada (Grados °):	-45.00	-45.00	45.00	45.00
Peso del Deslizamiento (kN):	143.34	741.62	1027.32	57.51
Fuerza de Fricción (Kpa):	86.61	226.90	189.12	13.29
Esfuerzo Cohesivo (Kpa):	28.00	28.00	28.00	28.00
Esfuerzo de Corte (Kpa):	114.61	254.90	217.12	41.29
Fuerza de Corte de la Base (kN):	225.01	500.45	460.05	87.50
Fuerza Normal de la Base (kN):	279.72	882.00	874.35	40.67
Esfuerzo Normal de la Base (Kpa):	140.95	444.42	408.22	18.99
Esfuerzo Normal Efectivo (Kpa):	123.69	324.05	270.10	18.99
Presión de Poros (Kpa):	17.253	120.37	138.13	0.00

Fuente: Propia. (2020).

Esto se logra adaptando en el programa estableciendo un límite de búsqueda de falla que genera una falla local muy similar a la ocurrida en la Calle Terepaima. Establece 28 Kpa de Cohesión y 32° de ángulo de fricción, valores que corresponden al límite inferior del rango que representa una roca más meteorizada y unos esfuerzos de corte menores debido a la baja profundidad, meteorización ocurrida en la formación en estratos menos profundos.

Escuela de Ingeniería Civil

En la Figura N° 34 se presenta el valor promedio del factor de seguridad igual a 1.00 para todas las tajadas de cálculo según una falla circular de Mohr-Coulomb con el talud con las mismas condiciones presentes para la falla anterior. Lo que permite establecer un rango para los valores de cohesión y ángulo de fricción para el perfil de meteorización de diseño. Además de valores de resistencia, esfuerzos y fuerzas pertinentes al cálculo que justifican el FS, los rangos para los parámetros de diseño en los taludes de Santa Ana son:

- Ángulo de Fricción (32-35) (Grados °) y - Cohesión (28-34) (Kpa).

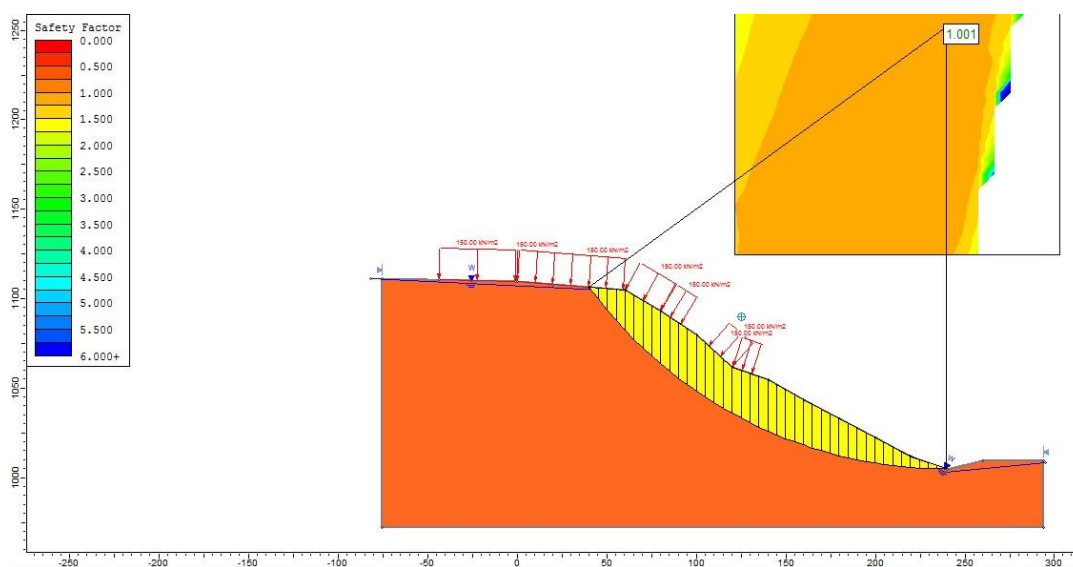


Figura N°34. Resultados de FS calculados para el tipo de falla circular en Calle Terepaima.

Fuente: Propia. (2020).

Se establece este rango entre el límite superior (falla circular) y límite inferior (falla local) establecidos porque se conoce el deslizamiento ocurrido en el talud que determinan el límite inferior y el límite superior se determina a partir de la falla circular automática que genera el programa al introducirle los valores de la geometría del talud y generando una malla de superficies de falla de acuerdo a esta geometría. Al analizar los resultados se puede determinar que se generan unos resultados lógicos de acuerdo a lo esperado con base en la geología de la zona y la información en trabajos previos.

Escuela de Ingeniería Civil

En la Tabla N° 11 se presenta un valor de 35° de Ángulo de Fricción y 34 Kpa para la Cohesión para todas las tajadas de cálculo, esta vez, con el método de Janbu Simplificado que es el más cercano a la unidad.

Tabla N° 11. Parámetros de Tajadas para falla circular calculados en Calle Terepaima.

N° de Tajada (Janbu Simplificado)	3	9	18	25	40
Factor de Seguridad	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
Ángulo Base de Fricción (Grados °):	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00
Base Cohesión (Kpa):	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00
Ancho del Deslizamiento (m):	4.77	4.77	4.77	4.77	4.77
Longitud de La Base (m):	8.85	6.50	5.30	4.92	4.84
Ángulo de Base de Tajada (Grados °):	-57.34	-42.70	-25.64	-14.00	9.61
Peso del Deslizamiento (kN):	3190.76	6303.55	6223.52	5583.49	156.30
Fuerza de Fricción (Kpa):	212.35	469.79	553.86	488.90	25.19
Esfuerzo Cohesivo (Kpa):	33.00	33.00	33.00	33.00	33.00
Esfuerzo de Corte (Kpa):	232.35	489.79	573.86	508.90	45.19
Fuerza de Corte de la Base (kN):	2033.95	3148.64	3007.43	2477.94	216.53
Fuerza Normal de la Base (kN):	4068.22	6647.99	6255.03	5136.99	195.17
Esfuerzo Normal de la Base (Kpa):	459.94	1023.44	1181.21	1044.09	40.31
Esfuerzo Normal Efectivo (Kpa):	339.84	751.82	886.36	782.41	40.31
Presión de Poros (Kpa):	120.1	271.62	294.84	261.68	0.00

Fuente: Propia. (2020).

En la Tabla N° 11 refleja resultados de los cálculos realizados en SLIDE. Analizando los resultados de las dos tablas podemos reflejar que los resultados concuerdan con la lógica y lo esperado, la falla local, menos profunda representa el límite inferior del rango de diseño ya que es la que es la que corresponde a una menor resistencia, en su esfuerzo de corte, su esfuerzo normal efectivo y presión de poros se ve reflejado de igual manera. En la falla circular para los valores presentados en la Tabla N° 8, límite superior, son los valores que representan una mayor resistencia a una falla circular profunda, en un estrato de roca fresca. En donde los parámetros de Cohesión y Ángulo de Fricción son mayores, por lo tanto, sus esfuerzos que representan la resistencia de la roca son mayores. Cohesión 34 Kpa y Ángulo de Fricción 35°. En Las Casitas, se repite el procedimiento. Fig. (35-36) y Tablas (9-10).

Escuela de Ingeniería Civil

4.1.2 Parámetros de diseño establecidos para los taludes en Las Casitas, La Vega.

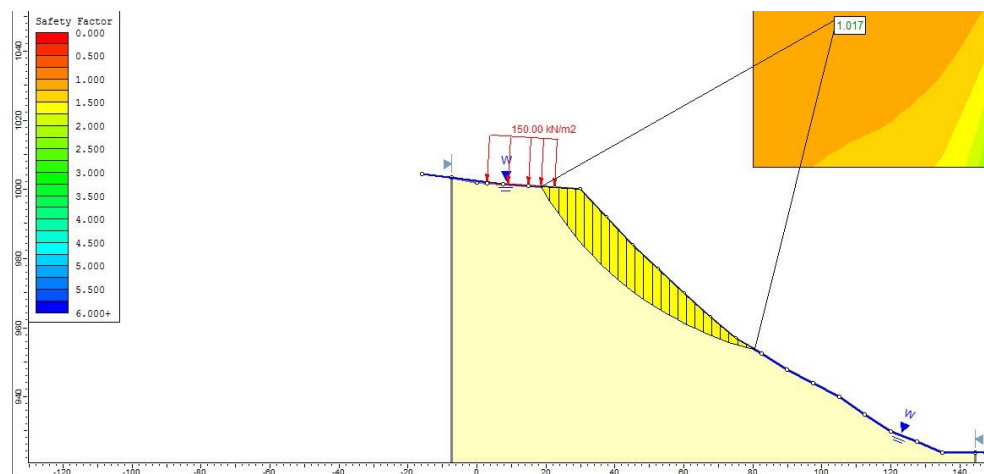


Figura N° 35. Resultados de FS calculados para el tipo de falla circular en Las Casitas.

Fuente: Propia. (2020).

Tabla N° 12. Parámetros de Tajadas para falla circular calculados en la Escuela Canaima.

N° de Tajada (Bishop Simplificado)	3	9	18	25
Factor de Seguridad	1.02	1.02	1.02	1.02
Ángulo Base de Fricción (Grados °):	40.00	40.00	40.00	40.00
Base Cohesión (Kpa):	34.00	34.00	34.00	34.00
Ancho del Deslizamiento (m):	2.47	2.47	2.47	2.47
Longitud de La Base (m):	4.20	2.74	3.28	2.56
Ángulo de Base de Tajada (Grados °):	-53.90	-25.54	-41.09	-14.79
Peso del Deslizamiento (kN):	673.88	573.79	1078.30	30.62
Fuerza de Fricción (Kpa):	53.34	105.02	165.02	0.18
Esfuerzo Cohesivo (Kpa):	35.00	35.00	35.00	35.00
Esfuerzo de Corte (Kpa):	88.34	140.02	200.02	35.18
Fuerza de Corte de la Base (kN):	364.51	377.28	645.20	88.46
Fuerza Normal de la Base (kN):	641.45	454.80	865.38	8.20
Esfuerzo Normal de la Base (Kpa):	152.86	165.97	263.79	3.21
Esfuerzo Normal Efectivo (Kpa):	63.57	125.15	196.66	0.21
Presión de Poros (Kpa):	89.291	40.81	67.13	3.00

Fuente: Propia. (2020).

