



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

**ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS
NATURALES NO RENOVABLES**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL
Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL**

TÍTULO

**“SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS DE LA PARROQUIA
SAN PEDRO DE LA BENDITA - CABECERA PARROQUIAL;
CANTÓN CATAMAYO, PROVINCIA DE LOJA”**

TESIS PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y
ORDENAMIENTO TERRITORIAL.

AUTOR:

José Luis Chuquimarca Saraguro

DIRECTOR:

Ing. Carlomagno Nixon Chamba Tacuri, Mg. Sc.

LOJA - ECUADOR

2015

CERTIFICACIÓN

Loja, 14 de Junio del 2015

Ing. Carlomagno Nixon Chamba Tacuri, Mg.Sc.

COORDINADOR Y DOCENTE DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA.

DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICA:

Haber dirigido, asesorado y corregido el presente trabajo de tesis de grado, en su proceso de investigación cuyo tema versa en **“SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS DE LA PARROQUIA SAN PEDRO DE LA BENDITA - CABECERA PARROQUIAL; CANTÓN CATAMAYO, PROVINCIA DE LOJA”**, previo a la obtención del título de Ingeniero en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial, realizado por el señor egresado: José Luis Chuquimarca Saraguro, la misma que cumple con la reglamentación y políticas de investigación, por lo que autorizo su presentación para la evaluación y posterior sustentación correspondiente.



Ing. Carlomagno Nixon Chamba Tacuri, Mg.Sc.

DIRECTOR DE TESIS

AUTORÍA

Yo, **José Luis Chuquimarca Saraguro**, declaro ser autor del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional – Biblioteca Virtual.

Autor: José Luis Chuquimarca Saraguro

Firma:

Cédula: 1105140105

Fecha: 03/09/2015

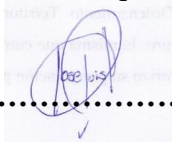
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR, PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO.

Yo, **José Luis Chuquimarca Saraguro**, declaro ser autor de la tesis titulada: **“SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS DE LA PARROQUIA SAN PEDRO DE LA BENDITA -CABECERA PARROQUIAL; CANTÓN CATAMAYO, PROVINCIA DE LOJA”**, como requisito para optar al grado de: **Ingeniero en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial**; autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los tres días del mes de Agosto del dos mil quince.

Firma:


Autor: José Luis Chuquimarca Saraguro

Cédula: 1105140105

Dirección: Parroquia “San Pedro de la Bendita”

Correo Electrónico: chuquimarcajose3@gmail.com

Teléfono: (07) – 302 - 7080

Celular: 0982536240

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de Tesis: Ing. Carlomagno Nixon Chamba Tacuri, Mg.Sc

Tribunal de Grado: Ing. Silvia Catalina Loaiza Ambuludi, Mg.Sc.

Ing. Dixon Elicio Briceño Martínez, Mg.Sc.

Ing. Hernán Luis Castillo García, Mg.Sc.

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento muy especial a la UNIVESIDAD NACIONAL DE LOJA, en la Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial, que me supo acoger y formarme en mi etapa estudiantil

A los docentes de la carrera, que con sus sabios consejos, dedicación, conocimientos y paciencia supieron impartirnos y poder enfrentar cualquier obstáculo que la vida nos presente.

De una manera especial al Ing. Carlomagno Chamba. Mg Sc. Director de Tesis, por sus deseos de cooperación, sus valiosas sugerencias y orientaciones que me brindo, para poder realizar el este trabajo investigativo.

DEDICATORIA

Agradezco primeramente a Dios por darme la vida, por guiarme cada día en mí caminar.

A mi mama, por ser padre y madre, la que siempre estuvo allí en las buenas y en las malas, la que nunca escatimo esfuerzos, la que con su sabiduría y consejos supo guiarme en el camino del bien, a mi abuelita Marieta, a mis tíos Freddy, Máximo y Zoila, por todo su ayudar y sus sabios consejos.

A mis amigos de la clases y del diario vivir, por todo su amistad incondicional que me brindaron, por los buenos y malos momentos que hemos compartido durante toda esta etapa de mi vida.

De una manera muy especial a Don Homero y Señora Francia que sin hacer familias, me brindaron ese amor que solo Dios nos puede dar, por toda su ayuda, amistad y sabios consejos que me supieron dar.

RESUMEN

El presente trabajo de tesis tiene la finalidad de identificar y caracterizar las zonas susceptibles a deslizamientos en la parroquia de San Pedro de la Bendita (cabecera parroquial) del cantón Catamayo, provincia de Loja.

Para ser llevado a cabo este proyecto se realizó varios trabajos, ya sean de campo, de oficina y de laboratorio, trabajos tales como, levantamiento topográfico, geológico, geomorfológico, cobertura vegetal, la caracterización geotécnica a través de los ensayos directos como los SPT (Ensayo de Penetración Estándar) e indirectos SEV (Sondeos Eléctricos Verticales), que nos ayudaron para correlacionar la litología de la zona de estudio, dicha información fue procesada por los software (Arcgis, Ilwis y ArcView), lo que permitió obtener el modelamientos para el cálculo de la susceptibilidad a deslizamientos.

Para la obtención del mapa de susceptibilidad se realizó a través de 2 métodos, el de la suma de rangos que corresponden al método Heurístico, que se basa en la asignación de pesos, para las variables del mapa de susceptibilidad, agrupando a las variables de la siguiente manera: Geología (0.4), Geomorfología (0.3), Pendientes (0.2), Cobertura vegetal (0.1), y el método Determinístico, que se basa en el cálculo de factor de seguridad (FS), que parte de la obtención de un modelo digital de terreno DTM en el software Ilwis, calibrado y modelado en el software ArcGis 10.1 siendo los parámetros más importantes el ángulo de fricción interna y cohesión de los suelos.

Como resultado final, la susceptibilidad a deslizamientos en la zona de estudio por el método heurístico, se clasificó en cinco categorías: Muy Baja (45.9%), Baja (18.4), Mediana (15.6%), Alta (11.2%) y Muy Alta (8.9%). Por el método Determinístico tenemos: Zona umbral más alto de la estabilidad con 8.9%, la zona umbral más bajo con 7.4%, casi estable con 14.2%, moderadamente estable 61.2% y estable con 8.1%.

Lo cual se puede corroborar en la zona de estudio, ya que se conoce y se puede evidenciar estas categorías las que se relacionó con la caracterización de los geomateriales sobre la base de propiedades físico-mecánicas y SPT de los suelos.

Dicho trabajo, puede ser utilizado para el plan de ordenamiento urbano de la parroquia, el cual permitirá conocer zonas susceptibles a deslizarse de tal manera, que se apliquen políticas públicas y ordenanzas para la planificación y Ordenamiento del territorio.

ABSTRACT

The present thesis work aims to identify and characterize the areas susceptible to landslides in San Pedro de la Bendita parish (parish center) Catamayo Canton, Loja province.

To be carried out this project several works were performed, whether of field, office and laboratory, works such as topographic lifting, geological lifting, geomorphological lifting, vegetation cover, the geotechnical characterization through direct tests such as SPT (Standard Penetration test) and indirect VES (vertical electrical sounding), who helped us to correlate the lithology of the study area, that information was processed by software (Arcgis. Ilwis and ArcView), allowing to obtain the modeling to calculate susceptibility landslide

For obtaining the susceptibility map we were performed using two methods, the sum of the ranks corresponding to the heuristic method, which is based on assigning weights to variables of the susceptibility map, grouping variables in the following way: Geology (0.4), Geomorphology (0.3), slopes (0.2) vegetation cover (0.1), and Deterministic method, which is based on the calculation of safety factor (FS), which part of obtaining a digital terrain model DTM in Ilwis software, calibration and modeling in ArcGIS 10.1 software being the most important parameters the angle of internal friction and cohesion of soils.

As a final result, susceptibility to landslides in the study area by the heuristic method is classified into five categories: very low (45.9%), Low (18.4), medium (15.6%), high (11.2%) and Very High (8.9%). On the Deterministic method we are: threshold zone higher stability with 8.9%, threshold zone lower stability with 7.4%, almost stable at 14.2%, moderately stable 61.2% and stable with 8.1%.

Which can be corroborated in the study area, as it is known and can demonstrate these categories which are related to the characterization of geo-materials based on physical-mechanical properties and SPT of soils.

Such work can be used to plan urban planning of the parish, which will reveal susceptible areas to slide so that public policies are implemented and ordinances for planning and ordering of the territory.

CONTENIDO

CERTIFICACIÓN	I
AUTORÍA.....	II
CARTA DE AUTORIZACIÓN.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
DEDICATORIA	V
RESUMEN.....	VI
ABSTRACT.....	VIII
CONTENIDO.....	X
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIII
INDICE DE FIGURAS.....	XVII
INDICE DE FOTOGRAFÍAS.....	XX
1. TEMA	I
2. INTRODUCCIÓN	2
3. OBJETIVOS	3
4. MARCO TEÓRICO.....	4
4.1. Topografía.....	4
4.1.1. Clases de levantamientos [Miguel Montes de Oca. 1970]	4
4.2. Geología.....	5
4.3. Geofísica	6
4.3.1. Sondeos Eléctricos Verticales	7
4.4. Movimientos de masa.....	9
4.4.1. Clasificación de los movimientos de masa.....	9
4.4.2. Deslizamiento.....	13
4.5. Geotecnia.....	18
4.5.1. Ensayo de penetración Estándar.....	18
4.5.2. Clasificación de suelos	19
4.6. Sistema de Información Geográfica.....	24
4.6.1. Zonificación de susceptibilidad.....	24
4.6.2. Susceptibilidad a deslizamientos.....	25
4.6.3. Mapas de susceptibilidad	25

4.6.4.	Elaboración de mapas de susceptibilidad a deslizamientos	26
4.6.5.	Elementos para elaborar un mapa de susceptibilidad.....	26
5.	MATERIALES Y MÉTODOS.	27
5.1.	Materiales.....	27
5.2.	Métodología	27
5.2.1.	Levantamiento topográfico.....	28
5.2.2.	Levantamiento geológico	32
5.2.3.	Sondeos Eléctricos Verticales (SEV).....	34
5.2.4.	Ensayo de penetración estándar (SPT)	36
5.2.5.	Mapa de pendientes.....	38
5.2.6.	Mapa geomorfológico	39
5.2.7.	Mapa de Uso actual del suelo.....	43
5.2.8.	Mapa susceptibilidad de deslizamientos	43
6.	RESULTADOS.....	49
6.1.	Descripción Biofísica del Sector	49
6.1.1.	Ubicación	49
6.1.2.	Acceso	54
6.1.3.	Clima	54
6.1.4.	Uso del suelo de la parroquia San Pedro de la Bta.....	55
6.1.5.	Datos socio – económicos.....	57
6.2.	Resultados Específicos.....	73
6.2.1.	Topografía	73
6.2.2.	Geología Regional.....	75
6.2.3.	Geología Local	76
6.2.4.	Mapa Geomorfológico	84
6.2.5.	Pendientes.....	93
6.2.6.	Uso actual del suelo.....	94
6.2.7.	Valoración e interpretación de las zonas susceptibles a deslizarse	95
6.2.8.	Inventario a deslizamientos.....	105
6.3.	Caracterización geotécnica.....	105
6.3.1.	Sondeos eléctricos verticales (SEV).....	106
6.3.2.	Ensayo de Penetración Estándar.....	113
6.3.3.	Interpretación Geotécnica.....	117

6.3.4. Cálculo de factor de seguridad	121
7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	132
8. CONCLUSIONES	135
9. RECOMENDACIONES	138
10. BIBLIOGRAFIA.....	140
11. ANEXOS.....	142

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de movimientos de masas de acuerdo a Varnes (1978).....	10
Tabla 2. Gráfica de índice de plasticidad para determinar el tipo de suelo. Orta Amaro Pedro Andrés, Explotación eficiente de máquinas de construcción.....	20
Tabla 3. Clasificación de los suelos por el método SUCS.Orta Amaro Pedro Andrés, Explotación eficiente de máquinas de construcción.....	22
Tabla 4. Clasificación de los suelos por el método AASHTO. Principles of Goetechnical Engineering Braja M.Das.1998.....	24
Tabla 5. Puntos de estación Trimble R4.....	28
Tabla 6. Coordenadas UTM de los sondeos eléctricos verticales.....	35
Tabla 7. Categorías de pendientes.....	39
Tabla 8. Categorías de forma de vertiente. Tomado de ficha de Fotointerpretación Geomorfológica - CLIRSEN, 2012.....	40
Tabla 9. Categorías de pendiente. Tomado de ficha de Fotointerpretación Geomorfológica - CLIRSEN, 2012.....	40
Tabla 10. Categorías de desnivel relativo. Tomado de ficha de Fotointerpretación, Geomorfológica - CLIRSEN, 2012.....	41
Tabla 11. Categorías de longitud de la vertiente. Tomado de ficha de Fotointerpretación Geomorfológica - CLIRSEN, 2012.....	41
Tabla 12. Categorías de fondo de valle. Tomado de ficha de Fotointerpretación Geomorfológica - CLIRSEN, 2012.....	42
Tabla 13. Ejemplos de unidades geomorfológicas. CLIRSEN.2012.....	42

Tabla 14. Pesos de criterios usando el Método de Suma de Rango. Janssen y Van Herwijnen (1994).....	45
Tabla 15. Criterios para jerarquizar la Susceptibilidad. Sarkar y Kanungo, 2004.....	45
Tabla 16. Parámetros de reclasificación, programa ArcView.....	48
Tabla 17. Climas Térmicos del cantón Catamayo. Estudio Histórico y Geográfico del Valle de Catamayo.....	55
Tabla 18. Uso de Suelo de la Parroquia San Pedro de la Bendita.....	55
Tabla 19. Densidad demográfica.....	58
Tabla 20. Población económicamente por rama de actividad.....	59
Tabla 21. Población de niñas, niños y adolescentes.....	60
Tabla 22. Hogares pobres por (NBI).....	60
Tabla 23. Hogares en extrema pobreza por (NBI).....	60
Tabla 24. Personas que cobran el bono de desarrollo humano de la parroquia.....	61
Tabla 25. Tasa de analfabetismo.....	62
Tabla 26. Educación básica completa por rangos de edad.....	62
Tabla 27. Bachillerato completo de la parroquia.....	63
Tabla 28. Establecimientos educativos en la parroquia.....	64
Tabla 29. Numero de discapacitados en la parroquia San Pedro de la Bendita.....	65
Tabla 30. Perfil epidemiológico, principales causas de muerte de la parroquia.....	66
Tabla 31. Autoidentificación según su cultura y costumbres.....	66
Tabla 32. Principales cultivos de la parroquia de San Pedro de la Bendita.....	69
Tabla 33. Tenencia de la tierra de la parroquia.....	70

Tabla 34. Datos técnicos de Topografía de la Zona Urbana de la parroquia San Pedro de la Bendita.....	73
Tabla 35. Características macroscópicas de los clastos de las tobas Andesíticas, M3.....	78
Tabla 36. Características macroscópicas de las Filitas, M9.....	82
Tabla 37. Litología de la zona urbana de la parroquia San Pedro de la Bendita.....	82
Tabla 38. Descripción de afloramientos.....	84
Tabla 39. Desnivel Relativo, utilizado para determinar la geomorfología. CLIRSEN 2012.....	85
Tabla 40. Pendientes obtenidas en la zona de estudio.....	85
Tabla 41. Tablas modificadas de CLIRSEN del proyecto “GENERACIÓN DE GEOINFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DEL TERRITORIO A NIVEL NACIONAL ESCALA 1:25 000 PARA EL CANTON CATAMAYO” CLIRSEN 2012.....	86
Tabla 42. Descripción de unidades morfológicas.....	92
Tabla 43. Categorías de pendientes.....	93
Tabla 44. Tipos de uso del suelo actual.....	94
Tabla 45. Condición para asignación de pesos. Tambo 2011. “Estudio del peligro de deslizamiento del norte de la ciudad de Loja, Provincia de Loja. Ecuador”.....	96
Tabla 46. Asignación de pesos para la variable Geología.....	97
Tabla 47. Asignación de pesos para la variable Geomorfología.....	97
Tabla 48. Asignación de pesos para la variable Pendiente.....	97
Tabla 49. Asignación de pesos para la variable uso del suelo actual.....	97

Tabla 50. Categorías de Susceptibilidad a deslizamientos.....	98
Tabla 51. Parámetros geotécnicos de la zona de estudio (Cohesión a 2 m).....	100
Tabla 52. Densidad del material, Angulo de Fricción Interna. Orta Amaro Pedro Andrés, Explotación eficiente de máquinas de construcción.	101
Tabla 53. Parámetros Geotécnicos usados en SINMAP.....	101
Tabla 54. Categorización de Susceptibilidad a deslizamientos.....	102
Tabla 55. Inventario de deslizamientos.....	105
Tabla 56. Coordenadas UTM de los sondeos eléctricos verticales.....	107
Tabla 57. Mediciones obtenidas en campo del SEV 1. Laboratorio ESTSUELCON CÍA.LTDA.....	107
Tabla 58. Cálculo del SEV 1, a través del modelo de Smooth, Laboratorio ESTSUELCON CÍA.LTDA.....	109
Tabla 59. Mediciones obtenidas en campo del SEV 2. Laboratorio ESTSUELCON CÍA.LTDA.....	109
Tabla 60. Cálculo de los SEV 2, a través del modelo de Smooth. Laboratorio ESTSUELCON CÍA.LTDA.....	110
Tabla 61. Clasificación del suelo en el SPT 1.....	113
Tabla 62. Clasificación del suelo en el SPT 2.....	115
Tabla 63. Densidad del material, Angulo de Fricción Interna Orta Amaro Pedro Andrés, Explotación eficiente de máquinas de construcción Universidad Central de la Villas 2007.....	122
Tabla 64. Datos para el cálculo del Factor de Seguridad Talud Nro. 1.....	124
Tabla 65. Datos para el cálculo del Factor de Seguridad Talud Nro. 2.....	126
Tabla 66. Datos para el cálculo del Factor de Seguridad Talud Nro. 3.....	129

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Caída de rocas. Cruden & Varnes, 1996.....	11
Figura 2. Basculamiento de columnas de roca. Cruden & Varnes, 1996.....	11
Figura 3. Separación lateral. Varnes, 1978.....	12
Figura 4. Flujo de detritos. Skinner & Porter, 1992.....	13
Figura 5. Deslizamiento.Cruden & Varnes, 1996.....	14
Figura 6. Deslizamientos Rotacionales. Skinner & Porter, 1992.....	14
Figura 7. Tipos de movimientos de masa. Skinner & Porter, 1992.....	15
Figura 8. Partes de un deslizamiento. Varnes, 1978.....	15
Figura 9. Elementos morfológicos y morfométricos de un deslizamiento. González de Vallejo, 2002.....	17
Figura 10. Materiales de campo y oficina.....	27
Figura 11. Modelo TIN.....	30
Figura 12. Generación de curvas de nivel.....	31
Figura 13. Puntos de afloramientos.....	33
Figura 14. Explicación de la herramienta "SUMA PONDERADA".....	44
Figura 15. Esquema de aplicación de la formula en el programa. ITC Holanda.....	47
Figura 16. Ubicación Provincial del Ecuador.....	50
Figura 17. Ubicación Cantonal de la provincia de Loja.....	51
Figura 18. Ubicación parroquial del cantón Catamayo.....	52

Figura 19. Límite territorial de la parroquia San Pedro de la Bendita (cabecera parroquial).....	53
Figura 20. Cobertura vegetal de la parroquia San Pedro de la Bendita.....	56
Figura 21. Población de la parroquia San Pedro de la Bendita.....	57
Figura 22. Población económicamente activa (PEA) por rama de actividad.....	59
Figura 23. Personas que cobran el bono de desarrollo humano.....	61
Figura 24. Educación básica completa de la parroquia.....	63
Figura 25. Bachillerato completo de la parroquia.....	64
Figura 26. Representación de los grupos étnicos de San Pedro de la Bendita.....	66
Figura 27. Cultivos existentes en la parroquia San Pedro de la Bendita.....	69
Figura 28. Tenencia de la tierra en la Parroquia San Pedro de la Bendita.....	71
Figura 29. Datos técnicos de Topografía de la Zona Urbana de la parroquia San Pedro de la Bendita.....	74
Figura 30. Litología de la zona urbana de la parroquia San Pedro de la Bendita.....	83
Figura 31. Geomorfología de la Parroquia San Pedro de la Bta. Cabecera Parroquial.....	92
Figura 32. Pendientes de la Parroquia San Pedro de la Bta. Cabecera Parroquial.....	93
Figura 33. Cobertura vegetal de la Parroquia San Pedro de la Bta. Cabecera Parroquial.....	95
Figura 34. Diagrama de flujo para la obtención del mapa de susceptibilidad a deslizamientos.....	96
Figura 35. Categorías de Susceptibilidad a deslizamientos.....	98
Figura 36. Categorías de Susceptibilidad a deslizamientos.....	102

Figura 37. Ubicación de las líneas SEV. Laboratorio ESTSUELCON CÍA.LTDA.....	106
Figura 38. Curva de resistividad aparente por medio de las ecuaciones de Zaborovsky del SEV 1. Laboratorio ESTSUELCON CÍA.LTDA.....	108
Figura 39. Curva de resistividad aparente por medio de las ecuaciones de Zaborovsky del SEV 2. Laboratorio ESTSUELCON CÍA.LTDA.....	110
Figura 40. Perfiles eléctricos de los SEV1 y SEV2, por medio de las ecuaciones de Zaborovsky. Laboratorio ESTSUELCON CÍA.LTDA.....	111
Figura 41. Perfil geoelectrico del SEV1.....	111
Figura 42, Perfil geoelectrico del SEV2.....	112
Figura 43. Consistencia de suelos cohesivos. Terzaghi y Peck.....	118
Figura 44. Valores de N SPT resistencia a compresión simple y módulo de elasticidad (Modificada).Noriega José M. 2008. “Técnicas de Investigación del suelo: Elaboración e interpretación de estudios geotécnicos.....	119
Figura 45. Método de cálculo de Hoek y Bray Características físicas típicas de diversos suelos. Luis Bañon Blázquez.....	123
Figura 46. Cálculo de los ábacos de Hoek y Bray del 1 talud.....	126
Figura 47. Cálculo de los ábacos de Hoek y Bray del 2 talud.....	128
Figura 48. Cálculo de los ábacos de Hoek y Bray del 3 talud.....	131

ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1. Punto de partida tomada por la estación Timbre R4.....	28
Foto 2. Utilización de la estación Timbre S3-D5.....	29
Foto 3. Equipo Digital de Resistividades marca ABEM, SAS 400.....	35
Foto 4. Proceso de hincamiento SPT.....	36
Foto 5. Penetrómetro del SPT.....	37
Foto 6. Tubo muestreador del SPT.....	37
Foto 7. Muestreador del SPT.....	38
Foto 8. Entrada a la parroquia San Pedro de la Bendita (cabecera parroquial).....	54
Foto 9. Tobas Andesíticas con base arcillosa, M1.....	77
Foto 10. Material Volcano-sedimentario, M2.....	77
Foto 11. Meteorización en las Tobas Andesíticas, sector vía al Cementerio, M1.....	78
Foto 12. Afloramiento de areniscas tobáceas, M4.....	79
Foto 13. Arcillas compactas de color café oscuro con intercaladas de areniscas, sector vía al Cisne, M5.....	80
Foto 14. Arcillas compactas de color gris oscuro, presencia de humedad, con intercaladas de areniscas, sector vía al Cisne, M6.....	80
Foto 15. Filitas existentes en la zona de estudio.....	81

Foto 16. Coluvio aluvial reciente (Cv) sector el Cine.....	87
Foto 17. Parte del Coluvión reciente (Cr), cabecera parroquial.....	88
Foto 18. Relieve colinado alto (R5), Urbanización Reina del Cisne.....	89
Foto 19. Relieve colinado muy alto (R6). Vía “Peña Azul.....	90
Foto 20. Relieve colinado montañoso (R7), sector “Trancas”.....	91
Foto 21. Canal destinado a evacuación de los sedimentos producidos por la lluvia en la urbanización “Reina del Cisne”.....	104
Foto 22. Testigos de perforación de la zona de estudio, SPT1.....	114
Foto 23. Testigos de perforación de la zona de estudio, SPT 2.....	116

1. TEMA

“SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS DE LA PARROQUIA
SAN PEDRO DE LA BENDITA -CABECERA PARROQUIAL;
CANTÓN CATAMAYO, PROVINCIA DE LOJA”

2. INTRODUCCIÓN

Los estudios de susceptibilidad a deslizamientos permiten zonificar zonas propensas a sufrir algún tipo de movimientos de masa, ocasionados por los procesos geodinámicos; con el objetivo de prevenir y mitigar los riesgos geológicos.

La zona de estudio se encuentra ubicada en la parroquia San Pedro de la Bendita, cantón Catamayo, perteneciente a la provincia de Loja; Sur del Ecuador, presenta terrenos planos en su mayoría, compuestos por material volcano-sedimentario como las tobas Andesíticas con matriz de arcilla limosa, arenas y arcillas intercaladas con gravas arcillosas y filitas altamente meteorizadas.

En la actualidad se han propuesto normas vigentes en el Ecuador, con el fin de la zonificación y ordenamiento del territorio, lo que han conllevado a que se hagan más indispensables los estudios de susceptibilidad a deslizamientos.

Los estudios de susceptibilidad a deslizamiento desde mucho tiempo atrás no se han venido realizando en la parroquia, pero ahora con las nuevas disposiciones gubernamentales y el incremento poblacional, se ha visto la necesidad de implementar dichos estudios, de tal manera que se prevenga daños y pérdidas humanas y económicas por deslizamientos.

El análisis de susceptibilidad a deslizamientos, considera muchas variables, ya sean estas naturales como antrópicas, los cuales serán analizados a través de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), de forma clara y precisa. En la actualidad los SIG, permiten la elaboración de mapas de manera técnica y eficiente, que antiguamente no eran viables en grandes áreas.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

- Realizar el mapa de susceptibilidad a deslizamientos en la Parroquia San Pedro de la Bendita -Cabecera Parroquial; Cantón Catamayo, Provincia de Loja.

3.2. Objetivos Específicos

- Realizar el levantamiento topográfico y geológico, de la Parroquia San Pedro de la Bendita -Cabecera Parroquial, para identificar los principales rasgos geológicos y las características geomorfológicas y estructurales.
- Determinar el valor de la resistividad, nivel freático y estratigrafía del subsuelo mediante sondeos eléctricos verticales (SEV), a partir de mediciones en superficie.
- Elaborar el mapa de susceptibilidad a deslizamientos correlacionando la información obtenida del sector de estudio.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. Topografía

La topografía se define originalmente como la exacta descripción y delimitación de las características de un lugar particular que puede ser tanto una ciudad como cualquier parte de la superficie terrestre. Esta primera acepción fue completada en los diccionarios del siglo XIX (Larousse y Littré) por el arte de representar por medio del diseño, a través del croquis o la «carta», una forma cualquiera a gran «escala».¹

Aranha Domingues (1979) entiende por Topografía: " el conjunto de principios, métodos, instrumentos y procedimientos utilizados para la determinación del entorno, dimensiones y posición relativa de una porción limitada de la superficie terrestre, del fondo de los mares y del interior de las minas. También compete a la topografía el re planteo de proyectos"².

Buckner (1983) la define como: " La ciencia y el arte de realizar las mediciones necesarias para determinar la posición relativa de puntos sobre, en, o debajo de la superficie terrestre, así como para situar puntos en una posición concreta"³.

La realización de la topografía es uno de los pasos iniciales en el presente trabajo de investigación porque da la pauta para conocer las condiciones actuales del terreno, sirve de base para los estudios geológicos, geomorfológicos, geofísicos, uso de suelos, lo cual servirá para determinar de una manera más eficaz las zonas propensas a sufrir deslizamientos.

4.1.1. Clases de levantamientos [Miguel Montes de Oca. 1970]⁴

- a. **Topográficos (Topografía común).** Se realizan en áreas pequeñas, no se considera la curvatura terrestre, lo que genera la representación sobre un plano horizontal, el cual es normal a la dirección de la gravedad y tangente a la superficie en un punto.

¹ Diccionarios del siglo XIX (Larousse y Littré)

² ARANHA DOMINGUEZ, F.A. . (1979): Observaciones topográficas pág.1.

³ BUCKNER, R.B. (1983): pág. 2.

⁴ Miguel Montes de Oca. 1970. "Introducción a la topografía".

b. Geodésicos (Geodesia). Se realizan en grandes áreas de la superficie terrestre y se toma en cuenta la curvatura terrestre. Además de las características anteriores, se distinguen de los topográficos por la técnica y el uso que se les da. Entre estos tenemos:

- Redes de mediciones de ángulos y distancias, para controlar todo el levantamiento de una gran área (por ejemplo, un país completo).
- Técnicas de medición de alta precisión.
- Modelos matemáticos que consideran la curvatura terrestre.

Dentro de los levantamientos topográficos se encuentran:

- Levantamiento de terrenos en general.
- Topografía de vías de comunicación.
- Topografía de minas.
- Levantamientos catastrales.
- Levantamientos aéreos.

La clase de levantamiento que se utilizara para la realización del trabajo de investigación será el levantamiento topográfico común que se emplea para áreas pequeñas, y representa el terreno en general, vías de comunicación, infraestructura, entre otros.

4.2. Geología

Ferrater Mora, en su obra Diccionario de Filosofía (1979), define la Ciencia como: "Un modo de conocimiento que aspira a formular mediante leyes rigurosas y apropiadas (en lo posible con auxilio del lenguaje matemático) leyes por medio de las cuales se rigen los fenómenos".⁵

La Geología fue la primera ciencia a la que le importo la historia de la naturaleza más que su orden. Aquel carácter histórico hizo de la Geología un tipo de ciencia diferente que fue apreciado desde sus inicios” (Ch. C. Gillespie, 1951).⁶

⁵ Ferrater Mora, en su obra Diccionario de Filosofía (1979).

⁶ Ch. C. Gillespie, 1951.

Simpson G. G. la define, desde su formación de paleontólogo, en su obra *Ciencia Histórica* (1963) como: "Una exploración del Universo material que investiga las relaciones ordenadas, naturales, entre los fenómenos observados y que son evidentes por si mismas".⁷

Ortiz, Carlos (2002) en su obra *Ciencias de la tierra* define la Geología como: “Una de las ciencias más modernas, es por definición la ciencia de la tierra y como tal, estudia su composición, su estructura y los fenómenos que se producen y se han producido en ella desde la hora cero de los tiempos geológicos hasta nuestros días, es una ciencia poco independiente, su desarrollo va estrechamente unido al de la astronomía, la física, la química, la biología y otras ciencias”⁸.

En el presente trabajo investigativo estas definiciones nos permitirán reconocer los diferentes tipos de materiales, así como su incidencia a producir deslizamientos, con el objeto de disminuir sus efectos o tratar de mitigarlos.

4.3. Geofísica⁹

La geofísica es la ciencia que se encarga del estudio de la Tierra desde el punto de vista de la física. Su objeto de estudio abarca todos los fenómenos relacionados con la estructura, condiciones físicas e historia evolutiva de la Tierra.

Al ser una disciplina experimental, usa para su estudio métodos cuantitativos físicos como la física de reflexión y refracción de ondas mecánicas, y una serie de métodos basados en la medida de la gravedad, de campos electromagnéticos, magnéticos o eléctricos y de fenómenos radiactivos. En algunos casos dichos métodos aprovechan campos o fenómenos naturales (gravedad, magnetismo terrestre, mareas, terremotos, tsunamis, entre otros), y en otros son inducidos por el hombre (campos eléctricos y fenómenos sísmicos).

⁷ Simpson G. G. obra *Ciencia Histórica* (1963)

⁸ Ortiz, Carlos. 2002 “*Ciencias de la tierra*”.

⁹ Geofísica aplicada en los proyectos básicos de ingeniería civil, Alfonso Álvarez Manilla Aceves, publicación técnica n° 229.sanfandila, oro, 2003.

Para Gutenberg (1937), es la ciencia que estudia los fenómenos físicos que se verifican sobre la tierra o parte de ella, suficientemente grande, como para que este hecho sea capaz de imprimir al fenómeno físico un carácter especial.¹⁰

Sharma (1976) amplía los dominios de la ciencia, hasta el estudio de la atmósfera, reconociendo que, por lo general, se aplica el concepto en un sentido restrictivo, es decir sólo a la "Tierra sólida" ("solid earth geophysics"); dividía la Geofísica en Geofísica Global y en Geofísica de Explora.¹¹

Es decir, que estudia la Tierra mediante métodos de la física, de carácter indirecto, a fin de conocer su evolución y características actuales (geofísica pura) y también como herramienta de prospección de recursos (geofísica aplicada). Pueden medirse directamente los campos físicos naturales (gravedad, magnetismo, radioactividad, geotermas) o generarse campos artificiales por emisión de electricidad.

Principales métodos que se han desarrollado hasta hoy:

- Gravimétrico
- Magnetométrico
- Eléctrico
- Sísmico
- Radioactivo
- Perfilajes en pozos

4.3.1. Sondeos Eléctricos Verticales

Orellana, E. 1982 en su obra Prospección Geoeléctrica en Corriente Continua, expresa que: “Se conoce como sondeo eléctrico vertical (SEV) a una serie de determinaciones de resistividad aparente, efectuadas con el mismo tipo de dispositivo y separación creciente entre los electrodos de emisión y recepción de corriente”¹².

¹⁰ Para Gutenberg 1937.

¹¹ Sharma 1976

¹² Orellana, E., 1982 “Prospección Geoeléctrica en Corriente Continua.”

Los sondeos eléctricos verticales (S.E.V.) constituyen uno de los métodos de campo para determinar la variación en profundidad de las propiedades eléctricas del subsuelo. Los S.E.V. consisten en una serie de determinaciones de resistividades aparentes, efectuadas con el mismo tipo de dispositivo y de separación creciente entre los electrodos de emisión y de recepción. Los datos de resistividad aparentes obtenidos en cada S.E.V. se representan por medio de curvas, en función de las distancias entre electrodos.

Las resistividades aparentes ρ_a se llevan en las ordenadas y en las abscisas las distancias $OA = AB / 2$. La curva así obtenidas se denomina curva de S.E.V., curva de campo o curva de resistividad aparente. La finalidad del S.E.V. es averiguar la distribución vertical de resistividades bajo el punto sondeado. Son útiles en zonas con estratificación aproximada mente horizontal, en las que las propiedades eléctricas varían principalmente con la profundidad, más bien que lateralmente.¹³

Los Sondeos Eléctricos Verticales nos permiten suministrar una información cuantitativa de las propiedades conductoras del subsuelo y se puede determinar aproximadamente la distribución vertical de su resistividad. Por lo que la finalidad de esta metodología es la determinación de las capas del subsuelo y las resistividades o conductividades eléctricas de la misma, esto mediante mediciones realizadas en el lugar de estudio.¹⁴

Usos:

- Exploración de Agua Subterránea.
- Medición de Resistividades Eléctricas del Subsuelo.
- Medición de espesores de aluviones (Depósitos de tipo aluvial), tales como gravas y arenas de río.
- Exploración de interfaces Aluvión– Roca (Depósitos de tipo aluvial), para depósitos auríferos de tipo aluvial.
- Ubicación de la superficie de corte en deslizamientos.

¹³ L. Alberto. Díaz, ESTUDIO DE PROSPECCIÓN GEOFÍSICA Y GEOTÉCNICA PARA EL EMPLAZAMIENTO DEL EMBALSE DE SAN ESTEBAN DE ANDAGOYA (ÁLAVA), pag, 39.

¹⁴ APLICACIÓN DE LA PROSPECCION GEOFISICA UTILIZANDO E L METODO SCHLUMBERGER PARA LA EXPLORACION DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN CANTON LOS MAGUEYES, COLONIA SANTA LUCIA, MUNICIPIO DE AHUACHAPAN, pag 49

El objetivo del Sondeo Eléctrico Vertical en este trabajo investigativo, es determinar la presencia de agua en los estratos y delimitar capas del subsuelo a través de resistividades.

4.4. Movimientos de masa

Los movimientos en masa son procesos esencialmente gravitatorios, por los cuales una parte de la masa del terreno se desplaza a una cota inferior de la original sin que medie ostensiblemente medio de transporte alguno, siendo tan solo necesario que las fuerzas estabilizadoras sean superadas por las desestabilizadoras. Este tipo de procesos gravitatorios se interrelacionan mutuamente con las precipitaciones altas, de tal forma que frecuentemente las lluvias torrenciales son causantes y/o precursoras de los movimientos en masa, ya que aumentan las fuerzas desestabilizadoras y reducen la resistencia del suelo al deslizamiento¹⁵.

Se define como masas de terreno que se mueven por acción de la fuerza de la gravedad. Se aplica, en general, a movimientos rápidos del terreno, éstos suelen estar relacionados principalmente con sismos, aunque también pueden originarse por otras causas. La acción constante de la fuerza de gravedad y el debilitamiento progresivo de los materiales, principalmente por efecto de la meteorización física y química, hacen que los movimientos de masa sean muy abundantes a lo largo del registro geológico¹⁶.

Son movimientos hacia abajo y/o hacia fuera, de materiales que forman una ladera o talud, debido a la influencia de la gravedad a partir de un factor que sirve de detonante o fuerza natural desencadenante como son, los sísmicos, volcánicos, presión de gases y exceso de humedad¹⁷.

4.4.1. Clasificación de los movimientos de masa

Existen muchas clasificaciones de los movimientos de masa, las cuales se aplican según su finalidad y el medio rocoso donde suceden, condiciones hidrogeológicas, velocidad y magnitud del movimiento. Algunas de las clasificaciones más usadas son:

¹⁵ Gray y Sotir, 1996; TRAGSA Y TRAGSATEC, 1994.

¹⁶ Ayala 2002

¹⁷ Varnes, 1978.

González Vallejo 2002, Hutchinson 1988, EPOCH 1993, Dikau 1996, con diversos criterios y fines, sin embargo para el presente estudio se tomó la clasificación según Varnes 1984:

Tipo de movimiento		Tipo de material		
		Roca	Suelo	
			De grano grueso	De grano fino
Caídas		Caída de rocas	Caída de detritos	Caída de suelos
Basculamientos		Basculamiento de rocas	Basculamiento de detritos	Basculamiento de suelos
Deslizamientos	Rotacionales	Deslizamiento rotacional de rocas	Deslizamiento rotacional de detritos	Deslizamiento rotacional de suelos
	Translacionales	Deslizamiento translacional de rocas	Deslizamiento translacional de detritos	Deslizamiento translacional de suelos
Separaciones laterales		Separación lateral en roca	Separación lateral en detritos	Separación lateral en suelos
Flujos		Flujo de rocas	Flujo de detritos	Flujo de suelos
Complejos		Combinación de dos o más tipos		

Tabla 1. Clasificación de movimientos de masas de acuerdo a Varnes (1978)

Fuente: Varnes, 1978

Varnes (1978), clasifica los movimientos de masa en base a: el tipo de material y tipo de movimiento, y los define de la siguiente manera:

- a. Caídas.** Todas las caídas se inician con un desprendimiento de suelo o roca de una ladera muy empinada, a lo largo de una superficie en la que poco o ningún desplazamiento cortante se desarrolla. El material desciende en caída libre, saltando o rodando, el movimiento es de muy rápido a extremadamente rápido. Solo cuando la masa desplazada es socavada, las caídas son precedidas por pequeños deslizamientos o movimientos de basculamiento que separan el material de la masa no perturbada.

Socavamiento ocurre típicamente en suelos cohesivos o rocas al pie de escarpes que sufren el ataque de las olas o debido a la erosión de márgenes de ríos¹⁸.

¹⁸Cruden & Varnes, 1996

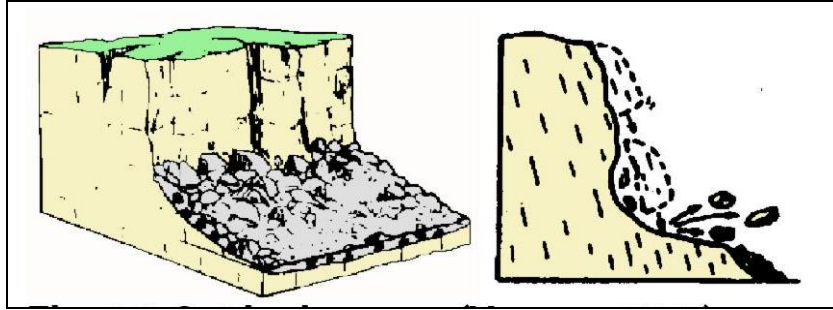


Figura 1.Caída de rocas.
Fuente:(Cruden & Varnes, 1996)

- a. Basculamientos.** Un basculamiento es la rotación hacia adelante (afuera) de una masa de suelo o roca, alrededor de un punto o eje bajo el centro de gravedad de la masa desplazada.

El basculamiento algunas veces es causado por el empuje del material localizado ladera arriba y otras veces por el agua presente en las grietas del macizo.

Los basculamientos producen caídas o deslizamientos del material desplazado, dependiendo de la geometría del material en movimiento, la geometría de la superficie de separación y la orientación y extensión de las discontinuidades cinemáticamente activas.

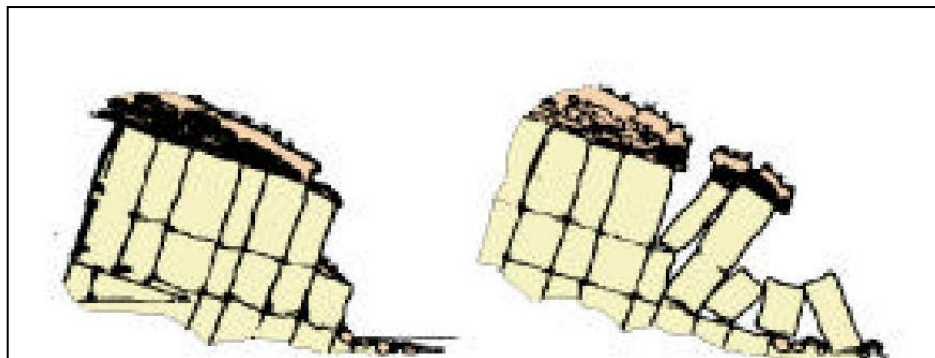


Figura 2.Basculamiento de columnas de roca.
Fuente: Cruden & Varnes, 1996.

- b. Separaciones laterales.** La separación lateral se define como una extensión de una masa cohesiva de suelo o roca, combinada con la subsidencia del material fracturado en un material subyacente más blando.

La superficie de ruptura no es una superficie de corte intenso y el proceso es el producto de la licuefacción o flujo (extrusión) del material más blando, claramente estos movimientos son complejos, pero debido a que son muy comunes en ciertos materiales y situaciones geológicas, es mejor reconocerlos como un tipo separado de movimiento¹⁹.

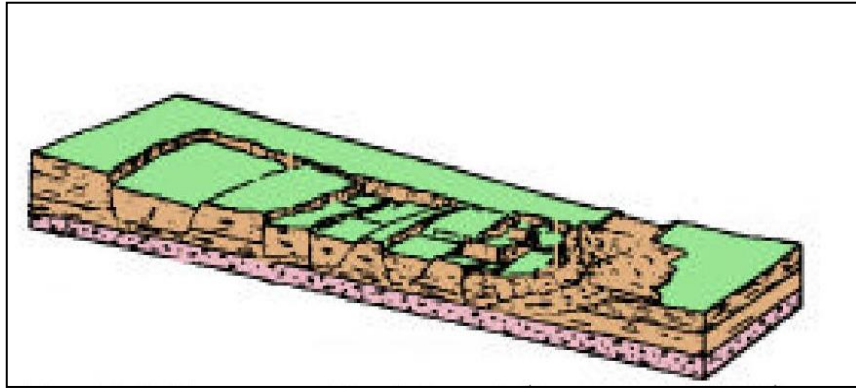


Figura 3. Separación lateral
Fuente: Varnes, 1978.

- c. Flujos.** Un flujo es un movimiento espacialmente continuo, en el que las superficies de corte son de corta duración, de espaciamiento corto y usualmente no se preservan; la distribución de velocidades en la masa que se desplaza se compara con la de un fluido viscoso, el límite inferior de la masa desplazada puede ser una superficie, a lo largo de la cual se desarrolla un movimiento diferencial apreciable o una zona gruesa de corte distribuido. Es decir, existe una gradación desde deslizamientos a flujos, dependiendo del contenido de humedad, la movilidad y la evolución del movimiento.

Los deslizamientos de detritos pueden convertirse en flujos de detritos extremadamente rápidos o avalanchas de detritos, en la medida en que el material desplazado pierde cohesión, aumenta de contenido de humedad o encuentra pendientes más fuertes²⁰.

¹⁹Cruden & Varnes, 1996

²⁰ Cruden & Varnes, 1996)

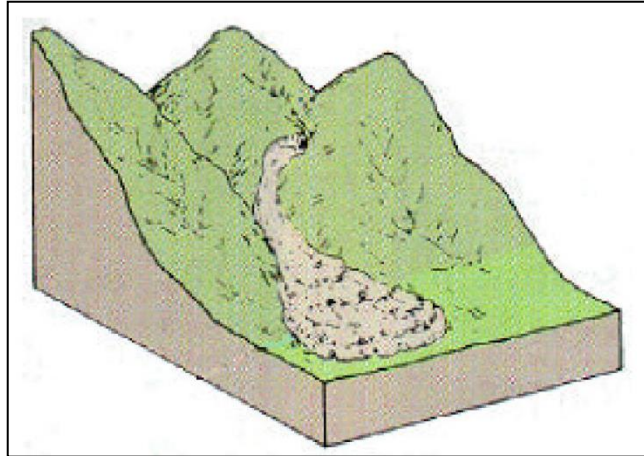


Figura 4. Flujo de detritos.
Fuente: Skinner & Porter, 1992.

4.4.2. Deslizamiento

Es el movimiento de una masa de roca, detritos y *debris* o tierra, pendiente abajo. La ocurrencia de los deslizamientos es consecuencia de un complejo campo de esfuerzos (stress es un esfuerzo por unidad de área el cual es activo sobre una masa de roca o suelo)²¹.

Sharpe (1938) definió a un deslizamiento es una caída perceptible o movimiento desencadenante de una masa relativamente seca de tierra, roca o combinación de ella.

Crozier, (1986) en su publicación Los deslizamientos de tierra. Causas, consecuencias y medio ambiente: “Un deslizamiento se define como el movimiento gravitacional hacia el exterior de la ladera y descendente de tierras o rocas sin la ayuda del agua como agente de transporte”²²

Son movimientos en masa de suelo o roca y se pueden dar en una sola masas coherente que se mueve o se puede comprender como varias unidades semindependientes la velocidad del movimiento puede ser muy variables pero suelen ser proceso muy rápidos y alcanzar grandes volúmenes.

²¹ Cruden (1991).

²² Crozier, M. J. 1986 "Los deslizamientos de tierra. Causas, consecuencias y medio ambiente".

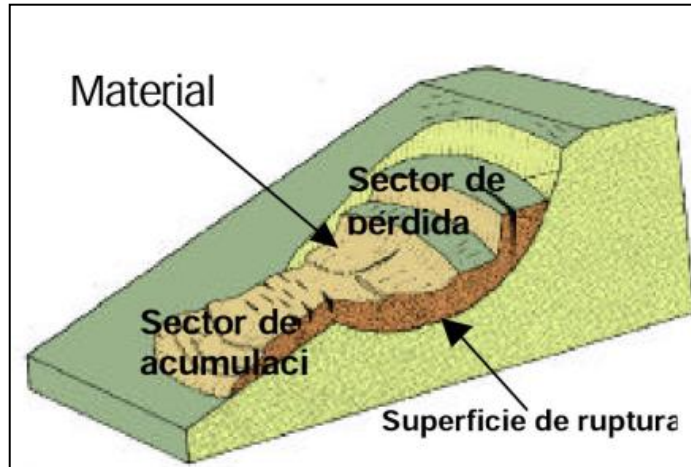


Figura 5.Deslizamiento.
Fuente: Cruden & Varnes, 1996.

- a. Deslizamientos Rotacionales.-** Estos deslizamientos se mueven a lo largo de superficies de ruptura curvas y cóncavas, con poca deformación interna del material. La cabeza del material desplazado se mueve verticalmente hacia abajo, mientras que la parte superior del material desplazado se bascula hacia el escarpe²³.

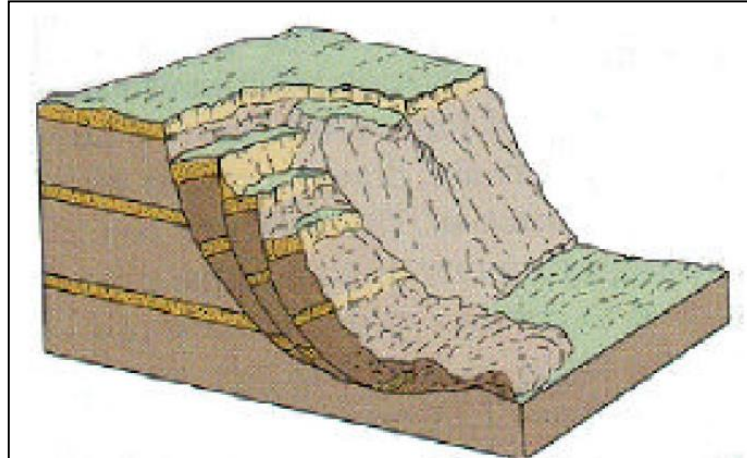


Figura 6.Deslizamientos Rotacionales.
Fuente: Skinner & Porter, 1992.

- b. Deslizamientos Transnacionales.** -La masa se desplaza a lo largo de una superficie de ruptura plana o suavemente ondulada y superponiéndose a la superficie original del terreno²⁴.

²³Cruden & Varnes, 1996.

²⁴Cruden & Varnes, 1996.

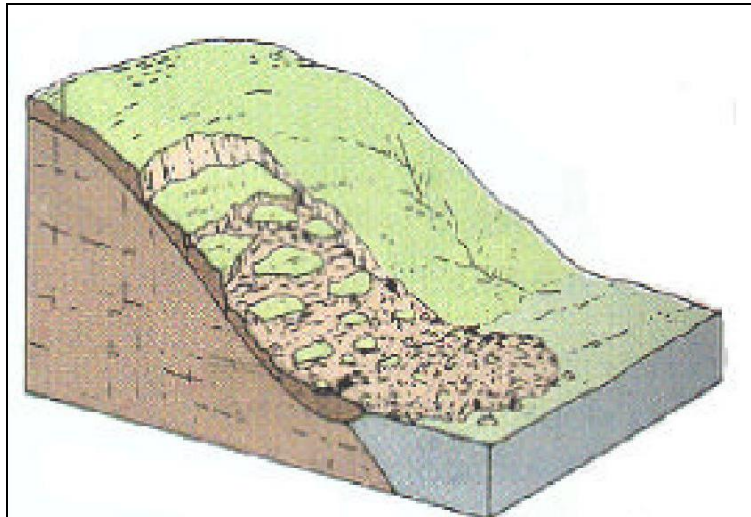


Figura 7. Tipos de movimientos de masa.
Fuente: Skinner & Porter, 1992.

4.4.2.1. Elementos de un deslizamiento.

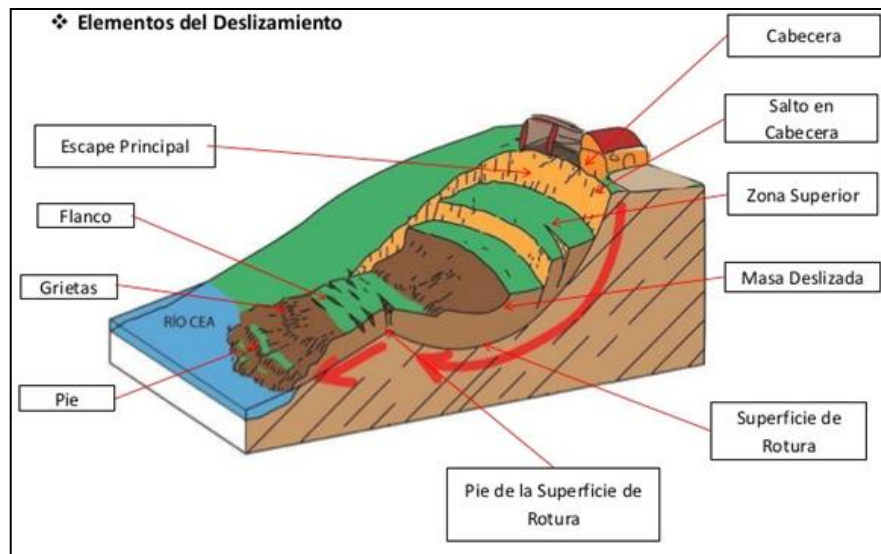


Figura 8.Partes de un deslizamiento.
Fuente: Varnes, 1978.

- a. **Escarpe principal:** Una superficie de fuerte pendiente sobre terreno no perturbado alrededor de la periferie del deslizamiento, causado por movimiento de material de deslizamiento fuera del terreno no perturbado. La proyección de la superficie de escarpe debajo del material desplazado viene a ser la superficie de la ruptura.

- b. **Escarpe secundaria:** Una superficie de pendiente fuerte sobre el material desplazado producida por movimientos diferenciales al interior de la masa deslizante.
- c. **Cabeza:** La parte superior del material de deslizamiento a lo largo del contacto entre el material desplazado y la escarpa principal.
- d. **Cima:** El punto más alto de contacto entre el material desplazado y la escarpa principal.
- e. **Pie de la superficie de ruptura:** La intersección (a veces enterrada) entre la parte inferior de la superficie de ruptura y la superficie original del terreno.
- f. **Punta del pie:** El margen de material desplazado más lejano de la escarpa principal.
- g. **Puntera:** El punto más lejano de la margen desde la cima del deslizamiento.
- h. **Pie:** La porción del material desplazado que queda pendiente abajo del margen de la superficie de ruptura.
- i. **Cuerpo principal:** Aquella parte del material desplazado suprayacente a la superficie de ruptura entre la escarpa principal y el pie y la base de la superficie de ruptura.
- j. **Flanco:** El costado de un deslizamiento de tierras.
- k. **Corona:** El material que aún permanece en su lugar, prácticamente no desplazado y adyacente a las partes más altas de la escarpa principal.
- l. **Superficie original del terreno:** La pendiente que existía antes que ocurra el movimiento que se está considerando. Si ésta es la superficie de un deslizamiento anterior, el hecho debe ser anotado.

- m. Izquierda y derecha:** Las direcciones con una brújula son preferibles para describir las pendientes pero si se usa "derecha o izquierda" se refiere al deslizamiento visto desde la corona.
- n. Superficie de separación:** Es la superficie que separa el material desplazado del material estable pero no se reconoce que hubiera sido una superficie que falló.
- o. Material desplazado:** El material que se ha desplazado de su posición original sobre la pendiente. Puede estar en estado deforme o no deforme
- p. Zona de agotamiento:** El área dentro de la cual el material desplazado queda debajo de la superficie original del terreno.
- q. Zona de acumulación:** El área dentro de la cual el material desplazado queda encima de la superficie original del terreno.

4.4.2.2. Nomenclatura del deslizamiento

La nomenclatura de los elementos morfológicos y morfométricos de un deslizamiento ha sido desarrollada por la Asociación Internacional de Geología Aplicada a la Ingeniería (IAEG, 1990). En este sentido el concepto de “zona de ruptura cobra especial importancia en el análisis de la susceptibilidad a deslizamientos (Irigaray y Chacón, 1991).

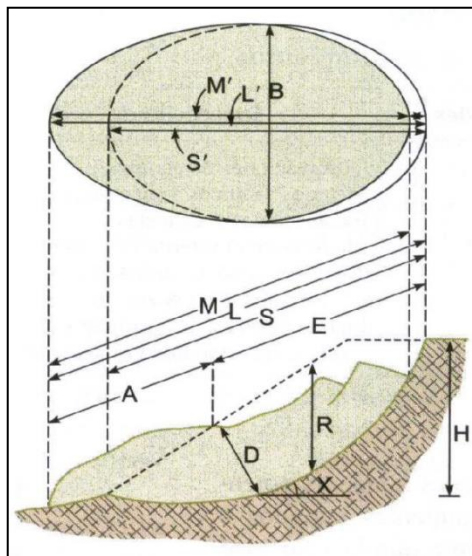


Figura 9. Elementos morfológicos y morfométricos de un deslizamiento.
Fuente: González de Vallejo, 2002.

- a. **Ancho de la masa desplazada W_d .**- Ancho máximo de la masa desplazada perpendicularmente a la longitud, L_d .
- b. **Ancho de la superficie de falla W_r .**- Ancho máximo entre los flancos del deslizamiento perpendicularmente a la longitud L_r .
- c. **Longitud de la masa deslizada L_d .**- Distancia mínima entre la punta y la cabeza.
- d. **Longitud de la superficie de falla L_r .**- Distancia mínima desde el pie de la superficie de falla y la corona.
- e. **Profundidad de la masa desplazada D_d .**- Máxima profundidad de la masa movida perpendicular al plano conformado por W_d y L_d .
- f. **Profundidad de la superficie de falla D_r .**- Máxima profundidad de la superficie de falla con respecto a la superficie original del terreno, medida perpendicularmente al plano conformado por W_r y L_r .
- g. **Longitud total L .**- Distancia mínima desde la punta a la corona del deslizamiento.
- h. **Longitud de la línea central L_{cl} .**- Distancia desde la punta o uña hasta la corona del deslizamiento a lo largo de puntos sobre la superficie original equidistantes de los bordes laterales o flancos.

4.5. Geotecnia²⁵

Es la aplicación de principios de ingeniería a la ejecución de obras públicas en función de las características de los materiales de la corteza terrestre.

4.5.1. Ensayo de penetración Estándar

El S.P.T es un método muy usado en las exploraciones de los suelos que permite determinar las características, espesor y estratificación de los materiales que se encuentran

²⁵ CASAGRANDE A, 1948.

en el subsuelo, así como también permite conocer la resistencia a la penetración en función al número de golpes de los diferentes estratos que conforman el subsuelo a diversas profundidades.

