

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



TESIS PROFESIONAL

**EVALUACIÓN GEODINÁMICA DE LADERAS Y TALUDES ENTRE
SUNUDÉN - SAN MIGUEL - JANGALÁ,
PROVINCIA DE SAN MIGUEL, DPTO - CAJAMARCA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO GEÓLOGO**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER
WILSON MICHAEL HERNÁNDEZ BECERRA**

ASESOR:

Ing. REINALDO RODRÍGUEZ CRUZADO

CAJAMARCA - PERÚ

2016

AGRADECIMIENTO

Agradecer a la Universidad Nacional de Cajamarca, en especial a la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica, por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional.

Gracias a mi asesor de Tesis, Ing. Reinaldo Rodríguez Cruzado, quien con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación, me ayudó a formarme como persona e investigador. Ha sido un privilegio poder contar con su guía y ayuda.

Y por encima de todo, y con todo mi amor, gracias a los míos por estar incondicionalmente conmigo, siempre. Gracias a mi mamita Juanita, a mi madre Rossana Becerra Correa, a mi papi Elmer, a mis tíos Víctor, Cesi, Meche, Calín; a mi hermana Fiorella, a mis primos Carlos, Christian, Percy, Johnny, Renato, a mi primita Estéfany y a mi sobrinita Alicia. Quienes con su infinito amor, apoyo, consejos, paciencia y motivación, hicieron posible este logro.

Para ellos, muchas gracias y que Dios los bendiga.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi madre por darme una carrera para mi futuro, por su amor, apoyo, consejos, comprensión, tolerancia, ayuda en los momentos difíciles, por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar y por haberme sabido formar con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles. A mi familia en general, por brindarme su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momentos.

A todos mis grandes y verdaderos amigos. A mis profesores que supieron inculcarme buenos conocimientos y sabios consejos. Les agradezco a todos ustedes con toda mi alma el haber llegado a mi vida y el compartir momentos agradables y momentos tristes, pero esos momentos son los que nos hacen crecer y valorar a las personas que nos rodean.

CONTENIDO

	Pág.
AGRADECIMIENTO	i
DEDICATORIA	ii
CONTENIDO	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.3 HIPÓTESIS	2
1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.5 ALCANCES O DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
1.5.1 Delimitación espacial.....	2
1.5.2 Delimitación temporal	2
1.5.3 Delimitación de la investigación.....	2
1.6 OBJETIVOS	3
1.6.1 Objetivo general.....	3
1.6.2 Objetivos específicos.....	3
1.7 DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO DE LOS CAPÍTULOS	3
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	5
2.1 ANTECEDENTES.....	5
2.2 BASES TEÓRICAS	5
2.2.1 Geodinámica y procesos geodinámicos	5
2.2.2 Agentes geodinámicos internos.....	6
2.2.3 Agentes geodinámicos externos.....	7
2.2.4 Procesos geodinámicos.....	8
2.2.5 Peligros por sismicidad y procesos geodinámicos	13
2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS	14

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS	15
3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	15
3.2 ACCESIBILIDAD	16
3.3 TÉCNICAS Y MATERIALES DE RECOLECCIÓN DE DATOS	16
3.4 TIPO Y MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	20
CAPÍTULO IV. GEOLOGÍA	21
4.1 UNIDADES LITOLÓGICAS LOCALES.....	21
4.1.1 Volcánico Huambos (Nm-vh).....	21
4.1.2 Depósitos cuaternarios	21
4.2 UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	22
4.2.1 Planicies	22
4.2.2 Lomadas.....	22
4.2.3 Laderas.....	22
4.2.4 Escarpes.....	22
4.3 UNIDADES ESTRUCTURALES DISCONTÍNUAS	23
4.3.1 Falla Cementerio Sur.....	24
4.3.2 Falla Zogoloma	25
4.3.3 Falla El Huacho	26
CAPÍTULO V. GEODINÁMICA.....	27
5.1 SECTOR SUNUDÉN – SAN MIGUEL.....	29
5.1.1 Procesos geodinámicos por deslizamiento.....	29
5.1.2 Procesos geodinámicos por derrumbe	33
5.1.3 Procesos geodinámicos por caída de rocas	34
5.1.4 Procesos geodinámicos por erosión de laderas	35
5.2 SECTOR SAN MIGUEL – JANGALÁ	36
5.2.1 Procesos geodinámicos por deslizamiento.....	36
5.2.2 Procesos geodinámicos por derrumbe	74
5.2.3 Procesos geodinámicos por caída de rocas	82
5.3 INVENTARIO Y OCURRENCIA DE PROCESOS GEODINÁMICOS.....	87
5.4 COMPORTAMIENTO GEODINÁMICO	88
5.4.1 Parámetros de zonificación de zonas críticas.....	89

CAPÍTULO VI. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	90
6.1 ANÁLISIS DEL SISTEMA VIAL	90
6.1.1 Sector Sunudén – San Miguel	90
6.1.2 Sector San Miguel – Jangalá	90
6.2 ANÁLISIS SÍSMICO, ESTRUCTURAL Y GEOTÉCNICO ENTRE CEMENTERIO SAN JUAN – LA QUINTA – QDA. LA SECRETA	91
6.2.1 Análisis Sísmico.....	91
6.2.2 Análisis Estructural	91
6.2.3 Análisis Geotécnico	92
6.3 ANÁLISIS GEODINÁMICO DEL SECTOR SUNUDÉN – SAN MIGUEL ..	97
6.3.1 Entre las progresivas 23+650 y 23+710	97
6.3.2 Entre las progresivas 25+420 y 25+560	98
6.3.3 Entre las progresivas 25+500 y 25+720	99
6.3.4 Quebrada Lipoc	100
6.3.5 Entre las progresivas 26+490 y 26+700	101
6.4 ANÁLISIS GEODINÁMICO DEL SECTOR SAN MIGUEL – JANGALÁ..	102
6.4.1 Entre las progresivas 10+560 y 10+740	102
6.4.2 Entre las progresivas 11+720 y 11+840	103
6.4.3 Quebradas Tayamayo y La Lucma.....	104
6.4.4 Laderas ubicadas a 500 m. al nor-este del caserío de Jangalá.....	105
6.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS OBTENIDOS	106
6.5.1 Sector Sunudén – San Miguel	106
6.5.2 Sector San Miguel – Jangalá.....	107
6.5.3 Sector comprendido entre Sunudén – San Miguel – Jangalá.....	108
6.6 CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS	109
CONCLUSIONES	110
RECOMENDACIONES	111
BIBLIOGRAFÍA	112
ANEXOS	113
I. ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS	114
II. ESTACIONES GEOMECAÑICAS	145
II.1 DATA DE LAS ESTACIONES GEOMECAÑICAS	161
III. PLANOS	164