Escuela de Ingeniería Civil

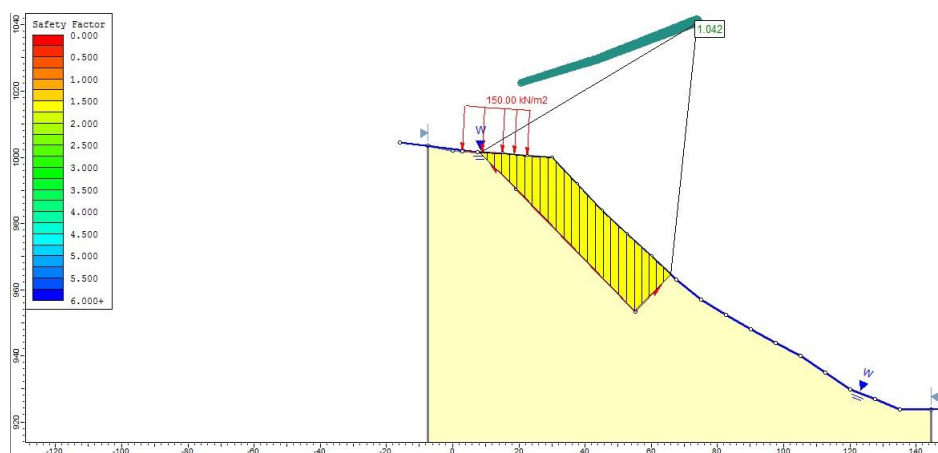


Figura N° 36. Resultados de FS calculados para el tipo de falla local en Las Casitas.

Fuente: Propia (2020).

Tabla N° 13. Parámetros de Tajadas para falla local calculados en la Escuela Canaima.

N° de Tajada (Fellenius)	3	9	18	25
Factor de Seguridad	1.04	1.04	1.04	1.04
Ángulo Base de Fricción (Grados °):	42.00	42.00	42.00	42.00
Base Cohesión (Kpa):	38.00	38.00	38.00	38.00
Ancho del Deslizamiento (m):	2.22	2.37	2.37	2.17
Longitud de La Base (m):	3.14	3.40	3.40	3.07
Ángulo de Base de Tajada (Grados °):	-45.00	-45.78	-45.78	45.00
Peso del Deslizamiento (kN):	343.32	1298.14	1445.27	135.83
Fuerza de Fricción (Kpa):	123.05	166.83	227.66	24.04
Esfuerzo Cohesivo (Kpa):	37.00	37.00	37.00	37.00
Esfuerzo de Corte (Kpa):	160.05	203.83	264.66	61.04
Fuerza de Corte de la Base (kN):	482.36	665.31	863.87	179.78
Fuerza Normal de la Base (kN):	573.65	1218.56	1195.18	112.94
Esfuerzo Normal de la Base (Kpa):	182.58	358.11	351.24	36.78
Esfuerzo Normal Efectivo (Kpa):	131.95	178.90	244.13	25.78
Presión de Poros (Kpa):	50.629	179.21	107.10	11.00

Fuente: Propia. (2020).

En este caso la falla local es más profunda representa el límite superior. El rango se establece: Cohesión (35-38) Kpa y Ángulo de Fricción (40-42) Grados.

Escuela de Ingeniería Civil

4.2 PERFIL DE METEORIZACIÓN

4.2.1 Parámetros de diseño establecidos para cada material en cada caso de estudio.

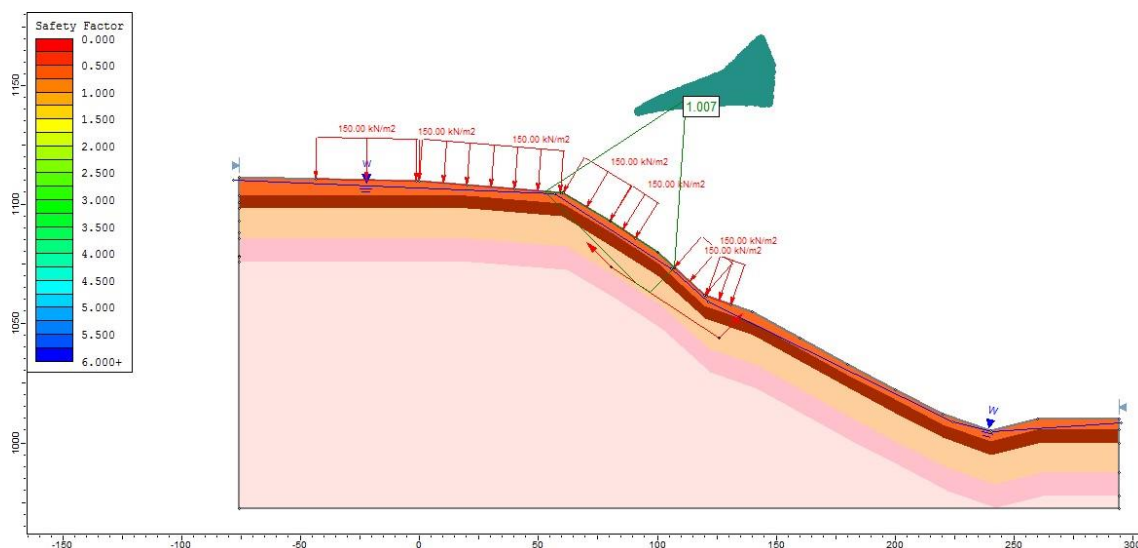


Figura N° 37. Resultados de FS calculados del perfil de meteorización en Calle Terepaima.

Fuente: Propia. (2020).

En la Figura N° 37 se denota que el promedio de FS es de 1.011, un valor muy cercano a 1, por lo cual se considera que estos son los parámetros de diseño para la propuesta de estabilidad de talud y es la base para el estudio a realizar en los demás taludes que no presentaron un deslizamiento de gran magnitud, en la Tabla N° 14 se presentan los valores de diseño para el perfil de meteorización de los taludes correspondientes a Santa Ana.

Tabla N° 14. Parámetros para cada material en el perfil de meteorización en Santa Ana.

	Cohesión (Kpa)	Ángulo de Fricción (Grados°)	Peso Unitario Seco (KN/m3)	Peso Unitario Saturado (KN/m3)
	28.00	32.00	18.93	21.89
	30.00	32.50	18.93	21.89
	31.00	33.00	18.93	21.89
	32.00	34.00	18.93	21.89
	34.00	35.00	18.93	21.89

Fuente: Propia. (2020).

Escuela de Ingeniería Civil

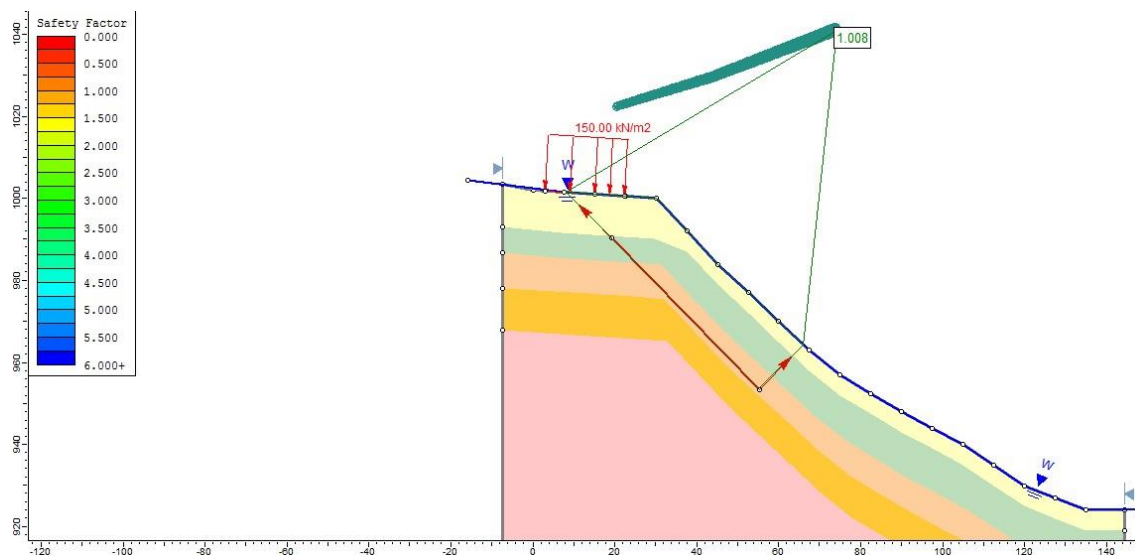


Figura N° 38. Resultados de FS calculados para el perfil de meteorización en Las Casitas.

Fuente: Propia: (2020).

En la Figura N° 38 se observa que el promedio de FS es de 1.008, un valor muy cercano a 1 de igual manera, por lo cual se considera que estos son los parámetros de diseño para la propuesta de estabilidad de talud y es la base para el análisis a realizar en el talud que se requiere hacer un estudio debido a la instalación de un tanque de agua, en la Tabla N° 15 se presentan los valores de diseño para el perfil de meteorización de los taludes correspondientes a Las Casitas. Estos valores establecidos representan los valores de cohesión y ángulo de fricción de diseño para cada material del perfil de meteorización.

Tabla N° 15. Parámetros para cada material en el perfil de meteorización en Las Casitas.

	Cohesión (Kpa)	Ángulo de Fricción (Grados°)	Peso Unitario Seco (KN/m3)	Peso Unitario Saturado (KN/m3)
	34.00	40.00	18.93	21.89
	35.00	41.00	18.93	21.89
	36.00	41.50	18.93	21.89
	37.00	42.00	18.93	21.89
	38.00	42.00	18.93	21.89

Fuente: Propia. (2020).

Escuela de Ingeniería Civil

4.2.2 Análisis de FS con los parámetros de diseño y los parámetros de falla.

4.2.2.1 Estudio de FS perfil Calle La Unión-Sector El Trio.

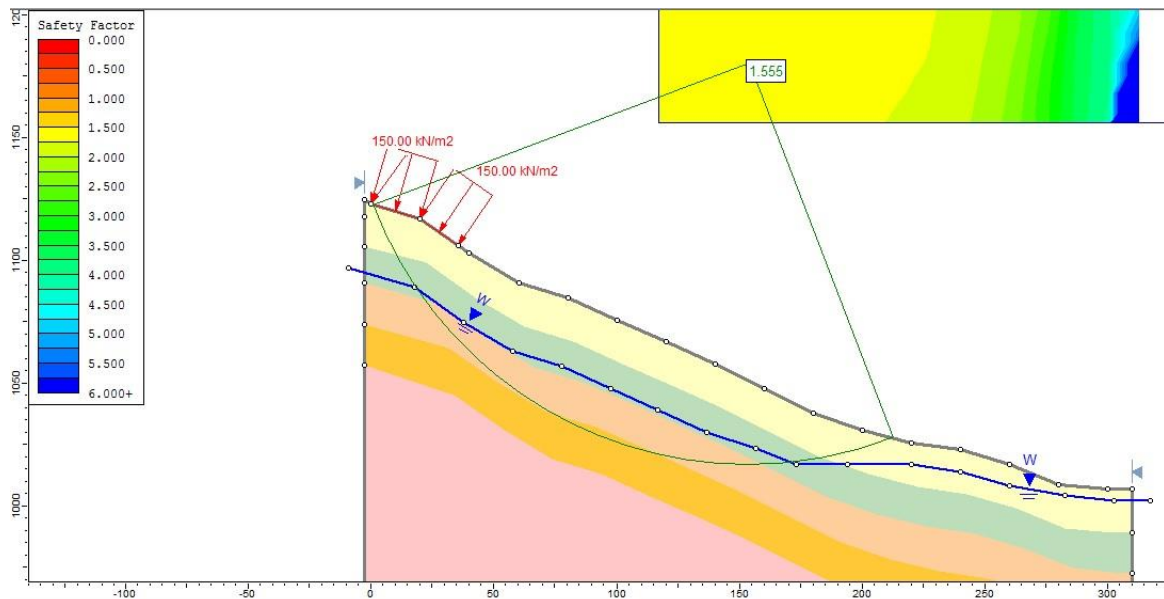


Figura N° 39. Resultados de FS del perfil de meteorización Calle La Unión-Sector El Trio.