El S.P.T es un método muy usado en las exploraciones de los suelos que permite determinar las características, espesor y estratificación de los materiales que se encuentran en el subsuelo, así como también permite conocer la resistencia a la penetración en función al número de golpes de los diferentes estratos que conforman el subsuelo a diversas profundidades.

Constituye el ensayo o prueba más utilizada en la realización de sondeos, y se realiza en el fondo de la perforación. Consiste en contar el número de golpes necesarios para que se introduzca a una determinada profundidad una cuchara (cilíndrica y hueca) muy robusta (diámetro exterior de 51 milímetros e interior de 35 milímetros, lo que supone una relación de áreas superior a 100), que permite tomar una muestra, naturalmente alterada, en su interior. El peso de la masa está normalizado, así como la altura de caída libre, siendo de 63'5 kilopondios y 76 centímetros respectivamente.

4.5.2. Clasificación de suelos

4.5.2.1. Uso del sistema de clasificación

El sistema de clasificación de suelos será el indicado por las especificaciones particulares del proyecto, pero como guía general se podrá utilizar el Sistema de Clasificación de AASHTO en los casos de Investigaciones Geotécnicas destinadas al diseño o verificación de pavimentos (obras viales, playas de estacionamiento y acopio, rellenos, materiales de aporte, sectores a ser compactados, etc.) y el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS, Casagrande) para las restantes.

4.5.2.2. Sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS)

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) tiene por objetivo proveer una clasificación cualitativa de los suelos de origen mineral u orgánico-mineral con fines

ingenieriles, a partir de ensayos de laboratorio que determinan sus propiedades granulométricas y de plasticidad.

Dicho sistema no clasifica cuantitativamente a los suelos, razón por la cual, no debe ser utilizado para la determinación de propiedades ingenieriles (resistencia al corte, etc.) ni para la estimación del comportamiento carga vs. Deformación del suelo o del sistema suelo-estructura.

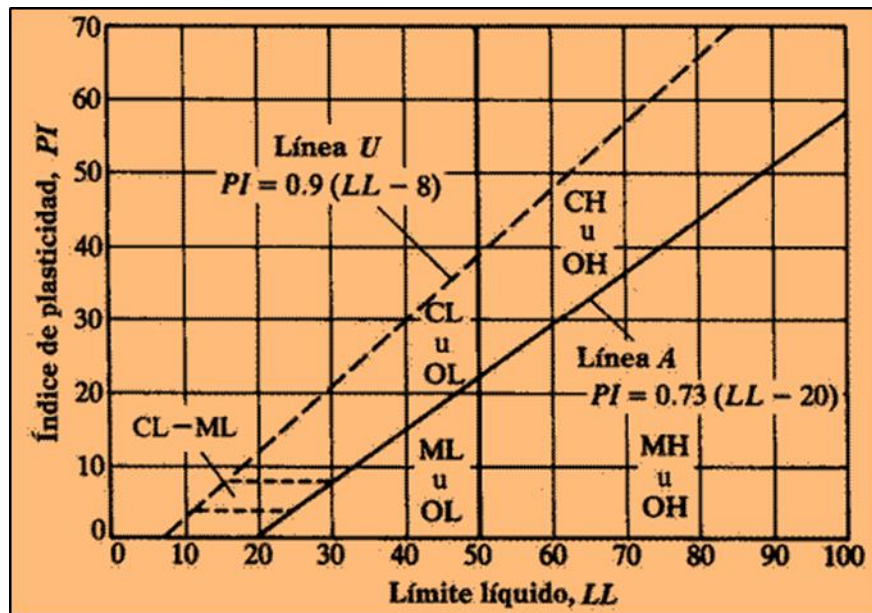


Tabla 2. Gráfica de índice de plasticidad para determinar el tipo de suelo.
Fuente: Orta Amaro Pedro Andrés, Explotación eficiente de máquinas de construcción.

En base a lo anterior, los suelos quedarán clasificados bajo el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos y la definición de cada tipo de suelo será la que se detalla a continuación:

- a. **Arcilla:** suelo pasante el tamiz #200 (75 μm) de la serie estandarizada de U.S. que presenta características plásticas bajo diferentes contenidos de humedad y que puede alcanzar una dureza considerable en condiciones secas.

Desde el punto de vista de la clasificación SUCS, la arcilla es un suelo o parte de un suelo de grano fino, con índice de plasticidad igual o mayor que 4.

- b. Grava:** partículas de roca que pasan el tamiz de 3” (75 mm) y que son retenidas por el tamiz #4 (4,75 mm) de la serie estandarizada de U.S., aceptando la siguiente subdivisión:
- gruesa: pasa el tamiz de 3” (75 mm) y queda retenida por el tamiz ¾” (19 mm).
 - fina: pasa el tamiz de ¾” (19 mm) y queda retenida por el tamiz #4 (4,75 mm)
- c. Arcilla orgánica:** arcilla con suficiente contenido de material orgánico como para alterar las propiedades del suelo. Desde el punto de vista de la clasificación, la arcilla orgánica se clasifica como arcilla, con la salvedad que su límite líquido después de secado en horno es menor que el 75% del límite líquido antes de ser secado en horno.
- d. Limo orgánico:** limo con suficiente contenido de material orgánico como para alterar las propiedades del suelo.
- e. Turba:** suelo compuesto por vegetales en varias etapas de descomposición, generalmente acompañadas por un hedor orgánico, de color marrón oscuro a negro, consistencia esponjosa y con textura variable entre fibrosa y amorfa.
- f. Arena:** partículas de roca que pasan el tamiz # 4 (4,75 mm) y que son retenidas por el tamiz #200 (75 µm) de la serie estandarizada de U.S., aceptando la siguiente subdivisión:
- gruesa: pasa el tamiz #4 (4,75 mm) y queda retenida por el tamiz #10 (2,00 mm)
 - mediana: pasa el tamiz #10 (2,00 µm) y queda retenida por el tamiz #40 (4,25 µm)
 - fina: pasa el tamiz #40 (4,25 µm) y queda retenida por el tamiz #200 (75 µm)

- g. Limo:** suelo pasante el tamiz #200 (75 μ m) de la serie estandarizada de U.S. que presenta pocas o nulas características plásticas. Desde el punto de vista de la clasificación SUCS, el limo es un suelo o parte de un suelo de grano fino, con Índice de Plasticidad menor que 4, cuya representación en la Carta de Plasticidad está por debajo de la Recta “A”.

PROFUNDIDAD (mts).		DESCRIPCIÓN	CLASIFICACIÓN S.U.C.S		OBSERVACIONES
DE	A				
0.00	0.60	Arcilla orgánica	OH	Arcillas orgánicas, OH de plasticidad media, color café oscuro y de consistencia inicial media.	Capa vegetal
0.60	0.80	Arena Fina Limosa	SM	Arena fina limosa, SM en estado compacto de color café.	W= 4.00% al 7.00% F= 2.19%
0.80	2.50	Arena Inorgánica	CL	Arcilla inorgánica de baja a media plasticidad CL, de color naranja, y consistencia inicial dura, empacando roca.	W= 36.4% P.V.S.M=1.520 kg/m ³ Wopt = 18.5%

Tabla 3. Clasificación de los suelos por el método SUCS.

Fuente: Orta Amaro Pedro Andrés, Explotación eficiente de máquinas de construcción.

4.5.2.3. Sistema de Clasificación AASHTO

El Sistema de Clasificación AASHTO para usos viales y de rellenos controlados tiene por finalidad proporcionar una clasificación cualitativa de los suelos de origen mineral u orgánico-mineral con fines ingenieriles, a partir de ensayos de laboratorio que determinan sus propiedades granulométricas y de plasticidad.

El Sistema agrupa a los suelos en siete grupos y subgrupos basados en fórmulas empíricas. Dicho sistema no clasifica cuantitativamente a los suelos, razón por la cual, no debe ser

utilizado para la determinación de propiedades ingenieriles (resistencia al corte) ni para la estimación del comportamiento carga-deformación del suelo o del sistema suelo-estructura.

Este Sistema se utilizará principalmente cuando se requiera una clasificación precisa de los suelos para su utilización como material de aporte y cuando forme parte de estructuras (bases, sub bases, terraplenes, presas).

Los suelos se clasifican bajo el Sistema de Clasificación AASHTO de acuerdo con la Tabla 4 y las siguientes definiciones:

- a. **Canto rodado:** fragmentos de roca redondeados, generalmente por intemperización o abrasión, retenidos por el tamiz de 3” (75mm).
- b. **Arena gruesa:** partículas de roca o suelo que pasan el tamiz # 10 (2mm) y quedan retenidas por el tamiz # 40 (425mm).
- c. **Arena fina:** partículas de roca o suelo que pasan el tamiz # 40 (425mm) y quedan retenidas por el tamiz # 200 (75mm).
- d. **Grava:** partículas de roca que pasan el tamiz de 3” (75mm) y quedan retenidas en el tamiz # 10 (2mm).
- e. **Arcilla limosa:** partículas de suelo fino que pasan el tamiz # 200 (75mm).
- f. **Limo:** partículas de suelo fino que pasan el tamiz # 200 (75mm) y que tienen un Índice de Plasticidad menor o igual que 10.
- g. **Arcilla:** partículas de suelo fino que pasan el tamiz # 200 (75mm) y que tienen un Índice de Plasticidad mayor a 11.

Clasificación general	Material Granular (35% o menos del total pasa No.200)						
	A - 1		A - 3	A - 2			
Grupo de clasificación	A - 1 - a	A - 1 - b		A - 2 - 4	A - 2 - 5	A - 2 - 6	A - 2 - 7
Análisis de tamices (porcentaje que pasa)							
No. 10	50 máx.						
No. 40	30 máx.	50 máx.	51 min.				
No. 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.
Características de la Fracción que pasa No.40							
Limite liquido				40 máx.	41 min.	40 máx.	41 min.
Índice de plasticidad	6 máx.		NP	10 máx.	10 máx.	11 min.	11 min.
Tipos usuales de materiales que costa	Fragmentos pétreos,		Arena fina	Limos o gravas arcillosas y arena			
	grava y arena						
Valoración general Del subgrupo	Excelente a bueno						

Tabla 4. Clasificación de los suelos por el método AASHTO.

Fuente: Principles of Geotechnical Engineering Braja M.Das.1998.

4.6. Sistema de Información Geográfica

Un sistema de información geográfica se define como un poderoso grupo de herramientas para recolectar, almacenar, recuperar, transformar y presentar datos en forma espacial (Burrough, 1986)²⁶

"Es un sistema de información compuesto por hardware, software y procedimientos para capturar, manejar, manipular, analizar, modelizar y representar datos georreferenciados, con el objetivo de resolver problemas de gestión y planificación" (Cebrian, 1988)²⁷.

4.6.1. Zonificación de susceptibilidad

La zonificación permite evaluar, parcialmente, la susceptibilidad y es una herramienta muy útil para la toma de decisiones, especialmente, en las primeras etapas de planeación de un proyecto. La zonificación consiste en la división del terreno en áreas homogéneas y la calificación de cada una de estas áreas de acuerdo con el grado real o potencial de susceptibilidad.

²⁶ Burrough, P.A. 1986. "Principios de Sistemas de información geográfica de Recursos de la Tierra Evaluación". Clarendon Prensa, Oxford.

²⁷ Cebrian, 1988

El mapeo puede realizarse sobre un área donde se tiene información de la ocurrencia de deslizamientos o se tiene un inventario de estos eventos, o sobre áreas en las cuales no se tiene conocimiento de deslizamientos en el pasado, pero se requiere predecir la posibilidad de amenazas hacia el futuro.

4.6.2. Susceptibilidad a deslizamientos

La susceptibilidad, generalmente, expresa la facilidad con que un fenómeno puede ocurrir sobre la base de las condiciones locales del terreno. La susceptibilidad es una propiedad del terreno que indica qué tan favorables o desfavorables son las condiciones de éste, para que puedan ocurrir deslizamientos. El mapa de susceptibilidad clasifica la estabilidad relativa de un área, en categorías que van de estable a inestable²⁸.

El mapa de susceptibilidad muestra donde hay o no, condiciones para que puedan ocurrir deslizamientos. La probabilidad de ocurrencia de un factor detonante como una lluvia o un sismo no se considera en un análisis de susceptibilidad.

4.6.3. Mapas de susceptibilidad

Los mapas de “susceptibilidad” a deslizamientos fueron desarrollados por primera vez, por Brabb en San Mateo County California, para el USGS en 1972. Los primeros mapas se realizaban superponiendo mapas con los diferentes factores geológicos que influían en las fallas de los taludes.

En 1988, se inició el uso de Sistemas de Información Geográfica para la elaboración de los mapas de susceptibilidad. En 1991, se involucraron los métodos determinísticos con el análisis de factores de seguridad para las fallas de talud infinito con el programa DLISA.

En 1999, se presentaron dos programas SINMAP (Pack y otros) y SMORPH (Vaugeois y Shaw) y se inició la utilización de la lógica difusa en los SIGs. En el 2006, el programa PISAm incluyó los modelos digitales de elevación y se desarrolló en Estados Unidos y

²⁸ Suárez J. 2009 “Deslizamientos Volumen 1: Análisis Geotécnico”

Canadá el programa ArcSDM3. En la actualidad, hay una gran cantidad de programas de software geotécnico con subrutinas para el análisis de susceptibilidad.

4.6.4. Elaboración de mapas de susceptibilidad a deslizamientos

El mapa de susceptibilidad es un mapa en el cual se zonifican las unidades de terreno que muestran una actividad de deslizamientos similar o de igual potencial de inestabilidad, que se obtiene de un análisis multivariable entre los factores del terreno que afectan la susceptibilidad a los deslizamientos y el mapa de inventario de deslizamientos²⁹.

No existe un procedimiento estandarizado para la preparación de mapas de susceptibilidad a los deslizamientos y sí existe mucha libertad en la determinación de los pasos a seguir y los niveles de susceptibilidad varían de acuerdo con los criterios de los diversos autores.

La susceptibilidad se puede evaluar de dos formas diferentes:

- **Sistema de la experiencia.**- Se utiliza la observación directa de la mayor cantidad de deslizamientos ocurridos en el área estudiada y se evalúa la relación entre los deslizamientos y la geomorfología del terreno.
- **Sistema teórico.**- Se mapea el mayor número de factores que se considera que pueden afectar la ocurrencia de deslizamientos y luego, se analiza la posible contribución de cada uno de estos factores.

4.6.5. Elementos para elaborar un mapa de susceptibilidad

Para la elaboración del mapa de susceptibilidad se tienen en cuenta generalmente tres elementos.

- Relieve y mapa de pendientes.
- Características geológicas, geomorfológicas y geotécnicas del terreno.
- Inventario de deslizamientos ocurridos en el pasado.

²⁹ Suárez J. 2009 “Deslizamientos Volumen 1: Análisis Geotécnico”

5. MATERIALES Y MÉTODOS.

5.1. Materiales

Para la realización de la presente investigación es necesario disponer de los siguientes materiales de campo y oficina.

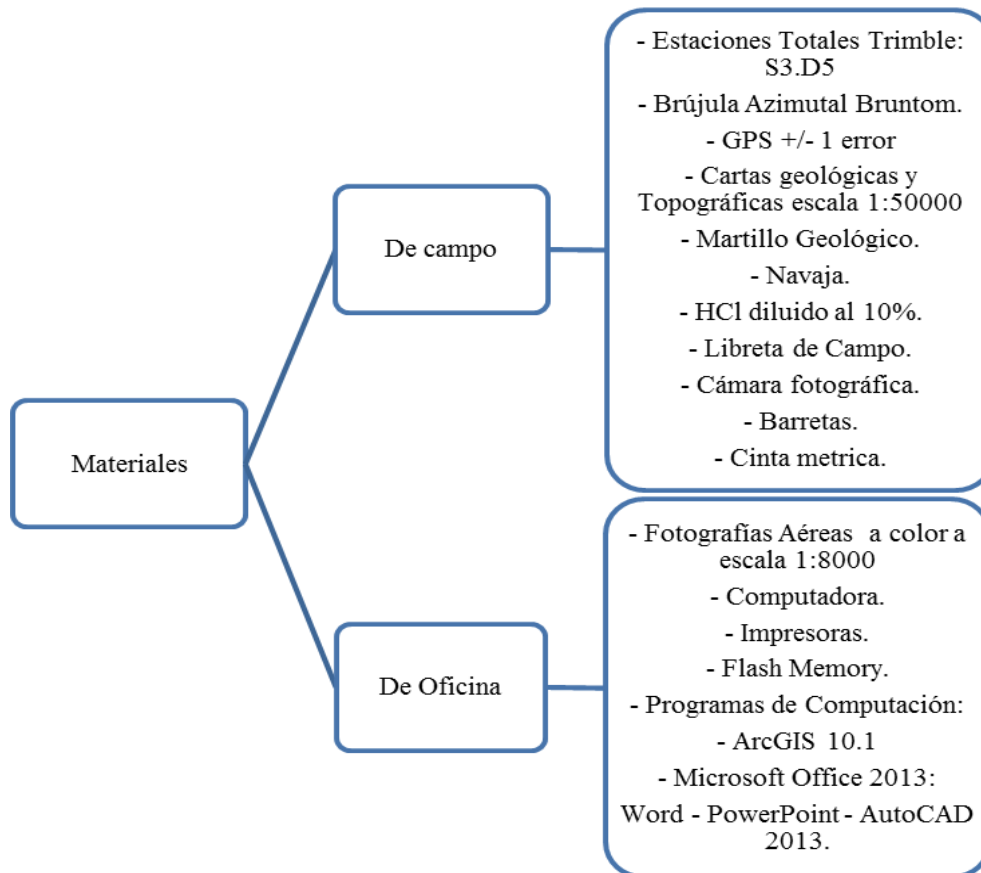


Figura 10. Materiales de campo y oficina.

Fuente: El Autor

5.2. Métodos

Para cumplir con los objetivos propuestos, se recopiló información de estudios preexistentes, con el objeto de tener una idea general de nuestra zona de estudio y establecer una metodología acorde a la investigación a realizar. Esta metodología consta de métodos de campo y oficina que se describen a continuación:

5.2.1. Levantamiento topográfico

a. Método de campo

Consiste en reconocer el sector de estudio, a través de la observación directa, con el objeto de delimitar y planificar las actividades a realizar.

Primeramente con los puntos otorgados por el I.G.M (Instituto Geográfico Militar), según el código (**OGJ110**) ubicado en el parque central de la parroquia de San Pedro de la Bendita cuyas coordenadas ($X= 673793.186$; $Y= 9563936.458$; $Z= 1722.341$) y así mismo con las coordenadas dadas por la estación Trimble R4, utilizada para obtener las coordenadas de partida, como se muestra en la **foto 1**.

Punto de partida	Punto Auxiliar
X= 673793.186	X= 673724.849
Y= 9563936.458	Y= 9563941.008
Z= 1722.341	Z= 1722.531

Tabla 5. Puntos de estación Trimble R4.

Fuente: El Autor.



Foto 1. Punto de partida tomada por la estación Timbre R4.

Fuente: El autor.

Seguidamente se levantó la información representando las viviendas, vías, quebradas, afloramientos, etc. Se generó el mapa topográfico a escala 1:4 000, con el Datum WGS84, Zona 17 Sur, la que nos servirá como base para la ejecución del proyecto.

En la realización del levantamiento topográfico se utilizó la estación total Trimble S3-D5, como se muestra en el **foto 2**, tanto para las partes montañosas, de alta vegetación, y el mapeo preciso de las vías e infraestructuras.



Foto 2. Utilización de la estación Timbre S3-D5.
Fuente: El autor.

Una vez realizado el levantamiento topográfico, se procede a descargar los datos al computador usando el software del equipo topográfico, el cual tiene la opción de convertir los datos a formato delimitado por comas compatible con Excel. La información obtenida consiste en coordenadas en tres dimensiones (X, Y, Z).

Finalmente se genera el mapa topográfico, para lo cual se agrega los datos al software ArcGIS 10.1 en donde se generan las curvas de nivel aplicando el suavizado respectivo; por otro lado se digitaliza vías, infraestructuras drenajes y otros elementos.

b. Método de oficina

Primeramente se procede a importar los datos Excel de las estaciones obtenidas en el campo al programa ArcGIS 10.1

Para generar las curvas de nivel se aplica las siguientes herramientas: **ArToolbox** ➤ **3D Análisis** ➤ **Crear TIN de entidades**, (como se muestra en la figura 11); **seguidamente** **ArToolbox** ➤ **3D Análisis** ➤ **Superficie triangulada** ➤ **Curvas de nivel de superficie**, (como se muestra en la figura 12), las curvas secundarias serán cada 1m y las principales cada 5m.

Luego se aplica el suavizado a través de la opción **Herramientas de cartografía – generalización – suavizar línea**, para obtener un terminado estético en el mapa topográfico.

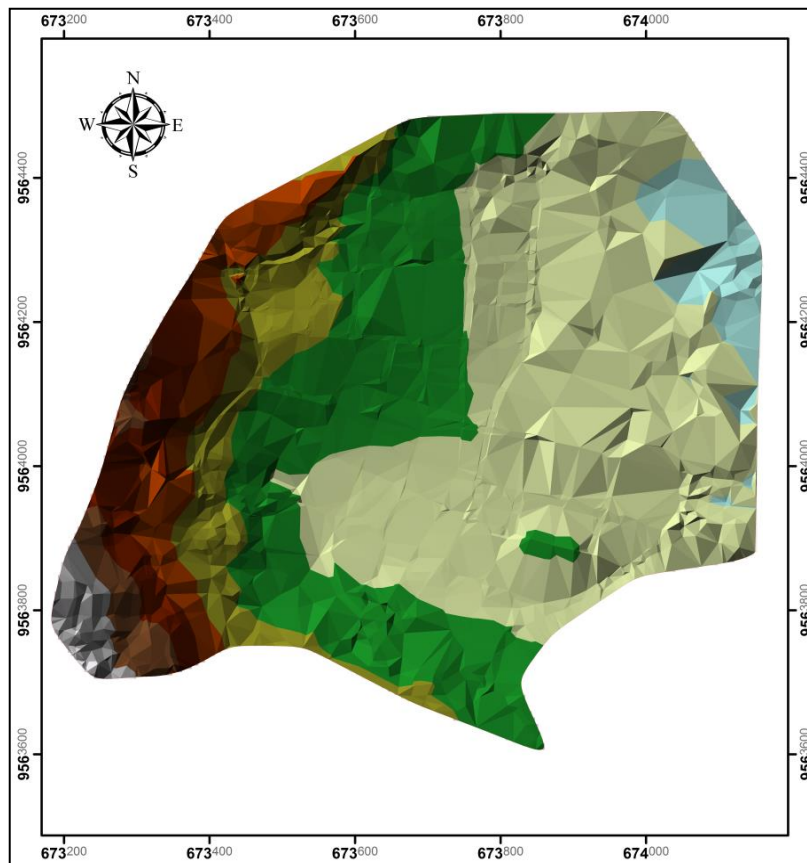


Figura 11. Modelo TIN

Fuente: El Autor

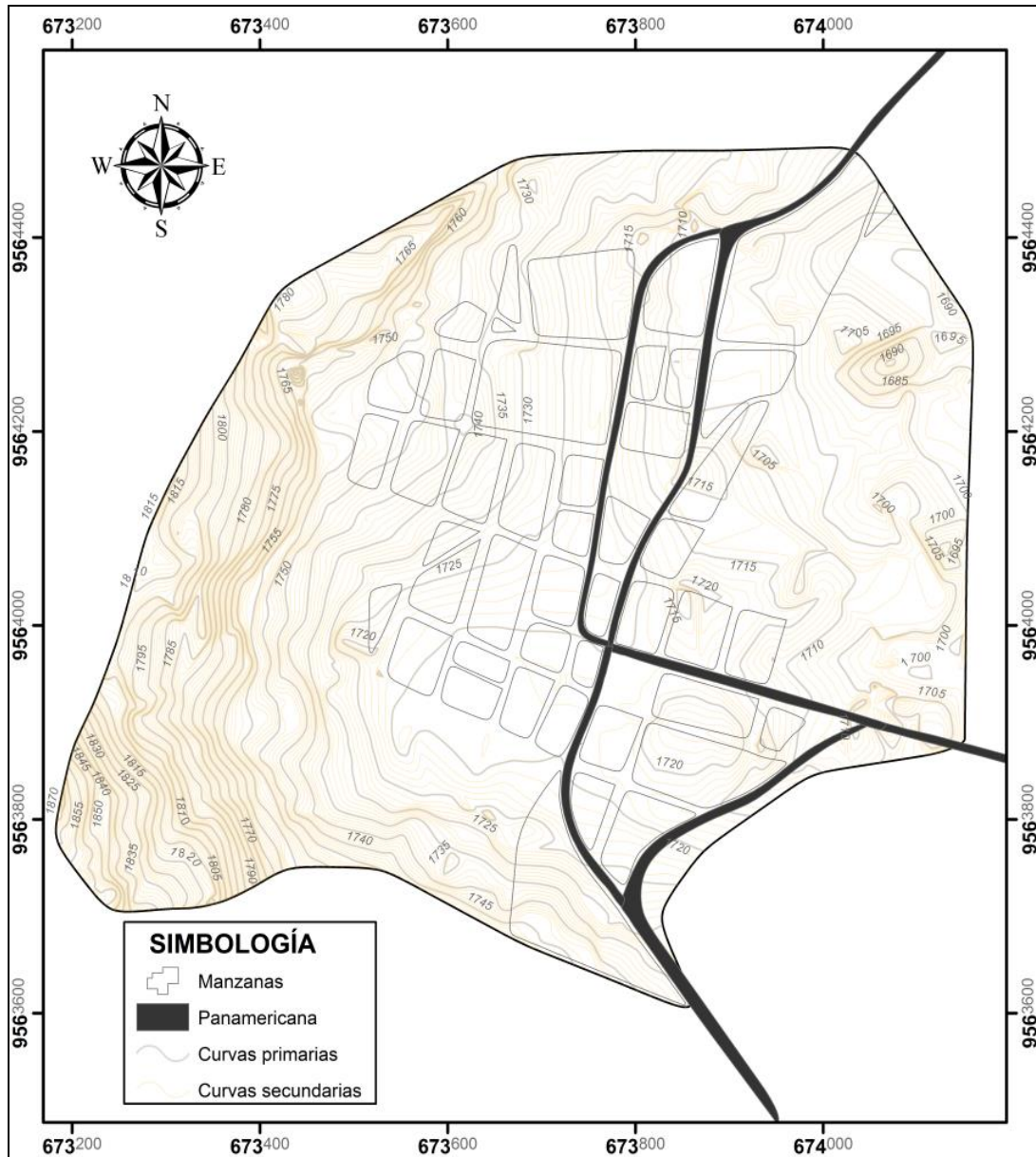


Figura 12. Generación de curvas de nivel

Fuente: El Autor

Seguidamente se procedió a crear los Shapefiles respectivos en el Sistema de coordenadas UTM WGS-1984 - Zona 17S, digitalizando: vías de primer y segundo orden, infraestructuras, manzanas, cultivos, postes, pozos, rejillas, SEV y el respectivo perfil topográfico.

5.2.2. Levantamiento geológico

a. Método de campo

Tomando como base el mapa topográfico escala 1:4 000 se procedió a realizar la descripción geológica, a través de una observación directa del sector de estudio en afloramientos naturales y artificiales; en vías, para identificar los principales rasgos litológicos, para lo cual se utilizó insumos como: Carta Geológica a escala 1:100 000, martillo geológico, brújula, GPS, navaja, ácido clorhídrico al 10%, lupa, distanciometro. Esta información se describió en fichas técnicas las cuales se observan en el **Anexo 4**.

Así también para conocer el tipo de material y su composición, se obtuvieron muestras del material encontrado, para ser analizadas en el laboratorio mediante un análisis macroscópico e información existente relacionado al tipo de material encontrado en la zona de estudio.

Luego se realizó un inventario de los afloramientos, deslizamientos (se clasificaron de acuerdo a su magnitud y tipo de movimiento).

Para éste efecto se utilizó fichas técnicas, libretas de campo, brújula Bruntom, martillo geológico, una cinta métrica, fundas de muestreo y cámara fotográfica. La información obtenida se representó en el mapa utilizando el software ArcGis 10.1, donde posteriormente se sumará el criterio del autor y los resultados de análisis de laboratorio para determinar el área más susceptible.

b. Método de oficina

Una vez realizada las actividades de campo del primer objetivo se procesó la información para cada uno de los factores que intervienen en el análisis final de susceptibilidad a deslizamientos. A través del programa ArcGIS 10.1

Tomando como base el mapa topográfico realizado y los puntos de afloramientos obtenidos en el campo se procedió a crear shapefiles de tipo polígono, para cada formación geológica. A la vez se definió los contactos litológicos, las medidas estructurales como rumbo y buzamientos de cada una de las capas.

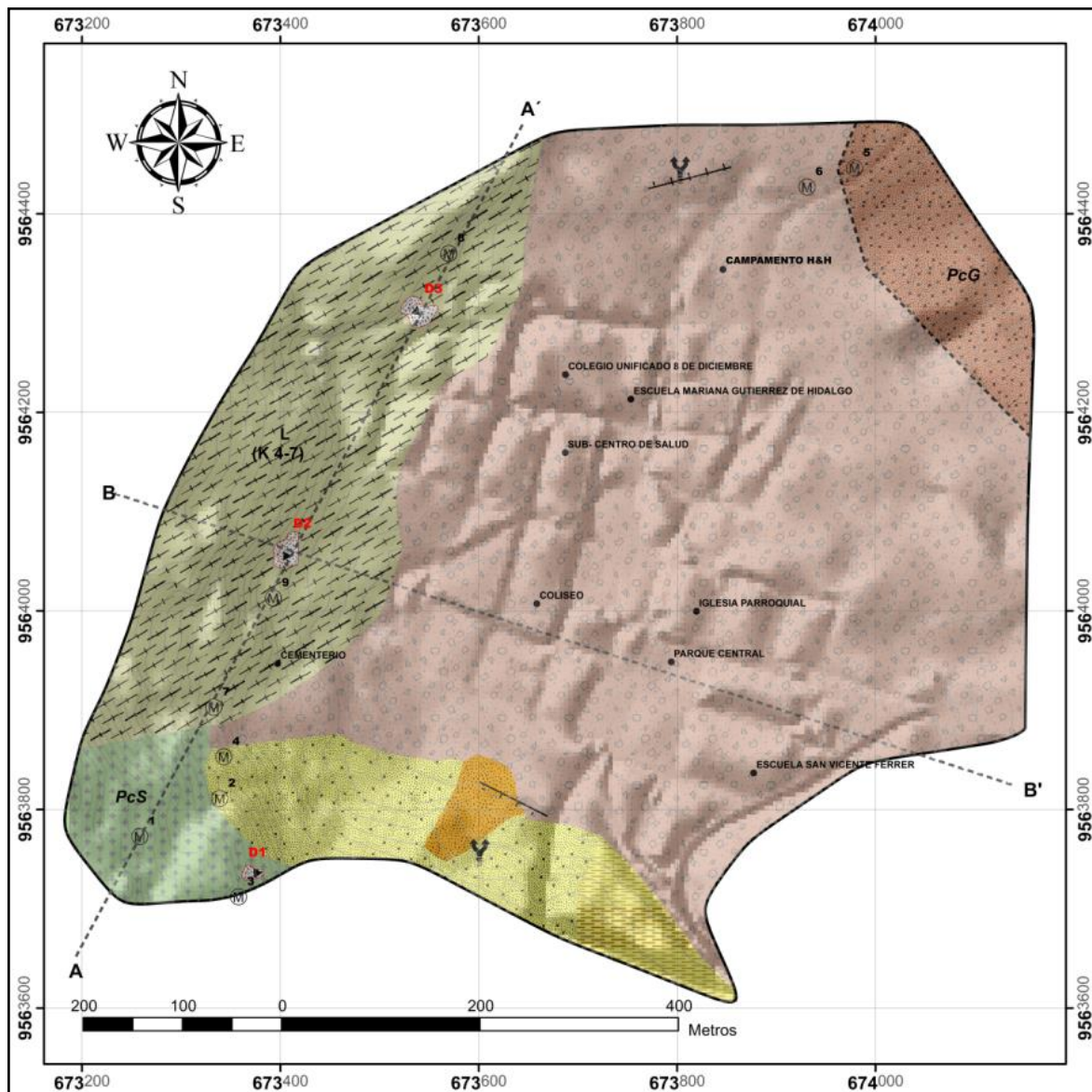


Figura 13. Puntos de afloramientos

Fuente: El Autor

5.2.3. Sondeos Eléctricos Verticales (SEV)

Consiste en reconocer el sector de estudio, a través de la observación directa, con el objeto de delimitar y planificar las actividades a realizar.

En la exploración geofísica se emplea el Método Eléctrico de Resistividades, en su modalidad de Sondeo Eléctrico vertical (S.E.V).

Tomando en consideración principalmente que en la zona de estudio se realizaron 2 sondeos eléctricos verticales distribuidos en sectores estratégicos, los mismos que permitieron realizar cortes geoeléctricos e interpretar la estructura del subsuelo y contenido de agua en los estratos de acuerdo a su resistividad.

– Procedimiento

Se utilizó el equipo Digital de Resistividades marca ABEM, modelo SAS 4000, integrado por una unidad transmisora de 12 voltios y su salida de corriente varia de 0.2 a 500 m A. Durante el trabajo de campo el procedimiento a seguir consistió en: a) Ubicación por GPS y brújula de los puntos a explorar, b) Realización de los SEV, utilizando una configuración de Schlumberger y graficando las curvas de resistividad en campo para comprobar que la correlación es buena.

Además, se procedieron a realizar Sondeos Eléctricos Verticales con aberturas de hasta 100m de AB/2, para el primer SEV y de 70m de AB/2, para el segundo SEV, la longitud depende de la profundidad que se desea investigar, y dependiendo de su topografía y las facilidades de operación.

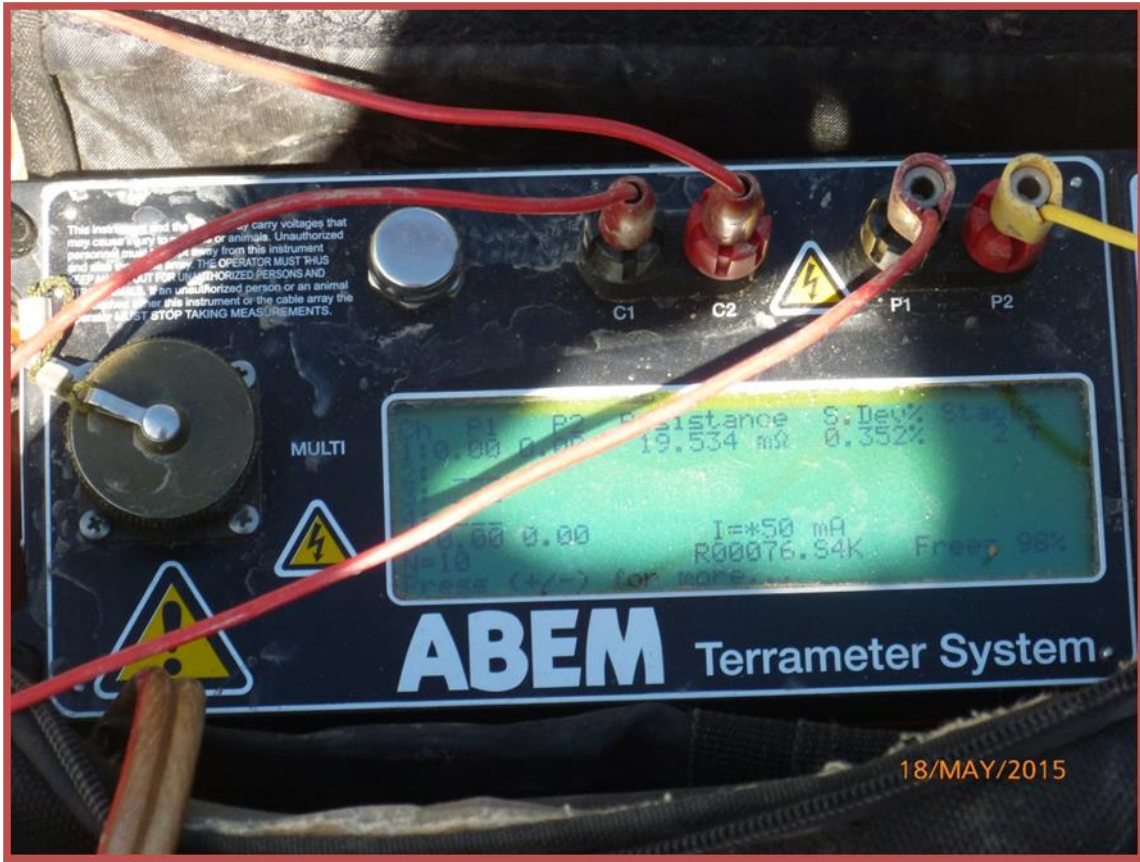


Foto 3. Equipo Digital de Resistividades marca ABEM, SAS 400
Fuente: El Autor

Las actividades de campo se realizaron con un Resistivímetro Terrameter ABEM SAS 4000, con el cual se obtiene el valor de Intensidad, con los resultados de campo se procedió al cálculo de los SEV y un perfil eléctrico por medio del uso del Software IX1D v3, en el cual se usó el modelo Smooth para el cálculo de los SEV y las ecuaciones de Zaborovsky para la interpolación de los perfiles y obtención de los contornos.

SEV	Punto Inicial		Punto Final	
	X	Y	X	Y
Línea 1	673468.987	9564051.959	673558.896	9564309.187
Línea 2	674009.380	9564309.187	674133.037	9564208.407

Tabla 6. Coordenadas UTM de los sondeos eléctricos verticales.
Fuente: El Autor

5.2.4. Ensayo de penetración estándar (SPT)

El procedimiento consiste en hincar a percusión el terreno con un penetrómetro estándar contando el número de golpes N necesario para hincar tramos de aproximadamente 15 cm. Cuando debido a la dureza del suelo no se puede penetrar los 45 cm, se define N por extrapolación (CFE, 1980). En la prueba SPT para un valor N superior a 50 también se utiliza la extrapolación.

El penetrómetro es un tubo de pared gruesa partido longitudinalmente, provisto en sus extremos de dos piezas roscadas; la pieza inferior es una zapata afilada de acero endurecido y la superior es la cabeza que sirve para unir el muestreador con la columna de barras huecas de acero que se utilizan para hincarlo hasta el fondo de la perforación.



Foto 4. Proceso de hincamiento SPT

Fuente: El Autor

El tubo muestreador estándar tiene una longitud de 60 cm, diámetro interior de 3.5 cm y diámetro exterior de 5.0 cm; la longitud total del muestreador es de 75 cm, el golpe para la hincada se lo realizó con una maza de 63.5 kg cayendo libremente desde una altura de 76 cm sobre una cabeza de golpeo o yunque.



Foto 5. Penetrómetro del SPT
Fuente: El Autor

Después del hincado se saca el penetrómetro a la superficie para recuperar la muestra inalterada, que se coloca en un recipiente hermético, y se registra la información del hincado y clasificación del suelo.



Foto 6. Tubo muestreador del SPT
Fuente: El Autor



Foto 7. Muestreador del SPT.

Fuente: El Autor

5.2.5. Mapa de pendientes

Para elaborar el mapa de pendientes, se utiliza el programa ArcGIS 10.1, partiendo del modelo de elevación, aplicando las herramientas del ArToolbox **3D Análisis** **Conversión desde TIN a Raster**, a este raster se le aplica la herramienta **Conversión Superficie de Raster Pendiente**. Seguidamente se lo reclasifica con Herramientas de Spatial Analyst **reclasificación de Modelo “Raster a Polígono”**, con ayuda de las herramienta **de Conversión → desde Raster a Polígono** para una mejor edición; finalmente se utiliza la herramienta **“Disolver”** para agrupar las categorías y aplicar los colores respectivos.

En este caso se clasifico con la metodología propuesta por Martínez y Mercado en 5 categorías en % como se muestra en la **Tabla 7**.

Categoría	Rango
Terrenos planos o casi planos	0 %- 15 %
Terrenos inclinados	15 % - 30 %
Terrenos moderadamente escarpados	30 % - 50 %
Terrenos escarpados	50 % - 75 %
Terrenos muy escarpados	> 75 %

Tabla 7. Categorías de pendientes
Fuente: Martínez y Mercado 1992.

5.2.6. Mapa geomorfológico

Para realizar el levantamiento geomorfológico, se utilizó la metodología aplicada por CLIRSEN 2012, para lo cual se genera el mapa de sombras, el cual permitió observar claramente las geoformas del terreno.

Las geoformas se calcularon en función al desnivel relativo, en función a las curvas de nivel generadas a 5 metros, obtenidas mediante el levantamiento topográfico y la utilización de los porcentajes del mapa de pendientes a escala 1: 4 000, siendo así los parámetros principales para poder divisar y dibujar éstas geoformas, seguidamente se procede a dibujar las geoformas a través de la generación de shapefiles en el ArcGIS 10.1 creando campos de: Unidad Genética, Unidad Morfológica, Forma de Relieve, Litología y Pendiente.

Para dar los nombres y la clasificación a cada una de las geoformas se necesitó la disposición de la siguiente información:

a. Forma de la Vertiente

Se refiere a la forma de vertiente o ladera. Es importante para observar y definir de forma preliminar la litología y proveer mayor información como, por ejemplo, la meteorización.

Entre las formas de la vertiente tenemos las siguientes:

Forma de Vertiente (V)	
cód.	Tipo
1	Rectilínea
2	Convexa
3	Cóncava
4	Irregular
5	Mixta

Tabla 8. Categorías de forma de vertiente.

Fuente: Tomado de ficha de Fotointerpretación Geomorfológica - CLIRSEN, 2012.

b. Morfometría

Pedraza Gilsanz, (1996), la define como: “Conjunto de técnicas, procedimientos y métodos, utilizados para determinar atributos configuracionales del relieve y, en base a ellos, conocer el sistema de relaciones espaciales que caracterizan a las formas del terreno³⁰”.

Las variables morfométricas deben estar acordes con los datos que provee el Modelo Digital de Terreno (MDT). Entre las variables que se utilizó para el desarrollo del mapa geomorfológico de la zona de estudio, consideramos las siguientes:

c. Pendiente

Se refiere al grado de inclinación de la ladera con relación a la horizontal, expresado en porcentaje.

Cód.	Pendiente (P)	Porcentaje (%)
1	Plana	0 – 2
2	Muy suave	2 – 5
3	Suave	5 – 12
4	Media	12 – 25
5	Media a fuerte	25 – 40
6	Fuerte	40 – 70
7	Muy fuerte	70 – 100
8	Escarpada	> a 100

Tabla 9. Categorías de pendiente.

Fuente: Tomado de ficha de Fotointerpretación Geomorfológica - CLIRSEN, 2012.

³⁰ Pedraza Gilsanz, 1996

d. Desnivel relativo

El desnivel relativo corresponde a la altura existente entre la parte más baja y más alta de las formas de relieve. En la ficha de campo se asigna con un visto el tipo de desnivel por cada forma de relieve analizada, de acuerdo a los siguientes parámetros:

Desnivel Relativo (DR)	
Cód.	Tipo
1	0 a 5 m
2	5 a 15 m
3	15 a 25 m
4	25 a 50 m
5	50 a 100 m
6	100 a 200 m
7	200 a 300 m
8	> a 300 m

Tabla 10. Categorías de desnivel relativo. Tomado de ficha de Fotointerpretación Geomorfológica - CLIRSEN, 2012.

e. Longitud de la vertiente

Corresponde a la distancia inclinada existente entre la parte más alta y la más baja de una forma del relieve, la misma que se mide en metros. Tiene una relación directa principalmente con los procesos de erosión y movimientos en masa.

Longitud de la Vertiente (LV)		
Tipo	Descripción	Cód.
Muy corta	< a 15 m	1
Corta	15 a 50 m	2
Moderadamente larga	50 a 250 m	3
Larga	250 a 500 m	4
Muy larga	> a 500 m	5

Tabla 11. Categorías de longitud de la vertiente Geomorfológica - CLIRSEN, 2012.

f. Fondo de valle

Hace referencia a las formas que tiene la corteza terrestre o litosfera; determina principalmente el tipo de erosión producida en el sector.

Fondo de Valle (FV)	
Tipo	Cód.
En U	Vr
En V	Vcx
Plano	Vca
No aplicable	NA

Tabla 12. Categorías de fondo de valle

Fuente: Tomado de ficha de Fotointerpretación Geomorfológica - CLIRSEN, 2012.

Las unidades morfológicas definidas en el mapa tienen en cuenta una estructura jerárquica, dada su importancia como factor de definición de las características externas modelada por la geomorfología y el clima, son factores que influyen en la formación de los suelos y en las características de la vegetación.

Cada una de las unidades morfológicas será representada finalmente desde su genética, entre las categorías de forma de relieve según su origen tenemos:

Código	ORIGEN	Unidad Geomorfológica	DESCRIPCIÓN
Tm	Deposicional o Acumulativo	Terraza media	Superficie plana limitada por un escarpe, ubicada por encima de la terraza baja; corresponde a un antiguo nivel de sedimentación del río. Presenta pendientes bajas debido a que ha sido ya modelado por los agentes erosivos.
Co	Denudativo	Colovio aluvial antiguo	Formado por la acción de la depositación de materiales aluviales sumado a los aportes gravitacionales laterales de las formas colinadas que lo rodean, muestra cierto grado de disección, cubierto con vegetación más desarrollada, que indica un mayor nivel de madurez o antigüedad.
R3	Tectónico Erosivo	Relieve Colinado bajo	Constituyen elevaciones con desniveles relativos que llegan a los 25m
R5	Tectónico Erosivo	Relieve Colinado alto	Constituyen elevaciones que llegan a los 200 m de desnivel relativo.

Tabla 13. Ejemplos de unidades geomorfológicas

Fuente: CLIRSEN.2012

5.2.7. Mapa de Uso actual del suelo

Según la base topografía realizada, fotografías aéreas a escala 1:5 000 del año 2014; y observación de campo, se procede a dibujar polígonos de los diferentes tipos de uso de suelo, en el software ArcGIS 10.1 delimitando: Vegetación (cultivos, matorral, plantaciones, Áreas desnudas); Infraestructura (área urbana, vía suelo desnudo, caminos secundarios, canal de agua lluvias).

Una vez que se terminó la zonificación se procedió a dar colores y tramados a cada polígono dependiendo del uso del suelo que este represente, seguidamente realizamos los arreglos finales para obtener nuestro mapa de uso actual del suelo.

5.2.8. Mapa susceptibilidad de deslizamientos

Para la realización del mapa de susceptibilidad a deslizamientos de la parroquia San Pedro de Bendita, (cabecera parroquial), se realizó por medio de los métodos Heurístico, el cual se basa en asignar peso a cada variable, en este caso se tendría: Geología, Geomorfología, Pendientes, Uso actual del suelo y el método Determinístico, realizado en el software ArcGis 10.1, en conjunto con el ArcView e Ilwis 3.06 respectivamente, tomando en cuenta los ensayos realizados mediante los SPT y SEV, con el objetivo de realizar una comparación y obtener mayor exactitud del cálculo de la susceptibilidad.

5.2.8.1. Método Heurístico

Este método se basa en la asignación de pesos o valores numéricos, correspondiente a las variables biofísicas favorables para que se produzcan los deslizamientos dentro del área de estudio; es decir, en el análisis de cada una de las variables de los factores condicionantes.

Estos pesos relativos van en rangos del 1 al 5; donde el valor 1 se refiere a las condiciones menos favorables para que se produzcan los deslizamientos, mientras que el valor 5 se refiere a las condiciones biofísicas más favorables a que se produzca un deslizamiento, lo que hace que aumente la susceptibilidad a este fenómeno.

Una vez que se han asignado los pesos a cada variable, se utiliza la herramienta Model Builder, que es una aplicación utilizada para crear, editar y administrar modelos. Los modelos son flujos de trabajo que encadenan secuencias de herramientas de geoprocésamiento y suministran la salida de una herramienta a otra herramienta como entrada. ModelBuilder también se puede considerar un lenguaje de programación visual para crear flujos de trabajo³¹.

Se utilizó la herramienta de Suma Ponderada, esta herramienta ofrece la posibilidad de ponderar y combinar varias entradas para crear un análisis integrado, como se muestra en la **figura 14**.

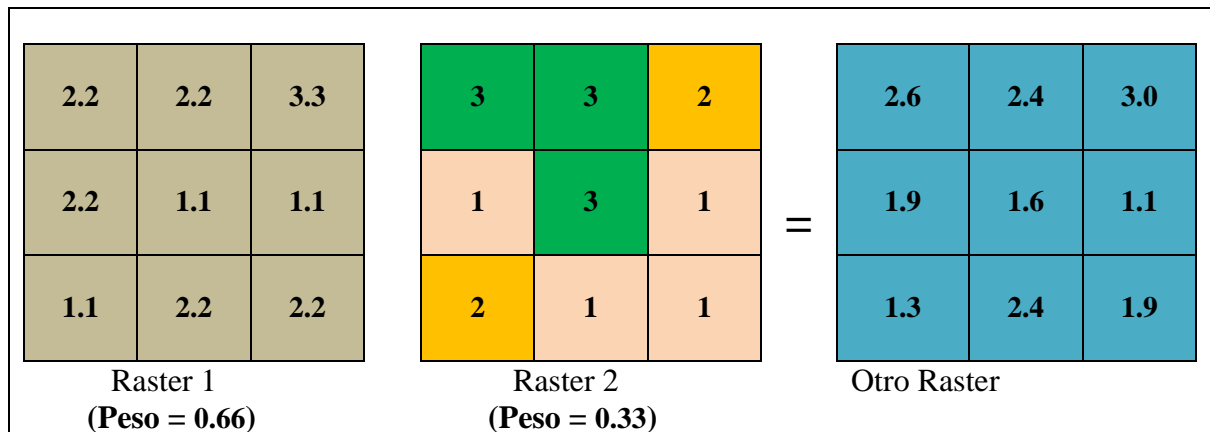


Figura 14. Explicación de la herramienta "SUMA PONDERADA"

En la figura 14, los valores de las celdas se multiplican por su factor de peso, y los resultados se suman para crear el ráster de salida. Por ejemplo, considere la celda superior izquierda.

2.2

3

Los valores para las dos entradas se convierten en $(2,2 * 0,66) = 1,65$ y $(3 * 0,33) = 0,99$. La suma de **1.65** y **0.99** es de **2.6**.

Se designan los pesos a cada mapa mediante la Suma Ponderada, tomando en cuenta el número de criterios que son establecidos por Janssen y Van Herwjenen (1994).

³¹ Catálogo de Ayuda de ArcGis 10.1.

Número de Criterio	Pesos de Criterio usando el método de Suma de Rango						
	#	W1	W2	W3	W4	W5	W6
2	0.66	0.33					
3	0.50	0.33	0.17				
4	0.40	0.30	0.20	0.10			
5	0.33	0.27	0.20	0.13	0.07		
6	0.29	0.24	0.19	0.14	0.10	0.05	

Tabla 14. Pesos de criterios usando el Método de Suma de Rango.

Fuente: Janssen y Van Herwijnen (1994)

Una vez realizada la combinación de mapas, se lo reclasifica en cinco categorías de acuerdo a los criterios propuestos por Sarkar y Kanungo, 2004.

Criterio	Susceptibilidad	Categoría
Laderas con zonas de falla, masas de suelo altamente meteorizadas y saturadas y discontinuidades desfavorables donde han ocurrido deslizamientos o existe una alta posibilidad de que ocurran.	Muy alta	5
Laderas que tienen zonas de falla, meteorización alta a moderada y discontinuidades desfavorables donde han ocurrido deslizamientos o existe la posibilidad de que ocurran.	Alta	4
Laderas con algunas zonas de falla, erosión intensa o materiales parcialmente saturados, donde no han ocurrido deslizamientos, pero no existe completa seguridad de que no ocurran.	Moderada	3
Laderas que tienen algunas fisuras, materiales parcialmente erosionados, no saturados, con discontinuidades favorables, donde no existen indicios que permitan predecir deslizamientos.	Baja	2
Laderas no meteorizadas con discontinuidades favorables que no presentan ningún síntoma de que puedan ocurrir deslizamientos	Muy baja	1

Tabla 15. Criterios para jerarquizar la Susceptibilidad.

Fuente: Sarkar y Kanungo, 2004

5.2.8.2. Método Determinístico

Primeramente se parte de la obtención de un Modelo Digital del Terreno (DTM) que es el conjunto de capas (raster), que representan distintas características de la superficie terrestre, derivadas de una capa de elevaciones, a partir de las curvas de nivel obtenidas en la topografía en formato shp, las cuales se importaron al Ilwis 3.06 .

Se debe tomar en cuenta al momento de exportar al ArcGis 10.1 el DTM creado con la extensión tipo *asc* que es el único formato con el que permite trabajar SINMAP.

SINMAP es una extensión que no consta en el paquete de instalación de ArcGis10.1 por tanto fue necesario su descargar e instalación en versión 2.0 desarrollada por la Universidad de OTAH en Estados Unidos, para calcular los índice de estabilidad.

Se aplicó un modelo de pendiente infinita e índice de Humedad Topográfica, que es un modelo unidimensional que describe la estabilidad de los taludes con un plano de falla infinitamente grande, el mismo que se realizó sobre la base de un pixel que pueden considerarse cómo unidades homogéneas en los mapas. Por tanto los pixeles vecinos no se consideran dando como resultado un mapa de factores de seguridad.

Se obtuvieron variables como, Calibración de regiones, Filled DEM, Dirección de flujo, Área de contribución, Pendiente e Índices de estabilidad a partir de la calibración de los parámetros geotécnicos en los programas ArGIS 10.1 y ArcView. Al momento de la reclasificación se tomó en cuenta, la reclasificación dada por el programa ArcView, como se muestra en la **tabla 16**.

Existen muchos modelos diferentes para el cálculo de los Factores de Seguridad. Aquí usaremos uno de los más simples, el llamado modelo de pendiente infinita. Este modelo unidimensional describe la estabilidad de los taludes con un plano de falla infinitamente grande. El cual puede ser usado en un SIG, en este caso se lo empleara el ArcView, ya que el cálculo puede hacerse sobre la base de un píxel. Los pixeles en los mapas de parámetros pueden ser considerados como unidades homogéneas.

El efecto de los pixeles vecinos no es considerado y el modelo puede ser usado para calcular la estabilidad en cada píxel individual, resultando en un mapa de factores de seguridad. El factor de seguridad es calculado según la siguiente fórmula (Brunsden and Prior, 1979)³²

$$F = \frac{c' + (\gamma - m\gamma_w) z \cos^2\beta \tan\phi'}{\gamma z \sin\beta \cos\beta}$$

En el cual:

c' = cohesión efectiva (Pa= N/m).

γ = peso unitario de suelo (N/m³).

m = z_w/z (adimensional).

γ_w = peso unitario de agua (N/m³).

z = profundidad de superficie de falla por debajo de la superficie (m).

z_w = altura del nivel freático por encima de la superficie de fallo (m).

β = inclinación de la pendiente de la superficie (°).

Φ' = ángulo efectivo de resistencia a la cizalla (°).

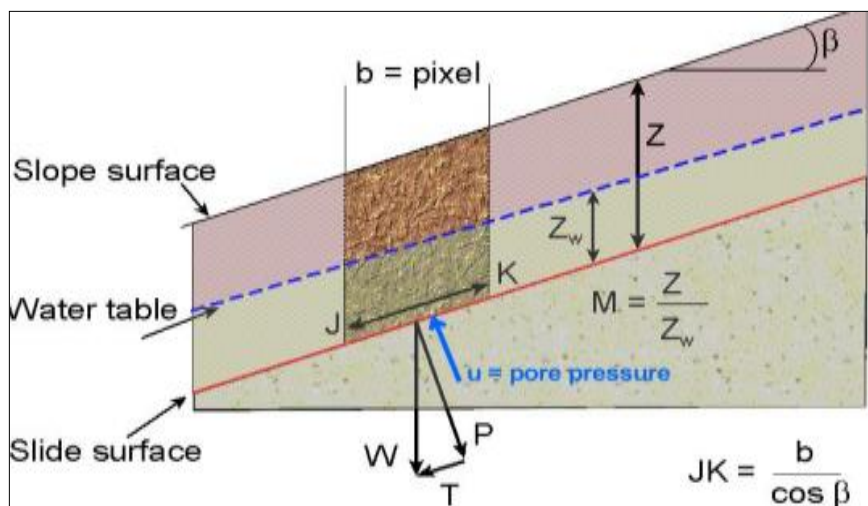


Figura 15 .Esquema de aplicación de la fórmula en el programa.

Fuente: ITC Holanda.

³² Curso de perfeccionamiento profesional “EVALUACIÓN DE AMENAZAS Y RIESGOS PARA DESASTRES NATURALES” 2010

El modelo de pendiente infinita puede ser usado en perfiles y en pixeles. El análisis entero requiere primero la preparación de los datos base. Las partes sobre la modelación del agua subterránea y la modelación de la aceleración sísmica no se muestran aquí. Para más información ver Van Westen (1993). Este mapa se realizó solo en base de cálculo de los factores de seguridad promedio para diferentes escenarios.

