

**Revisión y mejoramiento de la estabilización de talud ubicado en la carretera Túquerres -  
Samaniego km 17+850 en el departamento de Nariño**

**Mauricio David Pabón Miño**

**Proyecto de grado para optar el título de - Magister en Geotecnia**

**Director**

**Hebenly celis leguízamo.**

**MSc. en Ingeniería Civil**

**Universidad Industrial de Santander  
Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas  
Escuela de Ingeniería Civil  
Maestría en Geotecnia**

**Bucaramanga**

**2018**

### **Dedicatoria**

*Es bueno reconocer, que para cumplir con esta meta se deben superar muchas dificultades; lo importante es saber que no se está solo, es por eso que dedico este trabajo a los que siempre han estado a mi lado.*

*A Dios el amigo que nunca falla.*

*MIS PADRES Rolando Alberto Pabón Hidalgo y Luz Omaira Miño de Pabón, quienes con su amor, confianza, consejo, apoyo incondicional, me han enseñado que la constancia es la llave que abre todas las puertas, por su fe en mí y por enseñarme que dar lo mejor de sí para los demás es tan importante como hacerlo para uno mismo.*

*MIS HERMANOS, Rolando Alexander, Ana Lucia, Jan Alberto, Natalia Alejandra, que con su apoyo incondicional han sido el abrigo ante toda adversidad.*

*MI HIJO, David Alejandro Pabón Vallejo, quien con su amor de hijo se vuelve el motor para culminar cada meta que me proponga, haciendo que todo valga la pena.*

*MIS SOBRINOS, Jean Brandon, Laura Juliana, Emma Sofía quienes con su amor hacen que todo esfuerzo valga la pena.*

*MIS FAMILIARES Y AMIGOS, por sus consejos, amistad y compañía.*

***Mauricio David Pabón Miño***

## **Agradecimientos**

*Especial agradecimiento a la Universidad Industrial de Santander por brindarme la oportunidad de estudiar y capacitarme para ser mejor profesional en mi campo laboral,*

*A la planta docente que con su dedicación, esmero y paciencia supieron llevarme a culminar este proyecto de vida, a la planta administración quienes siempre estuvieron prestos a aclarar y solucionar cualquier inquietud que se hubiera prestado en el campus universitario.*

***Mauricio David Pabón Miño***

## Contenido

	<b>Pág.</b>
Introducción .....	18
1. Planteamiento del problema.....	19
2. Justificación .....	26
3. Objetivos.....	27
3.1 Objetivo General.....	27
3.2 Objetivos Específicos.....	28
4. Marco de Referencia .....	28
4.1 Origen y formación de los suelos.....	29
4.1.1 Suelos Transportados.....	30
4.1.2 Suelos no transportados .....	31
4.2 Tipos de movimientos.....	33
4.3 Análisis de estabilidad .....	41
4.3.1 Principales métodos de dovelas .....	43
4.3.2 Conclusiones de los métodos de dovelas.....	44
5. Metodología .....	45
6. Descripción de las actividades realizadas .....	47
6.1 Localización .....	47
6.2 Descripción general del sitio de estudio .....	47

6.3 Estratigrafía.....	48
6.3.1 Estructuras.....	50
6.3.2 Fallas .....	50
6.3.3 Pliegues .....	50
6.3.4 Diaclasamiento Regional .....	51
6.4 Descripción del problema .....	51
6.5 Trabajo de campo.....	55
6.6 Levantamiento topográfico .....	55
6.7 Exploración geotécnica.....	55
6.8 Ensayos de laboratorio.....	58
6.9 Caracterización de los parámetros geotécnicos .....	59
6.9.1 Perfil estratigráfico.....	59
6.9.2 Estimación de parámetros geotécnicos .....	61
6.10 Propiedades de los suelos.....	62
6.11 Valores de Correlación con Ensayos de SPT.....	63
6.12 Valores Típicos Bibliografía de Consulta.....	63
6.13 Valores de Retrocálculo .....	64
7. Hidrogeología .....	65
8. Sísmica.....	66
9. Sobrecarga.....	67
10. Análisis de estabilidad de talud KM 17+850.....	67
10.1 Propiedades geotécnicos de diseño.....	68

10.2 Factores de seguridad mínimos - Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente - NSR-10.....	68
11. Análisis de estabilidad de talud KM17+850 condiciones iniciales .....	69
12. Análisis de estabilidad de talud km17+850 - actual con obras.....	78
12.1 Análisis de estabilidad actual – talud km 17+850 .....	87
13. Obras de estabilidad.....	89
13.1 Obras de contención y de drenaje .....	89
13.2 Diseño de anclajes activos .....	92
13.3 Dimencionamiento de los anclajes.....	92
14. Alternativa de estabilidad No 1.....	96
14.1 Análisis de estabilidad-alternativa No 1 .....	97
14.2 Presupuesto-alternativa No 1 .....	104
14.3 Análisis de estabilidad alternativa No 1.....	104
15. Alternativa de estabilidad No 2.....	105
15.1 Análisis de estabilidad-alternativa No 2 .....	106
15.2 Presupuesto-alternativa No 2 .....	114
15.3 Análisis de estabilidad-alternativa no 2 .....	114
16. Análisis de alternativas .....	115
17. Conclusiones.....	119
18. Recomendaciones .....	120
19. Especificaciones de construcción .....	121
Referencias Bibliográficas .....	123
Apéndices.....	125

**Lista de Figuras**

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Ubicación zona de estudio.....	20
Figura 2. Panorámica del sitio inestable del K17+850. ....	21
Figura 3. Área de afectación de la vía producto del corte. ....	22
Figura 4. Ubicación del municipio de Túquerres.....	23
Figura 5. Ubicación del municipio de Santacruz de Guachavés.....	24
Figura 6. Ubicación del municipio de Samaniego. ....	25
Figura 7. Mecanismos de desprendimiento y colapso .....	34
Figura 8. Mecanismos de vuelco .....	35
Figura 9. Tipos de deslizamiento .....	36
Figura 10. Movimientos de flujo .....	38
Figura 11. Sistemas de fuerzas actuantes sobre una dovela.....	43
Figura 12. Localización del sitio inestable .....	47
Figura 13. Geología General de la Vía Túquerres-Samaniego (Nariño) .....	49
Figura 14. Panorámica del sitio inestable del KM17+850.....	51
Figura 15. Escarpe producto de la descarga de aguas domiciliarias KM17+850 .....	52
Figura 16. Área de Afectación de la Vía producto del corte de Talud KM17+850.....	53
Figura 17. Estado Actual de Talud KM17+850.....	54
Figura 18. Sitio inestable KM17+850.....	56

Figura 19. Perforación PT-50 Caja 0.0 a 15.65 mts - KM17+850 .....	57
Figura 20. Trabajo de Campo - Perforación PT-50 Caja 0.0 a 15.65 mts - KM17+850 .....	57
Figura 21. Perforación PT-51 Caja 0.0 A 15.70 MTS - KM17+850.....	58
Figura 22. Perfil de Diseño .....	60
Figura 23. Análisis de estabilidad Estático, Estado Inicial-Consultor.....	70
Figura 24. Análisis de estabilidad Estático, Estado Inicial sin N.F-Este Estudio.....	71
Figura 25. Análisis de estabilidad Estático, Estado Inicial sin N.F-Este Estudio.....	72
Figura 26. Análisis de estabilidad Dinámico, Estado Inicial sin N.F-Este Estudio.....	73
Figura 27. Análisis de estabilidad Dinámico, Estado Inicial sin N.F-Este Estudio.....	73
Figura 28. Análisis de estabilidad Estático, Estado Inicial con N.F-Este Estudio.....	74
Figura 29. Análisis de estabilidad Estático, Estado Inicial con N.F-Este Estudio.....	74
Figura 30. Análisis de estabilidad Dinámico, Estado Inicial con N.F-Este Estudio.....	75
Figura 31. Análisis de estabilidad Dinámico, Estado Inicial con N.F-Este Estudio.....	75
Figura 32. Análisis de estabilidad Estático, Estado Inicial sin NF-Este Estudio.....	76
Figura 33. Análisis de estabilidad Dinámico, Estado Inicial-Este Estudio.....	77
Figura 34. Análisis de estabilidad Estático, Actual con Obras-Consultor.....	78
Figura 35. Análisis de estabilidad Dinámico, Actual con Obras-Consultor.....	79
Figura 36. Análisis de estabilidad Estático, Actual con Obras sin N.F-Este Estudio.....	80
Figura 37. Análisis de estabilidad Estático, Actual con Obras sin N.F-Este Estudio.....	81
Figura 38. Análisis de estabilidad Dinámico, Actual con Obras sin N.F-Este Estudio.....	81
Figura 39. Análisis de estabilidad Dinámico, Actual con Obras sin N.F-Este Estudio.....	82
Figura 40. Análisis de estabilidad Estático, Actual con Obras con N.F-Este Estudio.....	82
Figura 41. Análisis de estabilidad Estático, Actual con Obras con N.F-Este Estudio.....	83

Figura 42. Análisis de estabilidad Dinámico, Actual con Obras con N.F-Este Estudio.....	83
Figura 43. Análisis de estabilidad Dinámico, Actual con Obras con N.F-Este Estudio.....	84
Figura 44. Análisis de estabilidad Estático, Actual con Obras sin N.F -Este Estudio.....	85
Figura 45. Análisis de estabilidad Estático, Actual con Obras sin N.F -Este Estudio.....	85
Figura 46. Análisis de estabilidad Dinámico, Actual con Obras con N.F -Este Estudio.....	86
Figura 47. Análisis de estabilidad Dinámico, Actual con Obras con N.F -Este Estudio.....	86
Figura 48. Bosquejo Trinchera Drenante.....	90
Figura 49. Chequeo capacidad hidráulica de canal -Este Estudio. ....	91
Figura 50. Bosquejo Sacos de Suelo Cemento .....	91
Figura 51. Bosquejo de un Anclaje.....	92
Figura 52. Análisis de estabilidad Estático, Alternativa No 1 -Este Estudio.....	97
Figura 53. Análisis de estabilidad Estático, Alternativa No 1 -Este Estudio.....	97
Figura 54. Análisis de estabilidad Dinámico, Alternativa No 1 -Este Estudio.....	98
Figura 55. Análisis de estabilidad Dinámico, Alternativa No 1 -Este Estudio.....	98
Figura 56. Análisis de estabilidad Estático, Alternativa No 1 -Este Estudio.....	99
Figura 57. Análisis de estabilidad Estático, Alternativa No 1 -Este Estudio.....	100
Figura 58. Creación Estabilidad en Plaxis, Alternativa No 1 -Este Estudio.....	101
Figura 59. Creación Estabilidad en Plaxis, Alternativa No 1 -Este Estudio.....	101
Figura 60. Asignación de Fase constructivas en Plaxis, Alternativa No 1 -Este Estudio.....	102
Figura 61. Análisis de Estabilidad en Plaxis, Alternativa No 1 -Este Estudio. ....	102
Figura 62. Análisis de Estabilidad – F.S. en Plaxis, Alternativa No 1 –Deformación. ....	103
Figura 63. Análisis de Estabilidad – F.S. en Plaxis, Alternativa No 1 -Este Estudio.....	103
Figura 64. Análisis de estabilidad, Alternativa No 2.....	106

Figura 65. Análisis de estabilidad Estático, Alternativa No 2 .....	107
Figura 66. Análisis de estabilidad, Alternativa No 2 .....	107
Figura 67. Análisis de estabilidad Dinámico, Alternativa No 2 .....	108
Figura 68. Análisis de estabilidad Estático, Alternativa No 2 .....	109
Figura 69. Análisis de estabilidad Estático, Alternativa No 2 .....	109
Figura 70. Creación Estabilidad en Plaxis, Alternativa No 2 .....	110
Figura 71. Asignación de Fase constructivas en Plaxis, Alternativa No 2 .....	111
Figura 72. Asignación de Fase constructivas en Plaxis, Alternativa No 2 -Este Estudio.....	111
Figura 73. Análisis de Estabilidad en Plaxis, Alternativa No 2 -Este Estudio. ....	112
Figura 74. Análisis de Estabilidad – F.S. en Plaxis, Alternativa No 2 –Deformación. ....	113
Figura 75. Análisis de Estabilidad – F.S. en Plaxis, Alternativa No 2 -Este Estudio.....	113

**Lista de Tablas**

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Exploraciones Ejecutadas .....	56
Tabla 2. Cantidades de Ensayos de Laboratorio .....	59
Tabla 3. Resultados de Ensayos de Laboratorio .....	59
Tabla 4. Estratificación de la Zona de Estudio .....	61
Tabla 5. Parámetros Geotécnicos de Referencia.....	62
Tabla 6. Parámetros Geotécnicos de Diseño.....	65
Tabla 7. Parámetros Geotécnicos de Diseño.....	68
Tabla 8. Factores de seguridad mínimos.....	69
Tabla 9. Resumen factores de Seguridad Software Slide – Geotecnia y Cimentaciones .....	70
Tabla 10. Resumen factores de Seguridad Software Slide – Condiciones Iniciales.....	76
Tabla 11. Resumen factores de Seguridad Software Geoslope – Condiciones Iniciales.....	77
Tabla 12. Resumen factores de Seguridad Software Slide – Geotecnia y Cimentaciones .....	80
Tabla 13. Resumen factores de Seguridad Software Slide – Condiciones Actuales .....	84
Tabla 14. Resumen factores de Seguridad Software Geoslope – Condiciones Actuales .....	87
Tabla 15. Resumen F.S Software Slide .....	88
Tabla 16. Datos para el bosquejo de Anclaje – Alternativa No 1 .....	93
Tabla 17. Datos para el bosquejo de Anclaje – Alternativa No 1 .....	94
Tabla 18. Características de los Anclajes Activos – Alternativa No 1 .....	95

Tabla 19. Características de los Anclajes Activos – Alternativa No 2 .....	95
Tabla 20. Resumen factores de Seguridad Software Slide – Alternativa No 1 .....	99
Tabla 21. Resumen factores de Seguridad Software Geoslope – Alternativa No 1 .....	100
Tabla 22. Cantidades y presupuesto de obra aproximado alternativa 1.....	104
Tabla 23. Cuadro Resumen F.S – Alternativa 1 .....	105
Tabla 24. Resumen factores de Seguridad Software Slide – Alternativa No 2 .....	108
Tabla 25. Resumen factores de Seguridad Software Geoslope – Alternativa No 2 .....	110
Tabla 26. Cantidades y presupuesto de obra aproximado alternativa 2.....	114
Tabla 27. Cuadro Resumen F.S – Alternativa 2 .....	115
Tabla 28. Análisis de alternativas .....	116
Tabla 29. Especificaciones técnicas.....	122

**Lista de Apéndices**

	<b>Pág.</b>
Apéndice A. Planos.....	125
Apéndice B. Registro de Campo.....	132
Apéndice C. Resultados de Laboratorio. ....	139
Apéndice D. Memorias de Calculo.....	146

## Resumen

**Título:** “Revisión y mejoramiento de la estabilización de talud ubicado en la carretera Túquerres - Samaniego km 17+850 en el departamento de Nariño”\*\*.

**Autor:** Mauricio David Pabon Miño\*\*

**Palabras Claves:** Revisión, Mejoramiento, Estabilización, Talud, Vía, Geología.

### Descripción:

El presente proyecto de grado, tiene la modalidad de profundización y/o aplicación del análisis de estabilidad de talud ubicado en el km 17+850 de la carretera que conduce desde el Municipio de Túquerres al Municipio de Samaniego en el Departamento de Nariño.

Con este análisis y modelación de estabilidad de talud se buscó establecer el mejoramiento a los problemas específicos y de inestabilidad que este pueda tener; con el fin de hacer un correcto análisis y evaluación de la problemática de la zona de estudio.

Para el presente trabajo se recopiló información bibliográfica, topográfica, geológica y geotécnica, la cual permitió modelar el talud de estudio, para este objetivo se utilizó herramientas informáticas como software Slide, Slope y Plaxis, los cuales nos generaron las modelaciones de estabilidad necesarias para su implementación en campo.

Una vez concluido la modelación del talud de estudio, se procedió a realizar un análisis a la alternativa de solución más viable para ser aplicada y obtener una correcta estabilización del talud, como también la propuesta de obras a implementar para el control del nivel de agua tanto superficiales y subterráneas, puesto que esto permitió tener mayor manejo a los problemas que en la zona se puedan presentar, garantizando el adecuado funcionamiento y la transitabilidad de peatones y transeúntes por este importante corredor vial.

---

\* Proyecto de grado

\*\* Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Maestría en Geotecnia. Director: Hebenly Celis Leguizamo.

## Summary

**Title:** "Revision and improvement of the stabilization of talud located in the road Túquerres - Samaniego km 17 + 850 in the department of Nariño"\*.

**Author:** Mauricio David Pabon Miño\*\*

**Keywords:** review, improvement, stabilization, talud, road, geology.

### Description:

This grade project has the modality of deepening and/or application of the stability analysis of the slope located at km+17 850 of the road leading from the municipality of Túquerres to the municipality of Samaniego in the Department of Nariño.

With this analysis and modeling of slope stability, it was sought to establish the improvement to the specific problems and instability that it may have; In order to do a correct analysis and evaluation of the problem of the study area.

For this work, bibliographic, topographical, geological and geotechnical information was compiled, which allowed to model the study slope, for this objective we used computer tools such as software Slide, slope and Plaxis, which generated us The stability modeling needed for field implementation.

After completing the modeling of the study slope, we proceeded to perform an analysis to the alternative of solution more viable to be applied and obtain a correct stabilization of the slope, as well as the proposal of works to be implemented for the control of the level of Water both superficial and underground, since this allowed greater management to the problems that can occur in the area ensuring the proper functioning and transitivity of pedestrians and bystanders by this important road corridor.

---

\* Project of grade

\*\* Faculty of Physicomechanical Engineering. School of Civil Engineering. Master in Geotechnics Director: Hebenly Celis Leguízamo.

## Introducción

La Ingeniería civil, y más aún el área de Geotecnia como profesión, exige enfrentar de manera permanente los nuevos retos, cambios, problemáticas, principalmente en nuestro país, donde las condiciones geográficas y geológicas permiten encontrar situaciones que ponen a prueba los conocimientos de la ingeniería y precisan a dar soluciones a diferentes zonas geográficas en donde se vea afectada la seguridad vial tanto para transeúntes como para la comunidad en general donde se requiera la aplicación.

Enfatizando la importancia del trabajo y la aplicación desde el área de Geotecnia en sectores geológicos da pie a la aplicación por medio de la realización oportuna y adecuada del presente trabajo de profundización para que pueda adecuar y mejorar el desarrollo socio económico de una región, lo que conllevo a mejorar tanto la calidad de vida de las personas como la seguridad vial significativamente

El trabajo de profundización realizado estuvo directamente relacionado con la revisión y el mejoramiento vial para llevar a cabo una alternativa de solución la cual tuvo como objetivo disminuir los impactos negativos generados en la carretera Túquerres - Samaniego, puesto que a través del mejoramiento a la estabilización de talud existente se podrá generar impactos positivos en las diversas zonas y áreas geográficas tanto del área estudiar como a nivel del país.

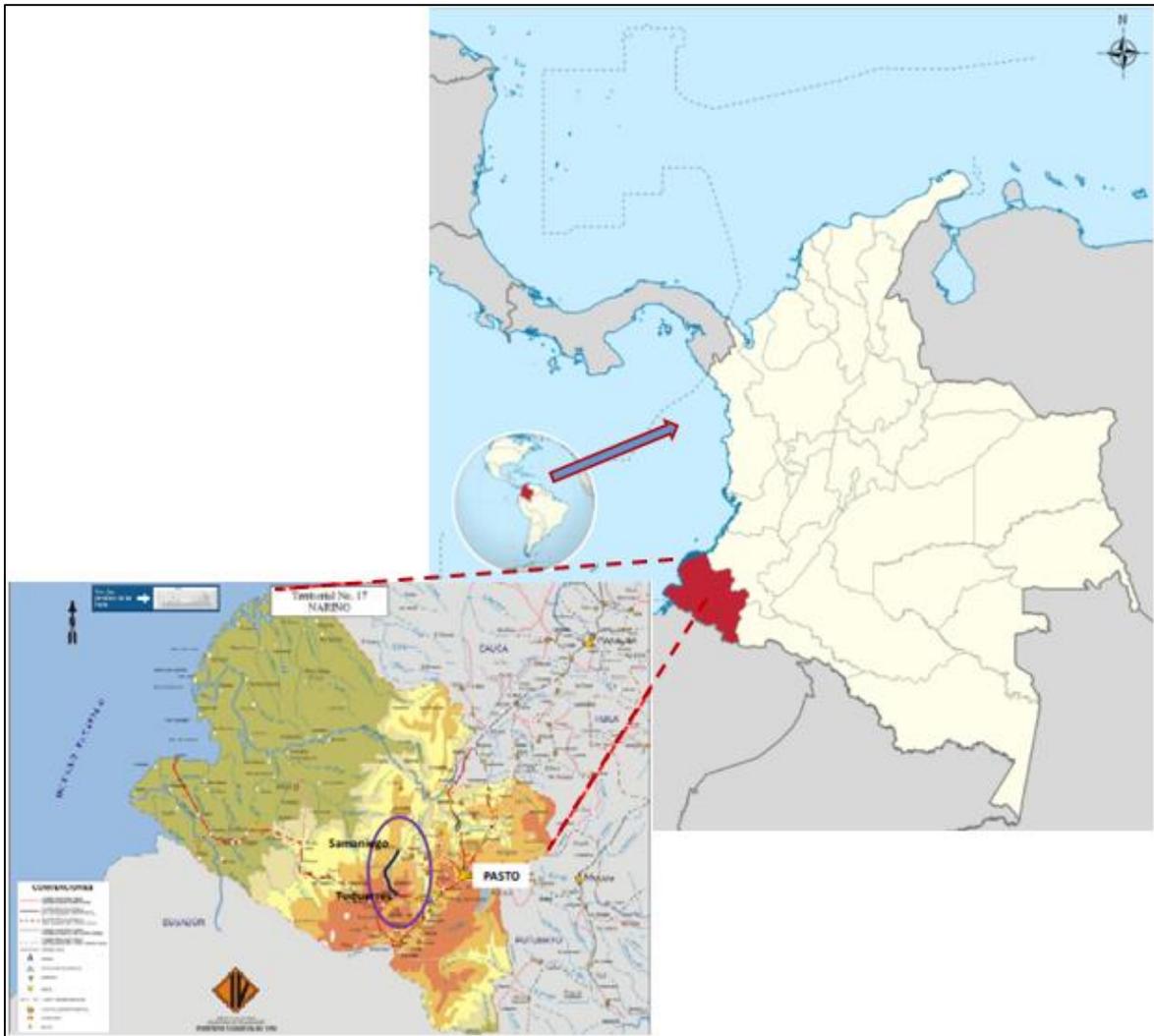
Con la realización del trabajo de profundización se pudo generar soluciones encaminadas hacia el mejoramiento vial en zonas directamente afectadas por variantes geográficas, de esta manera

con la implementación del trabajo de profundización desde el área de geotecnia se encamino hacia el mejoramiento de la vía Túquerres-Samaniego.

La importancia del trabajo de profundización se encamino a continuar contribuyendo al sector de la Ingeniería Civil principalmente en el área de Geotecnia, puesto que si hay estudios relacionados al mejoramiento vial este conocimiento se puede enfocar a la aplicación de nuevas alternativas constructivas, lo cual dará mayor calidad profesional en el ámbito de la geotecnia y en los diversos sectores de ingeniería y en obras de calidad en la geografía de nuestro país.

### **1. Planteamiento del problema**

El trabajo de profundización que se estudió pertenece a la Ruta 1702 en el departamento de Nariño, la cual es una vía de Segundo orden a nivel Nacional, debido a que comunica los Municipios de Túquerres-Santacruz de Guachaves y Samaniego con la Capital Nariñense y a su vez con el puerto de Tumaco.



*Figura 1.* Ubicación zona de estudio.

Fuente: Servicio Geológico Colombiano.

Teniendo en cuenta que en la zona objeto de estudio ya se han realizado mejoramientos viales, el propósito fue hacer una revisión del tramo en aspectos Geológicos y principalmente desde el área de la Geotecnia, debido a ello el trabajo de profundización realizado se enfocó hacia el mejoramiento de la infraestructura física del corredor vial, puesto que se requirió el estudio geotécnico para definir la estabilidad del talud de estudio. Instituto Nacional de Vías, INVIAS (1998). Estabilidad de Taludes. Editorial ECI.

Por lo antes expuesto, el presente trabajo se basó en el análisis de la estabilidad del talud que se encuentra ubicado entre las abscisas Km17+840 a Km17+900, con una longitud aproximada de 60 m, donde se presentan dos problemas de estabilidad en el corredor.

El primero de ellos, se produce debido a la deposición de aguas domiciliarias de las viviendas de la parte alta de la montaña, las cuales son descargadas al talud sin ningún tipo de manejo hasta las obras hidráulicas de la vía. En la figura 2 se muestra lo anteriormente expuesto.



*Figura 2.* Panorámica del sitio inestable del K17+850.

El segundo evento corresponde a la caída de detritos del talud de corte interno de la vía, producto de los cortes que se realizaron para dar el ancho de la misma y la presencia de materiales meteorizados. Adicionalmente, se evidencia falta de manejo de las aguas superficiales (ver figura 3).

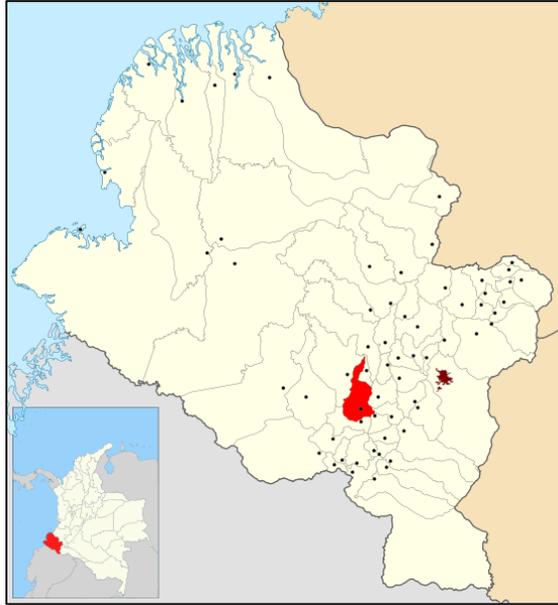


Figura 3. Área de afectación de la vía producto del corte.

### Localización

El proyecto se localiza sobre la ruta 1702, vía Túquerres – Samaniego, ubicando su abscisa PR0+000, en la cabecera municipal del municipio de Túquerres donde la vía recorre 16.5 km, el tramo en intervención se extiende hasta la población de Samaniego en el PR43+800 abarcando una longitud aproximada de 5.84 kilómetros, el recorrido de la vía también atraviesa el municipio de Santacruz de Guachavés, perteneciendo a este, aproximadamente 21.5 kilómetros y finalizando en Samaniego en una longitud aproximada de 5,84 km. INGEOMINAS (2001). Mapa geológico.

Los municipios beneficiados directamente son Túquerres, Santacruz de Guachavés y Samaniego, sin embargo, la vía también beneficia a otros municipios indirectamente como son: Providencia, La llanada, Los Andes, Linares, Ancuya y Guaitarilla.



*Figura 4.* Ubicación del municipio de Túquerres.

Fuente: Servicio Geológico Colombiano.

El municipio de Túquerres se encuentra ubicado en la parte Sur occidental del departamento de Nariño, limita: por el norte, con el municipio de Providencia, por el sur, con los municipios de Sapuyes y Ospina, por el oriente con, los municipios de Guaitarilla, Imués y Providencia, y por el occidente con, el municipio de Santacruz de Guachavés. INGEOMINAS (2001). Mapa geológico.

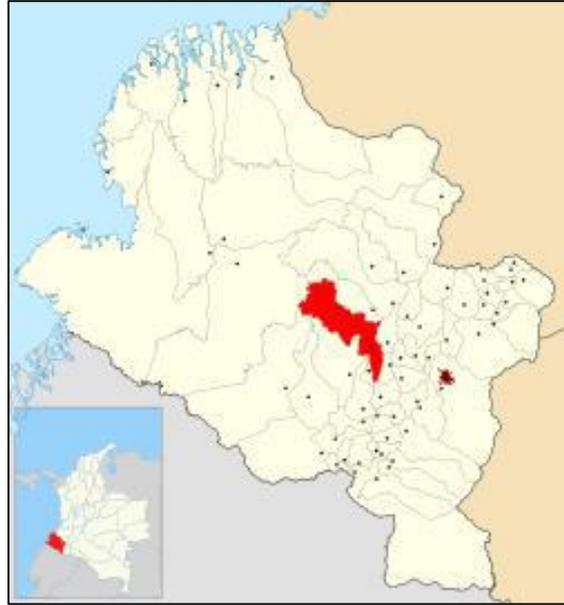
La cabecera municipal se encuentra enclavada en un plano inclinado sobre la parte alta de la sabana de Túquerres perteneciente al altiplano de Túquerres e Ipiales, atravesado por los ríos Sapuyes y Guátara; que a su vez, es la altiplanicie más alta del país con un promedio de alturas superior a los 2.900 msnm. Esta ciudad se encuentra a 72 km de San Juan de Pasto, capital departamental y al pie del volcán semiactivo del Azufrál cuya altura alcanza los 4.070 msnm. Es la cabecera municipal con más de 10.000 habitantes más alta de Colombia, a más de 3.100 msnm. Posee un promedio de temperaturas que oscila entre los 9 y los 13 grados Celsius. INGEOMINAS (2001). Mapa geológico.



*Figura 5.* Ubicación del municipio de Santacruz de Guachavés.

Fuente: Servicio Geológico Colombiano.

El Municipio de Santacruz se encuentra ubicado al sur occidente de Nariño, a una distancia de 108 Km. de Pasto. Sus coordenadas geográficas son: Latitud norte  $1^{\circ} 18' 16''$ , longitud oeste de Greenwich  $77^{\circ} 42'$ , altura promedio es de 2.800m sobre el nivel del mar, su temperatura promedio es de  $14^{\circ}\text{C}$  y la superficie total del municipio es de 527 Km cuadrados en cuatro pisos térmicos, limita de la siguiente manera: al norte con el Municipio de Samaniego, al sur con el Municipio de Sapuyes, al oriente con el Municipio de Túquerres y Providencia y al occidente con el Municipio de Mallama y Ricaurte, Extensión total:527 Km<sup>2</sup>, Extensión área urbana:3 Km<sup>2</sup>,Extensión área rural:524 Km<sup>2</sup>, Altitud de la cabecera municipal (metros sobre el nivel del mar): 2.000 a 3.000 metros, Temperatura media:  $18^{\circ}$  a  $24^{\circ}$  ° C. INGEOMINAS (2001). Mapa geológico.



*Figura 6.* Ubicación del municipio de Samaniego.

Fuente: Servicio Geológico Colombiano.

El municipio de Samaniego se encuentra a 117 kilómetros al occidente de la ciudad de San Juan de Pasto, limitando: por el norte, con La Llanada; por el sur, con Providencia, Guaitarilla, Túquerres y Santacruz; por el oriente, con La Llanada, Linares y Ancuyá; y, por el occidente, con Santacruz, Ricaurte y Barbacoas. Su altura, sobre el nivel del mar, es de 1.750 metros. Su temperatura media es de 30 grados centígrados. La precipitación media anual es de 1.314 milímetros. El área municipal comprende 765 kilómetros cuadrados. Su territorio es montañoso en su gran extensión, pero también tiene algunos sectores planos y ondulados. Estas tierras corresponden a pisos térmicos cálido, templado y frío, y son regados por los ríos Cristal, Pascual, Pali, San Juan, Saspi y Telembí. Los 62.659 habitantes de Samaniego basan su economía en la agricultura, la ganadería y la minería. Posee un promedio de temperatura de 24 grados Celsius. INGEOMINAS (2001). Mapa geológico.

## 2. Justificación

Según el Instituto Nacional de Vías, INVIAS (1998). Estabilidad de Taludes. Editorial ECI. A nivel del país existen zonas geográficas y geológicas que han generado deterioro superficial y estructural a la infraestructura vial y que en consecuencia han influenciado al envejecimiento de pavimentos, agravado por la ocurrencia de la fuerte ola invernal en los periodos de finales de los años 2012, 2013 y principios del año 2014, (IDEAM, 2013) teniendo en cuenta dicho deterioro y la evidente necesidad de mejoramiento vial se buscó mantener en buen estado de transitabilidad y seguridad vial las carreteras pavimentadas Nacionales, con el fin de ofrecer mejores condiciones de transitabilidad y conectividad entre las diversas poblaciones, contando con una idónea infraestructura del transporte por carretera que permita integrar los centros de producción y consumo, realizar una fácil comercialización de los productos y generar una mejor calidad de vida de la población afectada, con facilidad para el transporte seguro y con menores costos de transporte y tiempo de viaje.

Con la realización del estudio de profundización del tramo de la Carretera Túquerres - Samaniego Ruta 1702, se buscó mejorar la infraestructura vial con el objetivo de lograr un incremento en el avance tanto de la calidad de vida de las personas como en la seguridad en el transporte en la zona afectada, del mismo modo se pretende promover el avance en el crecimiento económico en la inversión de mayor calidad de vías y carreteras a nivel Nacional, Instituto Nacional de Vías, INVIAS (1998). Estabilidad de Taludes. Editorial ECI.

Teniendo en cuenta al Instituto Nacional de Vías, INVIAS (1998). Estabilidad de Taludes. Editorial ECI. En el caso particular de la Carretera Túquerres - Samaniego Ruta 1702, esta hace parte del eje vial que conecta a más de siete (7) Municipios del Departamento de Nariño con la ciudad Capital, por ello es relevante la importancia de mejorar y por ende habilitar el tránsito seguro por esta carretera para el progreso del desarrollo económico de la región con la reducción de costos de operación principalmente de los vehículos de carga, situación que a lo largo del tiempo ha sido motivo de preocupación e inseguridad.

Con la realización de este trabajo se busca conocer y a su vez identificar la causa del deterioro en la carretera Túquerres - Samaniego km 17+850, partiendo de los hechos que actualmente están afectando la zona y de la revisión documental obtenida, para de esta manera plantear alternativas de mejoramiento de la estabilización para el talud de la infraestructura vial encaminado hacia la aplacamiento de deterioro geológico de la zona lo cual permitirá así asegurar la integridad y el funcionamiento geotécnico adecuado del tramo de la carretera Túquerres - Samaniego km 17+850.

### **3. Objetivos**

#### **3.1 Objetivo General**

- Realizar la revisión y el mejoramiento de la estabilización para el talud ubicado en el KM17+850 de la Carretera Túquerres - Samaniego en el Departamento de Nariño.

### 3.2 Objetivos Específicos

- Analizar y revisar la documentación suministrada por la Interventoría del proyecto Consorcio Vial GETINSA-INCON (G-I), para poder determinar con esta información los parámetros necesarios, que involucran la estabilización del talud a estudio.
- Realizar el análisis de estabilidad de talud.
- Realizar una propuesta de mejoramiento como solución a la estabilización del talud ubicado en el Km 17+850 de la vía Nacional que comunica los municipios de Túquerres - Samaniego, en el departamento de Nariño.

## 4. Marco de Referencia

La ingeniería geotécnica es la rama de la ingeniería civil que se encarga del estudio de las propiedades mecánicas, hidráulicas e ingenieriles de los materiales provenientes de la tierra, esto implica que el profesional tiene como función investigar el suelo y las rocas por debajo de la superficie determinando sus propiedades, diseñando las cimentaciones para estructuras tales como edificios, puentes, centrales hidroeléctricas, además la Ingeniería Geotécnica es el área aplicada, que estudia y soluciona los problemas de la Ingeniería y del medio ambiente, generados como consecuencia a la continua intervención antrópica en el medio geológico. Gonzalez, L. (2002).

El objeto principal de la Ingeniería Geotécnica es evaluar los factores geológicos condicionantes de las obras de Ingeniería y que estos sean interpretados y tenidos en cuenta

convenientemente, para evitar o mitigar las consecuencias de los riesgos geológicos. GONZALEZ, L. (2002), “Ingeniería Geológica”. Editorial Prentice Hall.

Según INVIAS (1998). Estabilidad de Taludes. Editorial ECI, la situación geológica, geotécnica, hidrológica y ambiental de Colombia tiene como resultado la ocurrencia de gran cantidad de movimientos en las vías los cuales son muy variados y además tienen distintas soluciones dependiendo de en qué unidad geológica se presenten.

#### **4.1 Origen y formación de los suelos**

Según BOWLES, J. (1996), “Foundation Analysis and Design” 5th Edition, McGraw-Hill. “Normas Colombianas de Diseño y Construcciones Sismo Resistentes NSR-10”. Los suelos tienen su origen en los macizos rocosos preexistentes que constituyen la roca madre, sometida a la acción ambiental disgregadora de la erosión en sus tres facetas:

Física, debida a cambios térmicos y a la acción del agua. Estas acciones físicas tienden a romper la roca inicial y a dividirla en fragmentos de tamaño cada vez más pequeño, que pueden ser separados por la roca por agentes activos y llevados a otros puntos en los que continua la acción erosiva.

Química, originada por fenómenos de hidratación, disolución, oxidación, cementación, etc. Esta acción, por lo tanto, tiende tanto a disgregar como a cementar, lo que quiere decir que puede ayudar a la acción física y posteriormente, cementar los productos formados, dando unión química a las partículas pequeñas, que se forman, aunque la mayor parte de las veces contribuye más a destruir y transformar que a unir.

Biológica, producida por la actividad bacteriana, induciendo putrefacciones de materiales orgánicos y mezclando el producto con otras partículas de origen físico-químico, actuando de elemento catalizador.

Todo ello da a lugar a fenómenos de disgregación y transformación de la roca, creándose el perfil de meteorización. En este perfil la roca madre ocupa la parte más baja y alejada de la superficie, y el suelo la más alta. Cuando el suelo permanece si ser transportado, se le conoce como suelo residual, y cuando ha sufrido transporte, formando depósitos coluviales, aluviales, etc., se denomina suelo transportado.

**4.1.1 Suelos Transportados** Bowles, J. (1996), “Foundation Analysis and Design” 5th Edition, McGraw-Hill. “Normas Colombianas de Diseño y Construcciones Sismo Resistentes NSR-10”.

Afirma que

Los depósitos sedimentarios se forman por la acción de los procesos geomorfológicos y climáticos, destacando el medio de transporte y la meteorización. Los distintos medios de sedimentación originan una serie de depósitos cuyas características geotécnicas están relacionadas con las condiciones de formación de estos sedimentos.

Depósitos coluviales

Son materiales transportados por gravedad, la acción del hielo y deshielo y, principalmente, por el agua. Su origen es local, producto de la alteración in situ de las rocas y posterior transporte como derrubios de ladera o depósitos de soliflucción. Su composición depende de la roca que procede, estando formados por fragmentos angulares y heterométricos, generalmente de tamaño grueso, englobados en un matriz limo arcilloso.

Tienen una gran importancia geotécnica cuando se trata de masas inestables. La resistencia de estos materiales es baja, sobre todo en la zona de contacto con el estrato rocoso, y cuando se desarrollan altas presiones intersticiales como consecuencia de lluvias intensas.

#### Depósitos aluviales

Son materiales transportados y depositados por el agua. Su tamaño varía desde la arcilla hasta las gravas gruesas, cantos y bloques. Las facies más gruesas presentan bordes redondeados. Se distribuyen en forma estratiforme, con cierta clasificación, variando mucho su densidad. Están muy desarrollados en los climas templados, ocupando cauces y valles fluviales, llanuras y abanicos aluviales, terrazas y paleocauces.

Son suelos muy anisotrópicos en su distribución, con propiedades geotécnicamente variables, estrechamente relacionadas con la granulometría. Su continuidad es irregular, pudiendo tener altos contenidos en materia orgánica en determinados medios. La permeabilidad depende de la granulometría. Generalmente presentan un nivel freático alto.

#### **4.1.2 Suelos no transportados**

##### Suelos residuales

Se originan cuando los productos de la meteorización no son transportados como sedimentos, sino que se acumulan en el sitio en que se van formando. Si la velocidad de descomposición de la roca supera a la de arrastre de los productos de la descomposición se produce una acumulación de suelo residual. Entre los factores que influyen en la velocidad de alteración de la naturaleza de los productos de la meteorización están el clima (Temperatura y lluvia), la naturaleza de la roca

original, el drenaje y la actividad bacteriana. El perfil de un suelo residual puede dividirse en tres zonas:

a) la zona superior, en la que existe un elevado grado de meteorización, pero también cierto arrastre de materiales.

b) la zona intermedia en cuya parte superior existe una cierta meteorización, pero también cierto grado de deposición hacia la parte inferior de la misma.

c) la zona parcialmente meteorizada que sirve de transición del suelo residual a la roca original inalterada.

Los suelos residuales se desarrollan principalmente, en condiciones tropicales húmedas, de meteorización química intensa, algunos autores los denominan suelos tropicales; sin embargo, debe tenerse en cuenta que los suelos residuales también se encuentran en zonas no tropicales, aunque en menor proporción. Las propiedades de los suelos residuales varían de una región a otra, debido a la naturaleza heterogénea de los ambientes tropicales. La meteorización está controlada por el clima regional, el relieve y la litología de la roca y estos factores varían de sitio en sitio. El comportamiento de los suelos residuales y las rocas blandas en el caso de los deslizamientos, difiere del de las rocas duras y del de los suelos transportados. La meteorización o la falta de litificación traen como resultado, un material con discontinuidades o superficies de debilidad y con posibilidad de movimiento por desplazamiento, a lo largo de las discontinuidades y/o por rotura al cortante o a tensión a través de la matriz del material.