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Posibilidad de deslizamientos causados por sismos	13
Tabla 2 División del área de estudio en los sectores San Miguel - Jangalá y Sunudén - San Miguel.....	27
Tabla 3 Datos para análisis con software Slide.....	44
Tabla 4 Inventario de procesos geodinámicos externos, en el sector Sunudén-San Miguel.....	87
Tabla 5 Inventario de procesos geodinámicos externos, en el sector San Miguel-Jangalá.....	87
Tabla 6 Resumen de procesos geodinámicos externos, entre Sunudén – San Miguel – Jangalá.	88
Tabla 7 Parámetros evaluados para la zonificación de zonas críticas.	89

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<i>Figura 1 Nomenclatura de las partes que conforman un deslizamiento.</i>	9
<i>Figura 2 Deslizamiento rotacional.</i>	10
<i>Figura 3 Deslizamiento traslacional.</i>	10
<i>Figura 4 Al lado izquierdo, sección mostrando el desarrollo de un derrumbamiento. Al lado derecho esquema de un derrumbe típico.</i>	11
<i>Figura 5 Caídos de bloques en caída libre de roca fracturada.</i>	12
<i>Figura 6 Block-diagrama mostrando una cárcava en formación.</i>	12
<i>Figura 7 Ubicación política de la zona de estudio.</i>	15
<i>Figura 8 Accesibilidad a la zona de estudio: Ruta Cajamarca – San Pablo – San Miguel.</i>	16
<i>Figura 9 Ubicación y proyección de las fallas identificadas en el sector San Miguel – Jangalá.</i>	23
<i>Figura 10 Falla Cementerio - Sur, ubicada a la altura del Km. 12, de la carreta San Miguel - Jangalá. Esta falla es de tipo Normal, con dirección N155°. Presenta una brecha de falla de 50 cm. de espesor.</i>	24
<i>Figura 11 Falla Zogoloma, ubicada a 250 m. al norte del puente San Miguel y a 80 m. al sur de la Hidroeléctrica Sayamud. Esta falla es de tipo Inversa, con dirección N205°. Presenta una brecha de falla de 30 cm. de espesor.</i>	25
<i>Figura 12 Falla El Huacho, ubicada a la altura de la progresiva 12+120 de la carretera San Miguel – Jangalá. Esta falla es de tipo Normal, con dirección N125°. Presenta un Dip y Dip Direction de 82° y 125° respectivamente, y un Pitch de 25° al SW.</i>	26
<i>Figura 13 Sectores del área de estudio: San Miguel-Jangalá y Sunudén-San Miguel.</i>	27
<i>Figura 14 A) Deslizamiento traslacional ubicado entre las progresivas 23+650 y 23+710, carretera Sunudén - San Miguel. B) Sobrepastoreo y riego excesivo. ...</i>	29

<i>Figura 15 Fracturas en vivienda, ocasionadas por deslizamiento traslacional ubicado entre las progresivas 23+650 y 23+710, carretera Sunudén - San Miguel.</i>	30
<i>Figura 16 A) Deslizamiento rotacional en estado activo, ubicado entre las progresivas 25+580 y 25+720 de la carretera Sunudén - San Miguel. B) Corona del deslizamiento, de 90 m. de extensión; escarpe principal de 6 m. de altura en promedio; grietas hasta de 1 m. de separación en promedio. C) Slickenside presentes en el escarpe principal, que denotan el estado activo del deslizamiento.</i>	31
<i>Figura 17 A) Deslizamiento rotacional en estado activo, ubicado en las riberas de la Qda. Lipoc, B) Corona del deslizamiento de 150 m. de extensión, escarpe principal de 7 m. de altura en promedio, escarpes secundarios. C) Salida de agua por infiltración; generación de fracturas de tracción a una distancia de 1.50 m. de distancia respecto a la corona del deslizamiento.</i>	32
<i>Figura 18 A) Derrumbe por acción antrópica ubicado entre las progresivas 25+420 y 25+560, carretera Sunudén - San Miguel. B) Socavamiento de la base del talud, para provocar el derrumbamiento de la parte superior del mismo. C) Derrumbamiento hacia la carretera, ocasionando constantes bloqueos que impiden el libre tránsito de vehículos y peatones.</i>	33
<i>Figura 19 Tramo de caída de bloques de tobas dacíticas, ubicado entre las progresivas 27+180 y 27+640, carretera Sunudén - San Miguel.</i>	34
<i>Figura 20 A) Erosión de laderas, que ha conllevado a la generación de surcos y cárcavas, ubicada entre las progresivas 26+490 y 26+700, carretera Sunudén - San Miguel. B) Material deslizado (suelo-roca, material detrítico) a través de los diferentes surcos y cárcavas, el cual daña y obstaculiza la carretera. C) Cárcava de 4.50 m. de profundidad.</i>	35
<i>Figura 21 Procesos geodinámicos por deslizamiento, zona comprendida entre Cementerio San Juan-La Quinta-Qda. La Secreta.</i>	36
<i>Figura 22 A) Escarpe principal al interior del cementerio San Juan. B) Fractura sufrida por la pared perimétrica del cementerio San Juan (segmento hecho de tapial).</i>	37
<i>Figura 23 A) Fractura en la pared hecha de tapial, a causa del desplazamiento del terreno. B) Desplazamiento vertical de 13 cm. C) Desplazamiento longitudinal de 2 cm. D) Desplazamiento horizontal de 12 cm.</i>	38