Fuente: Propia. (2020).

En la Figura N° 39 se presenta el FS de cálculo para el perfil de Calle La Unión-Sector El Trio, de acuerdo a los parámetros de diseño para los distintos materiales dentro del perfil de meteorización, perfil de meteorización de diseño establecido para los taludes de Santa Ana, Carapita mediante el análisis retrospectivo en el deslizamiento ocurrido en la Calle Terepaima en el 2020. El valor del FS para este perfil es 1.56, 60 % mayor según diseño, para este nivel freático, que se asume ubicado a 28-32 metros del relieve superficial en la parte alta del talud. El FS está asegurado en el caso pseudoestático garantizando en un 60 % su estabilidad al controlar el nivel freático y no degradarse, pero como sabemos no encontramos en un país de alto riesgo sísmico, entonces como criterio final se analizan los casos de estudio, con la geometría, perfil de meteorización y nivel freático establecidos agregando la carga sísmica horizontal determinada para estudiar que sucede con el FS.

Escuela de Ingeniería Civil

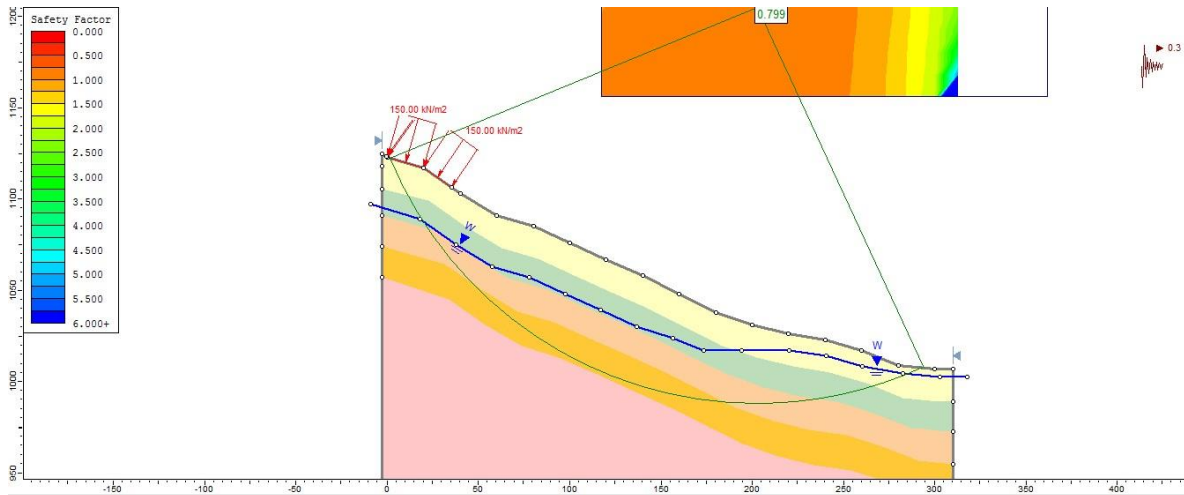


Figura N° 40. Resultados de FS calculado con Sismo Calle La Unión-Sector El Trio.

Fuente: Propia (2020).

En la Figura N° 40 se presenta el FS que resulta del cálculo agregando la carga sísmica horizontal, para el caso refleja un FS de 0.80, esto indica que el talud falla para el caso de agregar carga sísmica horizontal, la carga sísmica horizontal agregada al programa en este caso de estudio se fundamenta en el Ao que determina la norma COVENIN 1756 “EDIFICACIONES SISMORRESISTENTES” para la Zona 5 que representa Distrito Federal, $A_o = 0.30$ que se puede apreciar la esquina superior derecha en la Figura N° 40. Con base de esto, se recomienda la siembra de árboles de rápido crecimiento para protegerlo de la erosión y agregar estabilidad con árboles de raíces profundas y fuertes que abarquen el área donde se encuentra el límite inferior del círculo de falla del caso con carga sísmica, se recomienda reforestar desde el límite inferior (195.00,1034.00) hacia arriba $\frac{1}{4}$ de la longitud total del talud que abarca el círculo de falla que es 218m. Es decir 55 m del límite inferior de la falla circular hacia la parte más alta del talud para agregar resistencia y 23 m del límite inferior de la falla circular hacia la parte más baja del talud también para agregar resistencia y proteger de la erosión, esta es la solución que se presenta acorde con la economía, viabilidad y aplicabilidad, para que se aplique de manera preventiva.

Escuela de Ingeniería Civil

4.2.2.2 Estudio de FS perfil Quebrada Santa Ana.

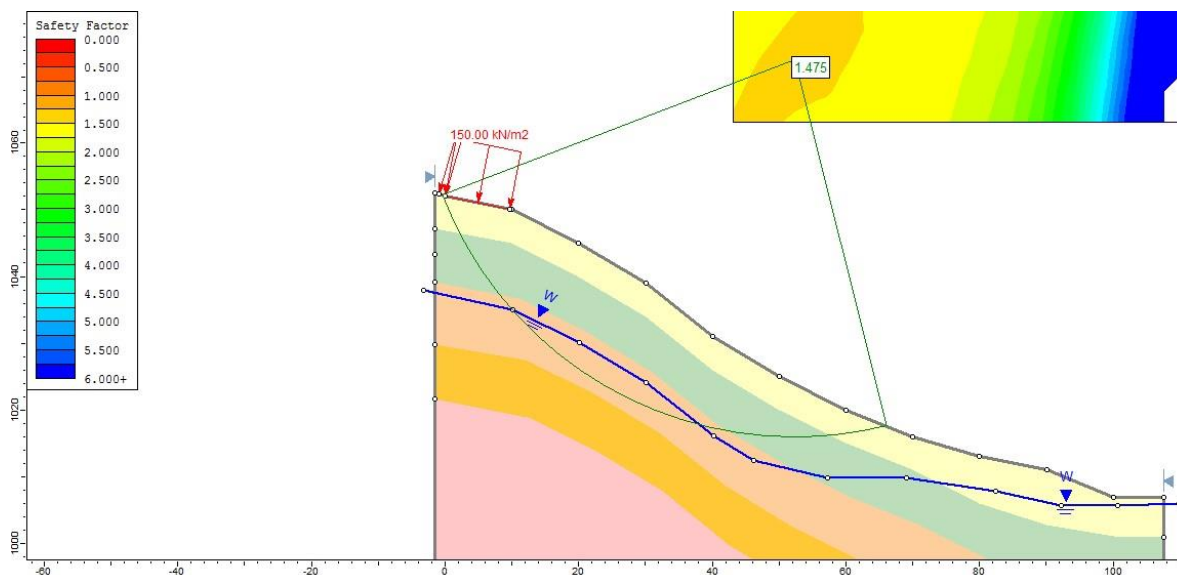


Figura N° 41. Resultados de FS para el perfil de meteorización en Quebrada Santa Ana

Fuente: Propia. (2020).

En la Figura N° 41 se presenta el FS para el perfil de la quebrada Santa Ana con los parámetros de diseño calculados para la zona de Santa Ana, Carapita. Se puede denotar que reporta el cálculo un 48.5 % mayor al FS para el que ocurre la falla, esto implica que, de seguir meteorizándose, con el tiempo puede degradar sus parámetros y fallar o colapsar. Las condiciones de borde para este caso, se mantienen las cargas presentes de las viviendas establecidas en terreno de alta pendiente, pero el nivel freático ha sido colocado a aproximadamente a 13-16 metros del relieve superficial en la parte alta del talud. Esta es la recomendación para mantener el talud asegurado de acuerdo a la estabilidad, ya que en el programa al colocar el talud como saturado, reporta valores de FS mucho más cercano a uno, con solo 10-15% de margen de respaldo que indica que puede fallar saturando y es importante este caso para el análisis con carga sísmica ya que como el FS está tan cerca de 1, al agregar la carga sísmica horizontal, falla con mayor probabilidad al Tramo 2 y con más contundencia.

Escuela de Ingeniería Civil

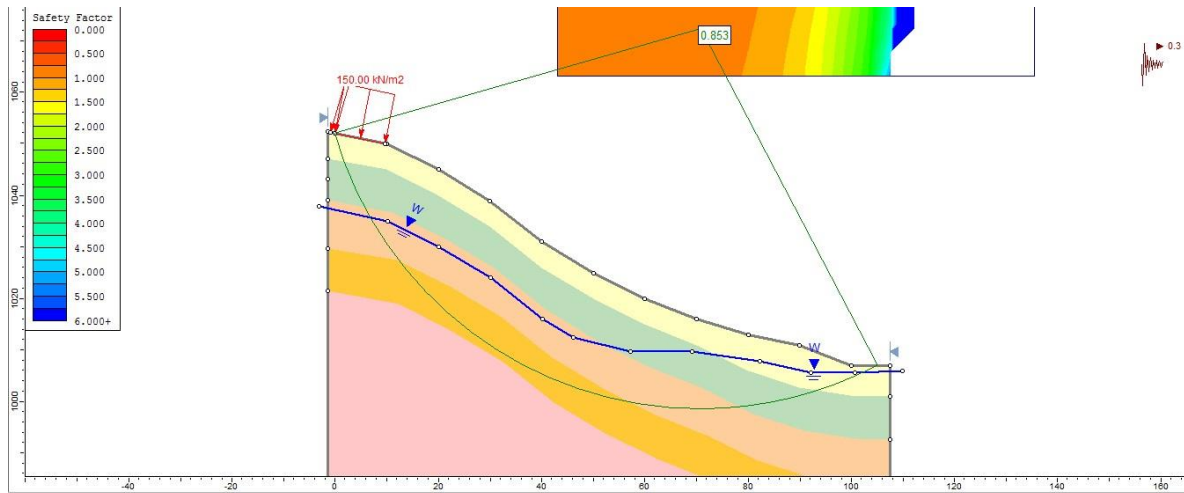


Figura N° 42. Resultados de FS calculado con Sismo Quebrada Santa Ana.

Fuente: Propia. (2020).

En la Figura N° 42 se presenta el FS que resulta del cálculo agregando la carga sísmica horizontal, para el caso refleja un FS de 0.86, $A_0 = 0.30$ que se puede apreciar de igual manera en la esquina superior derecha en la Figura N° 42. Con base de esto, también se recomienda la siembra de árboles de rápido crecimiento y de raíces profundas y fuertes que abarquen el área donde se encuentra el límite inferior del círculo de falla del caso con carga sísmica, árboles como: El *Eleagnus angustifolia* (Árbol del Paraíso), *Eucalyptus globulus* (Eucalipto macho), *Acacia retinodes* (Acacia verde), *Ailanthus altissima* (Ailanto). Estos son algunos de estos árboles que se pueden tomar como referencia a la hora de hacer la siembra, para reforestar con arbórea de similares características. Se recomienda reforestar desde el límite inferior (85.00, 1238.00) hacia arriba $\frac{1}{4}$ de la longitud tot. del talud que abarca el círculo de falla que es 110m. Es decir 27.50 m del límite inferior de la falla circular hacia la parte más alta del talud y 19 m del límite inferior de la falla circular hacia la parte más baja del talud también para agregar resistencia y proteger de la erosión, esta es la solución que se presenta acorde con la economía y aplicabilidad, para que se aplica de manera preventiva para evitar la falla del talud por sismo.