## 4.2 Tipos de movimientos

Desprendimientos o caídos

Según (García Yagüe y García Álvarez, 1988). El desprendimiento se origina por el despegue de una masa de suelo o roca de una pared empinada o acantilado. El movimiento tiene lugar mediante caída libre y posterior rebote o rodadura. Es frecuente que al impactar contra la superficie del terreno, la masa caída se rompa en multitud de fragmentos. El movimiento es muy rápido.

La rotura suele producirse por deslizamiento o vuelco de pequeña envergadura, proporcionando a la masa despegada una velocidad inicial. La propagación de los desprendimientos en laderas con pendientes superiores a los  $76^\circ$  se produce preferentemente por caída libre, por debajo de este ángulo los impactos contra el terreno son frecuentes mientras que en laderas de menos de  $45^\circ$  la propagación se realiza por rodadura y, eventualmente, por deslizamiento. Las caídas con una trayectoria básicamente vertical de abrigos desarrollados en acantilados por la socavación efectuada por un río, el oleaje o la meteorización y disgregación de las rocas a su pie son consideradas colapsos (García Yagüe y García Álvarez, 1988).

El material caído, una vez desparramado por la ladera, no suele experimentar nuevos movimientos. Cuando las caídas son frecuentes, los bloques se acumulan al pie de los escarpes rocosos formando canchales que ocasionalmente experimentan roturas y originan corrientes de derrubios (Van Steijn et al. 1988). El área fuente de desprendimientos es de difícil acceso. Por este motivo, aunque es posible la sujeción de los bloques en origen, el tratamiento suele consistir en la interposición de obstáculos en el recorrido (pantallas dinámicas, zanjas). En ocasiones, los desprendimientos rocosos son fenómenos precursores de roturas de ladera de grandes proporciones.

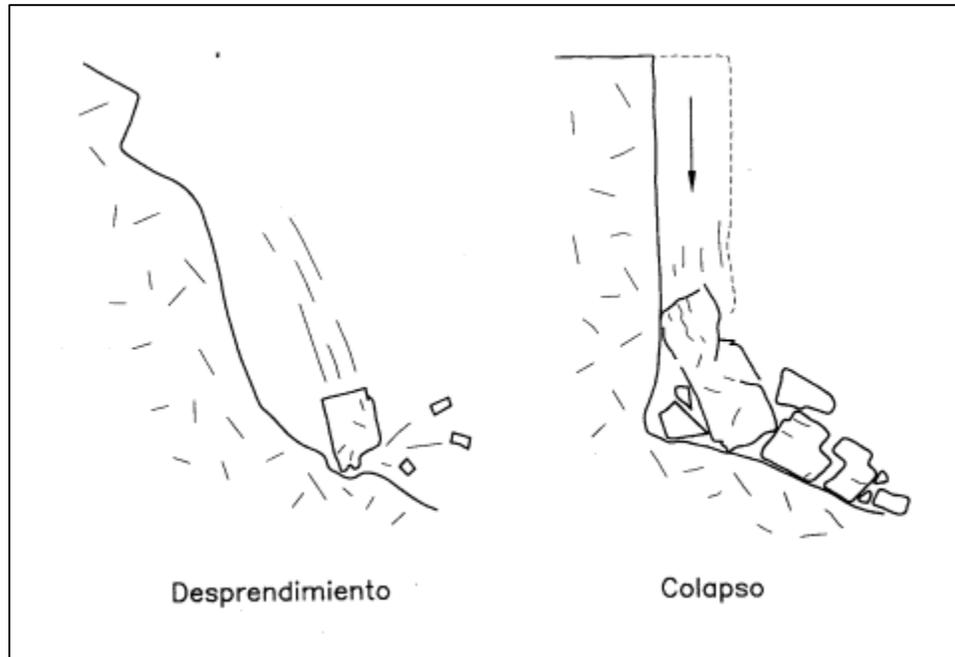


Figura 7. Mecanismos de desprendimiento y colapso

Fuente: Corominas y García Yagüe, 1997.

#### Vuelcos (topples)

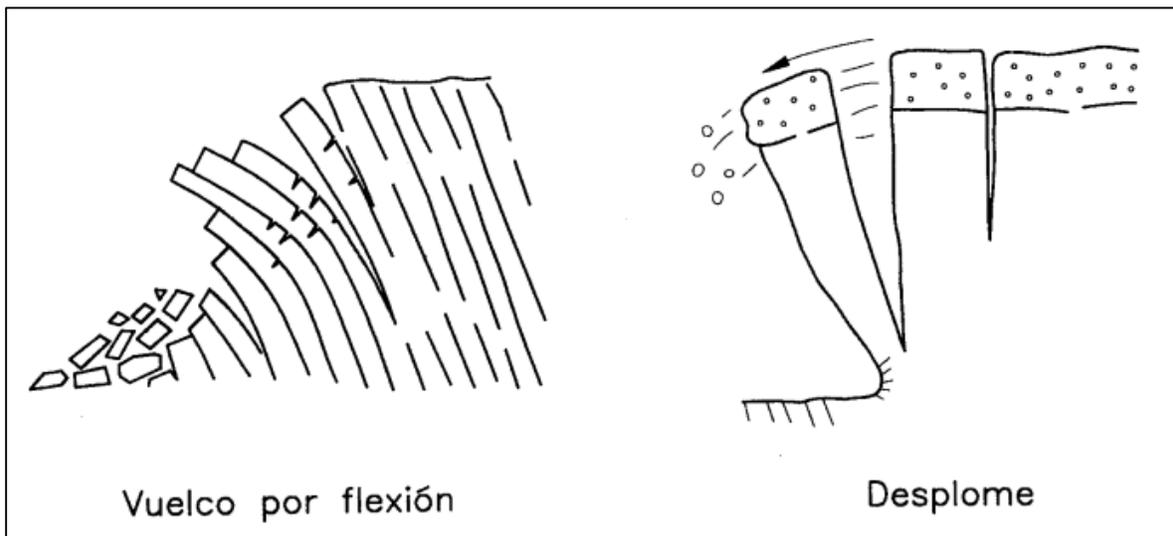
Es la rotación hacia delante y hacia el exterior de la ladera, de una masa de suelo o roca alrededor de un eje situado por debajo de su centro de gravedad. La fuerza desestabilizadora es la gravedad así como el empuje ejercido por el terreno adyacente o los fluidos (agua o hielo) en las grietas. Dentro del mecanismo de vuelco pueden distinguirse dos procesos:

#### Vuelco por flexión (flexuraltoppling)

Tiene lugar en rocas con un sistema preferente de discontinuidades, formando vigas semicontinuas en voladizo (Goodman y Bray, 1976). Las columnas continuas cuando se doblan hacia delante, rompen por flexión. Este tipo de movimiento es característico en esquistos, filitas, pizarras y en secuencias rítmicas finamente estratificadas (facies flysch).

### Desplome

La parte movida cae con un movimiento brusco de giro, al menos inicial, apoyado en su base externa. Estos movimientos se producen en bordes acantilados rocosos o de materiales arenocillicos compactados. Si la ladera es empinada, las roturas por vuelco pueden transformarse en caídas.



*Figura 8. Mecanismos de vuelco*

Fuente: Corominas y García Yagüe, 1997

### Deslizamientos (slides)

Es un desplazamiento ladera abajo de una masa de suelo o roca, que tiene lugar predominantemente sobre una o más superficies de rotura, o zonas relativamente delgadas con intensa deformación de cizalla. Elementos característicos de este tipo de movimiento son la presencia de superficies de rotura definidas y la preservación a grandes rasgos de la forma de la masa desplazada.

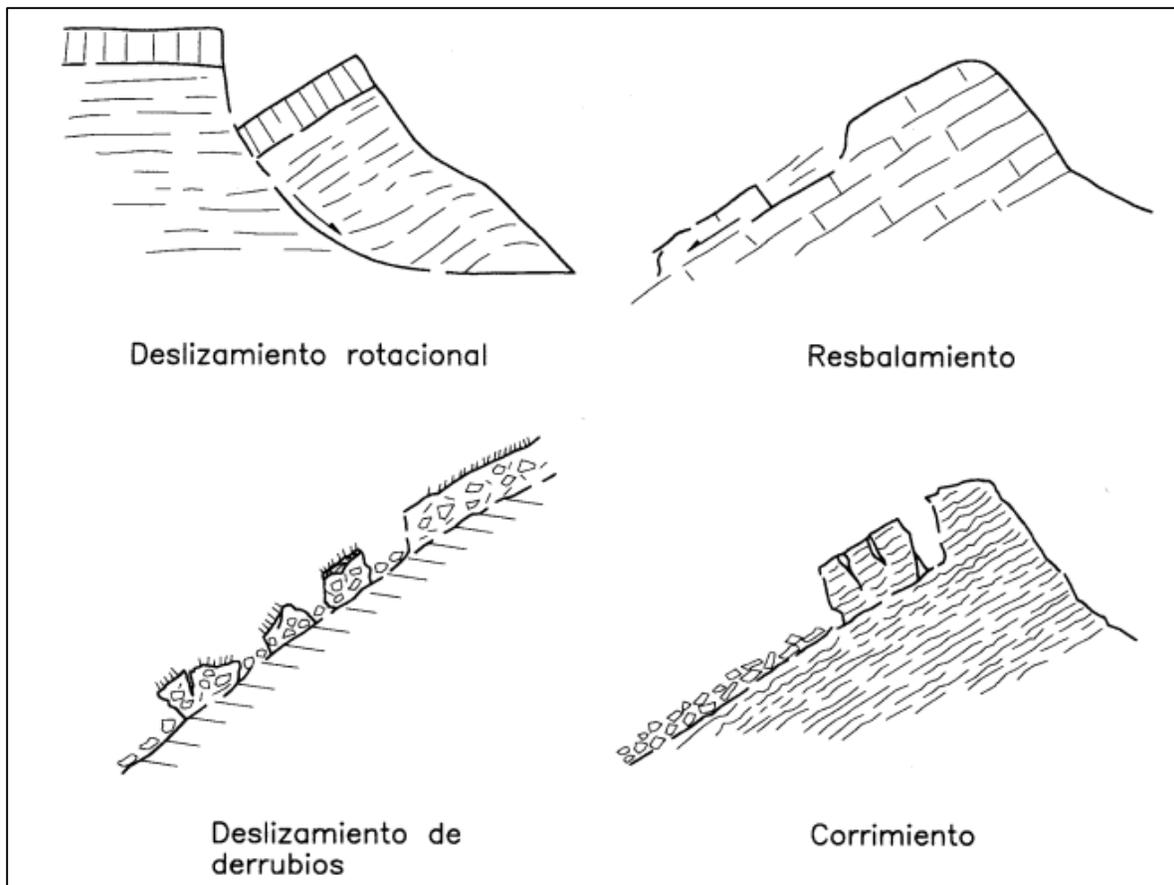


Figura 9. Tipos de deslizamiento

Fuente: Corominas y García Yagüe, 1997

#### Deslizamientos rotacionales (rotational slides, slumps)

La rotura se produce a lo largo de una superficie curvilínea y cóncava. El terreno experimenta un giro según un eje situado por encima del centro de gravedad de la masa deslizada. El material de cabecera efectúa una inclinación contra ladera, generando depresiones donde se acumula el agua e induce nuevas reactivaciones. Este tipo de mecanismo es característico de suelos cohesivos homogéneos y de macizos rocosos intensamente fracturados. En materiales arcillosos, especialmente si hay presencia de agua, el pie puede evolucionar hacia un deslizamiento de tierras o colada de tierras.

Los deslizamientos rotacionales, una vez producidos, son susceptibles de reactivación. El movimiento tiende a estabilizarse por disminución del momento de giro y aumento del momento estabilizador, no obstante, cualquier cambio en las condiciones piezométricas o la remoción del pie pueden dar lugar a una nueva inestabilidad. Un diagnóstico equivocado de la geometría puede llevar a la adopción de medidas de estabilización ineficaz e incluso contraproducente.

#### Deslizamientos traslacionales (translational slides)

Tiene lugar a lo largo de una superficie de rotura plana o ondulada. La masa deslizada puede proseguir por la ladera. Los componentes de la masa desplazada se mueven a la misma velocidad y siguen trayectorias paralelas. A medida que un deslizamiento traslacional progresa puede romperse, en particular si aumenta la velocidad. Entonces, la masa disgregada deviene un flujo.

(García Yagüe, 1966) deslizamientos planos (Hoek y Bray, 1981). Afirma que los Deslizamientos traslacionales de bloques de suelo o roca sin apenas trocearse, sobre superficies únicas en macizos rocosos se han denominado resbalamientos. Cuando la superficie de rotura está formada por dos planos que obligan a la masa rocosa contenida a desplazarse según la línea de intersección, se forma un deslizamiento en cuña. Las roturas de cuñas no suelen alcanzar grandes dimensiones debido a que la intersección de planos de gran penetración en el macizo rocoso es infrecuente. Deslizamientos en los que la masa desplazada se trocea en su movimiento descendente y resulta una acumulación caótica de bloques al pie de la ladera, se denominan corrimientos (García Yagüe, 1966). Cuando la rotura por cizalla tiene lugar en suelos no cohesivos constituidos por partículas gruesas, se denominan deslizamientos de derrubios (debris slides).

Mientras que la rotación tiende a restablecer el equilibrio en la masa desplazada, el deslizamiento traslacional puede mantenerse indefinidamente si la superficie de rotura es lo suficientemente inclinada y continua.

### Flujos (flows)

Son movimientos espacialmente continuos en los que las superficies de cizalla tienen corta vida, se encuentran muy próximas y generalmente no se conservan. La distribución de velocidades en la masa desplazada se parece a la que se presenta en un fluido viscoso. Por este motivo, la masa movida no conserva la forma en su movimiento descendente, adoptando a menudo, formas lobuladas cuando interesan a materiales cohesivos y desparramándose por la ladera o formando conos de deyección cuando afectan a materiales granulares.

Existe una gradación desde los deslizamientos a los flujos dependiendo del contenido de agua, movilidad y evolución del movimiento. Un deslizamiento de derrubios puede convertirse en una corriente o avalancha de derrubios a medida que el material pierde cohesión, incorpora agua y discurre por pendientes más empinadas.

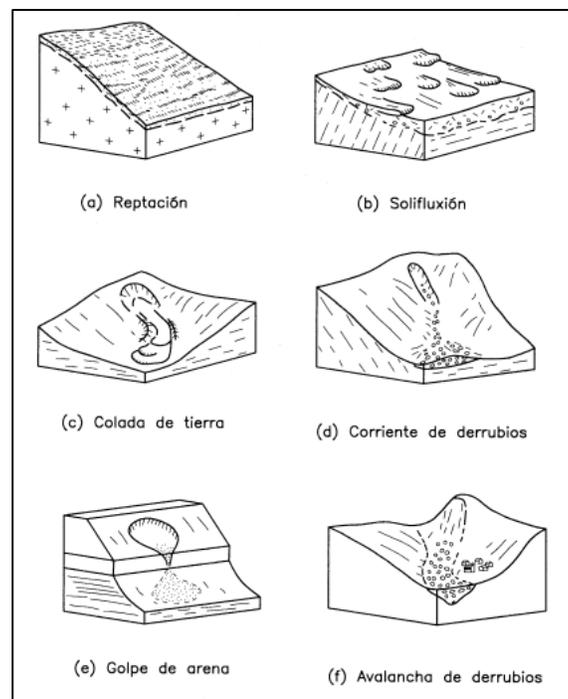


Figura 10. Movimientos de flujo

Fuente: Corominas y García Yagüe, 1997

### Reptación (creep)

Según (Sharpe, 1938), La reptación es un movimiento extremadamente lento que es imperceptible excepto para largos períodos de tiempo. No muestra superficies de cizalla definidas. El término reptación se ha utilizado en diversos sentidos en estudios sobre la estabilidad de las laderas, como por ejemplo: (1) desplazamiento estacional de partículas aisladas o delgadas capas de suelo por efecto de la gravedad con la ayuda de ciclos de hielo-deshielo o humectación-desección. Al helarse el suelo se expande para contraerse durante la fase de deshielo generando el desplazamiento neto de las partículas según la pendiente de la ladera. Los movimientos disminuyen progresivamente con la profundidad; (2) desplazamiento muy lentos pero continuos a gran profundidad. Está relacionado con el concepto ingenieril de fluencia, que ocurre esencialmente a tensión constante por debajo de la resistencia límite del material involucrado. (Hutchinson, 1988; Selby, 1993)

Zischinsky (1966) considera que la reptación por fluencia es un mecanismo importante en la deformación de laderas de alta montaña; (3) desplazamientos, inicialmente muy lentos, que se aceleran progresivamente y que preceden a la rotura de la ladera. Este tipo de reptación ha sido incluido dentro del grupo de deformaciones previas a la rotura. Unas formas atribuidas a los fenómenos de reptación son las terracillas que aparecen en las vertientes de alta montaña en ambientes periglaciares. La velocidad de desplazamiento del suelo es lo suficientemente lenta para que la vegetación de los prados alpinos resista y crezca al mismo tiempo que el avance de las partículas, dando lugar a guirnaldas herbáceas paralelas a las curvas de nivel (Corominas, 1989).

### Coladas de tierra (earthflows)

(Corominas y Alonso, 1984; Ayala et al. 1987). Afirman que es la deformación plástica, lenta y no necesariamente muy húmeda, de tierra o rocas blandas (flysch, pizarras, filitas), en laderas de

inclinación moderada. Cuando predominan los materiales cohesivos con un elevado contenido de limos y arcillas, se les denomina coladas de barro (mudflows) En este caso, adoptan una forma elongada, lobulada en el pie (lengua), formando un volumen positivo sobre la superficie original del terreno. El estiramiento del material y el correspondiente cambio de forma caracterizan el movimiento como un flujo.

En numerosas ocasiones se ha observado que las coladas de tierra y de barro tienen su inicio al pie de deslizamientos. Algunos autores han observado que algunas formas de coladas de barro progresan principalmente por deslizamiento sobre superficies de cizalla con moderada deformación interna (Hutchinson, 1988), en este caso se denominan deslizamiento de tierras (earthslides, mudslides).

#### Soliflucción (solifluction)

(Ferrer, 1988). Término utilizado a menudo para describir deformaciones de pequeñas dimensiones en suelos cohesivos y de poco espesor, que dan lugar a formas lobuladas. Contienen superficies de cizalla de poca extensión. La soliflucción abunda en ambientes periglaciares donde la fusión estacional del hielo en el terreno provoca el aumento de las presiones de agua en los poros, dando lugar al movimiento del material superficial, limitado en profundidad por la capa activa puede ser considerada como una colada de tierras de pequeñas dimensiones.

#### Corriente de derrubios (debrisflows)

Son movimientos rápidos de material detrítico en el que predomina la fracción gruesa, es decir, arenas, gravas y bloques. El contenido de agua es elevado y la fracción sólida puede llegar a constituir el 80% en peso de la masa en movimiento. La corriente puede bajar tanto por laderas abiertas como canalizada por vaguadas u hondonadas del terreno dando lugar a morfologías diferentes. Debido a la baja de cohesión de sus componentes, se desparrama en la parte inferior de

las laderas sin generar un depósito de forma específica, pero cuando se canaliza por barrancos suelen dar lugar a conos de deyección.

Golpes de arena y limo (sand and siltflows)

Según (García Yagüe y García Álvarez, 1988). La Movilización brusca de estos materiales, a veces en estado seco Normalmente se producen por colapso estructural por efecto de una sacudida sísmica o al iniciarse la rotura del suelo por deslizamiento.

Avalanchas, aludes (avalanches, sturzstroms)

Movilización de grandes masas de tierra, fragmentos de rocas o derrubios a gran velocidad, en ocasiones, superiores a los 50 m/s. El término avalancha no implica necesariamente un mecanismo distinto al de los previamente definidos en otros flujos como las corrientes de derrubios. De todos modos su gran velocidad ha sugerido la existencia de otros mecanismos como el flujo granular turbulento, el desplazamiento sobre colchones de aire o la transferencia de momentos entre las partículas en movimiento. Igual que ocurre con los desprendimientos, el relieve es el que condiciona que la rotura de grandes volúmenes de roca o suelos derive hacia una avalancha o se mantenga como un deslizamiento o una corriente. En las avalanchas de derrubios, por el contenido de agua o por efecto de la pendiente, el conjunto puede licuarse, al menos parcialmente, fluir y precipitarse hacia abajo, a menudo a través de una vaguada, alcanzando grandes distancias, a veces, decenas de kilómetros.

### **4.3 Análisis de estabilidad**

La estabilidad de taludes generalmente ha sido estudiada a partir de métodos basados en el equilibrio límite. En este tipo de análisis, no se requiere conocer el comportamiento de esfuerzo y

deformación de los materiales que conforman el talud de análisis. Sin embargo, es necesario tener un conocimiento adecuado de parámetros que se determinan la resistencia del suelo (peso, fricción y cohesión).

Según los preconceptos de la teoría del equilibrio limite, la estabilidad de los taludes es determinada a partir del cálculo del factor de seguridad  $n$  en la región del talud que presenta la mayor vulnerabilidad al deslizamiento. Esta región crítica está limitada por la superficie de falla que presenta el menor  $n$ . debido a lo anterior, se requieren métodos que puedan evaluar todas las posibles zonas y encontrar la que representa menor seguridad en el análisis.

(SUAREZ, 1998) En términos generales, el concepto de seguridad se conoce como la división de la resistencia entre la sollicitación del sistema:

$$n = \frac{\textit{Resistencia}}{\textit{Solicitación}}$$

Excepto en los casos en los que la geometría de las posibles superficies de deslizamiento permite el uso de métodos exactos, los métodos de cálculo empleados son, casi siempre, métodos de dovelas.

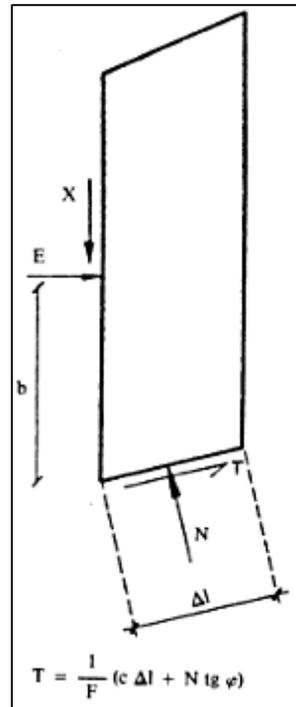


Figura 11. Sistemas de fuerzas actuantes sobre una dovela

Fuente: Manual de ingeniería de taludes, instituto geológico y mineralógico de España

### 4.3.1 Principales métodos de dovelas

#### Métodos aproximados

Método simplificado de Bishop (1955)

Supone que las fuerzas en las caras laterales son horizontales o, lo que es lo mismo, que los valores de  $x$  son nulos. Sólo satisface el equilibrio de momentos y no el de fuerzas horizontales.

Es un método de aplicación a líneas de rotura circulares.

Método ordinario de Fellenius (1927)

Se basa en la suposición de que la resultante de las fuerzas laterales en las caras de las rebanadas actúa paralelamente a la base de las mismas. Solo satisface el equilibrio de momentos.

Análogamente solo tiene aplicación a superficies de rotura circulares.

Método de Janbu (1954)

Supone conocidos  $n-1$  valores de  $b$ , posiciones de los empujes a las caras de las dovelas. Es de aplicación a líneas de rotura cualesquiera. No cumple el equilibrio de momentos y si el de fuerzas.

### **Métodos precisos**

Método de Morgenstern-Price (1965)

Es un método de aplicación a líneas de rotura cualesquiera. Se basa en la suposición de que la relación entre las fuerzas tangenciales y normales en las caras laterales de las dovelas se ajusta a una función, que es preciso definir previamente, multiplicada por un parámetro.

Este parámetro es la incógnita que completa el problema. El método satisface todas las ecuaciones de equilibrio.

Método de Spencer (1967)

Análogo al anterior, considerando como función una constante, que constituye el parámetro necesario para completar el problema.

**4.3.2 Conclusiones de los métodos de dovelas** Al existir varios métodos es inevitable realizar una comparación entre ellos, fundamentalmente entre precisos y aproximados, para discernir cuales son los más útiles en la práctica, por su exactitud y economía.

Esto ha sido realizado por varios autores entre ellos Whitman & Bailey (1967). El método más exacto y también el más complejo es el de Morgenstern-Price, considerándolo como referencia los autores concluyen que el método de BISHOP presenta errores máximos del 7%, siendo lo más normal del 2%. En contraste, el método de Fellenius puede originar graves errores, hasta de un 40%.

En la práctica, el método de Morgenstern-Price resulta mucho más laborioso en su aplicación, por lo que su utilización se ve relegada a casos muy especiales o a temas relativos a la comprobación de otros métodos más simplificados.

## 5. Metodología

Teniendo en cuenta las características y descripción del mejoramiento vial que se realizó del trabajo de profundización, se planteó para su ejecución una metodología de trabajo que consistió inicialmente en:

Consulta de la información de referencia de documentos técnicos elaborados en el área del proyecto y sectores cercanos por entidades oficiales y privadas. INVIAS (1998). Estabilidad de Taludes. Editorial ECI.

Consulta de documentos referentes a las obras de estabilización de talud en el sector km17+850 las cuales fueron suministrada por la interventoría G-I, quien tuvo a cargo la interventoría técnica, administrativa y financiera del proyecto vial en la carretera Túquerres – Samaniego. INVIAS (2011). Estabilidad de Taludes. Editorial ECI.

Dentro de la información existente se evidenciaron las siguientes actividades:

Trabajos en campo

Levantamiento topográfico

Exploración Geotécnica y Geológica

Con el Instituto INVIAS (1998). Estabilidad de Taludes. Editorial ECI. Esta información posteriormente fue procesada para la elaboración donde se obtuvo los siguientes productos:

Secciones típicas de la zona de estabilidad de talud

Geología de la zona de estudio

Sección típica del talud proyectado con obras de estabilización

Se propuso las alternativas de protección entre las cuales se plantearon estructuras de contención y retención, sistemas de drenaje y subdrenaje, y otros tipos de obras geotécnicas.

Una vez analizadas las diversas alternativas, se escogieron las que presentaban un mejor comportamiento de la siguiente manera:

Análisis de estabilidad con las obras planteadas

Se elaboraron modelos de software para determinar la estabilidad de los taludes con las obras planteadas.

Diseño de las obras de estabilización

Para cada una de las obras escogidas se elaboraron esquemas a detalle y se localizaron en el plano topográfico.

Cantidades de Obra

Se proyectaron cantidades aproximadas de las obras de estabilización propuestas.

## 6. Descripción de las actividades realizadas

### 6.1 Localización

El presente documento contiene los resultados del diseño geotécnico y estructural para el sitio inestable localizado en el K17+850 de la vía Túquerres - Samaniego; como se muestra en la Figura 10:

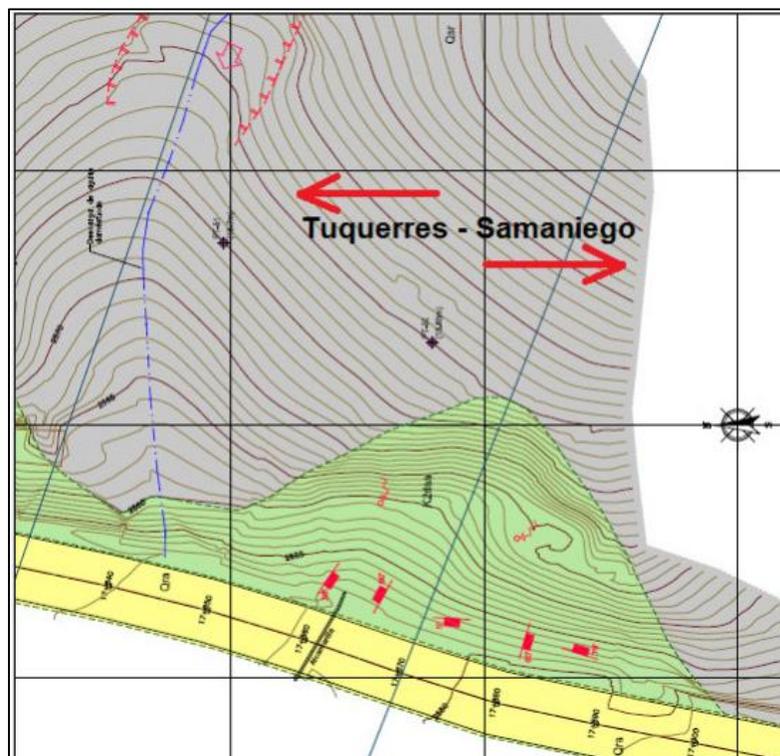


Figura 12. Localización del sitio inestable

Fuente: Geotecnia y Cimentaciones – Compañía de Diseño

### 6.2 Descripción general del sitio de estudio

El área general de estudio hace parte del Altiplano Nariñense y de la Cordillera Occidental, en el sector suroccidental de Colombia. La Cordillera Occidental está constituida principalmente por rocas volcánicas y sedimentarias de edad cretácica que han sido divididas en dos grupos: El Grupo Diabásico y el Grupo Dagua. El Altiplano Nariñense conforma la morfología de la parte oriental del área y está relacionado al desarrollo de la actividad volcánica del volcán Azufral, la cual inicia con derrames lávicos de composición andesítica y depósitos piroclásticos de flujo y caídas.

### **6.3 Estratigrafía**

De acuerdo con los estudios geológicos regionales y los reconocimientos de campo, en el corredor vial estudiado se presentan principalmente rocas volcánicas con edades del Cretáceo al Terciario cubierta por extensos depósitos piroclásticos recientes, tal como se muestra en la Figura 11.

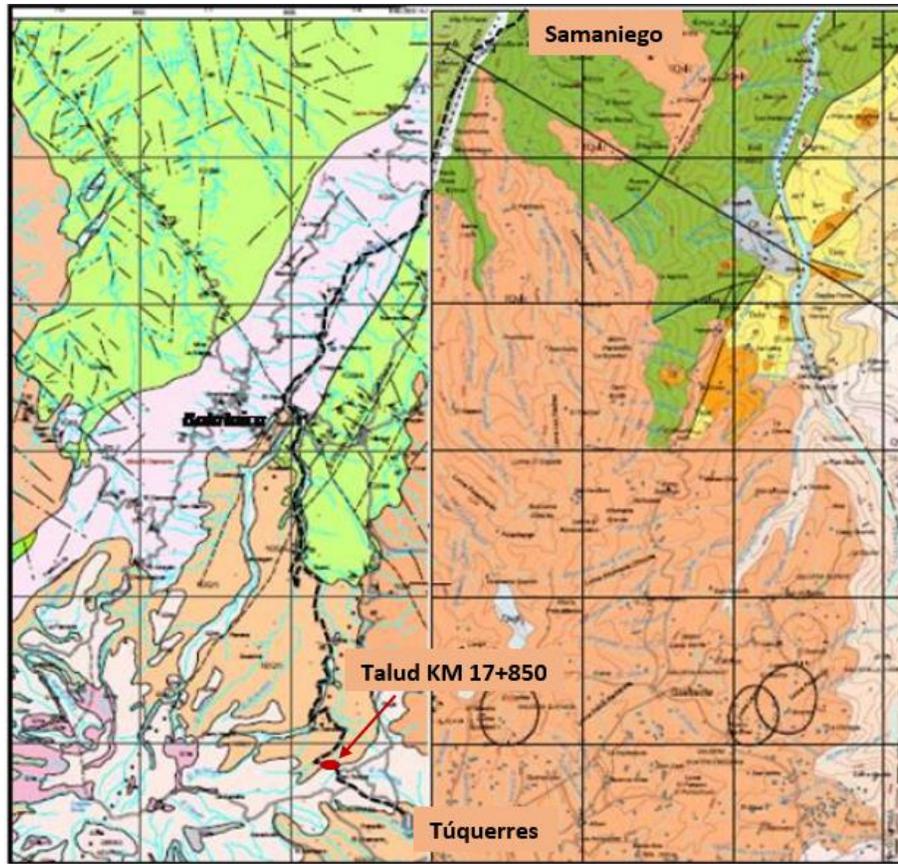


Figura 13. Geología General de la Vía Túquerres-Samaniego (Nariño)

Fuente: Servicio Geológico Colombiano - Plancha 429 – Pasto, INGEOMINAS, 1984.

La nomenclatura de las unidades cartografiadas se realizó por correlación con las unidades definidas el Servicio Geológico Colombiano antes INGEOMINAS.

A continuación se describen las unidades presentes en el sitio de estudio en orden de la más joven a la más antigua.

#### Cuaternario

- Depósito de Suelo Residual (Qsr) Limo de color amarillo y café con fragmentos de roca, tamaño grava media oxidados y alterados. INGEOMINAS, 1984.

- Depósito de Relleno Antrópico (Qra) Depósito conformado por materiales seleccionados para la conformación de la estructura de la vía. INGEOMINAS, 1984.

Cretáceo

- Grupo Dagua (K2daa)
- Diabasas de color gris verdoso, con planos de fracturas oxidados de color café, duros al centro fracturadas meteorizadas. INGEOMINAS, 1984.

**6.3.1 Estructuras** El área de estudio se localiza al sur del Departamento de Nariño, en cercanías de la frontera con Ecuador, sobre la Cordillera Occidental, al occidente de la Depresión Cauca – Patía, con un estilo estructural complejo con predominio de fallas de ángulo alto de dirección nor – norestre. INGEOMINAS, 1984.

**6.3.2 Fallas** Las principales estructuras corresponden al Sistemas de Fallas Cauca – Patía, el cual presenta una dirección promedio N35°E afectando las rocas del Cretáceo del Grupo Dagua y ejerciendo control estructural al cauce del río Pacual, desde el sector de Balalaica hasta Santa Rosa. Algunos autores reportan evidencia de actividad reciente. Se han inferido otras fallas en forma paralela al Sistema Cauca - Patía y otro sistema tiene una dirección promedio N30°W y cruza a la altura del sector de Balalaica. INGEOMINAS, 1984.

**6.3.3 Pliegues** El efecto tectónico del intenso fallamiento ha dado origen a una serie de plegamientos menores y microplegamientos que afectan principalmente las rocas del Grupo Diabásico.

**6.3.4 Diaclasamiento Regional** En los afloramientos de roca se realizó el levantamiento estructural de discontinuidades (diaclasas, y estratificación), con el fin de determinar los principales sistemas diaclasas que predominan y la definición de los diferentes tipos de fallas mediante el análisis cinemático para varios taludes de corte de la vía.

#### 6.4 Descripción del problema

En la zona de estudio, vía Túquerres – Samaniego entre las abscisas K17+840 a K17+900, en una longitud aproximada de 60 m, se presentan dos problemas de estabilidad en el corredor (Ver figura 4).



Figura 14. Panorámica del sitio inestable del KM17+850

El primero de ellos, se produce debido a la deposición de aguas domiciliarias de las viviendas de la parte alta de la montaña, las cuales son descargadas al talud sin ningún tipo de manejo hasta las obras hidráulicas de la vía. El efecto de estas descargas generó un deslizamiento de tipo

rotacional retrogresivo el cual se evidencia con un escarpe de aproximadamente 1.50m de altura; lo anterior se asocia a la saturación de los materiales que componen el talud por la no conducción adecuada de las aguas (ver figura 15).



Figura 15. Escarpe producto de la descarga de aguas domiciliarias KM17+850

El segundo evento corresponde a la caída de detritos del talud de corte interno de la vía, producto de los cortes que se realizaron para dar el ancho de la misma y la presencia de materiales meteorizados. Adicionalmente, se evidencia falta de manejo de las aguas superficiales (ver figura 11).



Figura 16. Área de Afectación de la Vía producto del corte de Talud KM17+850

Actualmente, el segundo problema se encuentra detenido puesto que ya se terminó con la intervención en el área, sin embargo se requiere garantizar la estabilidad del sitio mediante el tratamiento del talud superior y el manejo adecuado de las aguas de escorrentía.



*Figura 17.* Estado Actual de Talud KM17+850

Por lo anterior, se requieren de alternativas de estabilización encaminadas a los siguientes propósitos:

1. Control del factor detonante que es el agua, mediante la implementación de sistemas de drenaje que controlen la infiltración del agua y obras hidráulicas superficiales para el manejo y conducción adecuada de las aguas de escorrentía y domiciliarias.
2. Construcción de estructuras y/o elementos de contención que soporten y transmitan los empujes de tierras a estratos más competentes. Se recomienda además, adelantar el mantenimiento de las obras existentes y reparaciones necesarias en el sistema de cunetas y drenaje doméstico aledaño.

## **6.5 Trabajo de campo**

Con el propósito de definir las características geométricas del movimiento y caracterizar los tipos de materiales involucrados en el sitio inestable, se realizaron los siguientes trabajos de campo.

## **6.6 Levantamiento topográfico**

El levantamiento topográfico del sitio en estudio utilizado para este trabajo de profundización fue realizado por la firma constructora CONCAY S.A en el mes de mayo de 2015.

## **6.7 Exploración geotécnica**

Esta actividad fu desarrollado por la compañía de diseño y consultoría – Geotecnia y Cimentaciones, teniendo como objetivo la recuperación de muestras representativas de los materiales presentes en la zona del estudio, la interpretación de la distribución de éstos referida a su estratigrafía, así como la ejecución de ensayos de laboratorio que permitan obtener parámetros de caracterización geomecánica, fue definido un programa de exploración geotécnica. Con base en la información de referencia y la visita de campo, se programó la ejecución de dos (2) perforaciones. Simultáneamente con la realización de las perforaciones se realizó el ensayo de penetración estándar SPT. A continuación se relaciona la exploración ejecutada.

Tabla 1.

*Exploraciones Ejecutadas*

Exploración	Tipo	Profundidad (m)	Coordenadas	
			Norte	Este
PT-50	Percusión, Lavado y Rotación.	15.65	620555.146	935183
PT-51		15.70	620575.724	935190

Fuente: Geotecnia y Cimentaciones – Compañía de Diseño y Consultoría

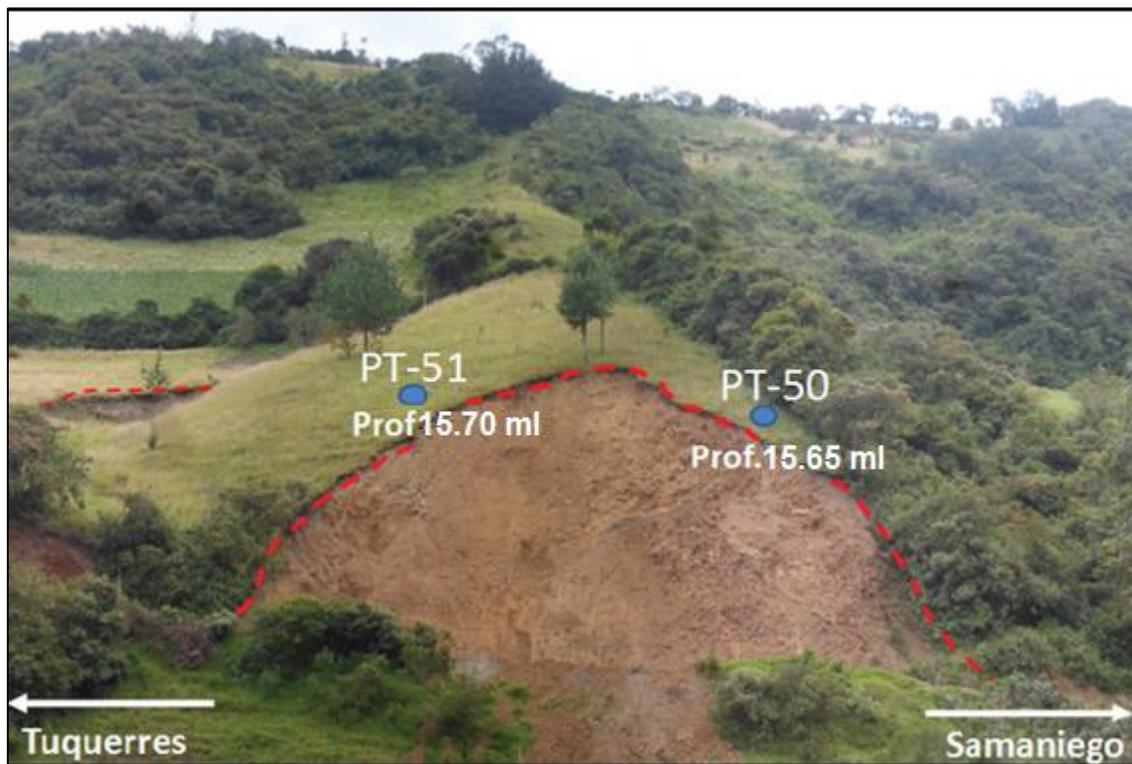


Figura 18. Sitio inestable KM17+850



*Figura 19.* Perforación PT-50 Caja 0.0 a 15.65 mts - KM17+850

Fuente: Geotecnia y Cimentaciones – Compañía de Diseño y Consultoría



*Figura 20.* Trabajo de Campo - Perforación PT-50 Caja 0.0 a 15.65 mts - KM17+850

Fuente: Geotecnia y Cimentaciones – Compañía de Diseño y Consultoría



*Figura 21.* Perforación PT-51 Caja 0.0 A 15.70 MTS - KM17+850

Fuente: Geotecnia y Cimentaciones – Compañía de Diseño y Consultoría

### **6.8 Ensayos de laboratorio**

Con el fin de establecer las propiedades geomecánicas de las capas representativas del perfil de suelo, se llevó a cabo un programa de ensayos de laboratorio sobre las muestras obtenidas en el trabajo de exploración (ver Tabla 2).

Tabla 2.