<i>Figura 24 A) Fractura en la pared perimetral del cementerio San Juan (segmento hecho de concreto). B) Desplazamiento longitudinal 32 cm. y horizontal 13 cm. C) Proyección del zócalo de la pared para poder medir el hundimiento que ha sufrido el terreno. D) Hundimiento 49 cm.....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 25 Escarpes generados por deslizamiento del terreno al exterior del cementerio San Juan.</i>	<i>40</i>
<i>Figura 26 Infiltración de agua, en las laderas del margen izquierdo, aguas debajo de la quebrada Desaguadera.</i>	<i>40</i>
<i>Figura 27 Deslizamiento rotacional activo, ubicado en las laderas de La Quinta.</i>	<i>41</i>
<i>Figura 28 Saturación del suelo debido a inadecuado sistema de drenaje, en La Quinta.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 29 Deslizamientos generados en las riveras de la quebrada La Secreta..</i>	<i>42</i>
<i>Figura 30 Construcción de viviendas en el cauce de la quebrada La Secreta.</i>	<i>42</i>
<i>Figura 31 Ubicación de las calicatas realizadas entre Cementerio San Juan – La Quinta – Qda. La Secreta.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 32 Ubicación de los perfiles realizados para el análisis con el software Slide.</i>	<i>44</i>
<i>Figura 33 Perfil A-A', el Método de Bishop Simplificado arroja un FS = 2.446, en condiciones de Tensiones Efectivas.</i>	<i>47</i>
<i>Figura 34 Perfil A-A', el Método de Bishop Simplificado arroja un FS = 0.687, en condiciones de Tensiones Efectivas + Sismicidad.</i>	<i>48</i>
<i>Figura 35 Perfil B-B', el Método de Bishop Simplificado arroja un FS = 1.658, en condiciones de Tensiones Efectivas.</i>	<i>49</i>
<i>Figura 36 Perfil B-B', el Método de Bishop Simplificado arroja un FS = 0.589, en condiciones de Tensiones Efectivas + Sismicidad.</i>	<i>50</i>
<i>Figura 37 Perfil C-C', el Método de Bishop Simplificado arroja un FS = 0.527, en condiciones de Tensiones Efectivas.</i>	<i>51</i>
<i>Figura 38 Perfil C-C', el Método de Bishop Simplificado arroja un FS = 0.365, en condiciones de Tensiones Efectivas + Sismicidad.</i>	<i>52</i>
<i>Figura 39 Deslizamiento traslacional, ubicado en las laderas al Este de la intersección de las carreteras Sunudén – San Miguel y San Miguel – Jangalá. ..</i>	<i>53</i>
<i>Figura 40 Infiltración de agua acumulada en lagunas antrópicas, al Este de la intersección entre las carreteras Sunudén – San Miguel y San Miguel – Jangalá.</i>	<i>54</i>

<i>Figura 41 Sobrepastoreo evidenciado en las laderas ubicadas al Este de la intersección entre las carreteras Sunudén – San Miguel y San Miguel – Jangalá.</i>	54
<i>Figura 42 Deslizamiento rotacional activo. Ubicado entre las progresivas 12+320 y 12+350, carretera San Miguel – Jangalá.</i>	55
<i>Figura 43 Deslizamiento rotacional en estado inactivo. Ubicado entre las progresivas 11+220 y 11+240, carretera San Miguel – Jangalá.</i>	55
<i>Figura 44 Deslizamientos generados en las riveras de la quebrada Tayamayo, ubicada a la altura de la progresiva 10+350, carretera San Miguel-Jangalá.</i>	56
<i>Figura 45 Deslizamientos generados en las riveras, margen derecho aguas abajo, de la quebrada Tayamayo-Sector NorEste</i>	57
<i>Figura 46 A) Viviendas ubicadas en la plataforma superior de deslizamientos, en la quebrada Tayamayo Sector-NorEste. B) Deslizamiento rotacional activo. C) Erosión fluvial causada por el caudal de la quebrada Tayamayo. D) Escarpes secundarios activos.</i>	58
<i>Figura 47 A) Deslizamiento, escarpes secundarios y viviendas ubicadas en la plataforma superior, quebrada Tayamayo Sector-NorEste. B) Desplazamiento del terreno hacia el cauce de la quebrada Tayamayo. C) Grietas de tracción generadas por el deslizamiento. D) Escarpes secundarios.</i>	59
<i>Figura 48 Deslizamiento rotacional, en estado inactivo. Ubicado al margen derecho, aguas abajo, de la quebrada Tayamayo – Sector SurOeste.</i>	60
<i>Figura 49 Deslizamiento rotacional, en estado inactivo. Ubicado entre las progresivas 10+320 y 10+340, carretera San Miguel-Jangalá.</i>	61
<i>Figura 50 Infiltración de agua en el deslizamiento ubicado entre las progresivas 10+320 y 10+340, carretera San Miguel-Jangalá.</i>	61
<i>Figura 51 Deslizamiento rotacional, en estado inactivo. Ubicado entre las progresivas 10+220 y 10+300, carretera San Miguel-Jangalá.</i>	62
<i>Figura 52 Litología presente en el deslizamiento rotacional ubicado entre las progresivas 10+220 y 10+300, carretera San Miguel-Jangalá.</i>	62
<i>Figura 53 Deslizamientos en las riveras de la quebrada La Lucma, ubicada en la progresiva 9+900, de la carretera San Miguel-Jangalá.</i>	63
<i>Figura 54 Deslizamientos rotacionales ubicados en la rivera de la quebrada La Lucma - Sector Norte.</i>	64
<i>Figura 55 Canal para riego, ubicado en la quebrada La Lucma-Sector Norte.</i>	65