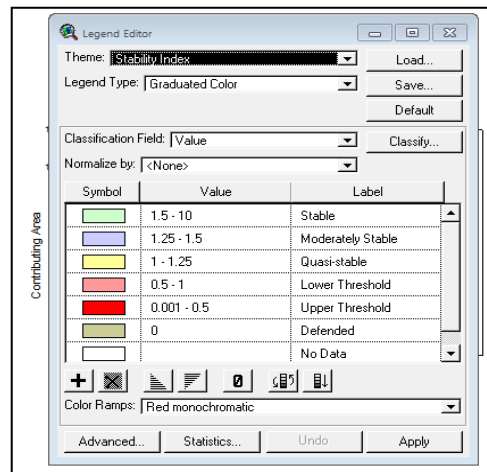
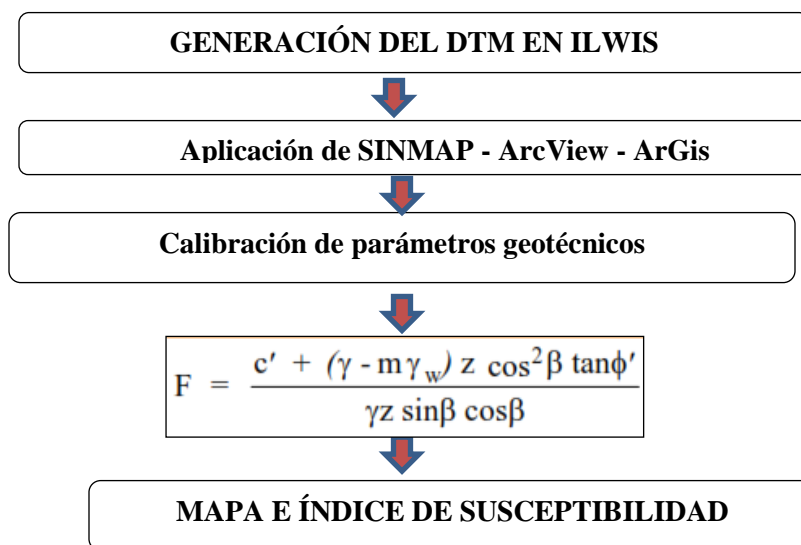


Tabla 16. Parámetros de reclasificación
Fuente: El Autor a partir del programa ArcView

El procedimiento a realizarse el software Ilwis 3.06, ArcView y ArcGis 10.1 se resumen a continuación.



El procedimiento total para la obtención del método determinístico se lo puede observar en el anexo 20

6. RESULTADOS

6.1. Descripción Biofísica del Sector

6.1.1. Ubicación

La parroquia San Pedro de la Bendita, se encuentra al Occidente del cantón Catamayo en la provincia de Loja y al Sur del Ecuador.

Los límites de la parroquia San Pedro de la Bendita son los siguientes:

- **Norte:** por una parte la parroquia El Cisne sirviendo como límite natural la quebrada de Naranjillo y por la otra con la parroquia Zambi sirviendo de límite natural la Quebrada Duranda y la vía Panamericana que conduce a la Costa.
- **Sur:** la parroquia Nambacola sirviendo como límite natural el Rio Catamayo.
- **Este:** con la parroquia urbana y cabecera cantonal de Catamayo sirviendo como límite natural el río Guayabal.
- **Oeste:** por una parte con la parroquia Zambi y por otra con Catacocha.

Las coordenadas UTM de la parroquia San Pedro de la Bendita son las siguientes: **X= 674030.299; Y= 9563900.601**. La extensión territorial aproximada de la parroquia es de **147,71 Km²**.



Figura 16. Ubicación Provincial del Ecuador
Fuente: El Autor

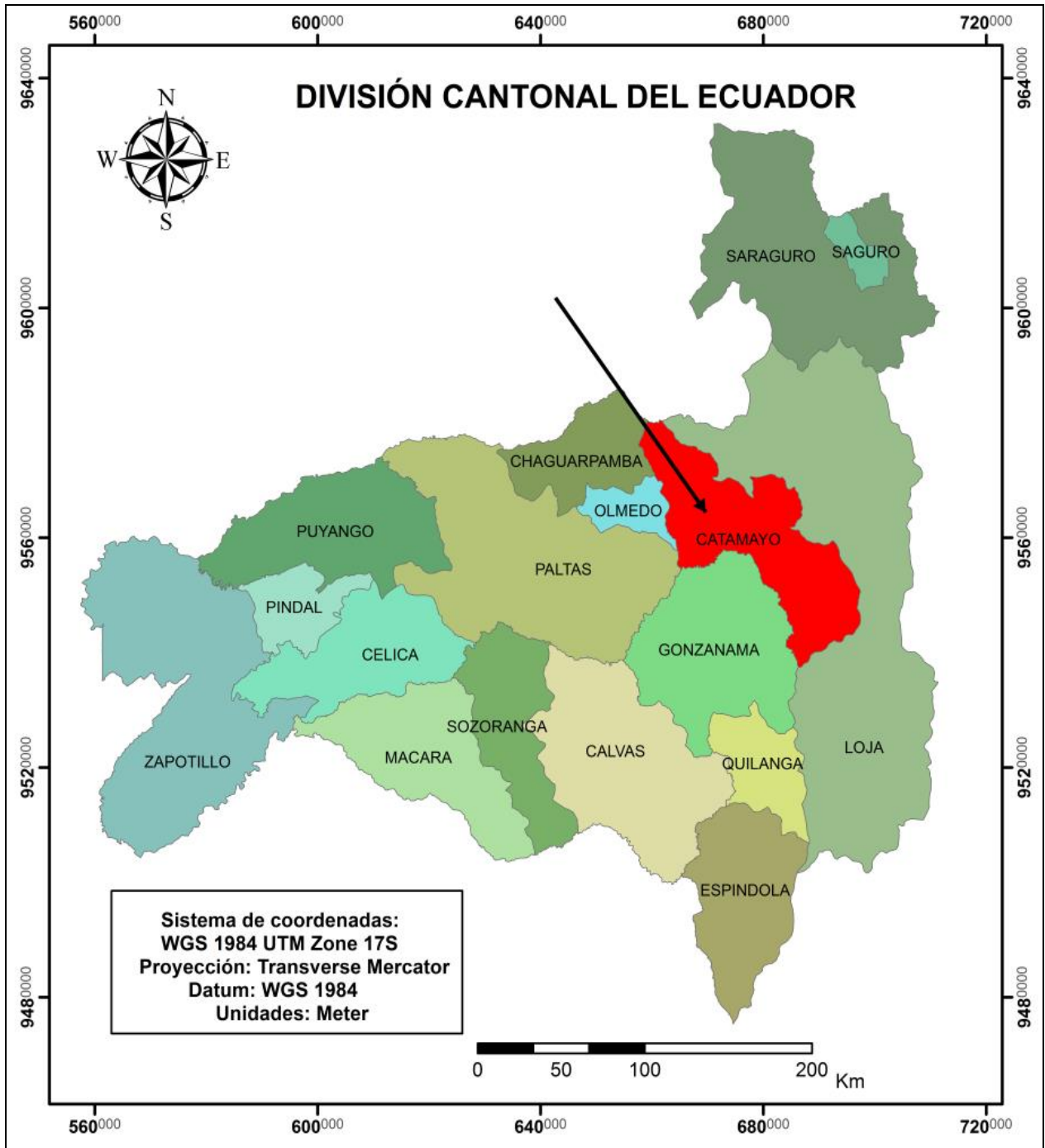


Figura 17. Ubicación Cantonal de la provincia de Loja
Fuente: El Autor

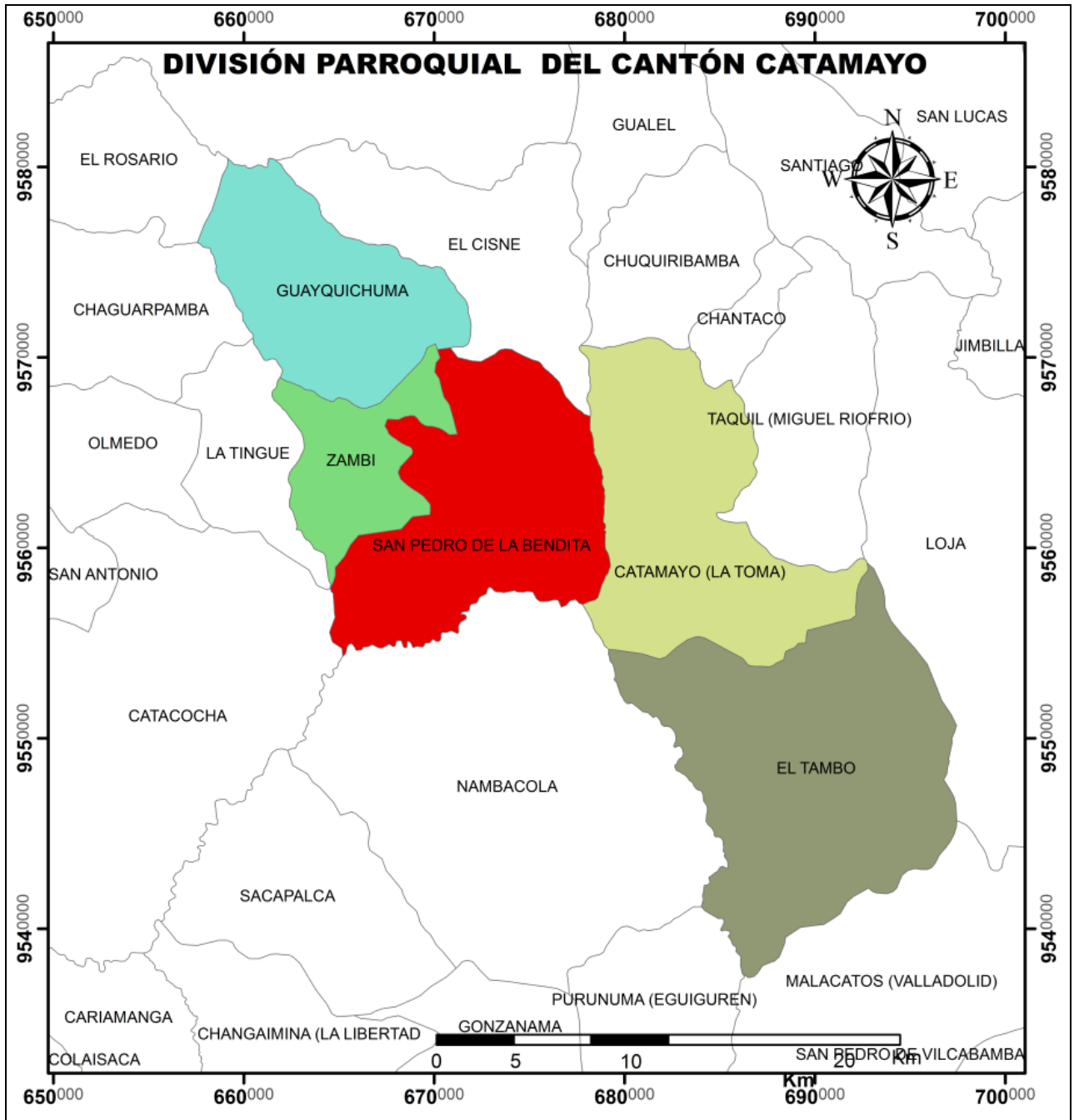


Figura 18. Ubicación parroquial del cantón Catamayo

Fuente: El Autor

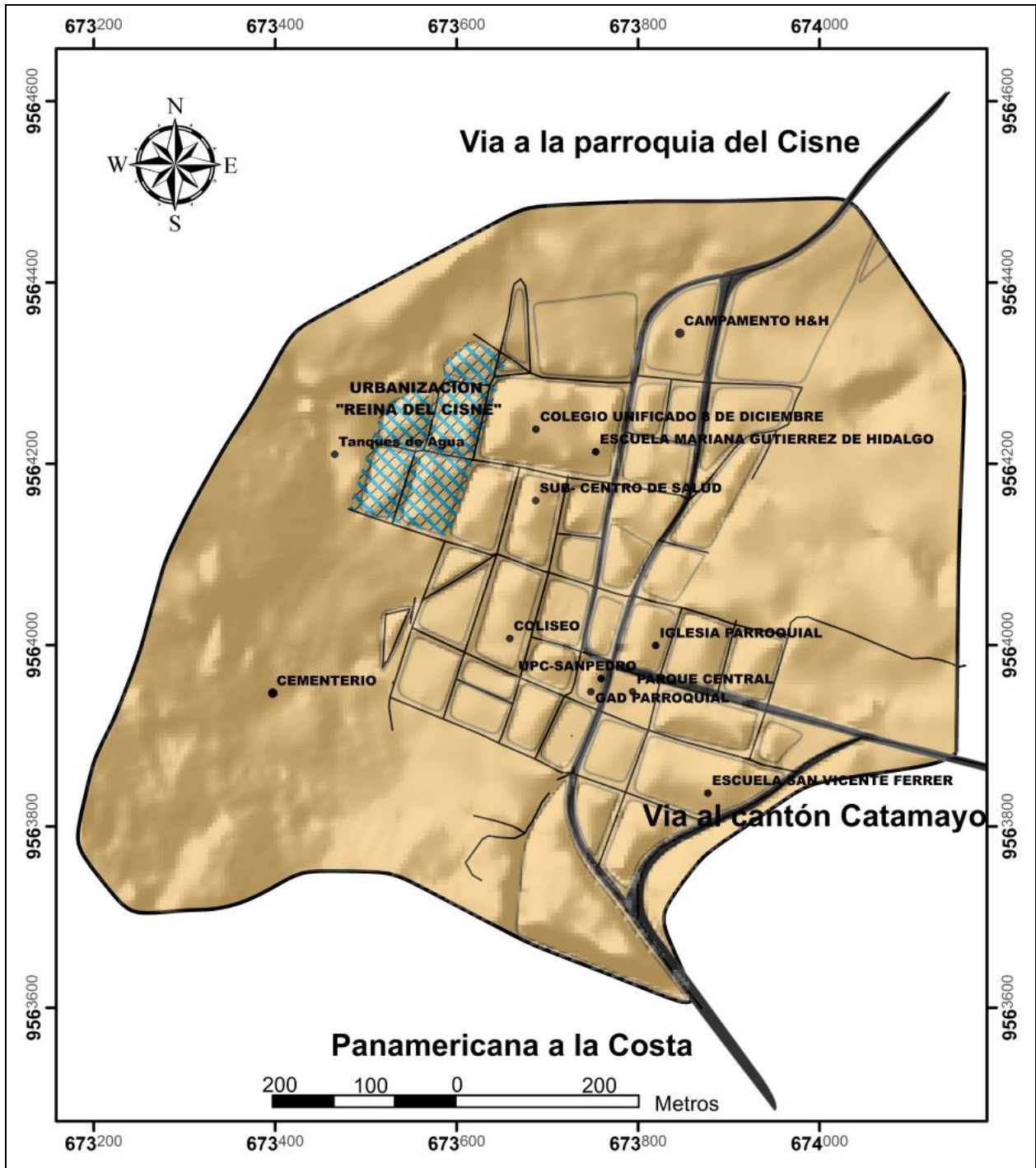


Figura 19. Límite territorial de la parroquia San Pedro de la Bendita (cabecera parroquial)
Fuente: El Autor

6.1.2. Acceso

El acceso se lo puede realizar vía aérea desde la capital de la República-Quito, hasta la ciudad de Catamayo (Aeropuerto Camilo Ponce Enríquez) con un tiempo de 45 minutos; por vía terrestre de primer orden, (9 horas en vehículo particular y 12 horas en transporte público), después se debe continuar por vía terrestre 24 km a través de la carretera Catamayo – San Pedro de la Bendita, con un tiempo de 15 minutos.



Foto 8. Entrada a la parroquia San Pedro de la Bendita (cabecera parroquial)

Fuente: El Autor

6.1.3. Clima

El clima de la parroquia de San Pedro de la Bendita es de tipo templado seco con temperaturas que oscilan entre los 14 y los 25 °C, con una precipitación anual promedio de 750 mm, con una humedad del 82%, heliofanía 5.6% por hora, velocidad del viento 1.6 m/s.

CLIMA	RANGO TERMICO C°	SUPERFICIE (Km2)	PORCENTAJE (%)
Temperado	12 – 17,9	308,6	47,3
Subtropical	18 – 21.9	283.4	43.5
Tropical	>22	59.8	9.2

Tabla 17. Climas Térmicos del cantón Catamayo.

Fuente: Estudio Histórico y Geográfico del Valle de Catamayo.

La zona de estudio posee un clima “Subtropical y mesotérmico húmedo con temperaturas de (15° y 27 °), con direcciones de viento NE-SW.³³

6.1.4. Uso del suelo de la parroquia San Pedro de la Bta.

Cobertura	Principales usos	Área (has)	Porcentaje
Área erosionada	Tierras improductivas	4430.2	29.9%
70% bosque intervenido / 30% pasto natural	Conservación y protección	742.6	5.03%
Cultivos de ciclo corto	Agrícola	116.7	0.8%
70% cultivos de ciclo corto / 30% pasto natural	Agropecuario mixto	490.9	3.3%
Caña de azúcar	Agrícola	338.3	2.3%
Pasto cultivado en áreas en proceso de erosión	Pecuario	244.5	1.7%
70% pasto natural / 30% vegetación arbustiva	Conservación y protección	5373.2	36.4%
Vegetación arbustiva en áreas con fuertes procesos erosivos	Conservación y protección	90.4	0.6%
Vegetación arbustiva en áreas en proceso de erosión	Conservación y protección	517.02	3.5%
70% vegetación arbustiva / 30% pasto natural	Conservación y protección	2427.2	16.4%
TOTAL		14771.02	100

Tabla 18. Uso de Suelo de la Parroquia San Pedro de la Bendita

Fuente: SEMPLADES, 2014

³³ Estudio climático del cantón Catamayo, 2009.

Según SEMPLADES 2014, la parroquia de San Pedro de la Bendita cuenta con el siguiente sistema de cobertura vegetal: el 29.9% (4430.2 has) de área erosionada, el 5.03% (742.6 has) de 70% bosque intervenido / 30% pasto natural, el 0.8% (116.7 has) de cultivos de ciclo corto, el 3.3% (490.9 has) de 70% cultivos de ciclo corto / 30% pasto natural, el 2.3% (338.3 has) de caña de azúcar, el 1.7% (244.5 has) de pasto cultivado en áreas en proceso de erosión, el 36.4% (5373.2 has) de 70% pasto natural / 30% vegetación arbustiva, el 0.6% (90.4 has) de vegetación arbustiva en áreas con fuertes procesos erosivos, el 3.5% (517.02 has) de vegetación arbustiva en áreas en proceso de erosión, el 16.4% (2427.2 has) de 70% vegetación arbustiva / 30% pasto natural.

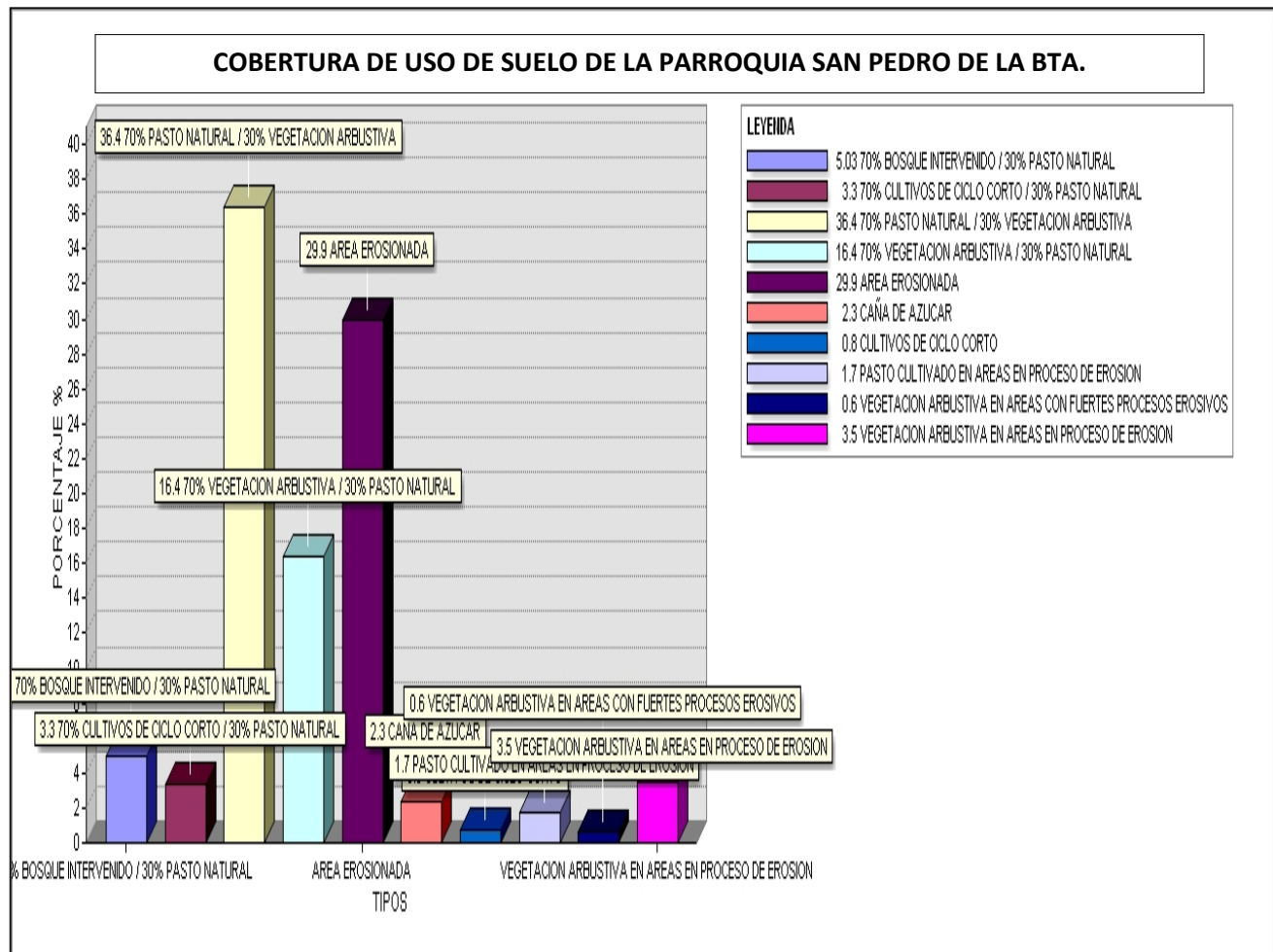


Figura 20. Cobertura vegetal de la parroquia San Pedro de la Bendita
Fuente: El Autor a partir de información del G.A.D.P. – San Pedro de la Bendita, 2014

6.1.5. Datos socio – económicos³⁴.

6.1.5.1. Perfil demográfico

a. Población

Según el Censo Nacional Económico 2010, la parroquia posee 1590 habitantes, de los cuales 780 son hombres lo que representa el 49%, mientras que 810 son mujeres correspondiendo al 51%; por lo tanto la población de mujeres excede solo en 1,88% a la de hombres.

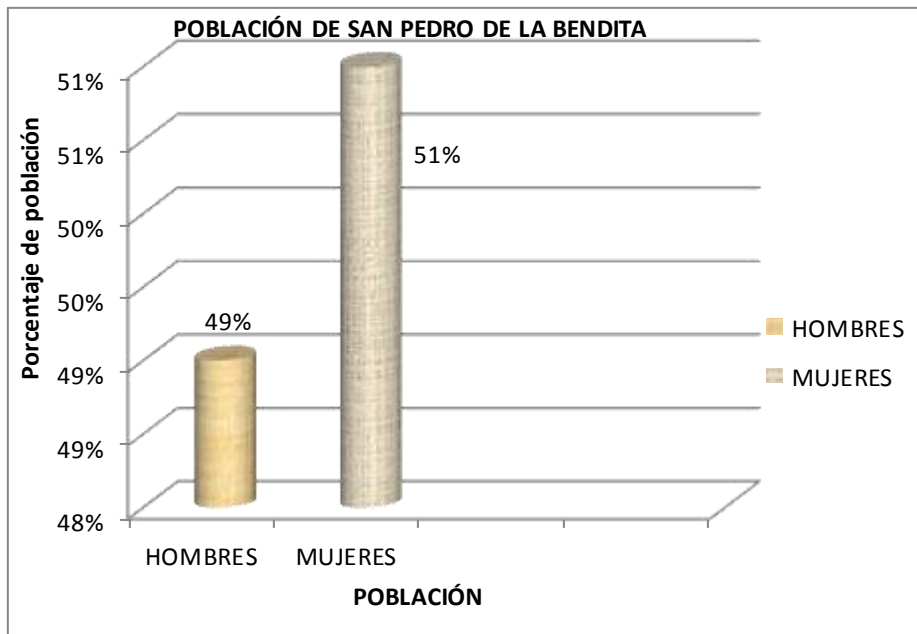


Figura 21. Población de la parroquia San Pedro de la Bendita
Fuente: El Autor a partir de información del G.A.D.P. – San Pedro de la Bendita, 2014

b. Densidad demográfica

Según la información existente en el INEC, Censo 2010, y el Plan de Ordenamiento de la parroquia San Pedro de la Bendita, se cuenta con la siguiente densidad demográfica.

³⁴ Diagnostico participativo, 2014

BARRIO/SECTOR	N° de HABITANTES	%	SUPERFICIE en Km ²	DENSIDAD POBLACIONA L Hab/Km ²
Togueros	61	3,84	147,12	1,73
La Bendita	36	2,26		
El Sauce (San Vicente)	14	0,90		
El Tingo	97	6,09		
Shagüindo - Puyungo - La Concha	54	3,39		
Illaca	22	1,35		
El Limo	18	1,13		
SUBTOTAL (Resto de la parroquia)	301	18,96		
San Pedro de la Bendita (Cabecera Parroquial)	1289	81,04	0,59	2183,92
TOTAL	1590	100,00	147,71	10,76

Tabla 19. Densidad demográfica

Fuente: El Autor a partir de información del G.A.D.P. – San Pedro de la Bendita, 2014

c. Población económicamente activa (PEA)

La Población Económicamente Activa (PEA) de la parroquia San Pedro de la Bendita se encuentra trabajando en distintas ramas económicas, de las cuales la rama de agricultura, ganadería, silvicultura y pesca representa la principal fuente de ingresos de los pobladores, ya que el 31,45% de los habitantes se dedican a estas actividades, de los cuales 168 son hombres y 21 son mujeres.

Por otro lado, cabe mencionar que existe un gran número de personas que se dedican a otras actividades económicas tales como; comercio al por mayor y menor (12,98%), industrias manufactureras (9,48%) y construcción (9,48%), entre otras.

RAMA DE ACTIVIDAD	HOMBRE	MUJER	TOTAL	%
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	168	21	189	31,45
Explotación de minas y canteras	2	2	4	0,67
Industrias manufactureras	40	17	57	9,48
Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado	2	1	3	0,50
Distribución de agua, alcantarillado y gestión de desechos	4	-	4	0,67
Construcción	56	1	57	9,48

Comercio al por mayor y menor	40	38	78	12,98
Transporte y almacenamiento	2	1	13	2,16
Actividades de alojamiento y servicio de comidas	6	18	24	3,99
Información y comunicación	2	1	3	0,50
Actividades financieras y de seguros	-	3	3	0,50
Actividades profesionales, científicas y técnicas	4	1	5	0,83
Actividades de servicios administrativos y de apoyo	7	2	9	1,50
Administración pública y defensa	18	6	26	4,33
Enseñanza	7	22	29	4,83
Actividades de la atención de la salud humana	-	3	3	0,50
Artes, entretenimiento y recreación	1	1	2	0,33
Otras actividades de servicios	4	2	6	1,00
Actividades de los hogares como empleadores	1	15	16	2,66
No declarado	34	24	58	9,65
Trabajador nuevo	7	5	12	2,00
TOTAL	415	186	601	100,00

Tabla 20. Población económicamente por rama de actividad

Fuente: El Autor a partir de información del G.A.D.P. – San Pedro de la Bendita, 2014

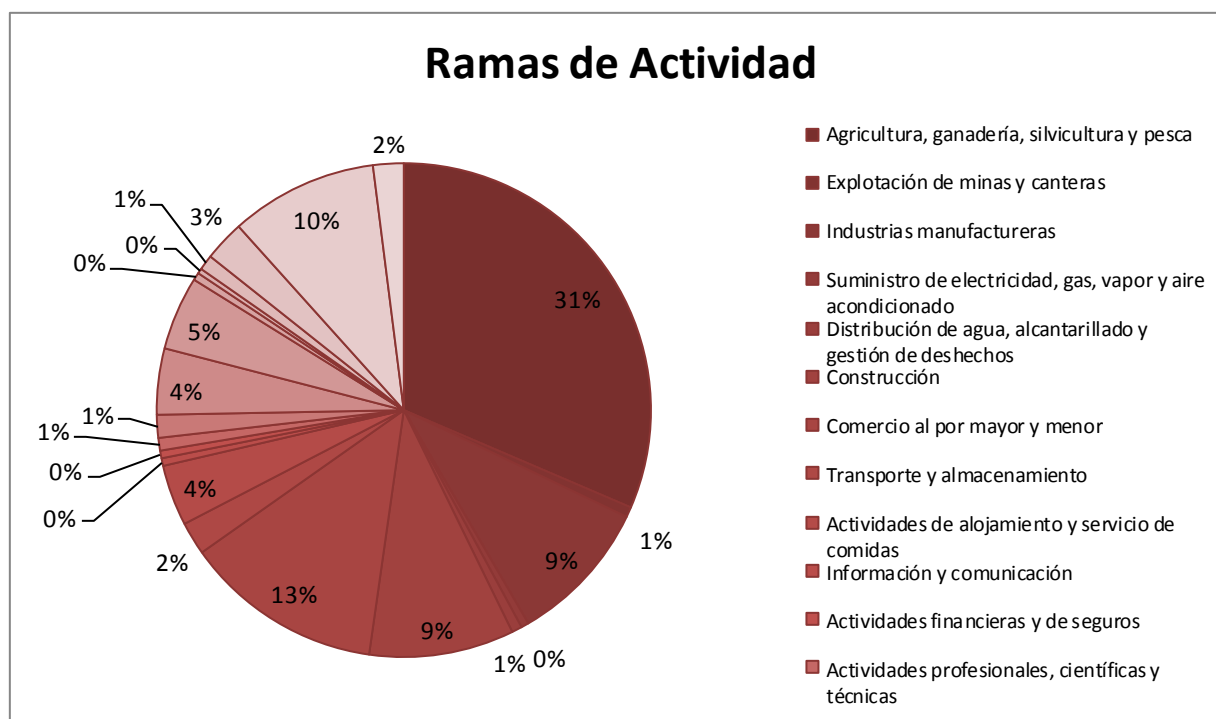


Figura 22. Población económicamente activa (PEA) por rama de actividad

Fuente: El Autor a partir de información del G.A.D.P. – San Pedro de la Bendita, 2014

d. Demografía: Población por NBI

CATEGORÍAS	CASOS	%	ACUMULADO %
Niños, niñas y adolescentes	542	34,09	34,09
Población mayor o igual a 18 años	1.048	65,91	100,00
TOTAL	1.590	100,00	100,00

Tabla 21. Población de niñas, niños y adolescentes

Fuente: El Autor a partir de información del G.A.D.P. – San Pedro de la Bendita, 2014

CATEGORÍAS	CASOS	%	ACUMULADO %
No Pobre	298	67,88	67,88
Pobre	141	32,12	100,00
TOTAL	439	100,00	100,00

Tabla 22. Hogares pobres por (NBI)

Fuente: El Autor a partir de información del G.A.D.P. – San Pedro de la Bendita, 2014

CATEGORÍAS	CASOS	%	ACUMULADO %
No en extrema pobreza	399	90,89	90,89
Extrema pobreza	40	9,11	100,00
TOTAL	439	100,00	100,00

Tabla 23. Hogares en extrema pobreza por (NBI)

Fuente: El Autor a partir de información del G.A.D.P. – San Pedro de la Bendita, 2014

e. Condiciones de pobreza en base al bono de desarrollo humano

GÉNERO Y CONDICIÓN	NÚMERO DE BENEFICIARIOS	%
Mujer	117	40,48
Hombre	3	1,04
Adultos mayores – Femenino	86	29,76
Adultos mayores – Masculino	57	19,72
Adultos con discapacidad – Femenino	10	3,46
Adultos con discapacidad – Masculino	11	3,81
Niños con discapacidad – Femenino	2	0,69

Niños con discapacidad – Masculino	3	1,04
TOTAL	289	100

Tabla 24. Personas que cobran el bono de desarrollo humano de la parroquia
Fuente: El Autor a partir de información del G.A.D.P. – San Pedro de la Bendita, 2014

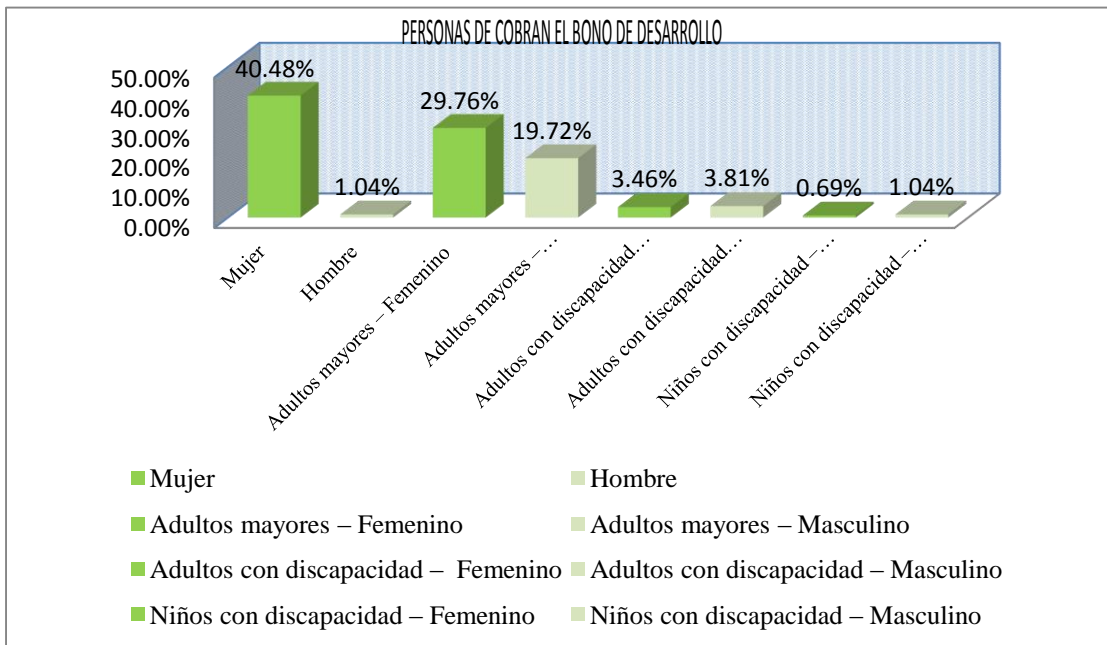


Figura 23. Personas que cobran el bono de desarrollo humano
Fuente: El Autor a partir de información del G.A.D.P. – San Pedro de la Bendita, 2014

La parroquia de San Pedro de la Bendita 289 personas cobran el bono de desarrollo humano, de las cuales, 117 son mujeres correspondiendo al 40,48%, 3 hombres representando el 1,04%.

Así mismo existen otros grupos de personas que cobran el bono de desarrollo humano; tales como los adultos mayores en donde 86 son mujeres constituyendo el 29,76% y 57 son hombres estableciendo el 19,72%.

Los adultos con discapacidad también se benefician del bono, en donde 10 son mujeres y 11 son hombres, por lo tanto representa el 3,46% y el 3,81% respectivamente.

Por último los niños con discapacidad son otro grupo beneficiado, englobando a 2 mujeres y 3 hombres correspondiendo el 0,69% y el 1,04% respectivamente. En el siguiente cuadro se detalla la economía poblacional de la parroquia San Pedro de la Bendita.

6.1.5.2. Educación

a. Alfabetismo y analfabetismo

TASA DE ANALFABETISMO	Porcentaje %	Personas de 15 años +	Población de 15 años +
Tasa de analfabetismo de la población masculina	4.10	23	561
Tasa de analfabetismo de la población femenina	5.1	30	594
TOTAL	9.15	53	1155

Tabla 25. Tasa de analfabetismo

Fuente: El Autor a partir de información del G.A.D.P. – San Pedro de la Bendita, 2014

b. Educación básica completa

Rangos de edad	Porcentaje	Personas culminado la secundaria	Población de 15 años +
Hombre			
16 – 29	64.6	106	164
30 – 44	51.6	65	126
45 – 64	29.3	39	133
65 y +	8.5	9	106
TOTAL	154	219	529
Mujer			
19 – 29	79.6	129	162
30 – 44	36.8	14	38
45 – 64	11.3	8	71
65 y +	1.9	1	53
TOTAL	129.6	152	324

Tabla 26. Educación básica completa por rangos de edad.

Fuente: El Autor a partir de información del G.A.D.P. – San Pedro de la Bendita, 2014

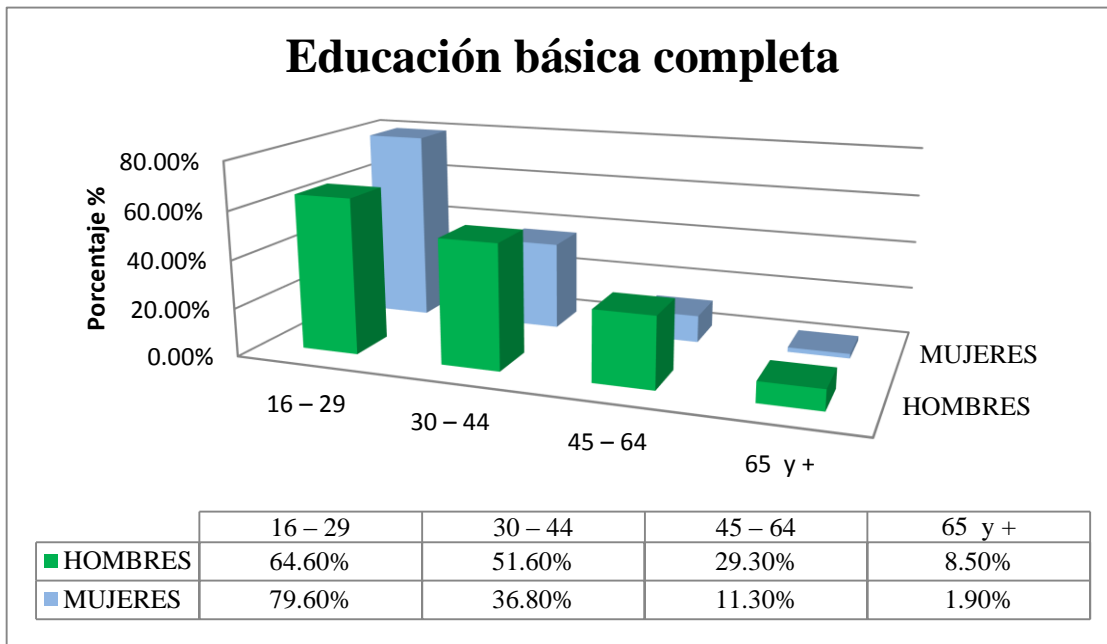


Figura 24. Educación básica completa de la parroquia

Fuente: El Autor a partir de información del G.A.D.P. – San Pedro de la Bendita, 2014

c. Bachillerato completo

Rangos de edad	Porcentaje	Personas culminado la secundaria	Población de 18 años +
Hombre			
19 – 29	50.5	49	97
30 – 44	39.0	39	100
45 – 64	25.9	30	116
65 y +	5.8	6	103
TOTAL	121.2	124	416
Mujer			
19 – 29	66.3	67	101
30 – 44	44.9	53	118
45 – 64	32.3	43	133
65 y +	2.0	2	102
TOTAL	145.5	165	454

Tabla 27. Bachillerato completo de la parroquia

Fuente: El Autor a partir de información del G.A.D.P. – San Pedro de la Bendita, 2014

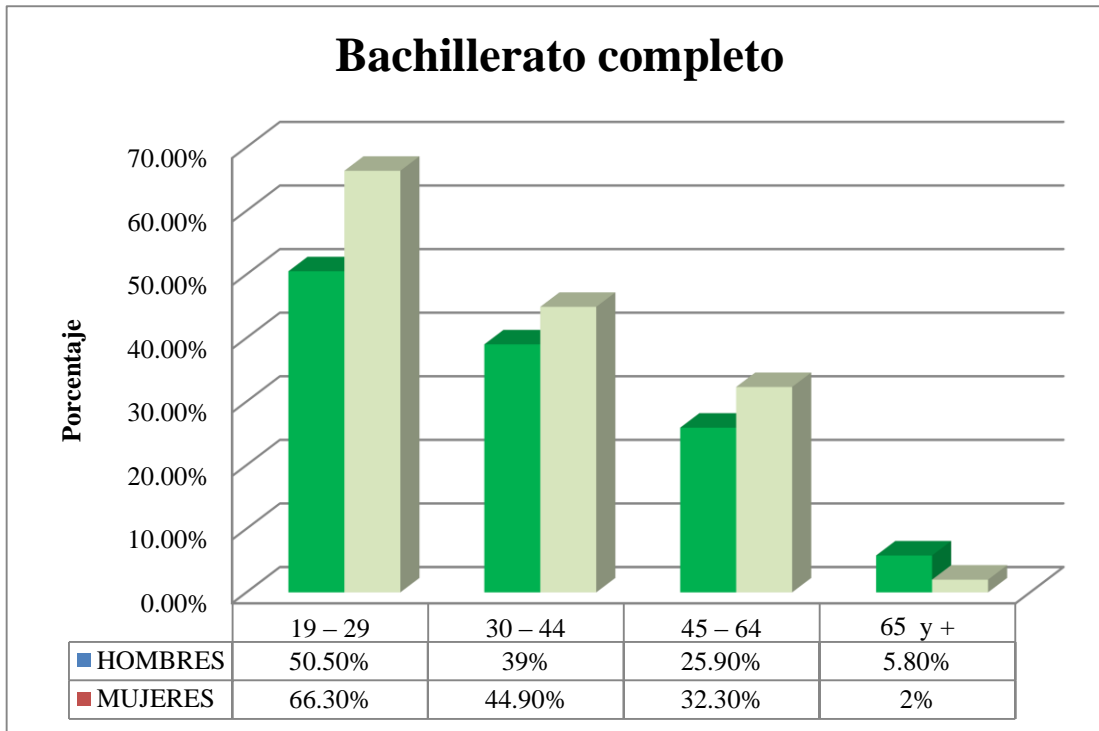


Figura 25. Bachillerato completo de la parroquia

Fuente: El Autor a partir de información del G.A.D.P. – San Pedro de la Bendita, 2014

d. Distribución de la infraestructura escolar

En la parroquia San Pedro de la Bendita existen las siguientes instituciones educativas:

BARRIO/SECTOR	ESTABLECIMIENTO	NIVEL	ALUMNOS	PROFESORES
San Pedro	8 de Diciembre	Medio	356	21
San Pedro	Mariana Gutiérrez de Hidalgo	Primero	143	11
San Pedro	San Vicente Ferrer	Primero	147	14
Illaca	Teresa Lucia Celi de Galván	Primero	10	1
TOTAL			684	50

Tabla 28. Establecimientos educativos en la parroquia

Fuente: El Autor a partir de información del G.A.D.P. – San Pedro de la Bendita, 2014

6.1.5.3. Salud

a. Discapacidades de la población

DISCAPACIDAD	HOMBRE	MUJER	TOTAL	%
discapacidad psiquiátrica	10	4	14	10.53
discapacidad mental	15	11	26	5.67
discapacidad permanente por más de un año	62	53	115	46.56
discapacidad físico - motora	18	14	32	12.96
discapacidad visual	21	15	36	14.57
discapacidad auditiva	11	13	24	9.72

Tabla 29. Numero de discapacitados en la parroquia San Pedro de la Bendita
Fuente: El Autor a partir de información del G.A.D.P. – San Pedro de la Bendita, 2014

Según el Censo Nacional Económico (2010), en San Pedro de la Bendita existen 247 personas que padecen de algún tipo de discapacidad, de las cuales 137 son hombres y 110 son mujeres, es importante resaltar que el 46,56% presentan una discapacidad permanente por más de un año, seguida de las personas con discapacidad visual que representan el 14,57% del total de personas con discapacidad.

b. Cobertura de atención de morbilidad

En el periodo diciembre 2010 – noviembre 2011 se realizaron 616 primeras consultas de atención de morbilidad con una población 1590 personas en la parroquia, lo que nos da un porcentaje de 38,7 % de cobertura.

CAUSAS	#
Tumor maligno de unión rectosigmoidea, recto, ano y conducto anal	9
Tumor maligno de la mama	1
Otros tumores malignos de las vías urinarias	1
Tumor benigno de la mama	1
Otras anemias	1
Diabetes mellitus	3
Catarata y otros trastornos del cristalino	1
Colelitiasis y colecistitis	2
Infecciones de la piel y del tejido subcutáneo	1
Otras enfermedades del sistema urinario	2

Prolapso genital femenino	3
Otras complicaciones del embarazo y del parto	2
Parto único espontaneo	2
Otros trastornos respiratorios originados en el periodo perinatal	1
Traumatismo intracraneal	3

Tabla 30. Perfil epidemiológico, principales causas de muerte de la parroquia.
Fuente: El Autor a partir de información del G.A.D.P. – San Pedro de la Bendita, 2014

6.1.5.4. Grupos étnicos

Según el Censo Nacional Económico (2010), en la parroquia San Pedro de la Bendita se distinguen los siguientes grupos étnicos.

POB_ETNIA	Hombre	Mujer	TOTAL	%
Mestizo/a	697	746	1443	90.75
Blanco/a	46	36	82	5.15
Afroecuat	23	22	45	2.83
Indígena	9	2	11	0.69
Montubio/	3	1	4	0.25
Mulato/a	2	2	4	0.25
Negro/a	0	1	1	0.06
TOTAL	780	810	1590	100.00

Tabla 31. Autoidentificación según su cultura y costumbres
Fuente: El Autor a partir de información del G.A.D.P. – San Pedro de la Bendita, 2014

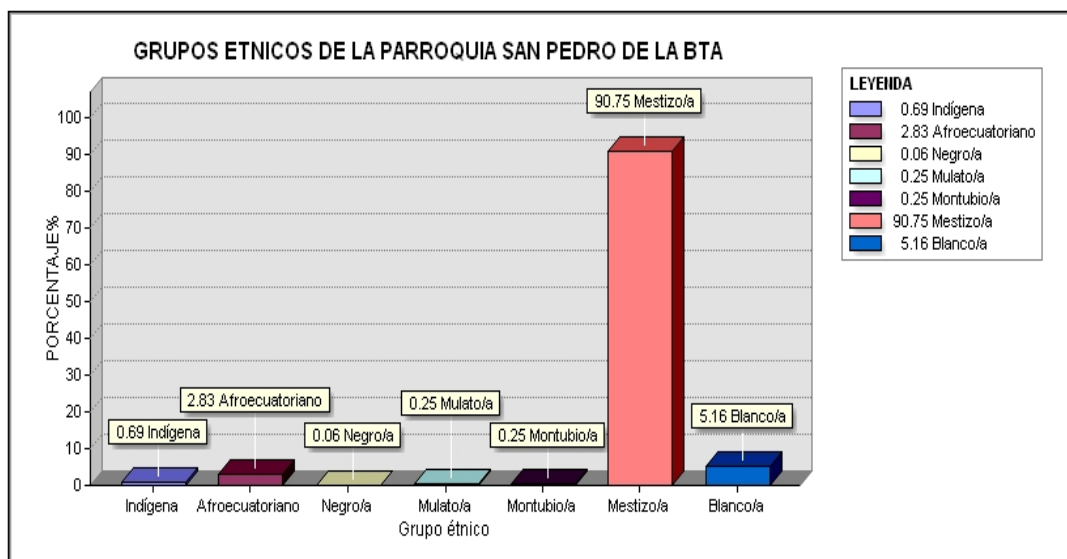


Figura 26. Representación de los grupos étnicos de San Pedro de la Bendita
Fuente: Elaborado por el Autor a partir de información del G.A.D.P. – San Pedro de la Bendita, 2014

El grupo étnico que predomina en San Pedro de la Bendita, según el cuadro 46, son los mestizos/as lo que corresponde a 1443 personas, representando el 90,75%, mientras que 82 personas se consideran blancos/as siendo igual al 5,16%, además el 2,83% se identifican como afroecuatoriano/a afrodescendiente relacionando a 45 personas, en cuanto a los demás grupos solo existen unas pocas personas vinculadas dentro de ellos.

6.1.5.5. Empresas y Microempresas ubicadas en la Zona Urbana

a. ARCIMEGO

ARCIMEGO es una empresa ubicada en la cabecera parroquial, se dedica a la fabricación de productos para la construcción, brindando una extensa gama de productos para cubiertas, pisos, escaleras y paredes, el tiempo de funcionamiento es de casi 20 años, su administrador es el señor Ángel Morocho. Es importante mencionar que esta fábrica cuenta con dos jefes de zona, en la sierra y en la costa.

La producción es diaria, dependiendo de la oferta y la demanda, cuenta con 26 trabajadores, de los cuales 25 son de San Pedro de la Bendita y uno es de Catamayo, actualmente todos están asegurados y generalmente laboran una sola jornada, pero en algunas áreas trabajan dos (horno) y tres jornadas (área de fabricación). Para la fabricación de los productos utilizan arcillas, proveniente de Las Chinchas y de Loja.

El material de segunda lo utilizan para realizar diferentes trabajos como: bordillos, rellenos, cerramiento y mejoramiento de pisos dentro de la empresa.

b. Manufactura

La parroquia San Pedro de la Bendita, es un lugar muy productivo, es por ello que dentro del capo manufacturero se destaca la carpintería, y lo típico de la zona como son los amasijos.

En San Pedro de la Bendita existen dos carpinterías que ofrecen sus servicios a los ciudadanos de la parroquia, estos talleres laboraran normalmente de lunes a sábado.

En cuanto a los amasijos, se puede mencionar que es una actividad económica fundamental, de carácter doméstico familiar, orientada a la producción de bizcochuelos, tortillas, pan y roscones, sus principales clientes son: turistas, trasportistas y los ciudadanos de la propia parroquia. Estos productos tienen mayor demanda en los meses de agosto y noviembre por la peregrinación de la Virgen del Cisne.

La mayoría de estos negocios (amasijos), para su funcionamiento cuentan con: permiso municipal, permiso sanitario, RISE y en algunos casos RUC.

6.1.5.6. Características de las actividades económicas agropecuarias.

a. Actividad agrícola

Todas las actividades económicas que abarca la parroquia, tienen su fundamento en la explotación de los recursos que la tierra origina, favorecida por la acción del hombre.

Los principales cultivos de la parroquia se detallan en el siguiente cuadro:

CULTIVO	AREA SEMBRADA/CULTIVO (ha)							Total de área cultivada	%
	Togueros – Jirón	La Bendita	El Sauce (San Vicente)	El Tingo	Shaguindo - Puyungo - La Concha	Illaca	El Limo		
Café	2	0	0	0	0,5	0	0	2,5	1,37
Maíz	20	25	2	6	4	6	2	50,5	19,80
Maní	0	0	0	1	0	1	0	5	1,96
Fréjol	5	20	1	2	4	1	1	25,5	10,00
Guineo	10	0	0	1	2	0,5	0,5	14	5,49
Caña	26	0	0	25	2	11	0,5	64,5	25,29
Naranja	2	0	0	1	0,5	0	0,5	4	1,57
Limón	1	0	0	3	0,5	3	0,5	8	3,14
Mango	0,5	0	0	1,5	0,5	0,5	0	3	1,18
Guaba	0,5	0	0	0,5	0,5	0	0	1,5	0,59

Cebolla	1,5	1	0	2	1	0	0	5,5	2,16
Pastos	20	0	0	0	20	0	20	60	23,53
Tomate	0	0	0,5	0	0	0	0	0,5	0,20
Zapote	0	0	0	0,5	0	0	0	0,5	0,20
Maracuyá	0	0	0	1	0	0	0	1	0,39
Yuca	0	0	0	1	0	1	0	2	0,78
Flores	0	0	0	0	2	0	0	2	0,78
Frejol de palo	0	0	0	0	0,5	0	0	0,5	0,20
Aguacate	0	0	0	0	0,5	0	0	0,5	0,20
Mandarina	0	0	0	0	0,5	0,5	0,5	1,5	0,59
Papaya	0	0	0	0	0	0,5	0	0,5	0,20
Camote	0	0	0	0	0	0,5	0	0,5	0,20
Sandía	0	0	0	0	0	0,5	0	0,5	0,20
TOTAL	84	41	1	41,5	32	27,5	28	255	100

Tabla 32. Principales cultivos de la parroquia de San Pedro de la Bendita

Fuente: El Autor a partir de información del G.A.D.P. – San Pedro de la Bendita, 2014

En la parroquia San Pedro de la Bendita, existen 22 cultivos diferentes que ocupan un área total de 255 hectáreas de terreno, los principales cultivos que se siembran en la parroquia son: caña de azúcar, maíz y fréjol.

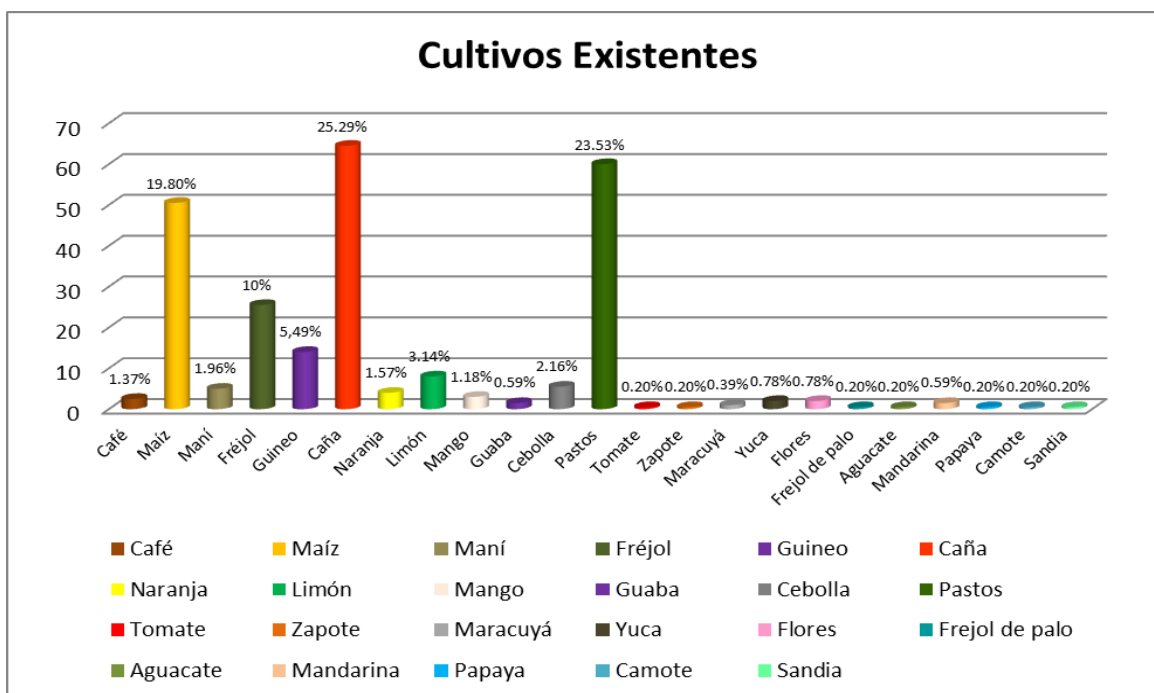


Figura 27. Cultivos existentes en la parroquia San Pedro de la Bendita.

Fuente: Elaborado por el Autor a partir de información del G.A.D.P. – San Pedro de la Bendita, 2014

La caña de azúcar ocupa el 25,29% equivalente a 64,5 hectáreas distribuidas en los barrios Togueros – Jirón, El Tingo, Shaguindo - Puyungo - La Concha, Illaca y El Limo. El maíz el 19,98% correspondiente a 50,5 hectáreas repartidas en los barrios Togueros – Jirón, La Bendita, El Sauce (San Vicente), El Tingo, Shaguindo - Puyungo - La Concha, Illaca y El Limo. El fréjol el 10,00% que es igual a 25,5 hectáreas divididas en los barrios Togueros – Jirón, La Bendita, El Tingo, Shaguindo - Puyungo - La Concha y El Limo. Entre estos cultivos el que ocupa mayor área de cultivo en la parroquia es la caña de azúcar.

a. Formas de Tenencia de la tierra

La tenencia de la tierra en la parroquia San Pedro de la Bendita, actualmente se encuentra distribuida de la siguiente manera: el 69,02% equivalente a 175 fincas (UPAs), corresponden a 175 familias cuyos terrenos están legalmente otorgados, y el 30,98% equivalente a 6 fincas (UPAs) corresponden a 6 familias cuyos dueños aun no tienen sus terrenos legalizados.

NOMBRE DEL BARRIO	FAMILIAS CON FINCAS PROPIAS	FAMILIAS QUE NO TIENEN
Togueros - Jirón	14	3
La Bendita	10	0
El Sauce (San Vicente)	4	0
El Tingo	27	0
Shaguindo - Puyungo - La Concha	15	0
Illaca	2	4
El Limo	5	0
San Pedro de la Bendita (Barrio urbano)	226	129
TOTAL	303	136
PORCENTAJE	69,02	30,98

Tabla 33. Tenencia de la tierra de la parroquia

Fuente: El Autor a partir de información del G.A.D.P. – San Pedro de la Bendita, 2014

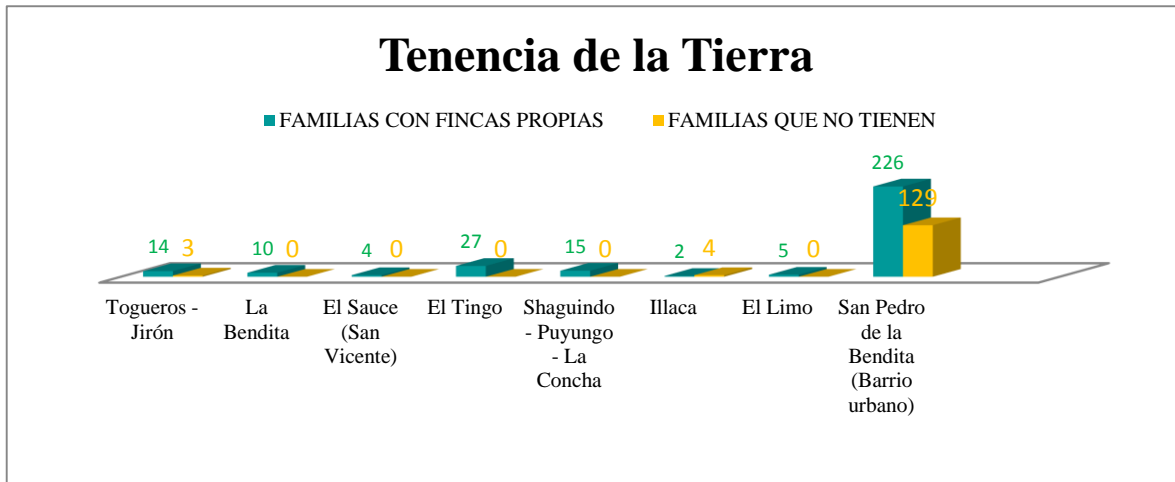


Figura 28. Tenencia de la tierra en la Parroquia San Pedro de la Bendita
Fuente: El Autor a partir de información del G.A.D.P. – San Pedro de la Bendita, 2014

6.1.5.7. Infraestructura física

a. Agua potable

Para el abastecimiento del líquido vital la población se sirve de dos sitios ubicados al Oeste de la Parroquia en las partes altas de la misma; uno en el sector de Trancas ubicado en el Cerro Pulucapa y el otro sitio proviene del nacimiento de la Quebrada “La Concha” desde ahí se conduce el agua hasta la Planta de Tratamiento que se encuentra Ubicada al Oeste del centro poblado. Dentro de esta se cumple con las etapas de filtración, cloración, almacenaje y distribución del agua hacia la parroquia.