*Cantidades de Ensayos de Laboratorio*

Ensayo	Cantidad	Norma
Humedad Natural	1	INV E-122
Granulometría	5	INV E-123
Límites	5	INV E-125 Y E-126
Peso Unitario	1	INV E-142
Compresión inconfiada	1	INV E-1'52

Estos ensayos se realizaron teniendo en cuenta los fines específicos de este estudio. En la siguiente tabla se presenta un resumen de los resultados y en el Anexo 3 se presenta el soporte de resultados de los ensayos.

Tabla 3.

*Resultados de Ensayos de Laboratorio*

Muestra	$\omega$ (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	T#4 (%)	T#40 (%)	T#200 (%)	$\gamma$ (g/cm <sup>3</sup> )	qu (kg/cm <sup>2</sup> )	Veleta (kg/cm <sup>2</sup> )
PT50 M2		39	27	12	97.37	87.98	55.91			
PT50 M5		36	24	12	83.31	58.97	32.91			
PT50 M6		39	27	12	73.11	54.83	23.03		0.99	5.00
PT51 M3	28	42	27	15		99.90	97.86	1.88		
PT51 M5		34	22	12	80.53	57.86	38.99			

Fuente: Geotecnia y Cimentaciones – Compañía de Diseño y Consultoría

## 6.9 Caracterización de los parámetros geotécnicos

**6.9.1 Perfil estratigráfico** A partir de los registros del plan exploratorio, se tipificó el perfil estratigráfico, este perfil se definió para la realización de los análisis de estabilidad de las

soluciones propuestas. Las profundidades se encuentran referenciadas al nivel actual del terreno en donde se ejecutaron las perforaciones.

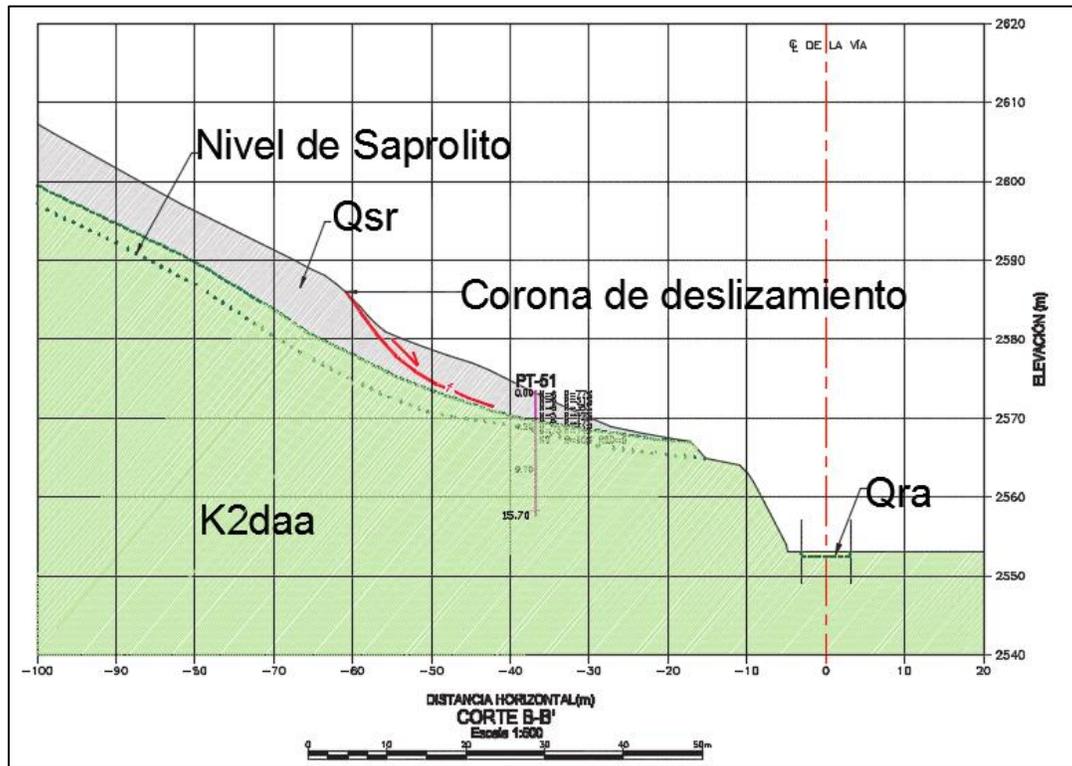


Figura 22. Perfil de Diseño

Fuente: Geotecnia y Cimentaciones – Compañía de Diseño y Consultoría

A continuación, se describen los estratos definidos por esta Consultoría, y los resultados de laboratorio para cada uno de ellos.

Tabla 4.

*Estratificación de la Zona de Estudio*

<b>1. 0.00 – 4.20m</b>	<b>Suelo residual (Qsr)</b>
	Limo de color amarillo y café con fragmentos de roca, tamaño grava media, oxidados y alterados. <b>Nspt:</b> 2 golpes/pie a Rechazo. $q_u$ ( $\text{kN/m}^2$ ) = 0.99 <b>w(%)</b> = 28, <b>LL(%)</b> =34 - 42, <b>LP(%)</b> =22 - 27, <b>IP(%)</b> =12 <b>T200(%)</b> =23-97, <b>Peso unitario (<math>\text{kN/m}^3</math>)</b> = 18.8 -19.0
<b>2. 4.20 a 5.40 m</b>	<b>Nivel de Meteorización (NM)</b>
	Saprolito de color gris verdoso, con planos de fracturas oxidados de color café, y fragmentos de diabasa altamente meteorizadas. <b>Nspt:</b> 50 golpes a Rechazo <b>Peso unitario (<math>\text{kN/m}^3</math>)</b> = 21.0
<b>3. &gt; 5.40 m</b>	<b>Grupo Dagua (K2daa)</b>
	Diabasas de color gris verdoso, con planos de facturas oxidados de color café, fracturadas y poco meteorizadas. <b>Nspt:</b> Rechazo <b>Peso unitario (<math>\text{kN/m}^3</math>)</b> = 21.0 $\phi=35^\circ$ , <b>C (<math>\text{kg/cm}^2</math>)</b> =3.5. <b>RQD</b> =9%-10%

Fuente: Geotecnia y Cimentaciones – Compañía de Diseño y Consultoría

**Nspt**= Datos obtenidos del ensayo del SPT (Ncampo).

**T200**= Porcentaje que pasa el tamiz No. 200

**w**= Humedad **Peso unitario**= Peso unitario

**LL**= Límite líquido **LP(%)**= Límite plástico **IP(%)**= Índice de plasticidad

$\phi$ = Ángulo de fricción

**C**= Cohesión

**qu** = Resistencia

### 6.9.2 Estimación de parámetros geotécnicos

Los estudios y análisis de caracterización geomecánica fueron realizados por la compañía de diseño Geotecnia y cimentaciones, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 5.

*Parámetros Geotécnicos de Referencia*

Material	Parámetro	SPT	Referencia Bibliografía	Retro cálculo
<b>Relleno Antrópico (Qra)</b>	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	---	---	19
	C (kPa)	---	---	5
	$\emptyset$ (°)	---	---	30
<b>Depósito de suelo residual (Qsr)</b>	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	---	19	19
	C (kN/m <sup>2</sup> )	0	25	25
	$\emptyset$ (°)	28	25	27
<b>Saprólito (K2daa)</b>	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	---	17 - 25	19
	C (kN/m <sup>2</sup> )	0	30 -50	35
	$\emptyset$ (°)	38	40 -45	32
<b>Roca fracturada (K2daa)</b>	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	---	17 - 25	20
	C (kN/m <sup>2</sup> )	---	30 -50	40
	$\emptyset$ (°)	---	40 -45	35

Fuente: Geotecnia y Cimentaciones – Compañía de Diseño y Consultoría

A continuación, se da explicación respecto a la manera como se definieron los valores para cada caso.

### 6.10 Propiedades de los suelos

La compañía de diseño y consultoría – Geotecnia y Cimentaciones, a partir de las muestras recuperadas y ensayadas en laboratorio bajo las normas INVIAS, se obtuvo la clasificación y los parámetros de resistencia geomecánica del suelo. Los ensayos se realizaron a partir de muestras obtenidas por medio de la prueba de penetración estándar. Como es sabido este no es el

procedimiento normalizado, pero se realiza con el fin de tener valores indicativos de la resistencia de los materiales. Igualmente se realiza recuperación por medio de equipo de rotación. Por medio de los ensayos de laboratorio pertinentes para cada caso, se establecieron las características particulares de clasificación y se calcularon los parámetros de resistencia. Ver anexo 3

### **6.11 Valores de Correlación con Ensayos de SPT**

La compañía de diseño y consultoría – Geotecnia y Cimentaciones, realizó la normalización del ensayo de penetración estándar, la corrección de los valores de campo obtenidos en el ensayo de SPT, según las metodologías usadas por los siguientes autores: Peck, Seed, Meyerhoff – Ishihara, LiaoWhitman, Skempton, Seed – Idriss, Schmertmann, González, Kishida, JRB, Shiou& Fukui, JNR, así como la estimación de parámetros de resistencia del suelo presente, a partir de correlaciones con este ensayo. Las memorias de normalización, ver anexo 4.

### **6.12 Valores Típicos Bibliografía de Consulta**

A partir de los valores reportados en la bibliografía de consulta y proyectos en los que la compañía de diseño y consultoría – Geotecnia y Cimentaciones ha trabajado en esta zona, se definieron los rangos de valores típicos de los parámetros geomecánicos para cada material que conforman el perfil estratigráfico.

### 6.13 Valores de Retrocálculo

La compañía de diseño y consultoría – Geotecnia y Cimentaciones, mediante retro-análisis numérico por metodología de equilibrio límite, determinó los parámetros de resistencia de los materiales existentes para lograr un Factor de Seguridad FS cercano a 1.0 (Equilibrio límite inestable – Condición de falla), teniendo en cuenta la sección más crítica, el análisis se realiza con una envolvente de resistencia de tipo Mohr-Coulomb (ver Anexo 4, figuras). Lo anterior permite que los parámetros de resistencia (ángulo de fricción  $\phi$  y cohesión  $c$ ) del suelo, generen una superficie de falla que describa adecuadamente el comportamiento actual. Para este análisis se utilizó el software SLIDE.

#### Definición de parámetros geotécnicos

Con los parámetros obtenidos de las cuatro fuentes descritas anteriormente; valores de la bibliografía de referencia, correlaciones con el ensayo SPT, resultados de laboratorio y los resultados del retro análisis, se definieron los siguientes parámetros geomecánicos, para el análisis y diseño de las obras de estabilización. Los parámetros para los materiales fueron definidos de acuerdo con el modelo del retro cálculo, el cual simula el estado de falla del material en la condición actual. Estos valores son consistentes con los parámetros definidos en obras diseñadas por la compañía de diseño y consultoría - Geotecnia y Cimentaciones en este sector.

Los parámetros definidos para los materiales se resumen a continuación:

Tabla 6.

*Parámetros Geotécnicos de Diseño*

Material	Parámetro	Diseño
<b>Relleno Antrópico (Qra)</b>	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	19
	C (kPa)	5
	$\emptyset$ (°)	30
<b>Depósito de suelo residual (Qsr)</b>	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	19
	C (kN/m <sup>2</sup> )	25
	$\emptyset$ (°)	27
<b>Saprólito (K2daa)</b>	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	19
	C (kN/m <sup>2</sup> )	35
	$\emptyset$ (°)	32
<b>Roca fracturada (K2daa)</b>	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	20
	C (kN/m <sup>2</sup> )	40
	$\emptyset$ (°)	35

Fuente: Geotecnia y Cimentaciones – Compañía de Diseño y Consultoría

## 7. Hidrogeología

Dado que los sectores de corte se desarrollan en rocas meteorizadas y fracturadas (según la localización), y no se tiene registro exacto de los niveles freáticos para este sector (ver registros de perforación), el modelo de análisis no se corrió con la influencia de la lámina de agua sino con el parámetro de presión de poros RU, el cual permite incluir el efecto de la presión de poros para las condiciones descritas anteriormente. Para los análisis de estabilidad se empleó un valor de Ru en los modelos realizados que varía de 0.20 y 0.30 de acuerdo con los valores típicos para el tipo de material correspondiente. Para el caso del sector donde se tiene la descarga de aguas domiciliarias,

se consideró el nivel de agua en superficie para los análisis, este nivel se abatirá con la construcción de las trincheras drenantes propuestas. (Geotecnia y Cimentaciones – Compañía de Diseño y Consultoría 2013)

## 8. Sísmica

En el informe de Geología y Geotecnia del presente proyecto se realizó el análisis detallado de la sísmica del sector. A continuación, se presenta la información general de la zona de estudio. De acuerdo a la Clasificación de amenaza descrita las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente - NSR-10, para el sector en estudio se considera al área del proyecto una zona de amenaza sísmica Alta, con un coeficiente de aceleración sísmica ( $A_a$ ) de 0.25. Para el presente diseño se realizó la estimación de KST a partir de los lineamientos definidos en la NSR-10, con el objeto de alcanzar valores de factores de seguridad de diseño mínimos, reportados en la Tabla H.2.4-1 Factores de seguridad básicos mínimos directos. De acuerdo con lo anteriormente definido, el coeficiente de aceleración sísmica de diseño es 0.25g horizontal según la NSR-10 y se tomó una aceleración sísmica de diseño Vertical de 0.125g que constituye a  $\frac{1}{2}$  de la carga sísmica horizontal de acuerdo a Marcuson (1981), atendiendo al hecho de que gran parte del trazado está en la zona de influencia del Sistema de Fallas Cauca – Patía.

## 9. Sobrecarga

Se considera una sobrecarga producto del tráfico de 12 kN/m<sup>2</sup> para la vía.

## 10. Análisis de estabilidad de talud KM 17+850

Para el análisis del modelo geotécnico se utilizó el software para computador SLOPE/W, SLIDE los cuales son un producto de Software que utiliza la teoría de equilibrio límite para obtener los factores de seguridad al deslizamiento de los taludes y el Software PLAXIS 2D, el cual es un programa de ordenador de elementos finitos bidimensionales diseñado específicamente para la realización de análisis de deformación y estabilidad de problemas geotécnicos.

Para objeto del presente estudio se trabajó conjuntamente con los siguientes cuatro métodos:

- Método ordinario o de Fellenius
- Método Bishop simplificado
- Método de Janbú simplificado
- Método de Spencer

Los resultados de los factores de seguridad se presentan para cada uno de los métodos indicados.

### 10.1 Propiedades geotécnicas de diseño

Los parámetros para el diseño utilizados fueron los siguientes:

Tabla 7.

*Parámetros Geotécnicos de Diseño*

Material	Parámetro	Diseño
<b>Relleno Antrópico (Qra)</b>	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	19
	C (kPa)	5
	$\emptyset$ (°)	30
<b>Depósito de suelo residual (Qsr)</b>	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	19
	C (kN/m <sup>2</sup> )	25
	$\emptyset$ (°)	27
<b>Saprólito (K2daa)</b>	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	19
	C (kN/m <sup>2</sup> )	35
	$\emptyset$ (°)	32
<b>Roca fracturada (K2daa)</b>	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	20
	C (kN/m <sup>2</sup> )	40
	$\emptyset$ (°)	35

Fuente: Geotecnia y Cimentaciones – Compañía de Diseño y consultoría

Estas propiedades corresponden a un análisis que la compañía de diseño y consultoría – Geotecnia y Cimentaciones obtuvo a partir de la caracterización geomecánica del sector.

### 10.2 Factores de seguridad mínimos - Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente - NSR-10

Los factores de seguridad mínimos directos determinados por la NSR-10 son los siguientes:

Tabla 8.

*Factores de seguridad mínimos*

Condición	FSBM	FSBM
	Diseño	Construcción
Taludes – Condición estática y agua subterránea normal	1.50	1.25
Taludes – Condición pseudo-estática y agua subterránea normal y coeficiente sísmico de diseño	1.05	1.00

Fuente: Tabla H.2.4-1. F.S Básicos Mínimos Directos de la NSR-10

### 11. Análisis de estabilidad de talud KM17+850 condiciones iniciales

En la siguiente figura se muestra el factor de seguridad obtenido por la compañía de diseño y consultoría - Geotecnia y Cimentaciones, el cual se obtuvo un valor de 1.54.

Este valor fue obtenido a partir de unos parámetros de diseño en donde no se consideró un nivel freático y posterior a ello el consultor (Geotecnia y Cimentaciones) asume unos parámetros de aceleración sísmica de diseño horizontal de 0.24.

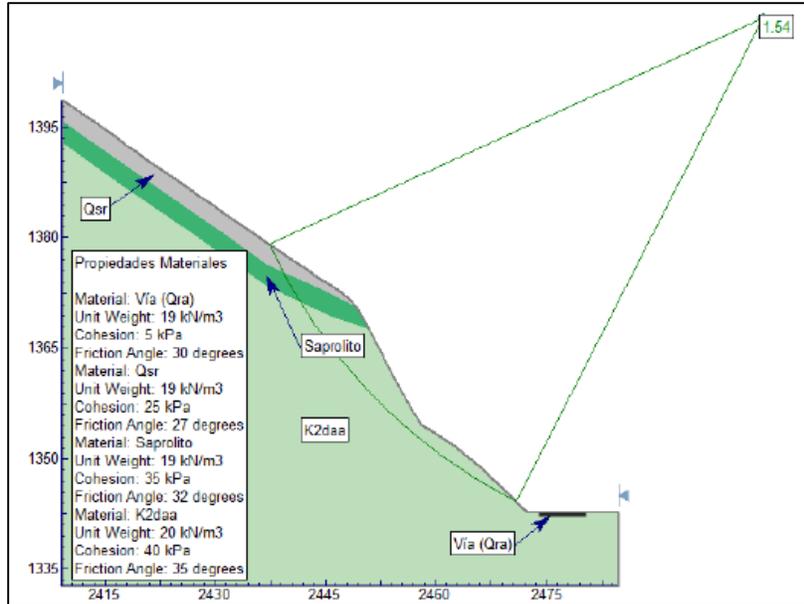


Figura 23. Análisis de estabilidad Estático, Estado Inicial-Consultor.

Fuente: Geotecnia y Cimentaciones – Compañía de Diseño – F.S 1.54

Tabla 9.

Resumen factores de Seguridad Software Slide – Geotecnia y Cimentaciones

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		CUADRO RESUMEN DE FACTORES DE SEGURIDAD (F.S)
		PROGRAMAS DE ESTABILIDAD DE TALUDES
		SLIDE SIN ANCLAJE - ESTADO INICIAL
		CORTE C-C SIN NF
DESCRIPCIÓN	AUTORES	ESTATICO
TALUD PR17+850	ORDINARIO/ FELLENUS	1,54
Carga Sismica Horizontal 0.24		

En la figura 24, se muestra las condiciones estáticas en su estado inicial para el análisis de este estudio, asumiendo los valores de la compañía de diseño y consultoría – Geotecnia y Cimentaciones donde no se consideró un nivel freático.

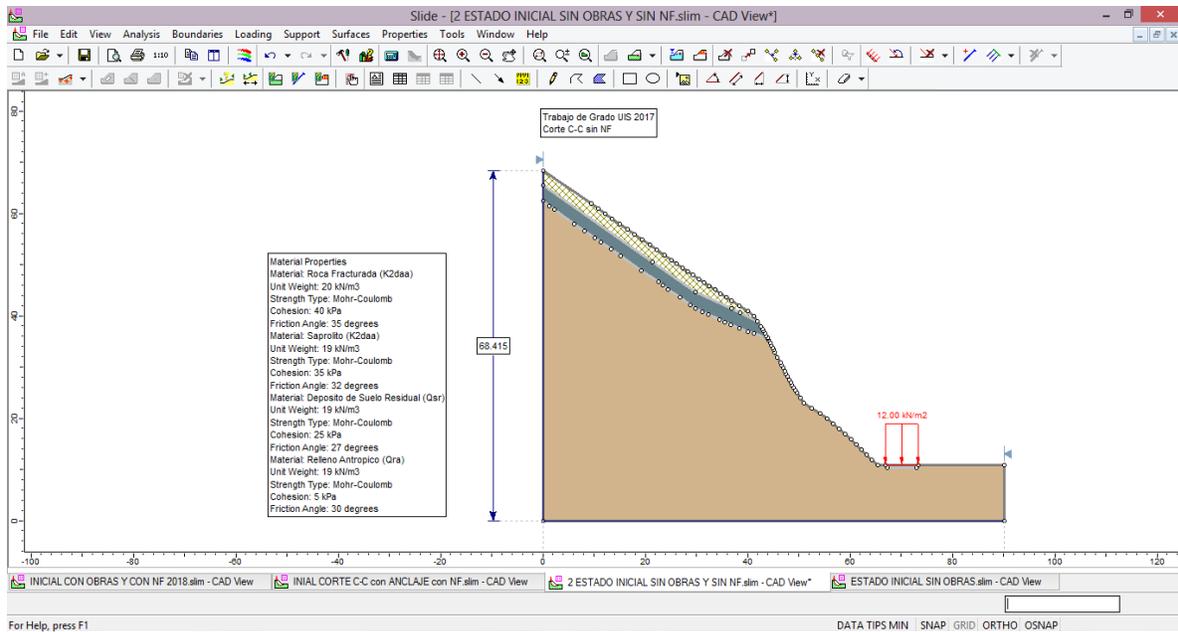


Figura 24. Análisis de estabilidad Estático, Estado Inicial sin N.F-Este Estudio.

Fuente: Resultados del Software Slide

Por consiguiente se obtuvo un factor de seguridad de 1.233, ya que este estudio verifico que hay una superficie de falla más crítica a la analizada por la compañía de diseño y consultoría – Geotecnia y Cimentaciones. (Ver figura 25)

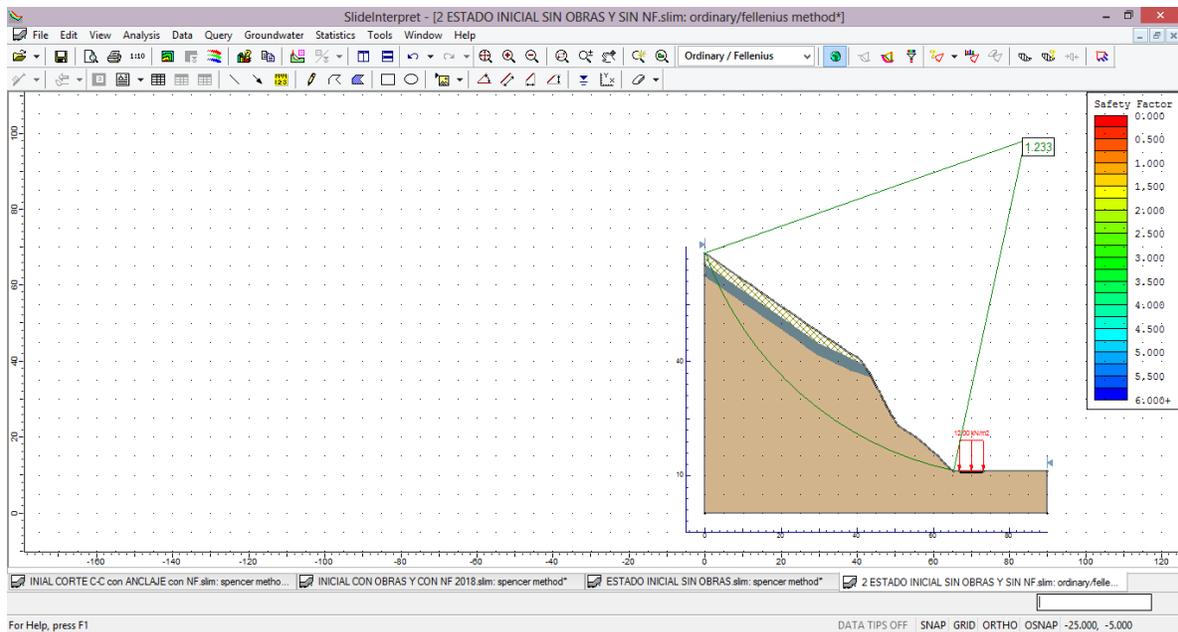


Figura 25. Análisis de estabilidad Estático, Estado Inicial sin N.F-Este Estudio.

Fuente: Resultados del Software Slide

En la figura 26, se muestra un la corrida del software en un escenario en condición dinámica con valores de aceleración sísmica horizontal de 0.24, los cuales fueron tomados por la compañía de diseño y consultoría – Geotecnia y Cimentaciones, para así poder tener una modelación muy semejante a la del consultor.

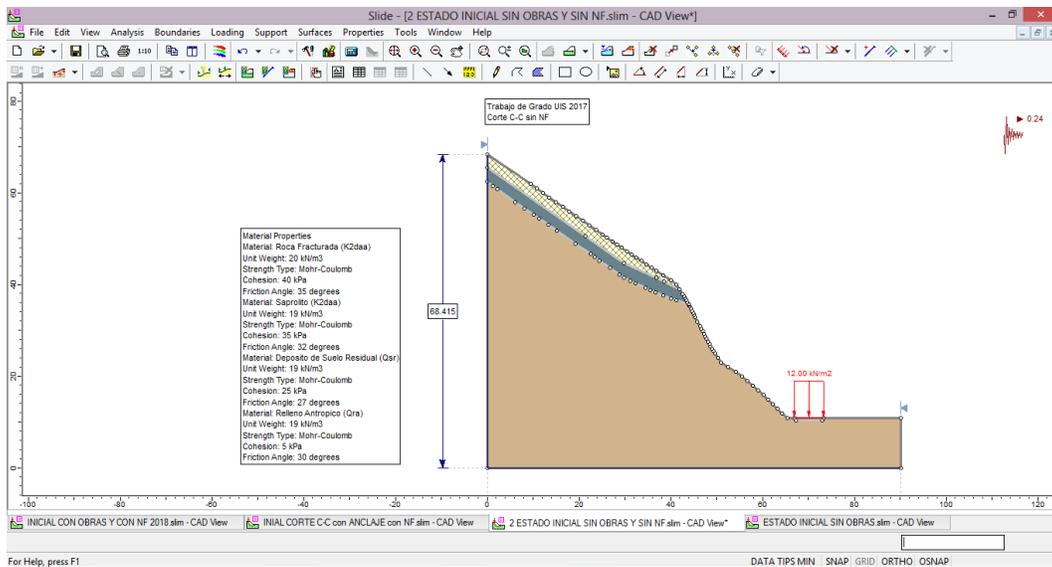


Figura 26. Análisis de estabilidad Dinámico, Estado Inicial sin N.F-Este Estudio.

Fuente: Resultados del Software Slide

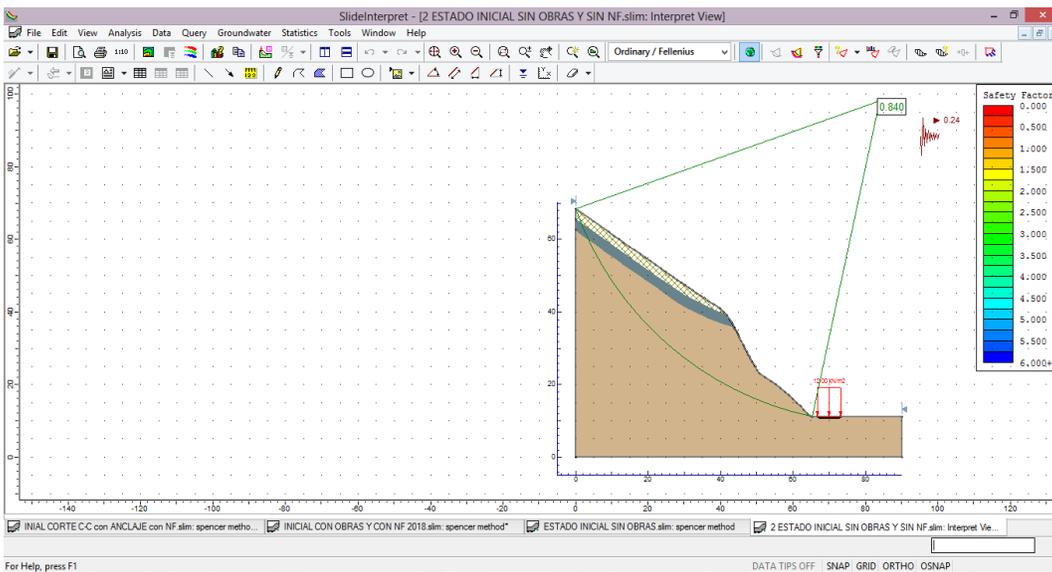


Figura 27. Análisis de estabilidad Dinámico, Estado Inicial sin N.F-Este Estudio.

Fuente: Resultados del Software Slide

El siguiente análisis se realizó con la superficie de falla más crítica, y considerando un escenario con un nivel freático alto para el talud de estudio.

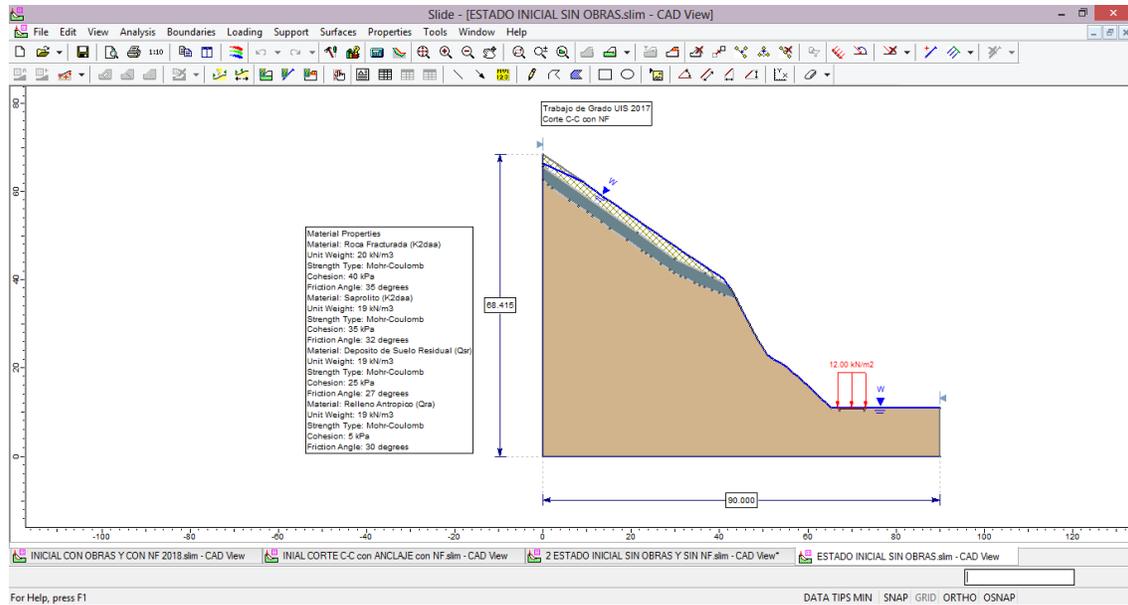


Figura 28. Análisis de estabilidad Estático, Estado Inicial con N.F-Este Estudio.

Fuente: Resultados del Software Slide

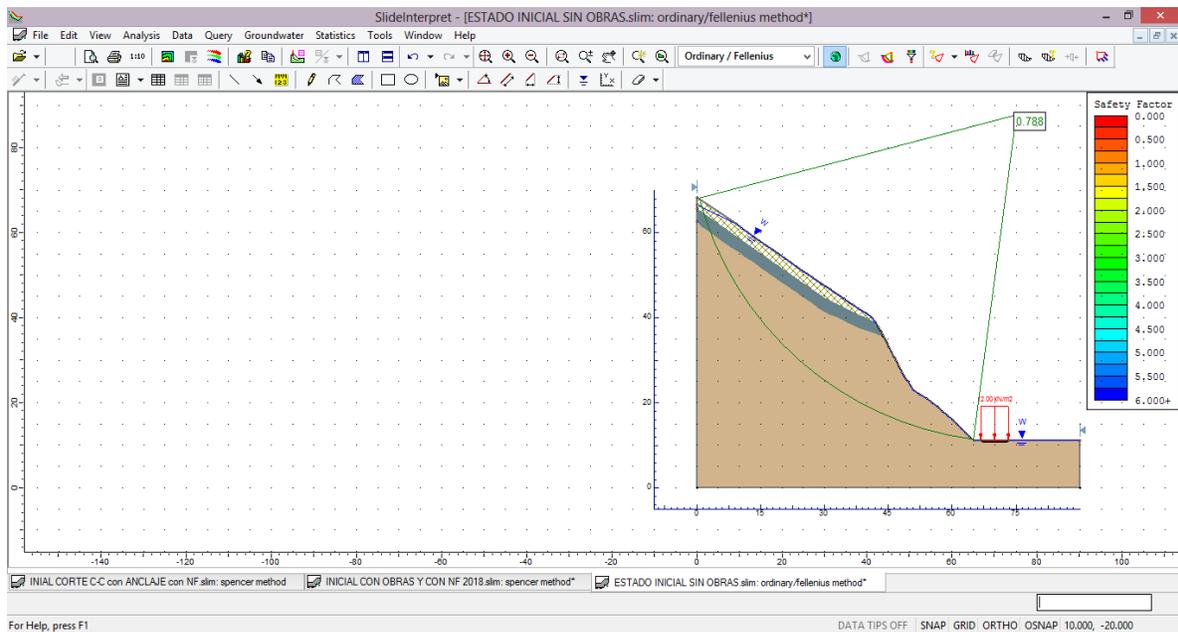


Figura 29. Análisis de estabilidad Estático, Estado Inicial con N.F-Este Estudio.

Fuente: Resultados del Software Slide

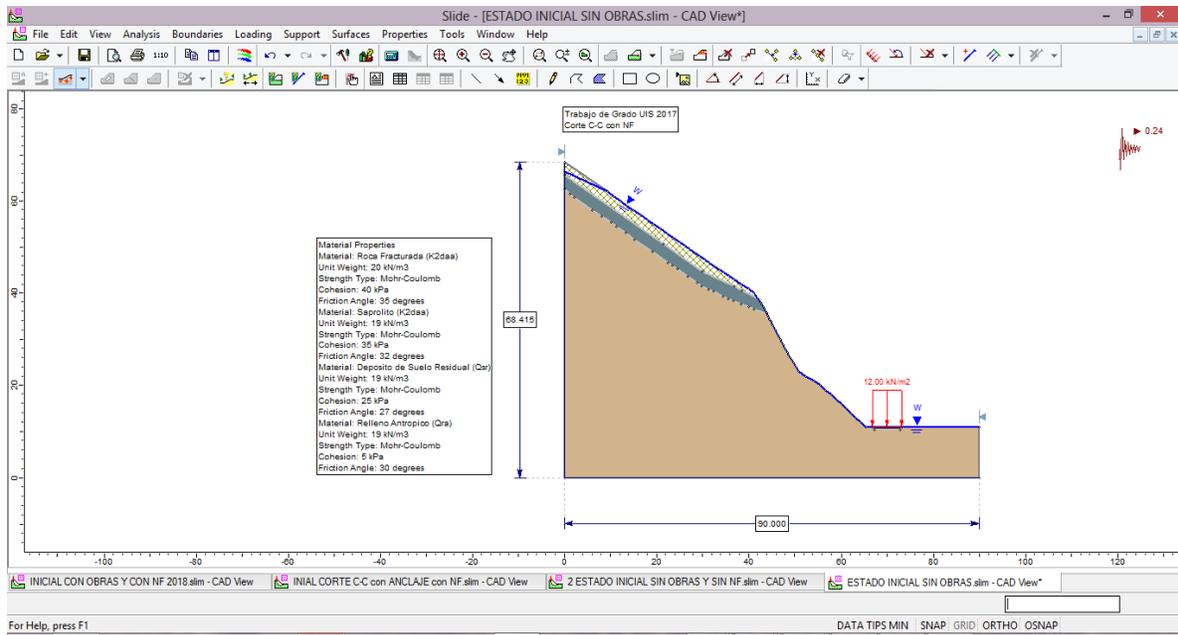


Figura 30. Análisis de estabilidad Dinámico, Estado Inicial con N.F-Este Estudio.

Fuente: Resultados del Software Slide

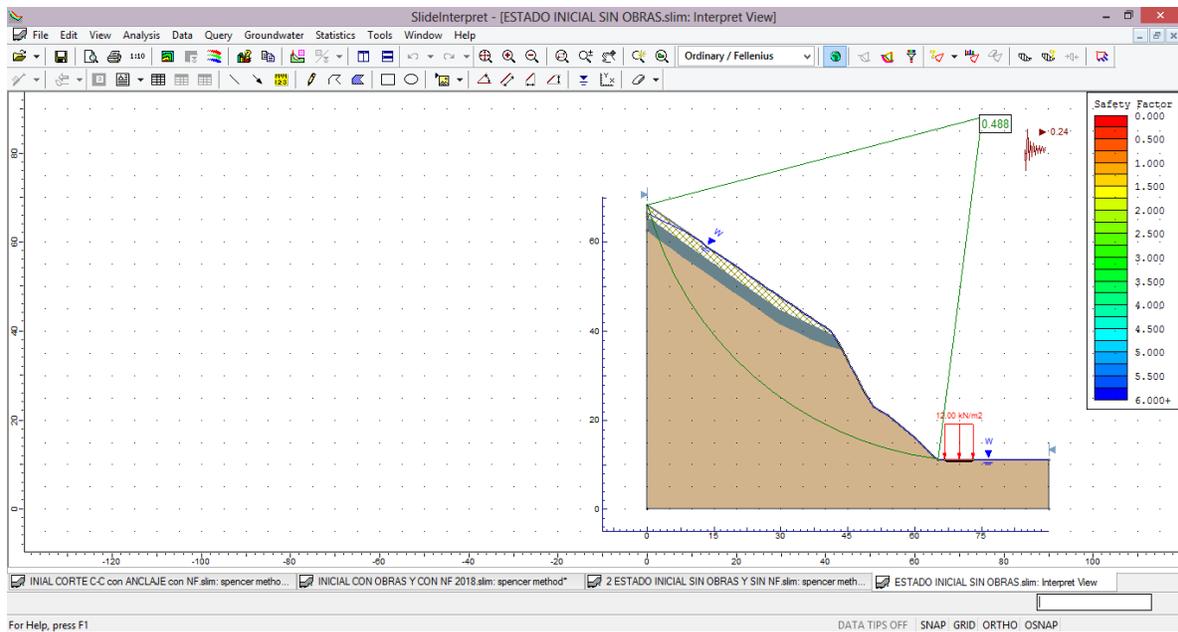


Figura 31. Análisis de estabilidad Dinámico, Estado Inicial con N.F-Este Estudio.

Fuente: Resultados del Software Slide

Tabla 10.

Resumen factores de Seguridad Software Slide – Condiciones Iniciales

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		CUADRO RESUMEN DE FACTORES DE SEGURIDAD (F.S)			
		PROGRAMAS DE ESTABILIDAD DE TALUDES			
		SLIDE			
		CORTE C-C SIN NF		CORTE C-C CON NF	
DESCRIPCION	AUTORES	ESTATICO	PSEUDO ESTATICO	ESTATICO	PSEUDO ESTATICO
TALUD PR 17+850	ORDINARIO /FELLIUS	1.233	0.840	0.788	0.488
Carga Sismica Horizontal 0.24	BISHOP SIMPLIFIED	1.281	0.889	0.553	0.331
	JANBU SIMPLIFIED	1.226	0.825	0.482	0.268
	SPENCER	1.274	0.889	0.578	0.378

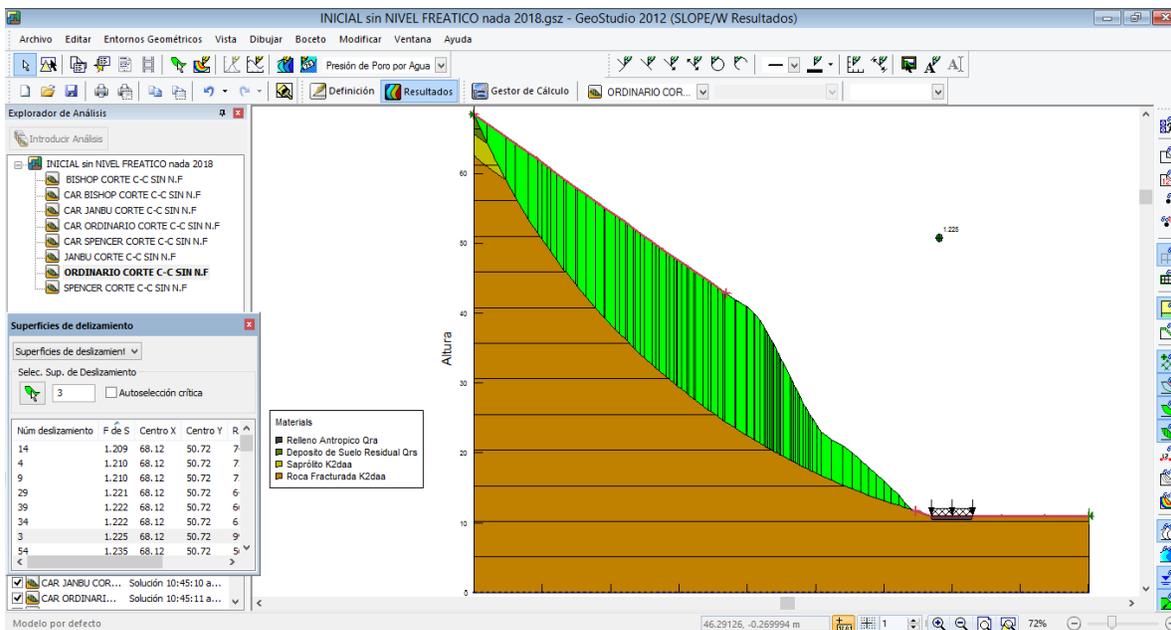


Figura 32. Análisis de estabilidad Estático, Estado Inicial sin NF-Este Estudio.