<i>Figura 56 Deslizamiento rotacional "1", ubicado en riveras de la quebrada La Lucma-Sector Norte.</i>	65
<i>Figura 57 Deslizamiento rotacional "2", ubicado en riveras de la quebrada La Lucma-Sector Norte.</i>	65
<i>Figura 58 Deslizamiento rotacional "3", ubicado en riveras de la quebrada La Lucma-Sector Norte.</i>	66
<i>Figura 59 Inestabilidad de laderas en los márgenes de la quebrada La Lucma-Sector Sur.</i>	67
<i>Figura 60 Deslizamiento rotacional en estado activo. Ubicado entre las progresivas 9+800 y 9+880, carretera San Miguel-Jangalá.</i>	68
<i>Figura 61 Litología presente en el deslizamiento ubicado entre las progresivas 9+800 y 9+880, carretera San Miguel-Jangalá.</i>	68
<i>Figura 62 Deslizamiento rotacional, en estado activo. Ubicado entre las progresivas 9+680 y 9+740, de la carretera San Miguel-Jangalá.</i>	69
<i>Figura 63 Litología presente en el deslizamiento ubicado entre las progresivas 9+680 y 9+740, carretera San Miguel - Jangalá.</i>	69
<i>Figura 64 Deslizamiento rotacional en estado activo, ubicado a 500 m. al Nor-Este del caserío de Jangalá.</i>	70
<i>Figura 65 Mediciones hechas en las viviendas afectadas por el deslizamiento-flujo, ubicado a 500 m. al Nor-Este del caserío Jangalá.</i>	71
<i>Figura 66 A) y B) Flujo del agua, producto de las precipitaciones y escorrentía superficial; a través de surcos y cárcavas. C) Interpretación del desplazamiento que seguiría, ladera abajo, el deslizamiento rotacional, ubicado a 500 m. al Nor-Este del caserío de Jangalá.</i>	72
<i>Figura 67 Paleodeslizamiento, ubicado en las laderas al Nor-Oeste del caserío Jangalá.</i>	73
<i>Figura 68 Paleodeslizamiento, ubicado entre las progresivas 11+430 y 11+500.</i>	73
<i>Figura 69 Derrumbe ubicado entre las progresivas 12+230 y 12+270, carretera San Miguel - Jangalá.</i>	74
<i>Figura 70 Derrumbe ubicado entre las progresivas 12+120 y 12+160, carretera San Miguel - Jangalá.</i>	74
<i>Figura 71 Derrumbe ubicado entre las progresivas 11+890 y 11+960, carretera San Miguel-Jangalá.</i>	75

<i>Figura 72 Socavamiento, por erosión fluvial, de la base de la carretera San Miguel-Jangalá, en el tramo comprendido entre las progresivas 11+890 y 11+ 960.</i>	75
<i>Figura 73 A) y B) Cunetas colmatas por sedimentos, rocas y basura. C) Generación de surcos por erosión fluvial. D) Erosión fluvial. Carretera San Miguel-Jangalá, tramo comprendido entre las progresivas 11+890 y 11+ 960.</i>	76
<i>Figura 74 Grieta en el borde de la carretera, originada por vibración vehicular. Carretera San Miguel-Jangalá, tramo comprendido entre las progresivas 11+890 y 11+ 960.</i>	76
<i>Figura 75 Derrumbe en estado activo, ubicado entre las progresivas 11+720 y 11+ 840, carretera San Miguel-Jangalá.</i>	77
<i>Figura 76 Infiltración de agua, derrumbe ubicado entre las progresivas 11+720 y 11+840, carretera San Miguel-Jangalá.</i>	77
<i>Figura 77 Interpretación del proceso de embalsamiento que sufriría el río San Miguel a causa del probable derrumbamiento del talud, que está ubicado entre las progresivas 11+720 y 11+ 840, carretera San Miguel – Jangalá.</i>	78
<i>Figura 78 Derrumbe ubicado entre las progresivas 11+350 y 11+370, carretera San Miguel - Jangalá.</i>	79
<i>Figura 79 Derrumbe ubicado entre las progresivas 11+170 y 11+190, carretera San Miguel - Jangalá.</i>	79
<i>Figura 80 Derrumbe en estado activo. Ubicado entre las progresivas 11+100 y 11+130, carretera San Miguel – Jangalá.</i>	80
<i>Figura 81 Derrumbe en estado activo. Ubicado entre las progresivas 10+870 y 10+890, carretera San Miguel - Jangalá.</i>	80
<i>Figura 82 Derrumbe en estado activo. Ubicado entre las progresivas 10+800 y 10+840, carretera San Miguel-Jangalá.</i>	81
<i>Figura 83 Derrumbe en estado inactivo. Ubicado entre las progresivas 10+20 y 10+60, carretera San Miguel-Jangalá.</i>	81
<i>Figura 84 A) Tramo denominado “Boca de León”. B) y C) Caída de rocas entre las progresivas 10+560 y 10+740, carretera San Miguel - Jangalá.</i>	82
<i>Figura 85 Vulnerabilidad de caída de un bloque de roca dacita, en el tramo denominado “Boca de León”. Ubicado entre las progresivas 10+560 y 10+740, carretera San Miguel – Jangalá.</i>	83