De acuerdo a los datos del Censo del 2010 se abastecen del Servicio de Agua Potable 385 Familias o viviendas, cuando en la realidad el número de medidores existentes, según la nómina de Usuarios entregada por la Secretaria de la junta Administradora de Agua Potable de la Parroquia es de 510 familias, ubicadas dentro y fuera del Perímetro Urbano.

b. Saneamiento (Alcantarillado)

En el año 2011 por motivo de que se realizó el asfaltado de las principales calles de la Parroquia en un convenio con el Ministerio de Obras Publicas se hizo el cambio de la

tubería de este servicio y por tanto la totalidad del territorio urbano de esta parroquia tiene acceso a este.

También es la única parroquia que cuenta con el sistema de tratamiento de las aguas servidas al poseer una laguna de oxidación, la que ya cumplió su vida útil y se espera para el próximo año emprender en un proyecto de reubicación.

c. Desechos sólidos.

La recolección de la basura en la Parroquia es realizada por el Municipio de Catamayo, mediante los carros recolectores los días viernes y sábado, esto dentro del Perímetro Urbano, en el caso de las Zonas aledañas, los desechos se depositan en algunos casos directamente al terreno, o se procede a la quema de los mismos, sobre todo en el caso de plásticos y papeles, en el caso de los metales estos se arruman y suelen ser vendidos como chatarra, es importante anotar que aún no existe la Cultura de la clasificación de la basura, a pesar de que el Municipio ha emprendido en un Programa de Clasificación para el posterior Reciclaje.

d. Situación vial de la parroquia

La parroquia San Pedro de la Bendita se encuentra atravesada por la “Troncal de la Sierra y la Transversal Sur E35/E50 vía de primer orden, a la que se le cambio su capa de rodadura de carpeta asfáltica a pavimento rígido (hormigón) en el tramo Guayabal – San Pedro. A partir de la cabecera parroquial hasta el sector Las Chinchas se colocó una nueva carpeta asfáltica la misma que se hará hasta Macará.

El problema vial de la Parroquia es el estado de las carreteras internas que, debido a la falta de mantenimiento y lastrado deficiente, en temporada invernal generan inconvenientes de acceso a los distintos sectores productivos. En el caso del Tingo también se puede acceder desde el Barrio La Vega (Catamayo).

6.2. Resultados Específicos

6.2.1. Topografía

Para tal desarrollo de la topografía se utilizó la estación Total Trimble S3-D5 con un DATUM WGS84, Zona 17 Sur, en la cual se levantó información de manzanas, con un total de 45 manzanas aproximadamente.

DATOS TÉCNICOS		
	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Manzanas	17.81	29.1
Zona Arbórea	11.26	18.4
Cultivos	4.17	6.8
Infraestructura	2.89	4.7
Vías principales	2.79	4.6
Caminos	0.22	0.4
Suelo desnudo	21.99	35.9
TOTAL	61.1	100

Tabla 34. Datos técnicos de Topografía de la Zona Urbana de la parroquia San Pedro de la Bendita

Fuente: El Autor

Una vez realizado el levantamiento topográfico se obtuvo un área total de **61.1 hectáreas** de las cuales 17.81 ha (29.1%) corresponde a las manzanas existentes en la zona urbana; 11.26 ha (18.4%) a zonas arbóreas, 4.17 ha (6.8%) a cultivos.

Se levantó infraestructura representativa tales como los establecimientos educativos las cuales existen 3 como son el Colegio Nacional 8 de Diciembre, las escuelas Mariana Gutiérrez de Hidalgo y San Vicente Ferrer, además el coliseo de la parroquia, canchas, parque central, sub-centro de salud, iglesia, cementerio y casas con un total de 2.89 ha (4.7%). Existen vías de primer orden como la panamericana que conduce a la Costa, así mismo la que conduce al cantón Catamayo y la parroquia el Cisne, con un total de 2.79ha (4.6%).

Las vías de segundo orden se encontraron alrededor de 10 caminos los cuales conducen a los barrios de San Pedro de Bendita, con un total de 0.22 ha (0.4%) y suelo desnudo con un total de 21.99 ha (35.9%).

El Mapa topográfico tiene una escala de impresión de 1:4 000, en formato A3, **ver anexo 1**, con proyección Universal Transversa de Mercator WGS 1984, Zona 17 S.

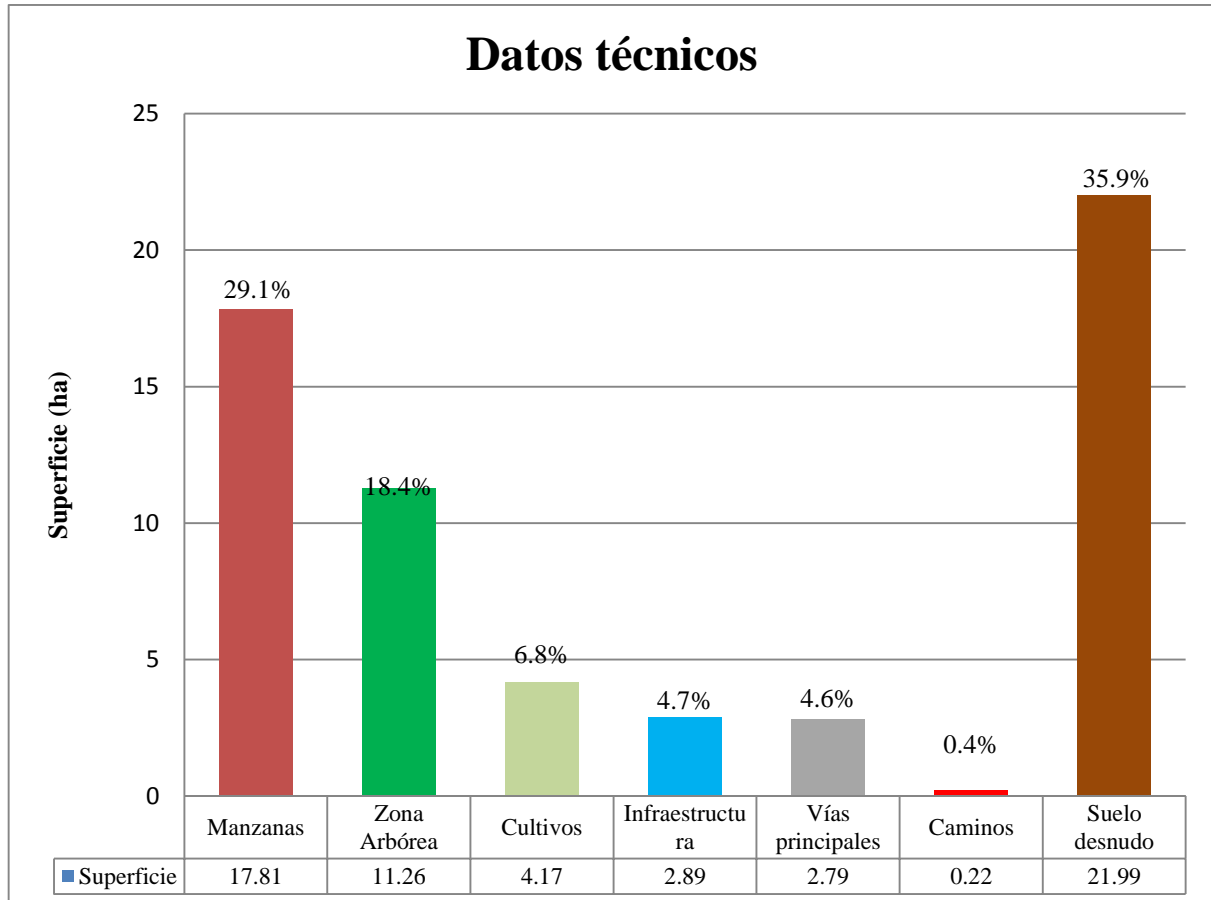


Figura 29. Datos técnicos de Topografía de la Zona Urbana de la parroquia San Pedro de la Bendita

Fuente: El Autor

Criterio Técnico. Se estableció que en la zona estudio existen altitudes que varían entre 1644 y 1857 m.s.n.m. Las partes más planas se sitúan al Sur-este, donde se encuentran la zona urbana de la parroquia, por otro lado la topografía con pendientes más empinadas corresponden a la parte Nor-Oeste, en donde se vio la necesidad de levantar topográficamente ya que existen los afloramientos para la descripción geológica, aunque ya no corresponda al territorio urbano.

6.2.2. Geología Regional

“Los Andes Ecuatorianos se encuentran conformados por dos zonas geológicamente distintas de rumbo NNE. En las que las rocas metamórficas subyacen a la Cordillera Real, mientras que rocas volcánicas y sedimentarias (Cretácico – Paleoceno) comprenden la masa de la cordillera Occidental³⁵.

- **Formación Sacapalca (Paleoceno).** La Unidad Sacapalca, constituido mayormente por productos sedimentarios y volcánicos. Las litologías sedimentarias típicas incluyen conglomerados, areniscas y limolitas. La secuencia sedimentaria contiene gran cantidad de líticos volcánicos de composición andesítica. Las rocas volcánicas mayormente son brechas y en menor proporción lavas que ocurren intercaladas entre los paquetes sedimentarios. La Unidad Sacapalca ocurre como una secuencia elongada de rumbo N-S, entre las rocas metamórficas del Terreno Loja-Olmos y las rocas volcánicas y volcano-sedimentarias de la Cuenca Lancones-Alamor. La unidad tiene una edad Paleoceno-Eoceno (Jaillard et al., 1996) es probable porque la unidad esta intruída por el Plutón San Lucas (59-51 Ma; Aspden et al., 1992) y por la intrusión de El Tingo (47 ± 2 Ma; 50 ± 3 Ma; Kennerley, 1980).
- **Formación Gonzanamá (Paleoceno).** Se encuentra en una franja estrecha a lo largo del borde oriental ocupado por la formación Sacapalca, es una secuencia de sedimentos y volcánicos intercalados. Los sedimentos están bien estratificados en capas de 2 a 30 cm de espesor y consiste de lutitas predominantemente negras, limolitas y areniscas de grano grueso. Estratos de chert y concreciones calcáreas se pueden encontrar en las lutitas así como capas de caliza cerca de Nambacola. Un conglomerado basal y rizaduras de areniscas afloran cerca de Gerinoma, las rocas volcánicas son andesíticas y consisten principalmente en tobas y tobas aglomerática con lavas intercaladas, por Hungerbühler (1997).

³⁵ BALDOCK, J., 1982. Mapa Geológico Nacional de la República del Ecuador. Instituto of Geological Sciences (NERC) y Dirección General de Geología y Minas – Ministerio de Recursos Naturales y Energéticos.

- **Serie Tahuín (Mesozoico).** Grupo Tahuín, Complejo metamórfico El Oro, esta nombrada por la Cordillera de Tahuín. Está formada esencialmente por rocas pelíticas y cuarzo feldespáticas que de sur a norte, van desde no metamórficas hasta facies de granulita en una serie de facies de baja presión. Forma un cinturón con dirección E-W, de hasta 25 km de ancho, que puede trazarse en forma continua, por casi 80 km, desde la frontera con el Perú en el occidente hacia el este dentro del área de El Cisne. Para el cantón Catamayo comprende las unidades El Tigre, La Victoria y el Plutón de Marcabelí. Su edad deposicional se considera Paleozoica (Feininger, 1978).

Criterio técnico: Por medio de la geología regional, se sabe que la zona de estudio en este caso el área urbana de la parroquia San Pedro de la Bendita, se encuentra entre las formaciones Sacapalca - Gonzanamá y la Serie Tahuín, que fueron descrita anteriormente. Regionalmente está limitada al noreste por una sola falla conocida con el nombre de falla El Cisne Illaca con dirección a San Pedro de la Bendita. **Ver anexo 2.**

6.2.3. Geología Local

Como se mostró anteriormente la zona urbana se encuentra en las Formaciones geológicas Sacapalca - Gonzanama y la Serie Tahuín.

Una vez realizado el cálculo de las áreas y porcentajes, se determina que el sector de estudio se encuentra conformada en un 73.9 % (48.36 ha) del terreno total que pertenece a la formación Sacapalca, formados por Tobas Andesíticas y material Volcano-sedimentario, en las partes altas con pendientes mayores al 75%, como se muestra en la **foto 9 y 10**, en las partes planas en donde se encuentra la zona urbana, se tiene material granular de grano medio a grueso, como gravas mal gradadas a bien gradadas, arena limosa-arcillosa y grava arcillosa, los cuales se formaron por acciones erosivas, su tamaño y forma depende de la calidad de la roca madre que han sufrido un grado de meteorización y del desgaste que han sufrido durante su transporte.



Foto 9. Tobas Andesíticas con base arcillosa, M1
Fuente: El Autor



Foto 10. Material Volcano-sedimentario, M2
Fuente: El Autor

Además la presencia de óxidos de hierro y óxidos de calcio en la zona, conllevando a que se originen deslizamientos principalmente en época invernal y la inestabilidad del terreno debido a la presencia de los materiales antes detallados.

Tobas Andesíticas.- En algunos sitios esta litología aparece como tobas de tipo andesítico y tobas aglomeráticas de color beige. Los clastos de las tobas se encuentran en franco proceso de meteorización de tipo esferoidal donde se puede observar cascarones sucesivos que se desprenden del cuerpo principal de la roca. Eventualmente los clastos comienzan a desprenderse, permitiéndole a la meteorización química penetrar más profundamente dentro del material, como se muestra en la **foto 11**.



Foto 11. Meteorización en las Tobas Andesíticas, sector vía al Cementerio, **M1**
Fuente: El Autor

A continuación tenemos una descripción de las muestra obtenida en el campo de los clastos de las tobas Andesíticas, ya sea macroscópicamente e información correlacionada al tipo de material.

	Aspecto: Brilloso
	Textura: Porfidirita , matriz fina
	Estructura: Masiva no existe una direccionalidad.
	Granulometría: Media 1 - 5 mm
	Mineralogía: Carbonatos de calcio (amorfo), feldspatos y plagioclasas.
	Alteración: Meteorizada
	Características: CaCO ₃ , Coloración gris verdosa debido a la presencia de minerales como la cuprita.
Tipo: Clastos de material Volcano-sedimentaria	Nombre: Clastos de Tobas Andesíticas

Tabla 35. Características macroscópicas de los clastos de las tobas Andesíticas, **M3**
Fuente: El Autor

Rocas Volcano-sedimentarias.- Las rocas que representan a este grupo tienen una secuencia volcanoclástica es decir son rocas de rotura como consecuencia de la actividad volcánica que se transportaron por aire y flujos piroclásticos de diversa densidad. Este tipo de rocas se diferencian de las rocas volcánicas debido a que se pueden depositar sobre extensas áreas alejadas de la fuente volcánica que los originó, en razón de que el transporte por aire, flujos piroclásticos, agua y flujos de lodo es de mayor velocidad que el flujo de los materiales fundidos. En muchos sectores aparecen estratificadas y en otros en forma masiva, las estratificadas corresponden a areniscas tobáceas de grano medio con intercalaciones de arcilla y las masivas corresponden a tobas, como se observa en la **foto 12.**



Foto 12. Afloramiento de areniscas tobáceas, **M4**

Fuente: El Autor

Así mismo un 4.9% (3.01 ha) se evidenció la presencia de Arcillas con areniscas de grano fino, aparecen muy fracturadas dispuestas subhorizontalmente en paquetes no mayores a 30cm , que pertenecen a la formación Gonzanama, con un contacto inferido con la formación Sacapalca, ya que dicha formación descansa discordantemente sobre la Formación Sacapalca.

Son rocas de origen volcano-sedimentarios como las arcillas de color café oscuro además de lutitas de color gris y areniscas tobáceas en sentido Nor-Este como referencia la vía panamericana que conduce al sector de la parroquia el Cisne, como se muestra en la **Foto 13-14.**



Foto 13. Arcillas compactas de color café oscuro con intercaladas de areniscas, sector vía al Cisne, **M5**
Fuente: El Autor



Foto 14. Arcillas compactas de color gris oscuro, presencia de humedad, con intercaladas de areniscas, sector vía al Cisne, **M6**
Fuente: El Autor

Rocas como las Filitas con 21.2 % (12.98 ha), que pertenecen a la Serie Tahuín, que se encuentran en sentido Nor-Oeste de la zona urbana, con contacto con la formación

Sacapalca, las filitas presentan una dirección de foliación N 38°E y un Buzamiento de 57°NW en placas que van desde 1 a 10 centímetros. Presentan tonalidades grisáceas, con base Arcillosas y Areniscas, las cuales se encuentran fuertemente erosionados, con un avanzado con relación a las Lutitas debido al avanzado grado de metamorfización, como se muestra en la **foto 15**, lo cual conlleva a que se produzcan deslizamientos en la zona en épocas invernales con afectaciones a estructuras físicas en la zona urbana.



Filitas altamente meteorizadas con base de arenisca, **M7**



Presencia de las rocas Filitas en la zona de estudio , **M8**

Foto 15. Filitas existentes en la zona de estudio

Fuente: El Autor

De la misma manera se tiene una descripción de las Filitas, macroscópicamente e información correlacionada al tipo de material.

	Aspecto: Brilloso
	Textura: Foliada
	Estructura: Masiva no existe una direccionalidad.
	Granulometría: de grano fino a medio, 1 - 5 mm
	Mineralogía: micas, principalmente moscovita, cuarzo, talco, albita y clorita
	Alteración: Meteorizada
	<p>Características: Brillo sedoso, su color es gris, gris-verdoso.</p> <p>Es una gradación en el metamorfismo entre pizarra y esquisto.</p>
Tipo: Roca metamórfica	Nombre: Nombre: Filitas

Tabla 36. Características macroscópicas de las Filitas, M9

Fuente: El Autor

LITOLOGÍA	ÁREA (has)	AREA (%)
Arcillas	3.01	4.9
Tobas Andesíticas	2.55	4.2
Material Granular de grano medio a grueso	36.74	59.9
Limos	0.58	0.9
Limos-Arcillas	4.36	7.1
Lutitas – Arcillas	1.12	1.8
Filitas	12.98	21.2
TOTAL	61.1	100

Tabla 37. Litología de la zona urbana de la parroquia San Pedro de la Bendita.

Fuente: El Autor

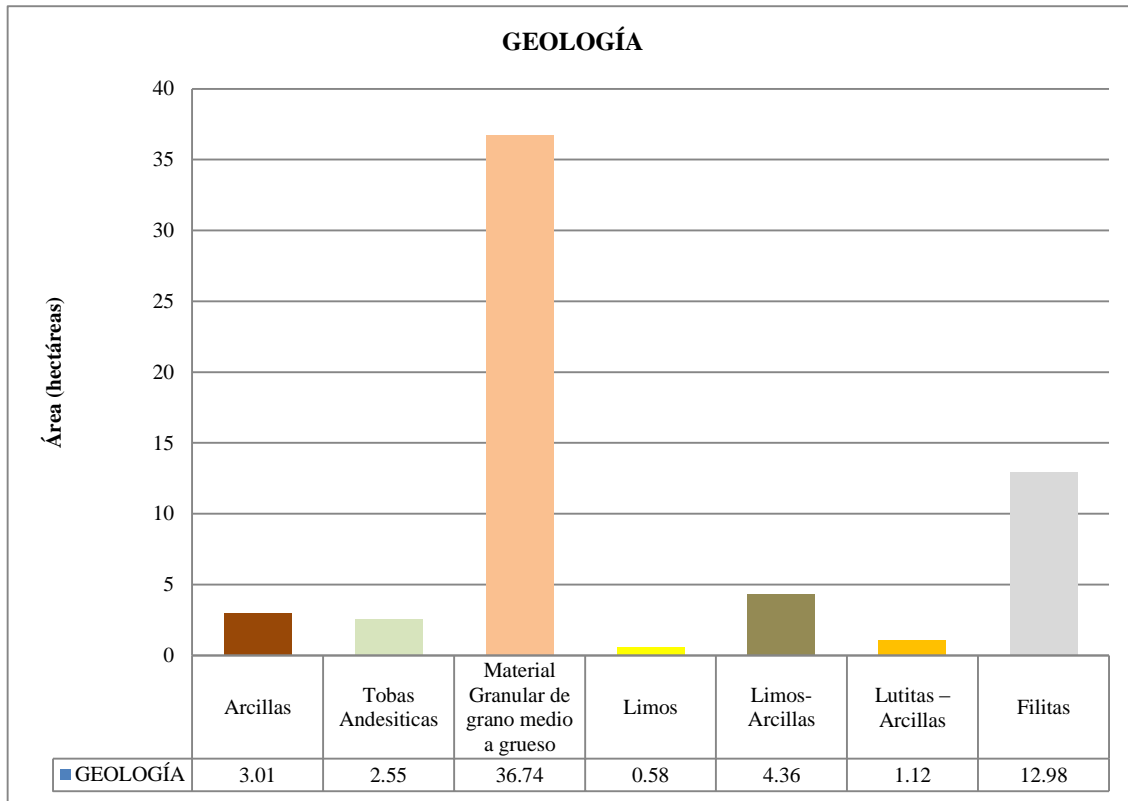


Figura 30. Litología de la zona urbana de la parroquia San Pedro de la Bendita.

Fuente: El Autor

El Mapa Geológico, se realizó a escala de impresión 1:4 000, y cortes geológicos, en base a la caracterización de 15 afloramientos descritos en el campo, como se muestra en la **tabla 38, Ver anexo 4.**

No-	X	Y	Z	ORIENTACIÓN
1	673358	9563712	1812	62°NW/60°
2	673361	9563741	1803	
3	673359	9563787	1793	
4	673339	9563811	1790	76°NW/60°
5	673343	9563853	1789	
6	673333	9563903	1781	
7	673340	9563932	1774	70°NW/50°
8	673403	9563989	1759	62°NW/45°
9	673415	9563956	1747	

10	673419	9563992	1750	
11	673477	9563935	1734	
12	673575	9563817	1725	
13	673920	9564522	1713	
14	673570	9564360	1755	55°NW/50°
15	673415	9564306	1773	65°NW/55°

Tabla 38. Descripción de afloramientos.

Fuente: El Autor

Criterio Técnico.- La geología local, está definida por tres tipos de formaciones geológicas, la Sacapalca con rocas de tipo Volcano-sedimentarias, estas se las puede observar aflorando en la parte alta de la zona de estudio como las Tobas Andesíticas con base arcillosa-arenosa, y en la parte baja en la que se encuentra la zona urbana, material como arcillas de alta plasticidad, gravas que varían entre mal y bien graduadas, arenas limosas - arcillosas y gravas arcillosas, los cuales fueron comprobados tanto como en campo como en los ensayos de laboratorio (ESTSUELCON CÍA.LTDA.) Además la presencia de las Filitas altamente meteorizadas en la parte alta de la zona de estudio perteneciente la Serie Tahuin, y las Arcillas en la parte baja pertenecientes a la Formación Gonzanamá.

6.2.4. Mapa Geomorfológico

La metodología se fundamenta en la generación de información primaria, obtenida a partir de fotointerpretación digital, tomando como material de referencia cartas geológicas, topográficas y el MDT.

Para la determinación de las diferentes unidades geomorfológicas existentes en la zona de estudio, se lo realizó mediante el Nivel Relativo, como se muestra en la **tabla 39**, y pendientes obtenidas mediante las curvas de nivel, como se muestra en la **tabla 40**, que presenta cada una de las geoformas, las cuales se correlaciono con las tablas modificadas de CLIRSEN del proyecto “GENERACIÓN DE GEOINFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DEL TERRITORIO A NIVEL NACIONAL ESCALA 1:25 000 PARA EL CANTON

CATAMAYO” como se muestra en la **tabla 41**, para asignar la terminología a cada unidad morfológica.

Una vez determinadas las variables de pendiente, génesis, y litología de cada geoforma, se estableció definitivamente la nomenclatura o nombre que recibió cada una de las unidades morfológicas del sector y el área que abarca cada una de ellas.

DESNIVEL RELATIVO (DR)		
Tipo	Cod	Rel
0 a 5 m	1	R1
5 a 15 m	2	R2
15 a 25 m	3	R3
25 a 50 m	4	R4
50 a 100 m	5	R4
100 a 200 m	6	R5
200 a 300 m	7	R6
> a 300 m	8	R7
No aplicable	NA	NA

Tabla 39. Desnivel Relativo, utilizado para determinar la geomorfología.

Fuente: CLIRSEN 2012.

Categoría	Rango
Terrenos planos o casi planos	0 %- 15 %
Terrenos inclinados	15 % - 30 %
Terrenos moderadamente escarpados	30 % - 50 %
Terrenos escarpados	50 % - 75 %
Terrenos muy escarpados	> 75 %

Tabla 40. Pendientes obtenidas en la zona de estudio

Fuente: El Autor


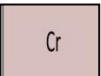



UNIDAD AMBIENTAL: Vertientes inferiores y relieves de las cuencas interandinas				
Depósitos Coluvio aluviales Limos, arenas de grano fino a grueso	Denudativo	Coluvio aluvial reciente	Pen. Dominate >25-40% Desnivel Relativo 0-5m	
Depósitos Coluviales Gravas, boleos, con matriz de arcillas y limos	Denudativo	Coluvión antiguo	Pen. Dominante >25-40% Desnivel Relativo 0-5m	
		Coluvio reciente	Pen. Dominate >25-40% Desnivel Relativo > 25-50m	
Grupo Tahuin Gneis aplíticos, cuarcitas y esquistos	Tectónico - erosivo	Relieve colinado muy alto	Pen. Dominate >25-40% Desnivel Relativo > 200-300m	
Intrusivo Granodiorítico Diques-filones, cuerpos intrusivos granodioríticos	Tectónico - erosivo	Relieve colinado alto	Pen. Dominate >12-25% Desnivel Relativo > 100-200m	
Unidad Sacapalca Lavas Andesíticas, brechas tobáceas, conglomerados, tobas dacíticas esparcidas, lutitas lacustres	Tectónico - erosivo	Relieve montañoso	Pen. Dominate >40 - 70% Desnivel Relativo > 301 m	

Tabla 41. Tablas modificadas de CLIRSEN del proyecto “GENERACIÓN DE GEOINFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DEL TERRITORIO A NIVEL NACIONAL ESCALA 1:25 000 PARA EL CANTON CATAMAYO”

Fuente: CLIRSEN 2012.

Para el desarrollo de los colores de los polígonos, se basó en los utilizados en el proyecto “GENERACIÓN DE GEOINFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DEL TERRITORIO A NIVEL NACIONAL ESCALA 1:25 000 PARA EL CANTON CATAMAYO” como se puede muestra en la **tabla 41**, que van de tonalidades púrpura y verde, de acuerdo al unidad ambiental.

➤ **Formas de relieve de la zona de estudio.**

6.2.4.1. Origen: Denudativo

Coluvio aluvial reciente (Cv).- Formado por la acción de la depositación de materiales aluviales sumado a los aportes gravitacionales laterales de las formas colinadas que lo rodean. Compuesto por depósitos coluvio aluviales redondeados a subredondeados, con pendientes de 0 a 15 % y desnivel relativo de 0 a 5 metros. El área total de esta unidad es de 7.77 hectáreas. Mediante fotointerpretación se lo pudo determinar en el sector el Cine, cubierto por vegetación arbórea.



Foto 16. Coluvio aluvial reciente (Cv) sector el Cine
Fuente: El Autor

Coluvión reciente (Cr).- Formado por la acción de la depositación de materiales aluviales sumado a los aportes gravitacionales laterales de las formas colinadas que lo rodean. Tienen pendientes hasta el 15 – 30 % con desniveles relativos de 0 a 15 m. El área total de esta unidad es de 26.88 hectáreas. Su superficie está cubierta por especies arbóreas y arbustivas.

Esta zona ha sido utilizada para la zona urbana de la parroquia. El coluvio está sobre las rocas volcano-sedimentarias (Gravas mal gradadas a bien gradadas, Arena limosa-arcillosa) de la Unidad Sacapalca.



Foto 17. Parte del Coluvión reciente (Cr), cabecera parroquial

Fuente: El Autor

6.2.4.2. Origen: Tectónico Erosivo

Relieve colinado alto (R5).- Tiene desnivel relativo que llega a los 100 metros, litológicamente se encuentra sobre rocas metamórficas como las Filitas altamente meteorizadas de la Serie Tahuin y material granular de la formación Sacapalca , la mayor parte está cubierto por vegetación arbustiva, pendiente 30 – 50%. En el sector del Cementerio de la parroquia esta unidad tiene una superficie de 18.34 hectáreas.



Foto 18. Relieve colinado alto (R5), Cementerio
Fuente: El Autor

Relieve colinado muy alto (R6).- tiene un desnivel relativo va de 100 a 200 metros y pendientes de 50 a 75 %, la erosión que presenta es de tipo hídrica concentrada en cárcavas, con cimas agudas y valles en V, litológicamente se encuentra dentro de las rocas metamórficas del Grupo Tahuín, Filitas con base arcillosa y arenosa. En el sector de la vía la parroquia “El Cisne” se puede encontrar este tipo de geoforma, está cubierto superficialmente en su mayoría por vegetación de tipo herbácea y en menor proporción arbórea. Abarca una superficie de 2.31 hectáreas.



Foto 19. Relieve colinado muy alto (R6). Vía a la parroquia de “El Cisne”
Fuente: El Autor

Relieve montañoso (R7).- Estos relieves tienen desniveles relativos que sobrepasan los 200 m, sector “Trancas” presenta una pendiente de media a fuerte que van $>75\%$. Litológicamente compuesto por material volcano-sedimentario como las tobas Andesíticas, la geoforma está cubierta por vegetación arbustiva y herbácea.

Tiene cimas agudas donde se desarrollan valles tipo V con erosión hídrica por cárcavas. En esta unidad ambiental la geoforma cubre una extensión de 5.16 hectáreas.



Foto 20. Relieve colinado montañoso (R7), sector “Trancas”
Fuente: El Autor

La zona de estudio, presenta 2 unidad genética, 2 unidad morfológica y 5 formas de relieve los que se describen a continuación en la **Tabla 42**.

UNIDAD GENÉTICA	UNIDAD MORFOLÓGICA	FORMA DE RELIEVE	SUPERFICIE (hectáreas)	%
Denudativo	Coluvio aluvial	Coluvio aluvial reciente	7.77	12.8
Denudativo	Coluvión	Coluvio reciente	26.88	44.5
Tectónico Erosivo	Relieve	Relieve colinado alto	18.34	30.3
Tectónico Erosivo	Relieve	Relieve colinado muy alto	2.31	3.8
Tectónico Erosivo	Relieve	Relieve colinado montañoso	5.16	8.5
TOTAL			61.1	100

Tabla 42. Descripción de unidades morfológicas.
Fuente: El autor a partir de CLIRSEN 2012.

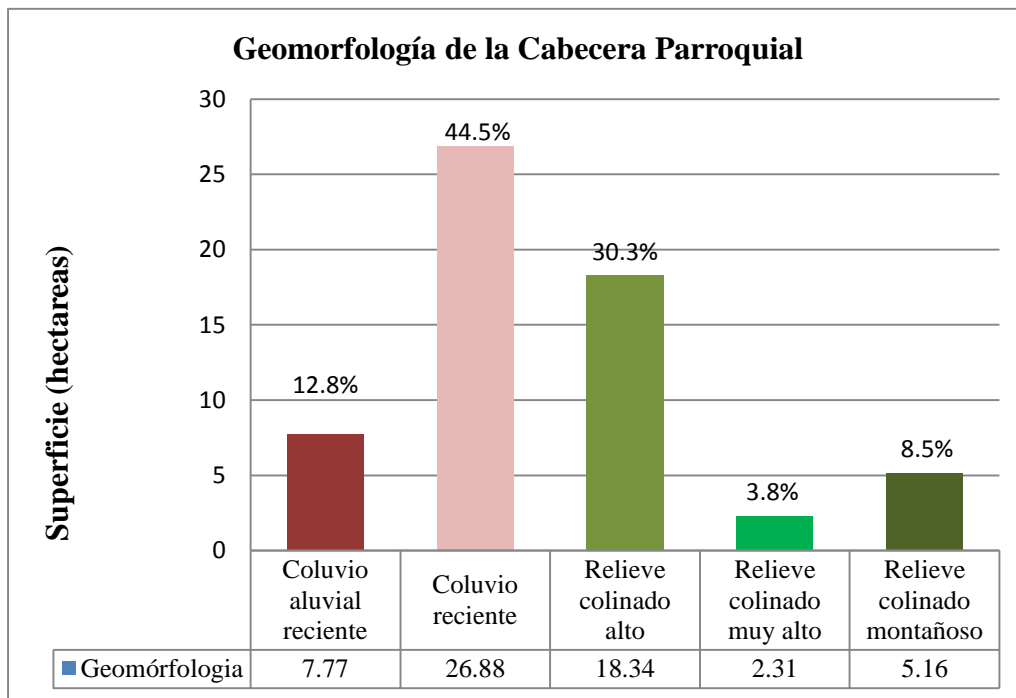


Figura 31. Geomorfología de la Parroquia San Pedro de la Bta. Cabecera Parroquial
Fuente: El Autor

El Mapa geomorfológico tiene una escala de impresión de 1:4 000, en formato A3, **ver anexo 5**, con proyección Universal Transversa de Mercator WGS 1984, Zona 17 S.

6.2.5. Pendientes

El mapa de Pendientes fue obtenido en base al mapa Topográfico, con el mismo que se procedió a generar un Modelo Digital de Elevación (MDE) a partir de la herramienta correspondiente del programa ArcGIS 10.1, este mapa se reclasificó en 5 categorías en porcentaje (Martínez y Mercado 1992), como se muestra en la **Tabla 43**.






Categoría		Rango	Área (ha)	Área (%)
Terrenos planos o casi planos		0 %- 15 %	31.89	52.7
Terrenos inclinados		15 % - 30 %	15.24	25.2
Terrenos moderadamente escarpados		30 % - 50 %	7.33	12.1
Terrenos escarpados		50 % - 75 %	4.55	7.5
Terrenos muy escarpados		> 75 %	1.46	2.4
TOTAL			61.1	100

Tabla 43. Categorías de pendientes

Fuente: El Autor a partir de información de Martínez y Mercado 1992.

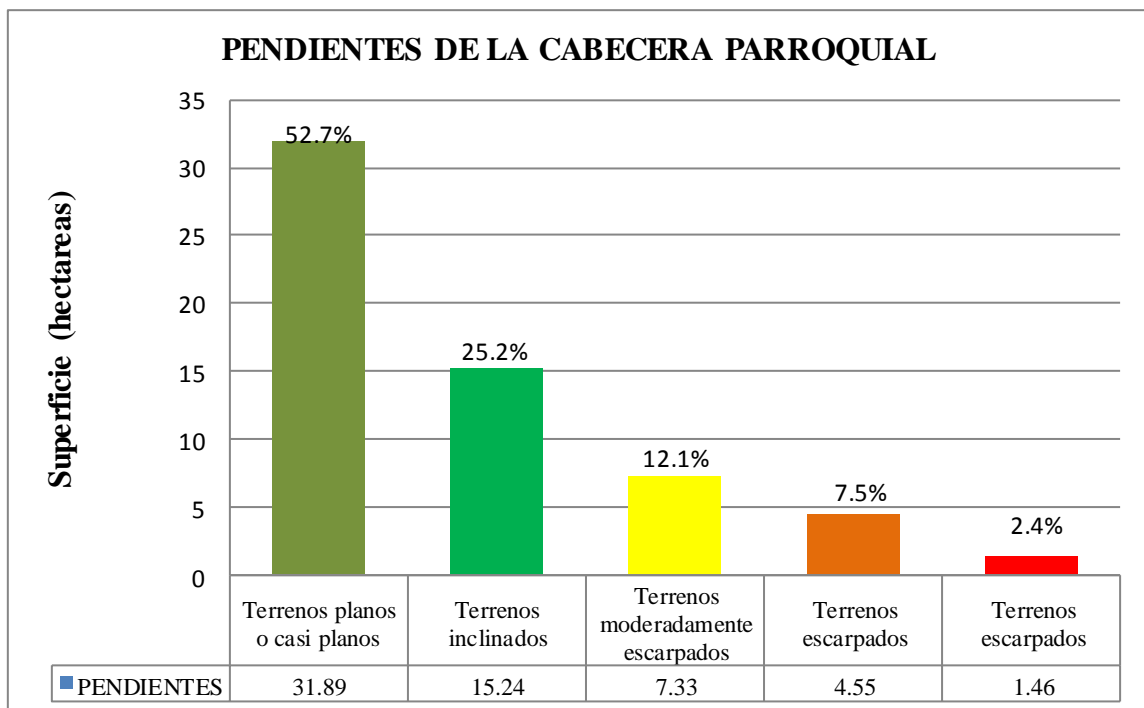


Figura 32. Pendientes de la Parroquia San Pedro de la Bta. Cabecera Parroquial

Fuente: El Autor

En el sector de estudio se deduce que el mayor porcentaje (52.7%) corresponde a terrenos planos o casi planos en 31.89 ha y por consiguiente el de menor porcentaje (2.4%) equivale a los terrenos muy escarpados en 1.46 ha.

Como resultado final se tiene el Mapa de pendientes a escala de impresión 1:4dc 000 en formato A3, **ver anexo 6.**

6.2.6. Uso actual del suelo

La realización del mapa de uso actual del suelo, se basó en un análisis tanto como las visitas de campo a la zona de estudio y la observación a través de ortofotos a escala 1:5000 (CARTA NVI-F3c-B3; NVI-F3c-B4), otorgadas por el municipio del cantón Catamayo para el proyecto de “Actualizaciones de los planes de Ordenamiento Territorial parroquiales”

En este mapa se obtuvo 8 tipos de uso actual del suelo, como se muestra en la **tabla 44**, representada predominantemente por; área urbana con una área de 17.07 ha (27.9%), vía suelo desnudo con una área de 5.32 ha (8.7%), caminos secundarios con un área de 0.93 ha (1.5%), canal de aguas lluvias con un área de 0.19 ha(0.3%), cultivos con una área de 9.29 ha (15.2%), matorral con una área de 5.66 ha (9.2%), plantaciones con un área de 9.01 ha (14.7%), y áreas desnudas con un área de 13.81 ha (22.5).

Uso actual del suelo	Áreas (ha)	Áreas (%)
Área urbana	17.07	27.9
Vía suelo desnudo	5.32	8.7
Caminos secundarios	0.93	1.5
Canal de aguas lluvias	0.19	0.3
Cultivos	9.29	15.2
Matorral	5.66	9.2
Plantaciones	9.01	14.7
Áreas desnudas	13.81	22.5
TOTAL	61.1	100

Tabla 44. Tipos de uso del suelo actual
Fuente: El Autor

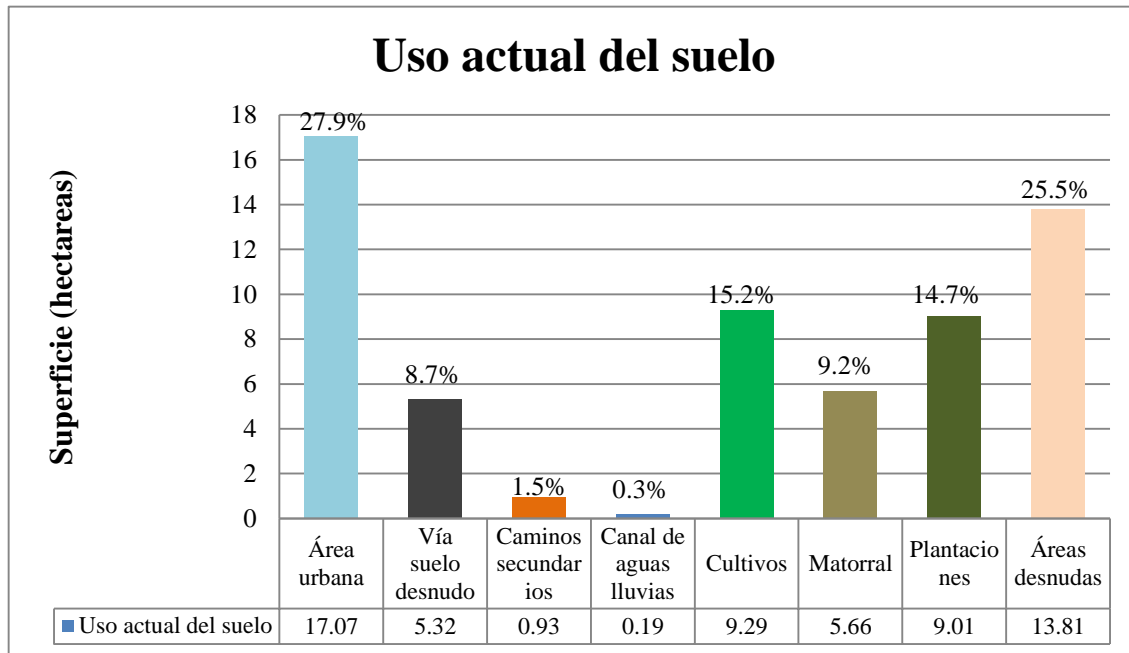


Figura 33. Cobertura vegetal de la Parroquia San Pedro de la Bta. Cabecera Parroquial
Fuente: El Autor

Como resultado final se tiene el Mapa de cobertura vegetal a escala de impresión 1:4 000 en formato A3, ver **anexo 7**.

6.2.7. Valoración e interpretación de las zonas susceptibles a deslizarse

Para realizar el mapa de susceptibilidad a deslizamientos de la parroquia San Pedro de la Bendita (cabecera parroquial), se realizó de acuerdo a la metodología propuesta, utilizando el SIG ArcGIS 10.1, utilizando variables como geología, geomorfología, pendiente, cobertura vegetal; que influyen a la inestabilidad del terreno.

6.2.7.1. Método Heurístico

La valoración e interpretación se realizó con la herramienta Suma Ponderada, mediante el modelo de construcción MODEL BUILDER con el que cuenta el programa ArcGis 10.1, de tal manera que facilita la obtención de resultados a través del análisis de las variables utilizadas para el estudio de susceptibilidad a deslizamientos, como se muestra en la **figura 34**.

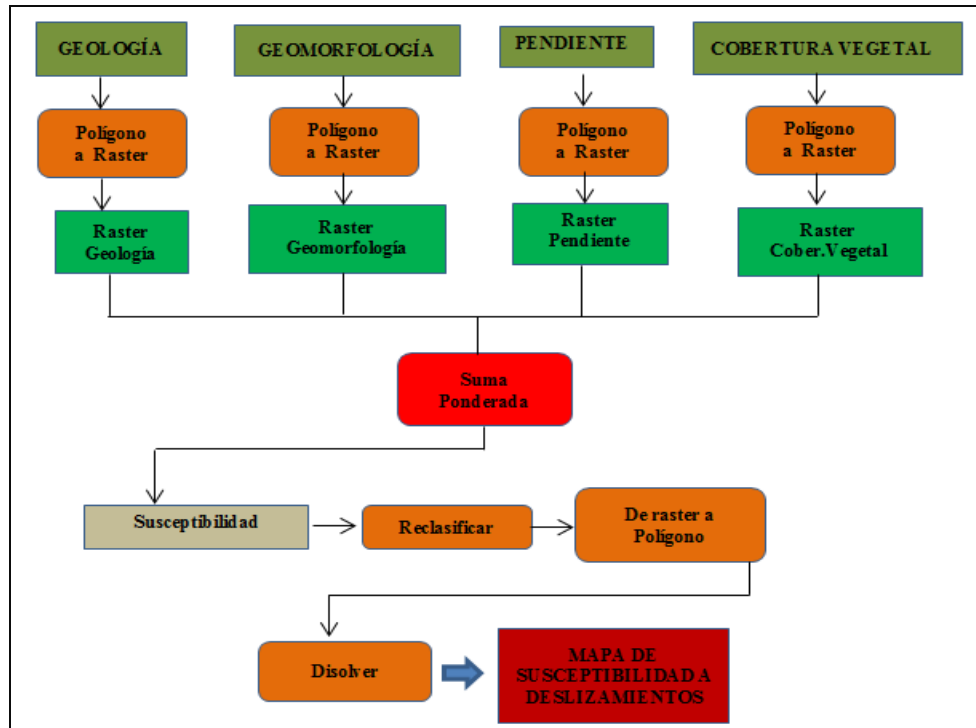


Figura 34. Diagrama de flujo para la obtención del mapa de susceptibilidad a deslizamientos.
Fuente: El Autor

La escala empleada para los mapas son de 1: 4 000 para garantizar la igualdad de los factores al momento de realizar la suma y obtener el mapa final de susceptibilidad a deslizamientos. Este proceso consiste en establecer diferentes pesos a los factores que van de 1 a 5 dependiendo del grado de influencia.

CLASES	PESOS
Condiciones biofísicas muy bajas para que se produzcan deslizamientos	1
Condiciones biofísicas menos desfavorables para que se produzcan deslizamientos	2
Condiciones biofísicas desfavorables para que se produzcan deslizamientos	3
Condiciones biofísicas severas haciendo que los espacios geográficos que presentan estas características, sean muy susceptibles a deslizamientos	4
Condiciones biofísicas muy severas haciendo que los espacios geográficos que presentan estas características, sean altamente susceptibles a deslizamientos	5

Tabla 45. Condición para asignación de pesos
Fuente: Tambo 2011. “Estudio del peligro de deslizamiento del norte de la ciudad de Loja, Provincia de Loja. Ecuador”

Los pesos se asignaron de acuerdo a las condiciones de cada variable, como se indica en las siguientes tablas:

Geología	Peso
Roca Volcano-sedimentaria(tobas andesíticas de base arcillosa-limosa)	5
Filitas altamente meteorizadas	5
Material Granular de grano medio a grueso (gravas y arenas)	1
Lutitas	2
Arcillas limosas	4
Arcillas con arenisca de grano fino	3
Arcillas plásticas	4

Tabla 46. Asignación de pesos para la variable Geología
Fuente: El Autor

Geomorfología	Peso
Coluvio aluvial reciente	1
Coluvión reciente	2
Relieve colinado alto	3
Relieve colinado muy alto	4
Relieve colinado montañoso	5

Tabla 47. Asignación de pesos para la variable Geomorfología
Fuente: El Autor

Pendiente	Peso
Terrenos planos o casi planos	1
Terrenos inclinados	2
Terrenos moderadamente escarpados	3
Terrenos escarpados	4
Terrenos muy escarpados	5

Tabla 48. Asignación de pesos para la variable Pendiente
Fuente: El Autor

Uso del suelo	Peso
Área urbana	2
Vía suelo desnudo	2
Caminos secundarios	3
Canal de aguas lluvias	4
Cultivos	1
Matorral	5
Plantaciones	1
Áreas desnudas	4

Tabla 49. Asignación de pesos para la variable uso del suelo
Fuente: El Autor

Seguidamente se realiza el cruce de los mapas con la herramienta **Suma Ponderada** en formato raster (1x1m de celda) donde el mayor peso se le asignó a la geología (0.4), luego a la geomorfología (0.3), seguido por pendientes (0.2) y Uso de suelo (0.1); se recalca que la asignación fue realizada tanto con el conocimiento de la zona de estudio y ensayos de laboratorio. La suma de los factores dio como resultado 5 categorías que describen a continuación.

Categorías	Área (Ha)	Área (%)
Muy Baja Susceptibilidad	27.57	45.9
Baja Susceptibilidad	11.04	18.4
Mediana Susceptibilidad	9.39	16.6
Alta Susceptibilidad	6.76	11.2
Muy Alta Susceptibilidad	5.34	8.9
TOTAL	60.1	100 %

Tabla 50. Categorías de Susceptibilidad a deslizamientos
Fuente: El Autor

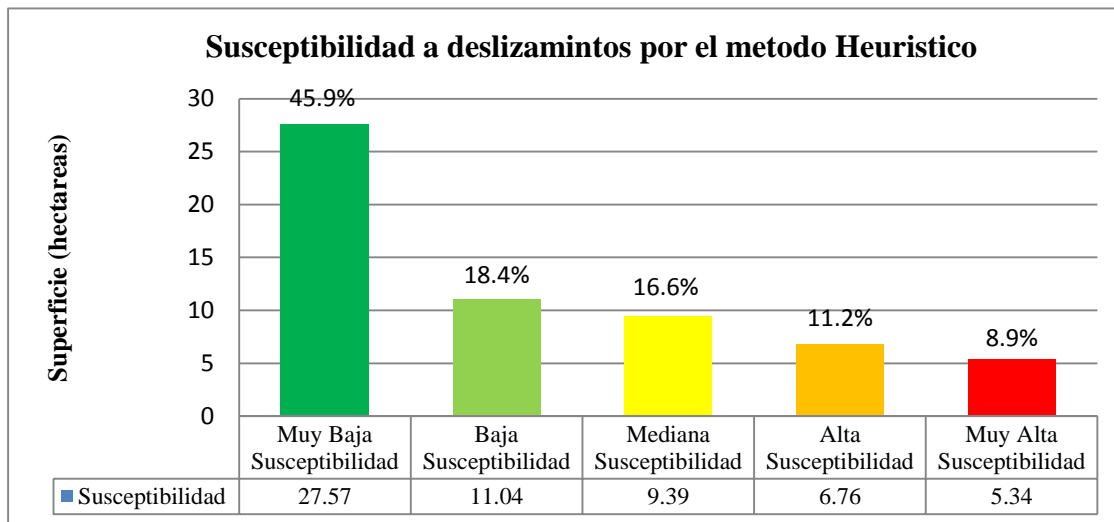


Figura 35. Categorías de Susceptibilidad a deslizamientos
Fuente: El Autor

Susceptibilidad Muy Baja.- Se caracterizan por la estabilidad del terreno, estos sectores poseen pendientes muy bajas entre 0 y 15% (terrenos planos o casi planos), en la cual se encuentra ubicada en mayor parte la zona urbana de la parroquia. En cuanto a su litología están compuestas por material granular de grano medio a grueso como las gravas y arenas pertenecientes a la Formación Sacapalca, cuyo material se han formado producto de la

erosión, meteorización y transporte de las partes altas en donde se encuentra dicha formación, ocupan 27.57 ha (45.9%) del total del área de estudio.

Susceptibilidad Baja.- Se caracterizan por las pendientes poco inclinadas o terrenos casi planos entre 15 y 30%; en la cual se encuentra parte de la zona urbana, que están siendo utilizadas para la ampliación de la zona urbana de la parroquia, comprenden de la misma manera material granular de grano medio a grueso como las gravas y arenas pertenecientes a la Formación Sacapalca, ocupan 11.04 ha (18.4%) del total del área de estudio.

Susceptibilidad Media.- Se caracterizan por terrenos moderadamente escarpados con pendientes de 30 y 50%, litológicamente están compuestas por Lutitas, Arcillas limosas de la formación Sacapalca y Arcillas de grano fino pertenecientes a la formación Gonzanamá cabe recalcar que esta formación se la encuentra en una porción pequeña con relación a la zona de estudio, en donde se presenta pendientes bajas pero debido a su litología esta tiende a ceder el terreno principalmente en épocas de invierno, ocupan una superficie de 9.39 ha (16.6%) del total del área de estudio.

Susceptibilidad Alta.- Se caracterizan por terrenos escarpados con pendientes entre 50 y 75%, litológicamente están compuestas por Arcillas plásticas de la formación Sacapalca y Filitas altamente meteorizadas con base de arcillas de la Serie Tahuin, lo que condicionan al terreno a posibles ocurrencias de deslizamientos, ocupan una superficie de 6.76 ha (11.2%) del total del área de estudio.


Susceptibilidad Muy Alta.- Se caracterizan por terrenos muy escarpados, con pendientes mayores a 75%, litológicamente están compuestos por Rocas Volcano-sedimentarias como las Tobas Andesíticas con base de arcilla y limos lo que conlleva en que en esta zona se produzcan los deslizamientos principalmente o en su mayoría en épocas invernales, las cuales se pueden observar en estas épocas, ocupa una superficie de 5.34 ha (8.9%) del total del área de estudio.

Como resultado final se tiene el Mapa Susceptibilidad a deslizamientos por el método Heurístico, a escala de impresión 1:4 000 en formato A3, **ver anexo 8.**

6.2.7.2. Método Determinístico

Para la obtención del mapa de susceptibilidad a deslizamientos de la parroquia San Pedro de la Bendita (cabecera parroquial) se aplicó la extensión de SINMAP en ArcGis 10.1, utilizando el análisis de talud infinito, que dentro el software es analizado con un raster (Modelo Digital de Terreno DTM.asc) pixel por pixel debidamente calibrado. La cohesión se refiere a la capacidad de las partículas para permanecer juntas de forma intergranular y el ángulo de fricción interna es la capacidad de una unidad de suelo (litología) para soportar una tensión determinada.

Los datos utilizados para la calibración de parámetros, se tomaron tanto en campo como las cotas máximas y mínimas obtenidas en la topografía, los ensayos SPT como la cohesión a 2 metros porque son deslizamientos superficiales que a los 2 metros máximo se dan las roturas (Hatano y Oyagi,1977), tablas como ángulo de fricción interna, densidad del suelo. Los datos como el espesor del suelo, Gravedad, densidad del agua son dadas por el mismo programa, en el que se creó un mapa cuantitativo de susceptibilidad de acuerdo con los factores de seguridad.



ESTSUELCON CIA. LTDA.

RESUMEN DE DATOS DE CAMPO, DE LABORATORIO Y RESISTENCIAS OBTENIDAS

PROYECTO: **ESTUDIO DE SUELOS PARA ANALISIS DE DESLIZAMIENTO EN SAN PEDRO DE LA BENDITA**

POZO	PROF.	C.H.	L.L.	L.P.	LP.	GRAVA	ARENA	FINOS	CLASIFIC		GOLPES N			N30	qu	qu _{lneta}	qu _{dmeta}	c'
	m.	%	%	%	%	%	%	%	SUCS	AASHTO	15 cm	30 cm	45 cm	golpe	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²
1	1,00	29	93	28	66	1	21	78	CHI	A-7-6	8	5	8	13	1,73	5,37	1,79	0,90
1	2,00	31	94	28	66	2	16	82	CHI	A-7-6	8	10	7	17	2,27	7,03	2,34	1,10
1	3,00	29	93	37	56	2	20	78	CHI	A-7-5	16	15	17	32	4,27	13,23	4,41	1,30
1	4,00	27	88	30	58	0	27	72	CHI	A-7-5	16	12	14	26	3,47	10,75	3,58	1,60
2	1,00	6	36	19	17	66	33	1	GW/GP	A-2-6	13	10	12	22	2,93	9,09	3,03	0,00
2	2,00	36	36	32	4	23	43	34	SM	A-2-4	9	6	8	14	1,87	5,79	1,93	0,20
2	3,00	7	42	20	22	28	30	42	SC	A-2-6	6	5	8	13	1,73	5,37	1,79	0,11
2	4,00	12	41	19	22	48	32	20	GC	A-2-7	15	18	16	34	4,53	14,05	4,68	0,00
2	5,00										17	18	24	42	5,60	17,36	5,79	0,11
2	6,00	10	36	21	15	38	45	17	SC	A-2-6	R	R	R	50	6,67	20,67	6,89	0,76

Tabla 51. Parámetros geotécnicos de la zona de estudio (Cohesión a 2 m)

Fuente: Laboratorio ESTSUELCON CÍA.LTDA

TIPO DE SUELO	γ (T/m ³)	Φ (grados)	c' (kg/cm ³)
Bloques y bolos sueltos	1.70	35 – 40°	
Grava	1.70	37.5°	
Grava arenosa	1.90	35°	
Arena compacta	1.90	32.5 – 35°	
Arena semicompacta	1.80	30 – 32.5°	
Arena suelta	1.70	27.5 – 30°	
Limo firme	2.00	27.5°	0.1 – 0.5
Limo	1.90	25°	0.1 – 0.5
Limo blando	1.80	22.5°	0.1 -0.25
Marga arenosa rígida	2.20	30°	2 – 7
Arcilla arenosa inestable	1.90	25 - 30°	1 - 2
Arcilla media	1.80	20°	0.5 - 1
Arcilla blanda	1.70	17.5°	0.2 – 0.5
Fango blando arcilloso	1.40	15°	0.1 – 0.2
Suelos orgánicos (turba)	1.10	10 – 15°	-

Tabla 52. Densidad del material, Angulo de Fricción Interna

Fuente: Orta Amaro Pedro Andrés, Explotación eficiente de máquinas de construcción. Universidad Central de la Villas 2007.

A continuación se presentan los datos utilizados para la calibración de los Parámetros geotécnicos empleados en SIMAP 2.0.

PARÁMETROS DE CALIBRACIÓN	
MDE	10
Espesor del suelo (m)	1
Gravedad (m/s ²)	9.81
Densidad del agua (kg/m ³)	1000
Densidad del material (kg/m ³)	0.0019
T/R Min (m)	1644
T/R Max (m)	1857
Cohesión Min (sin unidades*)	0.50
Cohesión Max (sin unidades*)	1.10
Phi Min (°)	25
Phi Max (°)	30

Tabla 53. Parámetros Geotécnicos usados en SINMAP

Fuente: El autor a partir de datos de laboratorio, campo y tablas.

Los resultados obtenidos del modelamiento se describen a continuación.