Fuente: Resultados del Software Geoslope

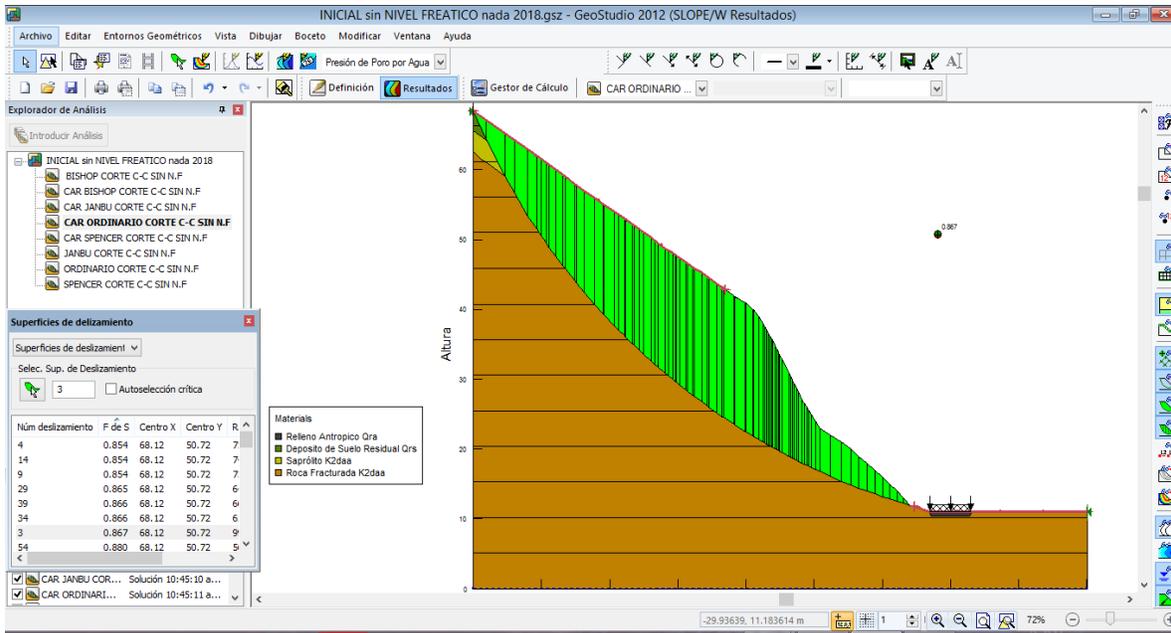


Figura 33. Análisis de estabilidad Dinámico, Estado Inicial-Este Estudio.

Fuente: Resultados del Software Geoslope

Tabla 11.

Resumen factores de Seguridad Software Geoslope – Condiciones Iniciales

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		CUADRO RESUMEN DE FACTORES DE SEGURIDAD (F.S)			
		PROGRAMAS DE ESTABILIDAD DE TALUDES			
		SLOPE			
		CORTE C-C SIN NF		CORTE C-C CON NF	
DESCRIPCION	AUTORES	ESTATICO	PSEUDO ESTATICO	ESTATICO	PSEUDO ESTATICO
TALUD PR 17+850	ORDINARIO /FELLENIOUS	1.225	0.867	1.186	0.780
Carga Sismica Horizontal 0.24	BISHOP SIMPLIFIED	1.456	1.104	1.058	0.785
	JANBU SIMPLIFIED	1.241	0.838	0.817	0.513
	SPENCER	1.285	0.900	0.874	0.597

### 12. Análisis de estabilidad de talud km17+850 - actual con obras

En la siguiente figura se muestra el análisis y el valor del factor de seguridad obtenido por la compañía de diseño y consultoría – Geotecnia y Cimentaciones con las obras de estabilidad de talud de la zona de estudio. (Anclajes Pasivos).

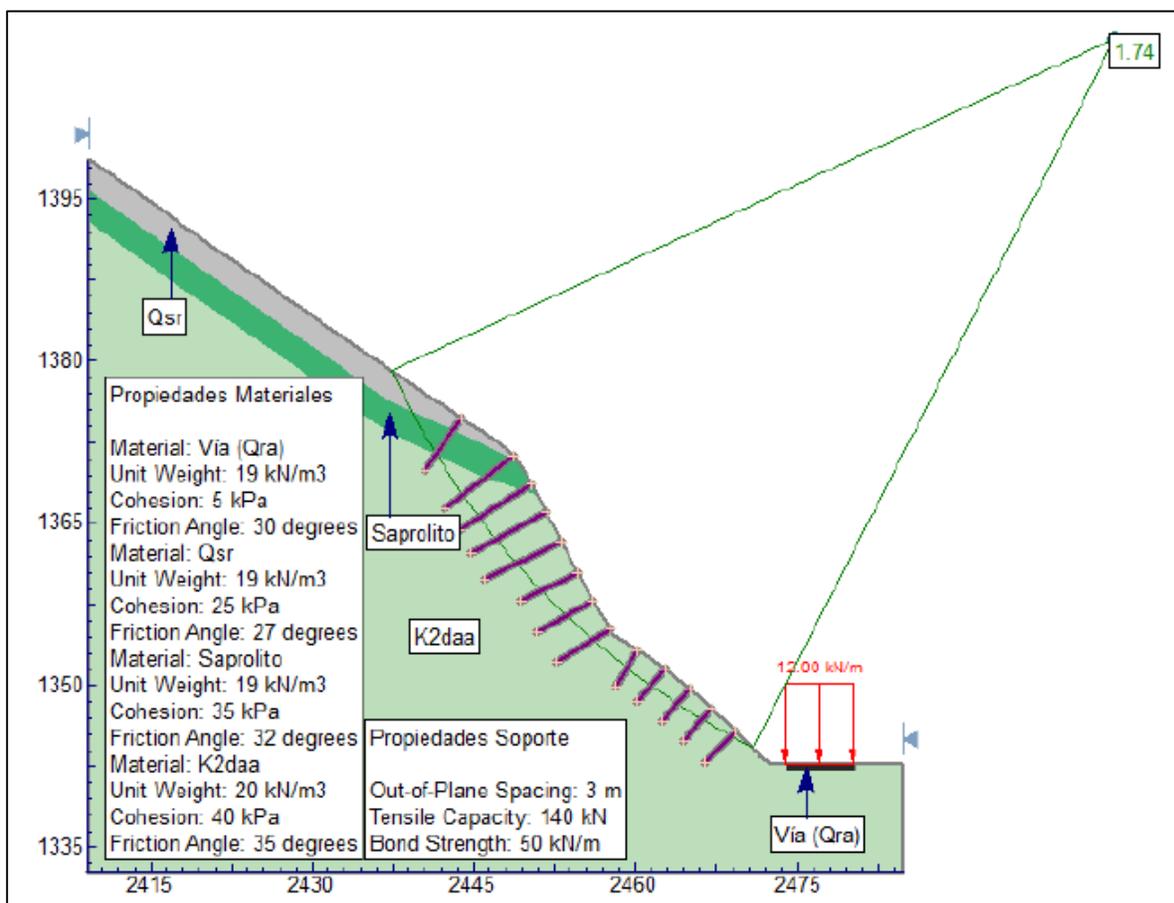


Figura 34. Análisis de estabilidad Estático, Actual con Obras-Consultor.

Fuente: Geotecnia y Cimentaciones – Compañía de Diseño y Consultoría– **F.S 1.74**

En la figura 35, se muestra el análisis en condición dinámica con obras de estabilidad y valores de aceleración sísmica horizontal de 0.24, los cuales fueron tomados por la compañía de diseño y consultoría – Geotecnia y Cimentaciones

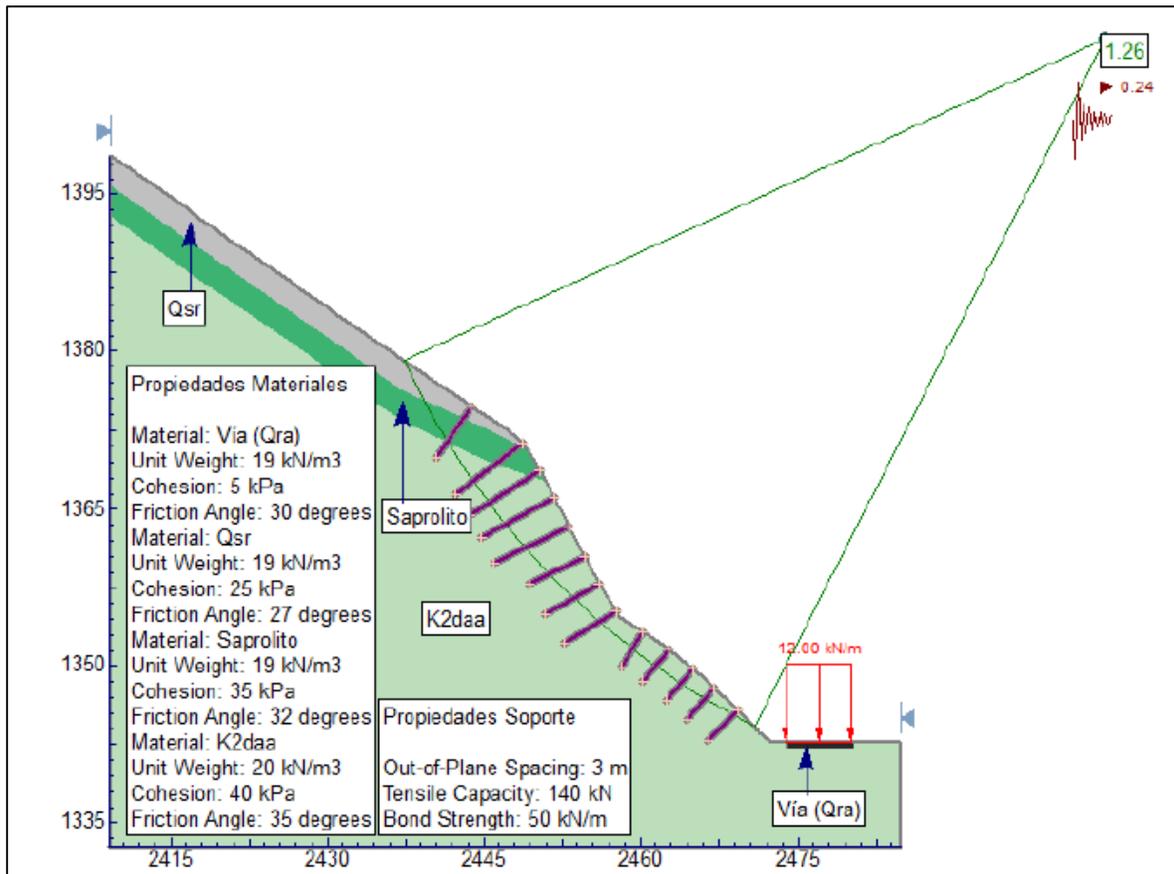


Figura 35. Análisis de estabilidad Dinámico, Actual con Obras-Consultor.

Fuente: Geotecnia y Cimentaciones – Compañía de Diseño y Consultoría– **F.S 1.26**

Tabla 12.

Resumen factores de Seguridad Software Slide – Geotecnia y Cimentaciones

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		CUADRO RESUMEN DE FACTORES DE SEGURIDAD (F.S)	
		PROGRAMAS DE ESTABILIDAD DE TALUDES	
		SLIDE CON ANCLAJE-INICIAL	
		CORTE C-C SIN NF	
DESCRIPCIÓN	AUTORES	ESTATICO	PSEUDO ESTATICO
TALUD PR17+850	ORDINARIO/ FELLENIUS	1,74	1,26
Carga Sismica Horizontal 0.24			

En la figura 36, este estudio recreo el análisis con el software Slide utilizando los valores que la compañía de diseño y consultoría – Geotecnia y Cimentaciones ya que así se pudo realizar una comparación más objetiva sobre las condiciones en la que fue analizado inicialmente.

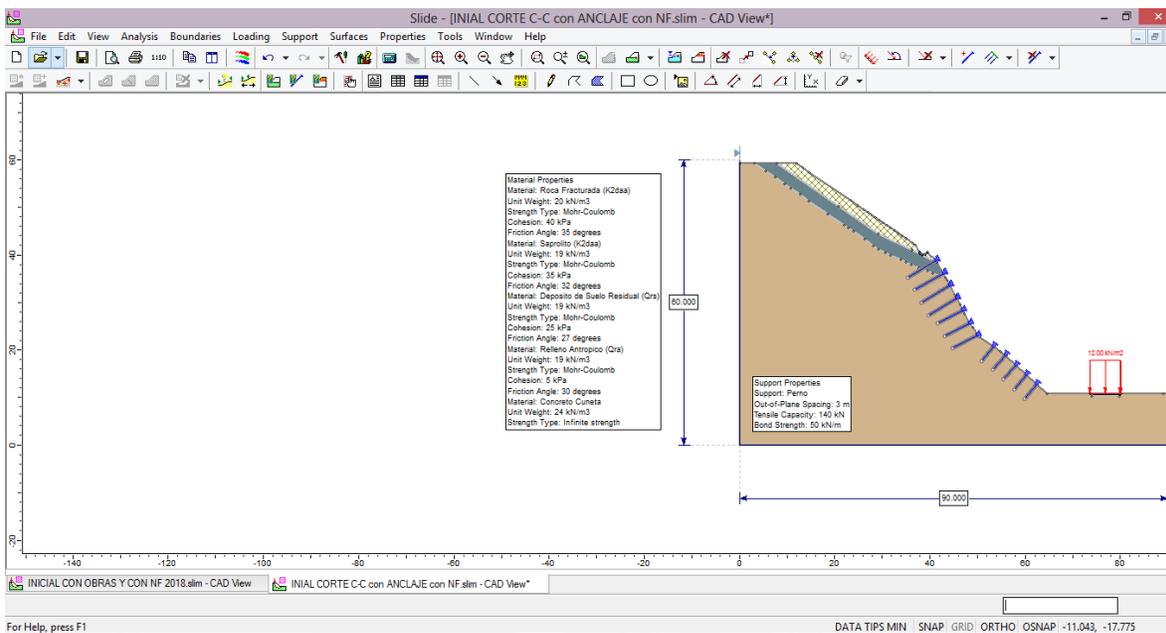


Figura 36. Análisis de estabilidad Estático, Actual con Obras sin N.F-Este Estudio.

Fuente: Resultados del Software Slide

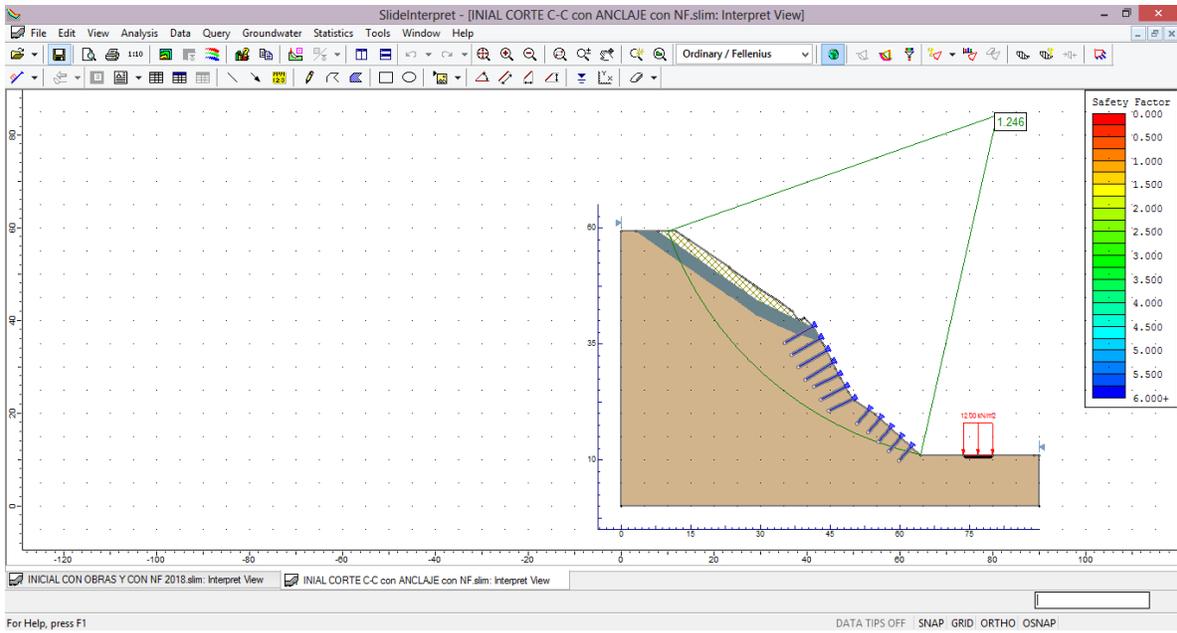


Figura 37. Análisis de estabilidad Estático, Actual con Obras sin N.F-Este Estudio.

Fuente: Resultados del Software Slide

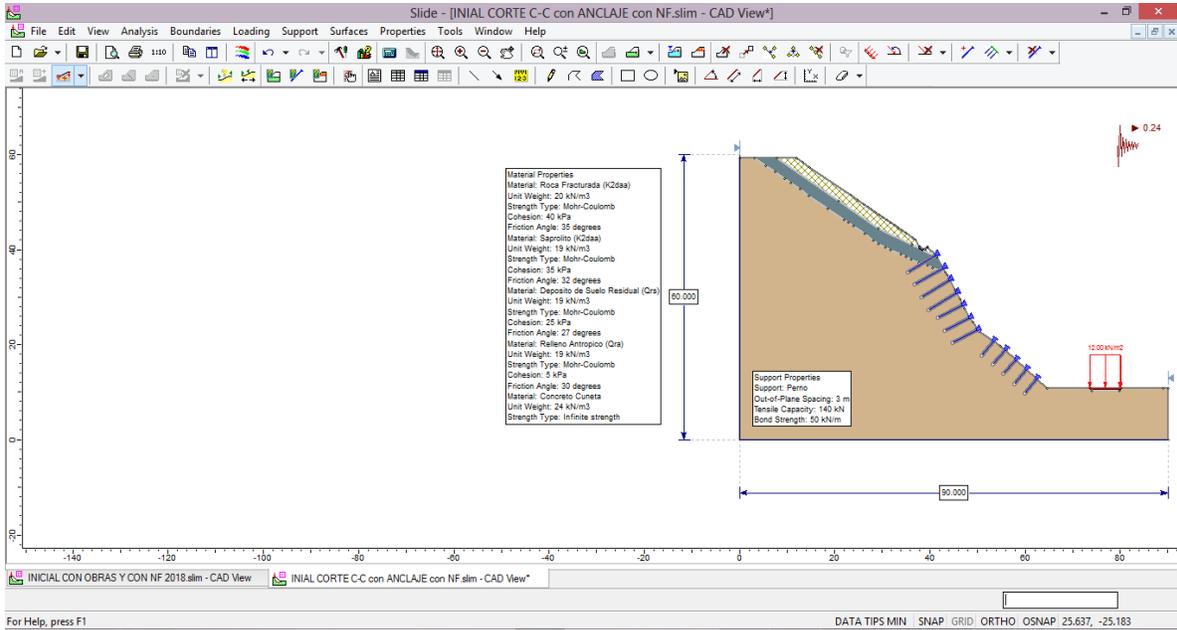


Figura 38. Análisis de estabilidad Dinámico, Actual con Obras sin N.F-Este Estudio.

Fuente: Resultados del Software Slide

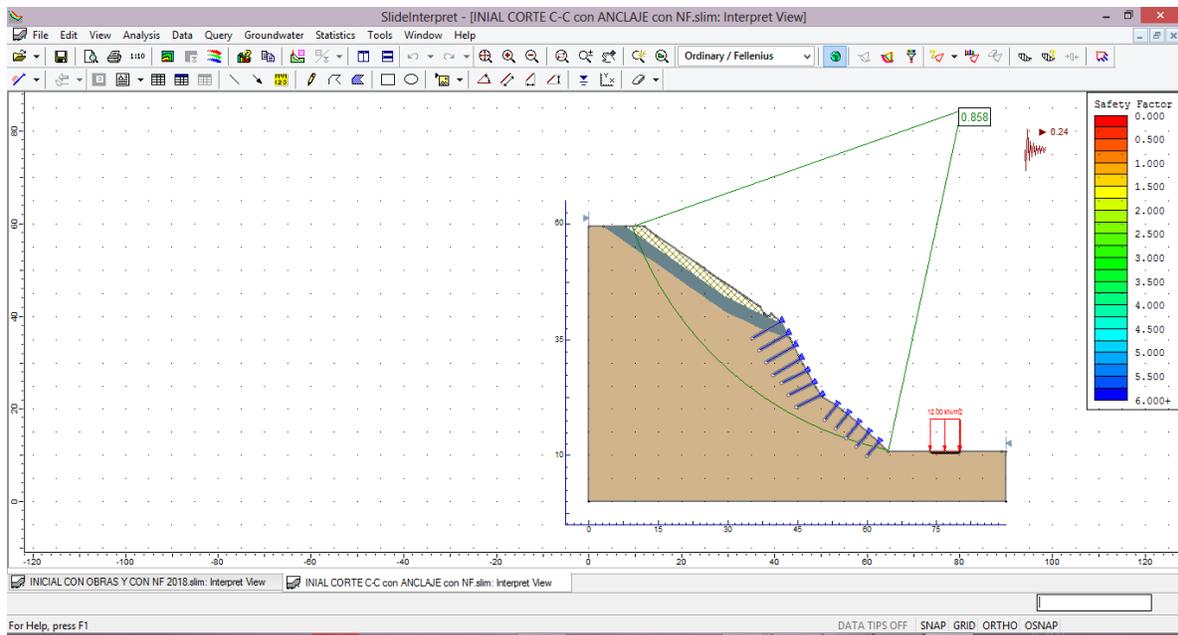


Figura 39. Análisis de estabilidad Dinámico, Actual con Obras sin N.F-Este Estudio.

Fuente: Resultados del Software Slide

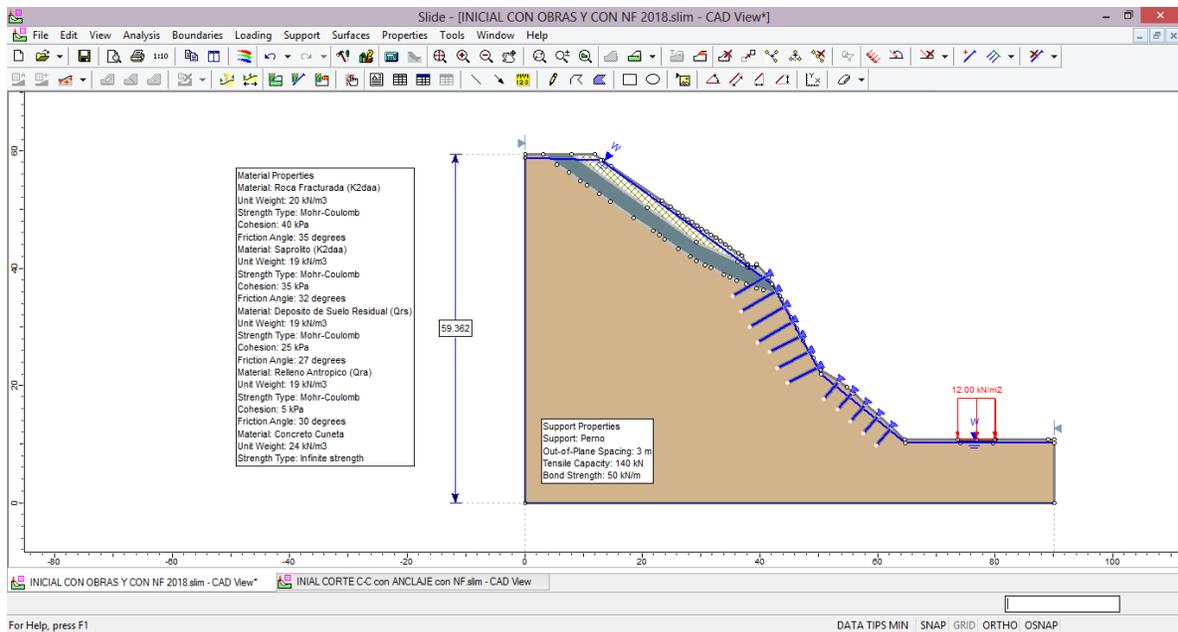


Figura 40. Análisis de estabilidad Estático, Actual con Obras con N.F-Este Estudio.

Fuente: Resultados del Software Slide

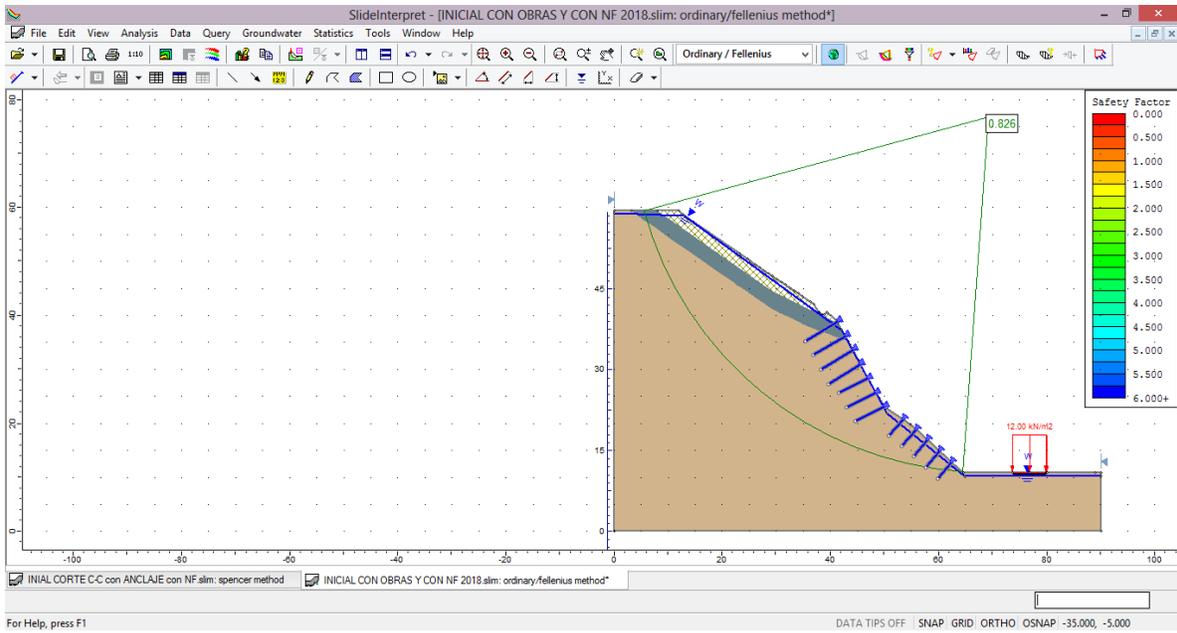


Figura 41. Análisis de estabilidad Estático, Actual con Obras con N.F-Este Estudio.

Fuente: Resultados del Software Slide

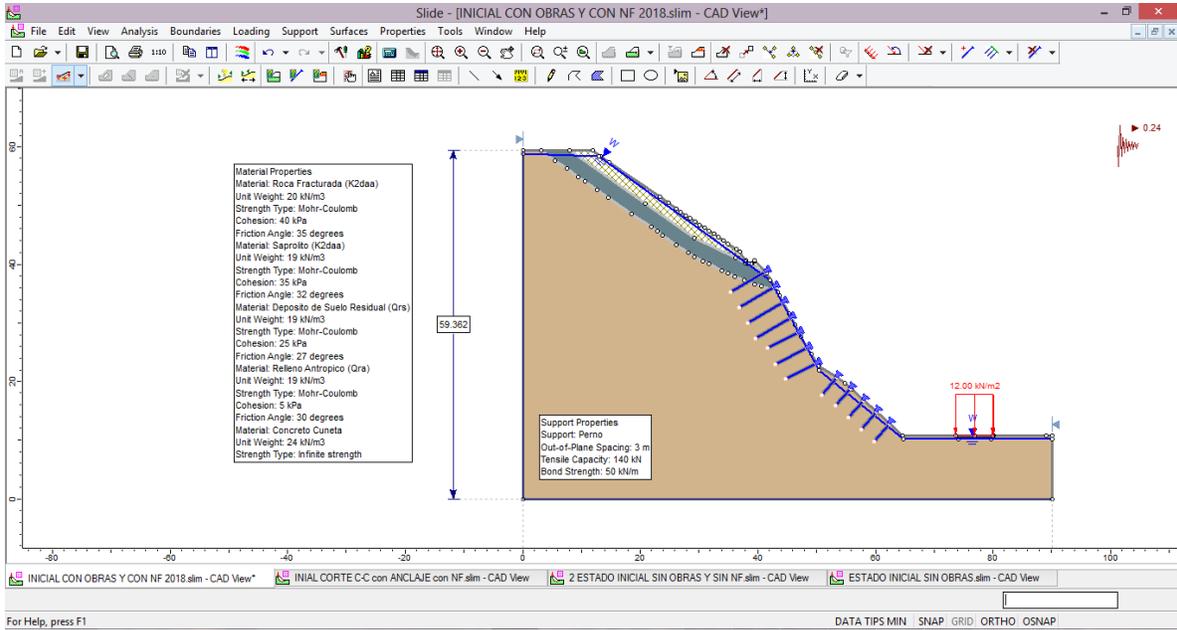


Figura 42. Análisis de estabilidad Dinámico, Actual con Obras con N.F-Este Estudio.

Fuente: Resultados del Software Slide

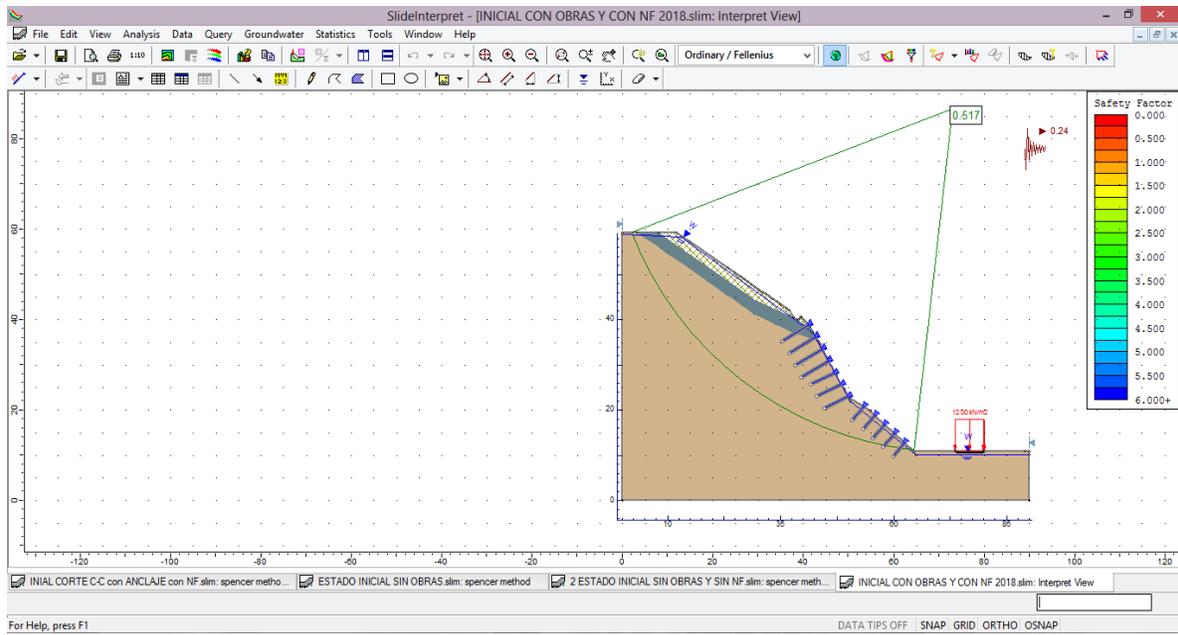


Figura 43. Análisis de estabilidad Dinámico, Actual con Obras con N.F-Este Estudio.

Fuente: Resultados del Software Slide

Tabla 13.

Resumen factores de Seguridad Software Slide – Condiciones Actuales

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		CUADRO RESUMEN DE FACTORES DE SEGURIDAD (F.S)			
		PROGRAMAS DE ESTABILIDAD DE TALUDES			
		SLIDE			
		CORTE C-C SIN NF		CORTE C-C CON NF	
DESCRIPCION	AUTORES	ESTATICO	PSEUDO ESTATICO	ESTATICO	PSEUDO ESTATICO
TALUD PR 17+850	ORDINARIO/ FELLENIOUS	1.246	0.858	0.826	0.517
Carga Sismica Horizontal 0.24	BISHOP SIMPLIFIED	1.304	0.914	0.617	0.381
	JANBU SIMPLIFIED	1.237	0.838	0.525	0.308
	SPENCER	1.297	0.913	0.634	0.423

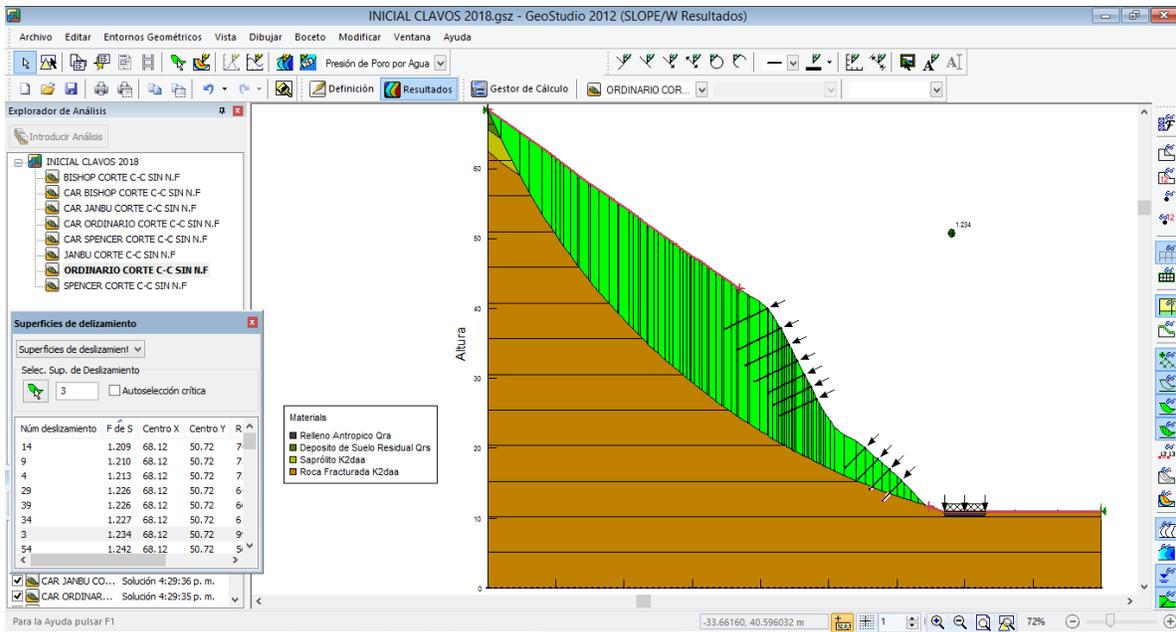


Figura 44. Análisis de estabilidad Estático, Actual con Obras sin N.F -Este Estudio.

Fuente: Resultados del Software Geoslope

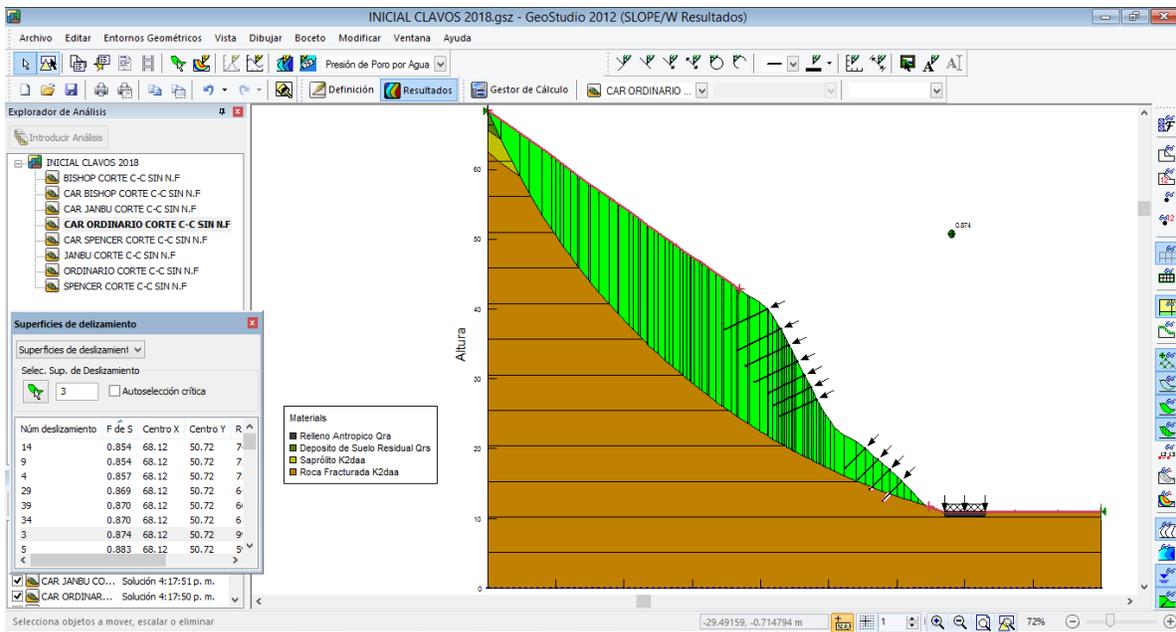


Figura 45. Análisis de estabilidad Estático, Actual con Obras sin N.F -Este Estudio.

Fuente: Resultados del Software Geoslope

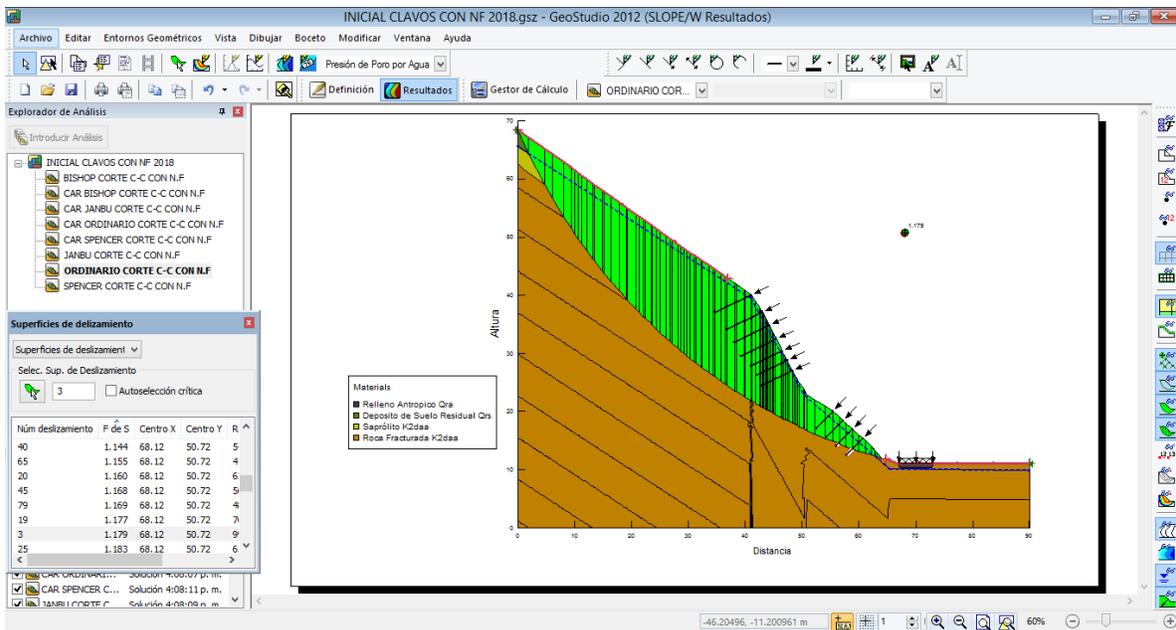


Figura 46. Análisis de estabilidad Dinámico, Actual con Obras con N.F -Este Estudio.

Fuente: Resultados del Software Geoslope

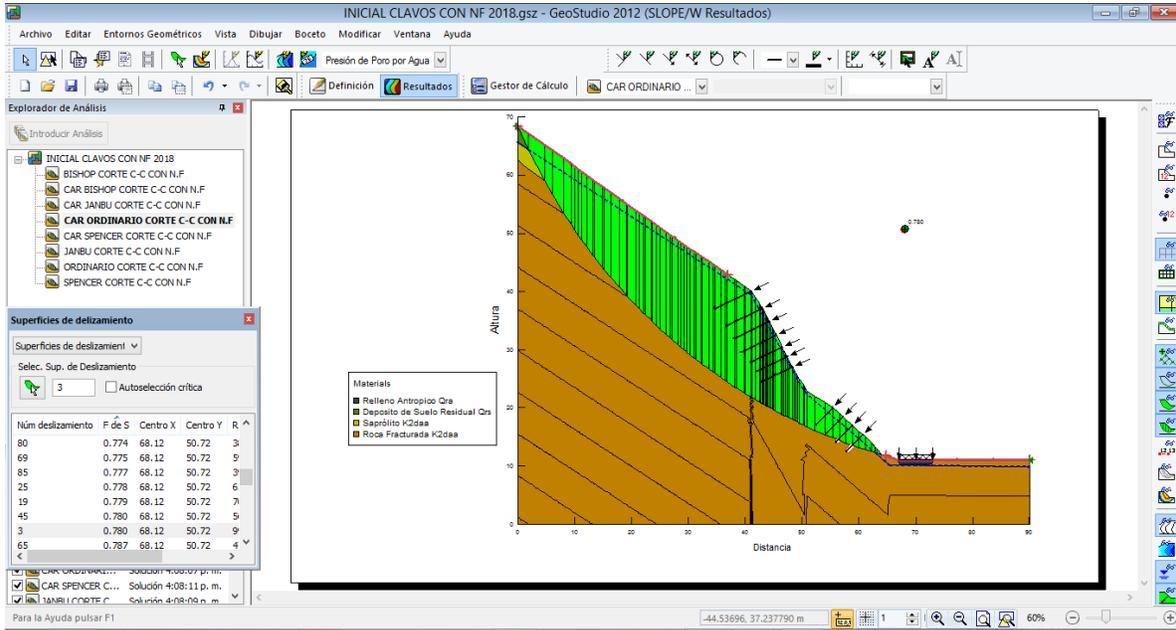


Figura 47. Análisis de estabilidad Dinámico, Actual con Obras con N.F -Este Estudio.