<i>Figura 86 Taladros hechos en el macizo rocoso, para realizar la voladura y llevar a cabo el corte de carretera. Ubicado entre las progresivas 10+560 y 10+740, carretera San Miguel – Jangalá.....</i>	84
<i>Figura 87 Contratalud, ubicado en el tramo denominado Boca de León. Ubicado entre las progresivas 10+560 y 10+740, carretera San Miguel – Jangalá.....</i>	84
<i>Figura 88 A) Tramo de carretera (denominado Boca de León) propensa a colapso, por presencia de grieta. B) Acortamiento de la carretera por erosión fluvial. C) Muro de contención que ha evitado que la carretera se desplome.</i>	85
<i>Figura 89 Tramo de caída de bloques de tobas dacíticas, ubicado entre las progresivas 11+960 y 12+60, carretera San Miguel - Jangalá.</i>	86
<i>Figura 90 Ocurrencia de procesos Geodinámicos. Sector Sunudén – San Miguel.</i>	106
<i>Figura 91 Ocurrencia de procesos Geodinámicos. Sector San Miguel – Jangalá.</i>	107
<i>Figura 92 Ocurrencia de procesos Geodinámicos entre Sunudén – San Miguel – Jangalá.....</i>	108

RESUMEN

El área de estudio está ubicada entre Sunudén - San Miguel - Jangalá, provincia San Miguel - Dpto. Cajamarca. Está constituida por laderas y taludes, que por la litología y contexto climático que presenta la zona, están sufriendo diversos procesos geodinámicos externos que afectan a viviendas, terrenos de cultivo e infraestructura, y cuyas manifestaciones constituyen un peligro latente. La evaluación del comportamiento geodinámico de laderas y taludes en los macizos rocosos y suelos, se realizó identificando y caracterizando los principales procesos geodinámicos externos, considerando la relación entre los agentes geodinámicos internos y externos. Se identificó 5 tipos de procesos geodinámicos externos, que constituyen un total de 40 ocurrencias. Teniendo a los deslizamientos en primer lugar con 26 ocurrencias (65% respecto al total de ocurrencias); los derrumbes con 10 ocurrencias (25%); la caída de rocas con 3 ocurrencias (7.5%) y la erosión de laderas tipo cárcavas con 1 ocurrencia (2.5%). A partir de la interrelación entre los parámetros geodinámicos establecidos, se tipificó y zonificó las zonas críticas en: Zonas Extremadamente Críticas (2.66%), Zonas Altamente Críticas (12.25%), Zonas Críticas (20.46%) y Zonas Moderadamente Críticas (64.63%). Como aporte de la investigación realizada, se presenta los planos de zonificación geodinámica y de zonas críticas.

Palabras clave: Agentes geodinámicos, procesos geodinámicos, laderas, taludes y peligro.

ABSTRACT

The study area is located between Sunudén - San Miguel - Jangalá province of San Miguel - Dept. Cajamarca. It consists of hillsides and slopes, which lithology and climate posing surrounding context, are suffering from various: External geodynamic processes affecting houses, farmland and infrastructure, and whose manifestations are latent danger. The evaluation of geodynamic behavior of slopes and slopes in rock and soil massifs, was conducted to identify and characterize the main processes external geodynamic, considering the relation between internal and external geodynamic agents 5 types of external geodynamic processes, which constitute totaling 40 occurrences identified. Having a primer landslides place with 26 occurrences (65% of the total of occurrences); landslides with 10 occurrences (25%); the rockfall with 3 occurrences (7.5%) and slope erosion gullies type 1 occurrence (2.5%). From the interrelation between established geodynamic parameters, it was classified and zoned critical areas in: Extremely Critical Areas (2.66%), Very Critical Areas (12.25%), Critical Areas (20.46%) and Zones Moderately Critical (64.63%). Taken as a contribution of research, zoning plans and geodynamics critical areas is presented.

Keywords: Geodynamic agents, geodynamic processes, slopes, embankments and danger.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El área de estudio está ubicada entre Sunudén - San Miguel - Jangalá, provincia San Miguel – Dpto. Cajamarca, y está constituida por laderas, taludes, macizos rocosos y depósitos cuaternarios. Hacia el SW de San Miguel se evidencian procesos de erosión de laderas en forma de canales denominados cárcavas, que cada vez se hacen más profundas y extensas, debido a la erosión fluvial de fondo y lateral. De acuerdo a los boletines N° 31 y 38 del INGEMMET (Rivera, L. 1980, Wilson, J. 1984), que abarcan los cuadrángulos de Cajamarca y Chota, la litología que predomina en el área es principalmente volcánica constituida de piroclásticos dacíticos y tobas dacíticas. Los clastos sueltos del volcánico tienen un diámetro promedio de 10 cm. y se les encuentra fuertemente fracturados, alterados, fragmentados y deleznable; tienen una resistencia media a baja y son permeables, por fisuración y porosidad primaria. Este material volcánico presenta poca cohesión, constituyendo un peligro latente para personas, viviendas, terrenos de cultivo y vías de comunicación (carreteras); puesto que debido al clima lluvioso que presenta la zona, el agua desestabiliza los macizos rocosos y suelos, produciendo así constantes deslizamientos, derrumbes, caída de rocas y erosión de laderas, los que dañan y obstruyen las carreteras, sobre todo en tiempo de invierno (meses de enero a abril).

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es la relación entre los agentes geodinámicos internos y externos, que determinan la inestabilidad de las laderas y taludes en el macizo rocoso y suelos entre Sunudén – San Miguel – Jangalá, Provincia San Miguel, Dpto. Cajamarca?

1.3 HIPÓTESIS

Los procesos geodinámicos que presentan las laderas y taludes de los macizos rocosos y suelos, entre Sunudén – San Miguel – Jangalá, están directamente influenciados por la interrelación entre los agentes geodinámicos internos y externos.