4.2.2.3 Estudio de FS perfil Calle Santa Ana.

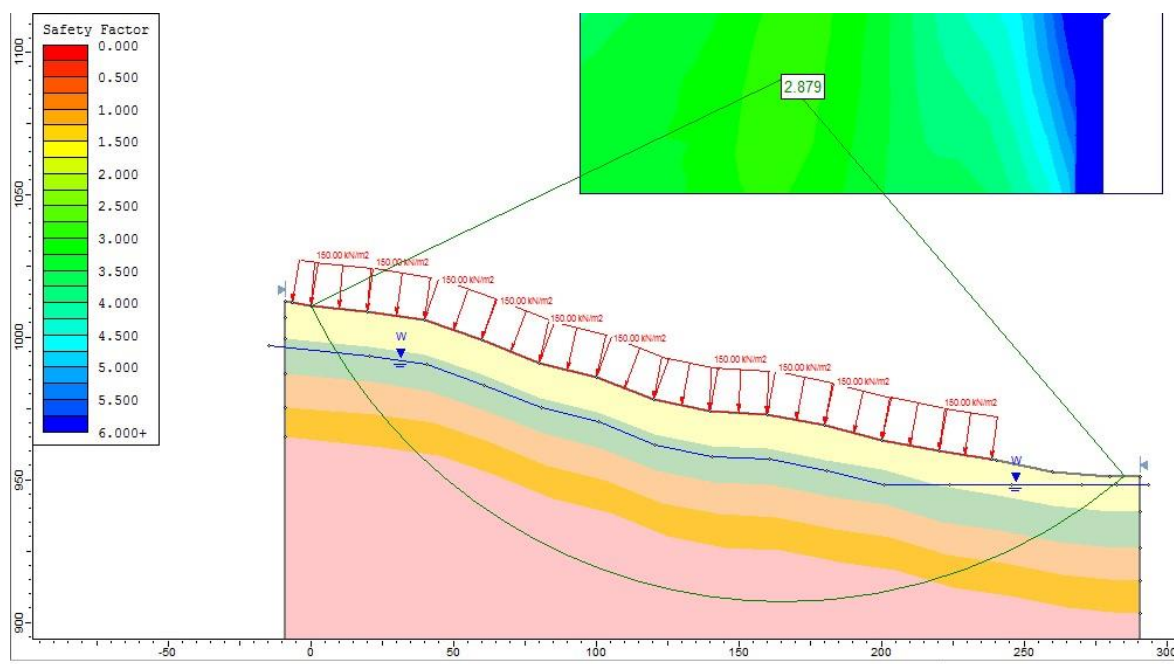


Figura N° 43. Resultados de FS para el perfil de meteorización en Calle Santa Ana.

Fuente: Propia. (2020).

En la Figura N° 43 se presenta el FS del perfil de Calle Santa Ana de acuerdo a los parámetros según perfil de meteorización de diseño, para el caso se tiene un FS de 2.88. Lo que representa un 215% mayor a la falla, lo que me garantiza que el talud está respaldado en cuanto a estabilidad, según la geometría presente y las condiciones de borde, de igual manera en este caso se reduce la cota del nivel freático para garantizar el respaldo en la estabilidad, ya que a pesar de poseer un buen FS, de encontrarse en estado saturado corre riesgo a largo plazo de meteorizarse, degradarse y sufrir de deslizamiento provenientes de estas causas. Las viviendas sobre el talud aportan a la estabilidad del mismo, por esa razón no es necesaria la siembra, ya que las calles y viviendas que se encuentran establecidas a lo largo del talud favorecen el FS. Sin embargo, es importante las óptimas condiciones del drenaje para que no se degrade ya que se encuentra respaldado hasta en el caso de carga sísmica por su FS.

Escuela de Ingeniería Civil

4.2.2.4 Estudio de FS perfil Las Casitas (Tanque).

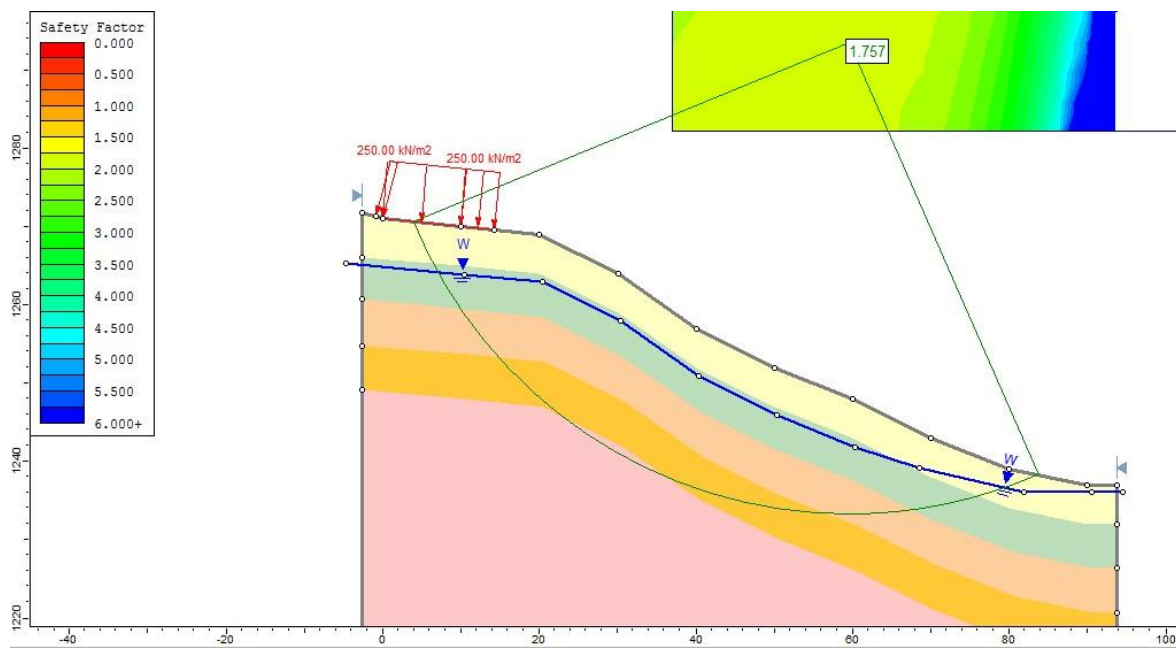


Figura N° 44. Resultados de FS del perfil de meteorización Las Casitas (Tanque).

Fuente: Propia. (2020).

En la Figura N° 44 se presenta el resultado de los cálculos para corroborar que el FS con el perfil de meteorización de diseño establecido en el análisis retrospectivo para Las Casitas, La Vega. Para la geometría del perfil Las Casitas (Tanque), La carga del tanque (395 KN) más la carga de la Escuela y un nivel freático ubicado entre 8-12 m del relieve superficial en la parte alta del talud para garantizar estos valores de FS. Se puede denotar que el FS es de 1.76 lo que representa un 100% de estabilidad para el deslizamiento de acuerdo a la falla, para el método de Bishop Simplificado que es el que mejor se ajusta para estos casos. Esto me garantiza que es posible realizar la instalación del tanque de agua en la Escuela Canaima sin problemas con un porcentaje de seguridad mayor al 100% para el caso que no contempla la carga sísmica horizontal.

Escuela de Ingeniería Civil

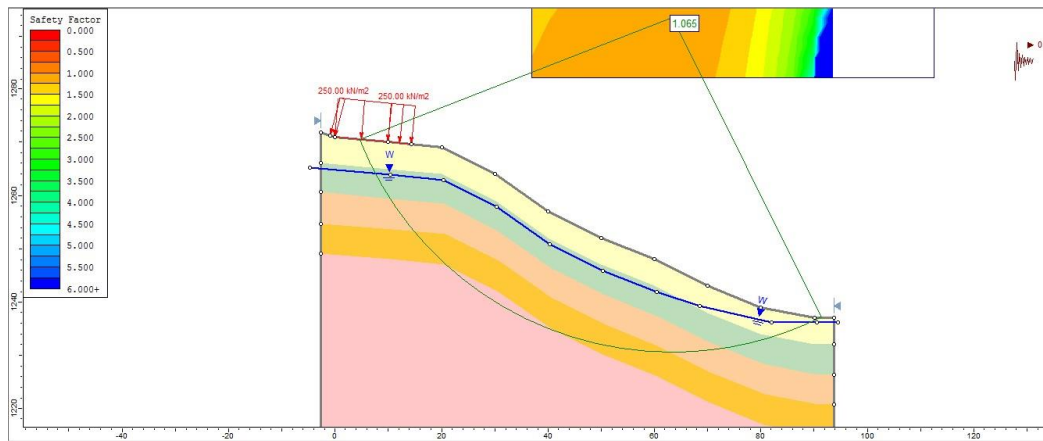


Figura N° 45. Resultados de FS calculado con Sismo Las Casitas (Tanque).

Fuente: Propia. (2020).

En la figura N° 45 podemos ver que el cálculo con carga sísmica horizontal proveniente del coeficiente sísmico $A_0 = 0.30$ refleja un FS de 1.07, es decir que para el talud se garantiza en un 7 % la estabilidad del mismo a pesar de agregar la carga sísmica al cálculo para el método de cálculo más desfavorable. Esto quiere decir que el caso se encuentra dentro de los rangos de seguridad, sin problema puede hacerse la instalación del tanque, ya que cumple para los dos casos, pero se recomienda de igual manera el control de las aguas de drenaje, blancas y servidas de manera que se controle el nivel freático como se muestra en la Figura N° 45 para que se garanticen los FS calculados. Aproximadamente a 7-10 metros se encuentra el nivel freático del relieve superficial, en la parte alta del talud para que se encuentren garantizados estos valores. Para estos casos se habla del control del nivel freático para llevarlo a un nivel máximo deseado a través de sistemas de control como drenajes eficientes y conducciones y disposiciones eficientes que no alteren el equilibrio ecológico de la zona, para controlar el nivel freático de acuerdo a los requerimientos de cada caso en las medidas posibles, de igual manera se debe realizar una campaña de concientización para que las instalaciones dentro de las viviendas se encuentren aptas al igual que la disposición correcta de las aguas sea una práctica común en la zona, como la notificación a la comunidad de fugas.