Fuente: Resultados del Software Geoslope

Tabla 14.

*Resumen factores de Seguridad Software Geoslope – Condiciones Actuales*

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		CUADRO RESUMEN DE FACTORES DE SEGURIDAD (F.S)			
		PROGRAMAS DE ESTABILIDAD DE TALUDES			
		SLOPE			
		CORTE C-C SIN NF		CORTE C-C CON NF	
DESCRIPCION	AUTORES	ESTATICO	PSEUDO ESTATICO	ESTATICO	PSEUDO ESTATICO
TALUD PR 17+850	ORDINARIO/ FELLENIOUS	1.234	0.874	1.179	0.78
Carga Sismica Horizontal 0.24	BISHOP SIMPLIFIED	1.478	1.123	1.069	0.795
	JANBU SIMPLIFIED	1.251	0.846	0.843	0.534
	SPENCER	1.297	0.910	0.897	0.614

### 12.1 Análisis de estabilidad actual – talud km 17+850

Las superficies de falla obtenidas presentan los valores críticos en el contacto de la roca dura fracturada.

Los análisis de seguridad realizados en el talud ubicado en el PR17+850 por parte del consultor no muestran el autor del método que se utilizó, por otra parte muestran valores permisibles para el diseño de estabilidad de talud, puesto que en condiciones iniciales del terreno tenemos un factor de seguridad igual a 1.54 sin tener en cuenta el nivel freático; en cambio los resultados realizados en este trabajo de profundización muestran valores de factor de seguridad bajos, como los que muestra los métodos de los siguientes autores: Ordinario/Fellenius con 1.233, Bichop con 1.281, Janbu con 1.226 y Spencer 1.274; esto quiere decir que se deben esperar mayores movimientos del talud y una probable afectación de la banca vial.

Posteriormente se analizó el Talud ubicado en el KM17+850 en su estado actual (Con Obras – Anclajes Pasivos), y se verifica que el consultor no nombre el autor del método que realizo el

análisis de estabilidad, ni tampoco tiene en cuenta los factores de nivel de agua, por lo que se tiene factores de seguridad admisibles, como son los siguientes:

F.S Estático: 1.74

F.S Dinámico: 1.26

Por otra parte, este trabajo de profundización muestra factores de seguridad bajos frente a los del consultor:

Tabla 15.

*Resumen F.S Software Slide*

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		CUADRO RESUMEN DE FACTORES DE SEGURIDAD (F.S)			
		PROGRAMAS DE ESTABILIDAD DE TALUDES			
		SLIDE			
		CORTE C-C SIN NF		CORTE C-C CON NF	
DESCRIPCION	AUTORES	ESTATICO	PSEUDO ESTATICO	ESTATICO	PSEUDO ESTATICO
TALUD PR 17+850	ORDINARIO/ FELLENUS	1.246	0.858	0.826	0.517
Carga Sismica Horizontal 0.24	BISHOP SIMPLIFIED	1.304	0.914	0.617	0.381
	JANBU SIMPLIFIED	1.237	0.838	0.525	0.308
	SPENCER	1.297	0.913	0.634	0.423

Por tal razón, se requiere construir obras de drenaje y control de erosión y estructuras de contención que permitan mantener la estabilidad del talud superior para garantizar el normal funcionamiento del corredor vial.

### 13. Obras de estabilidad

#### 13.1 Obras de contención y de drenaje

De acuerdo a la información de campo recolectada en este trabajo de profundización se plantea obras para el control de aguas superficiales y subsuperficiales de acuerdo a la siguiente información:

Caudal: 0.06m<sup>3</sup>/sg

Base canal: 0.30 mts

Talud canal: 0.30 mts

Implementar la construcción de un sistema hidráulico que pueda evacuar el exceso de agua de infiltración y escorrentía sobre el talud superior, los cuales ha sido el factor detonante de la inestabilidad del sector (ver Plano 2). Este sistema incluye una trinchera drenante en forma de espina de pescado en el talud superior, para la canalización de las aguas de la parte superior del talud hasta la zona del canal en suelo cemento

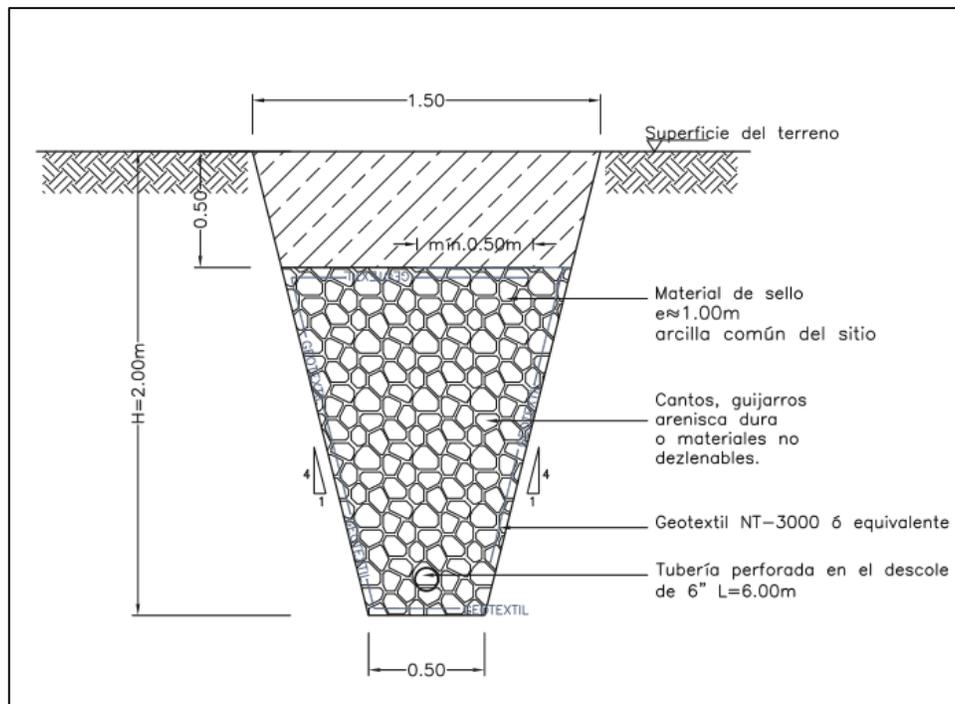


Figura 48. Bosquejo Trinchera Drenante

Por otra parte se recomienda la construcción de trinchos metálicos para retener materiales que hayan quedado susceptibles al deslizamiento. Se propone trinchos cada 1.0m de longitud de 7.0m con una luz libre de 1.5m para la contención de material suelto para el talud de corte donde se presenta caída de detritos.

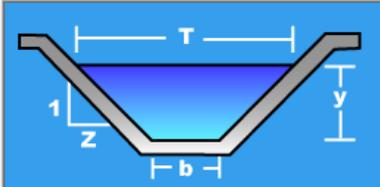
Finalmente se recomienda la construcción de una zanja de coronación en el talud superior que transporte el agua recogida por la trinchera drenante hasta el dissipador de energía construido en sacos de suelo cemento que deberá entregar a la cuneta de la vía existente.

Lugar:	<input type="text" value="KM17+850"/>	Proyecto:	<input type="text" value="ESTABILIDAD DE TALUD"/>
Tramo:	<input type="text" value="TÚQUERRES - SAMANIEGO"/>	Revestimiento:	<input type="text" value="SUELO CEMENTO"/>

**Datos:**

Caudal (Q):	<input type="text" value="0.006"/>	m <sup>3</sup> /s
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="0.30"/>	m
Talud (Z):	<input type="text" value="0.30"/>	

**Resultados:**

Tirante crítico (y):	<input type="text" value="0.0898"/>	m	Perímetro (p):	<input type="text" value="0.4875"/>	m
Área hidráulica (A):	<input type="text" value="0.0294"/>	m <sup>2</sup>	Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.0602"/>	m
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.3539"/>	m	Velocidad (v):	<input type="text" value="0.2044"/>	m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="0.0000"/>		Energía específica (E):	<input type="text" value="0.0919"/>	m·Kg/Kg

 <b>Calcular</b>	 <b>Limpiar Pantalla</b>	 <b>Imprimir</b>	 <b>Menú Principal</b>	 <b>Calculadora</b>
---------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------

Figura 49. Chequeo capacidad hidráulica de canal -Este Estudio.

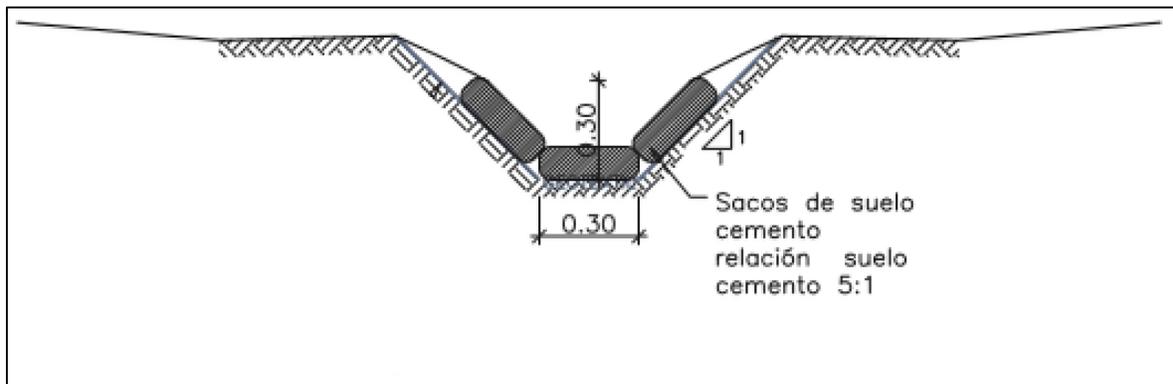


Figura 50. Bosquejo Sacos de Suelo Cemento

### 13.2 Diseño de anclajes activos

Los anclajes a diseñar son activos, es decir que están sometidos a una carga de tensado, después de su ejecución, no inferior al 50% de la máxima prevista en proyecto y de tipo permanente debido a que su vida útil se considera superior a dos años.

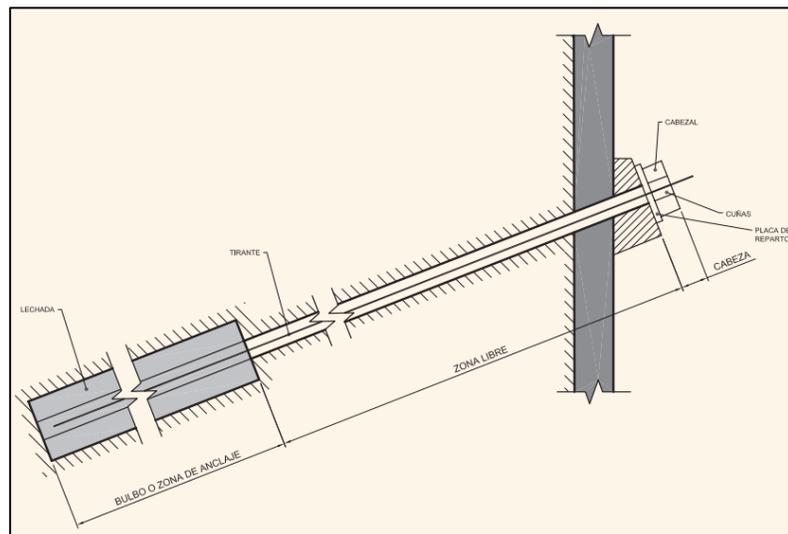


Figura 51. Bosquejo de un Anclaje

Fuente: Guía para el Diseño y Ejecución de Anclajes al Terreno en Obras de Carreteras (Madrid – España)

### 13.3 Dimencionamiento de los anclajes

(SUAREZ, 1998) Considerando la magnitud del deslizamiento y las fuerzas activas actuantes en el talud, se plantean anclajes compuestos por cuatro (4) torones de 5/8", los cuales presentan una resistencia a la rotura de 16.2 toneladas. Con estos datos se busca calcular la capacidad de los anclajes:

$$\text{CapacidaddeCarga} = \frac{\text{Resistenciaa la Rotura} * \text{No. Torones}}{\text{F.S}}$$

F.S

$$1 - \text{CapacidaddeCarga} = \frac{16.2 * 4}{1.5}$$

1.5

$$\text{CapacidaddeCarga} = 43.2 \text{ Ton}$$

Se asume una capacidad de carga teórica de 40 toneladas.

Tabla 16.

Datos para el bosquejo de Anclaje – Alternativa No 1

ALTERNATIVA No 1		
No de Anclajes de 12 mts	25	un
No de Anclajes de 9 mts	34	un
No de Torones por Anclaje	4	un
Diámetro de los Torones	5/8"	Plg
Resistencia a la Rotura	16.2	Ton
Capacidad de Carga	40	Ton
Factor de Seguridad (F.S)	1.5	

(SUAREZ, 1998) Una vez definidas las características de cada anclaje se procede a calcular la longitud del bulbo o zona de anclaje que es la parte en que el anclaje se adhiere al terreno y le transmite su carga, generalmente mediante la lechada, y que se tiene en cuenta a efectos resistentes, sin embargo para determinar esta longitud se debe tener en cuenta las características físicas y mecánicas del suelo donde se construirá el bulbo, para nuestro caso los suelos tienen una capacidad de adherencia de 130 KN/m<sup>2</sup>.

$$\text{Longitud del Bulbo} = \frac{\text{Capacidad de Carga} * \text{F.S}}{\text{Capacidad de Adherencia} * \text{Perimetro de Perforacion}}$$

$$1- \text{Longitud del Bulbo} = \frac{400 * 1.5}{130 * 0.75}$$

$$\text{Longitud del Bulbo} = 6.15m$$

Considerando la magnitud del deslizamiento y las fuerzas activas actuantes en el talud, se plantean anclajes compuestos por tres (3) torones de 5/8", los cuales presentan una resistencia a la rotura de 16.2 toneladas. Con estos datos se busca calcular la capacidad de los anclajes:

$$2- \text{Capacidad de Carga} = \frac{16.2 * 3}{1.5}$$

$$\text{Capacidad de Carga} = 32.4 \text{ Ton}$$

Se asume una capacidad de carga teórica de 30 toneladas.

Tabla 17.

*Datos para el bosquejo de Anclaje – Alternativa No 1*

ALTERNATIVA No 2		
No de Anclajes de 12 mts	67	un
No de Torones por Anclaje	3	un
Diámetro de los Torones	5/8"	Plg
Resistencia a la Rotura	16.2	Ton
Capacidad de Carga	30	Ton
Factor de Seguridad (F.S)	1.5	

(SUAREZ, 1998) Una vez definidas las características de cada anclaje se procede a calcular la longitud del bulbo o zona de anclaje que es la parte en que el anclaje se adhiere al terreno y le transmite su carga, generalmente mediante la lechada, y que se tiene en cuenta a efectos resistentes, sin embargo para determinar esta longitud se debe tener en cuenta las características físicas y mecánicas del suelo donde se construirá el bulbo, para nuestro caso los suelos tienen una capacidad de adherencia de 130 KN/m<sup>2</sup>.

$$\text{Longitud del Bulbo} = \frac{\text{Capacidad de Carga} * F.S}{\text{Capacidad de Adherencia} * \text{Perímetro de Perforación}}$$

$$\text{Capacidad de Adherencia} * \text{Perímetro de Perforación}$$

$$2- \text{Longitud del Bulbo} = \frac{300 * 1.5}{130 * 0.75}$$

$$130 * 0.75$$

$$\text{Longitud del Bulbo} = 4.61 \text{ m}$$

Tabla 18.

*Características de los Anclajes Activos – Alternativa No 1*

ALTERNATIVA No 1			
Carga de Pretensionamiento	Capacidad de adherencia	Perímetro de la Perforación	Longitud Teórica del Bulbo
(KN)	(KN/m <sup>2</sup> )	(m)	(m)
400	130	0.75	6.15

Tabla 19.

*Características de los Anclajes Activos – Alternativa No 2*

ALTERNATIVA No 2			
Carga de Pretensionamiento	Capacidad de adherencia	Perímetro de la Perforación	Longitud Teórica del Bulbo
(KN)	(KN/m <sup>2</sup> )	(m)	(m)
300	130	0.75	4.61

(SUAREZ, 1998) En el diseño de los anclajes aparte de la carga de pretensionamiento y de la longitud del bulbo, hay dos parámetros más que se deben tener en cuenta, que son la longitud libre la cual se encuentra cercana a 2/3 de la longitud total del anclaje y el ángulo de inclinación que estará alrededor de 15° con respecto a la horizontal.

#### 14. Alternativa de estabilidad No 1

##### Descripción de las obras propuestas (Anclajes Activos)

Contemplando lo descrito en el numeral octavo (8), de este trabajo de profundización, se tomó para las modelaciones en los programas antes descritos, una aceleración sísmica de diseño horizontal de 0.25 y vertical de 0.125 y se planteó como obra de contención para el talud superior, la implementación de cinco (5) filas de anclajes activos con una longitud de doce (12) metros ubicados en la parte superior del talud y 4 filas de anclajes activos con una longitud de nueve (9) metros ubicados en la parte inferior del talud.

Se recomienda construir en el talud superior anclajes de 40 toneladas separadas cada 6.0 metros horizontalmente, con un ángulo de inclinación con respecto a la horizontal de  $15^\circ$ , esta obra se recomienda con el fin de mantener la estabilidad del talud actual y garantizar el normal funcionamiento del corredor vial al momento de que ocurra un sismo.

Se recomienda la construcción de mínimo siete (7) sub-drenes de penetración de 40 metros de longitud cada uno, con pendiente de  $5^\circ$  y separación horizontal de aproximadamente de 10 metros.

Se recomienda la construcción de un sistema hidráulico que pueda evacuar el exceso de agua de infiltración y escorrentía sobre el talud superior, los cuales han sido el factor detonante de la inestabilidad del sector (ver Anexo 1). Este sistema incluye una trinchera drenante en forma de espina de pescado en el talud superior.

14.1 Análisis de estabilidad-alternativa No 1

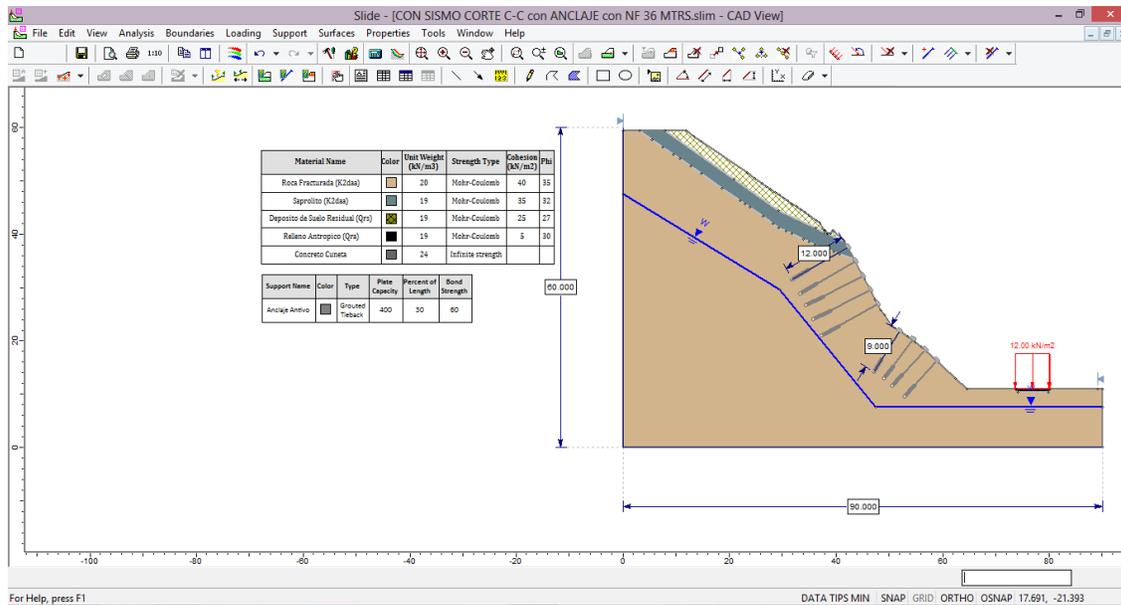


Figura 52. Análisis de estabilidad Estático, Alternativa No 1 -Este Estudio.

Fuente: Resultados del Software Slide

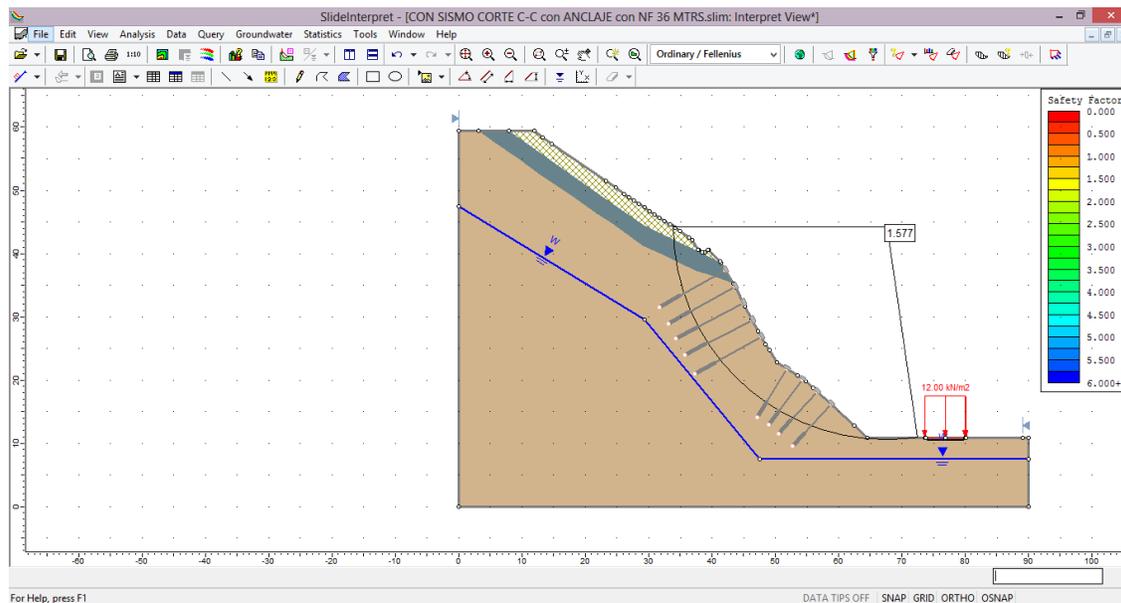


Figura 53. Análisis de estabilidad Estático, Alternativa No 1 -Este Estudio.

Fuente: Resultados del Software Slide

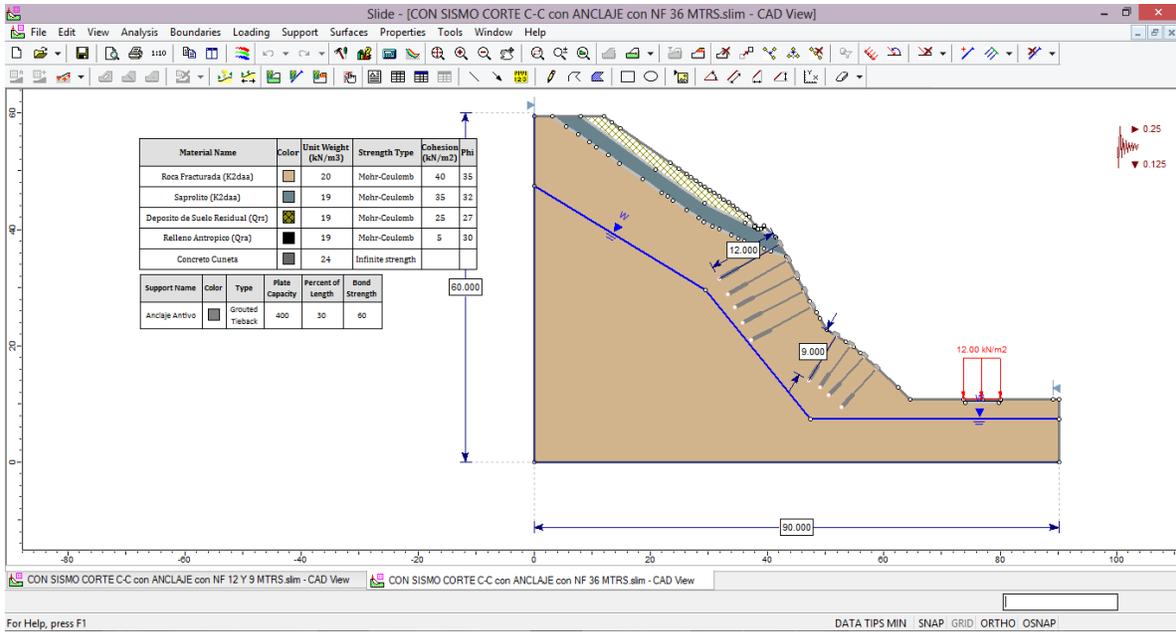


Figura 54. Análisis de estabilidad Dinámico, Alternativa No 1 -Este Estudio.

Fuente: Resultados del Software Slide

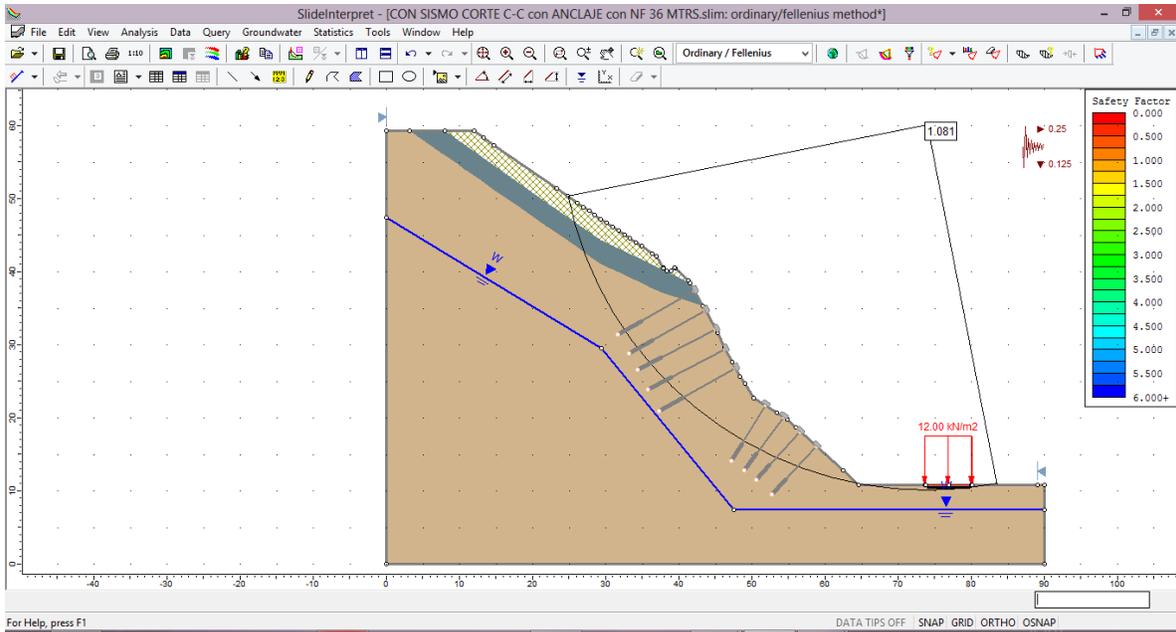


Figura 55. Análisis de estabilidad Dinámico, Alternativa No 1 -Este Estudio.

Fuente: Resultados del Software Slide

Tabla 20.

Resumen factores de Seguridad Software Slide – Alternativa No 1

ALTERNATIVA # 1			
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		CUADRO RESUMEN DE FACTORES DE SEGURIDAD (F.S)	
		PROGRAMAS DE ESTABILIDAD DE TALUDES	
		SLIDE	
		CORTE C-C ABATIMIENTO NF	
DESCRIPCION	AUTORES	ESTATICO	PSEUDO ESTATICO
TALUD PR 17+850	ORDINARIO/F ELLENIUS	1.577	1.081
Carga Sismica Horizontal 0.25	BISHOP SIMPLIFIED	1.715	1.245
Carga Sismica Vertical 0.125	JANBU SIMPLIFIED	1.574	1.069
	SPENCER	1.536	1.064

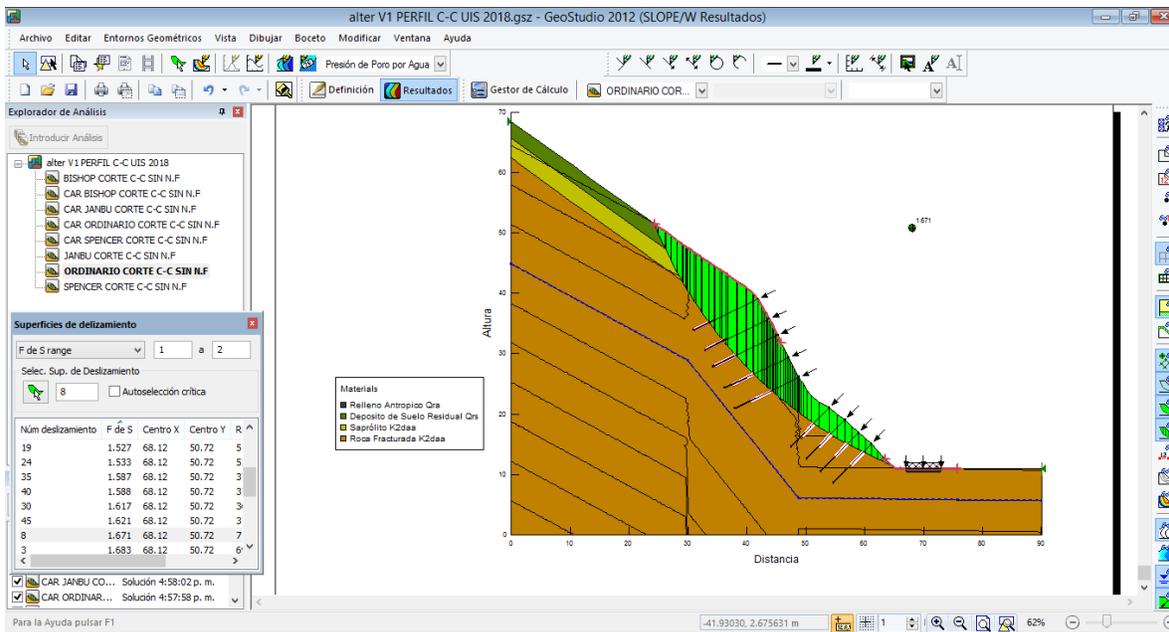


Figura 56. Análisis de estabilidad Estático, Alternativa No 1 -Este Estudio.

Fuente: Resultados del Software Geoslope

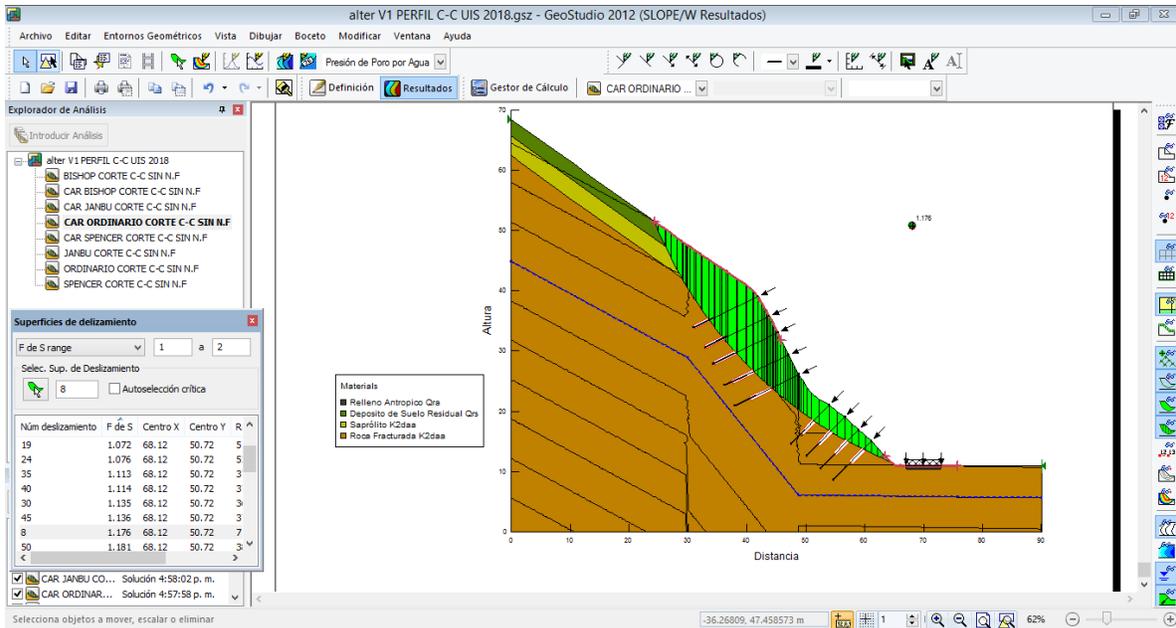


Figura 57. Análisis de estabilidad Estático, Alternativa No 1 -Este Estudio.

Tabla 21.

Resumen factores de Seguridad Software Geoslope – Alternativa No 1

ALTERNATIVA # 1			
CUADRO RESUMEN DE FACTORES DE SEGURIDAD (F.S)			
PROGRAMAS DE ESTABILIDAD DE TALUDES			
SLOPE			
CORTE C-C ABATIMIENTO NF			
DESCRIPCION	AUTORES	ESTATICO	PSEUDO ESTATICO
TALUD PR 17+850	ORDINARIO/ FELLENUS	1.671	1.176
Carga Sismica Horizontal 0.25	BISHOP SIMPLIFIED	1.858	1.338
Carga Sismica Vertical 0.125	JANBU SIMPLIFIED	1.641	1.129
	SPENCER	1.720	1.209

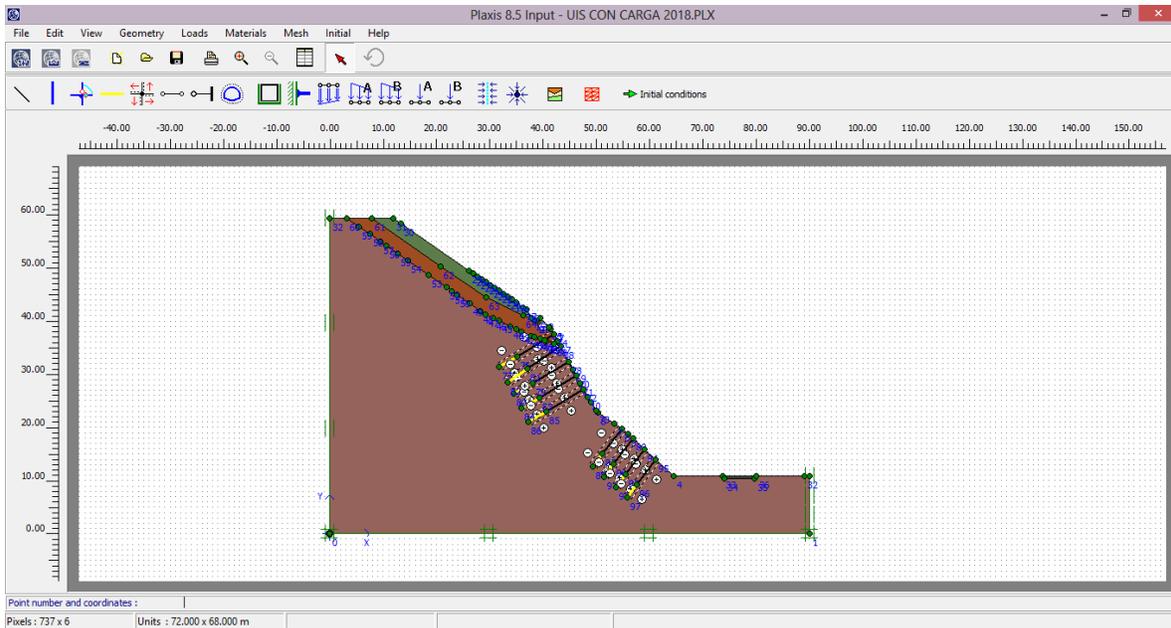


Figura 58. Creación Estabilidad en Plaxis, Alternativa No 1 -Este Estudio.

Fuente: Resultados del Software Plaxis 2D

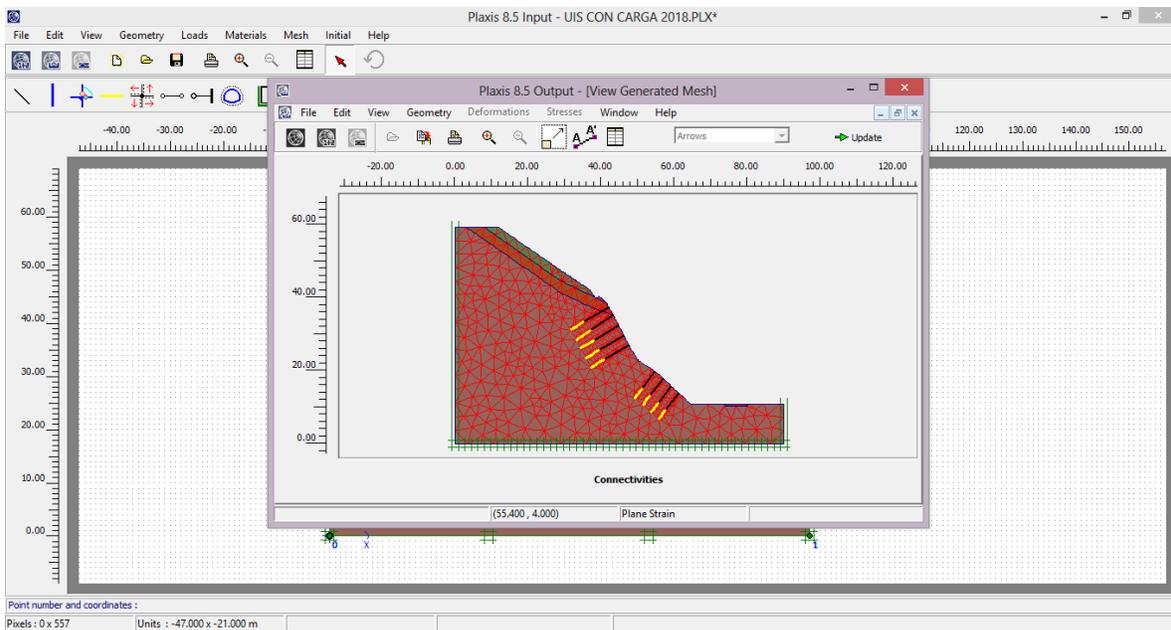


Figura 59. Creación Estabilidad en Plaxis, Alternativa No 1 -Este Estudio.

Fuente: Resultados del Software Plaxis 2D

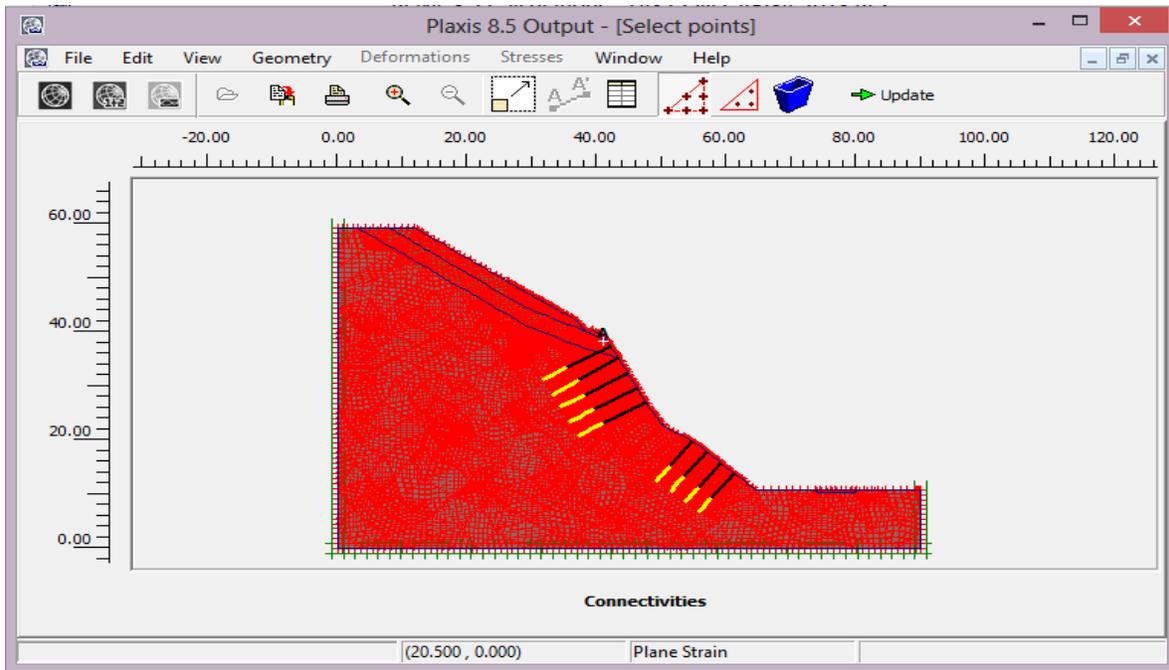


Figura 60. Asignación de Fase constructivas en Plaxis, Alternativa No 1 -Este Estudio.