1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Entre el caserío de Sunudén, la Provincia de San Miguel y el caserío de Jangalá, a lo largo del tiempo se han evidenciado constantes peligros geológicos asociados a la geodinámica externa, como deslizamientos, derrumbes, caída de rocas, hundimientos del terreno y erosión de laderas tipo cárcavas, los cuales requieren ser evaluados para poder monitorear y llevar un control de los mismos. Esta investigación tiene por finalidad evaluar el comportamiento geodinámico de las laderas y taludes entre Sunudén – San Miguel – Jangalá, para lograr una zonificación de zonas críticas que conlleve a adoptar medidas adecuadas de prevención y mitigación. Los resultados, producto de la investigación, deberán ser utilizados por autoridades u otros investigadores y ayudarán en la toma de decisiones para futuros proyectos geológicos y/o civiles en la zona.

1.5 ALCANCES O DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1 Delimitación espacial

Sunudén – San Miguel – Jangalá, Provincia San Miguel, Dpto. Cajamarca.

1.5.2 Delimitación temporal

La investigación tendrá una duración de 4 meses.

1.5.3 Delimitación de la investigación

Se centrará en la evaluación geodinámica de laderas y taludes comprendidos entre Sunudén – San Miguel – Jangalá, Provincia San Miguel, Dpto. Cajamarca.

1.6 OBJETIVOS

1.6.1 Objetivo general

Evaluar el comportamiento geodinámico de laderas y taludes en los macizos rocosos y suelos, comprendidos entre Sunudén - San Miguel - Jangalá, Provincia San Miguel, Dpto. Cajamarca.

1.6.2 Objetivos específicos

- Realizar el cartografiado de las unidades litomorfoestructurales.
- Identificar y caracterizar los principales procesos geodinámicos externos.
- Determinar parámetros físicos y geodinámicos para zonificar las zonas críticas.
- Elaborar los planos de zonificación geodinámica y de zonas críticas.

1.7 DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO DE LOS CAPÍTULOS

CAPÍTULO I.- Este capítulo comprende el planteamiento del problema, a partir del cual se hizo la formulación del problema, que permitió plantear la hipótesis correspondiente. En base a esto se realizó la justificación de la investigación y se hizo la delimitación de la misma, tanto en espacio y tiempo. Se estableció el objetivo general y los objetivos específicos, que sirvieron como directrices en el desarrollo de la investigación.

CAPÍTULO II.- Este capítulo comprende los antecedentes existentes respecto a la zona de estudio, tales como tesis, informes técnicos, investigaciones realizadas por instituciones, etc., que permitieron obtener valiosa información complementaria. Las bases teóricas, donde se consideró, en función a las variables y tema central de la investigación, la información científica más relevante. La definición de términos, en donde, previa evaluación, se consideraron los términos que puedan resultar desconocidos para el lector.

CAPÍTULO III.- Comprende la ubicación geográfica de la zona de estudio, así como la accesibilidad a la misma. Las técnicas (recolección de información, mapeo geomorfológico, geológico, estructural, etc.) y materiales (imágenes satelitales, picota, brújula, GPS, libreta, etc.), que se utilizaron para la recolección de datos. El tipo de investigación, que para este caso ha sido explicativa no experimental y transversal en el tiempo. El método de investigación, que para este caso ha sido descriptiva, analítica, comparativa, deductiva y explicativa.

CAPÍTULO IV.- Este capítulo comprende las unidades litológicas locales, conformadas por el Volcánico Huambos y Depósitos Cuaternarios (residuales, coluvio-aluviales y fluvio-aluviales). Las unidades geomorfológicas, conformadas por laderas, valles, cárcavas, terrazas, colinas, escarpes y superficies de erosión. Las unidades estructurales discontinuas, conformadas por las tres (03) fallas encontradas, a las cuales, de acuerdo al nombre del lugar donde se las encontró, se les otorgó la siguiente denominación: falla Cementerio Sur, falla Zogoloma y falla El Huacho; se tomó los datos (Dip, Dip Direction, Pitch) y se realizó la descripción de las características físicas de cada una de estas fallas.

CAPÍTULO V.- Este capítulo comprende los procesos geodinámicos externos (deslizamientos, derrumbes, caída de rocas, erosión de laderas), presentes tanto en el sector San Miguel – Jangalá, como en el sector Sunudén – San Miguel; se caracterizó cada proceso geodinámico. El inventario y la ocurrencia de los procesos geodinámicos encontrados. El comportamiento geodinámico, en donde, tomando en cuenta las características inherentes a la zona de estudio, se determinaron diversos parámetros, cuya interrelación permitió diferenciar y zonificar cuatro niveles de zonas críticas: Zona Medianamente Crítica, Zona Crítica, Zona Altamente Crítica y Zona Extremadamente Crítica.

CAPÍTULO VI.- Este capítulo comprende el análisis geodinámico tanto del sector San Miguel – Jangalá, como del sector Sunudén – San Miguel, en donde se tipificó a las zonas, en función a los parámetros de zonificación establecidos, como Zonas Medianamente Críticas, Zonas Críticas, Zonas Altamente Críticas y Zonas Extremadamente Críticas; con esto se pudo interpretar, estructurar y desarrollar las medidas de prevención y mitigación de peligros, correspondientes.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES

- Reyes, L. (1990). Geología de los Cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba (Boletín Serie A - N°31). *Estudio geológico regional realizado por geólogos del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) en Cajamarca y alrededores a escala 1:100,000.*
- Wilson, J. (1984). Geología de los Cuadrángulos de Jayanca, Incahuasi, Cutervo, Chiclayo, Chongoyape, Chota, Celendín, Pacasmayo y Chepén (Boletín Serie A - N° 38). *Estudio geológico regional realizado por geólogos del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) en Cajamarca y alrededores a escala 1:100,000.*
- Zavala, B. & Rosado, M. (2011). Riesgo Geológico en la Región Cajamarca (Boletín Serie C - N°44). *Zonas críticas por peligros geológicos e hidrológicos en la Región Cajamarca.*

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 Geodinámica y procesos geodinámicos

Medina, J. (2002), define a la Geodinámica como una disciplina de las ciencias geológicas, cuya metodología permite comprender como ocurren los fenómenos, cuales son las causas y factores que los generan, las condiciones en que se desarrollan y, finalmente, sus efectos sobre el globo terrestre.