Categorías	Área (has)	Área %
Zona Umbral más alto de la estabilidad	2.15	3.6
Zona Umbral más bajo de la estabilidad	2.03	3.4
Casi estable	1.85	3.1
Moderadamente estable	3.29	5.5
Estable	49.95	84.3
TOTAL	60.1	100

Tabla 54. Categorización de Susceptibilidad a deslizamientos

Fuente: Elaborado por el Autor

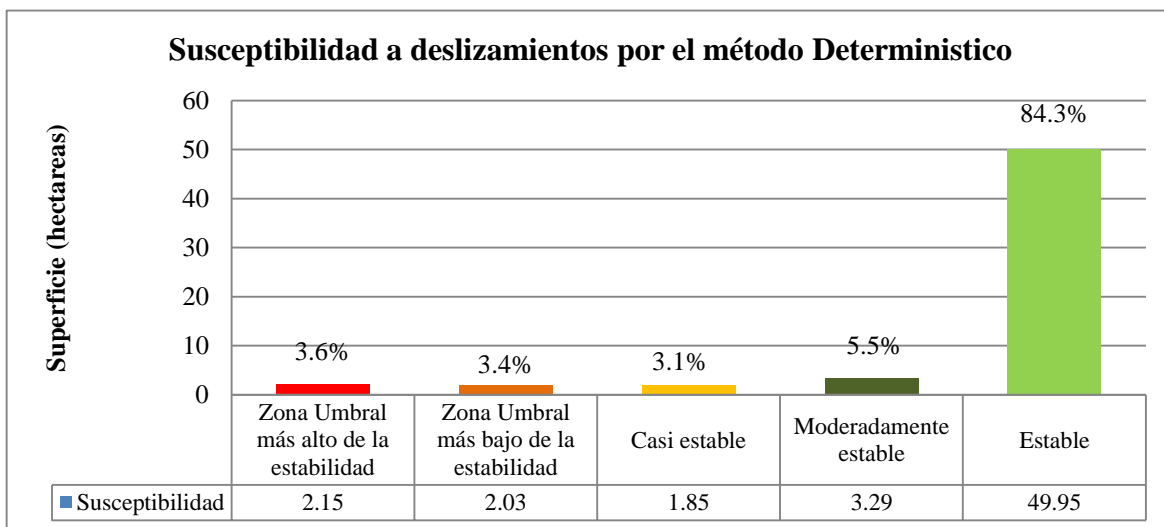


Figura 36. Categorías de Susceptibilidad a deslizamientos

Fuente: El Autor

Umbral más Alto de la Estabilidad.- Se caracterizan por terrenos muy escarpados, presentan zonas en donde existen fuerzas desestabilizadoras que superan ampliamente a las estabilizadoras, compuestos por material volcánico - sedimentario como las tobas Andesíticas con base limo-arcillosa de la formación Sacapalca, Filitas altamente meteorizadas de la serie Tahuin y Arcillas de la formación Gonzanamá, ocupa una superficie de 2.15 ha (3.6%) del total del área de estudio.

Umbral más Bajo de la Estabilidad.- Se caracterizan por terrenos escarpados con pendientes entre 50 y 75%, compuestos por Arcillas plásticas de la formación Sacapalca y Filitas altamente meteorizadas con base arcillosa de la Serie Tahuin, ocupa una superficie de 2.03 ha (3.4%) del total del área de estudio.

Casi estable.- Se caracterizan por terrenos moderadamente escarpados con pendientes de 30 y 50%, compuestas por Lutitas, Arcillas limosa de la formación Sacapalca, ocupa una superficie de 1.85 ha (3.1%) del total del área de estudio.

Moderadamente Estable.- Se caracterizan por pendientes poco inclinadas entre 15 y 30%; en la cual se encuentra la zona urbana de la parroquia, compuestas por material granular de grano medio a grueso como las gravas y arenas pertenecientes a la formación Sacapalca, zonas en donde las condicionantes para la inestabilidad no superan a las desencadenantes así se presente los escenario propicios, ocupa una superficie de 3.29 ha (5.5%) del total del área de estudio.

Estable.- Se caracterizan por la estabilidad del terreno, con pendientes muy bajas entre 0 y 15%, en la cual se encuentra ubicada la zona urbana, en la que se está utilizando para zonas de extensión de la mismas, compuestas por material granular de grano medio a grueso como las gravas y arenas pertenecientes a la formación Sacapalca, ocupa una superficie de 49.95 ha (84.3%) del total del área de estudio.

Criterio Técnico.- Para elaborar el mapa de susceptibilidad a deslizamientos se realizó a través del método Heurístico, en donde se utilizó las varias variables como la topografía, geología, geomorfología, pendientes y cobertura vegetal y el método Determinístico, utilizando parámetros como las densidad del material, la cohesión y ángulo de fricción interna, todos estos datos se realizaron a través de trabajo de campo, levantamiento de información, tomas de muestras y de laboratorio como los ensayos SEV y SPT , dichos ensayos nos sirvió para poder validar dicha información levantada en el campo en lo referente al tipo de material existente en la zona de estudio, ensayos que fueron realizados

en el laboratorio ESTSUELCON CIA.LTDA y a demás sirvieron para poder dar una categorización de los pesos a cada uno de los materiales existentes en la zona de estudio.

A demás conociendo cada una de las zonas susceptibles a deslizarse por medio de los dos métodos Heurístico y Determinístico, se podría decir que es un resultado verdadero y eficaz, ya que se conoce en su totalidad la zona de estudio y principalmente las zonas en donde se producen los deslizamientos, por ejemplo en la urbanización “Reina del Cisne” que pertenece a la cabecera parroquial se dan estos deslizamientos produciendo graves daños a infraestructuras principalmente en épocas invernales, lo que ha conllevado a que se realice un canal para la desviación de los sedimentos, lo cual se podría decir que es verificado en el mapa final ya que esta urbanización se encuentra en zonas de susceptibilidad media ya que como se dijo anteriormente solo se dan en épocas invernales.

Como resultado final se tiene el Mapa Susceptibilidad a deslizamientos por el método Determinístico, a escala de impresión 1:4 000 en formato A3, **ver anexo 9.**



Foto 21. Canal destinado a evacuación de los sedimentos producidos por la lluvia en la urbanización “Reina del Cisne”.

Fuente: El Autor

6.2.8. Inventario a deslizamientos.

De acuerdo al inventario realizado se encontraron alrededor de 3 deslizamientos que ocupan una superficie de 0.5 hectáreas aproximadamente, estos deslizamientos fueron caracterizados en tablas técnicas como se observa en el **Anexo 10**.

Se realizó una correlación tanto los deslizamientos con el mapa de susceptibilidad en el cual se obtuvo que 1 de ellos se ubican en la zona de “**Muy Alta susceptibilidad**”, 1 en la zona de “**Alta susceptibilidad**” y 1 en el área de “**Media susceptibilidad**” como se muestra en la siguiente tabla.

Deslizamiento	Coordenadas		Área	Categoría
Código	X	Y	(ha)	
D1	673371.037	9 563735.88	0.07	Muy Alta Susceptibilidad
D2	673 406.79	9 564 069.90	0.11	Alta Susceptibilidad
D3	673 539.01	9 564 301.17	0.17	Media Susceptibilidad

Tabla 55. Inventario de deslizamientos.

Fuente: El Autor.

Como se puede observar el area de los deslizamientos no son de gran proporción, son pequeños entre alturas de 12 a 10 metros, producidos por la apertura de vías de segundo orden destinadas a la agricultura, y ganadería, los cuales se originan en épocas invernales.

6.3. Caracterización geotécnica

La caracterización geotécnica es la que comprende el reconocimiento de campo, la investigación del subsuelo, los análisis y recomendaciones de ingeniería necesarios para el diseño y construcciones de las obras en contacto con el suelo, de tal forma que garantice un comportamiento adecuado de las estructuras para diferentes obras civiles, en este contexto existen diferentes métodos directos e indirectos de exploración geotécnica, entre los cuales tenemos:

- e. **Métodos Indirectos:** Sondeos Eléctricos Verticales (SEV)
- f. **Métodos Directos:** Ensayo de Penetración Estándar (SPT)

Estos ensayos como se dijo anteriormente se los realizó con el objetivo de obtener información relevante y apropiada para poder asignar de forma más precisa los pesos de cada uno de los factores que intervienen en el mapa final de susceptibilidad a deslizamientos.

6.3.1. Sondeos eléctricos verticales (SEV)

En la zona de estudio se realizaron 2 sondeos eléctricos verticales distribuidos en base a la información existente realizada del sector, se procedió a marcar los puntos de interés para la realización de los Sondeos Eléctricos Verticales (SEV) y perfiles geoeléctricos, como se muestra en la **figura 37**, para interpretar la estructura del subsuelo y contenido de agua en los estratos de acuerdo a su resistividad.

UBICACIÓN DE LAS LINEAS SEV

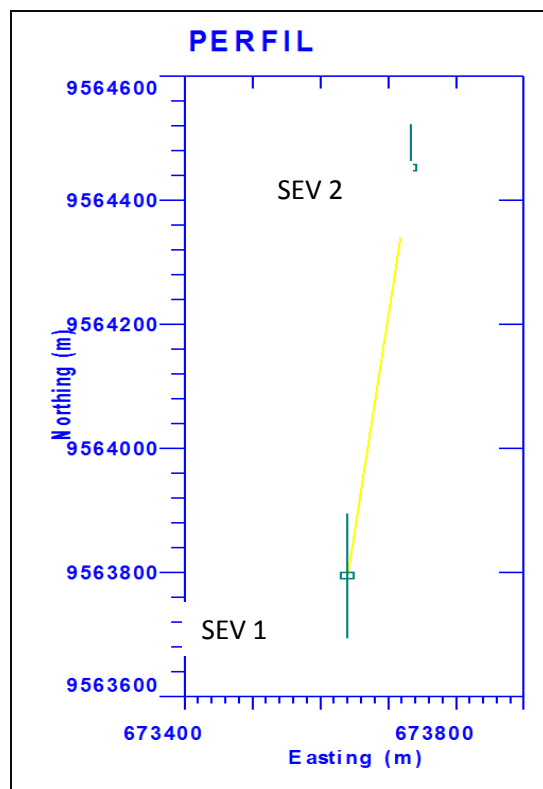


Figura 37. Ubicación de las líneas SEV
Fuente: Laboratorio ESTSUELCON CÍA.LTDA

Los Sondeos Eléctricos Verticales se realizaron mediante la configuración de Schlumberger de 4 electrodos:

SEV	Punto Inicial		Punto Final	
	X	Y	X	Y
Línea 1	673468.987	9564051.959	673558.896	9564309.187
Línea 2	674009.380	9564309.187	674133.037	9564208.407

Tabla 56. Coordenadas UTM de los sondeos eléctricos verticales.

Fuente: Elaborado por el Autor

➤ **Línea 1.**

Esta línea se realizó al S-W de la parroquia, en donde se está expandiendo la cabecera parroquial como referencia al margen derecho de la panamericana que conduce a la Costa, donde se llegó hasta una abertura máxima AB/2 de 100 m, se efectuó 21 mediciones de campo, como se muestra en la **tabla 57**.

SEV 1

N°	A/B	MN	Intensidad	Resistividad Aparente
1	1	1	5	13.169
2	1.5	1	5	1.94
3	2	1	5	0.6596
4	2.5	1	5	0.3477
5	2.5	2	5	0.8648
6	3	1	10	0.1819
7	3	2	10	0.4211
8	5	2	20	0.08745
9	7	2	20	0.03811
10	10	2	50	0.01953
11	10	5	50	0.05907
13	15	5	100	0.00764
14	20	5	100	0.02098
15	20	20	100	0.01262
16	30	5	100	0.071722
17	30	20	100	0.00675
18	40	20	100	0.03308
19	50	20	100	0.020191
20	70	20	100	0.014033
21	100	20	100	0.007977

Tabla 57. Mediciones obtenidas en campo del SEV 1

Fuente: Laboratorio ESTSUELCON CÍA.LTDA

Con los resultados de campo se procedió al cálculo de los SEV y perfiles eléctricos por medio del uso del Software IX1D v3, en el cual se usó el modelo de Smooth para el cálculo de los SEVs y las ecuaciones de Zaborovsky para la interpolación de los perfiles y obtención de los contornos.

CURVA DE RESISTIVIDAD APARENTE SEV 1

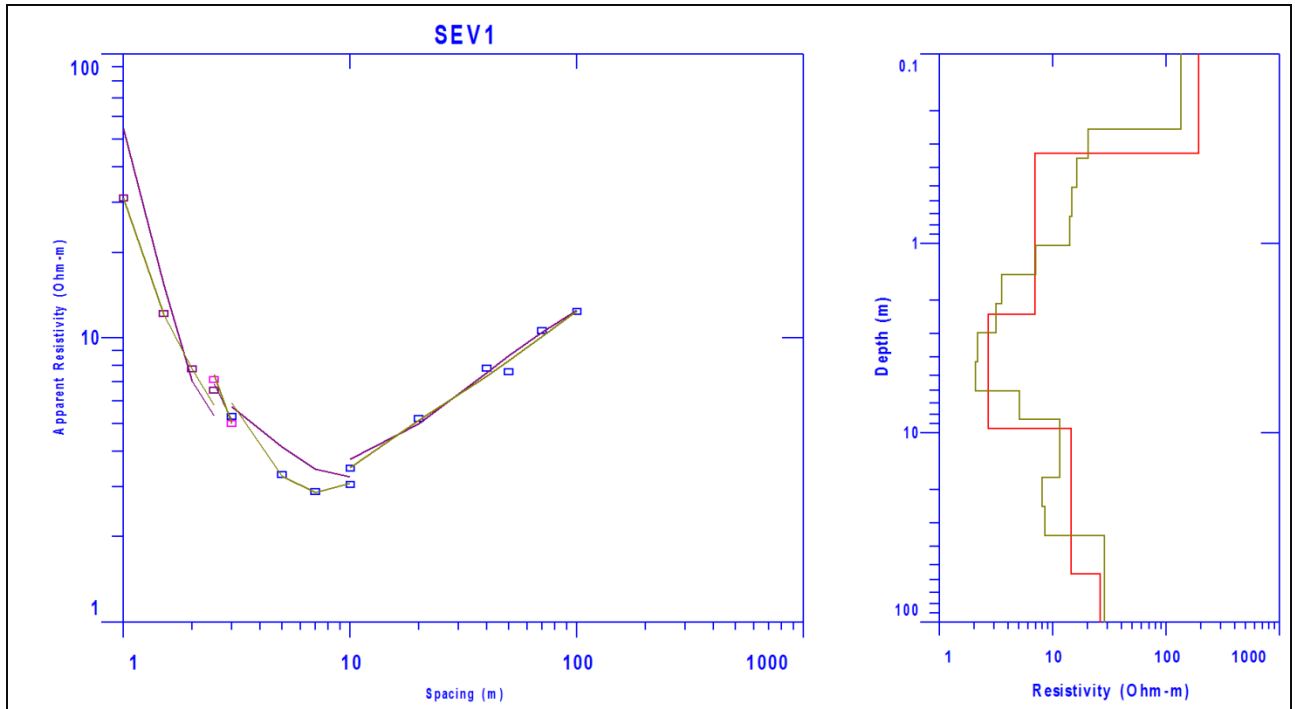


Figura 38. Curva de resistividad aparente por medio de las ecuaciones de Zaborovsky del SEV 1

Fuente: Laboratorio ESTSUELCON CÍA.LTDA

La primera capa corresponde a horizontes de **material de cobertura de granulometría fina-media, limos**, con una potencia aproximada de 0,341m y una resistividad igual a 192.4Ω-m.

En la segunda capa que corresponde a **arcilla de alta plasticidad**, con una potencia de 2.68m y una resistividad de 2.67-25.15 Ωm, lo que nos da concluir que a mayor profundidad mayor consistencia del suelo, como se muestra en la **tabla 58**.

SEV 1			
Capas N°	Espesor (m)	Resistividad (Ohmios - metros)	Geología Asumida
I	0.341	192.4	Horizonte que corresponden a material de cobertura de granulometría fina-media, limos.
II	2.03-46.4	2.67-25.15	Arcilla de alta plasticidad, a mayor profundidad mayor consistencia del suelo.

Tabla 58. Cálculo del SEV 1, a través del modelo de Smooth
Fuente: Laboratorio ESTSUELCON CÍA.LTDA

➤ **Línea 2.**

Esta línea se realizó al N-E de la parroquia, en otra zona en donde se está expandiendo la cabecera parroquial como referencia al margen izquierdo de la vía que conduce a la parroquia El Cisne, donde se llegó hasta una abertura máxima AB/2 de 70 m, se efectuó 20 mediciones de campo, como se muestra en la **tabla 59**.

SEV 2

N°	A/B	MN	Intensidad	Resistividad Aparente
1	1	1	5	21.749
2	1.5	1	5	6.9369
3	2	1	5	3.4045
4	2.5	1	5	2.305
5	2.5	2	5	5.11
6	3	1	10	1.5087
7	3	2	10	3.2087
8	5	2	20	1.2784
9	7	2	20	0.6373
10	10	2	50	0.3574
11	10	5	50	0.9505
13	15	5	50	0.0315
14	20	5	50	0.3456
15	20	20	50	0.1758
16	30	5	50	0.8465
17	30	20	50	0.06901
18	40	20	50	0.2923
19	50	20	50	0.1504
20	70	20	50	0.08609

Tabla 59. Mediciones obtenidas en campo del SEV 2
Fuente: Laboratorio ESTSUELCON CÍA.LTDA

CURVA DE RESISTIVIDAD APARENTE SEV 2

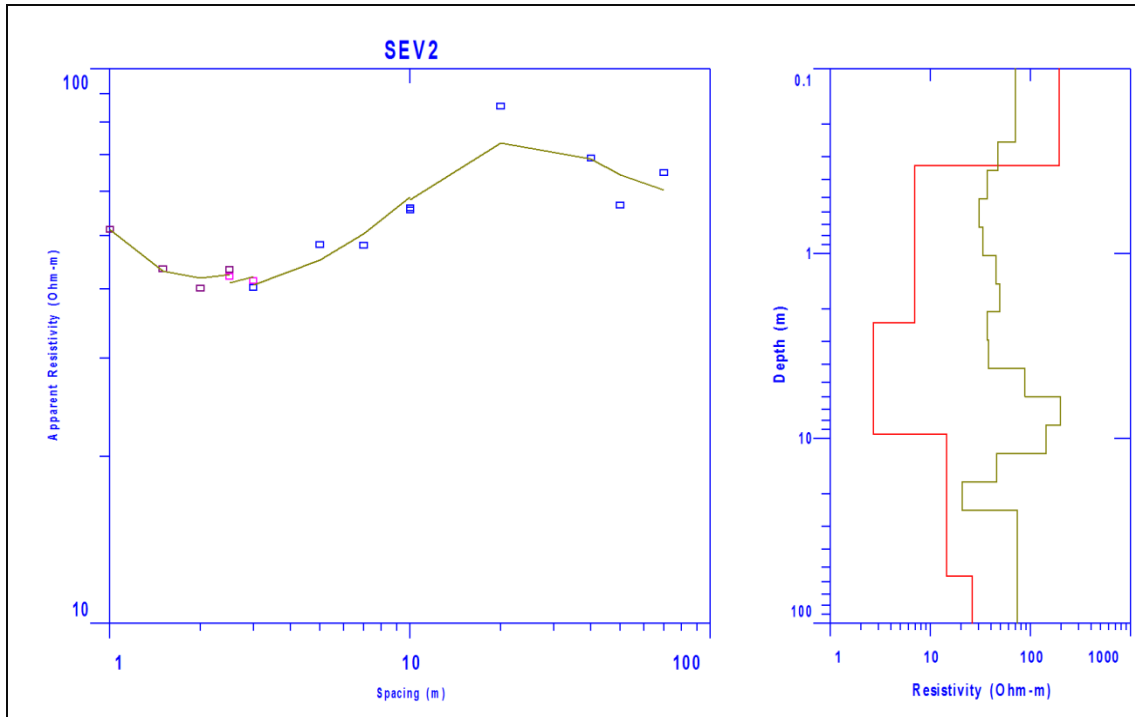


Figura 39. Curva de resistividad aparente por medio de las ecuaciones de Zaborovsky del SEV 2
Fuente: Laboratorio ESTSUELCON CÍA.LTDA

La primera capa corresponde a horizonte de **material granular de grano medio a grueso**, con una potencia aproximada de 0.50-6.70 m y una resistividad igual a 36.66-53.53 Ω -m.

En la segunda capa se llegó **al Sustrato rocoso de la formación Sacapalca**, con una potencia de 0.41-17.16 m y una resistividad de 1179.7-5223.6 Ω m, como se muestra en la **tabla 60**.

SEV 2			
Capas N°	Espesor (m)	Resistividad (Ohmios - metros)	Geología Asumida
I	0.50-6.70	36.66-53.53	Material granular de grano medio a grueso.
II	0.41-17.16	1179.7-5223.6	Sustrato rocoso formación Sacapalca

Tabla 60. Cálculo de los SEV 2, a través del modelo de Smooth
Fuente: Laboratorio ESTSUELCON CÍA.LTDA

PERFILES ELÉCTRICOS

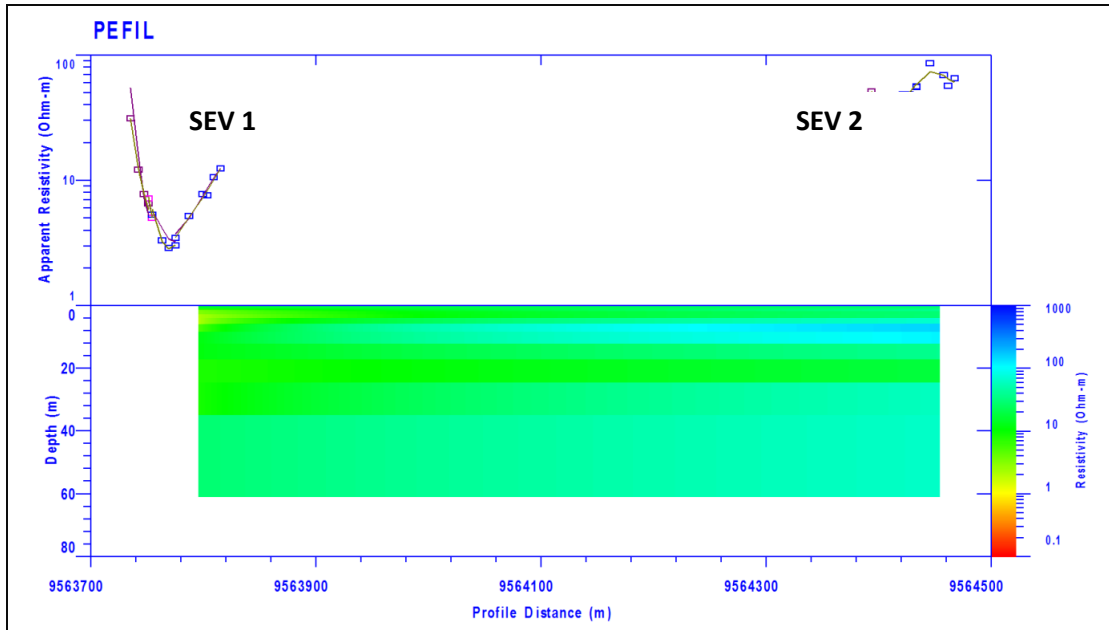


Figura 40. Perfiles eléctricos de los SEV1 y SEV2, por medio de las ecuaciones de Zaborovsky
Fuente: Laboratorio ESTSUELCON CÍA.LTDA

g. Perfiles geoelectricos de los sondeos eléctricos verticales (SEV)

Los diferentes perfiles geoelectricos de cada uno de los SEV se los elaboró manualmente , con los resultados dados por el laboratorio “ESTSUELCON CÍA.LTDA” mediante la relación de las resistividades obtenidas por el procesamiento de los datos de campo por el software IX1D v3. El perfil geoelectricos se muestran a continuación:

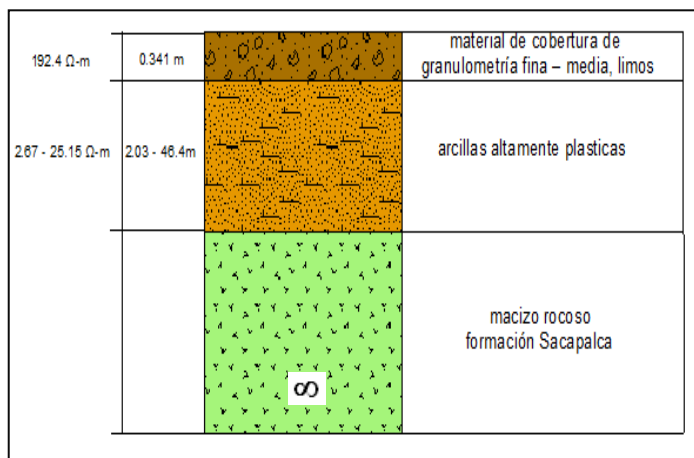


Figura 41. Perfil geoelectrico del SEV1
Fuente: El Autor a través de los datos del laboratorio ESTSUELCON CÍA.LTDA

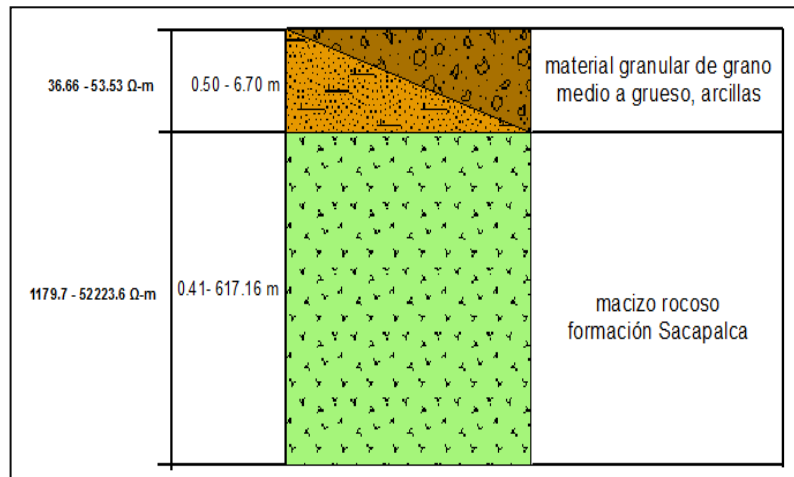


Figura 42, Perfil geoelectrico del SEV2

Fuente: El Autor a través de los datos del laboratorio ESTSUELCON CÍA.LTDA

h. Corte geoelectrico

Los resultados alcanzados por medio de los sondeos eléctricos se correlacionaron con la geología local, los SPT, obteniendo 1 corte geoelectrico, lo que se comprueba la presencia de 3 capas, cuya disposición desde la superficie hasta el suelo es de: suelos finos, arcillas de alta plasticidad, arenas limosas y arcillas intercaladas con gravas arcillosas y el macizo rocoso.

➤ Corte 1

Es el resultado de la interpolación de los sondeos eléctricos 1 y 2 con dirección NS de manera paralela, en el cual se puede observar cómo se indicó anteriormente, suelos finos, arcillas de alta plasticidad, arenas limosas y arcillas intercaladas con gravas arcillosas y el macizo rocoso. **Ver anexo 11.**

6.3.2. Ensayo de Penetración Estándar

Se realizó dos ensayos de penetración estándar ubicados en dirección N-S, tomando en cuenta variables como la geología, la geomorfología del sector y una variable importante como la expansión de la zona urbana, los cuales nos ayudara a comprobar el tipo de material y el posible contenido de agua en los estratos.

➤ SPT #1

El primero se realizó en sentido S-W, en donde existen nuevas aperturas de urbanizaciones y calles nuevas, producto de la extensión de la zona urbana, por lo que se vio la necesidad y la formas más óptima de realizar en el ensayo en dicho lugar, los cuales fueron realizados por los servicios del laboratorio ESTSUELCON CIA. LTDA

Los resultados de clasificación de suelos en el laboratorio dieron como resultado a “**Arcillas de alta Plasticidad**” que van desde 1 m a 4 metros del total de la perforación, como se muestra en la **tabla 61**.





SPT 1			
COORDENADA		X: 673 594	Y: 9 563 791
PROFUNDIDAD (m)	COLOR	COMPOSICIÓN	DESCRIPCIÓN
0 - 1		C.H = 29% L.L = 93% L.P = 28% I.P = 66%	Arcilla de Alta Plasticidad
1 - 2		C.H = 31% L.L = 94% L.P = 28% I.P = 66%	Arcilla de Alta Plasticidad
2 - 3		C.H = 29% L.L = 93% L.P = 37% I.P = 56%	Arcilla de Alta Plasticidad
3 - 4		C.H = 27% L.L = 88% L.P = 30% I.P = 58%	Arcilla de Alta Plasticidad

Tabla 61. Clasificación del suelo en el SPT 1

Fuente: Elaborado por el Autor a partir de los datos del laboratorio ESTSUELCON CÍA.LTDA

A continuación se visualiza los testigos de perforación de la zona de estudio.



Foto 22. Testigos de perforación de la zona de estudio, SPT1

Fuente: El Autor

➤ **SPT #2**

El segundo se realizó en sentido N-W, en donde de la misma manera, existen nuevas aperturas de urbanizaciones, lotizaciones, producto de la extensión de la zona urbana, por lo que se vio la necesidad y la formas más óptima de realizar en el ensayo en dicho lugar, los cuales fueron realizados por los servicios del laboratorio ESTSUELCON CIA. LTDA.

Los resultados de clasificación de suelos en el laboratorio dieron como resultado, a 1 metro “**Gravas mal gradadas a bien gradadas**”; a 2 metros “**Arena limosa**”; a 3 metros “**Arena Arcillosa**”; a 4 metros “**Grava Arcillosa**” y a 5 y 6 metros “**Arena arcillosa**”, como se muestra en la **tabla 62**.






SPT 2			
COORDENADA		X: 673 902	Y: 9 564 443
PROFUNDIDAD (m)	COLOR	COMPOSICIÓN	DESCRIPCIÓN
0 - 1		C.H = 6% L.L = 36% L.P = 19% I.P = 17%	Gravas mal gradadas a bien gradadas
1 - 2		C.H = 36% L.L = 36% L.P = 32% I.P = 4%	Arena limosa
2 - 3		C.H = 7% L.L = 42% L.P = 20% I.P = 22%	Arena arcillosa
3 - 4		C.H = 12% L.L = 41% L.P = 19% I.P = 22%	Grava arcillosa
4 - 5		C.H = 10% L.L = 36% L.P = 21% I.P = 15%	Arena arcillosa
5 - 6			

Tabla 62. Clasificación del suelo en el SPT 2

Fuente: El Autor a partir de los datos del laboratorio ESTSUELCON CÍA.LTDA

Todos estos datos técnicos otorgados por el laboratorio ESTSUELCON CÍA. Se los puedo observar en el **anexo 12**.

A continuación se visualiza los testigos de perforación de la zona de estudio.



Foto 23. Testigos de perforación de la zona de estudio, SPT 2
Fuente: El Autor

6.3.3. Interpretación Geotécnica

La interpretación geotécnica tiene como primordial, el conocer el comportamiento del terreno ante la influencia de parámetros litológicos, con el fin de determinar la calidad de suelo para la construcción de cimentaciones.

En la zona de estudio afloran depósitos del Paleógeno – Eoceno (Terciario) y de Orogenia Laramidica (Mesozoico), en los cuales se puede encontrar la presencia de rocas Volcano-sedimentario y Filitas altamente meteorizadas.

Cabe recalcar que dentro de este estudio, se encuentra la formación Gonzanamá, en pequeña porción del área de estudio, esta formación descansa discordantemente sobre la formación Sacapalca, y se la puede observar en los barrios de la cabecera parroquial en sentido N-E, como referencia la vía a la parroquia el Cisne. De la misma manera se encuentra la serie Tahuin, la cual se encuentra a los alrededores de la zona urbana en las partes con pendientes altas, por tal motivo, se vio la necesidad, la factibilidad y lo económico de realizar los estudios geotécnicos solo en la cabecera parroquial en la formación Sacapalca, por motivos antes dichos de la expansión urbana.

Por tal motivo tenemos la unidad geológica-geotécnica que se describen a continuación

- Depósitos del Paleógeno – Eoceno (Terciario), por material volcano - sedimentario

- **Descripción geotécnica de los materiales**

Con las unidades geológicas consideradas y del estudio de los resultados de los ensayos de laboratorio, se han establecido las unidades geotécnicas que se describen a continuación:

- a. Depósitos del Paleógeno – Eoceno (Terciario), por material volcano – sedimentario.**

Se encuentra definido por rocas de origen volcano – sedimentario, como las tobas andesíticas con matriz tanto arcillosas, limosas y arenosas, que se puede encontrar en las partes altas de la cabecera parroquial, en la cabecera parroquial y en donde se realizaron

los estudios geotécnicos, se tiene material de granulometría fina – media, limos ; arcillas de alta plasticidad , como también material granular de grano medio a grueso , producto de la erosión, meteorización y transporte de las rocas que se encuentran en las pendientes altas, a mayor profundidad de investigación de los SPT, se encuentra el sustrato rocoso de la formación Sacapalca.

En el primer ensayo se tiene material que presenta **resistencia media-baja**; es decir es excavable por medios mecánicos. Corresponde a materiales con un porcentaje alto (**a finos 72-82%**); bajo a medio (**a arenas 16-27%**); y plasticidades medias - altas (**LL 88-94%**, **LP 28-37%**), estos suelos se caracterizan por tener humedad media (**entre 27-31%**), presenta una consistencia de **Firme a Muy Firme**, según Terzaghi y Peck.

En el segundo ensayos se tiene material que presenta **resistencia media-baja**; es decir es excavable por medios mecánicos. Corresponde a materiales con un porcentaje bajo y medio (**a finos 1-42%**); bajo a medio (**a arenas 32-45%**); medio y alto (**a gravas 23-66%**) y plasticidades bajas y medias (**LL 36-41%**, **LP 19-32%**), estos suelos se caracterizan por tener humedad media (**entre 6-36%**), presenta una consistencia **Firme a Dura**, según Terzaghi y Peck determinaron escalas, en función del valor N de S.P.T, tal como se muestra en la **figura 43**.

Numero de golpes Nspt	Consistencia
0-2	Muy blanda
3-5	Blanda
6-10	Media
11-20	Firme
21-30	Muy firme
>30	Dura

Figura 43. Consistencia de suelos cohesivos.
Fuente: Terzaghi y Peck.

Relacionando el tipo de material con valores N del SPT que nos muestra la **figura 44**, la primera exploración corresponde a **suelos flojos o blandos** y la segunda exploración a **suelos compactos o duros**.

Tipo de suelos	N _{SPT}	qu(KN/M ²)	qu (kp/cm ²)	E(MN/m ²)	E(kp/cm ²)/F=2
Suelos muy flojos o muy blandos	< 10	0-80	0-0.082	<8	40.77
Suelos flojos o blandos	10-25	80-150	0.82-1.53	8-40	40.77-203.87
Suelos medios	25-50	150-300	1.53-3.06	40-100	203.87-509.68
Suelos compactos o duros	50-Rechazo	300-500	3.06-5.10	100-500	509.68-2548.42
Rocas blandas	Rechazo	500-5.000	5.10-50.97	500-8.000	2548.42-40774.67
Rocas duras	Rechazo	5.000-40.000	50.97-407.75	8.000-15.000	40774.67-76452.59
Rocas muy duras	Rechazo	>40.000	>407.75	>15.000	>76452.59

Figura 44. Valores de N SPT resistencia a compresión simple y módulo de elasticidad (Modificada).

Fuente: Noriega José M. 2008. “Técnicas de Investigación del suelo: Elaboración e interpretación de estudios geotécnicos.

A continuación se presenta los análisis respectivos como, la descripción de los materiales encontrados, el análisis - discusión de resultados y recomendaciones dadas por laboratorio ESTSUELCON CÍA.

6.3.3.1. Descripción de los materiales encontrados

Los suelos encontrados en la exploración #1 se tiene suelos finos, arcillas de alta plasticidad y en la exploración #2 arenas limosas y arcillosas intercaladas con gravas arcillosas (CH1– SC – SM – GC – GW/GP), tal como se indica en el resumen de datos de campo, laboratorio y resistividades obtenidas (**Anexo 13**).

6.3.3.2. Análisis y discusión de resultados

Del estudio de las características de los diferentes suelos, así como del análisis de los resultados de laboratorio, se puede establecer lo siguiente:

- Los suelos encontrados tienen una capacidad de carga que va aumentando con la profundidad en las dos exploraciones.
- Para construcciones en este tipo de suelos arcillosos de alta plasticidad, se debe realizar un mejoramiento del suelo con material granular o realizar cimentaciones en el suelo firme.

6.3.3.3. Recomendaciones

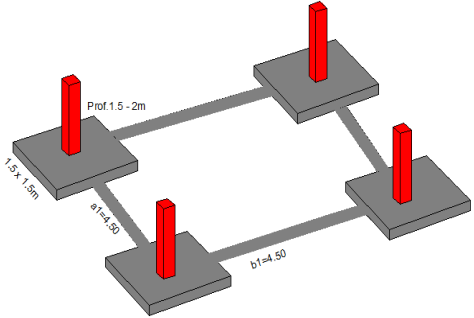
Cimentar las estructuras sobre material de mejoramiento o losas de cimentación a una profundidad de 2 metros con una capacidad admisible mayor a 2 Kg/cm² para edificaciones livianas, para cimentar edificios de gran altura proteger las cimentaciones con drenaje a la profundidad que se encuentra el nivel freático de tal manera que no afecte a las estructuras y en lo posible realizar exploraciones a una profundidad de 1.5 a 2 veces el ancho del edificio y un número de perforaciones de entre 3 a 5.

Todos estos análisis fueron otorgados por el laboratorio laboratorio ESTSUELCON CÍA.

➤ **Calculo de la acimentación.**

DATOS:

- **Base de Cimentación:** 1,5 x 1,5
- **Carga Muerta (CM):** 250 Kg/m²
- **Carga Viva (CV):** 250 Kg/m²
- **Carga Admisible (qa):** 2,34 Kg/cm² = 23,4 ton/m².

<p>1. Área Colaborante</p> $Ac = a1 * b1$ $Ac = 3,5 \text{ m} * 4,5 \text{ m}$ $Ac = \mathbf{15,7}$		
<p>2. Carga Total.</p> $C = CM + CV$ $C = 250 \text{ kg/m}^2 + 250 \text{ Kg/m}^2$ $C = \mathbf{500 \text{ kgm}^2}$	<p>3. Carga total (Q).</p> $Q = (C * Ac) * 4$ $Q = (500 \text{ kg/m}^2 * 15,2 \text{ m}^2) * 4$ $Q = 31500 \text{ Kg}$ $Q = \mathbf{31,5 \text{ ton}}$	

<p>4. Relación Carga Vs. q Portante.</p> $q = \frac{Q}{A}$ $q = \frac{31.5 \text{ ton}}{2,25\text{m}^2}$ <p style="text-align: center;">q=14 ton/m²</p> <p>q=14 ton/m² < q_a= 23,4 ton/m².</p>	<p>5. Acimentación</p> $A = \frac{Q}{q \text{ Admisible}}$ $A = \frac{31.5 \text{ ton}}{23,4 \text{ ton/m}^2}$ <p style="text-align: center;">A= 1.35 m² =0.7 m</p>
--	---

*Criterio: = (0,68 m) quiere decir que se puede realizar cimentaciones hasta de (0,7 x 0,7) m pero no se recomienda ya que el estándar es de (1,5 x 1,5) m.

6.3.4. Cálculo de factor de seguridad

Los ábacos de Hoek y Bray (1977) proporcionan un límite inferior del factor de seguridad, asumiendo que las tensiones normales en la superficie de deslizamiento se concentran en un solo punto.

Dicho método se basa en primera instancia a la disponibilidad de datos geométricos del deslizamiento (ángulo y altura del talud, y sus dimensiones) y parámetros resistentes típicos (ángulo de fricción interna y cohesión) existentes basándonos en la propuesta de Orta Amaro Pedro Andrés, Explotación eficiente de máquinas de construcción, como se muestra en la **tabla 63**. Con todo esto se determina factores de seguridad para cada talud evaluado.

TIPO DE SUELO	γ (T/m ³)	Φ (grados)
Bloques y bolos sueltos	1.70	35 – 40°
Grava	1.70	37.5°
Grava arenosa	1.90	35°
Arena compacta	1.90	32.5 – 35°
Arena semicompacta	1.80	30 – 32.5°
Arena suelta	1.70	27.5 – 30°
Limo firme	2.00	27.5°
Limo	1.90	25°
Limo blando	1.80	22.5°

Marga arenosa rígida	2.20	30°
Arcilla arenosa inestable	1.90	25 - 30°
Arcilla media	1.80	20°
Arcilla blanda	1.70	17.5°
Fango blando arcilloso	1.40	15°
Suelos orgánicos (turba)	1.10	10 – 15°

Tabla 63. Densidad del material, Angulo de Fricción Interna

Fuente: Orta Amaro Pedro Andrés, Explotación eficiente de máquinas de construcción. Universidad Central de la Villas 2007.

Una vez, logrados los datos antes referidos se plasman en ábaco de cálculos ya mencionado a fin de evaluar la condición de estabilidad de los taludes estudiados y definir el tipo de suelo, en nuestro caso, más influyente en la generación de estos deslizamientos de tierra.

Esta información es básica para las medidas correctoras y/o estabilizadores que se deseen ejecutar. La funcionalidad del método propuesto, reside en tres modelos numérico que se indican a continuación:

$$R = \frac{c'}{\phi \times H \times \tan \phi}$$

$$X = \frac{c'}{\phi \times H \times F_s}$$

$$Y = \frac{\tan \phi}{F_s}$$

Dónde:

- **c'**: Cohesión del suelo expresada en unidades de kg /cm²
- **γ**: Peso específico del material
- **H**: Altura del talud medido en metros.
- **φ**: Ángulo de fricción interna. Unidades expresadas en grados o porcentaje.
- **F**: Factor de Seguridad. Unidad adimensional

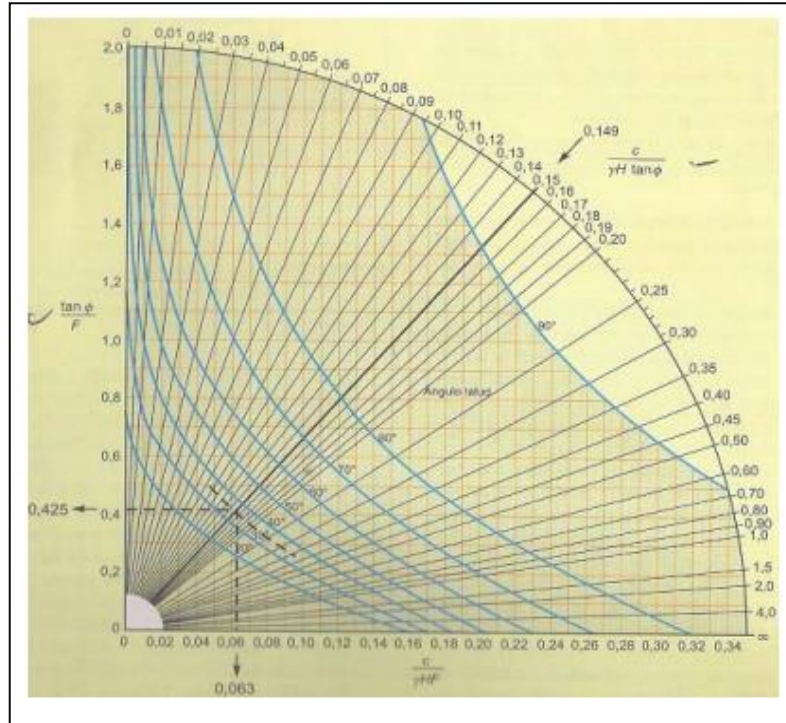


Figura 45. Método de cálculo de Hoek y Bray

Fuente: Características físicas típicas de diversos suelos. Luis Bañón Blázquez

Es necesario aclarar que el factor de seguridad fue calculado en varios escenarios, con el objeto de obtener las gráficas de sensibilidad para cada uno de los deslizamientos.

Así mismo se realizó dos cálculos por cada deslizamiento, con datos de peores y mejores condiciones del terreno respectivamente, con el propósito de comparar los resultados obtenidos.

Resultados analíticos

A) Talud N° 1: Sector : vía de segundo orden (vía al cementerio)

El tipo de material predominante in situ es la arcilla semi-compactada con presencia en pequeñas intercalaciones de limos. Por lo tanto, se tiene los siguientes datos.

DATOS	Variable 1	Variable 2	Variable 3
Cohesión (c´)	1.10 ton/m2	1.79ton/m2	1.79ton/m2
Angulo de fricción interna (θ)	30°	30°	30°
Altura del talud (H)	10 m	7 m	5 m
Angulo del talud (Ψ)	70°	70°	70°
Peso específico del material (γ)	1.90ton/m3	1.90ton/m3	1.90ton/m3

Tabla 64. Datos para el cálculo del Factor de Seguridad Talud Nro. 1

Fuente: Ensayos de laboratorio y trabajo de campo

▪ **Calculo de la Resistencia 1-2-3**

$$R_1 = \frac{c'}{\gamma \cdot H \cdot \tan \theta} = \frac{1.10 \text{ ton/m}^2}{1.90 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \cdot 10 \text{ m} \cdot \tan 30} = 0.10$$

$$R_2 = \frac{c'}{\gamma \cdot H \cdot \tan \theta} = \frac{1.10 \text{ ton/m}^2}{1.90 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \cdot 7 \text{ m} \cdot \tan 30} = 0.14$$

$$R_3 = \frac{c'}{\gamma \cdot H \cdot \tan \theta} = \frac{1.10 \text{ ton/m}^2}{1.90 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \cdot 5 \text{ m} \cdot \tan 30} = 0.20$$

Primera Variable

Calculo para X

$$X = \frac{c'}{\gamma \cdot H \cdot F_s}$$

$$0.0799 = \frac{1.10 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}}{1.90 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \cdot 10 \text{ m} \cdot F_s}$$

$$F_s = \frac{1.10 \text{ ton/m}^2}{0.0799 \cdot 19 \text{ ton/m}^2}$$

F_s = 0.73//

Calculo de Y

$$Y = \frac{\tan \phi}{F_s}$$

$$F_s = \frac{\tan 30}{0.735}$$

F_s = 0.73//

INESTABLE

Segunda Variable

Calculo para X

$$X = \frac{c'}{\phi \times H \times Fs}$$

$$0.09 = \frac{1.10 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}}{1.9 \frac{\text{ton}}{\text{ms}} \times 7 \text{m} \times Fs}$$

$$Fs = \frac{1.10 \text{ ton/m}^2}{0.09 \times 13.3 \text{ ton/m}^2}$$

$$Fs = 0.9//$$

Calculo de Y

$$Y = \frac{\text{tang } \phi}{Fs}$$

$$Fs = \frac{\text{tang } 30}{0.410}$$

$$Fs = 0.9$$

INESTABLE

Tercera Variable

Calculo para X

$$X = \frac{c'}{\phi \times H \times Fs}$$

$$0.1099 = \frac{1.10 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}}{1.9 \frac{\text{ton}}{\text{ms}} \times 5 \text{m} \times Fs}$$

$$Fs = \frac{1.10 \text{ ton/m}^2}{0.1099 \times 9.5 \text{ ton/m}^2}$$

$$Fs = 1.1//$$

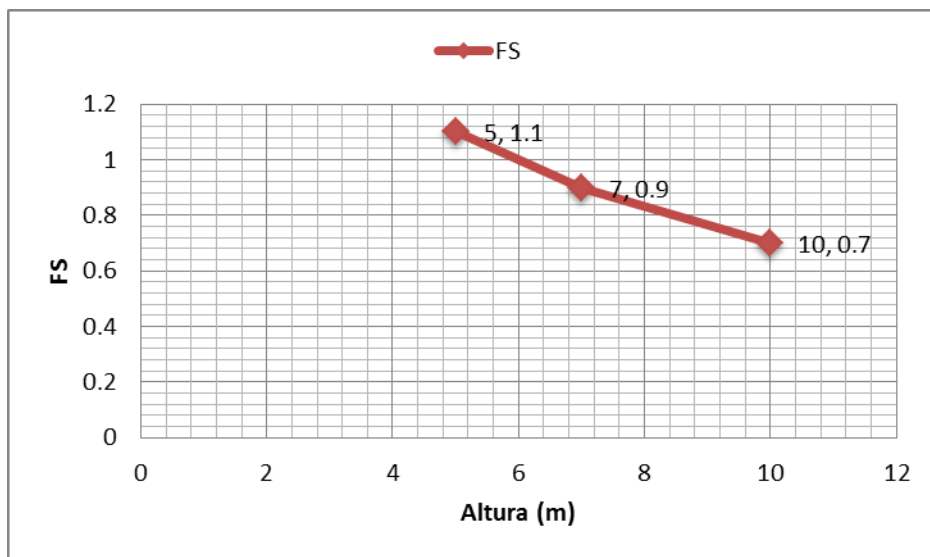
Calculo de Y

$$Y = \frac{\text{tang } \phi}{Fs}$$

$$Fs = \frac{\text{tang } 30}{0.499}$$

$$Fs = 1.1$$

ESTABLE



Grafica 1. Grafica de sensibilidad
Fuente: El Autor

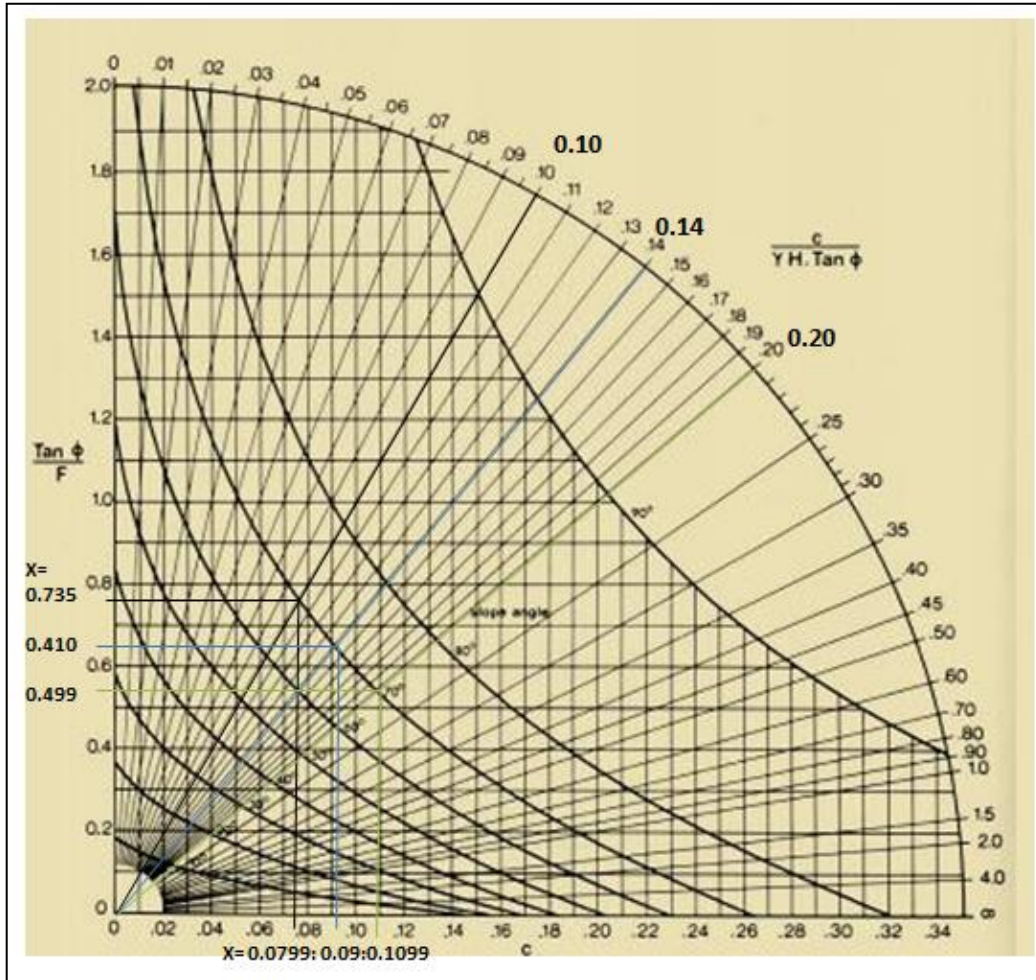


Figura 46. Cálculo de los ábacos de Hoek y Bray del 1 talud.
Fuente: El Autor

B) Talud N° 2: Sector : vía de segundo orden (vía al cementerio)

El tipo de material predominante in situ es la arcilla firme con presencia de arenisca, por lo tanto se tiene los siguientes datos.

DATOS	Variable 1	Variable 2	Variable 3
Cohesión (c')	1.10 ton/m ²	1.10 ton/m ²	1.10 ton/m ²
Angulo de fricción interna (θ)	30°	30°	30°
Altura del talud (H)	9.50 m	7 m	5 m
Angulo del talud (Ψ)	60°	60°	60°
Peso específico del material (γ)	1.90 ton/m ³	1.90 ton/m ³	1.90 ton/m ³

Tabla 65. Datos para el cálculo del Factor de Seguridad Talud Nro. 2
Fuente: Ensayos de laboratorio y trabajo de campo

▪ **Calculo de la Resistencia 1-2-3**

$$R_1 = \frac{\dot{c}}{\gamma \cdot H \cdot \text{tg} \theta} = \frac{1.10 \text{ton/m}^2}{1.90 \frac{\text{ton}}{\text{ms}} \cdot 9.50 \text{m} \cdot \text{tg} 30} = 0.10$$

$$R_2 = \frac{\dot{c}}{\gamma \cdot H \cdot \text{tg} \theta} = \frac{1.10 \text{ton/m}^2}{1.90 \frac{\text{ton}}{\text{ms}} \cdot 7 \text{m} \cdot \text{tg} 30} = 0.14$$

$$R_2 = \frac{\dot{c}}{\gamma \cdot H \cdot \text{tg} \theta} = \frac{1.10 \text{ton/m}^2}{1.90 \frac{\text{ton}}{\text{ms}} \cdot 5 \text{m} \cdot \text{tg} 30} = 0.20$$

Primera Variable

Calculo para X

$$X = \frac{c'}{\phi \times H \times F_s}$$

$$0.065 = \frac{1.10 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}}{1.90 \frac{\text{ton}}{\text{ms}} \times 9.50 \text{m} \times F_s}$$

$$F_s = \frac{1.10 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}}{0.03 \times 18.05 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}}$$

$F_s = 0.9//$

Calculo de Y

$$Y = \frac{\text{tang} \phi}{F_s}$$

$$F_s = \frac{\text{tang} 30}{0.598}$$

$F_s = 0.7$

INESTABLE

Segunda Variable

Calculo para X

$$X = \frac{c'}{\phi \times H \times F_s}$$

$$0.0898 = \frac{1.10 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}}{1.90 \frac{\text{ton}}{\text{ms}} \times 7 \text{m} \times F_s}$$

$$F_s = \frac{1.10 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}}{0.0898 \times 13.3 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}}$$

$F_s = 0.9//$

Calculo de Y

$$Y = \frac{\text{tang} \phi}{F_s}$$

$$F_s = \frac{\text{tang} 30}{0.556}$$

$F_s = 0.9$

INESTABLE

Tercer Variable

Calculo para X

$$X = \frac{c'}{\phi \times H \times F_s}$$

$$0.10 = \frac{1.19 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}}{1.90 \frac{\text{ton}}{\text{ms}} \times 5 \text{m} \times F_s}$$

$$F_s = \frac{1.10 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}}{0.10 \times 9.5 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}}$$

$F_s = 1.2//$

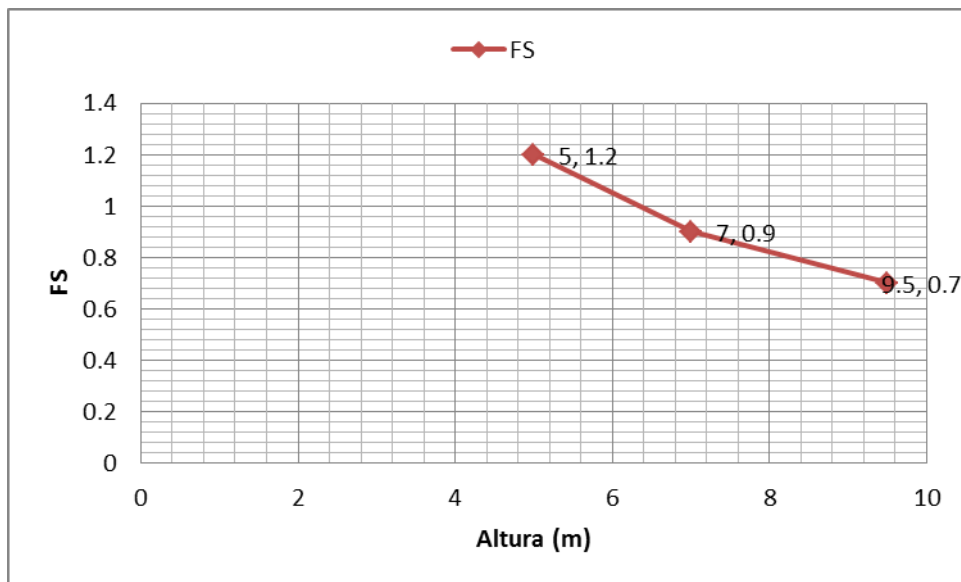
Calculo de Y

$$Y = \frac{\text{tang} \phi}{F_s}$$

$$F_s = \frac{\text{tang} 30}{0.5}$$

$F_s = 1.2$

ESTABLE



Grafica 2. Grafica de sensibilidad

Fuente: El Autor

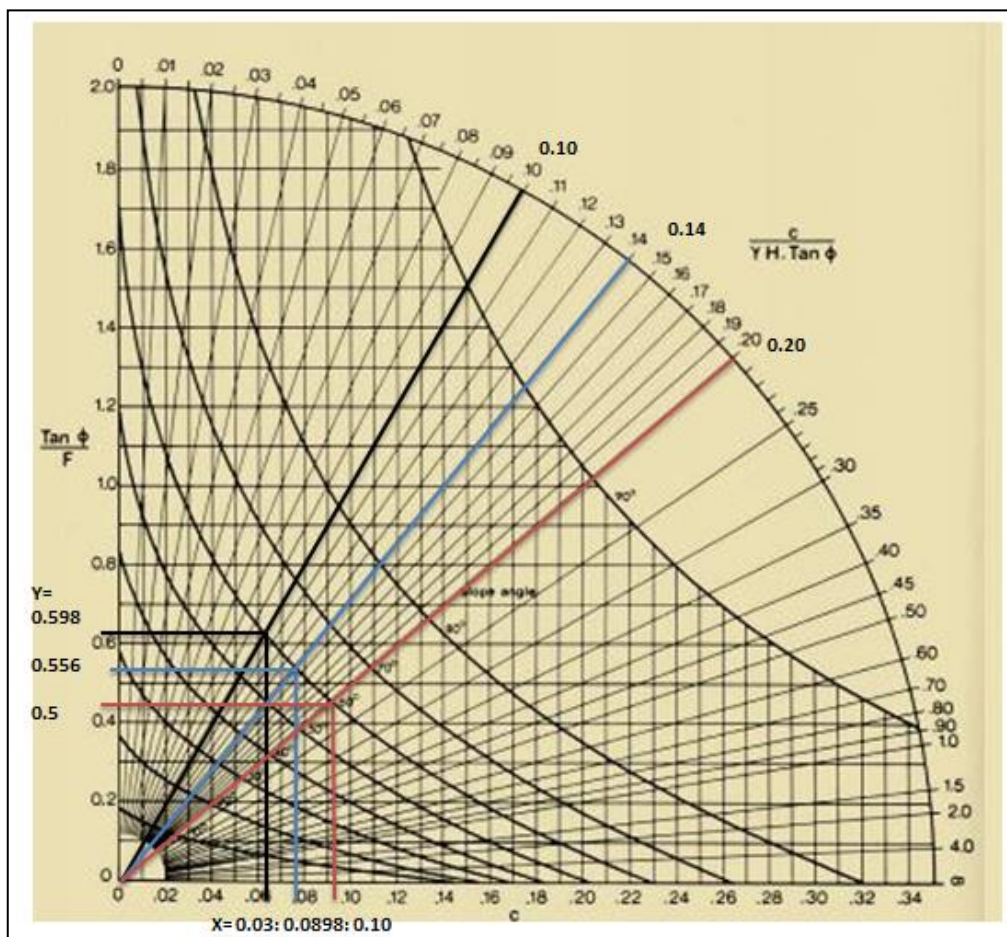


Figura 47. Cálculo de los ábacos de Hoek y Bray del 2 talud.