Fuente: Resultados del Software Plaxis 2D

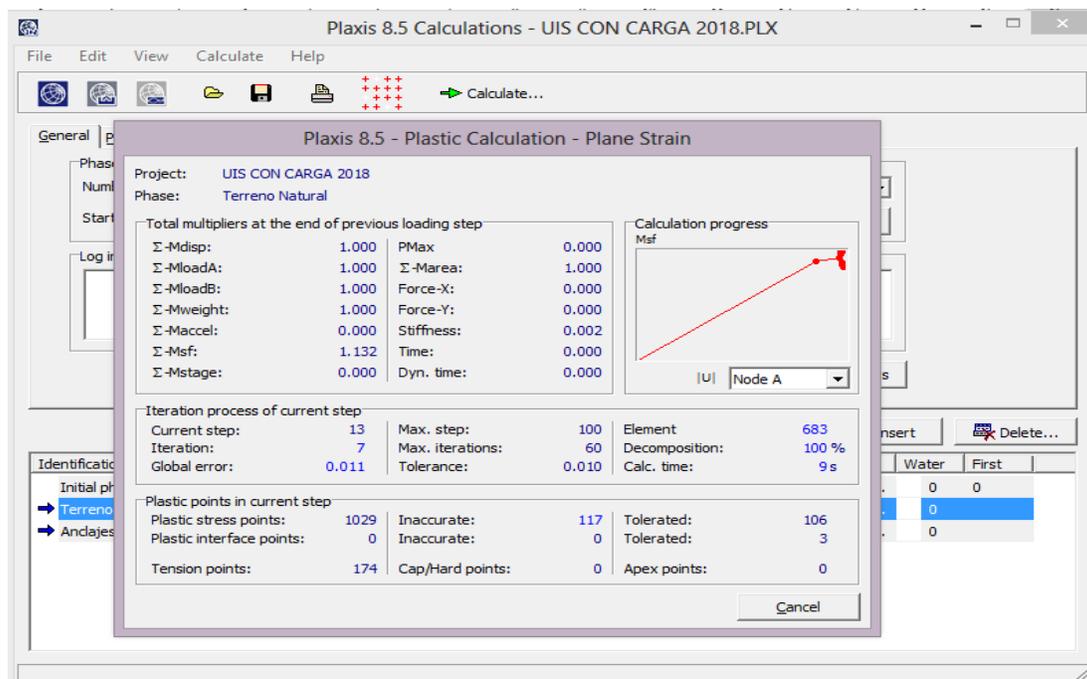


Figura 61. Análisis de Estabilidad en Plaxis, Alternativa No 1 -Este Estudio.

Fuente: Resultados del Software Plaxis 2D

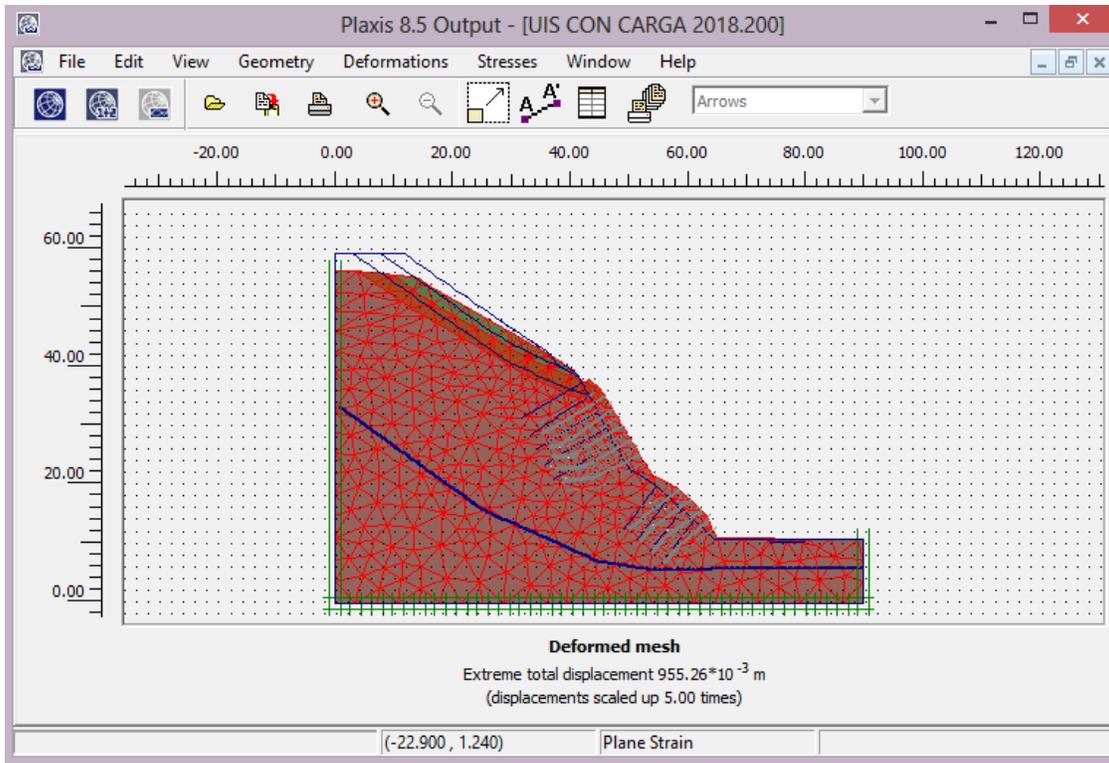


Figura 62. Análisis de Estabilidad – F.S. en Plaxis, Alternativa No 1 –Deformación.

Fuente: Resultados del Software Plaxis 2D-Extreme Desplazamiento Total 95 cm

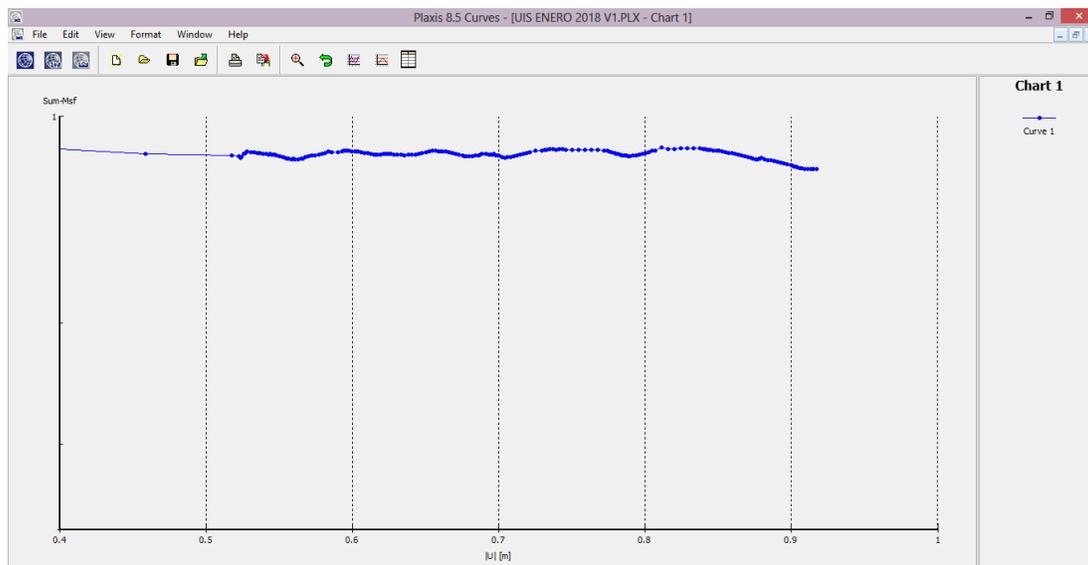


Figura 63. Análisis de Estabilidad – F.S. en Plaxis, Alternativa No 1 -Este Estudio.

Fuente: Resultados del Software Plaxis 2D – F.S. 1.19

## 14.2 Presupuesto-alternativa No 1

Tabla 22.

*Cantidades y presupuesto de obra aproximado alternativa 1*

CANTIDADES Y PRESUPUESTO DE OBRA APROXIMADO ALTERNATIVA 1				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL
Localizacion y replanteo	GL	1	\$ 10,020,670	\$ 10,020,670
Anclaje de 40 Ton de 4 Torones C/U	ml	2424	\$ 778,011	\$ 1,885,898,664
Canales en sacos de suelo - cemento	ml	55.21	\$ 61,100	\$ 3,373,331
Concreto Pantalla	m3	13	\$ 831,945	\$ 10,815,285
Acero de refuerzo	kg	620	\$ 2,000	\$ 1,240,000
Trinchera drenante	ml	110.45	\$ 404,557	\$ 44,683,321
Subdrenes de penetracion longitud - 40m.	ml	400	\$ 217,060	\$ 86,824,000
Revegetalizacion con biomanto e hidrosiembra	m2	600	\$ 16,381	\$ 9,828,600
<b>VALOR COSTO DIRECTO DE LAS OBRAS</b>				<b>\$2,052,683,871</b>

## 14.3 Análisis de estabilidad alternativa No 1

De acuerdo al siguiente análisis los factores de seguridad muestran valores favorables para el diseño y ejecución de obras complementarias (9 Filas de anclajes Activos de doce (12) y nueve (9) metros) a las obras existentes (Anclajes Pasivos, Malla electrosoldada y Concreto Lanzado), ya que la posibilidad de ejecutar estas obras es viable por su topografía y realización constructiva es favorable para la estabilidad del talud superior.

Tabla 23.

*Cuadro Resumen F.S – Alternativa 1*

ALTERNATIVA # 1						
CUADRO RESUMEN DE FACTORES DE SEGURIDAD (F.S)						
PROGRAMAS DE ESTABILIDAD DE TALUDES						
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		SLIDE		SLOPE		PLAXIS
		CORTE C-C ABATIMIENTO NF		CORTE C-C ABATIMIENTO NF		CORTE C-C CON NF
DESCRIPCION	AUTORES	ESTATICO	PSEUDO ESTATICO	ESTATICO	PSEUDO ESTATICO	1.1
TALUD PR 17+850	ORDINARIO/ FELLENIS	1.577	1.081	1.671	1.176	
Carga Sismica Horizontal 0.25	BISHOP SIMPLIFIED	1.715	1.245	1.858	1.338	
Carga Sismica Vertical 0.125	JANBU SIMPLIFIED	1.574	1.069	1.641	1.129	
	SPENCER	1.536	1.064	1.720	1.209	

Por tal razón, se puede implementar esta alternativa y ser complementada con la construcción de obras de drenaje y control de erosión para garantizar la estabilidad del talud superior y el normal funcionamiento del corredor vial.

## 15. Alternativa de estabilidad No 2

### Descripción de las obras propuestas (Anclajes Activos)

Contemplando lo descrito en el numeral octavo (8), de este trabajo de profundización, se tomó para las modelaciones en los programas antes descritos, una aceleración sísmica de diseño horizontal de 0.25 y vertical de 0.125 y se planteó como obra de contención para el talud superior, la implementación de nueve (9) filas de anclajes activos con una longitud de doce (12) que garantice la estabilidad de toda el área del talud

Se recomienda construir en el talud superior anclas pretensionadas de 30 toneladas separadas cada 6.0 metros horizontalmente, con un ángulo de inclinación con respecto a la horizontal de 15°,

esta obra se recomienda con el fin de mantener la estabilidad del talud actual y garantizar el normal funcionamiento del corredor vial al momento de que ocurra un sismo.

Se recomienda la construcción de mínimo 15 sub-drenes de penetración de 30 metros de longitud cada uno, con pendiente de 5° en formación tres bolillos.

Se recomienda la construcción de un sistema hidráulico que pueda evacuar el exceso de agua de infiltración y escorrentía sobre el talud superior, los cuales han sido el factor detonante de la inestabilidad del sector (ver Anexo 1). Este sistema incluye una trinchera drenante en forma de espina de pescado en el talud superior.

### 15.1 Análisis de estabilidad-alternativa No 2

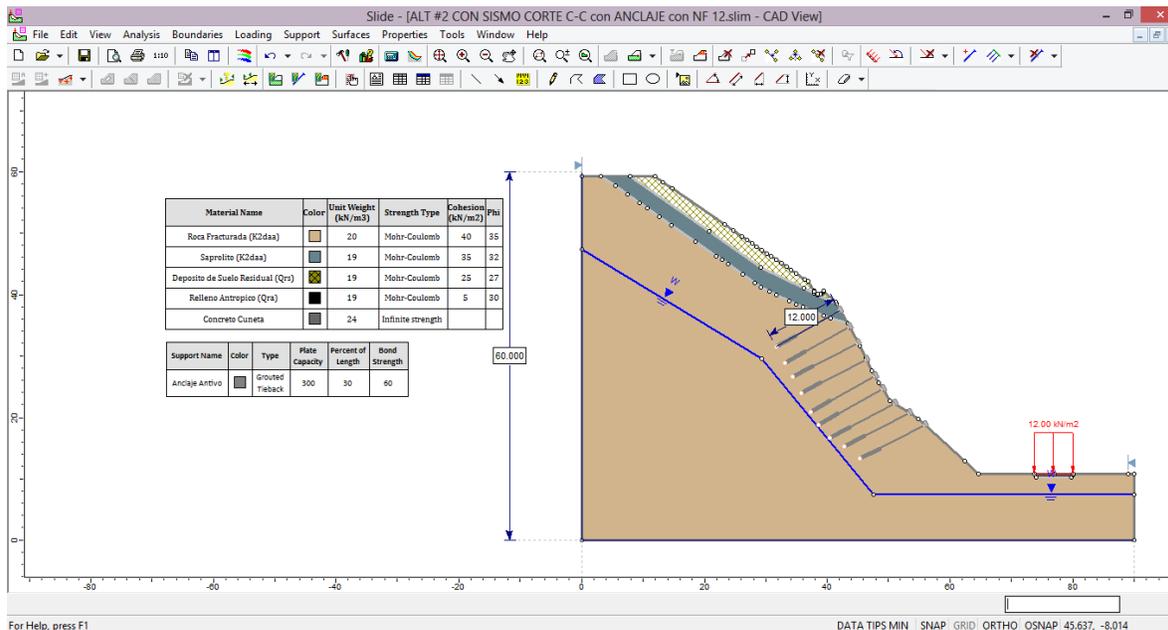


Figura 64. Análisis de estabilidad, Alternativa No 2

Fuente: Resultados del Software Slide

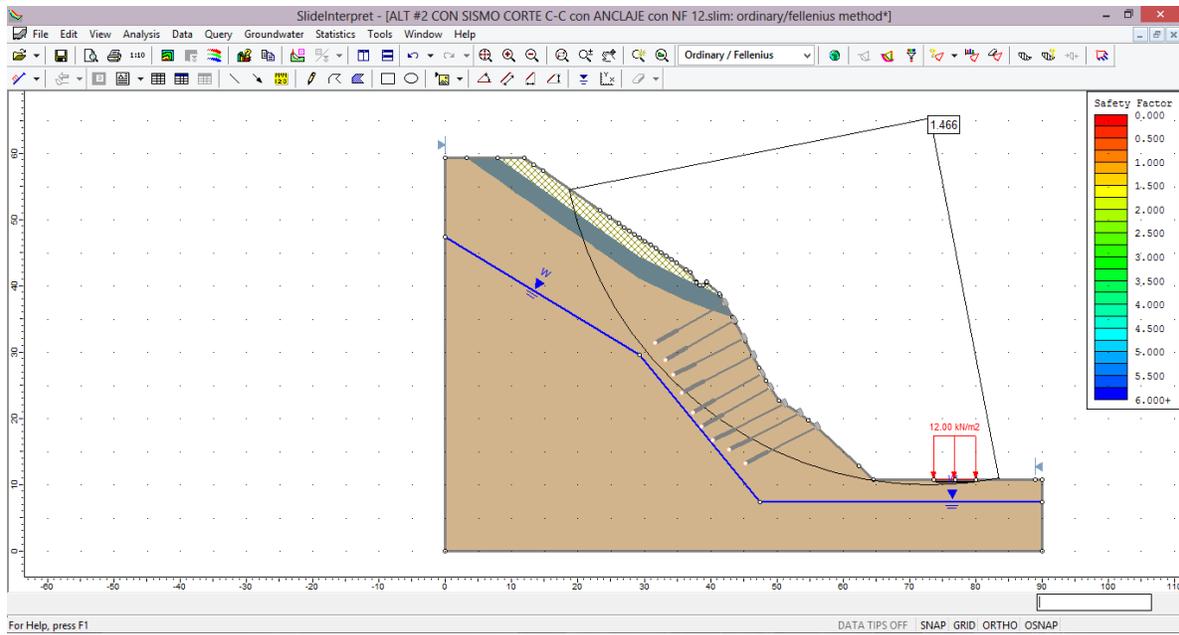


Figura 65. Análisis de estabilidad Estático, Alternativa No 2

Fuente: Resultados del Software Slide

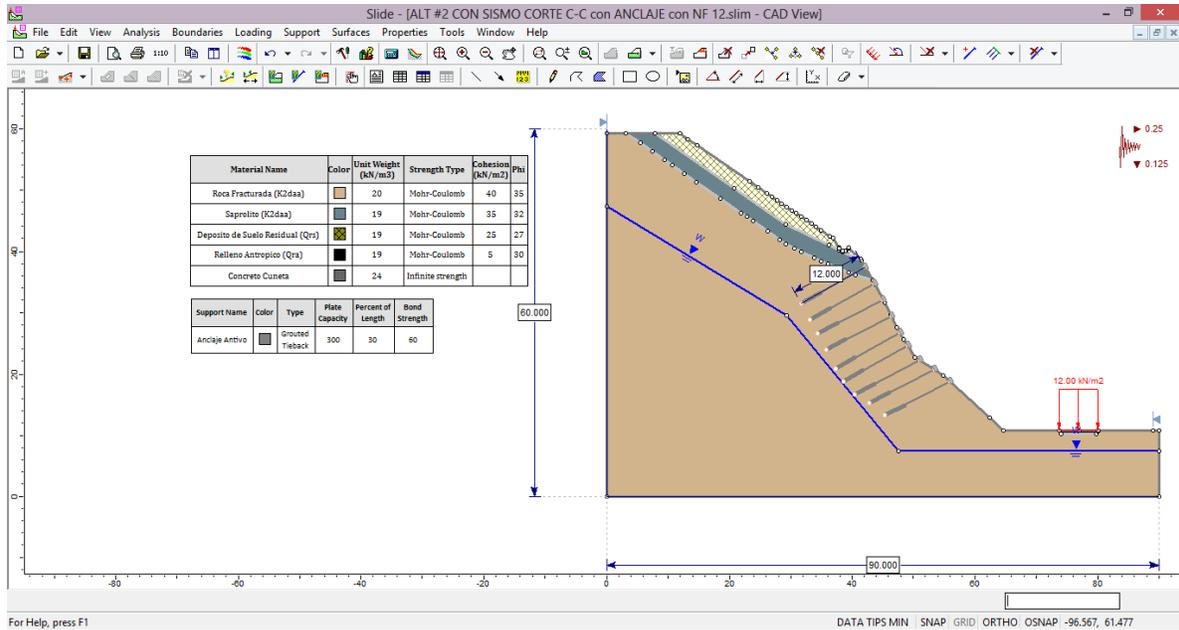


Figura 66. Análisis de estabilidad, Alternativa No 2

Fuente: Resultados del Software Slide

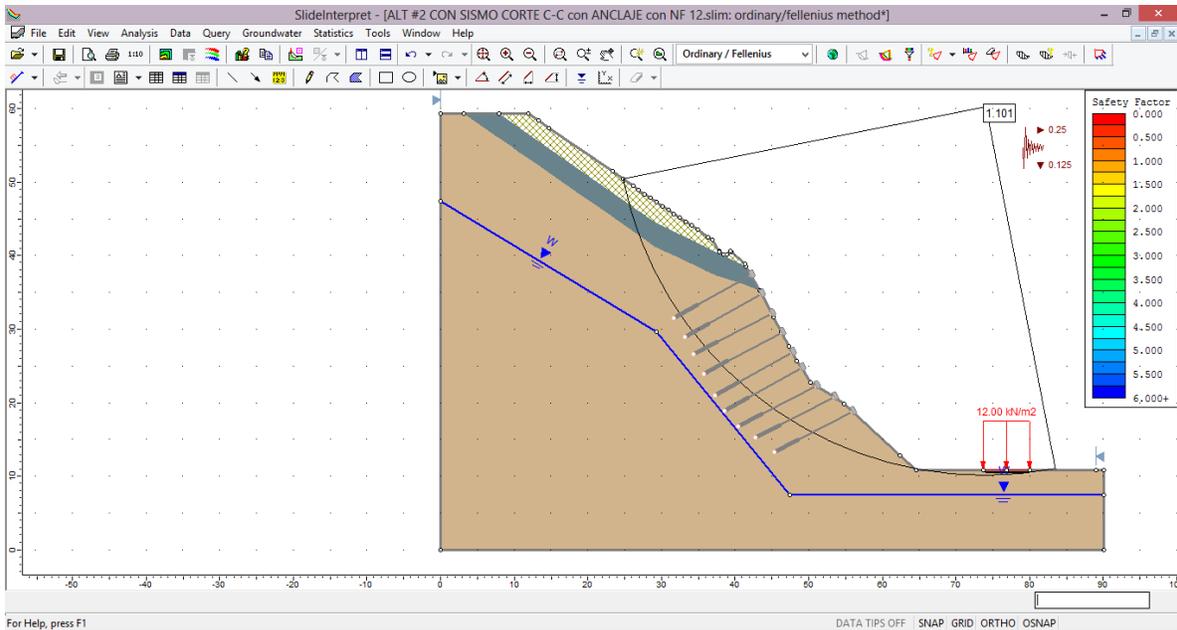


Figura 67. Análisis de estabilidad Dinámico, Alternativa No 2

Fuente: Resultados del Software Slide

Tabla 24.

Resumen factores de Seguridad Software Slide – Alternativa No 2

ALTERNATIVA # 2			
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		CUADRO RESUMEN DE FACTORES DE SEGURIDAD (F.S)	
		PROGRAMAS DE ESTABILIDAD DE TALUDES	
		SLIDE	
		CORTE C-C ABATIMIENTO NF	
DESCRIPCION	AUTORES	ESTATICO	PSEUDO ESTATICO
TALUD PR 17+850	ORDINARIO/ FELLENIOUS	1.466	1.101
Carga Sismica Horizontal 0.25	BISHOP SIMPLIFIED	1.615	1.266
Carga Sismica Vertical 0.125	JANBU SIMPLIFIED	1.452	1.086
	SPENCER	1.610	1.100

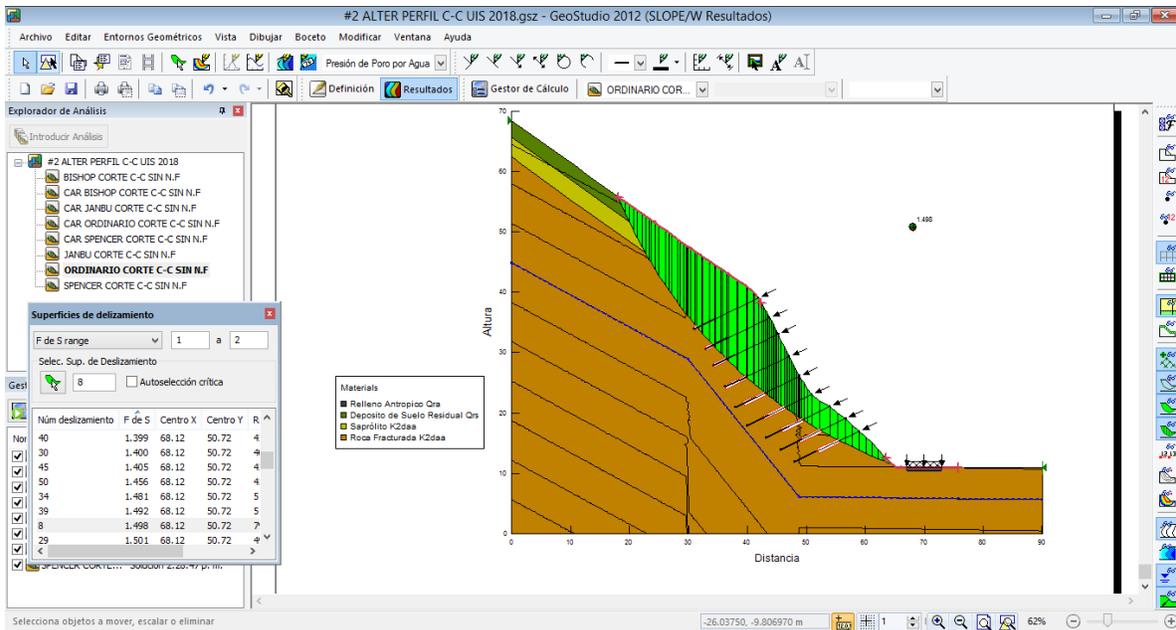


Figura 68. Análisis de estabilidad Estático, Alternativa No 2

Fuente: Resultados del Software Geoslope

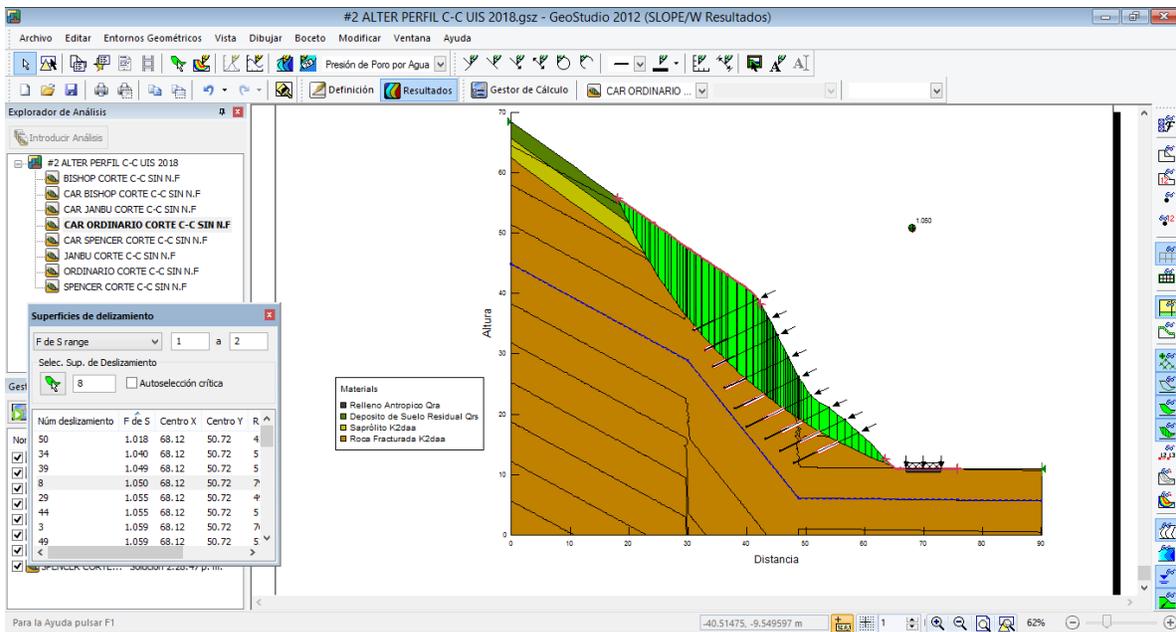


Figura 69. Análisis de estabilidad Estático, Alternativa No 2

Fuente: Resultados del Software Geoslope

Tabla 25.

Resumen factores de Seguridad Software Geoslope – Alternativa No 2

ALTERNATIVA # 2			
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		CUADRO RESUMEN DE FACTORES DE SEGURIDAD (F.S)	
		PROGRAMAS DE ESTABILIDAD DE TALUDES	
		SLOPE	
		CORTE C-C ABATIMIENTO NF	
DESCRIPCION	AUTORES	ESTATICO	PSEUDO ESTATICO
TALUD PR 17+850	ORDINARIO/ FELLENUS	1.498	1.05
Carga Sismica Horizontal 0.25	BISHOP SIMPLIFIED	1.691	1.226
Carga Sismica Vertical 0.125	JANBU SIMPLIFIED	1.488	1.014
	SPENCER	1.551	1.084

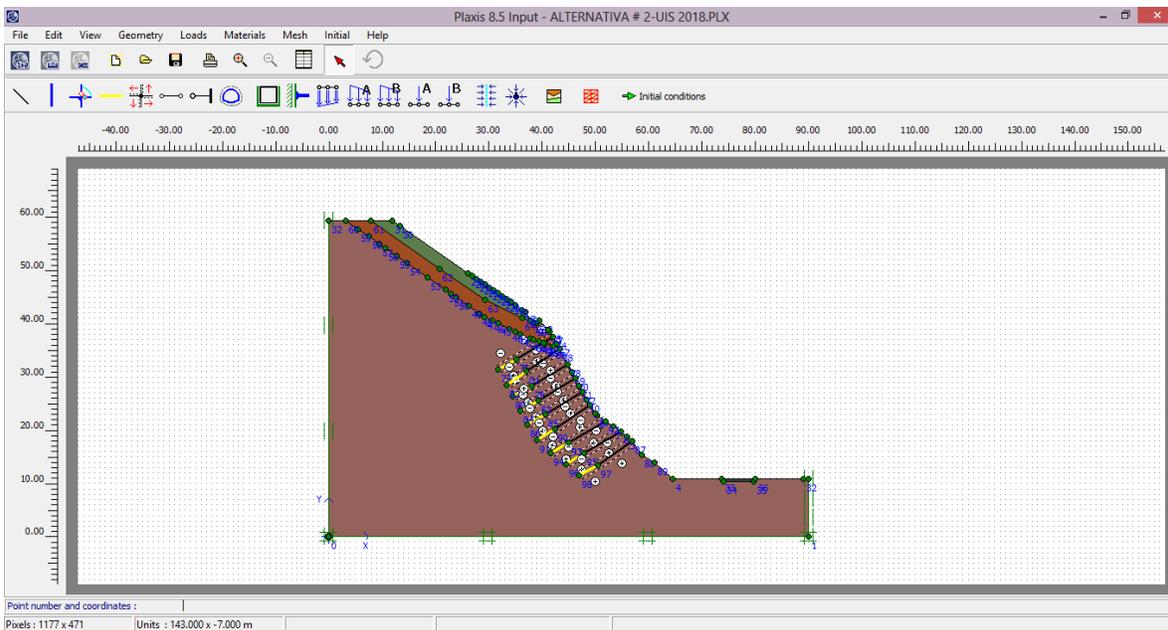


Figura 70. Creación Estabilidad en Plaxis, Alternativa No 2

Fuente: Resultados del Software Plaxis 2D

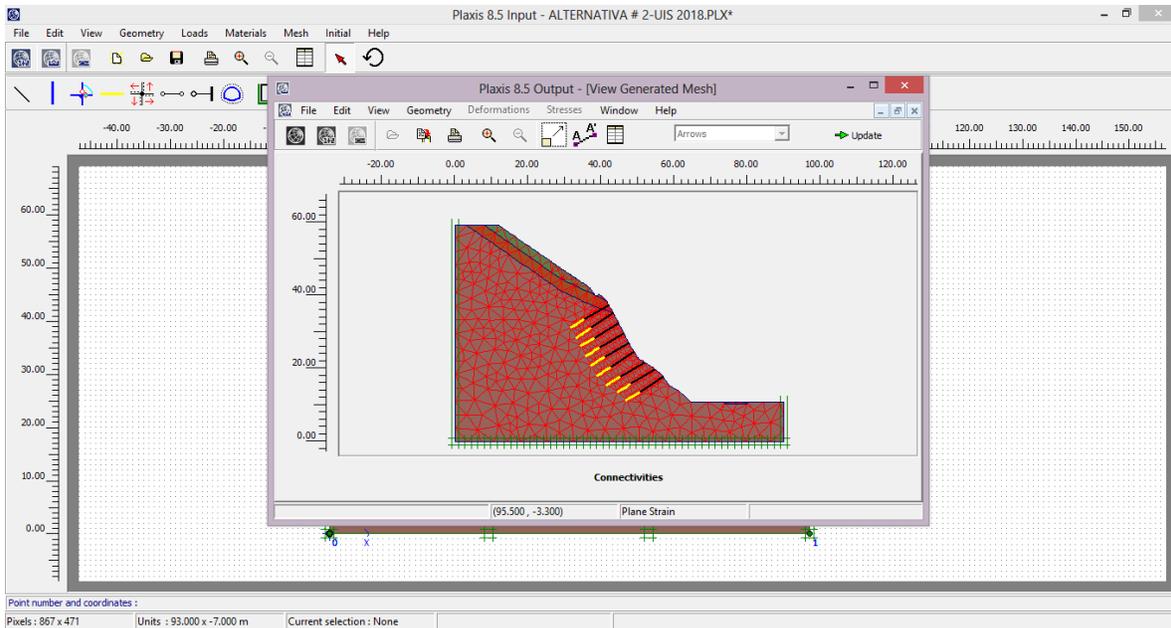


Figura 71. Asignación de Fase constructivas en Plaxis, Alternativa No 2

Fuente: Resultados del Software Plaxis 2D

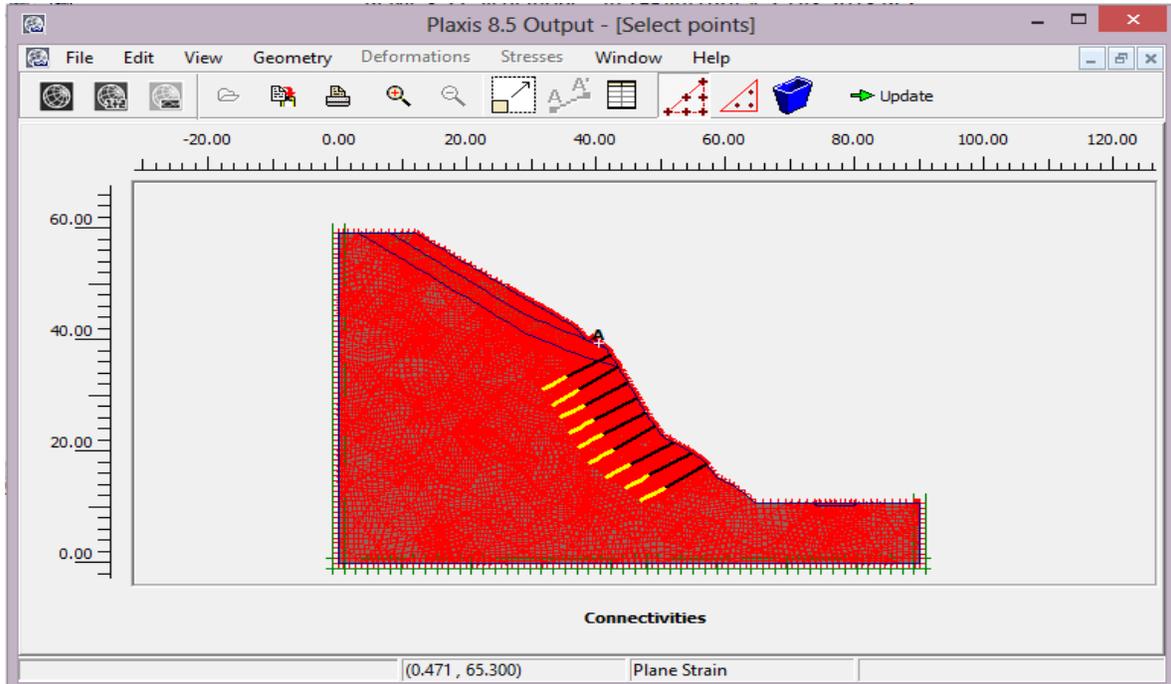


Figura 72. Asignación de Fase constructivas en Plaxis, Alternativa No 2 -Este Estudio.

Fuente: Resultados del Software Plaxis 2D

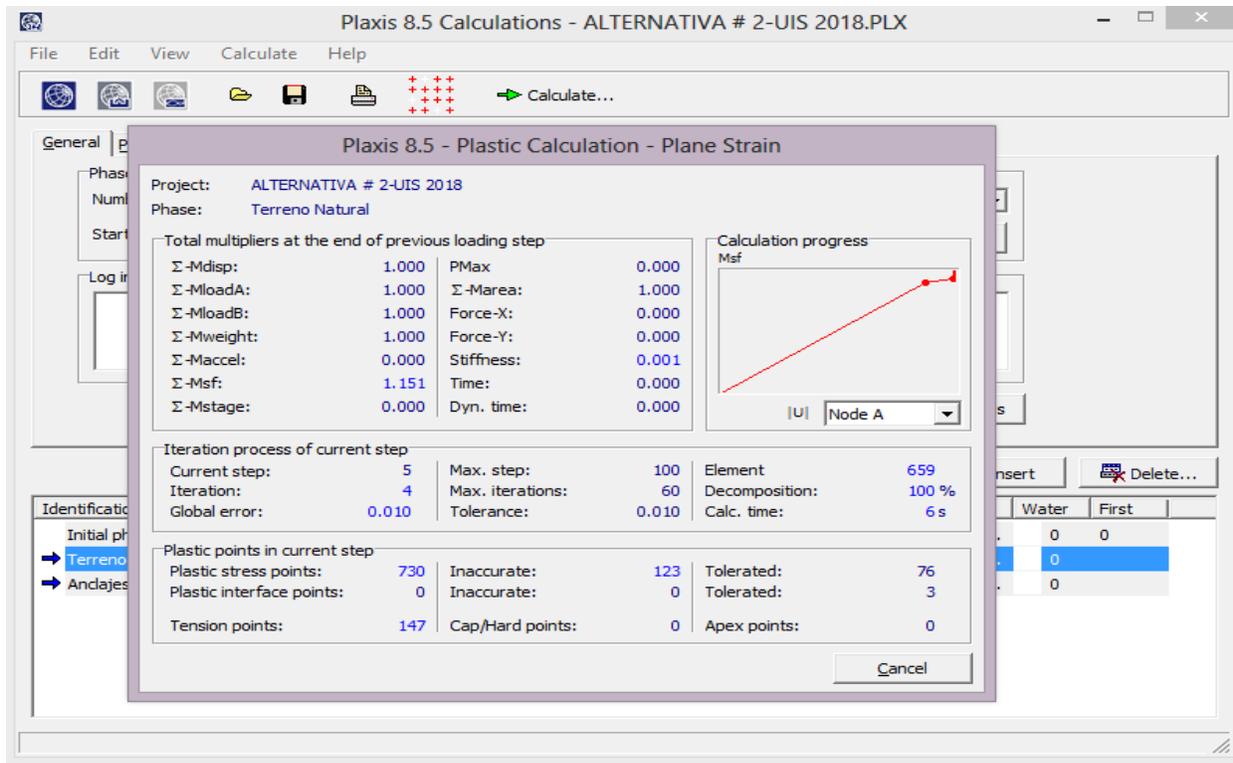


Figura 73. Análisis de Estabilidad en Plaxis, Alternativa No 2 -Este Estudio.

Fuente: Resultados del Software Plaxis 2D

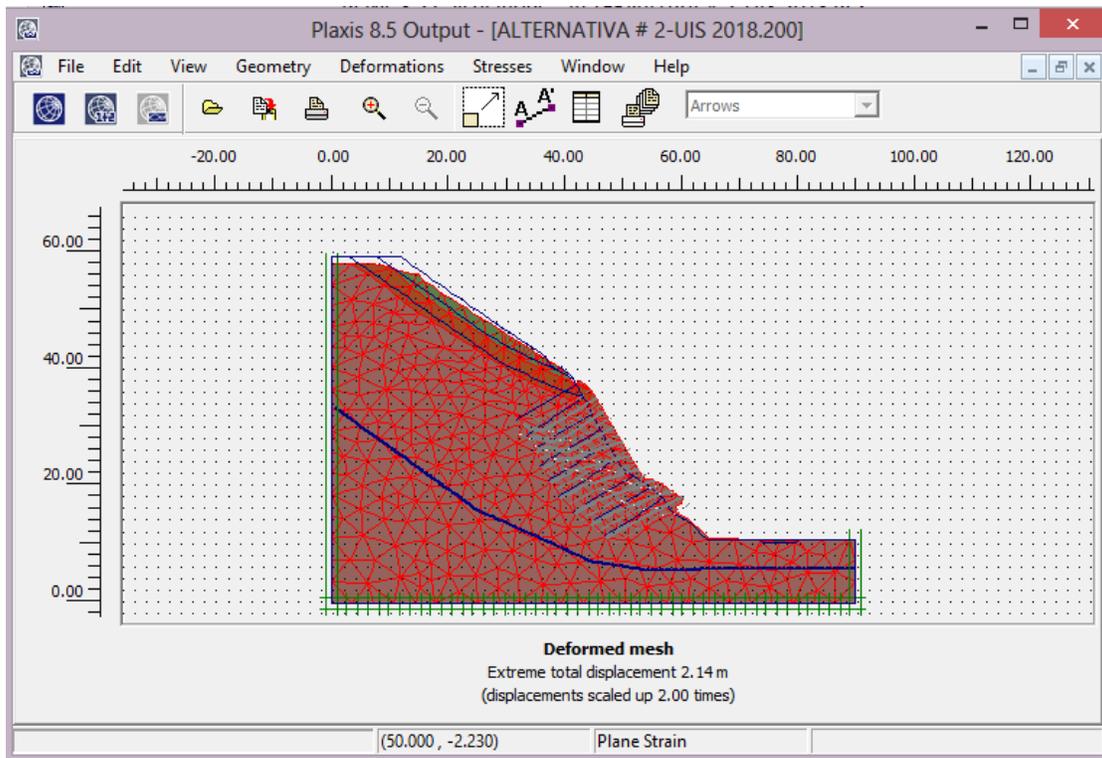


Figura 74. Análisis de Estabilidad – F.S. en Plaxis, Alternativa No 2 –Deformación.