4.3 PROPUESTAS DE ESTABILIDAD (RESULTADOS)

Una forma eficiente de estabilizar los taludes económicamente, es luego de realizar el cálculo de estabilidad en el cual falla el talud, que para los casos de las propuestas al igual que en la mayoría de casos estudiados para Santa Ana, Carapita, falla según el análisis de estabilidad luego de agregarle la carga sísmica al modelo. Teniendo el círculo de falla en donde se produce el deslizamiento en el modelo se puede recomendar la reforestación en el extremo inferior del círculo de falla, nunca en el límite superior, ya que aquí se agregarían pesos en zonas inestabilidad que al contrario de aportar estabilidad la restan. La reforestación en el límite inferior del círculo debe hacerse con las recomendaciones indicadas de acuerdo a la extensión de la siembra ya que son las indicadas por la experiencia dictadas por el tutor del trabajo el Ing. Heriberto Echezuria, que son efectivas para reforzar esta zona. Los árboles a sembrar deben ser de rápido crecimiento y con raíces profundas y fuertes que proporcionen agarre a esta parte del talud para que de esta manera aumente el FS de seguridad, ya que actúan como pilotes que estarían sujetando el talud.

Según J.M. Fernández Ampuero; Geólogo, (2016). *“La problemática en la estabilidad de taludes no puede resolverse con soluciones fijadas con unos márgenes estrechos, ya que no encontraremos dos deslizamientos iguales. Entre los diversos métodos que se utilizan actualmente en ingeniería para la estabilización de taludes se encuentra la revegetalización sensu estricto o la combinación integrada de la vegetación y los elementos estructurales que dan lugar a los que conocemos como bioingeniería.”*

Además, según la revista de Obras Urbanas de España N° 54 (2016). La vegetación en los taludes determina el contenido de agua en la superficie dan consistencia por el entramado mecánico de sus raíces y controlan las infiltraciones que repercuten directamente sobre el régimen de aguas subterráneas y actúan posteriormente como secador del suelo, al tomar el agua que requieren para vivir. Entre los efectos publicados en la revista están: Detiene parte de la lluvia, bombea la humedad del suelo hacia el exterior, disminuyen susceptibilidad a la erosión., raíces refuerzan, aumentando resistencia al corte.

4.3.1 Propuesta para el mejoramiento de la estabilidad del talud en Calle Terepaima.

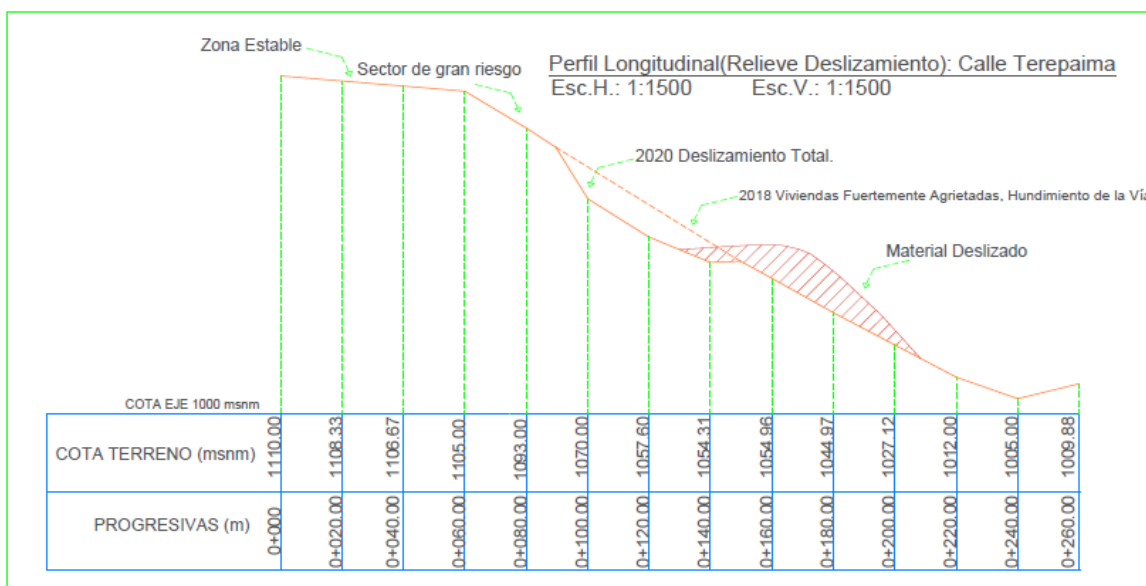


Figura N° 46. Perfil Calle Terepaima en Google Earth. (Relieve Deslizamiento).

Fuente: Propia. (2020).

En el perfil longitudinal presentado en la Figura N° 46 se encuentra representado el deslizamiento, con coordenadas obtenidas en Google Earth, después del gran deslizamiento reciente en el 2020. El volumen deslizado se encuentra representado por el área debajo de la curva en el gráfico entre el relieve original y el relieve luego de deslizar que es 461.54 m². Es un deslizamiento de poca profundidad, el cual ha desplazado las viviendas y servicios de aguas negras y potable, abarcando un ancho medio de 50 metros, para un volumen de 23.077 m³, que constituye un material depositado ladera abajo, formado por una mezcla de fragmentos de esquistos con escombros, el cual lentamente se desplaza ladera abajo principalmente en época de lluvia. El deslizamiento se origina por efecto de sub-presiones, donde el agua se ha considerado a cota por encima de la cresta del talud. Una vez drenado el área, la estabilidad se va recuperando, la cual puede aumentar reforestando el área afectada y reacomodando los escombros en el pie del talud.

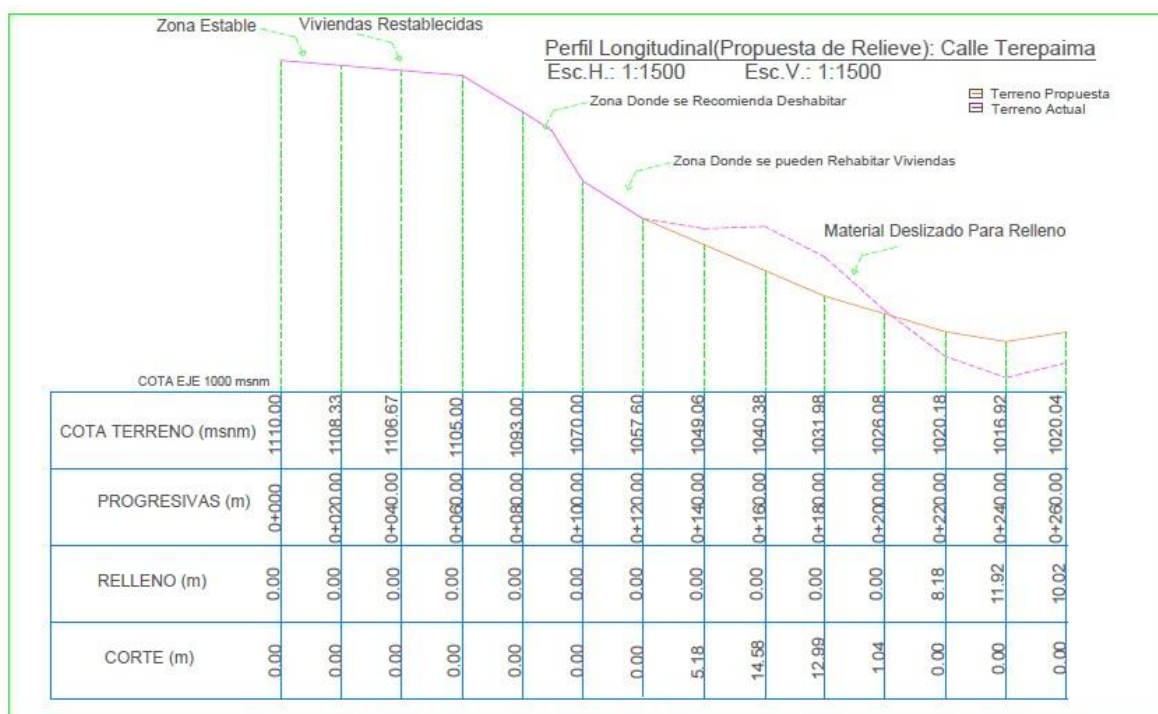


Figura N° 47. Perfil Calle Terepaima en Google Earth. (Relieve Propuesta).

Fuente: Propia. (2020).

En la Figura N° 47 podemos apreciar el relieve de la propuesta hecha en este trabajo, hecha mediante el corte del material deslizado para realizar un relleno a pie del talud para agregar estabilidad, además de bajar el nivel freático con drenajes para evitar la saturación, en la guitarra del perfil se agrega la información de corte y relleno de acuerdo al perfil del relieve actual (luego deslizar), que permite calcular el volumen aproximado que se necesita de préstamo o bote. El relleno total representa 15,060 m³ m, el corte representa 16,375 m³ obtenido con el ΔH de cada punto que se multiplica por 50 m que es el ancho de deslizamiento y el Δ de Progresivas que es 10 m. Excede un volumen de material de bote de 1,315 m³, volumen viable para proyecto desde el aspecto económico logrado con el balance realizado para compensar corte con relleno. Técnicamente se denomina como corte y relleno, para establecer cifras, pero en realidad se están reacomodando los escombros.

Escuela de Ingeniería Civil

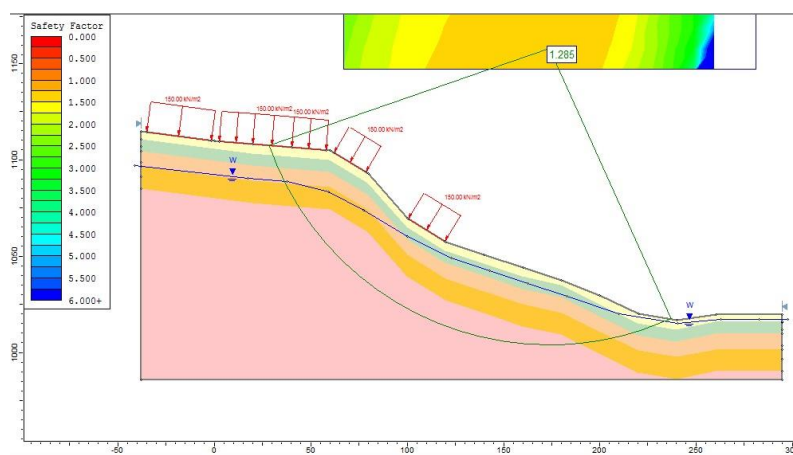


Figura N° 48. Resultados de FS propuesta Calle Terepaima.

Fuente: Propia. (2020).

. En la Figura N° 48 se refleja un FS de 1.29, es cercano al 1, se debe analizar con la carga sísmica para estudiar su FS. Las viviendas dentro del círculo de falla se recomiendan que deben ser reubicadas El nivel freático se encuentra a 18-22 m del relieve superficial en la parte alta del talud. Se presenta la en la Tabla N° 16 resultados del cálculo.

Tabla N° 16. Resultados para el método del Cuerpo de Ingenieros. Propuesta Santa Ana.

N° de Tajada (Cuerpo De Ingenieros)	3	9	15	18	33	40
Fuerza de Fricción (Kpa):	202.94	328.87	369.31	253.77	138.96	25.52
Esfuerzo de Corte (Kpa):	220.94	249.58	278.67	195.54	112.94	29.15
Esfuerzo Normal Efectivo (Kpa):	381.67	618.51	694.56	477.27	261.35	54.72
Presión de Poros (Kpa):	140.89	195.50	163.52	146.58	70.53	13.66

Fuente: Propia. (2020).