Fuente: El Autor

A) **Talud N° 3:** Sector : Vía de segundo orden

El tipo de material predominante in situ es la arcilla firme con presencia de arenisca, por lo tanto se tiene los siguientes datos.

DATOS	Variable 1	Variable 2	Variable 3
Cohesión (c´)	1.10ton/m2	1.10ton/m2	1.10ton/m2
Angulo de fricción interna (θ)	30°	30°	30°
Altura del talud (H)	12 m	9 m	6 m
Angulo del talud (Ψ)	75°	75°	75°
Peso específico del material (γ)	1.90ton/m3	1.90ton/m3	1.90ton/m3

Tabla 66. Datos para el cálculo del Factor de Seguridad Talud Nro. 3
Fuente: Ensayos de laboratorio y trabajo de campo

▪ **Calculo de la Resistencia 1-2-3**

$$R_1 = \frac{c'}{\gamma \cdot H \cdot \tan \theta} = \frac{1.10 \text{ ton/m}^2}{1.90 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \cdot 12 \text{ m} \cdot \tan 30} = 0.16$$

$$R_2 = \frac{c'}{\gamma \cdot H \cdot \tan \theta} = \frac{1.10 \text{ ton/m}^2}{1.90 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \cdot 9 \text{ m} \cdot \tan 30} = 0.22$$

$$R_3 = \frac{c'}{\gamma \cdot H \cdot \tan \theta} = \frac{1.10 \text{ ton/m}^2}{1.90 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \cdot 6 \text{ m} \cdot \tan 30} = 0.34$$

Primera Variable

Calculo para X

$$X = \frac{c'}{\phi \times H \times Fs}$$

$$0.11 = \frac{1.10 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}}{1.90 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \times 12 \text{ m} \times Fs}$$

$$Fs = \frac{1.79 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}}{0.11 \times 22.8 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}}$$

Fs = 0.7//

Calculo de Y

$$Y = \frac{\tan \phi}{Fs}$$

$$Fs = \frac{\tan 30}{0.65}$$

Fs = 0.7//

INESTABLE

Segunda Variable

Calculo para X

$$X = \frac{c'}{\phi \times H \times Fs}$$

$$0.126 = \frac{1.10 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}}{1.90 \frac{\text{ton}}{\text{ms}} \times 9 \text{m} \times Fs}$$

$$Fs = \frac{1.10 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}}{0.126 \times 17.1 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}}$$

Fs = 0.8//

Calculo de Y

$$Y = \frac{\text{tang } \phi}{Fs}$$

$$Fs = \frac{\text{tang } 30}{0.58}$$

Fs = 0.8//

INESTABLE

Tercer Variable

Calculo para X

$$X = \frac{c'}{\phi \times H \times Fs}$$

$$0.149 = \frac{1.10 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}}{1.90 \frac{\text{ton}}{\text{ms}} \times 6 \text{m} \times Fs}$$

$$Fs = \frac{1.10 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}}{0.149 \times 11.4 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}}$$

Fs = 1.1//

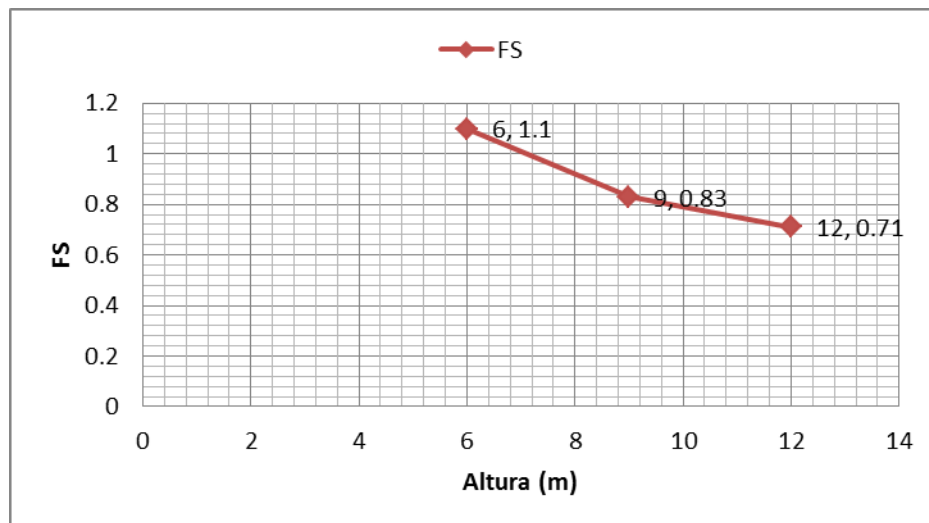
Calculo de Y

$$Y = \frac{\text{tang } \phi}{Fs}$$

$$Fs = \frac{\text{tang } 30}{0.44}$$

Fs = 1.1

ESTABLE



Grafica 3. Grafica de sensibilidad.

Fuente: El Autor

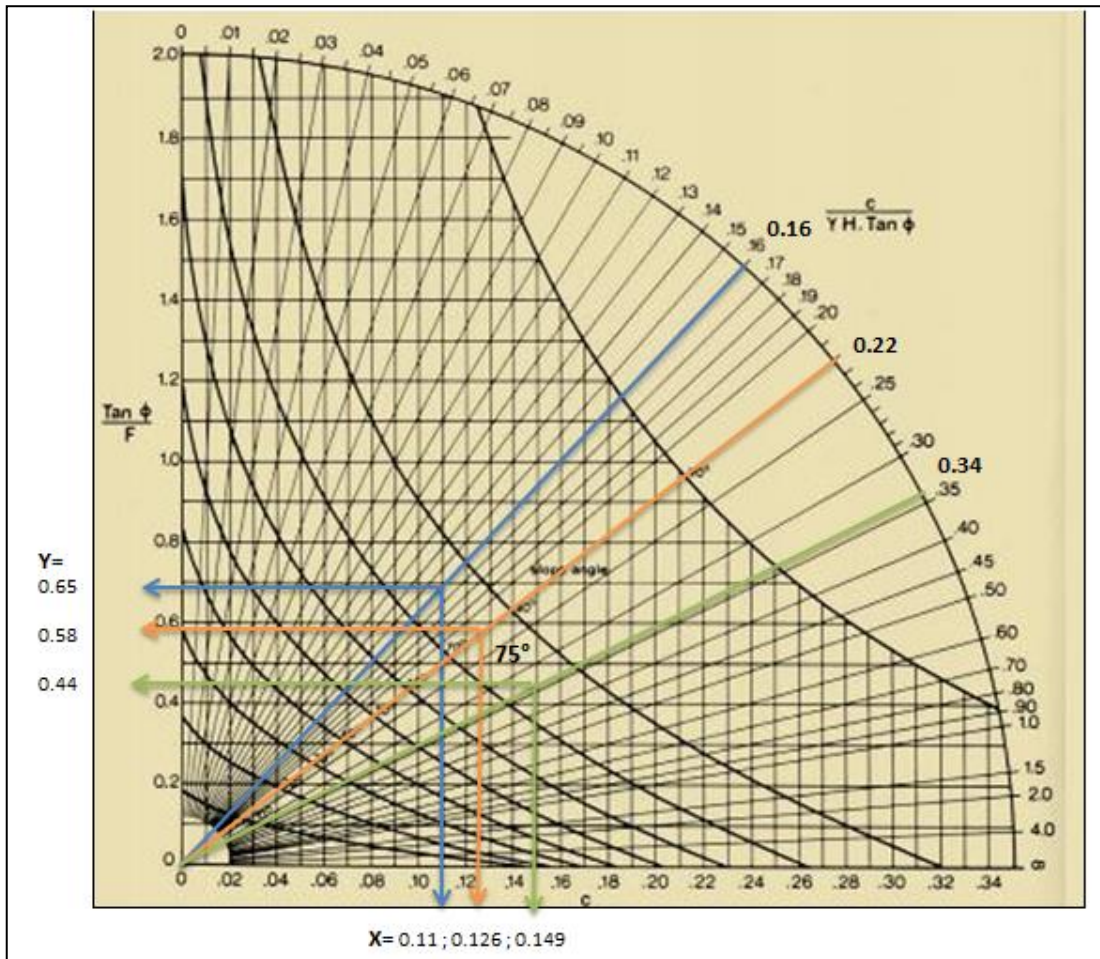


Figura 48. Cálculo de los ábacos de Hoek y Bray del 3 talud.

Fuente: El Autor

7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La zona de estudio descansa sobre las formaciones Sacapalca, donde existen rocas de tipo volcánico – sedimentario, la formación Gonzanamá con presencia de Arcillas de la época terciaria, y la Serie Tahuin con presencia de rocas metafóricas como las Filitas altamente meteorizadas de la época Mesozoica.

Para el análisis de susceptibilidad a deslizamientos de la parroquia San Pedro de la Bendita (cabecera parroquial), se consideró cuatro variables que inciden directamente a la inestabilidad del terreno como son la geología, geomorfología, pendiente y cobertura vegetal para el método heurístico y valores de las variables para el cálculo de factor de seguridad en el método determinístico, las cuales se determinaron mediante técnicas de campo, procesamiento de datos en oficina y ensayos de laboratorio, que permitieron tener mayor exactitud para las valoraciones de las características físico-mecánicas de los geomateriales en estudio.

En lo que concierne a topografía, se pudo observar que las partes más planas se sitúan al Sur-este, donde se encuentran la zona urbana de la parroquia, por otro lado la topografía con pendientes más empinadas corresponden a la parte Nor-Oeste, en donde se vio la necesidad de levantar topográficamente ya que existen los afloramientos para la descripción geológica, aunque ya no corresponda al territorio urbano.

El sector de estudio se encuentra en la formación Sacapalca con rocas de tipo Volcano-sedimentarias, estas se las puede observar aflorando en la parte alta de zona de estudio, en la cabecera parroquial existe material como limos, arcillas de alta plasticidad y arenas limosas y arcillosas intercaladas con gravas arcillosa, los cuales fueron comprobados tanto como en campo como en los ensayos de laboratorio (ESTSUELCON CÍA.LTDA.)

Según la pendiente, la litología y el reconocimiento del sector la zona de estudio está representada por 5 formas de relieve: coluvio aluvial reciente, coluvio reciente, relieve colinado alto, relieve colinado muy alto y relieve colinado montañoso, determinando así que existen zonas que favorecen a la ocurrencia de deslizamientos.

En cuanto al uso del suelo, está representado por la predominancia de la zona urbana de la parroquia, seguido por, cultivos de ciclo corto, plantaciones de árboles mixtos, vías suelo desnudo, matorral, caminos secundarios, canal de aguas lluvias y áreas desnudas que facilitan la infiltración de agua en los suelos aumentando el peso y el movimiento del mismo.

A demás se realizó geofísica mediante dos sondeos eléctricos verticales y un corte geoelectrico, que permitieron la correlación del tipo de roca con la geología levantada y determinar la saturación de los estratos.

Las variables que se utilizaron en el método heurístico, están enlazadas a la pendiente, debido a que es un factor que incide de manera drástica en la inestabilidad del terreno; todo esto con el fin de tener un criterio más claro y preciso al momento de asignar pesos, la zona de estudio en su mayoría consta de pendientes bajas que van desde 0 a 15% y pendiente muy alta > 75% es casi nula en el sector. Luego de obtener las variables se procedió a correlacionar la información, elaborando distintos modelamientos digitales para la obtención del mapa de susceptibilidad que este más acorde a la realidad.

Por otro lado los parámetros para el método determinístico, se dedujeron de tablas referenciales y de los resultados de laboratorio realizados por la empresa ESTSUECOM S.A. necearías para la calibración del DTM,asc generado en el software Ilwis 3.06 y modelado con la extensión de SINMAP en el ArcGis 10.1.

El resultado del mapa de susceptibilidad a deslizamientos por el método heurístico se determinó que el menor porcentaje de susceptibilidad (8.9%) corresponde a **Muy Alta Susceptibilidad**, ubicada en zonas en donde se originan los deslizamientos, mientras que el mayor porcentaje (45.9%) pertenece a **Muy baja Susceptibilidad**, siendo terrenos ocupados cultivos, pastos y principalmente la cabecera parroquial.

El mapa resultante de susceptibilidad realizado por método determinístico se determinó, que el menor porcentaje de susceptibilidad (3.1%) corresponde a **Casi estable**, en donde se encuentran deslizamientos y terrenos ocupados para vías de segundo orden, mientras que

el mayor porcentaje (84.3%) pertenece a **estable**, siendo terrenos ocupados para cultivos, pastos y principalmente la cabecera parroquial.

Se realizaron dos SPT con una profundidad de 4 m en el primer SPT Y 6 m en el segundo SPT con el fin de determinar si los suelos a más de ser susceptibles a deslizamientos son aptos para construcciones civiles, como resultado encontramos suelos finos, arcillas de alta plasticidad y en la exploración dos tenemos arenas limosas y arcillosas intercaladas con gravas arcillosas, que para cimentar las estructuras se recomienda utilizar material de mejoramiento o losas de cimentación a una profundidad de 2 metros con una capacidad admisible mayor a 2 Kg/cm² para edificaciones livianas, para cimentar edificios de gran altura proteger las cimentaciones con drenaje a la profundidad que se encuentra el nivel freático de tal manera que no afecte a las estructuras y en lo posible realizar exploraciones a una profundidad de 1.5 a 2 veces el ancho del edificio y un número de perforaciones de entre 3 a 5.

Con el cálculo de factor de seguridad se determinó que los valores son poco favorables, por lo que es necesario implementar las adecuadas medidas de estabilización y control en cada uno de los deslizamientos.

8. CONCLUSIONES

El levantamiento topográfico a detalle comprendió una superficie total de 60.1 ha, abarcando las cotas entre 1678 y 1877 m.s.n.m.

La zona de estudio se encuentra sobre la formación Sacapalca, representada por material volcánico-sedimentario como las tobas andesíticas con matriz arcillosa y limosa, que se encuentran en la parte con pendientes altas $> 75\%$ y en la cabecera parroquial se encuentran suelos finos, arcillas de alta plasticidad y arenas limosas y arcillosas intercaladas con gravas arcillosas.

Geomorfológicamente el área de estudio en la parte Nor-Oeste es muy pronunciada, con pendientes altas $> 75\%$, mientras que el Este se caracteriza por zonas planas, con pendientes bajas $< 5\%$, debido al asentamiento de la cabecera parroquial.

Se determinó 5 geoformas incluyendo, coluvio aluvial reciente, Coluvio reciente, Relieve colinado alto, Relieve colinado muy alto y Relieve montañoso, que son las más propensas a sufrir deslizamientos.

La pendiente del sector se caracteriza mayormente por ser terrenos planos o casi planos con un 52.7% (31.89 ha) y terrenos inclinados con 25.2% (15.24 ha) determinando que los movimientos en masa se dan más por el tipo de roca y su contenido de humedad presente en estos sectores especialmente en épocas de invierno.

En el mapa de Uso de Suelo Actual, se pudo determinar 8 categorías, de las cuales el área urbana representa el mayor porcentaje 27.9% (17.07 ha), en la cual no se evidencia zonas susceptibles a deslizamientos, seguido por las área desnuda con un 25.5% (13.81 ha) y matorral con un 9.2% (5.66 ha), debido a que se encuentran en pendientes altas lo que ocasiona mayor susceptibilidad a deslizamientos porque la infiltración de agua es más fácil en los terrenos.

Se realizaron 2 sondeos eléctricos verticales, en sentido N-S, los cuales permitieron conocer a través de las resistividades el tipo de material y la corroboración con la geología levantada, no se encontró la presencia de agua.

En el mapa final de susceptibilidad se aplicó la suma de rangos de las variables: Geología (0.4), Geomorfología (0.3), Pendientes (0.2), Uso del Suelo Actual (0.1), determinando que la parroquia San Pedro de la Bendita, (cabecera parroquial) el 45.9% (27.57 ha), corresponde a susceptibilidad muy baja, el 18.4% (11.04 ha), corresponde a susceptibilidad baja, el 16.6% (9.39 ha), corresponde a susceptibilidad media, el 11.2% (6.76 ha), corresponde a susceptibilidad alta y el 8.9% (5.34 ha), corresponde a susceptibilidad muy alta.

El método determinismo, es un método que puede utilizarse a escala grandes como pequeñas, ya que depende de un profesional al realizar las interpretaciones de la idoneidad y comportamiento de material que tienen que ser basadas en investigaciones preexistentes y con datos de laboratorio como la densidad del material, la cohesión y ángulo de fricción interna, teniendo por lo tanto, el 3.6% (2.15 ha) corresponde a Zona Umbral más alto de la estabilidad, el 3.4% (2.03 ha) corresponde a Zona Umbral más bajo de la estabilidad, el 3.1% (1.85 ha) corresponde a Casi estable, el 5.5% (3.29 ha) corresponde a Moderadamente estable y el 84.3% (49.95 ha) corresponde a Estable.

Tanto el método heurístico como el método determinístico, tienen realización al momento de la categorización de cada una de las variables, se podría decir que en un 90% de igualdad entre ambos métodos, lo que refleja de que se ha trabajado de la manera más próxima a la realidad de la zona de estudio, para acotar se podría decir que el método determinístico es más exacto y preciso por el mismo hecho de que para su generación se necesita de parámetros de laboratorio.

Se evidenciaron 3 deslizamientos, que comprenden una superficie de 0.98 ha, en donde 1 de ellos se ubican en la “Zona Umbral más alto de la estabilidad”, 2 en la “Zona Umbral más bajo de la estabilidad”, demostrando así la coherencia del estudio y la eficiencia del método en un 90%.

El resultado de los cálculos de factor de seguridad para cada uno de los deslizamientos, determinó que en la Zona Umbral más alto de la estabilidad se encuentra el deslizamiento #1 (**D1**) con un factor de seguridad de 0.73, en la Zona Umbral más bajo de la estabilidad

se ubica los deslizamientos #2-3, (**D2 y D3**) con un factor de seguridad de 0.91 y 0.71 respectivamente.

La inversión económica empleada para este proyecto es de \$ **6 966.8** dólares americanos, los cuales fueron financiados por el propio autor.

Para la cimentar estructuras se recomienda utilizar material de mejoramiento o losas de cimentación a una profundidad de 2 metros con una capacidad admisible mayor a 2 Kg/cm² para edificaciones livianas, para cimentar edificios de gran altura proteger las cimentaciones con drenaje a la profundidad que se encuentra el nivel freático de tal manera que no afecte a las estructuras.

9. RECOMENDACIONES

Para poder tener un estudio a detalle se debe realizar primeramente una inspección de campo en su totalidad para poder tener un conocimiento de todos los aspectos que involucra este estudio.

Ejecutar los trabajos de campo como: topografía, geología, geomorfología, cobertura vegetal, sondeos eléctricos verticales y ensayos de penetración estándar de una manera técnica y responsable ya que los datos servirán de base para el análisis de susceptibilidad.

Hacer conocer a las autoridades del GAD (Gobierno Autónomo Descentralizado), sobre al alto riesgo que existe en los sectores de alta susceptibilidad a deslizamientos, conllevando consigo a un eficiente Plan de Ordenamiento Urbano.

Realizar campañas de concientización a los pobladores de la parroquia sobre el riesgo que corren al momento de construir de una manera anti técnica, y de esta manera evitar cualquier pérdida tanto material como humano.

Seguir con estudios geotécnicos por parte del GAD (Gobierno Autónomo Descentralizado), e implemente una ordenanza para construcciones de tipo civil, por el hecho que hoy en día la cabecera parroquial se está extendiendo y se ve la necesidad de dichos estudios.

Debido a la expansión urbana de la parroquia, se recomienda realizar los estudios geológicos – geotécnicos por GAPSbz, en sentido Norte - Sur debido a las condiciones de terreno.

Realizar a mayor profundidad, investigaciones de tipo geológicos-geotécnicos, en los que se empleen SPT, con la finalidad de conocer la capacidad portante del suelo al momento de construir cualquier obra civil, o a su vez proponer las medidas necesarias para la estabilización y mejoramiento del suelo.

Debido a los deslizamientos encontrados, que presentan un factor de seguridad < 1 , se recomienda la estabilización de los taludes, empleando técnicas de estabilización, para prevenir nuevamente dichos deslizamientos.

Con la obtención de los mapas finales, tanto por el método Heurístico y Determinístico, la urbanización “Reina del Cisne”, se encuentra en las zonas susceptibles a deslizamientos, por lo que se recomienda una intervención por parte de las autoridades parroquiales y organismos encargados para la mitigar dicho problema.

El resultado de esta tesis puede ser utilizado en el Plan de Ordenamiento Territorial Urbano de la parroquia, que se elaborará a partir de este año (2015 al 2016), en la toma de decisiones correctas en cuanto a la planificación de expansión urbana.

10. BIBLIOGRAFIA

- **ARANHA DOMÍNGUEZ, F.A. 1979.** “Observaciones topográficas, página #1.”
- **ALFONSO ÁLVAREZ MANILLA ACEVES, 2003.** Geofísica aplicada en los proyectos básicos de ingeniería civil, publicación técnica nº 229.sanfandila.
- **AYALA-CARCEDO Y J. COROMINAS 2002** “Mapas de Susceptibilidad a los movimientos de ladera con técnicas SIG”. Editores – Madrid: Instituto Geológico y Minero de España, 194 p.
- **BALDOCK, J, .1982.**Mapa Geológico Nacional de la República del Ecuador. Instituto of Geological Sciences (NERC) y Dirección General de Geología y Minas – Ministerio de Recursos Naturales y Energéticos.
- **BURROUGH, P.A. 1986.** “Principios de Sistemas de información geográfica de Recursos de la Tierra Evaluación”. Clarendon Prensa, Oxford.
- **CRUDEN & VARNES, 1996** “Clasificación de movimientos de masa”
- **CROZIER, M. J. 1986** "Los deslizamientos de tierra. Causas, consecuencias y medio ambiente”.
- **FERRATER MORA,** en su obra Diccionario de Filosofía (1979).
- **FERRER. M, 1980.** “Deslizamientos, desprendimientos, flujos y avalanchas”. Riesgos Geológicos. Serie Geología Ambiental. IGME. Madrid 175-192 p.
- **HUNGERBUHLER DOMINIK, 1997.** “Neogene basins in the Andes of southern Ecuador: evolution, deformation and tectonic implications, Swiss federal Institute of Zurich”.
- **HUTCHINSON, J. N. 1988.** "Morfológica y GEOT parámetros de deslizamientos de tierra en relación con la geología y la hidrogeología". En el cap. Bonnard (Ed.): Los deslizamientos de tierra. Acta 5 Conferencia Internacional sobre desprendimientos de tierras. Lausana. Vol. 1: 3-35

- **JANSSEN Y VAN HERWIJNEN 1994.** “Pesos de criterios usando el método de suma de rango”.
- **MIGUEL MONTES DE OCA.1970.**Introducción a la topografía”.
- **ORTIZ, CARLOS. 2002** “Ciencias de la tierra”.
- **ORELLANA, E., 1982** “Prospección Geoeléctrica en Corriente Continua.” Paraninfo, S. A. Madrid
- **PEDRAZA GILSANZ, 1996.** “Geomorfología: Principios, métodos y aplicaciones”. Madrid – España.
- **L. ALBERTO. DIAZ.** Estudio de prospección geofísica y geotécnica para el emplazamiento del embalse de san esteban de Andagoya pag, 39.
- **SIMPSON G. G. 1963.** La define, desde su formación de paleontólogo, en su obra Ciencia Histórica.
- **SUÁREZ J. 2009** “Deslizamientos Volumen 1: Análisis Geotécnico” Primera edición. Bucaramanga – Colombia 607p.

11. ANEXOS

Anexo 1. Topografía y corte topográfico de la parroquia San Pedro de la Bendita (cabecera parroquial)

Anexo 2. Geología Regional de la parroquia San Pedro de la Bendita

Anexo 3. Geología Local y cortes geológicos de la parroquia San Pedro de la Bendita (cabecera parroquial)

Anexo 4. Descripción de afloramientos de la parroquia San Pedro de la Bendita (cabecera parroquial)

Anexo 5. Geomorfología de la parroquia San Pedro de la Bendita (cabecera parroquial)

Anexo 6. Pendientes de la parroquia San Pedro de la Bendita (cabecera parroquial)

Anexo 7. Cobertura Vegetal de la parroquia San Pedro de la Bendita (cabecera parroquial)

Anexo 8. Mapa de susceptibilidad a deslizamientos por el método Heurístico, de la parroquia San Pedro de la Bendita (cabecera parroquial)

Anexo 9. Mapa de susceptibilidad a deslizamientos por el método Determinístico, de la parroquia San Pedro de la Bendita (cabecera parroquial)

Anexo 10. Caracterización de los deslizamientos de la parroquia San Pedro de la Bendita (cabecera parroquial)

Anexo 11. Corte geoléctrico de los SEV 1-2, de la parroquia San Pedro de la Bendita (cabecera parroquial)

Anexo 12. Resumen de resultados de los SPT

Anexo13. Resumen de datos de campo, laboratorio y resistividades obtenidas

Anexo 14. Resultados de las líneas SEV

Anexo 15. Perfil eléctrico SEV 1-2

Anexo 16. Resultados de los Ensayos de Penetración Estándar.

Anexo 17. Calculo de Asentamientos diferenciales, laboratorio ESTSUELCON CÍA.

Anexo 18. Registro fotográfico de SEV, SPT, LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Anexo 19. Análisis Financiero del proyecto de tesis de la parroquia San Pedro de la Bendita (cabecera parroquial)

Anexo 20. Procedimiento para la obtención del mapa determinístico de susceptibilidad a deslizamientos

Anexo 1

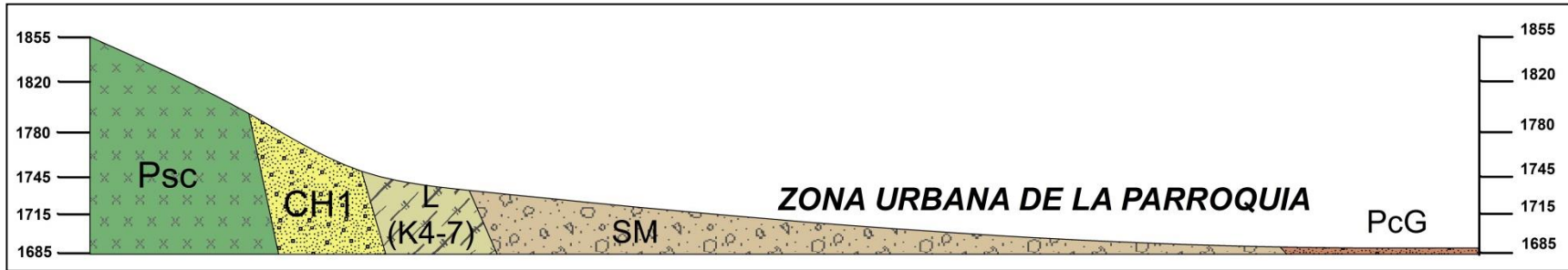
Topografía y corte topográfico de la parroquia San Pedro de la Bendita (cabecera parroquial)

Anexo 2.
**Geología Regional de la parroquia San Pedro de la
Bendita**

Anexo 3.

Geología Local y cortes geológicos de la parroquia San Pedro de la Bendita (cabecera parroquial)

CORTE A – A’



CORTE B– B’



Sistema de coordenadas:
WGS 1984 UTM Zone 17S
Proyección:
Transverse Mercator
Datum:
WGS 1984
Unidades:
Meter

SIMBOLOGÍA

	Tobas andesíticas
	Arcillas limosas
	Filitas
	Arenas limosas y arcillas intercaladas con gravas arcillosas
	Arcillas

 **UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA** 

AREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES

Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y OT

CORTES GEOLÓGICOS DE LA PARROQUIA SAN PEDRO DE LA BENDITA (CABEZERA PARROQUIAL)

DIRECTOR DE TESIS: Ing. Carlomagno Chamba **ESCALA:** 1:4000 **DATUM:** WGS84

POR: Jose Luis Chuquimarca **PROYECTO DE TESIS:** Suceptibilidad a deslizamientos en la parroquia de San Pedro de la Bendita (Cabecera Parroquial).

Anexo 4

Descripción de afloramientos de la parroquia San Pedro de la Bendita (cabecera parroquial)

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS: PROYECTO: “SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS DE LA PARROQUIA SAN PEDRO DE LA BENDITA – CABECERA PARROQUIAL; CANTÓN CATAMAYO, PROVINCIA DE LOJA”

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS:

AFLORAMIENTO N°: 1
FECHA: 28/03/2015
COORDENADAS: X: 673358 Y: 9563712 Z: 1812
DIMENSIONES (h): 6x10
RELIEVE: Llano <input type="checkbox"/> Bajo <input type="checkbox"/> De Colinas <input checked="" type="checkbox"/> Montañoso <input type="checkbox"/>
VEGETACIÓN: Exuberante <input checked="" type="checkbox"/> Escasa <input type="checkbox"/>
FORMACIÓN: Sacapalca
AFLORAMIENTO: Artificial <input checked="" type="checkbox"/> Natural <input type="checkbox"/>



PERFIL LITOLÓGICO DE LOS AFLORAMIENTOS:

POTENCIA (m)	N° DE CAPAS	LITOLOGÍA	ORIENTACIÓN	METEORIZACIÓN		
				Bajo	Medio	Alto
0.50	1	Capa vegetal	62°NW/60°	X		
5.50	2	Tobas andesíticas			X	

DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA

Tobas andesíticas de coloración gris, con una estructura masiva con presencia de carbonatos de calcio, feldespatos y plagioclasas, alterada y minerales como la cuprita de coloración verdosa con la presencia de arcilla.

USO DEL SUELO

TIPO DE SUELO:	SUELOS RESIDUALES:		SEDIMENTARIO:		COLUVIAL:		COLUVIÓN:		
FACTORES DE EROSIÓN:	LLUVIA: X		SOL:		VIENTO:		HELADAS:		
PENDIENTE (°):	HORIZONTAL < 10°:		INCLINADO 10° - 35°: X		TUMBADO 36° - 60°:		ABRUPTO > 60°:		
USOS:	SEMBRADOS	GANADERÍA	RECREACIÓN	ZONA INDUSTRIAL	VIVIENDAS	VÍAS X	MINERÍA	ÁREA PROTEGIDA	ZONA ARQUEOLÓGICA

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS:

AFLORAMIENTO N°: 2
FECHA: 28/03/2015
COORDENADAS: X: 673361 Y: 9563741 Z: 1803
DIMENSIONES (h): 5x11
RELIEVE: Llano <input type="checkbox"/> Bajo <input type="checkbox"/> De Colinas <input checked="" type="checkbox"/> Montañoso <input type="checkbox"/>
VEGETACIÓN: Exuberante <input checked="" type="checkbox"/> Escasa <input type="checkbox"/>
FORMACIÓN: Sacapalca
AFLORAMIENTO: Artificial <input checked="" type="checkbox"/> Natural <input type="checkbox"/>

ANEXO FOTOGRÁFICO



PERFIL LITOLÓGICO DE LOS AFLORAMIENTOS:

POTENCIA (m)	N° DE CAPAS	LITOLÓGÍA	ORIENTACIÓN	METEORIZACIÓN		
				Bajo	Medio	Alto
0.50	1	Capa vegetal				
4.50	2	Arcillas		X		

DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA

Presencia de arcillas de coloración café por la presencia de óxidos de hierro y Tobas andesíticas alteradas de coloración gris, carbonatos de calcio, feldspatos y plagioclasas.

USO DEL SUELO

TIPO DE SUELO:	SUELOS RESIDUALES:		SEDIMENTARIO: X		COLUVIAL:		COLUVIÓN:		
FACTORES DE EROSIÓN:	LLUVIA: X		SOL:		VIENTO:		HELADAS:		
PENDIENTE (°):	HORIZONTAL < 10°:		INCLINADO 10° - 35°: X		TUMBADO 36° - 60°:		ABRUPTO > 60°:		
USOS:	SEMBRADOS	GANADERÍA	RECREACIÓN	ZONA INDUSTRIAL	VIVIENDAS	VÍAS X	MINERÍA	ÁREA PROTEGIDA	ZONA ARQUEOLÓGICA

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS:

AFLORAMIENTO N°: 3
FECHA: 28/03/2015
COORDENADAS: X: 673359 Y: 9563787 Z: 1793
DIMENSIONES (h): 4x7
RELIEVE: Llano <input type="checkbox"/> Bajo <input type="checkbox"/> De Colinas <input checked="" type="checkbox"/> Montañoso <input type="checkbox"/>
VEGETACIÓN: Exuberante <input checked="" type="checkbox"/> Escasa <input type="checkbox"/>
FORMACIÓN: Sacapalca
AFLORAMIENTO: Artificial <input checked="" type="checkbox"/> Natural <input type="checkbox"/>



PERFIL LITOLÓGICO DE LOS AFLORAMIENTOS:

POTENCIA (m)	N° DE CAPAS	LITOLOGÍA	ORIENTACIÓN	METEORIZACIÓN		
				Bajo	Medio	Alto
0.50	1	Capa vegetal				
3.50	2	Areniscas		X		

DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA

Presencia de areniscas de coloración amarillo oscuro y Tobas andesíticas alteradas de coloración gris, carbonatos de calcio, feldspatos y plagioclasas.

USO DEL SUELO

TIPO DE SUELO:	SUELOS RESIDUALES:		SEDIMENTARIO: X		COLUVIAL:		COLUVIÓN:		
FACTORES DE EROSIÓN:	LLUVIA: X		SOL:		VIENTO:		HELADAS:		
PENDIENTE (°):	HORIZONTAL < 10°:		INCLINADO 10° - 35°: X		TUMBADO 36° - 60°:		ABRUPTO > 60°:		
USOS:	SEMBRADOS	GANADERÍA	RECREACIÓN	ZONA INDUSTRIAL	VIVIENDAS	VÍAS X	MINERÍA	ÁREA PROTEGIDA	ZONA ARQUEOLÓGICA

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS:

AFLORAMIENTO N°: 4
FECHA: 28/03/2015
COORDENADAS: X: 673339 Y: 9563811 Z: 1790
DIMENSIONES (h): 10x45
RELIEVE: Llano <input type="checkbox"/> Bajo <input type="checkbox"/> De Colinas <input checked="" type="checkbox"/> Montañoso <input type="checkbox"/>
VEGETACIÓN: Exuberante <input checked="" type="checkbox"/> Escasa <input type="checkbox"/>
FORMACIÓN: Sacapalca
AFLORAMIENTO: Artificial <input checked="" type="checkbox"/> Natural <input type="checkbox"/>



PERFIL LITOLÓGICO DE LOS AFLORAMIENTOS:

POTENCIA (m)	N° DE CAPAS	LITOLÓGÍA	ORIENTACIÓN	METEORIZACIÓN		
				Bajo	Medio	Alto
0.50	1	Capa vegetal	76°NW/60°	X		
9.50	2	Tobas Andesíticas y capas de arcillas				X

DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA

Presencia de tobas Andesíticas con alta meteorización de coloración rojiza y presencia de arcillas de diferente tonalidad que varían desde amarillo oscuro, morado y verde claro.

USO DEL SUELO

TIPO DE SUELO:	SUELOS RESIDUALES:		SEDIMENTARIO:		COLUVIAL:		COLUVIÓN:		
FACTORES DE EROSIÓN:	LLUVIA: <input checked="" type="checkbox"/>		SOL:		VIENTO:		HELADAS:		
PENDIENTE (°):	HORIZONTAL < 10°:		INCLINADO 10° - 35°: <input checked="" type="checkbox"/>		TUMBADO 36° - 60°:		ABRUPTO > 60°:		
USOS:	SEMBRADOS	GANADERÍA	RECREACIÓN	ZONA INDUSTRIAL	VIVIENDAS	VÍAS <input checked="" type="checkbox"/>	MINERÍA	ÁREA PROTEGIDA	ZONA ARQUEOLÓGICA

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS:

AFLORAMIENTO N°: 5
FECHA: 28/03/2015
COORDENADAS: X: 673343 Y: 9563853 Z: 1789
DIMENSIONES (h): 12x38
RELIEVE: Llano <input type="checkbox"/> Bajo <input type="checkbox"/> De Colinas <input checked="" type="checkbox"/> Montañoso <input type="checkbox"/>
VEGETACIÓN: Exuberante <input checked="" type="checkbox"/> Escasa <input type="checkbox"/>
FORMACIÓN: Sacapalca
AFLORAMIENTO: Artificial <input checked="" type="checkbox"/> Natural <input type="checkbox"/>



PERFIL LITOLÓGICO DE LOS AFLORAMIENTOS:

POTENCIA (m)	N° DE CAPAS	LITOLÓGÍA	ORIENTACIÓN	METEORIZACIÓN		
				Bajo	Medio	Alto
0.30	1	Capa vegetal	78°NW/60°	X		
11.70	2	Tobas Andesíticas y capas de arcillas				X

DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA

Presencia de tobas Andesíticas de coloración amarillo claro presencia de bloques de rocas altamente meteorizados y presencia de arcillas de coloración rojiza.

USO DEL SUELO

TIPO DE SUELO:	SUELOS RESIDUALES:		SEDIMENTARIO:		COLUVIAL:		COLUVIÓN:		
FACTORES DE EROSIÓN:	LLUVIA: X		SOL:		VIENTO:		HELADAS:		
PENDIENTE (°):	HORIZONTAL < 10°:		INCLINADO 10° - 35° : X		TUMBADO 36° - 60°:		ABRUPTO > 60°:		
USOS:	SEMBRADOS	GANADERÍA	RECREACIÓN	ZONA INDUSTRIAL	VIVIENDAS	VÍAS X	MINERÍA	ÁREA PROTEGIDA	ZONA ARQUEOLÓGICA

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS:

AFLORAMIENTO N°: 6
FECHA: 28/03/2015
COORDENADAS: X: 673333 Y: 9563903 Z: 1781
DIMENSIONES (h): 8x15
RELIEVE: Llano <input type="checkbox"/> Bajo <input type="checkbox"/> De Colinas <input checked="" type="checkbox"/> Montañoso <input type="checkbox"/>
VEGETACIÓN: Exuberante <input checked="" type="checkbox"/> Escasa <input type="checkbox"/>
FORMACIÓN: Serie Tahuín
AFLORAMIENTO: Artificial <input checked="" type="checkbox"/> Natural <input type="checkbox"/>



PERFIL LITOLÓGICO DE LOS AFLORAMIENTOS:

POTENCIA (m)	N° DE CAPAS	LITOLÓGÍA	ORIENTACIÓN	METEORIZACIÓN		
				Bajo	Medio	Alto
0.20	1	Capa vegetal		X		
7.80	2	Filitas				X

DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA

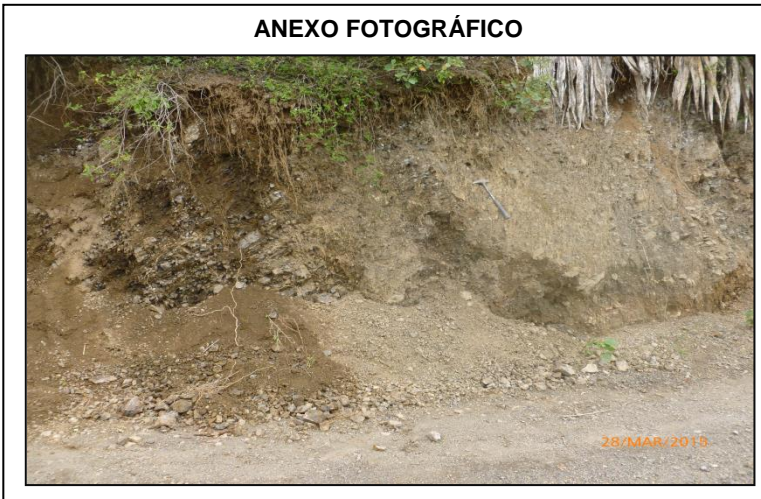
Presencia de Filitas altamente meteorizadas de color gris claro con una base de arcilla de coloración café claro.

USO DEL SUELO

TIPO DE SUELO:	SUELOS RESIDUALES:		SEDIMENTARIO:		COLUVIAL:		COLUVIÓN:		
FACTORES DE EROSIÓN:	LLUVIA: X		SOL:		VIENTO:		HELADAS:		
PENDIENTE (°):	HORIZONTAL < 10°:		INCLINADO 10° - 35° : X		TUMBADO 36° - 60°:		ABRUPTO > 60°:		
USOS:	SEMBRADOS	GANADERÍA	RECREACIÓN	ZONA INDUSTRIAL	VIVIENDAS	VÍAS X	MINERÍA	ÁREA PROTEGIDA	ZONA ARQUEOLÓGICA

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS:

AFLORAMIENTO N°: 7
FECHA: 28/03/2015
COORDENADAS: X: 673340 Y: 9563932 Z: 1774
DIMENSIONES (h): 4x15
RELIEVE: Llano <input type="checkbox"/> Bajo <input type="checkbox"/> De Colinas <input checked="" type="checkbox"/> Montañoso <input type="checkbox"/>
VEGETACIÓN: Exuberante <input checked="" type="checkbox"/> Escasa <input type="checkbox"/>
FORMACIÓN: Serie Tahuín
AFLORAMIENTO: Artificial <input checked="" type="checkbox"/> Natural <input type="checkbox"/>



PERFIL LITOLÓGICO DE LOS AFLORAMIENTOS:

POTENCIA (m)	N° DE CAPAS	LITOLÓGÍA	ORIENTACIÓN	METEORIZACIÓN		
				Bajo	Medio	Alto
0.20	1	Capa vegetal	70°NW/50°	X		
3.80	2	Filitas			X	

DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA

Presencia de Filitas altamente meteorizadas de color gris claro con una base de arcilla de coloración café claro, con presencia de humedad.

USO DEL SUELO

TIPO DE SUELO:	SUELOS RESIDUALES:		SEDIMENTARIO:		COLUVIAL:		COLUVIÓN:		
FACTORES DE EROSIÓN:	LLUVIA: X		SOL:		VIENTO:		HELADAS:		
PENDIENTE (°):	HORIZONTAL < 10°:		INCLINADO 10° - 35° : X		TUMBADO 36° - 60°:		ABRUPTO > 60°:		
USOS:	SEMBRADOS	GANADERÍA	RECREACIÓN	ZONA INDUSTRIAL	VIVIENDAS	VÍAS X	MINERÍA	ÁREA PROTEGIDA	ZONA ARQUEOLÓGICA

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS:

AFLORAMIENTO N°: 8
FECHA: 28/03/2015
COORDENADAS: X: 673403 Y: 9563989 Z: 1759
DIMENSIONES (h): 5x7
RELIEVE: Llano <input type="checkbox"/> Bajo <input checked="" type="checkbox"/> De Colinas <input type="checkbox"/> Montañoso <input type="checkbox"/>
VEGETACIÓN: Exuberante <input type="checkbox"/> Escasa <input checked="" type="checkbox"/>
FORMACIÓN: Sacapalca
AFLORAMIENTO: Artificial <input type="checkbox"/> Natural <input checked="" type="checkbox"/>



PERFIL LITOLÓGICO DE LOS AFLORAMIENTOS:

POTENCIA (m)	N° DE CAPAS	LITOLÓGÍA	ORIENTACIÓN	METEORIZACIÓN		
				Bajo	Medio	Alto
5	1	Andesita	62°NW/45°	X		

DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA

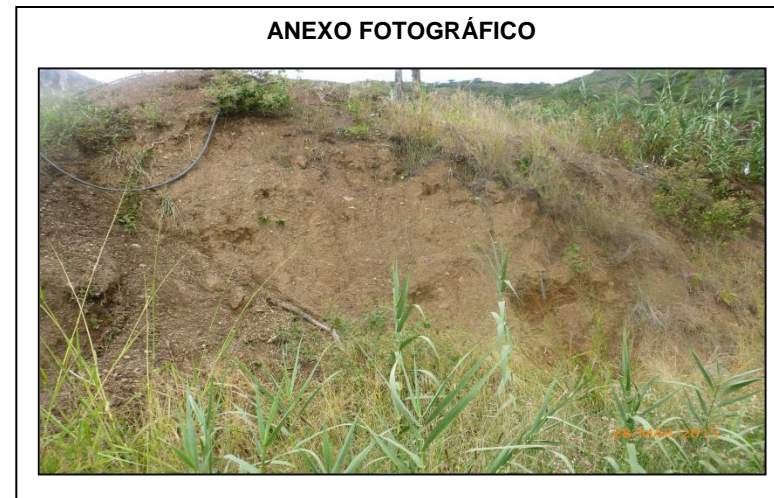
Presencia de Andesitas de colación gris claro, no presenta meteorización, la cual aflora dentro de la formación Tahuin.

USO DEL SUELO

TIPO DE SUELO:	SUELOS RESIDUALES:		SEDIMENTARIO:		COLUVIAL:		COLUVIÓN:		
FACTORES DE EROSIÓN:	LLUVIA: X		SOL:		VIENTO:		HELADAS:		
PENDIENTE (°):	HORIZONTAL < 10°:		INCLINADO 10° - 35° : X		TUMBADO 36° - 60°:		ABRUPTO > 60°:		
USOS:	SEMBRADOS	GANADERÍA	RECREACIÓN	ZONA INDUSTRIAL	VIVIENDAS	VÍAS X	MINERÍA	ÁREA PROTEGIDA	ZONA ARQUEOLÓGICA

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS:

AFLORAMIENTO N°: 9
FECHA: 28/03/2015
COORDENADAS: X: 673415 Y: 9563956 Z: 1747
DIMENSIONES (h): 5x15
RELIEVE: Llano <input type="checkbox"/> Bajo <input checked="" type="checkbox"/> De Colinas <input type="checkbox"/> Montañoso <input type="checkbox"/>
VEGETACIÓN: Exuberante <input type="checkbox"/> Escasa <input checked="" type="checkbox"/>
FORMACIÓN: Serie Tahuín
AFLORAMIENTO: Artificial <input checked="" type="checkbox"/> Natural <input type="checkbox"/>



PERFIL LITOLÓGICO DE LOS AFLORAMIENTOS:

POTENCIA (m)	N° DE CAPAS	LITOLOGÍA	ORIENTACIÓN	METEORIZACIÓN		
				Bajo	Medio	Alto
0.10	1	Capa vegetal				
4.90	2	Material removido		X		

DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA

Material removido por la apertura del cementerio general en el cual existen rocas como las filitas, andesitas con fragmento que van entre 5 a 10 cm con una base arcillosa.

USO DEL SUELO

TIPO DE SUELO:	SUELOS RESIDUALES: X	SEDIMENTARIO:	COLUVIAL:	COLUVIÓN:					
FACTORES DE EROSIÓN:	LLUVIA: X	SOL:	VIENTO:	HELADAS:					
PENDIENTE (°):	HORIZONTAL < 10°:	INCLINADO 10° - 35° : X	TUMBADO 36° - 60°:	ABRUPTO > 60°:					
USOS:	SEMBRADOS	GANADERÍA	RECREACIÓN	ZONA INDUSTRIAL	VIVIENDAS	VÍAS X	MINERÍA	ÁREA PROTEGIDA	ZONA ARQUEOLÓGICA

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS:

AFLORAMIENTO N°: 10
FECHA: 28/03/2015
COORDENADAS: X: 673419 Y: 9563992 Z: 1750
DIMENSIONES (h): 3x10
RELIEVE: Llano <input type="checkbox"/> Bajo <input checked="" type="checkbox"/> De Colinas <input type="checkbox"/> Montañoso <input type="checkbox"/>
VEGETACIÓN: Exuberante <input type="checkbox"/> Escasa <input checked="" type="checkbox"/>
FORMACIÓN: Serie Tahuín
AFLORAMIENTO: Artificial <input checked="" type="checkbox"/> Natural <input type="checkbox"/>



PERFIL LITOLÓGICO DE LOS AFLORAMIENTOS:

POTENCIA (m)	N° DE CAPAS	LITOLOGÍA	ORIENTACIÓN	METEORIZACIÓN		
				Bajo	Medio	Alto
0.10	1	Capa vegetal				
2.90	2	Material removido				

DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA

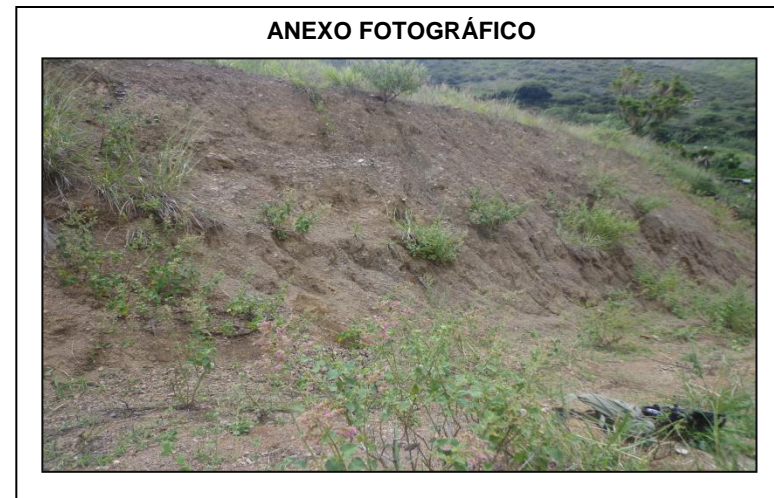
Material removido por la apertura del cementerio general en el cual existen rocas como las filitas, andesitas con fragmento que van entre 5 a 10 cm con una base arcillosa.

USO DEL SUELO

TIPO DE SUELO:	SUELOS RESIDUALES: X	SEDIMENTARIO:	COLUVIAL:	COLUVIÓN:					
FACTORES DE EROSIÓN:	LLUVIA: X	SOL:	VIENTO:	HELADAS:					
PENDIENTE (°):	HORIZONTAL < 10°:	INCLINADO 10° - 35° : X	TUMBADO 36° - 60°:	ABRUPTO > 60°:					
USOS:	SEMBRADOS	GANADERÍA	RECREACIÓN	ZONA INDUSTRIAL	VIVIENDAS	VÍAS X	MINERÍA	ÁREA PROTEGIDA	ZONA ARQUEOLÓGICA

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS:

AFLORAMIENTO N°: 11
FECHA: 28/03/2015
COORDENADAS: X: 673477 Y: 9563935 Z: 1734
DIMENSIONES (h): 10x30
RELIEVE: Llano <input type="checkbox"/> Bajo <input checked="" type="checkbox"/> De Colinas <input type="checkbox"/> Montañoso <input type="checkbox"/>
VEGETACIÓN: Exuberante <input type="checkbox"/> Escasa <input checked="" type="checkbox"/>
FORMACIÓN: Serie Tahuín
AFLORAMIENTO: Artificial <input checked="" type="checkbox"/> Natural <input type="checkbox"/>



PERFIL LITOLÓGICO DE LOS AFLORAMIENTOS:

POTENCIA (m)	N° DE CAPAS	LITOLOGÍA	ORIENTACIÓN	METEORIZACIÓN		
				Bajo	Medio	Alto
0.10	1	Capa vegetal				
9.90	2	Material removido		X		

DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA

Material removido por la apertura del cementerio general en el cual existen rocas como las filitas, andesitas con fragmento que van entre 5 a 10 cm con una base arcillosa y presencia de humedad.

USO DEL SUELO

TIPO DE SUELO:	SUELOS RESIDUALES: X		SEDIMENTARIO:		COLUVIAL:		COLUVIÓN:		
FACTORES DE EROSIÓN:	LLUVIA: X		SOL:		VIENTO:		HELADAS:		
PENDIENTE (°):	HORIZONTAL < 10°:		INCLINADO 10° - 35° : X		TUMBADO 36° - 60°:		ABRUPTO > 60°:		
USOS:	SEMBRADOS	GANADERÍA	RECREACIÓN	ZONA INDUSTRIAL	VIVIENDAS	VÍAS X	MINERÍA	ÁREA PROTEGIDA	ZONA ARQUEOLÓGICA

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS:

AFLORAMIENTO N°: 12
FECHA: 28/03/2015
COORDENADAS: X: 673575 Y: 9563817 Z: 1725
DIMENSIONES (h): 7x15
RELIEVE: Llano <input type="checkbox"/> Bajo <input checked="" type="checkbox"/> De Colinas <input type="checkbox"/> Montañoso <input type="checkbox"/>
VEGETACIÓN: Exuberante <input checked="" type="checkbox"/> Escasa <input type="checkbox"/>
FORMACIÓN: Sacapalca
AFLORAMIENTO: Artificial <input checked="" type="checkbox"/> Natural <input type="checkbox"/>

PERFIL LITOLÓGICO DE LOS AFLORAMIENTOS:

POTENCIA (m)	N° DE CAPAS	LITOLOGÍA	ORIENTACIÓN	METEORIZACIÓN		
				Bajo	Medio	Alto
0.50	1	Capa vegetal				
6.50	2	Arcillas			X	



DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA

Presencia de arcillas de diferente tonalidad que varían desde amarillo claro, café oscuro, morado y café claro, con presencia de humedad.

USO DEL SUELO

TIPO DE SUELO:	SUELOS RESIDUALES:		SEDIMENTARIO: X		COLUVIAL:		COLUVIÓN:		
FACTORES DE EROSIÓN:	LLUVIA: X		SOL:		VIENTO:		HELADAS:		
PENDIENTE (°):	HORIZONTAL < 10°:		INCLINADO 10° - 35°: X		TUMBADO 36° - 60°:		ABRUPTO > 60°:		
USOS:	SEMBRADOS	GANADERÍA	RECREACIÓN	ZONA INDUSTRIAL	VIVIENDAS X	VÍAS	MINERÍA	ÁREA PROTEGIDA	ZONA ARQUEOLÓGICA

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS:

AFLORAMIENTO N°: 13
FECHA: 28/03/2015
COORDENADAS: X: 673575 Y: 9563817 Z: 1725
DIMENSIONES (h): 7x15
RELIEVE: Llano <input type="checkbox"/> Bajo <input checked="" type="checkbox"/> De Colinas <input type="checkbox"/> Montañoso <input type="checkbox"/>
VEGETACIÓN: Exuberante <input checked="" type="checkbox"/> Escasa <input type="checkbox"/>
FORMACIÓN: Gonzanamá
AFLORAMIENTO: Artificial <input checked="" type="checkbox"/> Natural <input type="checkbox"/>

PERFIL LITOLÓGICO DE LOS AFLORAMIENTOS:

POTENCIA (m)	N° DE CAPAS	LITOLOGÍA	ORIENTACIÓN	METEORIZACIÓN		
				Bajo	Medio	Alto
0.50	1	Capa vegetal				
5	2	Arcillas			X	



DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA

Presencia de arcillas de color café oscuro, con arenisca de grano fino con presencia de humedad.

USO DEL SUELO

TIPO DE SUELO:	SUELOS RESIDUALES:		SEDIMENTARIO: X		COLUVIAL:		COLUVIÓN:		
FACTORES DE EROSIÓN:	LLUVIA: X		SOL:		VIENTO:		HELADAS:		
PENDIENTE (°):	HORIZONTAL < 10°:		INCLINADO 10° - 35°: X		TUMBADO 36° - 60°:		ABRUPTO > 60°:		
USOS:	SEMBRADOS	GANADERÍA	RECREACIÓN	ZONA INDUSTRIAL	VIVIENDAS	VÍAS X	MINERÍA	ÁREA PROTEGIDA	ZONA ARQUEOLÓGICA

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS:

AFLORAMIENTO N°: 14
FECHA: 28/03/2015
COORDENADAS: X: 673570 Y: 9564360 Z: 1755
DIMENSIONES (h): 7x15
RELIEVE: Llano <input type="checkbox"/> Bajo <input type="checkbox"/> De Colinas <input checked="" type="checkbox"/> Montañoso <input type="checkbox"/>
VEGETACIÓN: Exuberante <input checked="" type="checkbox"/> Escasa <input type="checkbox"/>
FORMACIÓN: Serie Tahuin
AFLORAMIENTO: Artificial <input type="checkbox"/> Natural <input checked="" type="checkbox"/>



PERFIL LITOLÓGICO DE LOS AFLORAMIENTOS:

POTENCIA (m)	N° DE CAPAS	LITOLÓGÍA	ORIENTACIÓN	METEORIZACIÓN		
				Bajo	Medio	Alto
0.50	1	Capa vegetal	55°NW/50°	X		
3	2	Filitas				X

DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA

Presencia de filitas altamente meteorizadas de coloración amarillo claro, presencia de humedad, presenta una estructura laminar y grano muy fino.