Fuente: Resultados del Software Plaxis 2D-Extreme Desplazamiento Total 8.03 m

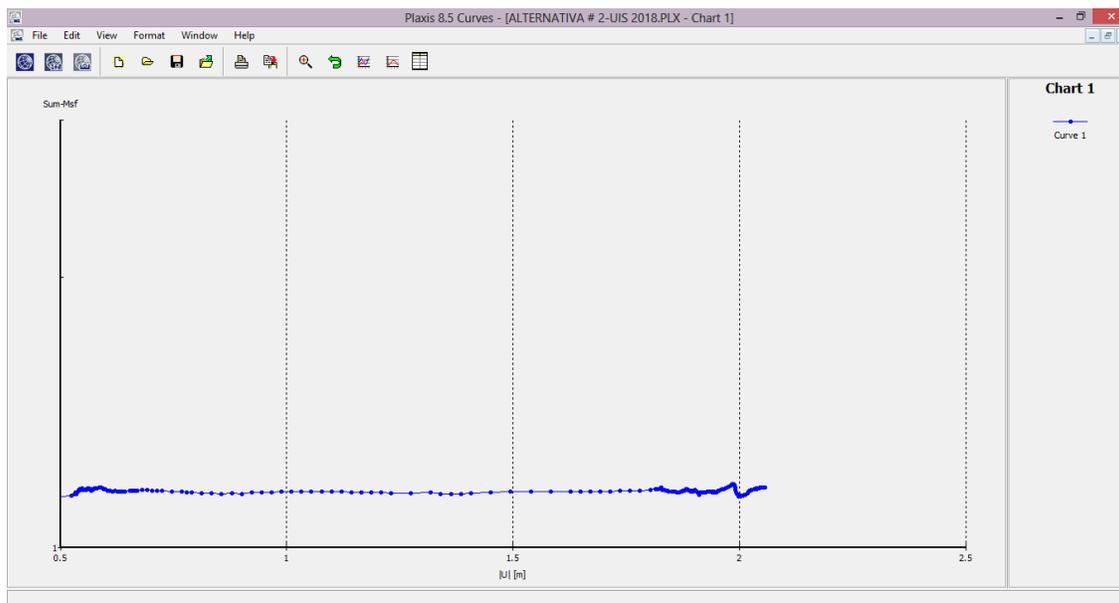


Figura 75. Análisis de Estabilidad – F.S. en Plaxis, Alternativa No 2 -Este Estudio.

Fuente: Resultados del Software Plaxis 2D – F.S. 1.1

## 15.2 Presupuesto-alternativa No 2

Tabla 26.

*Cantidades y presupuesto de obra aproximado alternativa 2*

CANTIDADES Y PRESUPUESTO DE OBRA APROXIMADO ALTERNATIVA 2				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL
Localizacion y replanteo	GL	1	\$ 10,020,670	\$ 10,020,670.00
Anclaje de 30 Ton de 3 Torones C/U	ml	2412	\$ 778,011	\$ 1,876,562,532.00
Canales en sacos de suelo - cemento	ml	140.28	\$ 61,100	\$ 8,571,108.00
Concreto Pantalla	m3	15	\$ 831,945	\$ 12,479,175.00
Acero de refuerzo	kg	704	\$ 2,000	\$ 1,408,000.00
Subdrenes de penetracion longitud - 30m.	ml	450	\$ 217,060	\$ 97,677,000.00
Revegetalizacion con biomanto e hidrosiembra	m2	500	\$ 16,381	\$ 8,190,500.00
<b>VALOR COSTO DIRECTO DE LAS OBRAS</b>				<b>\$ 2,014,908,985.00</b>

## 15.3 Análisis de estabilidad-alternativa no 2

De acuerdo al siguiente análisis los factores de seguridad muestran valores favorables para el diseño y ejecución de obras complementarias (Nueve (9) Filas de anclajes Activos de 12 metros) a las obras existentes (Anclajes Pasivos, Malla electrosoldada y Concreto Lanzado), ya que la posibilidad de ejecutar estas obras es viable por su topografía y realización constructiva es favorable para la estabilidad del talud superior.

Tabla 27.

*Cuadro Resumen F.S – Alternativa 2*

ALTERNATIVA # 2						
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER						
CUADRO RESUMEN DE FACTORES DE SEGURIDAD (F.S)						
PROGRAMAS DE ESTABILIDAD DE TALUDES						
		SLIDE		SLOPE		PLAXIS
		CORTE C-C ABATIMIENTO NF		CORTE C-C ABATIMIENTO NF		CORTE C-C CON NF
DESCRIPCION	AUTORES	ESTATICO	PSEUDO ESTATICO	ESTATICO	PSEUDO ESTATICO	1.1
TALUD PR 17+850	ORDINARIO/ FELLENUS	1.466	1.101	1.498	1.05	
Carga Sismica Horizontal 0.25	BISHOP SIMPLIFIED	1.615	1.266	1.691	1.226	
Carga Sismica Vertical 0.125	JANBU SIMPLIFIED	1.452	1.086	1.488	1.014	
	SPENCER	1.610	1.100	1.551	1.084	

Por tal razón, se puede implementar esta alternativa y ser complementada con la construcción de obras de drenaje y control de erosión para garantizar la estabilidad del talud superior y el normal funcionamiento del corredor vial.

## 16. Análisis de alternativas

Teniendo en cuenta las alternativas No 1 y No 2 planteadas en este trabajo de profundización, se presenta una tabla comparativa para analizar la viabilidad de las obras que podrían garantizar una mayor estabilidad de la zona de estudio.

Análisis de estabilidad.

En este criterio se analizará tanto la estabilidad global de la banca vial, como la estabilidad del talud superior e inferior y la incidencia en la movilidad de la vía.

Estimativo de costos.

Son todos los posibles costos que con lleva la construcción de las alternativas para la seguridad de los transeúntes y el normal funcionamiento del corredor vial

Sistema constructivo

Se analiza las actividades constructivas más viables para la intervención del corredor vial y los tiempos de ejecución que tendrían las obras de estabilización.

Tabla 28.

*Análisis de alternativas*

<b>Criterios y Análisis de Estabilidad</b>	<b>Alternativas constructivas</b>	
	<b>Alternativa No 1</b>	<b>Alternativa No 2</b>
<b>Análisis de Estabilidad</b>	Esta alternativa aumenta y garantiza la estabilidad del talud superior y el normal funcionamiento del corredor vial, debido a que se encuentra protegido por la pantalla de anclajes Activos, no se deben esperar desprendimientos o movimientos que puedan afectar la seguridad de los transeúntes y el normal funcionamiento del corredor vial.	Esta alternativa aumenta y garantiza la estabilidad del talud superior y el normal funcionamiento del corredor vial, debido a que se encuentra protegido por la pantalla de anclajes Activos, se pueden esperar desprendimientos o movimientos que puedan afectar la seguridad de los transeúntes y el normal funcionamiento del corredor vial.
	Por otra parte el análisis de esta alternativa, se muestra que la superficie de falla en una modelación Estática, muestra un adecuado funcionamiento de los anclajes	En el análisis de las modelaciones en situación Estática y Dinámica, expone factores de seguridad adecuados para el diseño, sin embargo los anclajes de la parte superior al momento de su

Criterios y	Alternativas constructivas	
Análisis de	Alternativa No 1	Alternativa No 2
Estabilidad	<p>proyectados, ya que se encuentran por detrás de la superficie de falla.</p>	<p>modelación no estarían generando aporte estructural a la estabilidad del talud, ya que están por detrás o</p>
<p>En la modelación Dinámica muestra que algunos anclajes de la parte superior trabajarían a un porcentaje menor de lo esperado, debido a que los atraviesa la superficie de falla, sin embargo esta actividad sísmica no es permanente, lo que indica que los anclajes tendrán un comportamiento favorable en la estabilidad de este talud.</p>	<p>cortando un porcentaje pequeño del bulbo.</p>	<p>Por otro lado el análisis de la modelación con el programa de estabilidad de taludes PLAXIS, indica que en la corona del talud se podrían presentar asentamientos y deformaciones considerables.</p>
<p>Por otra parte la modelación con el programa de estabilidad de taludes PLAXIS, indica en la modelación una deformación, en la corona que se podría verse controlada con obras de drenaje ya que se estaría controlando esfuerzos de presión de poros ocasionado por las aguas superficiales y sub superficiales.</p>	<p>Requiere la construcción de un numero de anclajes (Nueve (9) filas de anclajes de doce (12) y nueve (9) mts de Long) sobre la parte superior e inferior del talud que pueden tener</p>	<p>Requiere la construcción de un numero de anclajes (Nueve (9) filas de anclajes de 12 mts de Long) sobre el talud superior que pueden tener cierto grado de complejidad, teniendo en</p>

Criterios y Análisis de Estabilidad	Alternativas constructivas	
	Alternativa No 1	Alternativa No 2
	cierto grado de complejidad, teniendo en cuenta la topografía de la zona, lo que con lleva al cierre parcial de un carril, por otra parte la cantidad de anclajes en este sector es inferior la alternativa No 2, lo cual el tiempo de intervención se estima se menor.	cuenta la topografía de la zona, lo que con lleva al cierre parcial de un carril, por otra parte la cantidad de anclajes en este sector es superior a la alternativa No 1, lo cual el tiempo de intervención se presume sea más prolongado.
<b>Costos</b>	<b>\$ 2,052,683,871</b>	<b>\$ 2,014,908,985</b>

Teniendo en cuenta los diferentes criterios de análisis, se recomienda la implementación de la alternativa No 1 para su construcción de anclajes activos con longitud de doce (12) y nueve (9) mts distribuidos horizontalmente cada 6 mts, ubicando cinco (5) filas de anclajes en la parte superior del Talud y cuatro (4) filas de anclajes en la parte inferior del talud a Intervenir.

Aunque se pueden esperar posibles movimientos de los suelos subsuperficiales del talud superior, estos no serán de gran magnitud y se podrán manejar de tal manera que la seguridad de los transeúntes y el corredor vial no se vean involucrados.

Otro de los factores para la escogencia de la alternativa No 1, fue la disminución en el área de intervención ya que el número de anclajes es inferior al de la alternativa No 2, y que por lo cual se genera menor impacto ambiental en el sitio.

Si bien la alternativa 1 es más costosa que la alternativa 2, los factores de seguridad aumentan y son más confiables puesto que las deformaciones que se presentarían en la corona del talud son menores que en la alternativa No 2, lo que minimiza la incertidumbre en los trabajos de estabilidad

## 17. Conclusiones

- El corredor vial, específicamente el sector en estudio se encuentra afectado por una serie de procesos de inestabilidad de diferente escala, los cuales para el presente trabajo de profundización en el km17+850 corresponde a procesos de remoción en masa de carácter local, el cual se analizó para generar alternativas constructivas en pro de la estabilidad de la zona de estudio.
- El tipo de obra de estabilización propuesta, corresponde a una alternativa constructiva que sirva como complemento (Anclajes Activos) a la obra actual, la cual contribuye a mejorar las condiciones de estabilidad de la zona de estudio, adicional a lo mencionado se propone la implementación de obras de drenaje complementarias que contribuyan a un adecuado manejo de las aguas superficiales y subsuperficiales.
- Las causas de la adecuada estabilidad del talud en el KM17+850 están relacionadas con las características geológicas del sitio y la saturación en temporadas de lluvias, que sumadas al inadecuado manejo de aguas domesticas generan alteraciones geomecánicas de la zona de interés.
- Los valores obtenidos por los programas Slide y Slope, muestran semejanza, lo cual indica que se podrían realizar análisis simultáneos, para aumentar el grado de acierto al comparar las modelaciones que se puedan tener al momento de realizar un diseño geotécnico.
- El programa Plaxis, es de gran importancia al integrar un modelamiento a nivel constructivo y generar las posibles deformaciones que el talud pueda tener, ya que el diseñador tendrá

una herramienta para proyectar obras de estabilidad más confiable adecuada del talud a intervenir.

- Este trabajo de profundización servirá para tomar medidas correctivas frente al manejo de aguas en la zona de estudio y a intentar implementar un sistema de estabilidad que aumente los niveles de estabilidad en el talud del KM 17+850
- El manejo de estos tres softwares de estabilidad de taludes Slide y Slope que muestran un panorama de superficie de falla, y PLAXIS que muestra la posible deformación crítica del talud, mejoran los aciertos frente a una recomendación constructiva.
- La alternativa de utilizar anclajes pasivos se descartó ya que los proveedores no producen anclajes con longitudes tan grandes, debido a se generaría un problema para el transporte de los mismos, por otra parte a nivel constructivo se tendrían que generar traslapes que podrían generar puntos de debilidad en estos anclajes pasivos, como también se involucraría el diámetro para la excavación e instalación de los mismos.

## 18. Recomendaciones

- La prioridad de obras de estabilización es la implementación de anclajes activos y los Subdrenes de penetración.
- Se recomienda que las obras se construyan en temporada seca (meses de enero, febrero o marzo).
- La prioridad de realizar obras de estabilización con anclajes activos y drenes horizontales para generar un abatimiento del nivel freático de la zona.

- Los anclajes deben construirse con la supervisión de un personal idóneo, que tenga criterio para dar soluciones asertivas y prontas a las situaciones que se presenten e campo.
- Se recomienda la instalación de un sistema de monitoreo para el monitoreo permanente del movimiento. La toma de datos deberá efectuarse cada mes para verificar la condición de estabilidad de la banca de la vía.
- Se recomienda realizar mantenimiento periódico a las estructuras hidráulicas proyectadas con el fin de evitar que el transporte de sedimentos colmate la entrada de las alcantarillas.
- Controlar y vigilar el proceso constructivo, como también el adecuado control de calidad de materiales granulares a utilizarse, como es la fabricación del concreto, en especial hacer constantes ensayos de campo (slump, toma de cilindros, entre otros) para verificar la cantidad de agua, y resistencia; esta recomendación debe hacerse en todas las obras que no cuenta con concretos premezclados, ya que su fabricación se realiza en el sitio de trabajo.
- Cumplir con las normas de seguridad y salud en el trabajo dentro de la obra, como el uso de EPPs y dotación, para poder garantizar una mayor seguridad de la integridad del personal de obra.

## **19. Especificaciones de construcción**

Las especificaciones técnicas contienen las normas, exigencias y procedimientos constructivos aplicados a todas las actividades necesarias para la construcción de las obras planteadas.

A continuación se presenta una tabla con las especificaciones necesarias para la construcción de la alternativa No 1 con anclajes Activos y la construcción de subdrenes de penetración.

Tabla 29.

*Especificaciones técnicas*

<b>Artículo</b>	<b>Descripción</b>
200.1	Desmonte y limpieza en bosque
600.1.1	Excavaciones varias sin clasificar
630-13	Concreto clase D
640-13	Acero de refuerzo $F_y=420$ Mpa.
623-14	Anclaje tipo activo con 3 y/o 6 cables o torones de $\frac{1}{2}$ " y/o $\frac{5}{8}$ "
674-13	Dren horizontal de longitud mayor a diez (10) metros.

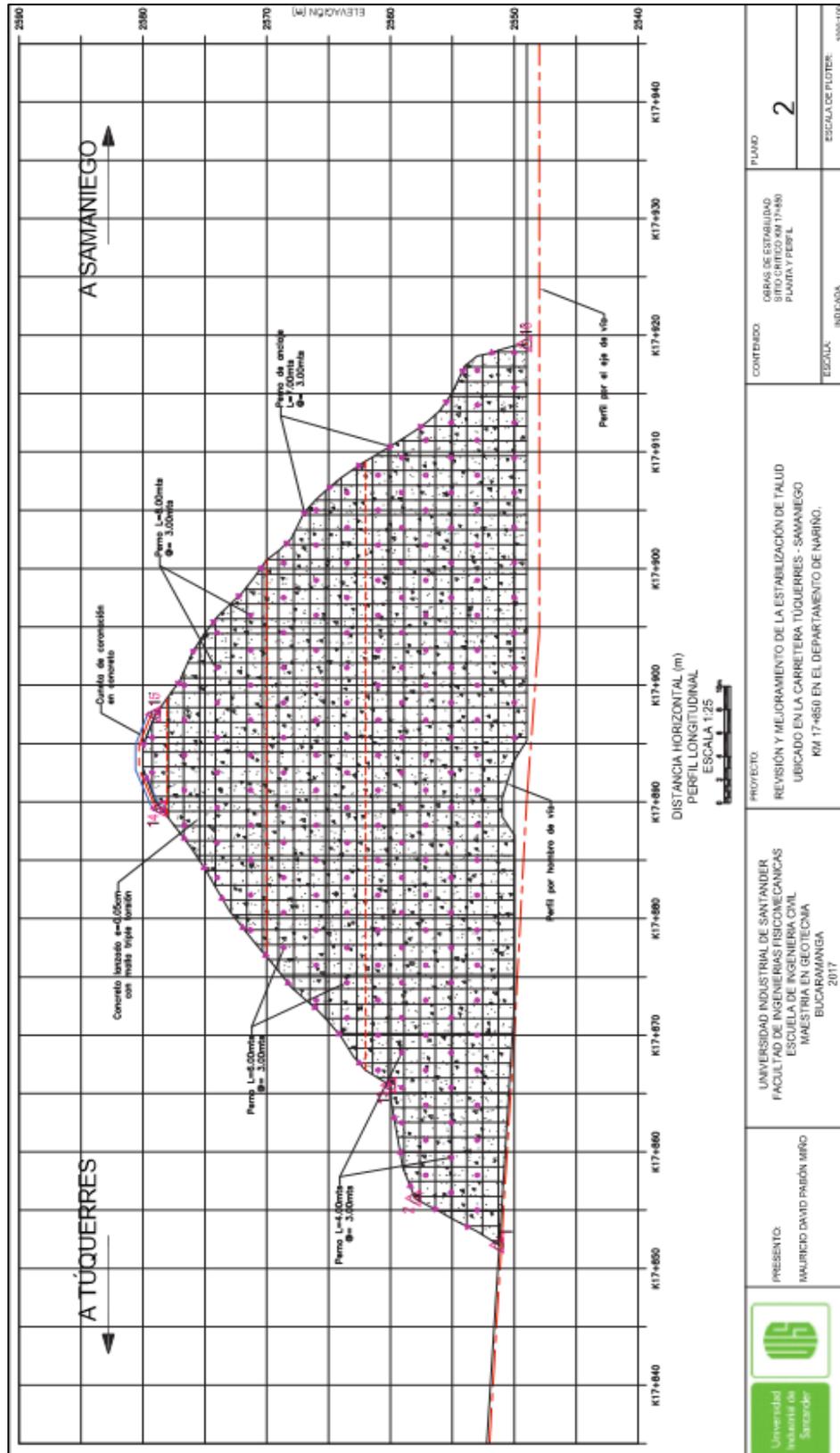
Fuente: INVIAS

### Referencias Bibliográficas

- Ayala-Carcedo, F.J., Ferrer, M., González De Vallejo L.I., Y Bertran De Herdia F. (1988). Catálogo nacional de riesgos geológicos. Instituto Tecnológico GeoMinero de España, Madrid.
- Bowles, J. (1996), "Foundation Analysis and Design" 5th Edition, McGraw-Hill.
- Corominas, J., Gili, J. A., Moya, J., & Lloret, A. (1989). Estabilidad de taludes. Sociedad Española de Geomorfología, Monografías. Recuperado a partir de [http://www2.etcg.upc.edu/asg/Talussos/pdfs/Corominas/Presentaci%C3%B3n\\_2009%20cast.pdf](http://www2.etcg.upc.edu/asg/Talussos/pdfs/Corominas/Presentaci%C3%B3n_2009%20cast.pdf)
- García Yagüe, (1966) Deslizamientos Planos
- González de Vallejo L & otros. (2002) Ingeniería Geológica. Pearson Education S.A.
- González de Vallejo, L., Ferrer, M., Ortuño, L. Y Oteo, C. (2002) Ingeniería Geológica. (1ra. Ed); 2004 (2da. Ed); 2009 (3ra. Ed) Prentice Hall Pearson Educación, Madrid, pp 750.
- Goodman. RE, Bray JW (1976). Toppling of rock Slopes. Proc. ASCE Spec. Conf. Rock Engng. For Foundations and Slopes, Boulder, Co. 2, pp201-234
- Hoek, E. & BRAY, J. W. (1981), "Rock Slope Engineering", Institution of Mining and Metallurgy, London, 3<sup>ra</sup> Ed., 358 pp.
- Instituto Geológico y Minera de España. (1986) Manual de Taludes. 1986, 455p.
- Sharpe C., F.S. (1938), Landslides and related phenomena, Columbia University Press, New York.

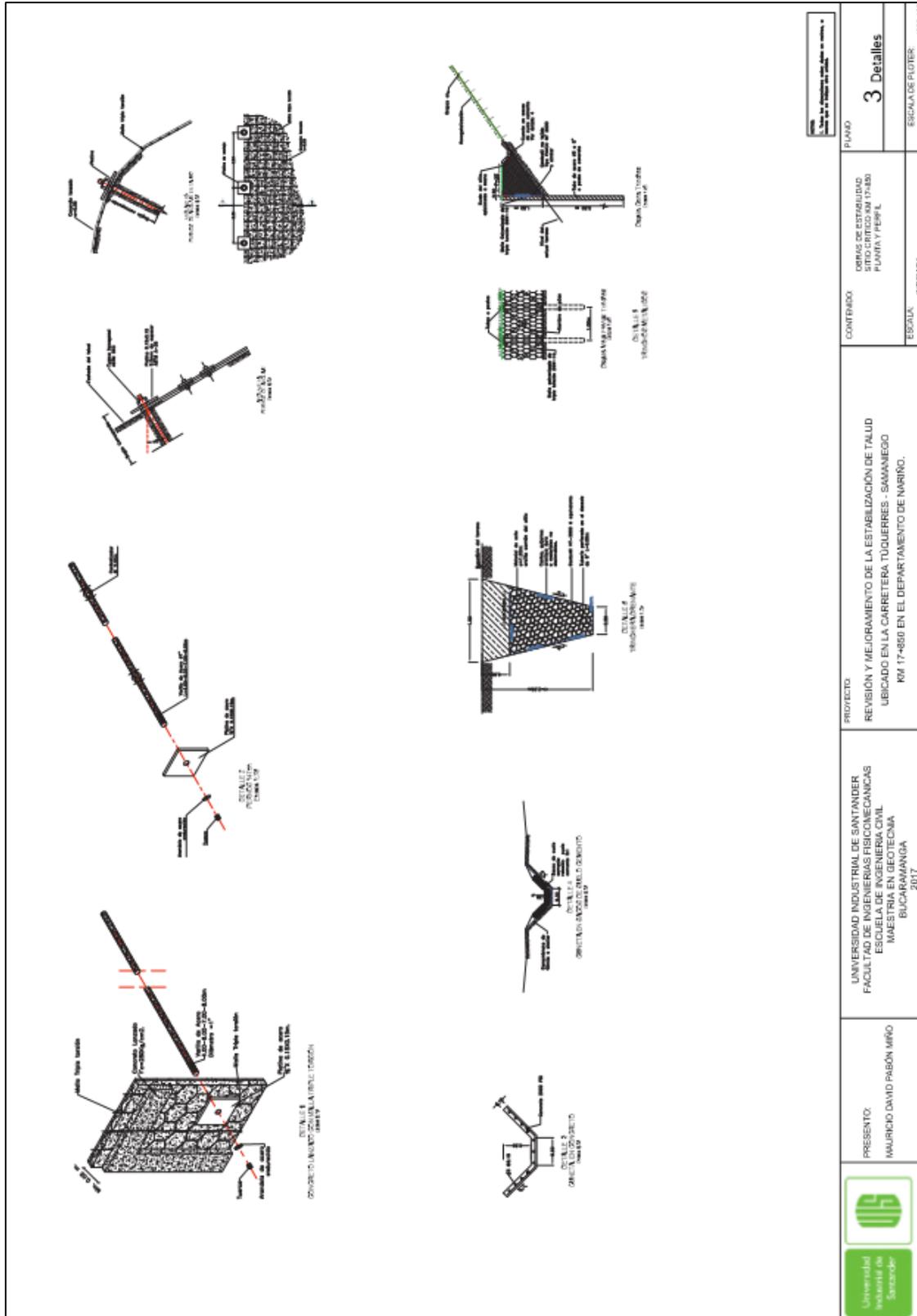
Suarez, J (1998) Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales. Ediciones UIS.





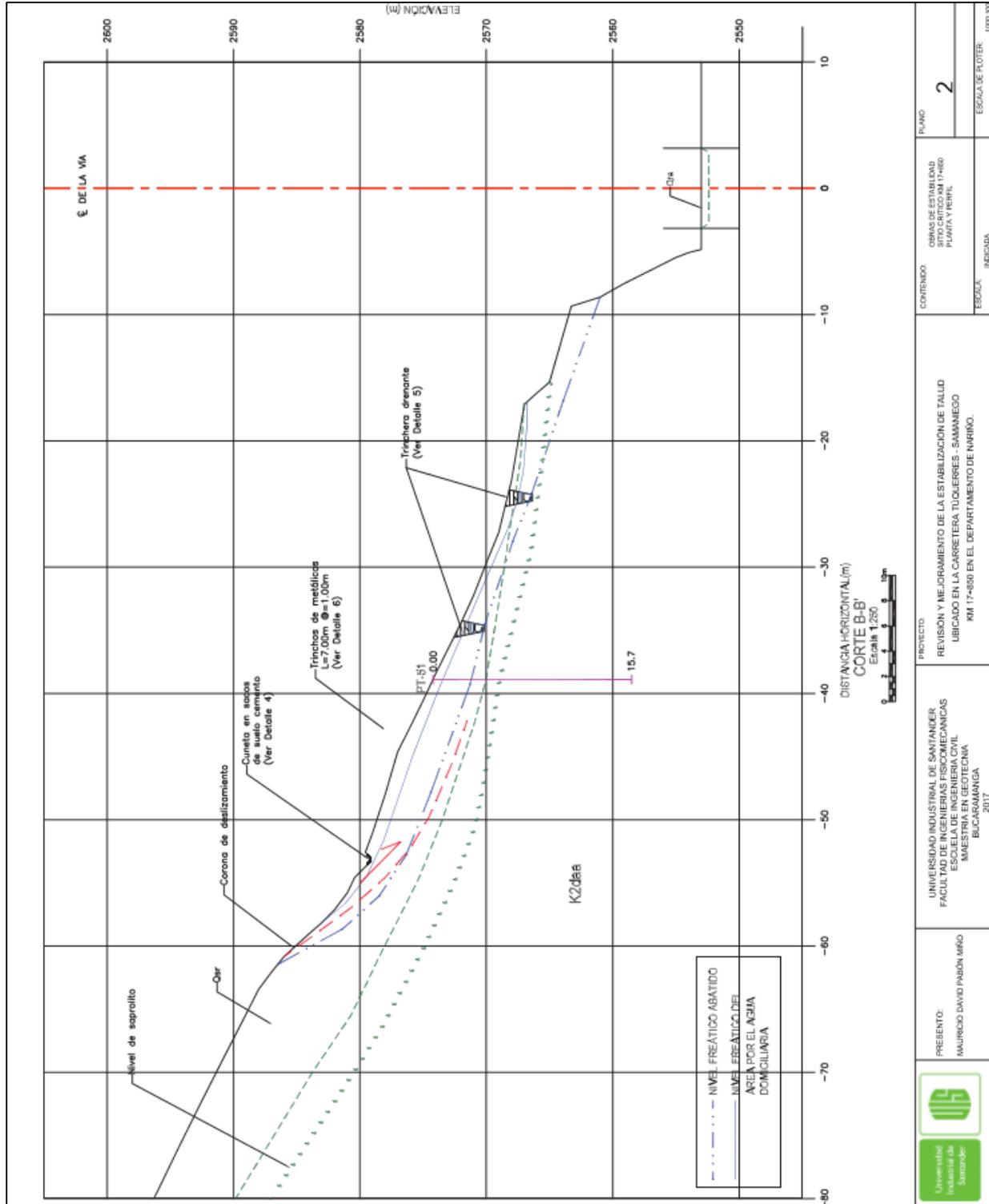
Plano. Vista Frente Estabilidad de Talud km 17+850



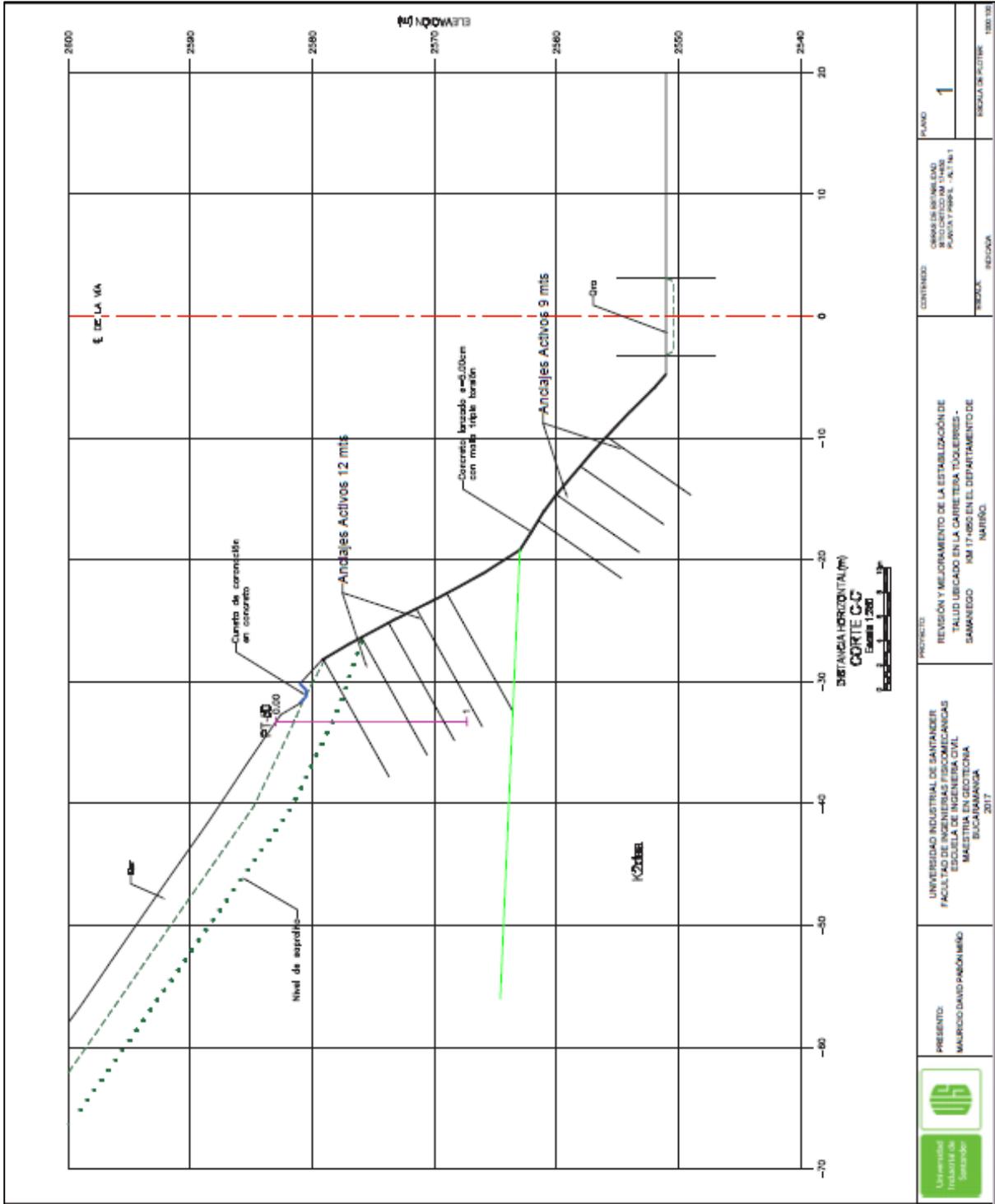


Plano. Detalles Obras de Drenaje - Estabilidad de Talud km 17+850

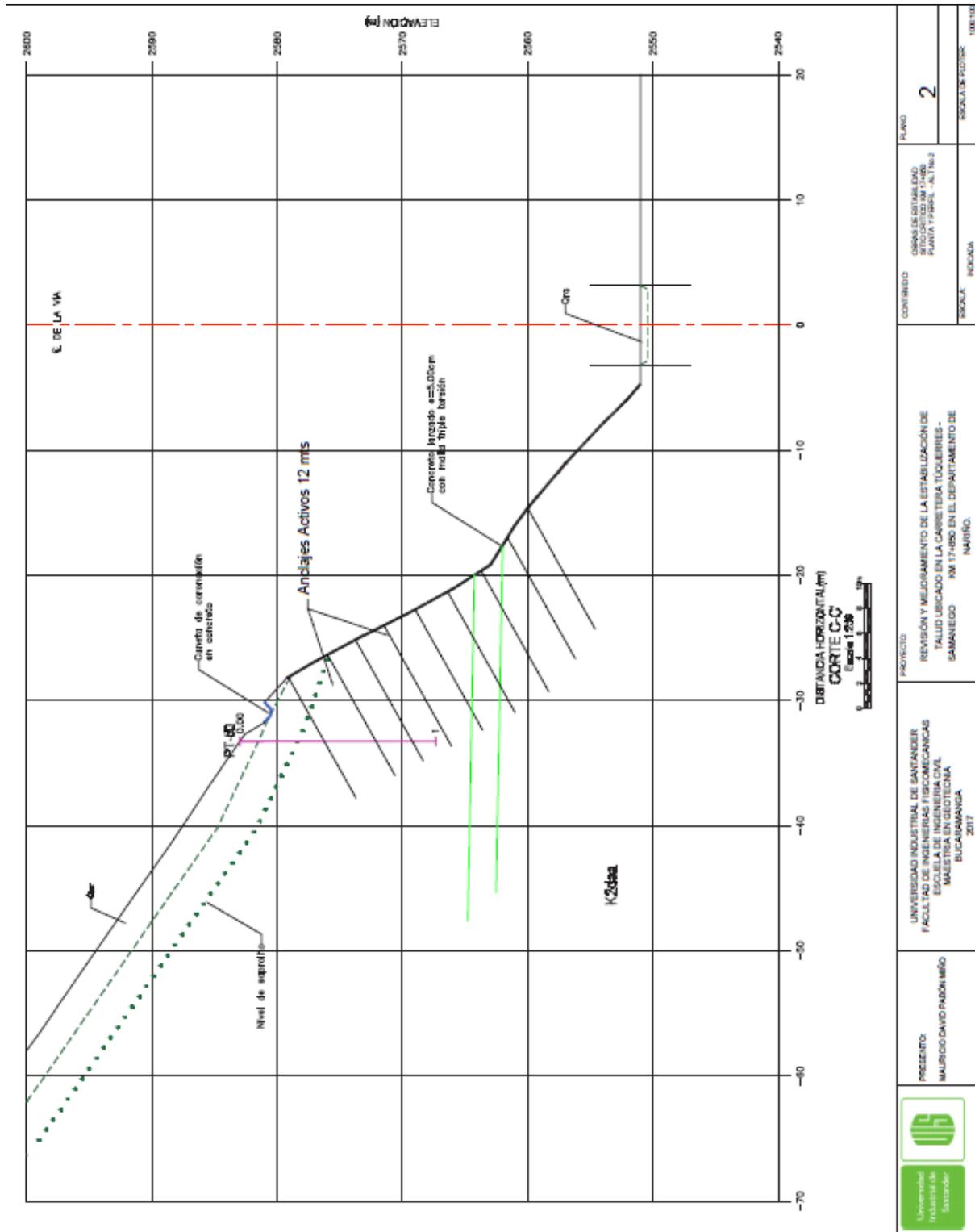
 Universidad Industrial de Santander	PRESENTE: MAURICIO DAVID PABÓN MIRO	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECANICAS ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL MAESTRIA EN GEOTECNIA BUCARAMANGA 2017	PROYECTO: REVISIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA ESTABILIZACIÓN DE TALUD UBICADO EN LA CARRETERA TUCUERRES - SOMANIEGO KM 17+850 EN EL DEPARTAMENTO DE NARIÑO.	CONTENIDO: DISEÑO DE OBRAS DE DRENAJE Y ESTABILIZACIÓN DE TALUD PLANTA Y PERFIL	PLANO 3 Detalles
	ESCALA: INDICADA.	ESCALA DE PLOTEO: 1:500.000			



Plano. Perfil Obras de Drenaje - Estabilidad de Talud km 17+850



Plano. Perfil Obras Alternativa No 1 - Estabilidad de Talud km 17+850



Plano. Perfil Obras Alternativa No 2 - Estabilidad de Talud km 17+850

Apéndice B. Registro de Campo.