El resultado calculado a través de la trasposición de perfiles longitudinales, el perfil de propuesta y el perfil del talud deslizado. Me reporta para el método del Colegio de Ingenieros, otro método de dovelas, un FS de 1.24. Para más de respaldo en la estabilidad, los árboles que se recomiendan sembrar son recomendables de raíces profundas para sujetar el talud.

Escuela de Ingeniería Civil

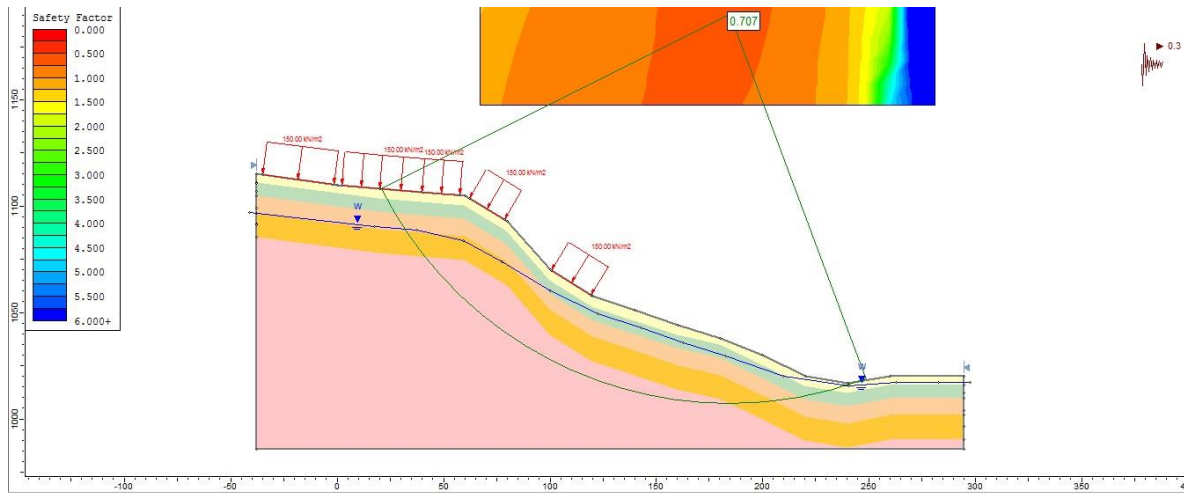


Figura N° 49. Resultados de FS calculado con Sismo Calle Terepaima (Propuesta).

Fuente: Propia. (2020).

En la Figura N° 49 se presenta el FS que resulta del cálculo agregando la carga sísmica horizontal, de igual manera como se realiza el estudio para los otros taludes en Santa Ana. para el caso refleja un FS de 0.71, $A_0 = 0.30$ que se puede apreciar de igual manera en la esquina superior derecha en la Figura N° 45. Con base de esto, también se recomienda la siembra de árboles de rápido crecimiento y de raíces profundas y fuertes que abarquen el área donde se encuentra el límite inferior del círculo de falla del caso con carga sísmica, árboles como: El *Eleagnus angustifolia* (Árbol del Paraíso), *Eucalyptus globulus* (Eucalipto macho), *Acacia retinodes* (Acacia verde), *Ailanthus altissima* (Ailanto). Estos son algunos de estos árboles que se pueden tomar como referencia a la hora de hacer la siembra, para reforestar con arborea de similares características a estas. Se recomienda reforestar desde el límite inferior (220.00, 1020.18) hacia arriba $\frac{1}{4}$ de la longitud tot. del talud que abarca el círculo de falla que es 211 m. Es decir 53 m del límite inferior de la falla circular hacia la parte más alta del talud para agregar resistencia y 27 m del límite inferior de la falla circular hacia la parte más baja del talud también para agregar resistencia y proteger de la erosión, ya que además representa el pie del talud, esta es la solución que se presenta acorde con la economía y aplicabilidad, para que se aplica de manera preventiva para evitar la falla.

4.3.2 Propuesta para el mejoramiento de la estabilidad del talud en Las Casitas.

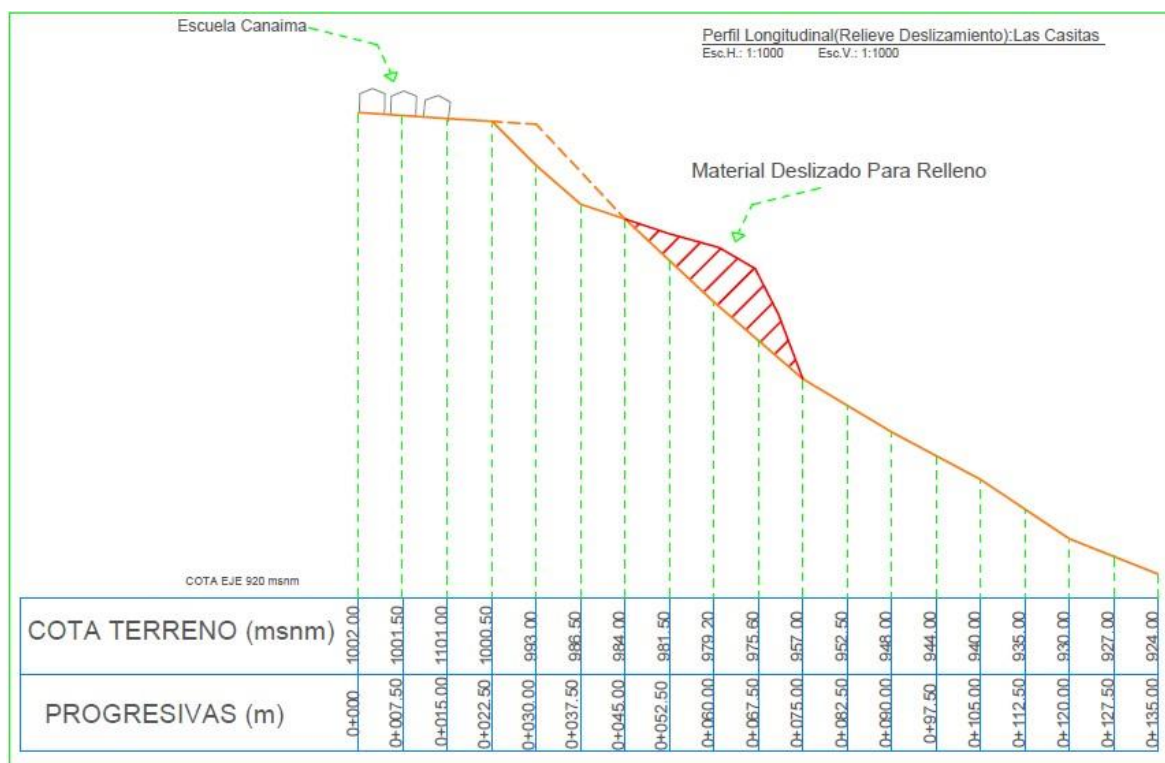


Figura N° 50. Perfil Las Casitas en Google Earth. (Relieve Deslizamiento).

Fuente: Propia. (2020).

En el perfil longitudinal presentado en la Figura N° 50 se encuentra representado el deslizamiento, con distancia y cota obtenidas en Google Earth, después de un deslizamiento proveniente del desastre por lluvias torrenciales en el 2010 y la sensibilidad y susceptibilidad que representa el talud ya que colinda con la Escuela Canaima. El volumen deslizado se encuentra representado por el área debajo de la curva en el gráfico entre el relieve original y el relieve luego que deslizó que representa el área transversal que es 140.56 m² y el ancho del deslizamiento medido en Google Earth de 45 m, estos dos valores me reflejan un valor de 6,325 m³ que corresponde al volumen deslizado en el talud de La Escuela Canaima - Las Casitas, La Vega. Material que puede ser rellenado y compactado correctamente a través de la reacomodación de escombros, para protección al pie del talud.

Escuela de Ingeniería Civil

Se presenta la solución a la estabilidad del talud en la Figura N° 51 presentando un pie de talud más estable de igual manera a la propuesta de Calle Terepaima, el mejoramiento del talud en estabilidad de acuerdo a la mejor opción en aplicabilidad, viabilidad y economía.

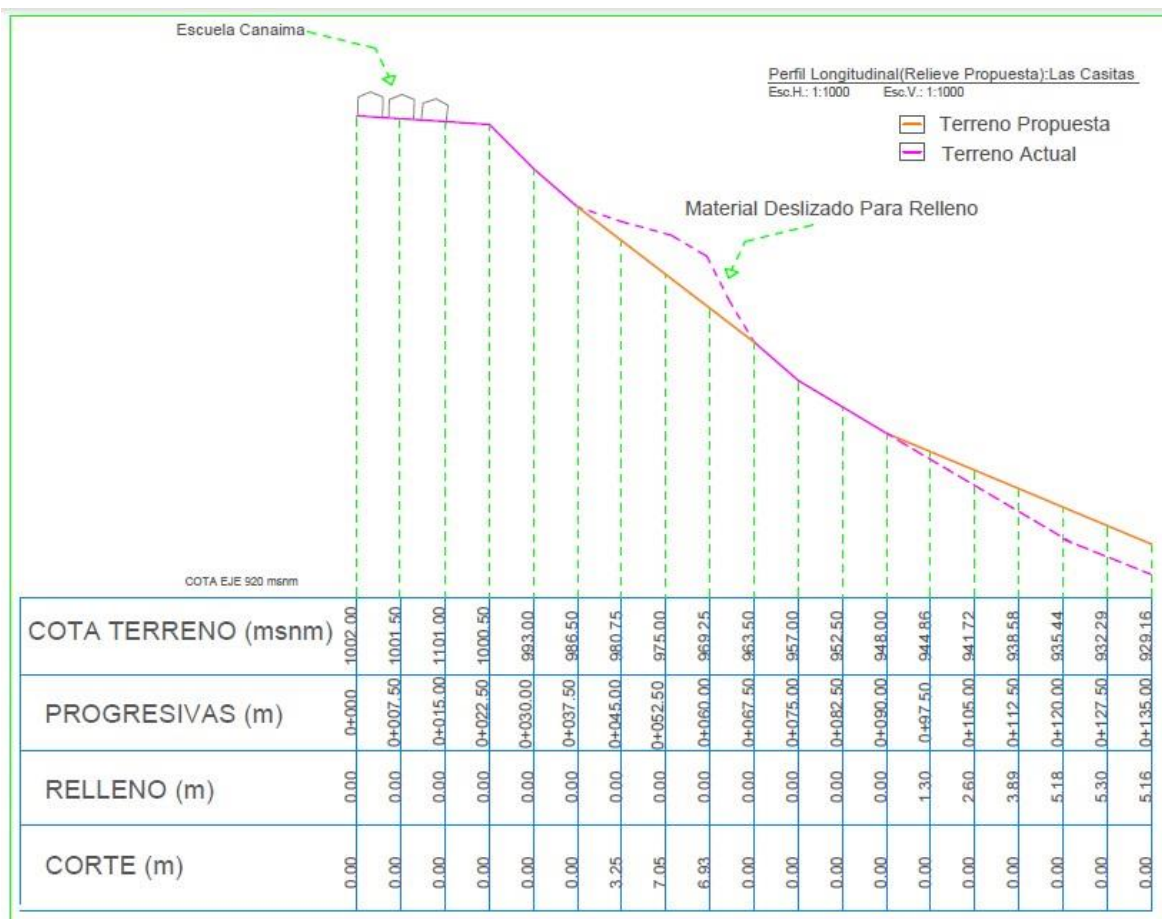


Figura N° 51. Perfil Las Casitas en Google Earth. (Relieve Propuesta).