USO DEL SUELO

TIPO DE SUELO:	SUELOS RESIDUALES:		SEDIMENTARIO: X		COLUVIAL:		COLUVIÓN:		
FACTORES DE EROSIÓN:	LLUVIA: X		SOL:		VIENTO:		HELADAS:		
PENDIENTE (°):	HORIZONTAL < 10°:		INCLINADO 10° - 35°: X		TUMBADO 36° - 60°:		ABRUPTO > 60°:		
USOS:	SEMBRADOS X	GANADERÍA	RECREACIÓN	ZONA INDUSTRIAL	VIVIENDAS	VÍAS	MINERÍA	ÁREA PROTEGIDA	ZONA ARQUEOLÓGICA

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS:

AFLORAMIENTO N°: 15
FECHA: 28/03/2015
COORDENADAS: X: 673415 Y: 9564334 Z: 1769
DIMENSIONES (h): 7x15
RELIEVE: Llano <input type="checkbox"/> Bajo <input type="checkbox"/> De Colinas <input checked="" type="checkbox"/> Montañoso <input type="checkbox"/>
VEGETACIÓN: Exuberante <input checked="" type="checkbox"/> Escasa <input type="checkbox"/>
FORMACIÓN: Serie Tahuin
AFLORAMIENTO: Artificial <input type="checkbox"/> Natural <input checked="" type="checkbox"/>

ANEXO FOTOGRÁFICO



PERFIL LITOLÓGICO DE LOS AFLORAMIENTOS:

POTENCIA (m)	N° DE CAPAS	LITOLÓGÍA	ORIENTACIÓN	METEORIZACIÓN		
				Bajo	Medio	Alto
0.30	1	Capa vegetal	65°NW/55°	X		
7	2	Filitas				X

DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA

Presencia de filitas altamente meteorizadas de coloración gris – gris verdoso, presencia de humedad, presenta una estructura laminar y grano muy fino, minerales como micas y principalmente moscovita.

USO DEL SUELO

TIPO DE SUELO:	SUELOS RESIDUALES:		SEDIMENTARIO: X		COLUVIAL:		COLUVIÓN:		
FACTORES DE EROSIÓN:	LLUVIA: X		SOL:		VIENTO:		HELADAS:		
PENDIENTE (°):	HORIZONTAL < 10°:		INCLINADO 10° - 35°: X		TUMBADO 36° - 60°:		ABRUPTO > 60°:		
USOS:	SEMBRADOS	GANADERÍA	RECREACIÓN	ZONA INDUSTRIAL	VIVIENDAS	VÍAS X	MINERÍA	ÁREA PROTEGIDA	ZONA ARQUEOLÓGICA

Anexo 5

Geomorfología de la parroquia San Pedro de la Bendita (cabecera parroquial)

Anexo 6

Pendientes de la parroquia San Pedro de la Bendita (cabecera parroquial)

Anexo 7

Uso del suelo actual de la parroquia San Pedro de la Bendita (cabecera parroquial)

Anexo 8

Mapa de susceptibilidad a deslizamientos por el método Heurístico, de la parroquia San Pedro de la Bendita (cabecera parroquial)

Anexo 9

**Mapa de susceptibilidad a deslizamientos por el
método Determinístico, de la parroquia San Pedro
de la Bendita (cabecera parroquial)**

Anexo 10

Caracterización de los deslizamientos de la parroquia San Pedro de la Bendita (cabecera parroquial)

REGISTO FOTOGRÁFICO



DATOS GENERALES

MOVIMIENTO N.-	1	
COORDENADAS	X: 673363	DIRECCIÓN: N 32° E
	Y: 9 563733	ÁNGULO (inclinación de la ladera en grados): 70°
FOTO N.-	1	FORMA DE LA LADERA: recta () Cóncava () Convexa (X)
ALTITUD:	1804	USO DEL TERRENO: Arbustos y árboles (X) No vegetada () Pastos () Cultivos () Residencial () Vía Presente ()
FECHA:	9 de Abril del 2015	

CARACTERÍSTICAS DEL MOVIMIENTO

TIPO :	Deslizamiento (X) flujo () Caídas () Reptación () Erosión ()
LONGITUD (Distancia Promedio desde el escarpe hasta la base):	10 m
ANCHO (promedio de la zona):	8.6 m
TIPO DE FALLA:	Indeterminada () Rotacional (X) Traslacional () Completa () Múltiple ()
MECANISMO:	Evento sencillo y rápido () Evento sencillo y lento () Evento múltiple y rápido (X) Evento múltiple y lento ()
SECUENCIA DE REPETICIÓN:	
ACTIVIDAD :	Inactivo () Latente (X) Activo () Actividad localizada ()
ESTADO DEL ESCARPE:	No es aplicable () Escarpe evidente (X) Escarpe vago ()
FORMA DEL ESCARPE:	No aplicable () Semicircular (X) Elongado () Alargado ()
AREA DEL ESCARPE:	No aplicable () Pequeña (<200 m ²) (X) Mediana (200 – 500 m ²) () Grande (>500 m ²) ()
VEGETACIÓN DEL ESCARPE:	No Aplicable () No vegetada () Vegetación escasa (X) Arbustos ()
FORMA DE LA MASA DESPLAZADA:	No aplicable () Longitud = ancho () Longitud > ancho (X) Longitud < ancho ()
ESTADO DE LA MASA DESPLAZADA:	Masa intacta () Masa desintegrada (X) Masa en forma de flujo () No Presente ()
HUMEDAD DE LA MASA DESPLAZADA:	No Presenta zonas Húmedas () Zonas de alta Humedad (X) Zonas Inundadas () Zonas Húmedas ()
VEGETACIÓN DE LA MASA DESPLAZADA:	No Aplicable () No vegetada () Vegetación escasa (X) arbustos () Árboles ()
SUPERFICIE DE FALLA:	Cubierta orgánica (X) Suelo depositado () Suelo residual () Relleno (X)
CAUSA PROBABLE :	Desconocida () Erosión concentrada () Deforestación () Exceso de agua (X) cargas de construcción () Discontinuidades ()
FACTOR DISPARADOR :	Desconocido () Lluvias (X) Construcciones () Apertura de vía ()
DAÑO:	No visible () Carreteras (X) Residencias () Áreas de pasto () Residencias ()
ESTABILIZACIÓN:	No Visible (X) Muros () Canales () Drenes () Otros ()

REGISTO FOTOGRÁFICO



DATOS GENERALES

MOVIMIENTO N.-	2	
COORDENADAS	X: 6 73329	DIRECCIÓN: N 30° E
	Y: 9 563912	ÁNGULO (inclinación de la ladera en grados): 62°
FOTO N.-	2	FORMA DE LA LADERA: recta () Cóncava () Convexa (X)
ALTITUD:	1788msnm	USO DEL TERRENO: Arbustos y árboles (X) No vegetada () Pastos () Cultivos () Residencial () Vía Presente()
FECHA:	28/03/2015	

CARACTERÍSTICAS DEL MOVIMIENTO

TIPO :	Deslizamiento (X) flujo () Caídas () Reptación () Erosión ()
LONGITUD (Distancia Promedio desde el escarpe hasta la base):	5 m
ANCHO (promedio de la zona):	7 m
TIPO DE FALLA:	Indeterminada () Rotacional (X) Traslacional () Completa () Múltiple ()
MECANISMO:	Evento sencillo y rápido () Evento sencillo y lento () Evento múltiple y rápido (X) Evento múltiple y lento ()
SECUENCIA DE REPETICIÓN:	
ACTIVIDAD :	Inactivo () Latente (X) Activo () Actividad localizada ()
ESTADO DEL ESCARPE:	No es aplicable () Escarpe evidente (X) Escarpe vago ()
FORMA DEL ESCARPE:	No aplicable () Semicircular (X) Elongado () Alargado ()
AREA DEL ESCARPE:	No aplicable () Pequeña (<200 m ²) (X) Mediana (200 – 500 m ²) () Grande (>500 m ²) ()
VEGETACIÓN DEL ESCARPE:	No Aplicable () No vegetada () Vegetación escasa (X) Arbustos ()
FORMA DE LA MASA DESPLAZADA:	No aplicable () Longitud = ancho () Longitud > ancho (X) Longitud < ancho ()
ESTADO DE LA MASA DESPLAZADA:	Masa intacta () Masa desintegrada (X) Masa en forma de flujo () No Presente ()
HUMEDAD DE LA MASA DESPLAZADA:	No Presenta zonas Húmedas () Zonas de alta Humedad (X) Zonas Inundadas () Zonas Húmedas ()
VEGETACIÓN DE LA MASA DESPLAZADA:	No Aplicable () No vegetada () Vegetación escasa (X) arbustos () Árboles ()
SUPERFICIE DE FALLA:	Cubierta orgánica (X) Suelo depositado () Suelo residual () Relleno (X)
CAUSA PROBABLE :	Desconocida () Erosión concentrada () Deforestación () Exceso de agua (X) cargas de construcción () Discontinuidades ()
FACTOR DISPARADOR :	Desconocido () Lluvias (X) Construcciones () Apertura de vía ()
DAÑO:	No visible () Carreteras (X) Residencias () Áreas de pasto () Residencias ()
ESTABILIZACIÓN:	No Visible (X) Muros () Canales () Drenes () Otros ()

REGISTO FOTOGRÁFICO



DATOS GENERALES

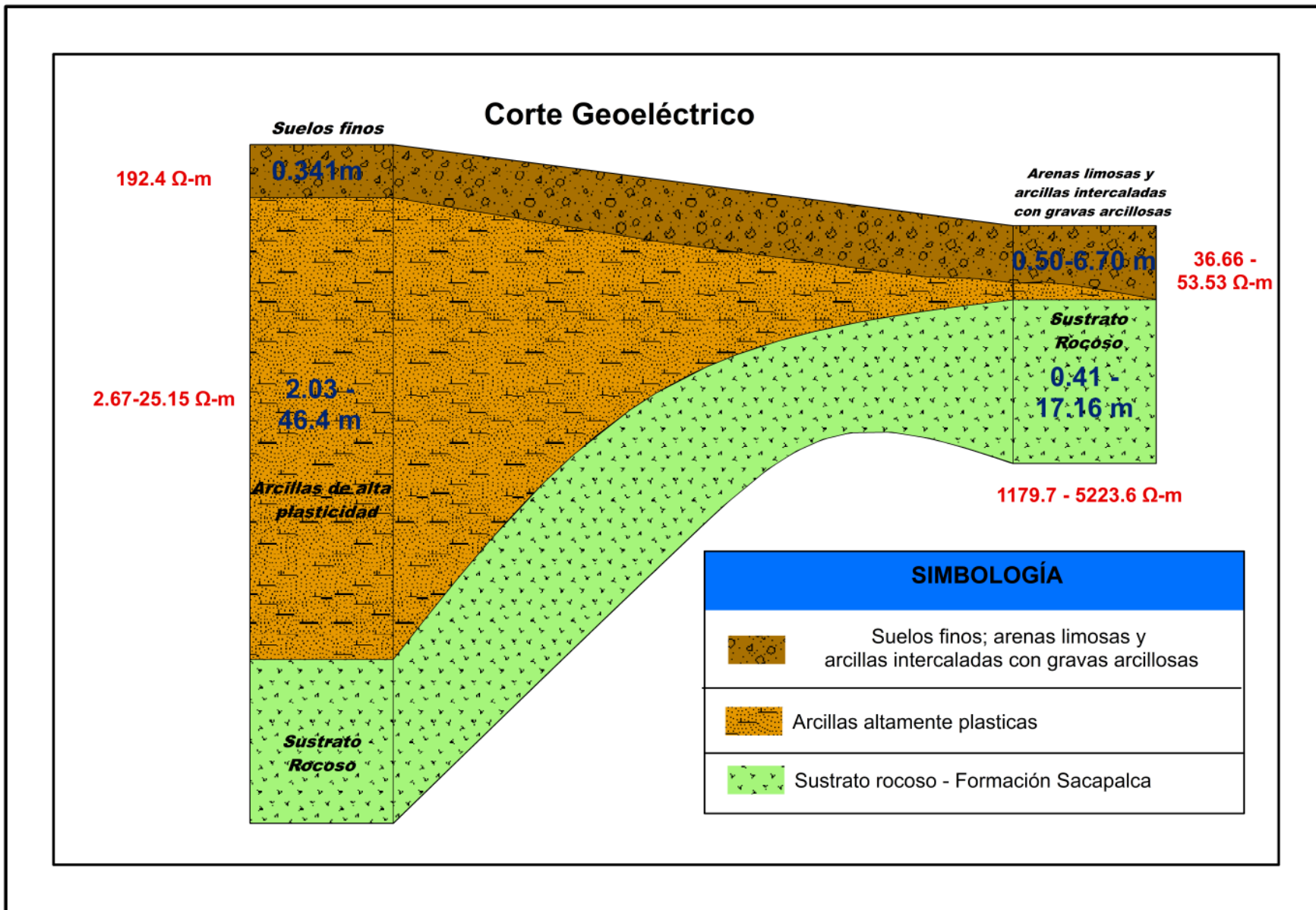
MOVIMIENTO N.-	3	
COORDENADAS	X: 673393	DIRECCIÓN: S 20° E
	Y: 9 564056	ÁNGULO (inclinación de la ladera en grados): 80°
FOTO N.-	3	FORMA DE LA LADERA: recta () Cóncava () Convexa (X)
ALTITUD:	1760msnm	USO DEL TERRENO: Arbustos y árboles () No vegetada () Pastos (X) Cultivos () Residencial () Vía Presente ()
FECHA:	9 de Abril del 2015	

CARACTERÍSTICAS DEL MOVIMIENTO

TIPO :	Deslizamiento (X) flujo () Caídas () Reptación () Erosión ()
LONGITUD (Distancia Promedio desde el escarpe hasta la base):	4 m
ANCHO (promedio de la zona):	7.5 m
TIPO DE FALLA:	Indeterminada () Rotacional (X) Traslacional () Completa () Múltiple ()
MECANISMO:	Evento sencillo y rápido () Evento sencillo y lento () Evento múltiple y rápido (X) Evento múltiple y lento ()
SECUENCIA DE REPETICIÓN:	
ACTIVIDAD :	Inactivo () Latente (X) Activo () Actividad localizada ()
ESTADO DEL ESCARPE:	No es aplicable (X) Escarpe evidente () Escarpe vago ()
FORMA DEL ESCARPE:	No aplicable () Semicircular () Elongado (X) Alargado ()
AREA DEL ESCARPE:	No aplicable (X) Pequeña (<200 m ²) () Mediana (200 – 500 m ²) () Grande (>500 m ²) ()
VEGETACIÓN DEL ESCARPE:	No Aplicable () No vegetada () Vegetación escasa (X) Arbustos ()
FORMA DE LA MASA DESPLAZADA:	No aplicable () Longitud = ancho () Longitud > ancho (X) Longitud < ancho ()
ESTADO DE LA MASA DESPLAZADA:	Masa intacta () Masa desintegrada (X) Masa en forma de flujo () No Presente ()
HUMEDAD DE LA MASA DESPLAZADA:	No Presenta zonas Húmedas () Zonas de alta Humedad (X) Zonas Inundadas () Zonas Húmedas ()
VEGETACIÓN DE LA MASA DESPLAZADA:	No Aplicable () No vegetada () Vegetación escasa (X) arbustos () Árboles ()
SUPERFICIE DE FALLA:	Cubierta orgánica (X) Suelo depositado () Suelo residual () Relleno (X)
CAUSA PROBABLE :	Desconocida () Erosión concentrada () Deforestación () Exceso de agua (X) cargas de construcción () Discontinuidades ()
FACTOR DISPARADOR :	Desconocido () Lluvias (X) Construcciones () Apertura de vía ()
DAÑO:	No visible () Carreteras (X) Residencias () Áreas de pasto () Residencias ()
ESTABILIZACIÓN:	No Visible (X) Muros () Canales () Drenes () Otros ()

Anexo 11

Corte geoléctrico de los SEV 1-2, de la parroquia San Pedro de la Bendita (cabecera parroquial)



Anexo 12

Resumen de resultados de los SPT



ESTSUELCON CIA. LTDA.

RESUMEN DE RESULTADOS

ESTUDIO DE SUELOS PARA ANALISIS DE DESLIZAMIENTO EN SAN PEDRO DE LA BENDITA

PROYECTO: ESTUDIO DE SUELOS SECTOR: SAN PEDRO DE LA BENDITA
 OBRA: SR. JOSE CHUQUIMARCA POZO: 1
 SOLICITADO POR: ING. DIEGO I. CASTILLO
 REALIZADO POR:

PROF. (m)	N.F. (m)	STANDARD PENETRATION TEST (S.P.T.)				CLASIFICACIÓN S.U.C.S.								Perfil estratigráfico	Descripción del Suelo	Consistencia (Suebs Arcillosos)	Compañidad Relativa (arena)				
		15	30	45	N SPT	GRÁFICO DE GOLPES DE SPT				W (%)	LÍMITES ATTERBERG							GRANULOMETRÍA			SUCS
						0	20	40	60		80	L.L.	L.P.					I.P.	G	A	
0																					
1.0		8	5	8	13						28.91	93.49	27.93	65.56	1	21	78	CH1	Arcilla de alta plásticidad	Firme	
2.0		8	10	7	17						31.47	94.48	28.17	66.31	2	16	82	CH1		Firme	
3.0		16	15	17	32						28.91	93.09	36.94	56.15	2	20	78	CH1		Muy firme	
4.0		16	12	14	26						27.09	88.4	30.03	58.37	0	27	72	CH1		Muy firme	
PERFORAC. TOTAL: 4.0 m. NIVEL FREÁTICO: 0 m.		LEYENDAS: Perforación destructiva Limo Arcilla Arena Grava Nivel Freático Bloque																			

Ing. Diego I. Castillo
CONSULTOR



ESTSUELCON CIA. LTDA.

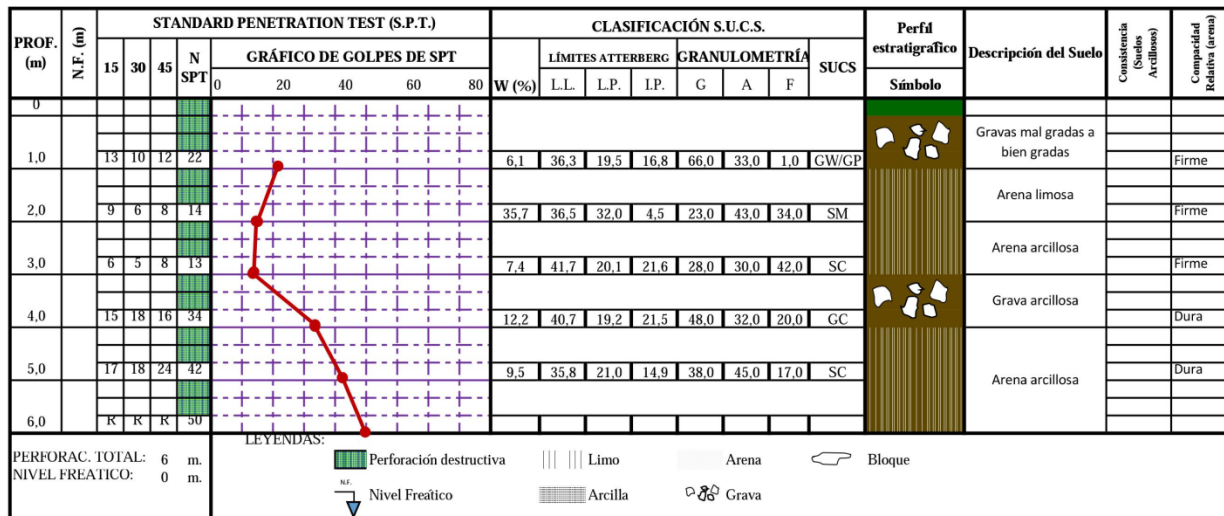
ESTSUELCON CIA. LTDA.

RESUMEN DE RESULTADOS

PROYECTO:

ESTUDIO DE SUELOS PARA ANALISIS DE DESLIZAMIENTO EN SAN PEDRO DE LA BENDITA

OBRA: ESTUDIO DE SUELOS SECTOR: SAN PEDRO DE LA BENDITA
 SOLICITADO POR: SR. JOSE CHUQUIMARCA POZO: 2
 REALIZADO POR: ING. DIEGO I. CASTILLO



Ing. Diego I. Castillo
CONSULTOR

Anexo 13

Resumen de datos de campo, laboratorio y resistividades obtenidas



ESTSUELCON CIA. LTDA.

RESUMEN DE DATOS DE CAMPO, DE LABORATORIO Y RESISTENCIAS OBTENIDAS

PROYECTO:

ESTUDIO DE SUELOS PARA ANALISIS DE DESLIZAMIENTO EN SAN PEDRO DE LA BENDITA

OBRA:

ESTUDIO DE SUELOS

SOLICITADO POR:

SR. JOSE CHUQUIMARCA

REALIZADO POR:

ING. DIEGO I. CASTILLO

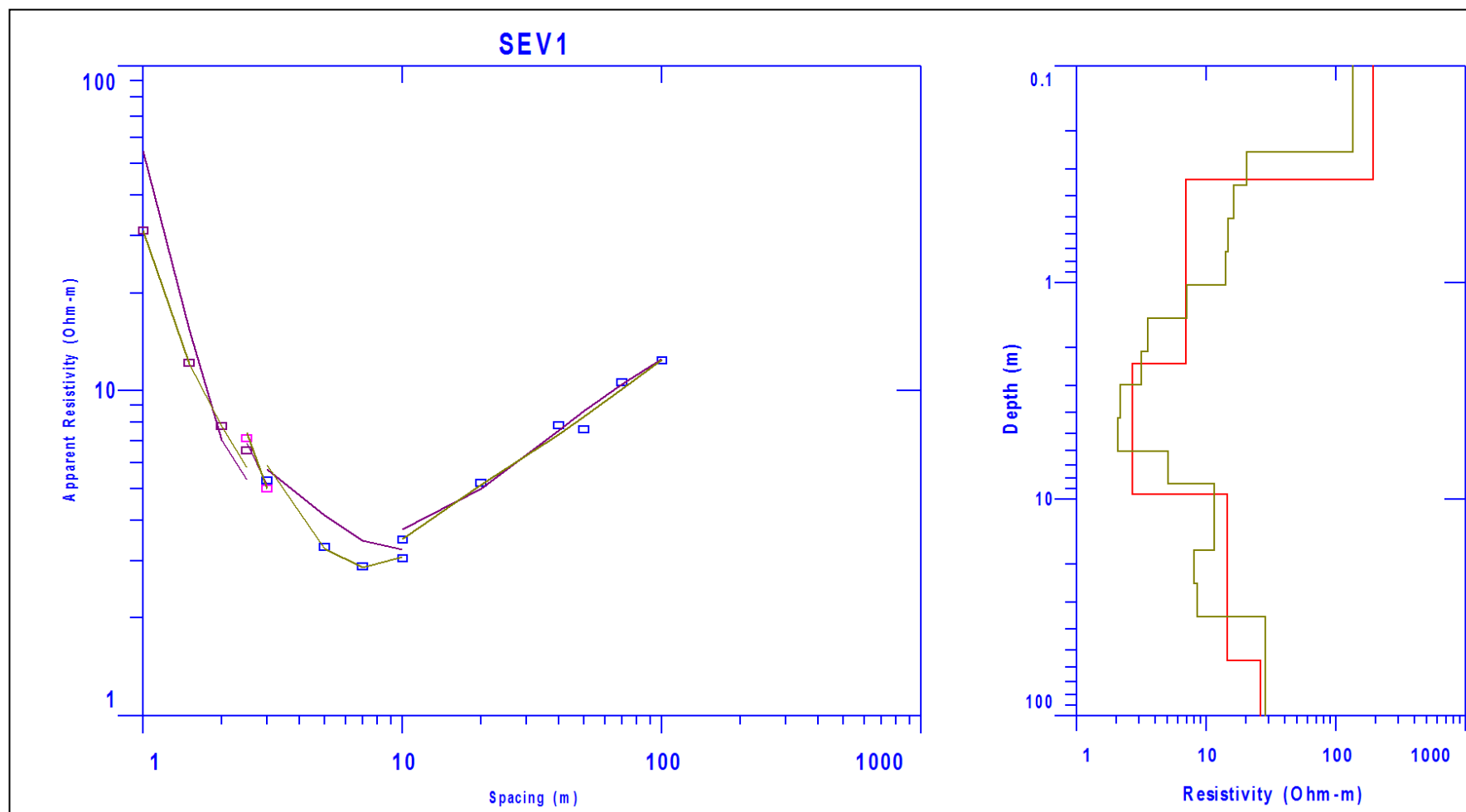
POZO	PROF.	C.H.	L.L.	L.P.	L.P.	GRAVA	ARENA	FINOS	CLASIFIC		GOLPES N			N30	qu	qu _{lneta}	qu _{dmeta}	c'
	m.	%	%	%	%	%	%	%	SUCS	AASHTO	15 cm	30 cm	45 cm	golpe	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²
1	1,00	29	93	28	66	1	21	78	CHI	A-7-6	8	5	8	13	1,73	5,37	1,79	0,90
1	2,00	31	94	28	66	2	16	82	CHI	A-7-6	8	10	7	17	2,27	7,03	2,34	1,10
1	3,00	29	93	37	56	2	20	78	CHI	A-7-5	16	15	17	32	4,27	13,23	4,41	1,30
1	4,00	27	88	30	58	0	27	72	CHI	A-7-5	16	12	14	26	3,47	10,75	3,58	1,60
2	1,00	6	36	19	17	66	33	1	GW/GP	A-2-6	13	10	12	22	2,93	9,09	3,03	0,00
2	2,00	36	36	32	4	23	43	34	SM	A-2-4	9	6	8	14	1,87	5,79	1,93	0,20
2	3,00	7	42	20	22	28	30	42	SC	A-2-6	6	5	8	13	1,73	5,37	1,79	0,11
2	4,00	12	41	19	22	48	32	20	GC	A-2-7	15	18	16	34	4,53	14,05	4,68	0,00
2	5,00										17	18	24	42	5,60	17,36	5,79	0,11
2	6,00	10	36	21	15	38	45	17	SC	A-2-6	R	R	R	50	6,67	20,67	6,89	0,76

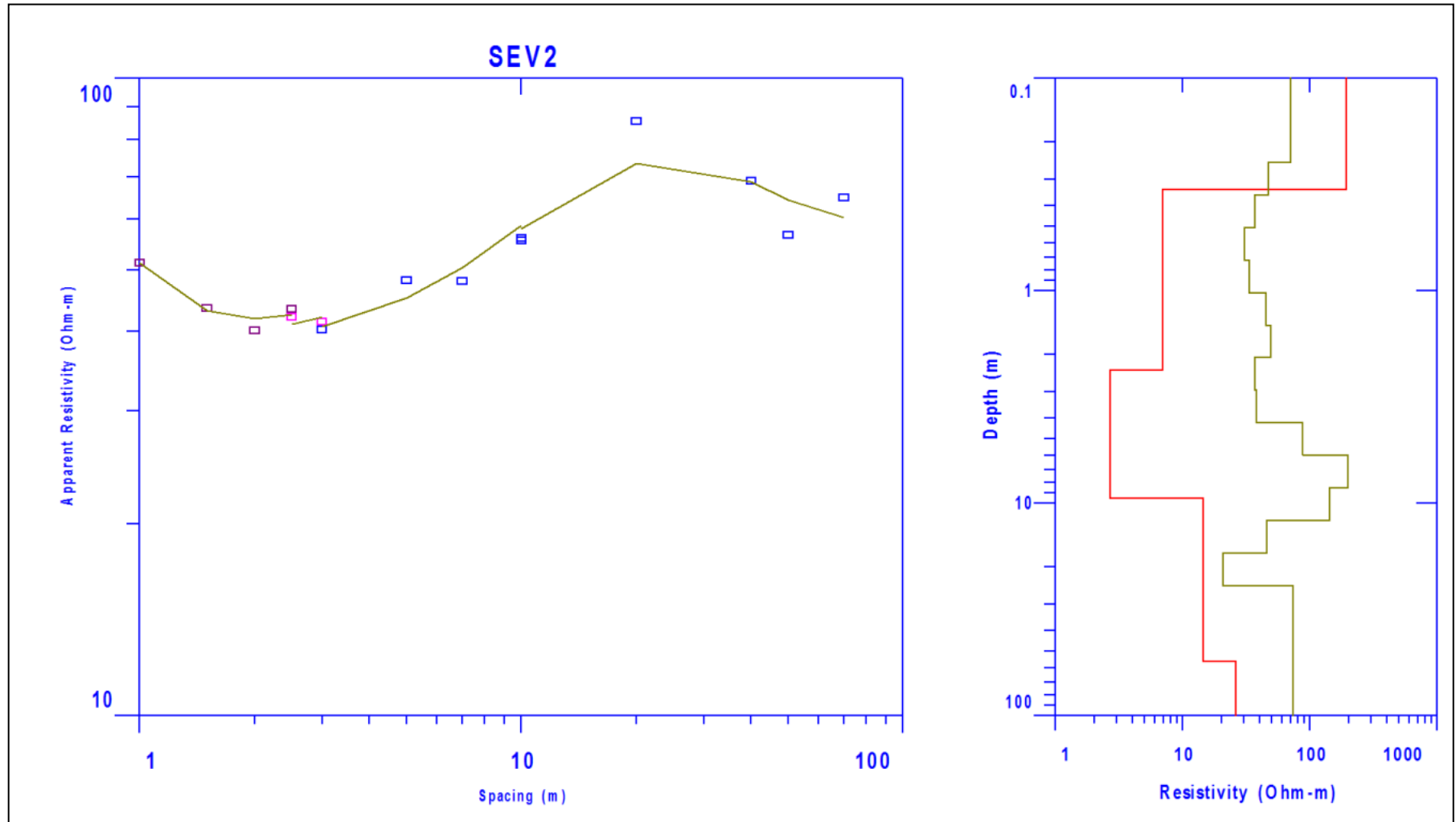

Ing. Diego I. Castillo
CONSULTOR

ESTSUELCON CIA. LTDA.
Estudios de Suelos, Laboratorio
Construcción y Consultoría
Loja-Ecuador

Anexo 14

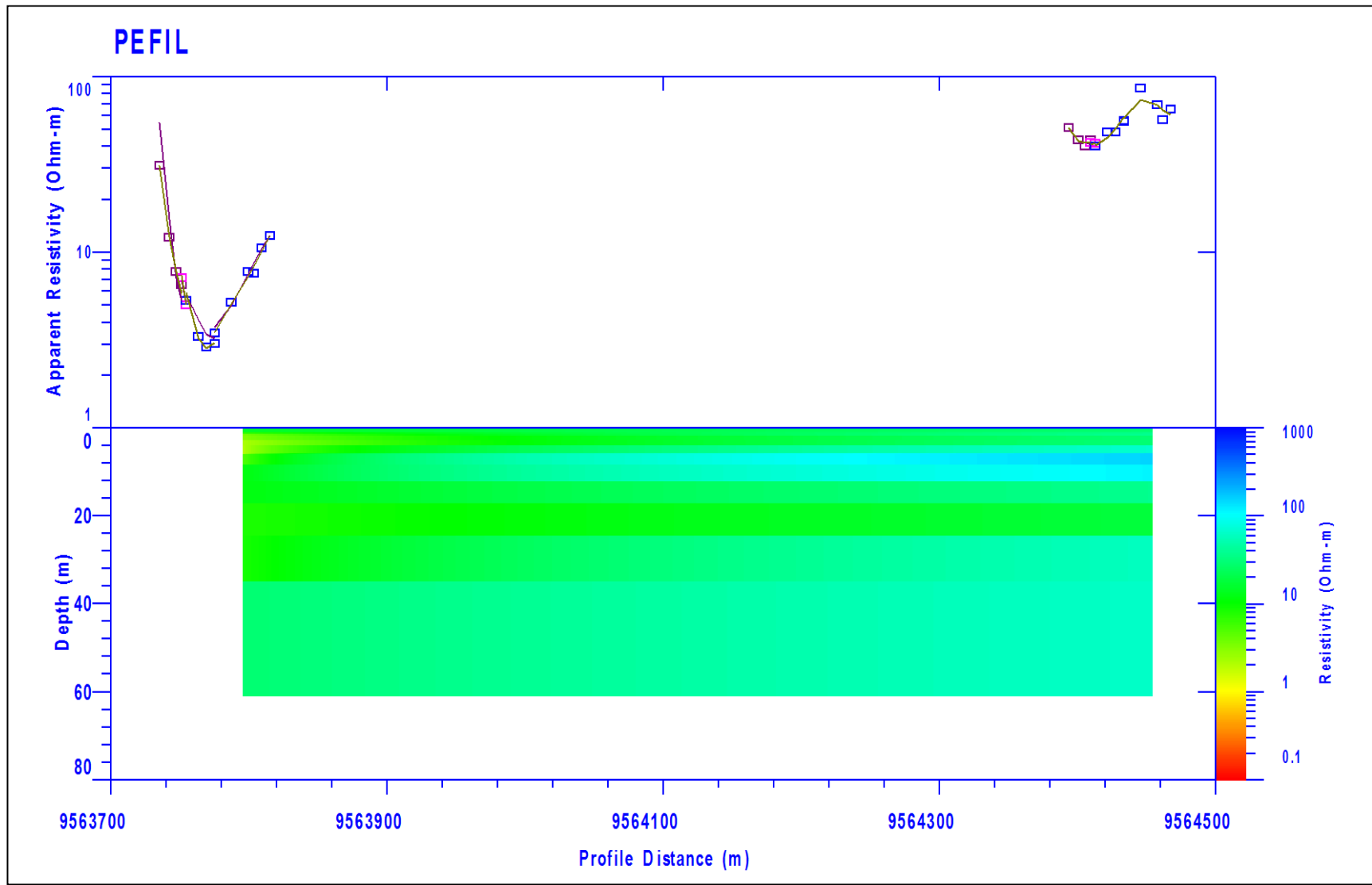
Resultados de las líneas SEV





Anexo 15

Perfil eléctrico SEV 1-2



Anexo 16

Resultados de los Ensayos de Penetración Estándar.



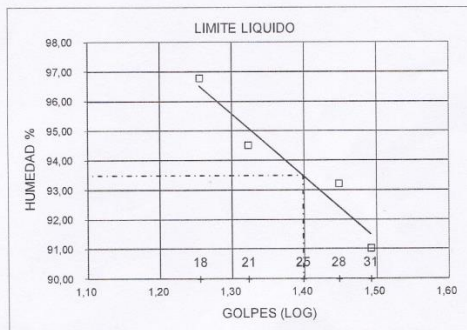
ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA
 Tele-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335. Email: estsuelcon@gmail.com

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. :	ESTUDIO DE SUELOS PARA ANALISIS DE DESLIZAMIENTO EN SAN PEDRO DE LA BENDITA				
OBRA :	ESTUDIO DE SUELOS				
UBIC. :	SAN PEDRO DE LA BENDITA			MUESTRA :	1
FECHA :	JUNIO 2015	OPERADOR :	D.I.C.	PROFUND. :	1,00 m.
	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w % RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		43,35	39,36	25,60	29,00
		62,55	54,61	27,06	28,82
2.- LIM. LIQUIDO	31	29,55	27,52	25,29	91,03
	28	32,00	29,80	27,44	93,22
	21	36,70	34,11	31,37	94,53
	18	31,66	28,64	25,52	96,79
3.- LIMITE PLASTICO		29,00	28,09	24,83	27,91
		31,18	30,30	27,15	27,94
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-				
PESO IN=	134,1 (H/S)	H	GRAVA= 1 %		
PESO INICIAL DE CALCULO:	104,1		ARENA= 21 %		
			FINOS= 78 %		
TAMIZ	PESO R. % R.A.	% PASA	LL = 93,00 %		
1 1/2"	0,00	0,0	LP = 28,00 %		
1"	0,00	0,0	IP = 65,00 %		
3/4"	0,00	0,0	CLASIFICACION:		
1/2"	0,00	0,0	SUCS = CH1		
3/8"	0,00	0,0	AASHTO= A-7-6		
No. 4	1,40	1,3	IG(86) = 54		
No. 10	4,51	5,7	IG(45) = 20		
No. 40	9,57	14,9			
No. 200	7,68	22,3			
COLOR=	CAFÉ OSCURO				



Diego I. Castillo
 Ing. Diego I. Castillo
 LABORATORIO

ESTSUELCON CIA. LTDA.
 Estudios de Suelos, Laboratorio,
 Construcción y Consultoría
 Loja



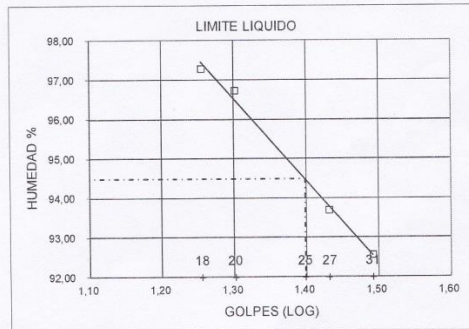
ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORÍA
 Tele-fax: 2540594. Celular: 093883061-09592335 Email: estsuelcon@gmail.com

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. :	ESTUDIO DE SUELOS PARA ANALISIS DE DESLIZAMIENTO EN SAN PEDRO DE LA BENDITA					
OBRA :	ESTUDIO DE SUELOS					
UBIC. :	SAN PEDRO DE LA BENDITA			MUESTRA : 1		
FECHA :	JUNIO 2015	OPERADOR :	D. I. C.	PROFUND. :	2,00	m.
	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1. - CONTENIDO HUMEDAD	44,89	38,61	18,54	31,29		
	42,92	37,34	19,71	31,65		31,47
2. - LIM. LIQUIDO	31	33,44	30,08	26,45	92,56	
	27	32,54	30,01	27,31	93,70	
	20	30,91	27,95	24,89	96,73	
	18	32,58	30,43	28,22	97,29	94,48
3. - LIMITE PLASTICO	32,21	31,35	28,26	27,83		
	28,58	27,85	25,29	28,52		28,17
4. - GRANULOMETRIA	5. - CLASIFICACION. -					
PESO IN=	131,8	(H/S)	H	GRAVA=	2	%
PESO INICIAL DE CALCULO:	100,2			ARENA=	16	%
				FINOS=	82	%
TAMIZ	PESO R. %	R.A.	% PASA	LL =	94,00	%
1 1/2"	0,00	0,0	100	LP =	28,00	%
1"	0,00	0,0	100	IP =	66,00	%
3/4"	0,00	0,0	100			
1/2"	0,00	0,0	100			
3/8"	0,00	0,0	100			
No. 4	1,62	1,6	98	CLASIFICACION:		
No. 10	3,40	5,0	95	SUCS =	CH1	
No. 40	5,44	10,4	90	AASHTO=	A-7-6	
No. 200	7,09	17,5	82	IG(86)=	60	
COLOR=	CAFÉ OSCURO			IG(45)=	20	



Diego L. Castillo
 Ing. Diego L. Castillo
 LABORATORIO

ESTSUELCON CIA. LTDA.
 Estudios de Suelos, Laboratorio,
 Construcción y Consultoría



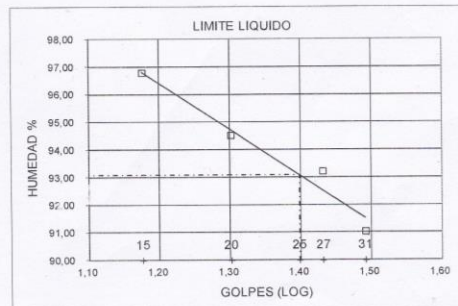
ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIONES Y CONSULTORIA

Tele-fax: 2540594. Celular: 093883061-098692335 Email: estsuelcon@gmail.com

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. :	ESTUDIO DE SUELOS PARA ANALISIS DE DESLIZAMIENTO EN SAN PEDRO DE LA BENDITA					
OBRA :	ESTUDIO DE SUELOS					
UBIC. :	SAN PEDRO DE LA BENDITA			MUESTRA :	1	
FECHA :	JUNIO 2015			OPERADOR :	D.I.C.	
				PROFUND. :	3,00 m.	
	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		43,35 62,55	39,36 54,61	25,60 27,06	29,00 28,82	28,91
2.- LIM. LIQUIDO	31 27 20 15	29,55 32,00 36,70 31,66	27,52 29,80 34,11 28,64	25,29 27,44 31,37 25,52	91,03 93,22 94,53 96,79	93,09
3.- LIMITE PLASTICO		31,50 31,18	29,40 30,30	24,83 27,15	45,95 27,94	36,94
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-					
PESO IN=	134,1 (H/S)	H				
PESO INICIAL DE CALCULO:	104,1					
TAMIZ	PESO R. %	R.A.	% PASA	GRAVA=	2 %	
1 1/2"	0,00	0,0	100	ARENA=	20 %	
1"	0,00	0,0	100	FINOS=	78 %	
3/4"	0,00	0,0	100	LL =	93,00 %	
1/2"	0,00	0,0	100	LP =	37,00 %	
3/8"	0,00	0,0	100	IP =	56,00 %	
No. 4	2,50	2,4	98	CLASIFICACION:		
No. 10	4,51	6,7	93	SUCS = CH1		
No. 40	9,57	15,9	84	AASHTO= A-7-5		
No. 200	6,50	22,2	78	IG(86) = 49		
COLOR=	CAFÉ OSCURO			IG(45) = 20		



Diego I. Castillo
Ing. Diego I. Castillo
LABORATORIO

ESTSUELCON CIA. LTDA
Estudios de Suelos, Laboratorio,
Construcción y Consultoría
Loja-Ecuador



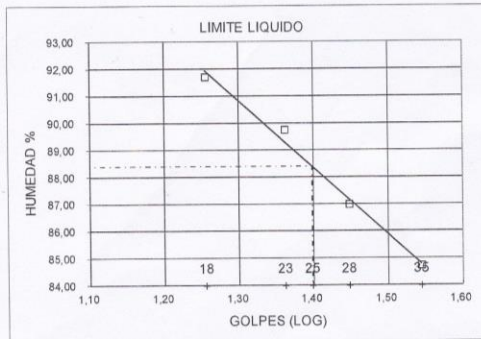
ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

Tele-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

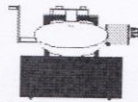
ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. :	ESTUDIO DE SUELOS PARA ANALISIS DE DESLIZAMIENTO EN SAN PEDRO DE LA BENDITA				
OBRA :	ESTUDIO DE SUELOS				
UBIC. :	SAN PEDRO DE LA BENDITA				
FECHA :	JUNIO 2015	OPERADOR:	D. I. C.	MUESTRA :	1
				PROFUND. :	4,00 m.
	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %
1.- CONTENIDO HUMEDAD		59,55	50,55	20,35	29,80
		66,79	58,91	26,58	24,37
2.- LIM. LIQUIDO	35	34,70	31,59	27,92	84,74
	28	32,20	28,99	25,30	86,99
	23	34,29	30,96	27,25	89,76
	18	33,23	29,80	26,06	91,71
3.- LIMITE PLASTICO		35,30	33,82	28,91	30,14
		32,71	31,54	27,63	29,92
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-				
PESO IN=	93,9 (H/S)	H		GRAVA=	0 %
PESO INICIAL DE CALCULO:	73,9			ARENA=	27 %
				FINOS=	72 %
TAMIZ	PESO R. %	R.A.	% PASA	LL =	88,00 %
1 1/2"	0,00	0,0	100	LP =	30,00 %
1"	0,00	0,0	100	IP =	58,00 %
3/4"	0,00	0,0	100		
1/2"	0,00	0,0	100	CLASIFICACION:	
3/8"	0,00	0,0	100	SUCS =	CH1
No. 4	0,31	0,4	100	AASHTO=	A-7-5
No. 10	2,81	4,2	96	IG (86) =	44
No. 40	6,81	13,4	87	IG (45) =	19
No. 200	10,48	27,6	72		
COLOR=	CAFÉ OSCURO				



Ing. Diego I. Castillo
LABORATORIO

ESTSUELCON CIA. LTDA
Estudios de Suelos, Laboratorio, Construcción y Consultoría

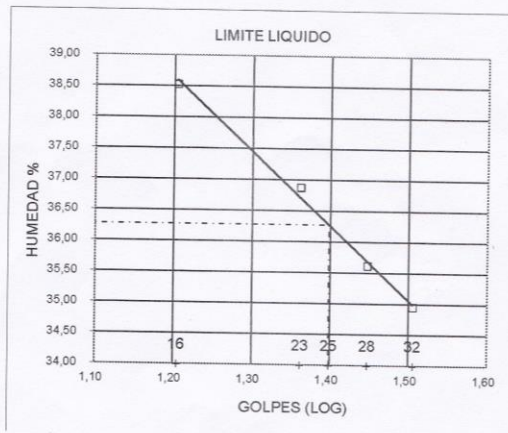


ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA
 ele-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com
ESTSUELCON CIA. LTDA.

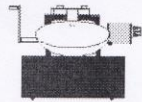
ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : ESTUDIO DE SUELOS PARA ANALISIS DE DESLIZAMIENTO EN SAN PEDRO DE LA BENDITA						
OBRA : ESTUDIO DE SUELOS						
UBIC. : SAN PEDRO DE LA BENDITA						
FECHA : JUNIO 2015			OPERADOR: D.I.C.		MUESTRA : 2	
					PROFUND.: 1,00 m.	
	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		71,32	68,27	20,37	6,37	
		64,62	62,12	19,25	5,83	6,10
2.- LIM. LIQUIDO	32	34,31	32,30	26,55	34,96	
	28	33,90	32,03	26,78	35,62	
	23	34,26	32,32	27,06	36,88	
	16	33,96	32,18	27,56	38,53	36,28
3.- LIMITE PLASTICO		34,40	32,90	25,19	19,46	
		32,34	31,23	25,52	19,44	19,45
4.- GRANULOMETRIA				5.- CLASIFICACION.-		
PESO IN= 165,9 (H/S) S				GRAVA= 66 %		
PESO INICIAL DE CALCULO: 165,9				ARENA= 33 %		
				FINOS= 1 %		
TAMIZ	PESO R. %	R.A.	% PASA	LL = 36,00 %		
1 1/2"	0,00	0,0	100	LP = 19,00 %		
1"	0,00	0,0	100	IP = 17,00 %		
3/4"	42,07	25,4	75	CLASIFICACION:		
1/2"	39,33	49,1	51	SUCS = GW/GP		
3/8"	8,31	54,1	46	AASHTO= A-2-6		
No. 4	19,29	65,7	34	IG (86)= 0		
No. 10	16,61	75,7	24	IG (45)= 0		
No. 40	22,59	89,3	11			
No. 200	15,68	98,8	1			
COLOR= CAFÉ OSCURO						



Ing. Diego A. Castillo
 LABORATORIO

ESTSUELCON
 Estudios de
 Construcción



ESTSUELCON CIA. LTDA.

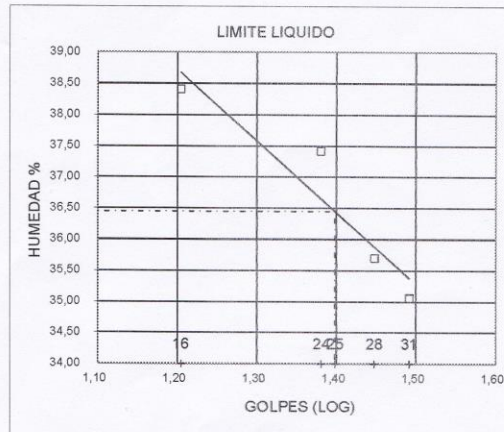
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

tele-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. :	ESTUDIO DE SUELOS PARA ANALISIS DE DESLIZAMIENTO EN SAN PEDRO DE LA BENDITA					
OBRA :	ESTUDIO DE SUELOS					
UBIC. :	SAN PEDRO DE LA BENDITA			MUESTRA : 2		
FECHA :	JUNIO 2015	OPERADOR: D.I.C.		PROFUND.: 2,00		m.
	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		84,12	68,38	25,16	36,42	
		84,25	69,44	27,20	35,06	35,74
2.- LIM. LIQUIDO	31	29,62	28,20	24,15	35,06	
	28	31,29	29,38	24,03	35,70	
	24	31,95	30,30	25,89	37,41	
	16	35,09	32,92	27,27	38,41	36,45
3.- LIMITE PLASTICO		34,19	32,01	27,10	44,40	
		30,91	29,90	24,74	19,57	31,99
4.- GRANULOMETRIA						5.- CLASIFICACION.-
PESO IN=	214,6	(H/S)	S	GRAVA= 23 %		
PESO INICIAL DE CALCULO:	214,6				ARENA= 43 %	
					FINOS= 34 %	
TAMIZ	PESO R. %	R.A.	% PASA	LL = 36,00 %		
1 1/2"	0,00	0,0	100	LP = 32,00 %		
1"	0,00	0,0	100	IP = 4,00 %		
3/4"	0,00	0,0	100			
1/2"	9,09	4,2	96			
3/8"	16,29	11,8	88			
No. 4	24,07	23,0	77	CLASIFICACION:		
No. 10	32,44	38,2	62	SUCS = SM		
No. 40	36,84	55,3	45	AASHTO= A-2-4		
No. 200	23,07	66,1	34	IG(86)= 0		
COLOR=	CAFÉ OSCURO			IG(45)= 0		



Diego I. Castillo
Ing. Diego I. Castillo
LABORATORIO

ESTSUELCON CIA. LTDA.
Estudios de Suelos, Laboratorio,
Construcción y Consultoria
Loja-Ecuador

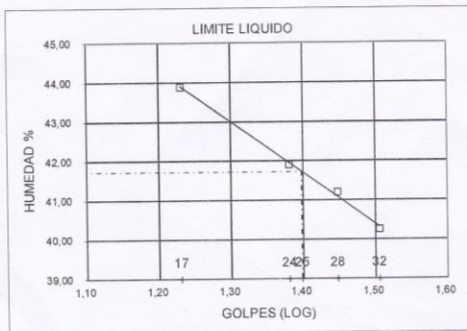


ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA
 Tele-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 E-mail: estsuelcon@gmail.com

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. :	ESTUDIO DE SUELOS PARA ANALISIS DE DESLIZAMIENTO EN SAN PEDRO DE LA BENDITA				
OBRA :	ESTUDIO DE SUELOS				
UBIC. :	SAN PEDRO DE LA BENDITA		MUESTRA :	2	
FECHA :	JUNIO 2015	OPERADOR:	D.I.C.	PROFUND.:	3,00 m.
	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %
1.- CONTENIDO HUMEDAD		50,52	48,78	25,48	7,47
		46,73	44,87	19,77	7,41
2.- LIM. LIQUIDO	32	32,78	31,19	27,24	40,25
	28	36,50	33,83	27,35	41,20
	24	34,67	32,60	27,66	41,90
	17	31,18	29,31	25,05	43,90
3.- LIMITE PLASTICO		30,06	29,26	25,21	19,75
		32,13	31,39	27,77	20,44
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-				
PESO IN=	213,5 (H/S)	S	GRAVA= 28 %		
PESO INICIAL DE CALCULO:	213,5		ARENA= 30 %		
			FINOS= 42 %		
TAMIZ	PESO R. %	R.A.	% PASA	LL = 42,00 %	
1 1/2"	0,00	0,0	100	LP = 20,00 %	
1"	0,00	0,0	100	IP = 22,00 %	
3/4"	13,26	6,2	94	CLASIFICACION:	
1/2"	19,46	15,3	85	SUCS = SC	
3/8"	3,35	16,9	83	AASHTO = A-7-6	
No. 4	24,41	28,3	72	IG(86) = 5	
No. 10	21,00	38,2	62	IG(45) = 5	
No. 40	26,87	50,8	49		
No. 200	15,78	58,2	42		
COLOR=	CAFÉ OSCURO				



Diego I. Castillo
 Ing. Diego I. Castillo
 LABORATORIO

ESTSUELCON CIA. LTDA.
 Estudios de Suelos, Laboratorio,
 Construcción y Consultoría
 Loja-Ecuador



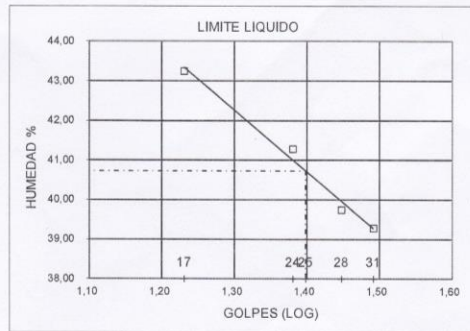
ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA
 Tele-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. :	ESTUDIO DE SUELOS PARA ANALISIS DE DESLIZAMIENTO EN SAN PEDRO DE LA BENDITA					
OBRA :	ESTUDIO DE SUELOS					
UBIC. :	SAN PEDRO DE LA BENDITA					
FECHA :	JUNIO 2015	OPERADOR :	D. I. C.	MUESTRA :	2	
				PROFUND. :	4,00 m.	
	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		48,26	45,52	25,04	13,38	
		57,81	54,83	27,90	11,07	12,22
2.- LIM. LIQUIDO	31	36,54	33,92	27,25	39,28	
	28	32,65	30,75	25,97	39,75	
	24	35,04	32,79	27,34	41,28	
	17	34,38	32,20	27,16	43,25	40,73
3.- LIMITE PLASTICO		33,24	32,19	26,78	19,41	
		33,76	32,84	28,01	19,05	19,23
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-					
PESO IN=	150,9 (H/S)	S				
PESO INICIAL DE CALCULO:	150,9		GRAVA= 48 %			
			ARENA= 32 %			
			FINOS= 20 %			
TAMIZ	PESO R. %	R.A.	% PASA	LL = 41,00 %		
1 1/2"	0,00	0,0	100	LP = 19,00 %		
1"	0,00	0,0	100	IP = 22,00 %		
3/4"	0,00	0,0	100			
1/2"	36,07	23,9	76	CLASIFICACION:		
3/8"	14,42	33,5	67	SUCS = GC		
No. 4	22,13	48,1	52	AASHTO= A-2-7		
No. 10	17,79	59,9	40	IG(86) = 1		
No. 40	18,65	72,3	28	IG(45) = 1		
No. 200	12,36	80,4	20			
COLOR=	CAFÉ OSCURO					



Ing. Diego I. Castillo
 Ing. Diego I. Castillo
 LABORATORIO

ESTSUELCON CIA. LTDA.
 Estudios de Suelos, Laboratorio,
 Construcción y Consultoria
 Loja-Ecuador



ESTSUELCON CIA. LTDA.

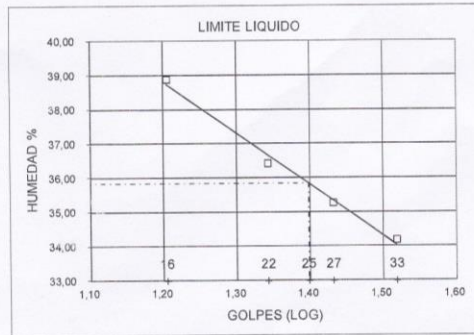


ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA
Tele-fax: 2640594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. :	ESTUDIO DE SUELOS PARA ANALISIS DE DESLIZAMIENTO EN SAN PEDRO DE LA BENDITA				
OBRA :	ESTUDIO DE SUELOS				
UBIC. :	SAN PEDRO DE LA BENDITA			MUESTRA :	2
FECHA :	JUNIO 2015	OPERADOR:	D.I.C.	PROFUND. :	5,00 m.
	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w % RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		62,14	59,09	27,57	9,68
		57,38	54,77	27,04	9,41
2.- LIM. LIQUIDO	33	39,24	36,44	28,25	34,19
	27	36,74	33,64	24,85	35,27
	22	38,98	35,85	27,26	36,44
	16	38,48	35,40	27,48	38,89
3.- LIMITE PLASTICO		33,35	32,15	26,47	21,13
		33,36	32,32	27,32	20,80
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-				
PESO IN=	313,7 (H/S)	H	GRAVA= 38 %		
PESO INICIAL DE CALCULO:	286,3		ARENA= 45 %		
			FINOS= 17 %		
TAMIZ	PESO R. % R.A.	% PASA	LL = 36,00 %		
1 1/2"	0,00 0,0	100	LP = 21,00 %		
1"	0,00 0,0	100	IP = 15,00 %		
3/4"	38,01 13,3	87	CLASIFICACION:		
1/2"	42,52 28,1	72	SUCS = SC		
3/8"	6,85 30,5	69	AASHTO= A-2-6		
No. 4	21,23 37,9	62	IG(86) = 0		
No. 10	30,30 48,5	51	IG(45) = 0		
No. 40	52,92 67,0	33			
No. 200	44,85 82,7	17			
COLOR=	CAFÉ OSCURO				



Diego I. Castillo
Ing. Diego I. Castillo
LABORATORIO

ESTSUELCON CIA. LTDA.
Estudios de Suelos, Laboratorio.
Construcción y Consultoria
Loja-Ecuador

Estudios de Suelos, Laboratorio.
Construcción y Consultoria
Loja-Ecuador

Anexo 17

Calculo de Asentamientos diferenciales, laboratorio ESTSUELCON CÍA.



ESTSUELCON CIA. LTDA.

CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS

PROYECTO: **ESTUDIO DE SUELOS PARA ANALISIS DE DESLIZAMIENTO EN SAN PEDRO DE LA BENDITA**

OBRA: ESTUDIO DE SUELOS
 SOLICITADO POR: SR. JOSE CHUQUIMARCA
 REALIZADO POR: ING. DIEGO I. CASTILLO
 SECTOR: SAN PEDRO DE LA BENDITA

POZO	PROFUNDIDAD	N30	B	qa	d	OBSERVACIONES
	m	golpes	m	T/m ²	mm	
1	3	32	1	20,0	10	
	3	32	1,5	20,0	12	
	3	32	2,0	20,0	13	
	4	26	1	20,0	12	
	4	26	1,5	20,0	14	
	4	26	2,0	20,0	16	
	4	26	2,0	20,0	16	
2	3	13	1	20,0	24	
	3	13	1,5	20,0	29	
	3	13	2,0	20,0	32	
	4	34	1	20,0	9	
	4	34	1,5	20,0	11	
	4	34	2,0	20,0	12	
ASENTAMIENTO DIFERENCIAL					19	

Ing. Diego I. Castillo
CONSULTOR

Anexo 18
Registro fotográfico de SEV, SPT,
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

-SEV (SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES)



-SPT (ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR)



-LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO



Anexo 19

Análisis Financiero del proyecto de tesis

**“Susceptibilidad a deslizamientos de la parroquia
San Pedro de la Bendita -cabecera parroquial;
cantón Catamayo, provincia de Loja”**

: “

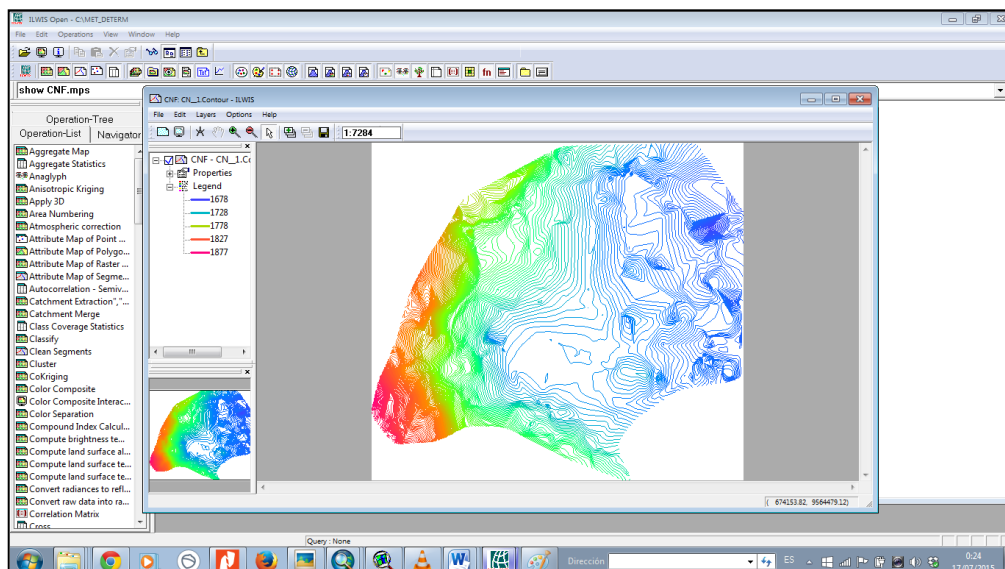
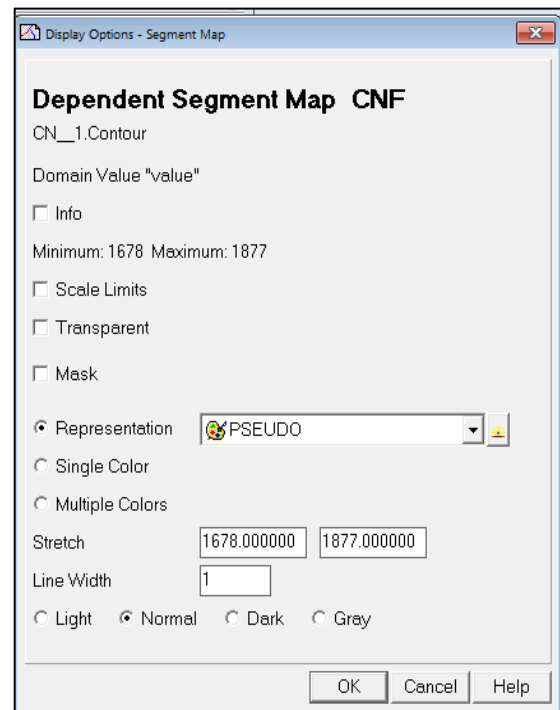
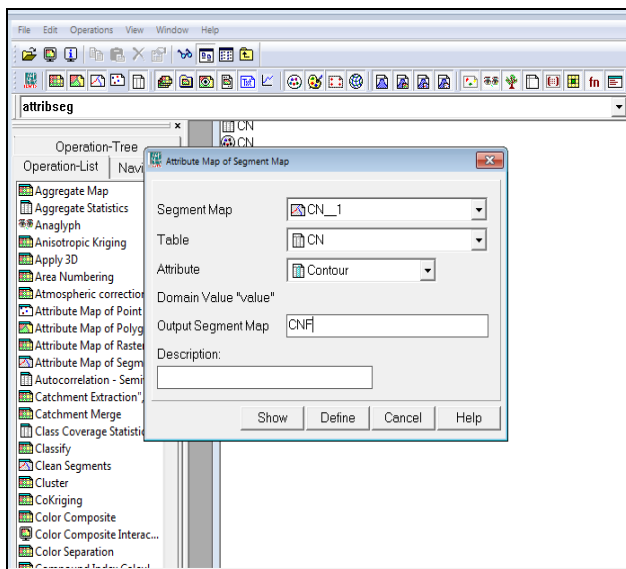
ACTIVIDADES	AÑO 2014- 2015																												COSTOS		Tiempo utilizado
	Noviembre				Diciembre				Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio				U	\$	\$
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4			
Topografía	■	■	■	■																									18 ha	1081.8	600
Levantamiento geológico					■	■	■	■																					10 ha	601	900
Ensayos SPT													■	■	■	■													220 U	440	600
Ensayos S.E.V																	■	■	■	■									380 U	760	600
Elaboración e Impresión de mapas																					■	■							9 U	54	300
Informe del proyecto final (Tribunal)																									■	■			50 U	150	300
Impresión de empastados (Exp)																											■	■	70 U	280	300
TOTAL																													3366.8	3600.0	
TOTAL= 6966.8																															

ANEXO 20
**PROCEDIMIENTO PARA LA OBTENCIÓN
DEL MAPA DETERMINÍSTICO DE
SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS**

Metodología para la elaboración del mapa de susceptibilidad a deslizamientos por le método determinístico

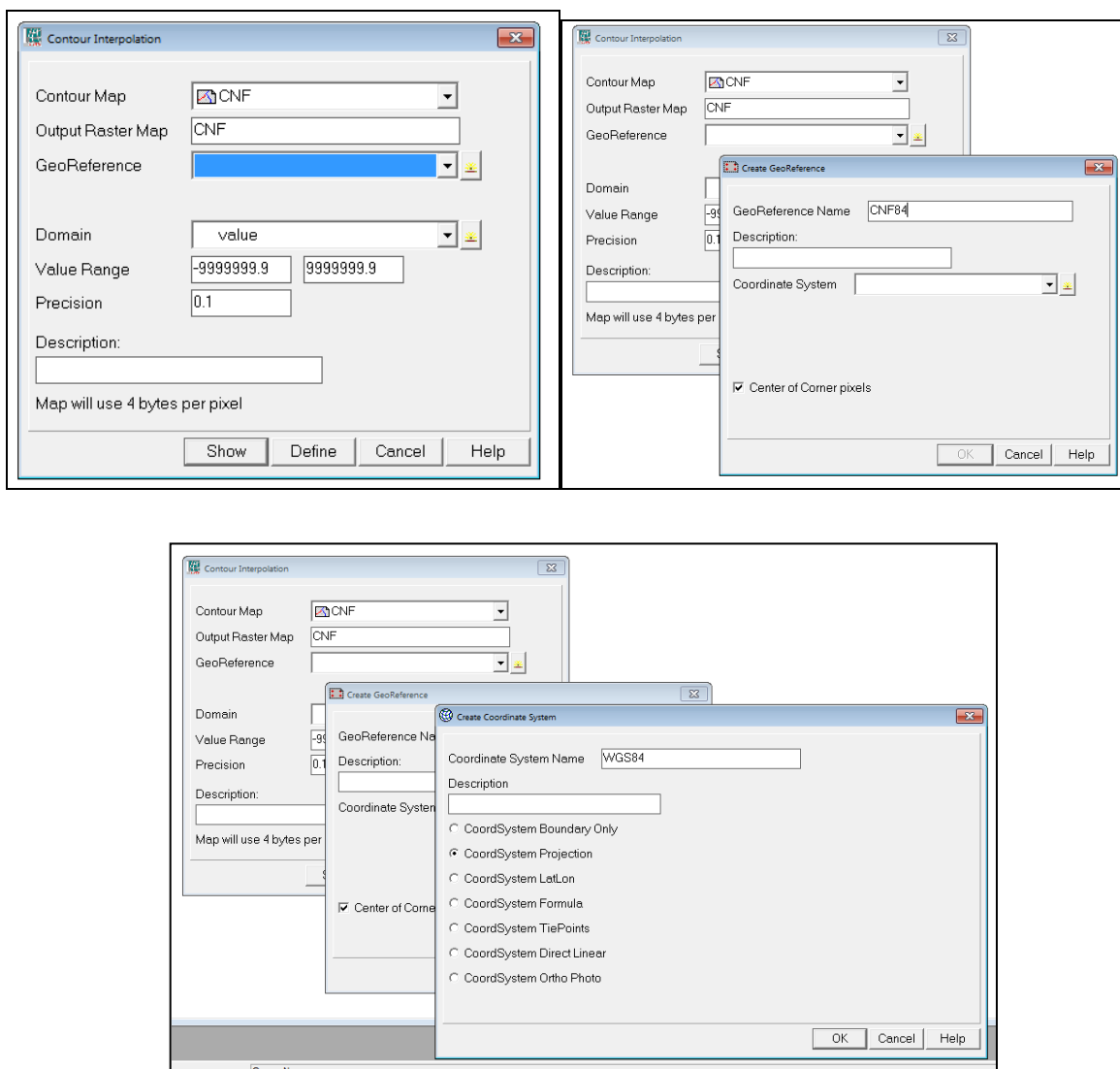
Primeramente se parte de la obtención de un Modelo Digital del Terreno (DTM) a través de las curvas de nivel obtenidas a partir de la topografía en formato shp, las cuales se importaron al Ilwis 3.06 de la siguiente secuencia:

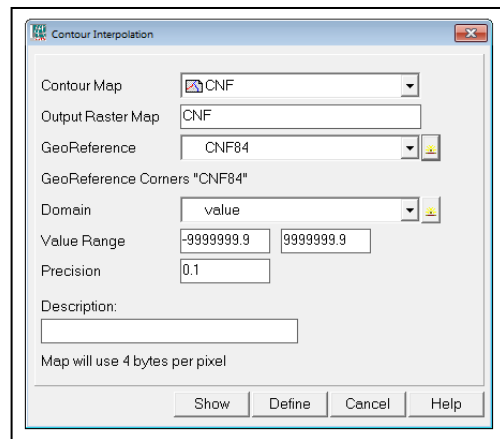
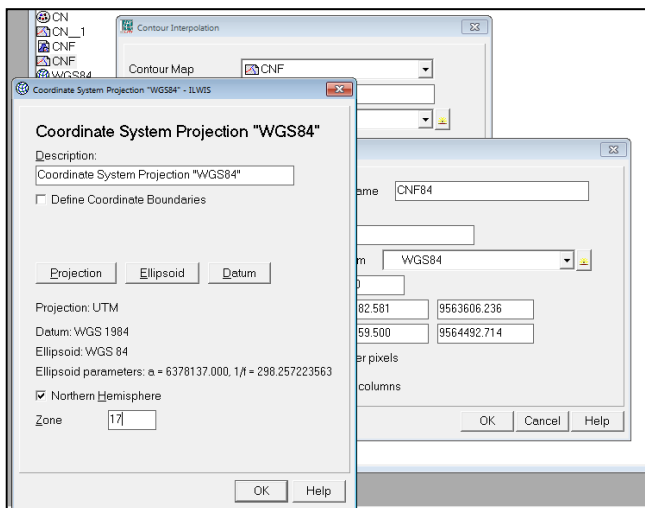
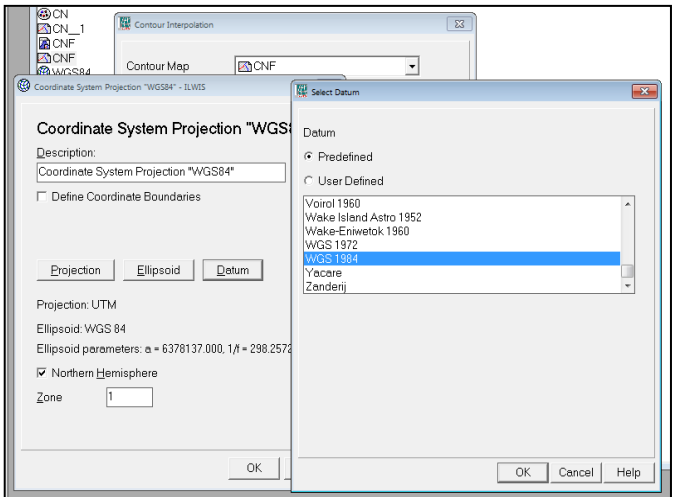
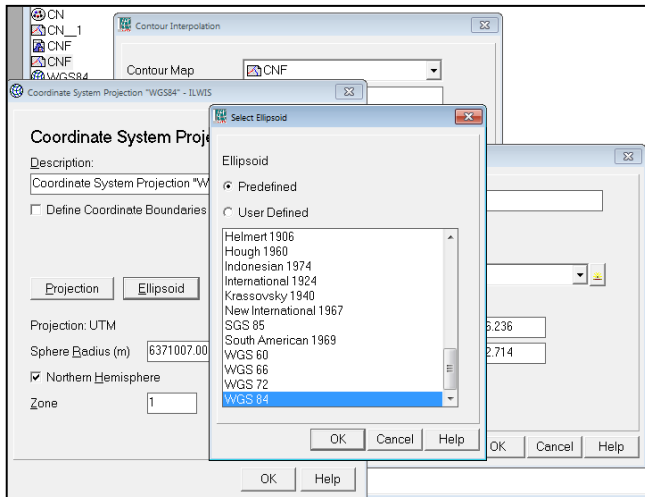
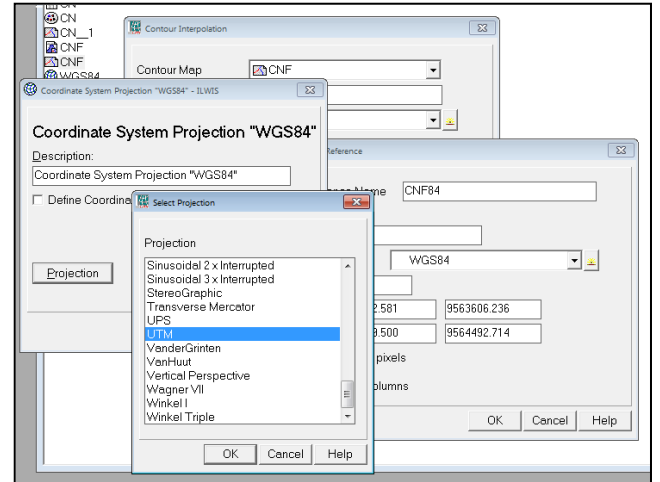
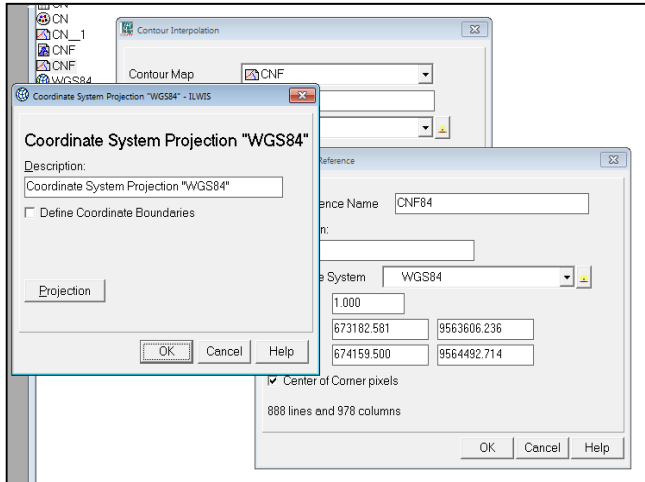
File – Import – Ilwis – vector - curvas: Operations – Segments - Attribute Map



En el casillero de Segment map, se pone el archivo generado al importar el shp, en este caso se denomina “curvas”, las demás casillas se activan automáticamente, sin embargo la casilla **Attribute** se pone el campo de elevación o el campo donde consten las cotas de altura de las curvas de nivel. Finalmente ponemos el nombre de salida del archivo en **Output Segment Map**

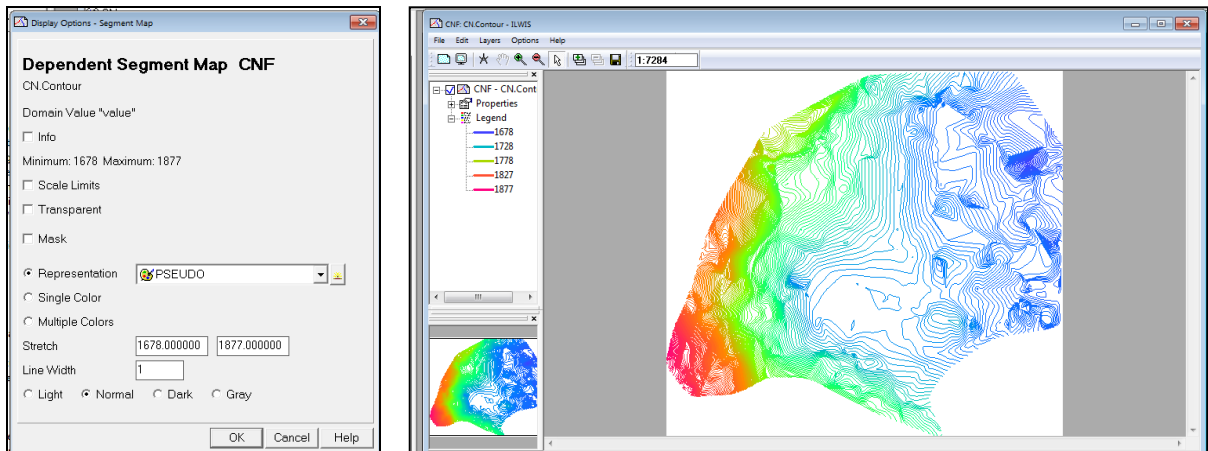
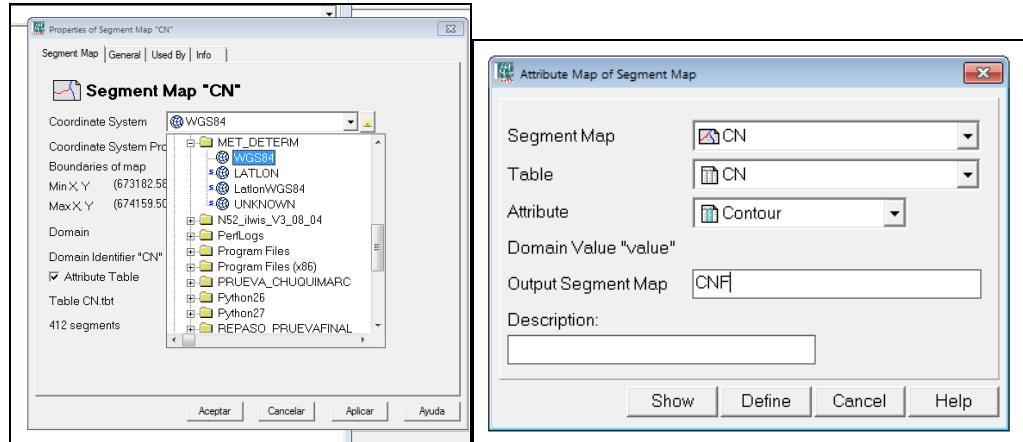
A continuación se debe crear una georreferenciación a nuestras curvas de nivel creadas, de la siguiente manera:



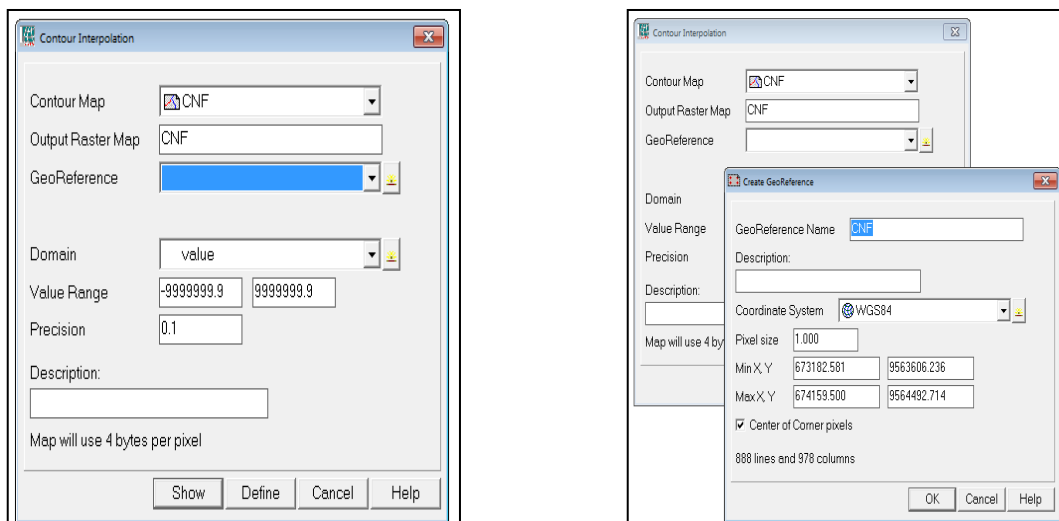


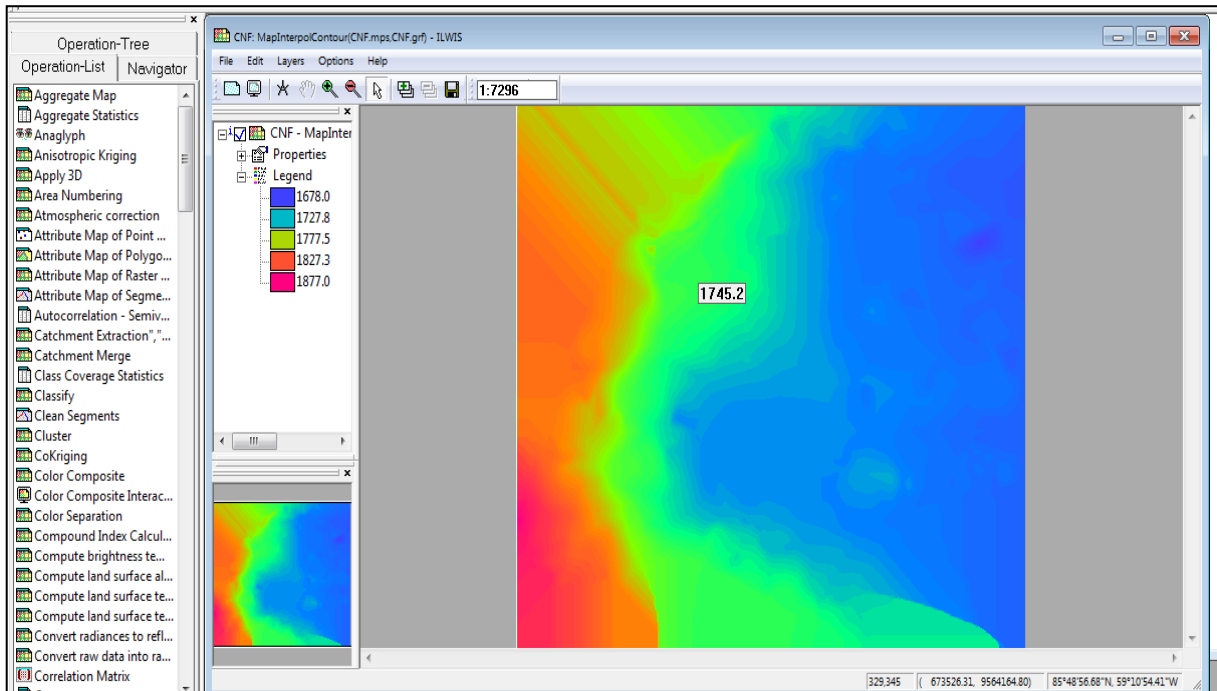
Seguidamente se procede a nuevamente importar las curvas de nivel, por lo cual se deben borrar las curvas ya existentes.

File – Import – Ilwis – vector - curvas: Operations – Segments - Attribute Map

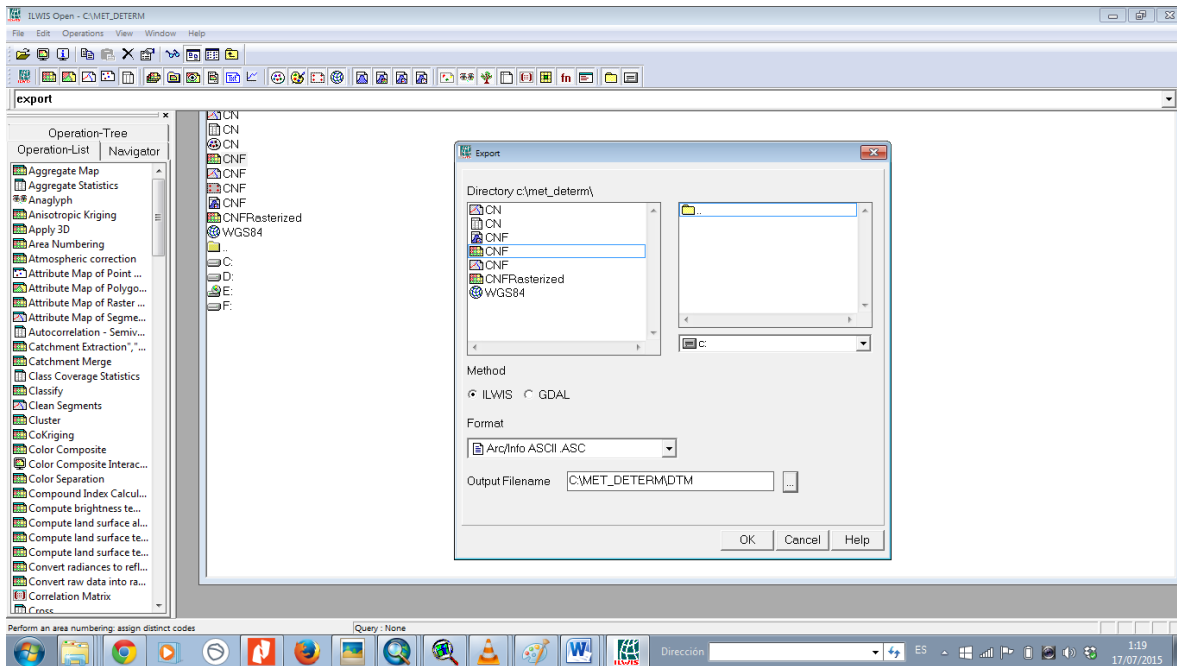


Una vez generadas, se procede a la georreferenciación de las curvas de nivel.

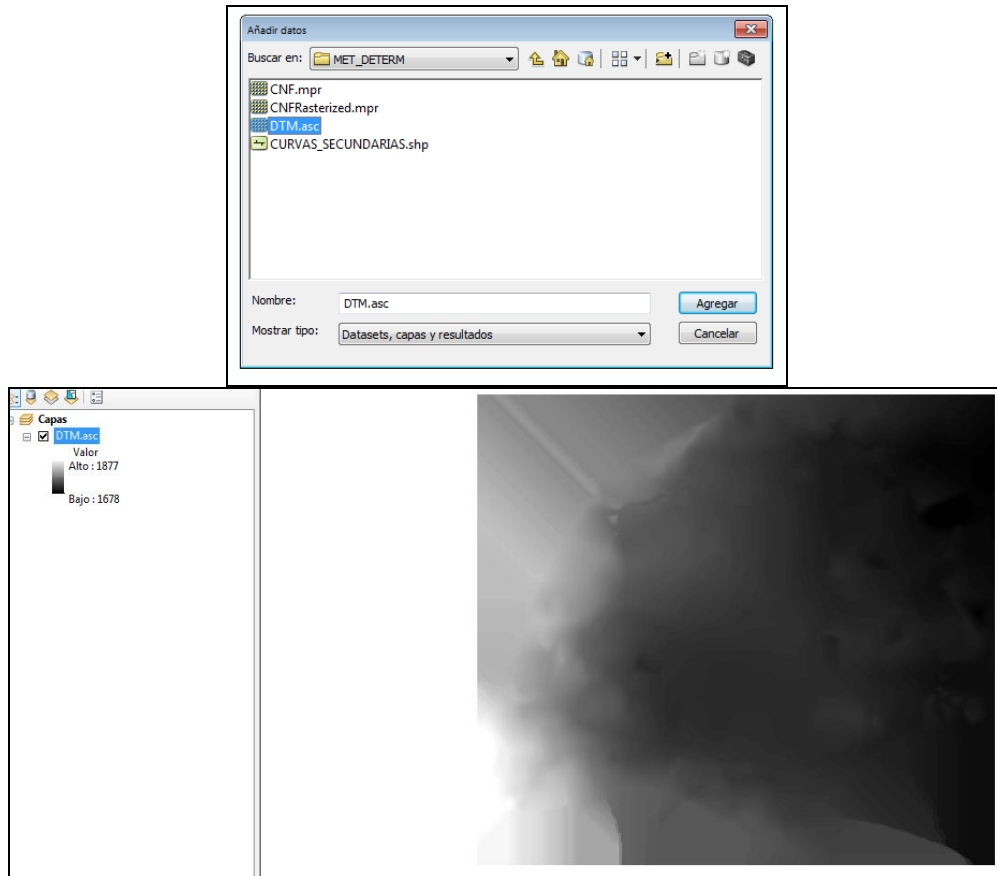




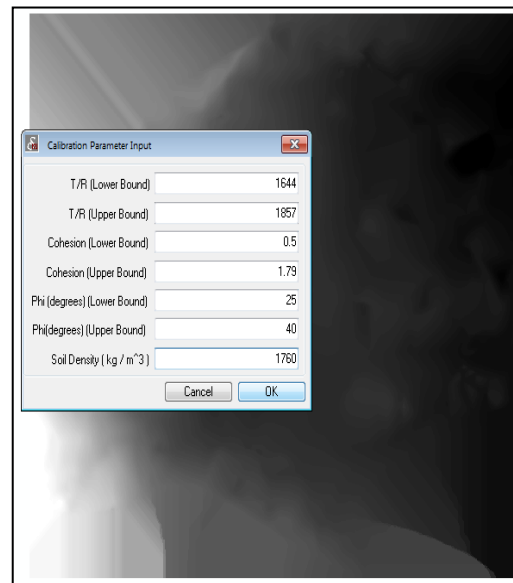
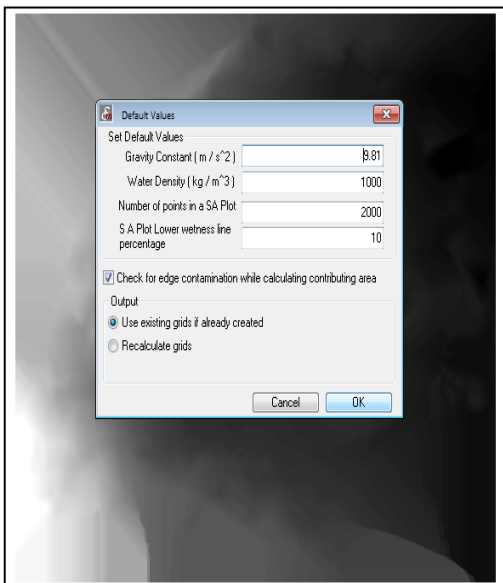
Por último se exporta el DTM al ArcGis, con la extensión tipo **asc** formato que permite trabajar SINMAP.



A continuación, se procede a añadir el DTM creado en Ilwis al ArcGis.



Con la ayuda de la extensión SINMAP, que no consta en el paquete de instalación de ArcGis, por tanto fue necesario su descargar e instalación en una versión 2.0 desarrollada por la Universidad de OTAH en Estados Unidos, se procede a la calibración de los parámetros que posteriormente nos ayudara para calcular los índices de estabilidad.



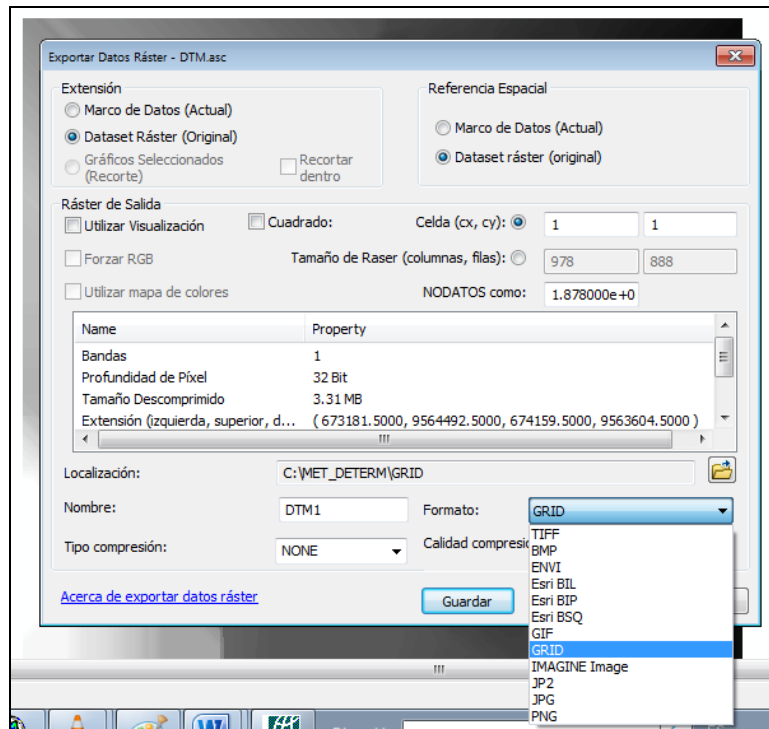
Para la calibración de los parámetros se utilizó los siguientes datos:

PARÁMETROS DE CALIBRACIÓN	
MDE	10
Espesor del suelo (m)	1
Gravedad (m/s ²)	9.81
Densidad del agua (kg/m ³)	1000
Densidad del material (kg/m ³)	0.0019
T/R Min (m)	1644
T/R Max (m)	1857
Cohesión Min (sin unidades*)	0.50
Cohesión Max (sin unidades*)	1.10
Phi Min (°)	25
Phi Max (°)	30

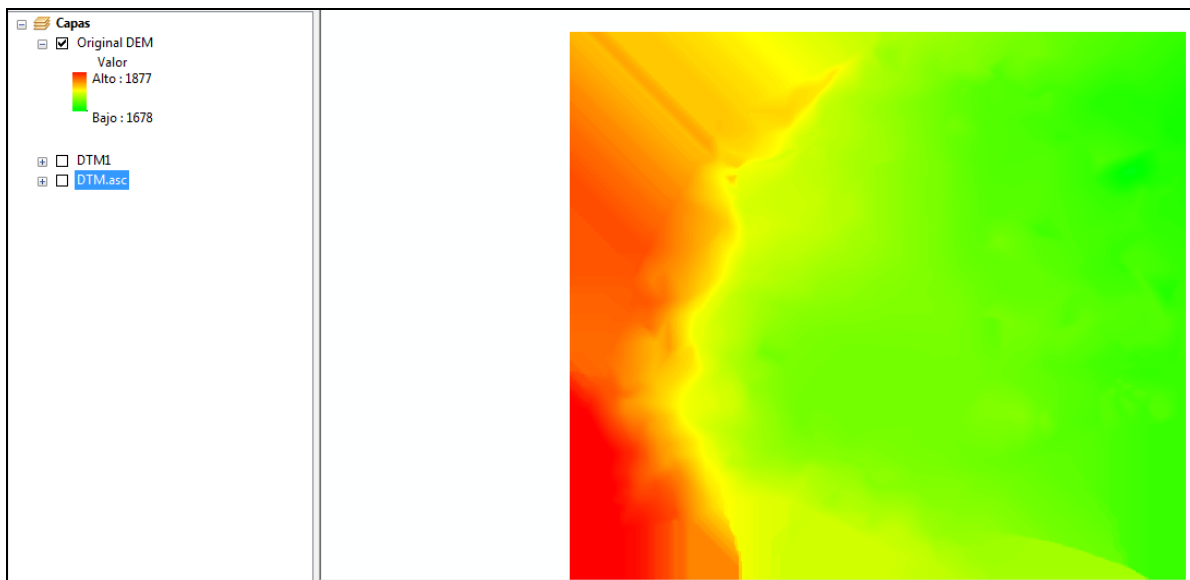
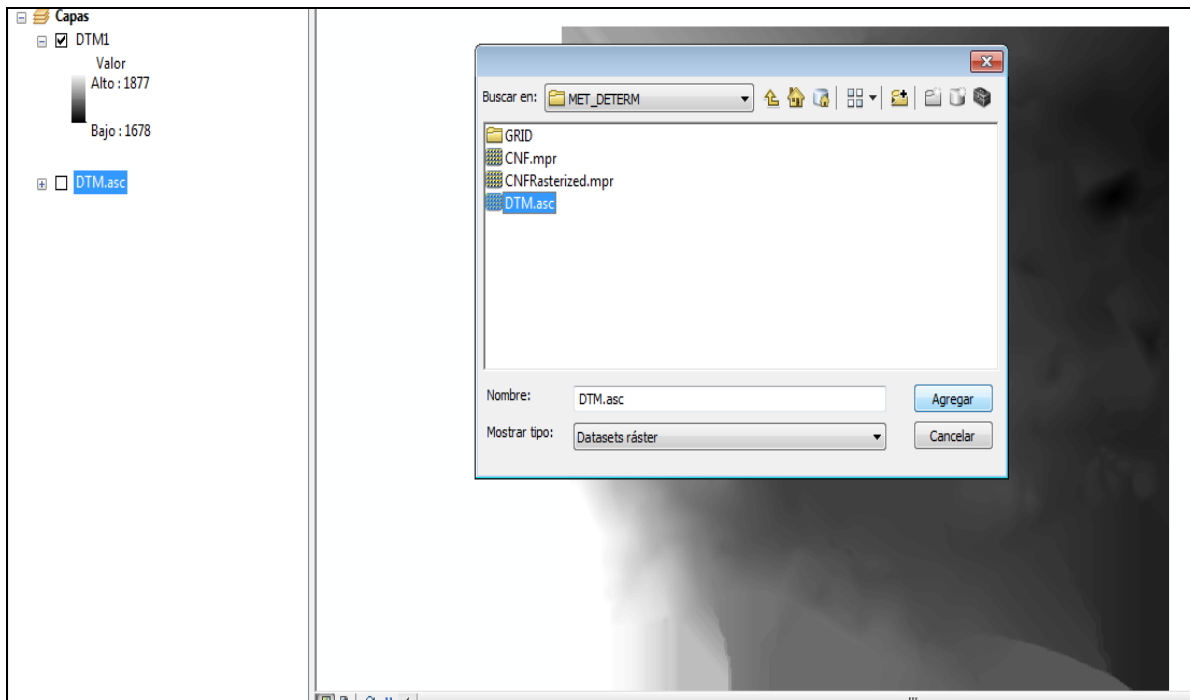
Tabla. Parámetros de calibración

Fuente: Basados en los resultados de ensayos de laboratorio y tablas de Orta Amaro Pedro Andrés.

Seguidamente se procede a convertir nuestro DTM a formato GRID.

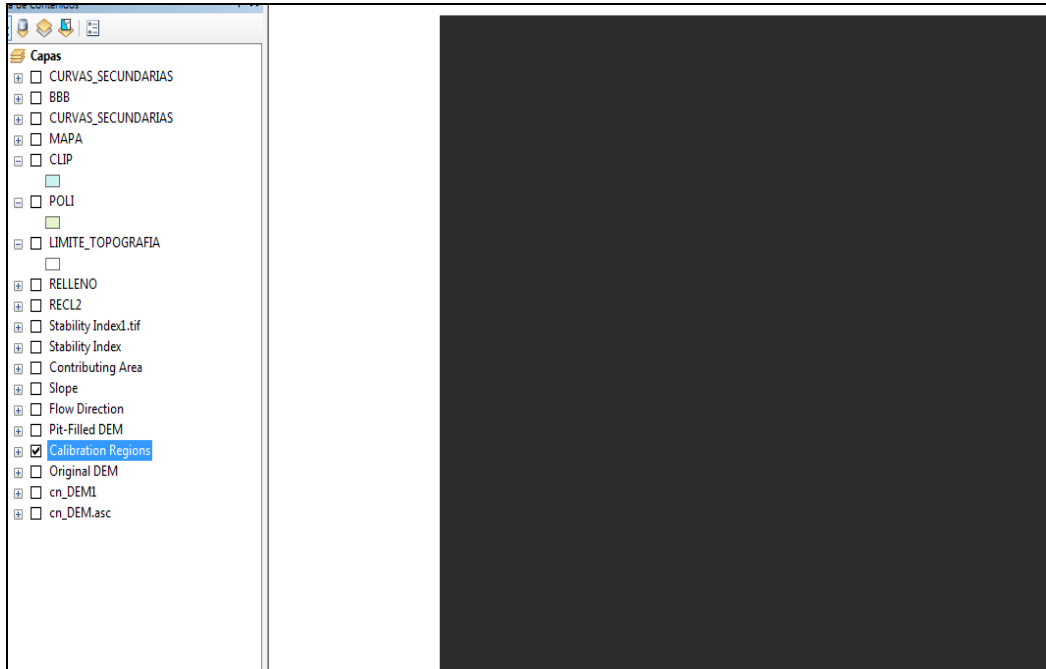


Se procede a seleccionar el DEM – GRID para el análisis respectivo.

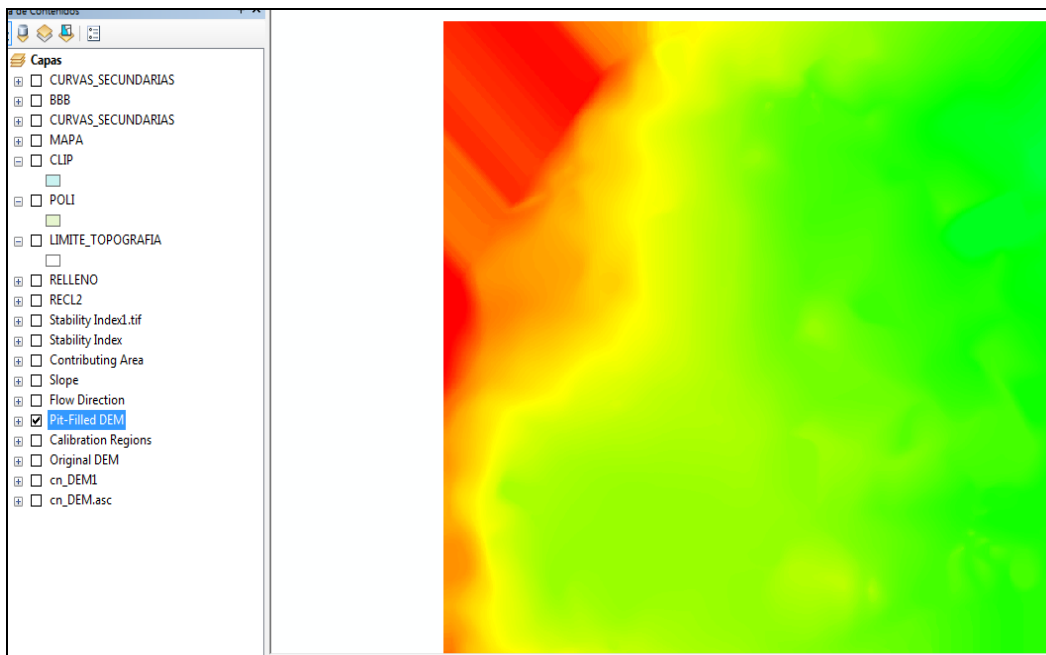


Seguidamente con las opciones del SINMAP se realiza el cálculo de las siguientes variables:

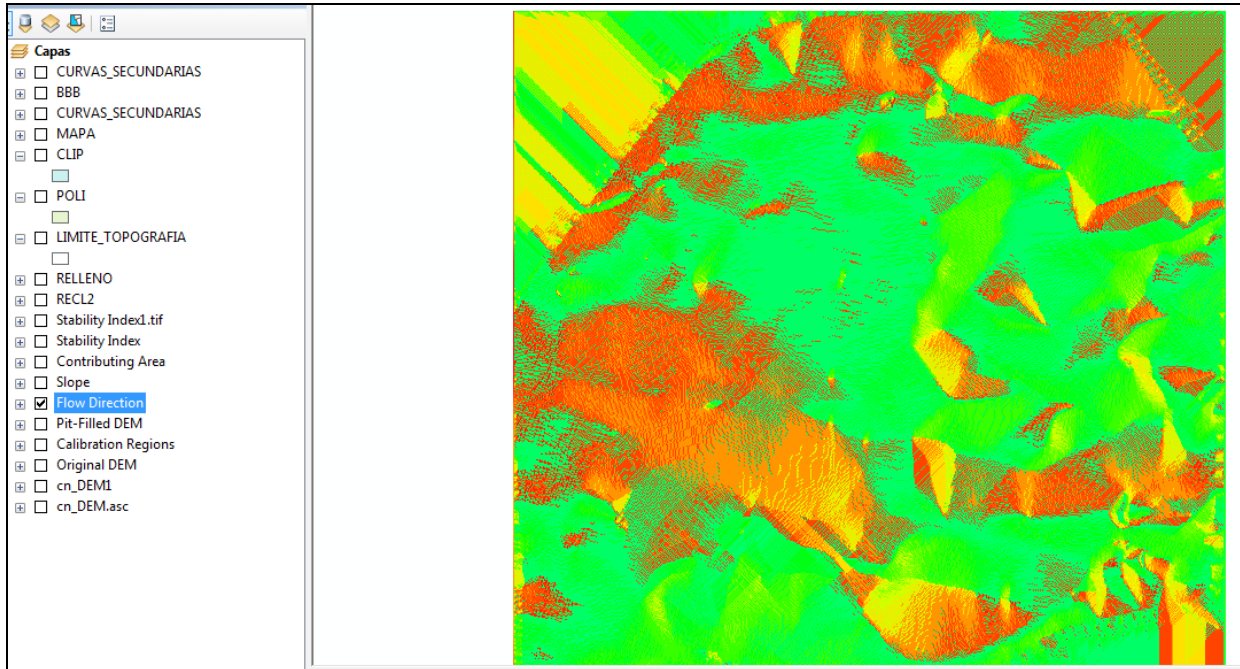
☞ Calibración de regiones



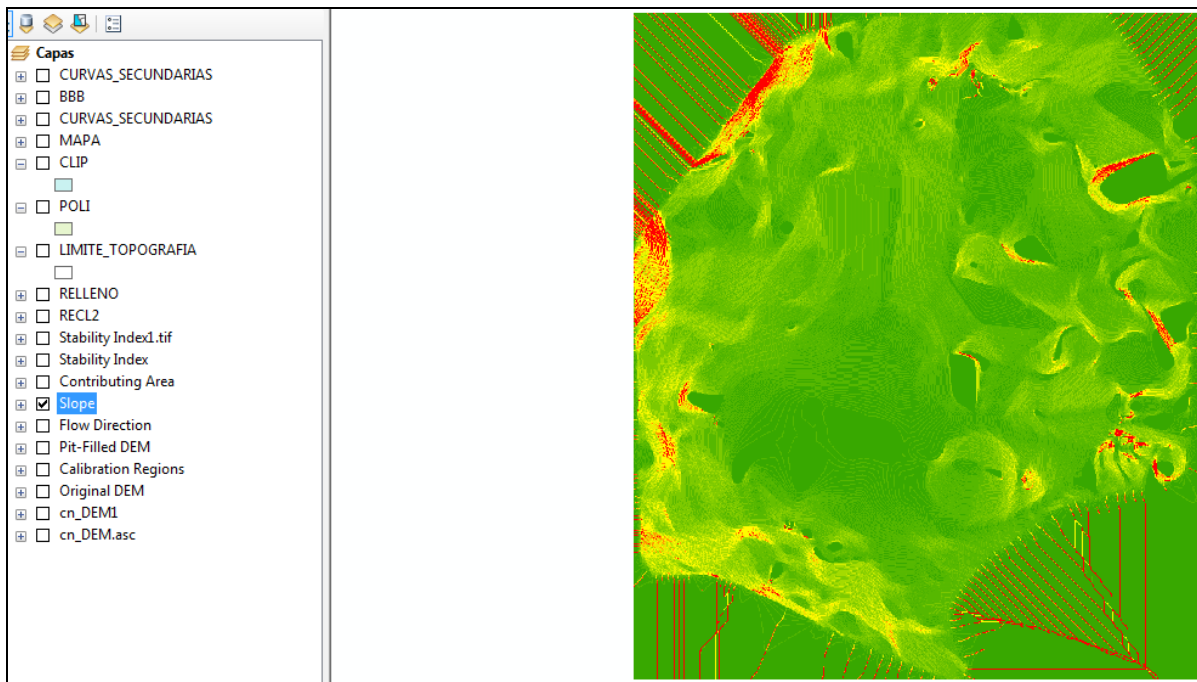
☞ Pit- Filled DEM



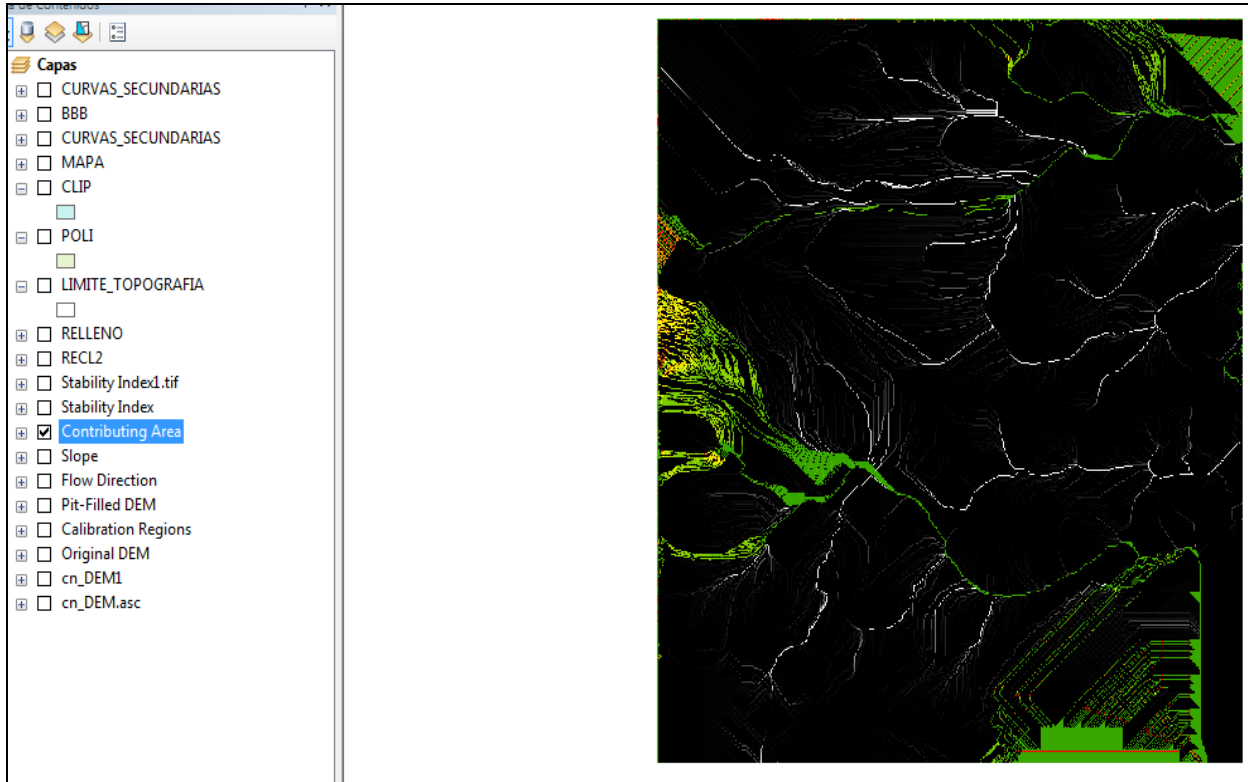
Dirección de flujo



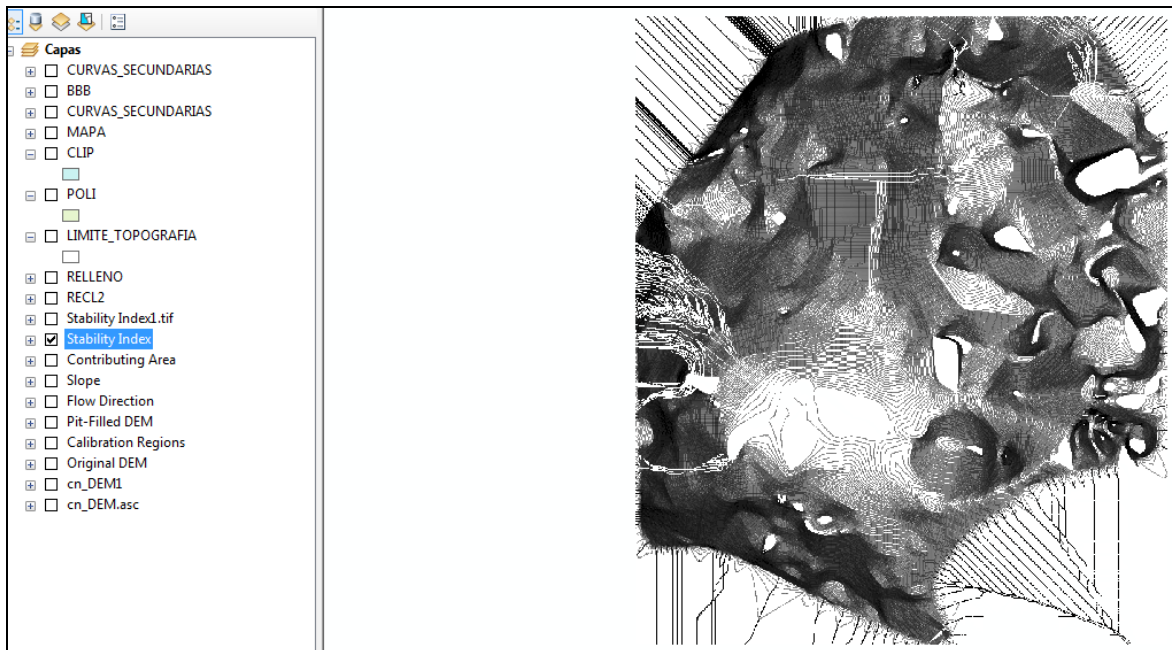
Pendiente



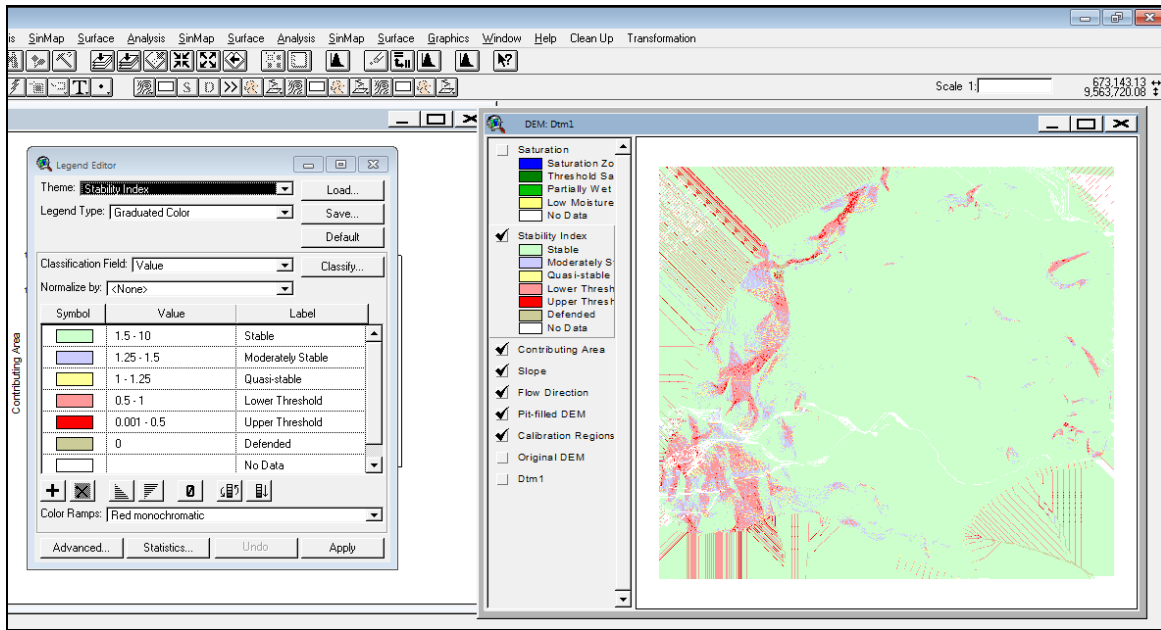
Área de contribución



Índices de estabilidad



Para poder obtener los rangos para la reclasificación, se exportara el mapa creado de índices de estabilidad al ArcWiew 3.2, en donde se realiza la misma calibración que se realizó en el ArcGis 10.1, como se muestra a continuación.



Lcda. Luisa Alexandra Morocho Angamarca

DOCENTE DEL CENTRO PARTICULAR “BILINGÜE CATAMAYO”

CERTIFICA:

Que el documento aquí compuesto es fiel traducción del idioma español al inglés del resumen de la tesis titulada “SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS DE LA PARROQUIA SAN PEDRO DE LA BENDITA-CABECERA PARROQUIAL; CANTÓN CATAMAYO, PROVINCIA DE LOJA” del Sr. José Luis Chuquimarca Saraguro, egresado de la carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial del Área de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables de la Universidad Nacional de Loja.

Lo certifico en honor a la verdad y autorizo al interesado hacer uso del presente en lo que a sus intereses convenga.

Catamayo, 30 de Julio de 2015

Luisa Alexandra Morocho Angamarca,

Licenciada en Ciencias de la Educación mención Idioma Inglés

1105212474