EOTECNIA & INGENIERERIAS		SONDEO PT-50							
Compañía de Diseño y Consultoría		Hoja 1 de 2							
PROYECTO: 2398 Tuguanes - Samaniego UBICACION: Sitio Inestable K17+850		COTAS Superficie: Roca: Fondo:							
FECHA INICIACION: 15-mar-15 FECHA TERMINACION: 21-mar-15		PERFORADOR: Orlando H EQUIPO: Petty 1							
ROCA Recobrada: Perforada: Porcentaje:									
PROF. (m)	MUESTRA			PEN (kg/cm <sup>2</sup> )	Roca (%)	RQD (%) [30%]	Agua	Esq.	DESCRIPCION
	Nº y Clase	Profund.(m)	Golpes						
	M-1 SS	0.00 - 0.45	1/6* 1/6* 1/6*		22				
-1.00	M-2 SS	0.45 - 1.40	4/6* 4/6* 4/6*		42				
-2.00	M-3 SS	1.40 - 2.35	9/6* 10/6* 11/6*		47				0.00-4.25 : Depósito de suelo residual compuesto por limo de color habano con algo de gravas finas
-3.00	M-4 SS	2.35 - 3.30	11/6* 14/6* 16/6*		35				
-4.00	M-5 SS	3.30 - 4.25	6/6* 7/6* 8/6*		47				
-5.00	M-6 SS	4.25 - 5.20	12/6* 18/6* 45/6*		42				
-6.00	M-7 NQ	5.20 - 6.70			50				4.25-7.25 : Nivel meteorizado de las diabases denominadas K2daa (Saprolito) de color gris
-7.00	M-8 SS	6.70 - 7.15	30/6* 38/6* 45/6*		44				
-8.00	M-9 NQ	7.25 - 7.25			0				
-9.00	M-10 NQ	8.60 - 8.60			0				7.25-15.80 : Roca diabásica fracturada de color gris verdoso
-10.00									

OBSERVACIONES:  
 SS\_Split-Spoon SH\_Tubo Shelby Bx,Nx,Hx,Q,NQ,BQ,HQWL,NQWL,BQWL,NWM,AWM,NWG,BWG,AWG\_Broca T\_Tricono B\_Bolsa C\_Otro  
 PS\_PortaShelby

Y:001427C-0814238 IG Diseño G Tuguanes SamaniegoAnexo 4 Memoria de Cálculo SITIOS INESTABLES 2398 S K17+850/2PT 2D Y G1 per - 5-1 17-jun-2015



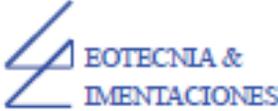
**SONDEO PT-50**

Hoja 1 de 2

PROYECTO: 2398 Tuquesas - Samaniego  
 UBICACION: Sitio Inestable K17+850  
 FECHA INICIACION: 15-mar-15  
 FECHA TERMINACION: 21-mar-15  
 PERFORADOR: Orlando H  
 EQUIPO: Petty 1  
 COTAS Superficie:  
 Roca:  
 Fondo:  
 ROCA Recobrada:  
 Perforada:  
 Portanaja:

PROF. (m)	MUESTRA					PEN (kg/cm <sup>2</sup> )	Roca (%)	RQD (%) de 0.5m	Agua	Esq.	DESCRIPCION
	Nº y Clase	Profund.(m)	Golpes								
0.00	M-1 SS	0.00 - 0.45	1/6"	1/6"	1/6"		22				0.00-4.25 : Depósito de suelo residual compuesto por limo de color tabaco con algo de gravas finas
1.00	M-2 SS	0.45 - 1.40	4/6"	4/6"	4/6"		42				
2.00	M-3 SS	1.40 - 2.35	9/6"	10/6"	11/6"		47				
3.00	M-4 SS	2.35 - 3.30	11/6"	14/6"	16/6"		35				
4.00	M-5 SS	3.30 - 4.25	6/6"	7/6"	8/6"		47				
5.00	M-6 SS	4.25 - 5.20	12/6"	18/6"	45/6"		42				4.25-7.25 : Nivel meteorizado de las diabasas denominadas K2das (Saprolito) de color gris
6.00	M-7 NQ	5.20 - 6.70					50				
7.00	M-8 SS	6.70 - 7.15	30/6"	38/6"	45/6"		44				
8.00	M-9 NQ	7.25 - 7.25					0				7.25-15.80 : Roca diabásica fracturada de color gris verdoso
9.00	M-10 NQ	8.60 - 8.60					0				
10.00											

OBSERVACIONES:  
 SS.-Spill-Spoon SH.-Tubo Shelby Bx,Nx,Hx,Q,NQ,BQ,HQWL,NQWL,BQWL,NWM,AWM,NWG,BW,Q,AW,G.-Broca T.-Tricorno B.-Bolsa Q.-Otro  
 PS.-PortaShelby

 <p><b>EOTECNIA &amp; INGENIERIAS</b> Compañía de Diseño y Consultoría</p>		<p><b>SONDEO PT-50</b></p>							
<p>Hoja 2 de 2</p>									
<p>PROYECTO: 2398 Tuquesas - Samariego UBICACION: Sitio Inestable K17+850</p>		<p>PERFORADOR: Orlando H EQUIPO: Pelly 1</p>		<p>COTAS Superficie: Roca: Fondo:</p>		<p>ROCA Recobrada: Perforada: Porcentaje:</p>			
<p>FECHA INICIACION: 15-mar-15 FECHA TERMINACION: 21-mar-15</p>									
PROF. (m)	MUESTRA			PEN (kg/cm <sup>2</sup> )	Roca (%)	ROD (%) al 2'/s.	Agua	Esp.	DESCRIPCION
	Nº y Clase	Profund.(m)	Golpes						
11.00	M-11 NC	10.25 - 11.65			25				7.25-15.80 : Roca diabásica fracturada de color gris verdoso
12.00	M-12 NC	11.65 - 13.15			30				
13.00	M-13 SS	13.15 - 14.65			26				
14.00	M-14 NC	14.65 - 15.80			0				
15.00	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Fin Sondeo a 15.80m</div>								
16.00									
17.00									
18.00									
19.00									
20.00									
<p><b>OBSERVACIONES:</b>                  SS.-Split-Spoon SH.-Tubo Shelby Bx,Nx,Hx,Q,NQ,BQ,H0WL,N0WL,B0WL,NWM,AWM,NWG,BW,Q,AWG.-Broca T.-Tricorno B.-Bolsa C.-Otro                  PS.-PuntaShelby</p>									
<p>Y:0214GTC-0814-2398 EG Diseño G -Tuquesas SamariegoAnexo 4 Memorias de Cálculo STIC5 INESTABLES2398 SI K17+850V2PT 00Y En.per - 5-1 17-jun-2015</p>									



**SONDEO PT-51**

Hoja 1 de 2

PROYECTO: 2398 Tuqueses - Samaniego UBICACION: Sitio Inestable K17+850		COTAS Superficie: Roca: Fondo:		ROCA Recorrida: Perforada: Porcentaje:					
FECHA INICIACION: 10-mar-15 FECHA TERMINACION: 13-mar-15		PERFORADOR: Orlando H EQUIPO: Petty 1							
PROF. (m)	MUESTRA			PEN (kg/cm <sup>2</sup> )	Recor. (%)	ROD (%) x 30s	Agua	Esp.	DESCRIPCION
	N° y Clase	Profund.(m)	Golpes						
	M-1 SS	0.00 - 0.45	3/8"	4/8"	2/6"	77			0.00-4.25 : Depósito de suelo residual compuesto por limo de color habano con algo de gravas finas
1.00	M-2 SS	0.45 - 1.40	2/8"	3/8"	3/6"	51			
2.00	M-3 SS	1.40 - 2.35	3/8"	3/8"	3/6"	35			
3.00	M-4 SS	2.35 - 3.30	3/8"	3/8"	2/6"	47			
4.00	M-5 SS	3.30 - 4.25	4/8"	4/8"	5/6"	47			
5.00	M-6 SS	4.25 - 5.20	15/8"	28/8"	45/8"	14			4.25-9.70 : Nivel meteorizado de las diabasas denominadas K2daa (Saprolito) de color gris
6.00	M-7 NQ	5.20 - 6.70				10			
7.00									
8.00	M-8 SS	8.20 - 9.70				20			9.70-15.70 : Roca diabásica fracturada de color gris verdoso
9.00									
10.00									

OBSERVACIONES:  
 SS, Split-Spoon SH, Tubo Shelby Bx, Nk, Hx, Q, NQ, BQ, HXL, NXL, BXL, NWM, AWM, NWG, BW, LAWG, Broca T, Triceno B, Bolsa C, Otro PS, PortaShelby



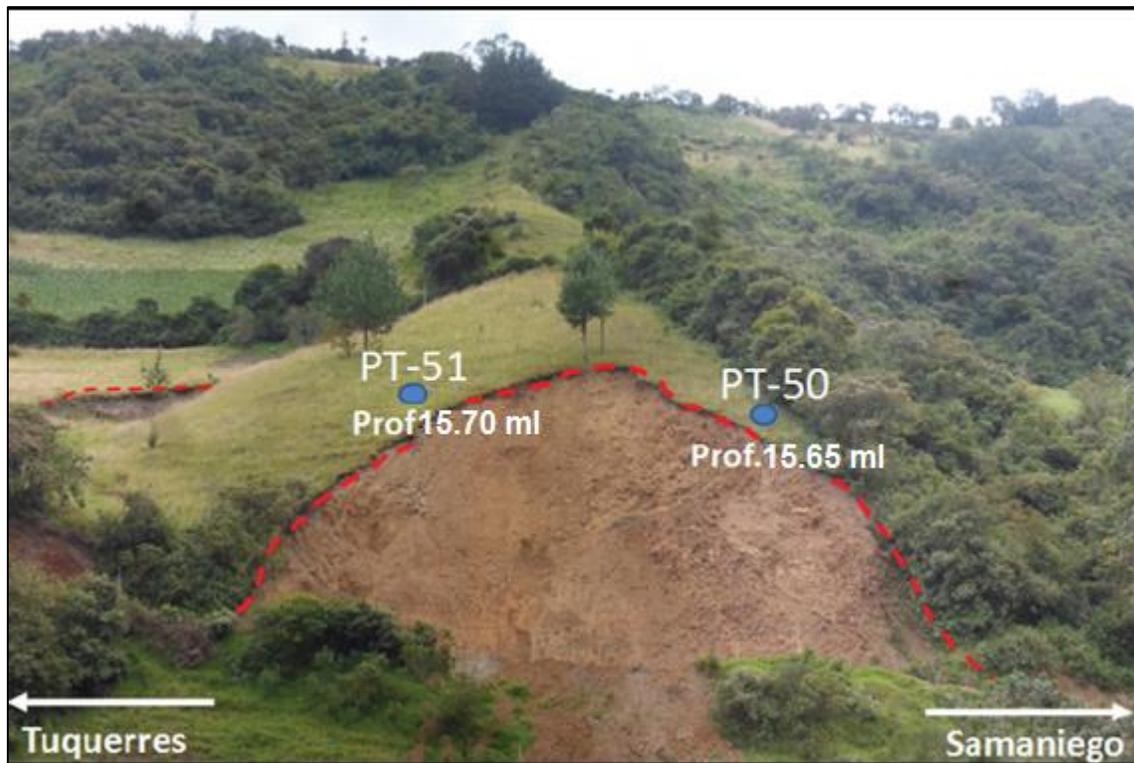
**SONDEO PT-51**

Hoja 2 de 2

PROYECTO: 2398 Tuqueses - Samariego  
 UBICACION: Sitio Inestable K17+850  
 COTAS Superficie:  
 Roca:  
 Fondo:  
 FECHA INICIACION: 10-mar-15 PERFORADOR: Orlando H  
 FECHA TERMINACION: 13-mar-15 EQUIPO: Pelly 1  
 ROCA Recobrada:  
 Perforada:  
 Permeable:

PROF. (m)	MUESTRA			PEN (kg/cm <sup>2</sup> )	Roca (%)	ROD (%) ± 0.2%	Agua	Esq.	DESCRIPCION
	Nº y Clase	Profund.(m)	Golpes						
11.00	M-9 SS	9.70 - 11.20			20				9.70-15.70 : Roca diabásica fracturada de color gris verdoso
12.00	M-10 SS	11.20 - 12.70			56				
14.00	M-11 SS	12.70 - 14.70			30				
15.00	M-12 SS	14.20 - 15.70			46				
15.00	Fin Sondeo a 15.70m								
17.00									
18.00									
19.00									
20.00									

OBSERVACIONES:  
 SS...Split-Spoon SH...Tubo Shelby Bx,Nx,Hx,Q,NQ,BQ,HXL,NXL,BXL,NWM,AWM,NWG,BW,Q,AWG...Broca T...Trilcono B...Bolsa C...Otro  
 PS...PortaShelby

**REGISTRO FOTOGRÁFICO**

Fotografía 1. Sitio de Estabilidad de Talud KM17+850

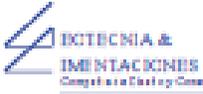


Fotografía 2. Perforación PT-50 Caja 0.0 mts a 15.0 mts- Talud KM17+850



Fotografía 3. Perforación PT-51 Caja 0.0 mts a 15.0 mts - Talud KM17+850



 <p><b>IGTECNIA &amp; INGENIERIAS</b> Consultoría e Ingeniería Civil</p>	<b>LÍMITES DE CONSISTENCIA Y GRADACIÓN</b>				
Revista 4 - Junio 2014					
PROYECTO	TUQUERRES SAMANIEGO - ADICIONES 2015	GYC	0914-2388	MUESTRA	M - 2
DESCRIPCIÓN	ARCILLA COLOR HABANO ARENOSO	ASOCIADA	KM 17+850		
SONDEO N°	PT-60	PROFUNDIDAD (m)	1.40-2.35	FECHA	24/04/2015

Balance: **serie 001**

**LÍMITE LIQUIDO IN.VE - 126**

NÚMERO DE GOLPES	25	28	30
VIDRIO N°	60	38	33
P1	48.91	48.87	47.34
P2	40.73	41.25	38.72
P3	31.06	19.09	18.00
% HUMEDAD	37.5	38.9	41.8

**LÍMITE PLÁSTICO IN.VE - 128**

VIDRIO N°	60	14	
P1	17.77	21.08	
P2	15.53	18.80	
P3	7.23	10.21	
% HUMEDAD	37.5	38.3	

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

	P1	P2	P3	W (%)

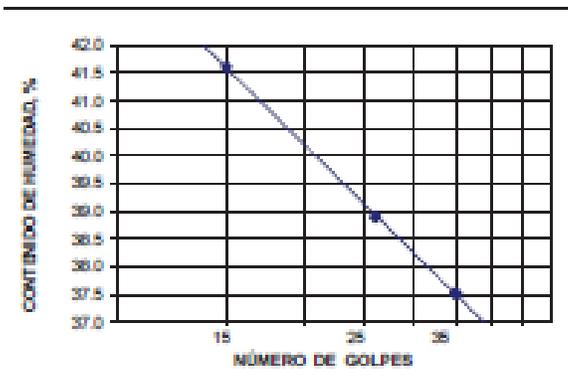
Balance: **serie 002**

**GRADACIÓN IN.VE - 123**

P1 = 144.7		P2 = 65.8	
TAMIZ	P. RETENIDO	% RETENIDO	% PASA
2"		0.0	100.0
2 1/2"		0.0	100.0
3"		0.0	100.0
1 1/2"		0.0	100.0
1"		0.0	100.0
3/4"		0.0	100.0
1/2"		0.0	100.0
3/8"		0.0	100.0
N° 4	3.8	2.6	97.4
N° 10	2.1	1.5	98.5
N° 40	11.5	7.9	88.0
N° 100	32.4	23.1	64.5
N° 200	12.0	8.0	55.5
P-200	80.9	55.9	

También revisados visualmente:  OK

Sete de Tamices: 1 x 2



HUMEDAD	
LÍMITE LIQUIDO	39%
LÍMITE PLÁSTICO	27%
INDICE PLASTICIDAD	12%
C.M.O.	
INDICE DE GRUPO	5
A.A.S.H.T.O.	A - 6
U.S.C.	CL - ML

**CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA**

	P1	P2	C.M.O (%)

ING. RESPONSABLE \_\_\_\_\_

FIRMA \_\_\_\_\_

NOMBRE \_\_\_\_\_

Observaciones:

JEFE DE LAB. 

FIRMA \_\_\_\_\_

NOMBRE: JUAN CAMILO NIETO

		<b>LÍMITES DE CONSISTENCIA Y GRADACIÓN</b>	
Revisión 4 - Junio 2014			
PROYECTO	TUQUERRES SAMANIEGO - ADICIONES 2015	GYC	0914-2388 MUESTRA M - 5
DESCRIPCIÓN	ARENA LIMOSA COLOR HABANO	ABSCISA	KM 17+850
SONDEO N°	PT-60	PROFUNDIDAD (m)	3.30-4.20
		FECHA	24/04/2015

Balanceo: **serie 001**

**LÍMITE LIQUIDO I.N.V.E - 126**

NÚMERO DE GOLPES	36	25	18
VEDRIO N°	3	54	28
P1	53.30	55.48	52.21
P2	45.58	47.17	43.32
P3	33.30	34.07	19.50
% HUMEDAD	34.8	36.0	38.0

**LÍMITE PLÁSTICO I.N.V.E - 128**

VEDRIO N°	300	100	
P1	21.75	23.41	
P2	18.90	19.79	
P3	7.22	8.80	
% HUMEDAD	34.4	34.1	

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

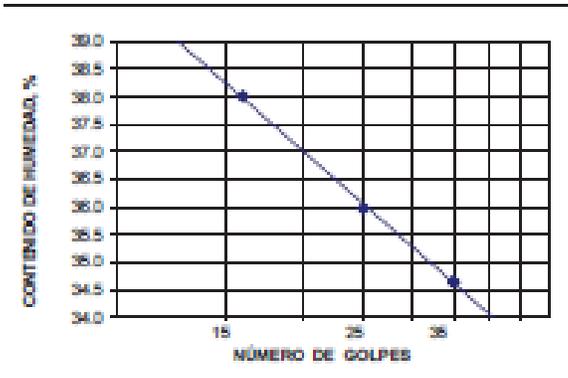
	P1	P2	P3	W (%)

Balanceo: **serie 002**

**GRADACIÓN I.N.V.E - 123**

P1 = 99.1		P2 = 138.2	
TAMIZ	P. RETENIDO	% RETENIDO	% PASA
2"		0.0	100.0
2 1/2"		0.0	100.0
3"		0.0	100.0
1 1/2"		0.0	100.0
1"		0.0	100.0
3/4"		0.0	100.0
1/2"	8.7	3.8	96.2
3/8"	4.1	2.1	97.9
N° 4	21.1	11.0	89.0
N° 10	12.8	6.5	93.5
N° 40	34.0	17.8	82.2
N° 100	38.3	20.0	80.0
N° 200	11.8	6.0	94.0
P-200	82.9	32.9	67.1

Tamices revisados visualmente:  OK  
 Serie de Tamices: 1 a 2



HUMEDAD	
LÍMITE LIQUIDO	34%
LÍMITE PLÁSTICO	24%
INDICE PLASTICIDAD	12%
C.M.O.	
INDICE DE GRUPO	0
A.A.S.H.T.O.	A - 2 - 5
U.S.C.	SM - SC

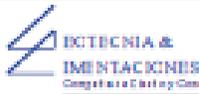
**CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA**

	P1	P2	C.M.O (%)

ING. RESPONSABLE  
 FIRMA  
 NOMBRE

Observaciones:

JEFE DE LAB.  
  
 FIRMA  
 NOMBRE JUAN CAMILO NIETO

 <p><b>ECTECNIA &amp; INGENIERIAS</b> <small>Geotecnia y Control de Obras</small></p>	<b>LÍMITES DE CONSISTENCIA Y GRADACIÓN</b>				
Revisión 4 - Junio 2014					
PROYECTO	TUQUERRES SAMANIEGO - ADICIONES 2015	GYC	0914-2388	MUESTRA	M - 6
DESCRIPCIÓN	ARENA ARCILLOSA COLOR CAFÉ CON GRAVAS		ABSCISA	KM 17+650	
SONDEO Nº	PT-60	PROFUNDIDAD (m)	4.20-6.20	FECHA	24/04/2015

Balanza: **serial 001**

**LÍMITE LÍQUIDO IN.V.E - 125**

NÚMERO DE GOLPES	30	25	17
WDRIO Nº	66	18	7
P1	49.56	50.41	50.22
P2	41.57	41.86	42.46
P3	20.06	19.99	23.28
% HUMEDAD	37.1	36.5	46.5

**LÍMITE PLÁSTICO IN.V.E - 128**

WDRIO Nº	28	29	
P1	19.89	19.06	
P2	17.40	16.82	
P3	9.06	7.56	
% HUMEDAD	27.5	27.1	

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

	P1	P2	P3	W(%)

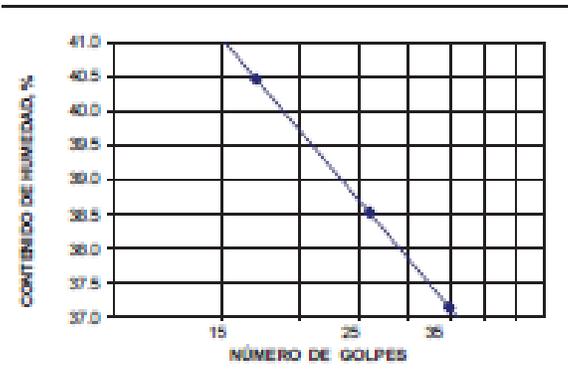
Balanza: **serial 002**

**GRADACIÓN IN.V.E - 123**

P1 = 181.1		P2 = 129.4	
TAMIZ	P. RETENIDO	% RETENIDO	% PASA
3"		0.0	100.0
2 1/2"		0.0	100.0
2"		0.0	100.0
1 1/2"		0.0	100.0
1"		0.0	100.0
3/4"		0.0	100.0
1/2"	23.8	13.0	87.0
3/8"	21.9	12.1	74.9
Nº 4	3.2	1.8	73.1
Nº 10	21.8	12.0	61.1
Nº 40	11.3	6.2	54.8
Nº 100	32.4	17.2	36.9
Nº 200	25.2	13.9	23.0
P 200	41.7	23.0	

Tamices revisados visualmente:  OK

Sete de Tamices: 1 a 2



HUMEDAD	
LÍMITE LÍQUIDO	39%
LÍMITE PLÁSTICO	27%
INDICE PLASTICIDAD	12%
C.M.O.	
INDICE DE GRUPO	0
A.A.S.H.T.O.	A - 2 - 6
U.S.C.	SM - SC

**CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA**

P1	P2	C.M.O. (%)

ING. RESPONSABLE

\_\_\_\_\_  
FIRMA  
NOMBRE

Observaciones:

JEFE DE LAB.



\_\_\_\_\_  
FIRMA  
NOMBRE **JUAN CAMILO NIETO**

	<b>LÍMITES DE CONSISTENCIA Y GRADACIÓN</b>				
Revisión 4 - Junio 25/14					
PROYECTO	TUQUESRES SAMANIEGO - ADICIONES 2010	GYC	0914-2388	MUESTRA	M - 3
DESCRIPCIÓN	ARCILLA COLOR CAFÉ	ABSCISA	KM 17+850		
SONDEO N°	PT-61	PROFUNDIDAD (m)	1.40-2.35	FECHA	24/04/2015

Balanza: serial 001

**LÍMITE LIQUIDO IN.VE - 126**

NÚMERO DE GOLPES	30	25	15
VIDRIO N°	61	9	37
P1	51.16	48.56	49.26
P2	42.45	39.75	40.55
P3	33.75	18.56	19.37
% HUMEDAD	42.3	41.9	44.5

Balanza: serial 002

**GRADACIÓN IN.VE - 123**

P1 = 60.3		P2 = 2.1	
TAMIZ	P. RETENIDO	% RETENIDO	% PASA
2"		0.0	100.0
2 1/2"		0.0	100.0
3"		0.0	100.0
1 1/2"		0.0	100.0
1"		0.0	100.0
3/4"		0.0	100.0
1/2"		0.0	100.0
3/8"		0.0	100.0
N° 4		0.0	100.0
N° 10		0.0	100.0
N° 40	0.1	0.1	99.9
N° 100	0.4	0.4	99.6
N° 200	1.8	1.8	98.2
P 200	96.1	97.9	

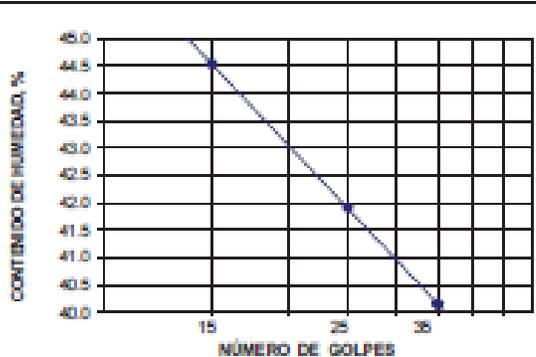
**LÍMITE PLÁSTICO IN.VE - 128**

VIDRIO N°	54	154
P1	19.20	17.29
P2	17.32	15.44
P3	13.16	8.56
% HUMEDAD	38.3	38.9

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

P1	P2	P3	W (%)



**HUMEDAD**

LÍMITE LIQUIDO 42%

LÍMITE PLÁSTICO 27%

INDICE PLASTICIDAD 15%

C.M.O. \_\_\_\_\_

INDICE DE GRUPO 17

A.A.S.H.T.O. A - 7 - 6

U.S.C. CL - ML

**CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA**

P1	P2	C.M.O (%)

Observaciones:

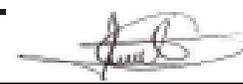
  

ING. RESPONSABLE

FIRMA \_\_\_\_\_

NOMBRE \_\_\_\_\_

JEFE DE LAB.



FIRMA \_\_\_\_\_

NOMBRE JUAN CAMILO NIETO

Edición 0

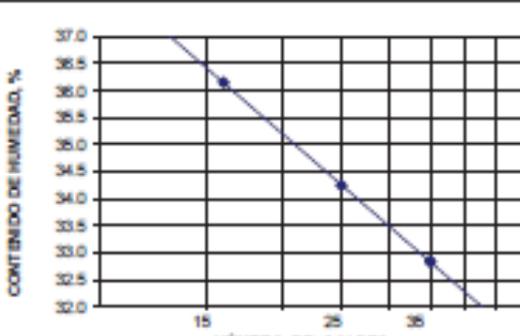
0914-2388 CLASIFICACION SAMANIEGO PT 60,61,68

 <p><b>ECTECNIA &amp; INMENTACIONES</b> <small>Consultoría e Ingeniería</small></p>	<b>LÍMITES DE CONSISTENCIA Y GRADACIÓN</b>				
Revisión 4 - Junio 25/14					
PROYECTO	TUQUEPES SAMANIEGO - ADICIONES 2015	GYC	0914-2388	MUESTRA	M-5
DESCRIPCIÓN	ARENA LIMOSA COLOR CAFÉ		ABSCISA	KM 17+850	
SONDEO Nº	PT-51	PROFUNDIDAD (m)	3.30-4.25	FECHA	24/04/2015

<p>Balanza: <b>serial 001</b></p> <p><b>LÍMITE LIQUIDO I.N.V.E - 126</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>NÚMERO DE GOLPES</th> <th>35</th> <th>25</th> <th>16</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>VIDRIO Nº</td> <td>63</td> <td>19</td> <td>23</td> </tr> <tr> <td>P1</td> <td>51.21</td> <td>53.43</td> <td>49.51</td> </tr> <tr> <td>P2</td> <td>43.40</td> <td>44.91</td> <td>41.25</td> </tr> <tr> <td>P3</td> <td>19.21</td> <td>20.03</td> <td>18.40</td> </tr> <tr> <td>% HUMEDAD</td> <td>32.8</td> <td>34.2</td> <td>36.1</td> </tr> </tbody> </table> <p><b>LÍMITE PLÁSTICO I.N.V.E - 126</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>VIDRIO Nº</th> <th>80</th> <th>81</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>P1</td> <td>21.85</td> <td>23.30</td> </tr> <tr> <td>P2</td> <td>19.40</td> <td>20.91</td> </tr> <tr> <td>P3</td> <td>9.06</td> <td>10.04</td> </tr> <tr> <td>% HUMEDAD</td> <td>21.8</td> <td>22.0</td> </tr> </tbody> </table> <p><b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>P1</th> <th>P2</th> <th>P3</th> <th>W (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	NÚMERO DE GOLPES	35	25	16	VIDRIO Nº	63	19	23	P1	51.21	53.43	49.51	P2	43.40	44.91	41.25	P3	19.21	20.03	18.40	% HUMEDAD	32.8	34.2	36.1	VIDRIO Nº	80	81	P1	21.85	23.30	P2	19.40	20.91	P3	9.06	10.04	% HUMEDAD	21.8	22.0		P1	P2	P3	W (%)						<p>Balanza: <b>serial 002</b></p> <p><b>GRADACIÓN I.N.V.E - 126</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">P1 = 200.3</th> <th colspan="2">P2 = 122.2</th> </tr> <tr> <th>TAMIZ</th> <th>P. RETENIDO</th> <th>% RETENIDO</th> <th>% PASA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3"</td> <td></td> <td>0.0</td> <td>100.0</td> </tr> <tr> <td>2 1/2"</td> <td></td> <td>0.0</td> <td>100.0</td> </tr> <tr> <td>2"</td> <td></td> <td>0.0</td> <td>100.0</td> </tr> <tr> <td>1 1/2"</td> <td></td> <td>0.0</td> <td>100.0</td> </tr> <tr> <td>1"</td> <td></td> <td>0.0</td> <td>100.0</td> </tr> <tr> <td>3/4"</td> <td>8.4</td> <td>4.2</td> <td>95.8</td> </tr> <tr> <td>1/2"</td> <td>11.8</td> <td>5.9</td> <td>94.1</td> </tr> <tr> <td>3/8"</td> <td>1.1</td> <td>0.5</td> <td>99.5</td> </tr> <tr> <td>Nº 4</td> <td>17.7</td> <td>8.8</td> <td>91.2</td> </tr> <tr> <td>Nº 10</td> <td>12.8</td> <td>6.4</td> <td>93.6</td> </tr> <tr> <td>Nº 40</td> <td>32.6</td> <td>16.3</td> <td>83.7</td> </tr> <tr> <td>Nº 100</td> <td>28.8</td> <td>14.4</td> <td>85.6</td> </tr> <tr> <td>Nº 200</td> <td>9.0</td> <td>4.5</td> <td>95.5</td> </tr> <tr> <td>P 200</td> <td>78.1</td> <td>39.0</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Tamices revisados visualmente: <input checked="" type="checkbox"/> OK</p> <p>Sete de Tamices: 1 x 2 <input type="checkbox"/></p>	P1 = 200.3		P2 = 122.2		TAMIZ	P. RETENIDO	% RETENIDO	% PASA	3"		0.0	100.0	2 1/2"		0.0	100.0	2"		0.0	100.0	1 1/2"		0.0	100.0	1"		0.0	100.0	3/4"	8.4	4.2	95.8	1/2"	11.8	5.9	94.1	3/8"	1.1	0.5	99.5	Nº 4	17.7	8.8	91.2	Nº 10	12.8	6.4	93.6	Nº 40	32.6	16.3	83.7	Nº 100	28.8	14.4	85.6	Nº 200	9.0	4.5	95.5	P 200	78.1	39.0	
NÚMERO DE GOLPES	35	25	16																																																																																																															
VIDRIO Nº	63	19	23																																																																																																															
P1	51.21	53.43	49.51																																																																																																															
P2	43.40	44.91	41.25																																																																																																															
P3	19.21	20.03	18.40																																																																																																															
% HUMEDAD	32.8	34.2	36.1																																																																																																															
VIDRIO Nº	80	81																																																																																																																
P1	21.85	23.30																																																																																																																
P2	19.40	20.91																																																																																																																
P3	9.06	10.04																																																																																																																
% HUMEDAD	21.8	22.0																																																																																																																
	P1	P2	P3	W (%)																																																																																																														
P1 = 200.3		P2 = 122.2																																																																																																																
TAMIZ	P. RETENIDO	% RETENIDO	% PASA																																																																																																															
3"		0.0	100.0																																																																																																															
2 1/2"		0.0	100.0																																																																																																															
2"		0.0	100.0																																																																																																															
1 1/2"		0.0	100.0																																																																																																															
1"		0.0	100.0																																																																																																															
3/4"	8.4	4.2	95.8																																																																																																															
1/2"	11.8	5.9	94.1																																																																																																															
3/8"	1.1	0.5	99.5																																																																																																															
Nº 4	17.7	8.8	91.2																																																																																																															
Nº 10	12.8	6.4	93.6																																																																																																															
Nº 40	32.6	16.3	83.7																																																																																																															
Nº 100	28.8	14.4	85.6																																																																																																															
Nº 200	9.0	4.5	95.5																																																																																																															
P 200	78.1	39.0																																																																																																																

	<table style="width: 100%;"> <tr> <td>HUMEDAD</td> <td style="text-align: right;">34%</td> </tr> <tr> <td>LÍMITE LIQUIDO</td> <td style="text-align: right;">34%</td> </tr> <tr> <td>LÍMITE PLÁSTICO</td> <td style="text-align: right;">22%</td> </tr> <tr> <td>INDICE PLASTICIDAD</td> <td style="text-align: right;">12%</td> </tr> <tr> <td>C.M.O.</td> <td style="text-align: right;">_____</td> </tr> <tr> <td>INDICE DE GRUPO</td> <td style="text-align: right;">1</td> </tr> <tr> <td>A.A.S.H.T.O.</td> <td style="text-align: right;">A-6</td> </tr> <tr> <td>U.S.C.</td> <td style="text-align: right;">SM - SC</td> </tr> </table>	HUMEDAD	34%	LÍMITE LIQUIDO	34%	LÍMITE PLÁSTICO	22%	INDICE PLASTICIDAD	12%	C.M.O.	_____	INDICE DE GRUPO	1	A.A.S.H.T.O.	A-6	U.S.C.	SM - SC
HUMEDAD	34%																
LÍMITE LIQUIDO	34%																
LÍMITE PLÁSTICO	22%																
INDICE PLASTICIDAD	12%																
C.M.O.	_____																
INDICE DE GRUPO	1																
A.A.S.H.T.O.	A-6																
U.S.C.	SM - SC																

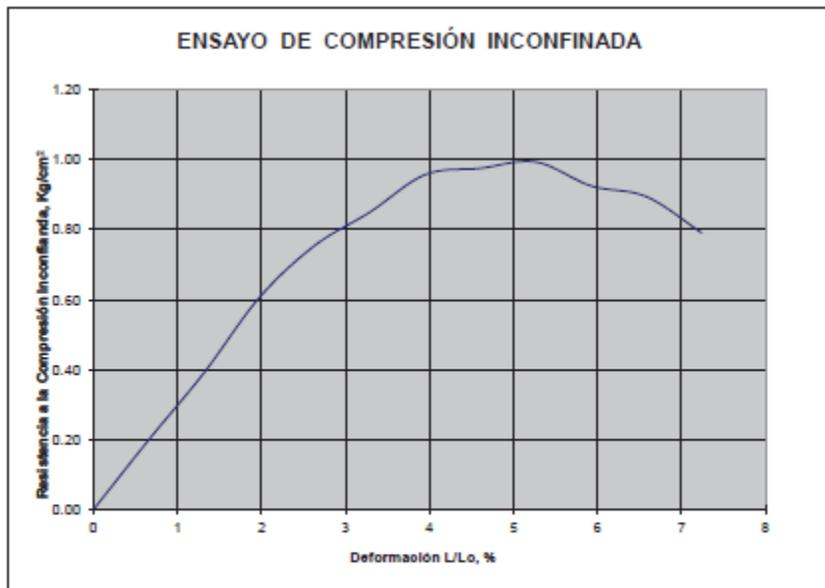
  

<p><b>CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>P1</th> <th>P2</th> <th>C.M.O (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>ING. RESPONSABLE</p> <p>_____ FIRMA NOMBRE</p>	P1	P2	C.M.O (%)				<p><b>Observaciones:</b></p> <div style="border: 1px solid black; height: 60px; width: 100%;"></div> <p>JEFE DE LAB.</p> <p>_____ FIRMA NOMBRE <b>JUAN CAMILO NIETO</b></p>
P1	P2	C.M.O (%)					

Edición 0 0914-2388 CLASIFICACION SAMANIEGO PT 50,61,68

 EOTECNIA & INMENTACIONES <small>Corporación de Estudios y Construcción</small>		<b>ENSAYO DE COMPRESIÓN INCONFINADA</b>		Edición Última: 10-2-13		
Obra :	TUQUERRES SAMANIEGO - ADICIONES 2015			Sondeo N°	8-51	
Material :		Profundidad	1.40-2.35	Muestra	M-3	
Anillo de Carga :	8472	Abscisa	KM 17+850	$\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.880	
Peso muestra húmeda= 170.01 gr						
CONTENIDO DE HUMEDAD		TIPO DE FALLA		DIMENSIONES DE LA PROBETA		
Prueba	85			Dimensión	Inicial	Final
P <sub>1</sub>	84.58			Díámetro	3.86	4.20
P <sub>2</sub>	70.11			Altura	7.72	7.26
P <sub>3</sub>	18.01			Area	11.70	13.85
W	27.8			Volumen	90.34	100.58
qu(kg/cm <sup>2</sup> )=		0.99	Vel(kg/cm <sup>2</sup> )=	5.00	Pen(kg/cm <sup>2</sup> )=	1.50
Lectura carga 0.0001"	Lectura Deformación 0.001"	Carga en Kg.	Deformación Total cm	Deformación Unitaria	Area Corregida cm <sup>2</sup>	Resistencia Kg. / cm <sup>2</sup>
0	0	0.00	0.0000	0.0000	11.70	0.00
15	20	2.35	0.0508	0.0066	11.78	0.20
30	40	4.64	0.1016	0.0132	11.86	0.39
47	60	7.23	0.1524	0.0197	11.94	0.61
59	80	9.06	0.2032	0.0263	12.02	0.75
67	100	10.28	0.2540	0.0329	12.10	0.85
76	120	11.66	0.3048	0.0395	12.18	0.96
78	140	11.96	0.3556	0.0461	12.27	0.98
80	160	12.27	0.4064	0.0526	12.35	0.99
75	180	11.50	0.4572	0.0592	12.44	0.92
73	200	11.20	0.5080	0.0658	12.53	0.89
65	220	9.98	0.5588	0.0724	12.62	0.79



LABORATORISTA

\_\_\_\_\_

FIRMA

NOMBRE

Ing. RESPONSABLE

\_\_\_\_\_

FIRMA

NOMBRE

## Apéndice D. Memorias de Calculo.

## NORMALIZACIÓN ENSAYO SPT

## GYC 2398: Túquerres-Samaniego. SI17+850

Sondeo	Muestra	Profundidad (m)			golpes/pie			N <sub>45</sub>	NF	Tipo	$\gamma$ (Ton/m <sup>3</sup> )	$\sigma_v$ (Ton/m <sup>2</sup> )	$\sigma_v'$ (Ton/m <sup>2</sup> )	Rs
		de	a	media	1	2	3							
PT50	1	0.00	0.45	0.23	1	1	1	2		1	1.90	0.43	0.20	0.02
PT50	2	0.45	1.40	0.93	4	4	4	8		1	1.90	1.76	0.83	0.08
PT50	3	1.40	2.35	1.88	9	10	11	21		1	1.90	3.56	1.69	0.17
PT50	4	2.35	3.30	2.83	11	14	16	30		1	1.90	5.37	2.54	0.25
PT50	5	3.30	4.25	3.78	6	7	8	15		1	1.90	7.17	3.40	0.34
PT50	6	4.25	5.20	4.73	12	18	45	50		2	1.70	8.79	4.06	0.41
PT50	8	6.70	7.15	6.93	30	38	45	50		2	1.70	12.53	5.60	0.56
PT51	1	0.00	0.45	0.23	3	4	2	6		1	1.90	0.43	0.20	0.02
PT51	2	0.45	1.40	0.93	2	3	3	6		1	1.90	1.76	0.83	0.08
PT51	3	1.40	2.35	1.88	3	3	3	6		1	1.90	3.56	1.69	0.17
PT51	4	2.35	3.30	2.83	3	3	2	5		1	1.90	5.37	2.54	0.25
PT51	5	3.30	4.25	3.78	4	5	5	10		1	1.90	7.17	3.40	0.34
PT51	6	4.25	5.20	4.73	15	28	45	50		2	1.70	8.79	4.06	0.41

C <sub>N</sub>								C <sub>N</sub> (prom)
Peck	Seed	Meyerhoff-Ishihara	Liao-Whitman	Skemp-ton	Seed-Idriss	Schmertmann	González	
2.000	2.000	2.000	2.000	1.960	2.000	2.000	2.000	1.995
1.830	2.000	2.000	2.000	1.846	2.000	2.000	2.000	1.960
1.594	1.966	1.957	2.000	1.711	2.000	2.000	1.773	1.875
1.457	1.743	1.782	1.983	1.595	1.839	2.000	1.595	1.749
1.360	1.586	1.635	1.716	1.493	1.661	1.901	1.469	1.603
1.301	1.489	1.537	1.569	1.422	1.552	1.762	1.391	1.503
1.193	1.315	1.349	1.336	1.282	1.355	1.507	1.252	1.323
2.000	2.000	2.000	2.000	1.960	2.000	2.000	2.000	1.995
1.830	2.000	2.000	2.000	1.846	2.000	2.000	2.000	1.960
1.594	1.966	1.957	2.000	1.711	2.000	2.000	1.773	1.875
1.457	1.743	1.782	1.983	1.595	1.839	2.000	1.595	1.749
1.360	1.586	1.635	1.716	1.493	1.661	1.901	1.469	1.603
1.301	1.489	1.537	1.569	1.422	1.552	1.762	1.391	1.503

η <sub>1</sub>		η <sub>2</sub>	η <sub>3</sub>	η <sub>4</sub>	N <sub>corr</sub>		Φ <sub>equivalente</sub> Ecuaciones para Colombia (energía=45%)						σ <sub>v</sub> ' (Ton/m <sup>2</sup> )	τ (Ton/m <sup>2</sup> )
USA	Japón				USA	Japón	Kishida	Peck	JRB	Shiou & Fukui	JNR	Prom		
0.75	0.63	0.75	1.00	1.00	2	1	18.54	29.00	18.06	27.36	27.19	24	0.20	0.09
0.75	0.63	0.75	1.00	1.00	8	7	24.35	30.50	23.10	29.52	28.31	27	0.83	0.43
0.75	0.63	0.75	1.00	1.00	22	18	30.00	34.00	27.99	33.48	30.38	31	1.69	1.02
0.75	0.63	0.75	1.00	1.00	29	24	32.32	35.75	30.00	35.64	31.50	33	2.54	1.65
0.75	0.63	0.75	1.00	1.00	13	11	26.73	31.75	25.16	30.96	29.06	29	3.40	1.86
0.75	0.63	0.85	1.00	1.00	47	39	37.08	40.25	34.12	41.04	34.31	37	4.06	3.10
0.75	0.63	0.95	1.00	1.00	47	39	37.08	40.25	34.12	41.04	34.31	37	5.60	4.28
0.75	0.63	0.75	1.00	1.00	6	5	22.91	30.00	21.85	28.80	27.94	26	0.20	0.10
0.75	0.63	0.75	1.00	1.00	6	5	22.91	30.00	21.85	28.80	27.94	26	0.83	0.41
0.75	0.63	0.75	1.00	1.00	6	5	22.91	30.00	21.85	28.80	27.94	26	1.69	0.83
0.75	0.63	0.75	1.00	1.00	4	4	22.07	29.50	21.12	28.44	27.75	26	2.54	1.23
0.75	0.63	0.75	1.00	1.00	9	7	24.35	30.75	23.10	29.52	28.31	27	3.40	1.75
0.75	0.63	0.85	1.00	1.00	47	39	37.08	40.25	34.12	41.04	34.31	37	4.06	3.10

<b>N<sub>45</sub></b>	Número de golpes para el 45% de energía del martillo (Estimado para Colombia)	<b>MATERIALES</b> $\gamma$ (Ton/m <sup>3</sup> ) <table border="1"> <tr> <td>1</td> <td>1.90</td> <td>Qsr</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>1.70</td> <td>Saprolito (K2daa)</td> </tr> </table>	1	1.90	Qsr	2	1.70	Saprolito (K2daa)
1	1.90		Qsr					
2	1.70	Saprolito (K2daa)						
<b>N<sub>F</sub></b>	Nivel freático							
<b><math>\sigma_v</math></b>	Esfuerzo vertical total							
<b><math>\sigma_v'</math></b>	Esfuerzo vertical efectivo							
<b>R<sub>s</sub></b>	Parámetro utilizado para el C <sub>N</sub> , $R_s = \sigma_v'/p_a$							
<b>C<sub>N</sub></b>	Factor de corrección por confinamiento efectivo							
<b><math>\eta_1</math></b>	Factor de corrección por energía del martillo: La energía de USA es el 60% y la de Japón el 72%							
<b><math>\eta_2</math></b>	Factor de corrección por longitud de la varilla							
<b><math>\eta_3</math></b>	Factor de corrección por revestimiento interno de tomamuestras							
<b><math>\eta_4</math></b>	Factor de corrección por diámetro de la perforación							
<b>N<sub>corr</sub></b>	Número de golpes corregido							
<b><math>\phi</math></b>	Ángulo de fricción interna							
<b><math>\sigma_v'</math></b>	Esfuerzo vertical efectivo							
<b><math>\tau</math></b>	Esfuerzo Cortante							