Nuestro planeta, constituido por un conjunto de materias como: agua, aire, minerales, rocas, etc., desde sus inicios se encuentra sometido a grandes eventos dinámicos que provocan su transformación y evolución bajo la acción de grandes fuerzas internas y externas, que constituyen los procesos geodinámicos endógenos y exógenos.

Los procesos geodinámicos endógenos

Constituyen las manifestaciones de la energía interna de la Tierra que crea nuevas estructuras y da origen a los fenómenos sísmicos (terremotos, fenómenos magmáticos (volcanes) y fenómenos tectónicos (formación de cadenas de montañas, elevaciones, depresiones topográficas), que conforman el relieve primigenio de la Tierra.

Los procesos geodinámicos exógenos

Representados por los eventos que actúan en la superficie terrestre, son esencialmente destructores del relieve de la Tierra que ha sido formado por los procesos endógenos. La acción de los procesos exógenos se traduce en grandes ciclos de erosión que desgastan y modelan la superficie y en ciclos de sedimentación, que dan lugar a nuevas rocas.

2.2.2 Agentes geodinámicos internos

Medina, J. (2002) menciona que estos agentes son aquellos que construyen el relieve terrestre, actuando en contra de la gravedad. Estos son: el tectonismo y el magmatismo.

Tectonismo

Son todos los movimientos, horizontales y verticales, que afectan a las partes sólidas de la Tierra y que son causados por fuerzas internas (corrientes convectivas del manto y la isostasia). Estos movimientos tectónicos producen fallas, pliegues y el levantamiento o hundimiento de los macizos rocosos.

Magmatismo

Es una mezcla de material rocoso fundido, de composición preferentemente silíceo que contiene gases, agua y minerales sólidos dispersos. Las rocas formadas por el enfriamiento de los magmas se llaman rocas ígneas. Si su enfriamiento y consolidación se producen en el interior de la tierra, reciben el nombre de plutónicas; si ocurren en la superficie terrestre se llaman rocas volcánicas.

2.2.3 Agentes geodinámicos externos

Medina, J. (2002) menciona que estos agentes son aquellos que modelan el relieve tendiendo a destruirlo. Estos son: el agua, el sol, la gravedad, el viento y los organismos vivos.

El agua

Es el agente geodinámico principal y su acción modeladora de la superficie es casi universal. Participa en todas las etapas o fases de los ciclos de erosión y sedimentación tales como:

- a) En la meteorización, como agente de la descomposición química de materiales rocosos.
- b) En la remoción de dichos materiales rocosos, ya sea como energía de un cuerpo líquido: lluvias, ríos, corrientes marinas, etc., o como sólido: hielo en granizada, nevados y glaciares.
- c) Finalmente en la acumulación de los sedimentos o sedimentación propiamente dicha, que casi siempre se realiza en medios acuosos: cuencas de ríos, lagos, mares, etc.

El sol

Al igual que el agua interviene en todos los procesos que ocurren en la tierra, mediante las variaciones de temperatura, influye en el comportamiento del agua y el viento, propiciando cambios en el estado o resistencia de los cuerpos (dilatación, contracción y ruptura).

La gravedad

La fuerza de atracción gravitacional de la Tierra, su acción es más evidente en los fenómenos de remoción en masa, facilita la caída de los cuerpos.

El viento

Al igual que el agua, el viento ejerce una acción de movilización o transporte y otra de erosión pero de naturaleza totalmente distinta. La acción del viento se produce en toda su extensión en los desiertos, en regiones de clima extremadamente secos donde existe muy poca vegetación y en regiones tropicales.

Los organismos vivos

La acción de los organismos vivos, contribuye a la creación de nuevas formas en el relieve terrestre, desde la formación de arrecifes de coral o madrigueras de roedores, hasta las grandes canteras de explotación de yacimientos minerales y los cortes de taludes para la construcción de grandes obras (acción antrópica).

2.2.4 Procesos geodinámicos

Lara, M. & Sepúlveda, S. (2008), denominan así a los eventos geológicos que en su mecanismo involucran la movilización de grandes volúmenes de suelo y/o roca hacia niveles inferiores, bajo la acción directa del agua, tipo de litología y la gravitación terrestre. Los más conocidos y frecuentes son: los deslizamientos rotacional y traslacional), la caída de rocas, los derrumbamientos y la erosión de laderas.

Deslizamientos

Lara, M. & Sepúlveda, S. (2008), mencionan que un deslizamiento consiste en un desplazamiento de corte a lo largo de una o varias superficies, que pueden detectarse fácilmente o dentro de una zona relativamente delgada (Figura 1). Los deslizamientos pueden ser de una sola masa coherente que se mueve, o pueden comprender varias unidades o masas semi-independientes.

Los deslizamientos se pueden subdividir en deslizamientos rotacionales, deslizamientos traslacionales o planares y deslizamientos compuestos de rotación y traslación. Esta diferenciación es importante porque puede definir el sistema de análisis y el tipo de estabilización que se va a emplear.

Los factores desencadenantes de los deslizamientos son:

- Socavación de taludes por acción fluvial, torrencial o antrópica.
- Movimientos sísmicos cuya intensidad de sacudimiento supera el límite de resistencia a estabilidad de la roca.
- Saturación de agua en los terrenos inestables.