Fuente: Propia. (2020).

El relleno representa 7,439 m³, el corte representa 10,544 m³. Refleja un volumen aproximado de material que se requiere de préstamo de 3,105 m³, que no es tan económico con el caso de Santa Ana, pero es viable para hacerse posible y mejorar el FS para el talud y tener un mayor porcentaje que garantiza la estabilidad.

Escuela de Ingeniería Civil

Los resultados de los cálculos para la propuesta que se observa en la Figura N° 52 es un FS de 1.39, 39% de mejoría de acuerdo a la estabilidad, que incluye la correcta canalización de las aguas para controlar el nivel freático a estos niveles aproximadamente a 18-22 metros desde el relieve superficial en la parte alta del talud, esto es de suma importancia ya que el principal problema es la saturación del talud. Al analizar las soluciones son bastantes comprensibles a la hora de aplicabilidad, viabilidad y economía.

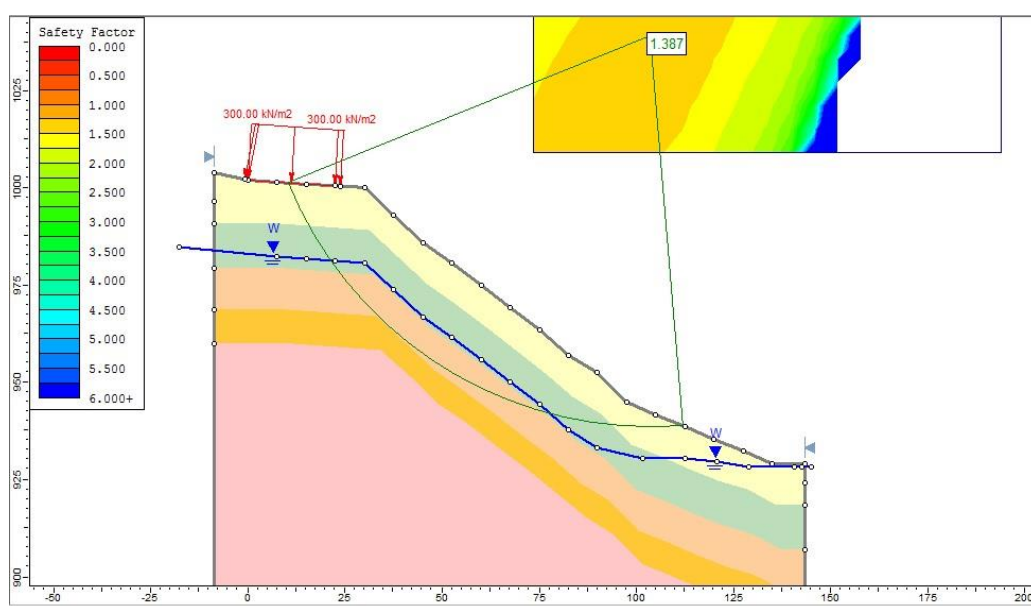


Figura N° 52. Resultados de FS propuesta Las Casitas. (Janbu Corregido).

Fuente: Propia. (2020).

En la Tabla N° 17 se presentan valores representativos de los resultados del cálculo.

Tabla N° 17. Resultados para el método Janbu Corregido. Propuesta Las Casitas.

N° de Tajada (Janbu Corregido)	1	12	18	25
Fuerza de Fricción (Kpa):	144.64	274.10	225.66	21.67
Esfuerzo de Corte (Kpa):	179.64	310.10	261.66	56.67
Esfuerzo Normal Efectivo (Kpa):	172.38	315.31	259.59	25.83
Presión de Poros (Kpa):	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Propia. (2020).

Escuela de Ingeniería Civil

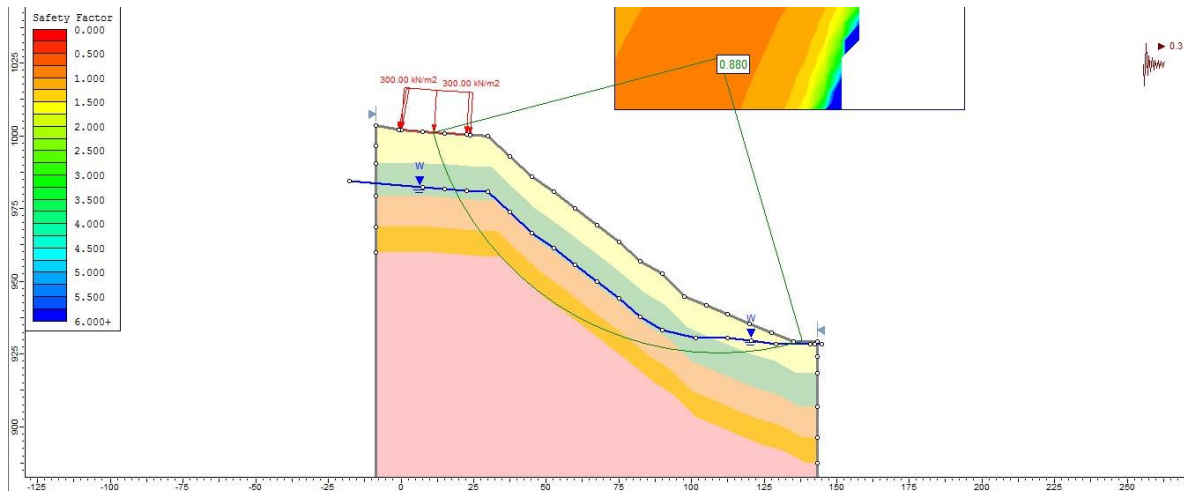


Figura N° 53. Resultados de FS calculado con Sismo Las Casitas (Propuesta).

Fuente: Propia. (2020).

En la Figura N° 53 se presenta el FS que resulta del cálculo agregando la carga sísmica horizontal, de igual manera como se realiza el estudio para los taludes en Santa Ana. para el caso refleja un FS de 0.91, $A_0 = 0.30$ que se puede apreciar de igual manera en la esquina superior derecha en la Figura N° 45. Con base de esto, de igual manera se recomienda la siembra de árboles de rápido crecimiento y de raíces profundas y fuertes que abarquen el área donde se encuentra el límite inferior del círculo de falla del caso con carga sísmica, árboles como: El *Eleagnus angustifolia* (Árbol del Paraíso), *Eucalyptus globulus* (Eucalipto macho), *Acacia retinodes* (Acacia verde), *Ailanthus altissima* (Ailanto). Estos son algunos de estos árboles que se pueden tomar como referencia a la hora de hacer la siembra, para reforestar con arborea de similares características a estas. Se recomienda reforestar desde el límite inferior (97.50,944.60) hacia arriba $\frac{1}{4}$ de la longitud total del talud que abarca el círculo de falla que es 91 m. Es decir 23 m del límite inferior de la falla circular hacia la parte más alta del talud para agregar resistencia y 17 m del límite inferior de la falla circular hacia la parte más baja del talud también para agregar resistencia y proteger de la erosión, esta es la solución que se presenta acorde con la economía y aplicabilidad, para que se aplica de manera preventiva para evitar la falla del talud por sismo.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

- 1) De acuerdo a la amplia información existente principalmente sobre los problemas de estabilidad en el Barrio de Santa Ana en Carapita, y en menor proporción hacia el sector de las casitas en la parte alta de La Vega, están relacionados con la falta de canalización de las aguas servidas, donde el proceso de infiltración va saturando rellenos en laderas y debilitando el macizo rocoso.
- 2) Es importante el correcto funcionamiento en la conducción de las aguas servidas, así como el control de fugas en el suministro de aguas blancas, controlando las infiltraciones.
- 3) Las obras de drenaje superficiales se ven obstaculizada su capacidad debido a la abundancia de basura, proveniente de depósitos acumulados en laderas pendiente, cuya estabilidad fácilmente es alterada ladera abajo por efectos del agua de lluvia. La conducción de las aguas con gran aporte de material de basura, no forman parte del diseño original de las obras de drenaje, desbordándose las aguas y originando problemas de erosión hacia las viviendas laterales.
- 4) De los análisis regresivos del deslizamiento ocurrido en la Calle Terepaima se observa la gran influencia de una condición local de saturación durante el problema en la estabilidad de las laderas, observando el aumento en el factor de seguridad con el descenso de dicho nivel. En general el área de deslizamiento actúa como un efecto de drenaje, donde se elimina el servicio de agua servida y blanca, al optimizar el talud con la eliminación de la zona de mayor meteorización, aflora la roca fracturada, pero en mejor condición física.
- 5) En general las laderas de altas pendientes no se encuentran pobladas, debido principalmente a la dificultad de implantación de viviendas, en los sectores de alta pendiente el talud debe encontrarse en condiciones de estabilidad crítica, y que fácilmente puede ser alterada por la presencia de agua servida de las viviendas por lo tanto deben permanecer así.

Escuela de Ingeniería Civil

- 6) En el sector de Las Casitas, el problema se encuentra en el bote lateral que limita las instalaciones de la escuela y la estructura apoyada sobre el esquisto meteorizado duro.
- 7) La acumulación de basura en las laderas, puede estar asociado a la producción de lixiviados, que aceleran la meteorización en esquisto, debilitando su resistencia.
- 8) Se concluye a través del análisis de los casos con carga sísmica horizontal que debe implementarse una medida preventiva ya que 4 de los 6 casos estudio fallan al agregar la carga sísmica horizontal.

RECOMENDACIONES

- 1) En el área de Carapita es de importancia realizar un plano de pendientes que relacione el problema de estabilidad presentado en la Calle Terepaima con áreas pobladas de condiciones topográficas similares. Las áreas delimitadas deben ser objeto de reconocimiento detallado de campo, que incluya una evaluación de las viviendas existentes, principalmente relacionada con su habitabilidad o desocupación.
- 2) Tal como lo indica los estudios existentes en la amplia área de Santa Ana, uno de los principales problemas se relaciona con la basura, la cual requiere urgentemente su regulación de recolección, así como evitar la acumulación de basura en laderas de alta pendiente, lo cual constituye futuro problemas de estabilidad en lluvias extraordinarias, con desplazamiento de volumen de materiales que obstruyen las obras de drenaje.
- 3) Debido al aumento del factor de seguridad al reducir la cota del nivel de agua, es importante mantener un control periódico a lo largo de las calles y distribución hacia las viviendas de las aducciones de agua blanca. Así mismo se deben mantener en buen estado las conducciones de agua servidas y mantener todas las aguas lejos de la superficie de los taludes con drenajes en óptimas condiciones que me lo permitan. De igual manera se debe realizar una campaña de concientización para que las instalaciones dentro de las viviendas se encuentren aptas al igual que la disposición correcta de las aguas sea una práctica común en la zona, como la notificación a la comunidad de fugas importantes.

Escuela de Ingeniería Civil

- 4) Se recomienda reforestar con arbórea la superficie del talud en el área indicada para cada caso en el límite inferior de la superficie de falla para el caso con carga sísmica horizontal como medida preventiva para reforzar en el caso de presentar un sismo considerable, con arbórea como: El *Eleagnus angustifolia* (Árbol del Paraíso), *Eucalyptus globulus* (Eucalipto macho), *Acacia retinodes* (Acacia verde), *Ailanthus altissima* (Ailanto). Arbórea de rápido crecimiento y raíces profundas que establecen una mayor resistencia a los taludes, sujetan el talud a un estrato más profundo y resistente y protegen de la erosión.
- 5) Además, podemos concluir que las propuestas para mejorar el talud, son efectivas para las soluciones del problema principal de estabilidad, porque además de presentar un FS mayor que me garantiza en ese porcentaje la estabilidad de los taludes, se pudo comprobar que las fallas menos profundas representan valores menores de cohesión y ángulo de fricción que indica efectivamente que se encuentra presente una meteorización que está degradando las propiedades de la roca, para unos estratos menos profundos. Por lo tanto, son importantes las recomendaciones para disminuir la meteorización.
- 6) El material deslizado podrá ser dispuesto al pie de la ladera pendiente, donde la topografía se suaviza, el cual deberá ser compactado. El área superior deslizada requiere ser evaluada en forma detallada su estabilidad, recomendándose como primera etapa la desocupación perimetral de vivienda, para aminorar los efectos de saturación.
- 7) En el área de las casitas, la inestabilidad de los botes puede ser aminorada mediante reforestaciones y reacomodación de los escombros igual que en Carapita, así mismo se debe alejar la descarga de agua de lluvia hacia los botes, mediante obras de drenaje que descarguen hacia los cursos de agua existentes de igual manera que en Santa Ana, Carapita.
- 8) Se recomienda el estudio más detallado de los taludes de alta pendientes presentes en los tramos de riesgo con los parámetros establecidos en el análisis retrospectivo, con el fin de ubicar fallas y prevenirlas mediante la reforestación al pie de la mismas para garantizar aumentar el FS al deslizamiento.

Escuela de Ingeniería Civil

BIBLIOGRAFÍAS

Starchevich, G & López, A. (2018) Servicio Social Comunitario. Caso Torrentera. Sector Santa Ana, Carapita, Parroquia Antimano, Distrito Capital, Venezuela. Caracas, Venezuela: Universidad Católica Andrés Bello.

Rodriguez, M. (2019) Adecuación De Infraestructura Urbana Para El Manejo De Riesgos. Caso: Calle Terepaima, Sector Santa Ana, Parroquia Antímano, Distrito Capital. Caracas, Venezuela: Universidad Católica Andrés Bello.

Torres, A & De Las Casas, V. (2018) Propuesta De Recuperación De Calle Terepaima, Sector Santa Ana, Parroquia Antimano, Distrito Capital, Venezuela. Caracas, Venezuela: Universidad Católica Andrés Bello.

Dir. Sustentabilidad Ambiental (2018) Propuesta Para La Solución De La Falla De Borde En La Calle Terepaima Del Sector Santa Ana, Parroquia Antimano. Caracas, Venezuela: Universidad Católica Andrés Bello.

Cotua, N. & Laya, A. (2012). Relación entre la Inadecuada Disposición de Desechos Sólidos Urbanos y la Inestabilidad de Laderas en Desarrollos no Consolidados. Caso: Quebrada Santa Ana, Parroquia Antímano. Caracas, Venezuela: Universidad Católica Andrés Bello.

R, García (2018). Repensar La Ciudad El Proyecto Urbano Desde La Interacción Con El Lugar. Sector Terepaima, Barrio Santa Ana Carapita. Caracas Venezuela: Universidad Católica Andrés Bello.

R. G. R Ingeniería (2014). Estudio Geomorfológico, Geología De Superficie Y Red De Drenaje Superficial Del Proyecto Metro Cable Antimano. Caracas, Venezuela.

D, Escobar & D, Manrique. (2018). Viviendo En Riesgo. Accionar Sobre La Vulnerabilidad Socio-Espacial. Caracas, Venezuela: Universidad Central De Venezuela.

Escuela de Ingeniería Civil

Colegio De Ingenieros. (2011). Informe De Inspección En La U.E Escuela Canaima. Sector “B”. Urb Las Casitas, Parte Alta De La Vega, Parroquia La Vega Del Municipio Libertador. Caracas, Venezuela.

Pineda, T & Zambrano, S (2015). Estabilidad de Taludes por el Método Gráfico (SSDC) Automatizado con Analisis Sísmico Pseudoestático (SPA). Caracas, Venezuela: Universidad Católica Andrés Bello.

Araque, M & Navarrete, O. (2010) “Estudio Geológico-Geotécnico del Perfil de Meteorización Desarrollado en los Esquistos de la Formacion Las Brisas” Caracas, Venezuela. Universidad Central de Venezuela.

Rodriguez, C. (2012) Influencia de los Procesos de Meteorización en la Estructura del Suelo y la Estabilidad de Taludes. Bogotá, Colombia. Pontificia Universidad Javeriana

Colegio de Ingenieros. (2011) Informe de Inspección del Colegio de Ingenieros en la U.E Escuela Canaima. Sector “B”. Urb Las Casitas, parte alta de la Vega, Parroquia La Vega del municipio Libertador. Caracas, Venezuela. Colegio de Ingenieros.

Normas Para La Clasificación Y Manejo De Desechos En Establecimientos De Salud. (Decreto N° 2.218). (1992). Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela, 35.946, Abril 2, 1996.

Norma Venezolana Covenin-Mindur 2002:88 Criterios Y Acciones Mínimas Para El Proyecto De Edificaciones. Comisión de Normas para Estructuras de Edificaciones del Ministerio del Desarrollo Urbano de Venezuela. Octubre 5, 1988.

Norma Venezolana Covenin-Mindur 1756:01 Edificaciones Sismorresistentes. Comisión de Normas para Estructuras de Edificaciones del Ministerio del Desarrollo Urbano de Venezuela. Julio 25, 2001.

Escuela de Ingeniería Civil

ANEXOS



Fuente: D, Manrique & D, Escobar. (2018).



Figura N° 55. Funcionamiento del Tramo 2 según “Viviendo en Riesgo”.

Fuente: D, Manrique & D, Escobar. (2018).

En la Figura N° 55 ubicación e información del funcionamiento según el trabajo “Viviendo En Riesgo” que representa el Tramo 2, pero para nuestro trabajo representa el tramo 1-Santa Ana ya que es el más importante de acuerdo al estado actual de su deslizamiento que permitió el análisis retrospectivo de la zona. En los últimos años la calle ha presentado asentamientos que se han ido agravando por las filtraciones y socavaciones que ocurren en la época de lluvias. Las viviendas de la zona inestable se encuentran en precario estado a nivel estructural debido al fracturamiento inducido por el deslizamiento del talud. Estas viviendas han sido construidas de forma rural arcilla y no se han tomado las previsiones constructivas necesarias para que sean estructuralmente estables, no poseen columnas y deben ser reubicadas inmediatamente.

Escuela de Ingeniería Civil

Situación Previa según M, Rodriguez (2019).

Durante el 2016 y 2017 en la época de lluvias se generaban obstrucciones en la calle que impedían el tránsito vehicular. El deterioro de la calle empezó a manifestarse con grandes baches en el pavimento que eran rellenados por habitantes de la comunidad con tierra y escombros de los alrededores, al ocurrir estas obstrucciones no se observaba la intervención de ninguna autoridad en materia vial del municipio. Los residentes del sector se encargaban de permitir el paso nuevamente de los vehículos y de solucionar o reparar con los materiales a disposición las hendiduras que se producían en el asfalto debido a la gran erosión que ocasionaban las precipitaciones sumado a la gran pendiente que posee la vía.

Situación Actual según M, Rodriguez (Julio 2019)

El pasado 27 de noviembre de 2018 se produjo el deslizamiento completo del talud sobre el cual se apoyaba la calle Terepaima el deslizamiento se llevó a su paso varias viviendas que se entraban cerca de la zona de asentamiento, un poste de luz, la tubería colectora de aguas servidas que se encontraba por debajo de la calle y las tuberías de agua potable que llevaban el agua desde la parte superior hasta la parte inferior de la calle. El deslizamiento dejó incomunicado completamente la parte superior de la parte inferior de la calle, dejando un abismo entre una y otra, afortunadamente al momento de ceder la calle no se produjo ninguna víctima fatal. En el tramo se analizaron las propuestas de solución a los problemas de estabilidad y se aplicaron al estudio de estabilidad según se viabilidad, aplicabilidad y economía.

Esta información respalda los deslizamientos progresivos que han ido ocurrido debida a la saturación del terreno y los factores que meteorizan el talud.

Escuela de Ingeniería Civil



Figura N°56. Funcionamiento del Tramo 3 con base de los recorridos realizados.

Fuente: D, Manrique & D, Escobar. (2018).

Para el trabajo “Viviendo en Riesgo” este tramo es el Tramo 3 como se puede apreciar ubicado en la Figura N° 56, pero para el estudio del análisis de estabilidad representa el Tramo 2-Santa Ana, por su importancia de acuerdo a la susceptibilidad de su estabilidad de acuerdo al deslizamiento, ya que las viviendas se encuentran sobre un talud con una pendiente muy empinada que representa un deslizamiento muy antiguo conocido como “El Barranco”, por eso su enumeración con relación al riesgo que representa. Para el tramo que se puede apreciar en la Figura N° 56.



Figura N° 57. Funcionamiento del Tramo 3 con base de los recorridos realizados.

Fuente: D, Manrique & D, Escobar. (2018).

Para el trabajo “Viviendo en Riesgo” coincidentemente es el Tramo 3 como la enumeración establecida para el estudio de estabilidad presentada su ubicación en la Figura N° 57, no quiere decir que no represente riesgo, al contrario, por eso se considera en el estudio y se estudia un talud que previamente sufrió afectaciones de acuerdo a su estabilidad evidenciada en agrietamientos presentes en las viviendas.



Figura N° 58. Tramo 1, información en base a los recorridos realizados en trabajos previos.

Fuente: D, Manrique & D, Escobar. (2018).

Para el tramo enumerado como el Tramo 1 en la Fig. N° 58, en el estudio de estabilidad fue asignado como el Tramo 4-Santa Ana, porque representa un menor riesgo a pesar que el N° de viviendas pueden presentar mayor filtraciones y menor control que meteorizan el talud, pero que se encuentren en su totalidad cubierta en su superficie aporta estabilidad además la pendiente como se encuentra en la parte baja no es tan empinada, esa es la razón por la cual lógicamente al realizar el cálculo de estabilidad en SLIDE presenta un FS mayor. En los anexos se encuentran referenciados estos cuatro tramos con el fin de respaldar el criterio de riesgo y ampliar la información del estudio de estabilidad de los taludes de ellos. Las Fig. presentadas en los anexos obtenidas del trabajo “Viviendo en Riesgo” de D, Manrique & D, Escobar. (2018), señalan en un mapa los tramos establecidos en riesgo.