Las características de un terreno afectado por deslizamientos son:

- Presencia de grietas semicirculares en la parte superior del cuerpo deslizante.
- Escarpas y desniveles asociados a cambios de pendiente del terreno.
- Ruptura y desplazamiento de muros, cercos, calles, caminos, carreteras.
- Árboles con el tronco torcido o encorvados.

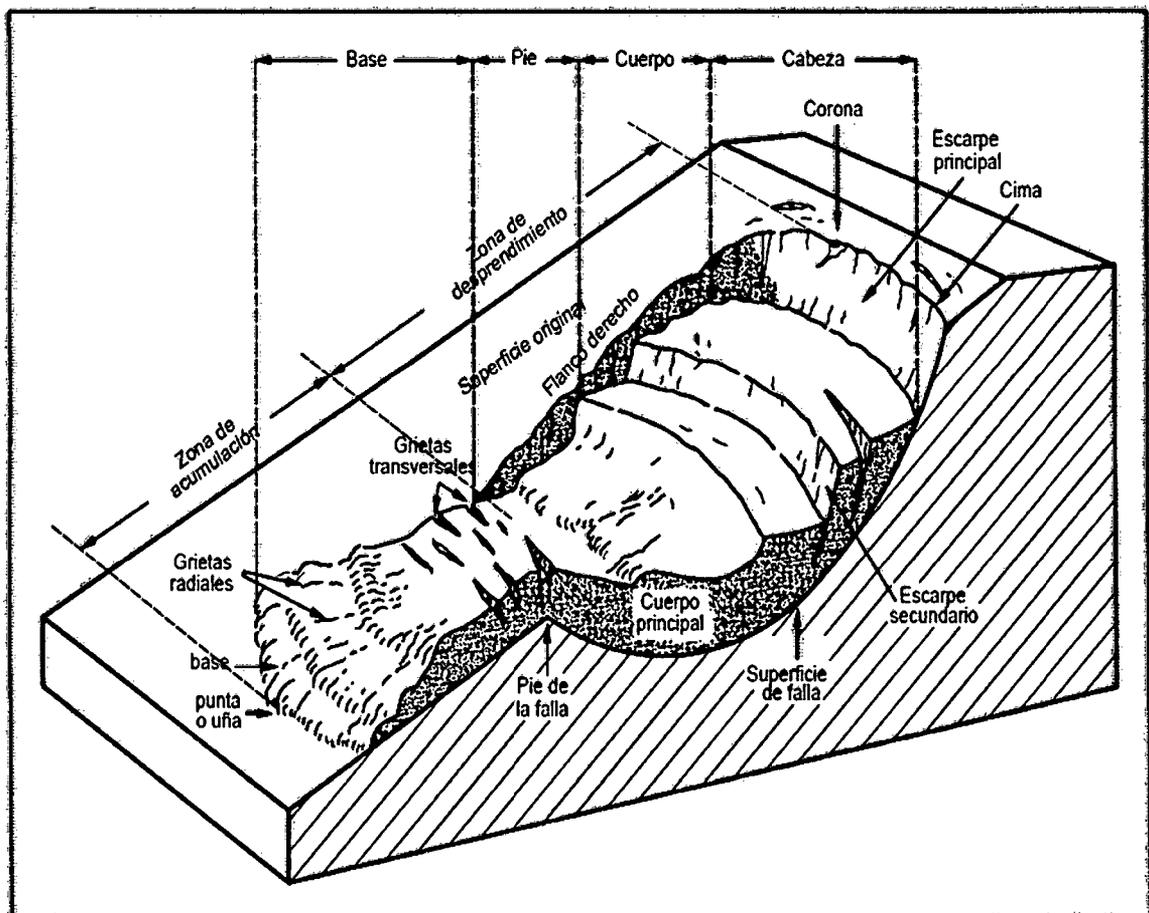


Figura 1 Nomenclatura de las partes que conforman un deslizamiento.

Fuente: Lara, M. & Sepúlveda, S. (2008).

A) Deslizamiento rotacional

Skinner, B. & Porter, S. (1992), mencionan que se trata de un movimiento lento inicialmente, de una masa de suelo y/o roca, a lo largo de una superficie de falla, en forma circular y cóncava, sobre la cual se desliza.

Eventualmente se da en terrenos homogéneos e isotrópicos, presentándose en su fase inicial, poca deformación de los materiales, los cuales a medida que la masa se desplaza, progresivamente se van distorsionando. Este tipo de movimientos pueden involucrar volúmenes pequeños o volúmenes grandes de material; las velocidades de propagación de la masa desplazada pueden ser también variables en su fase final.

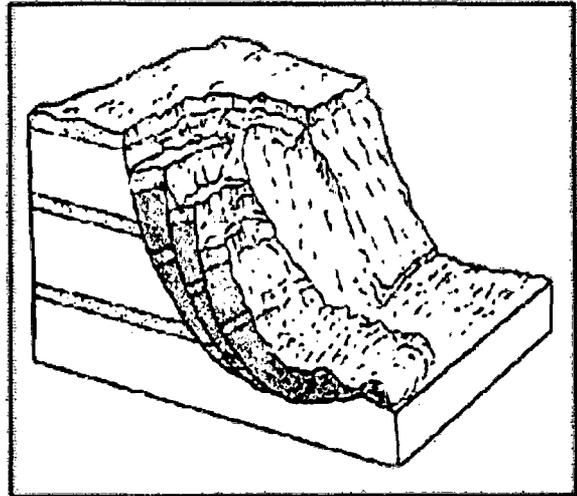


Figura 2 Deslizamiento rotacional.
Fuente: Skinner, B. & Porter, S. (1992).

B) Deslizamiento traslacional

Skinner, B. & Porter, S. (1992), mencionan que se trata de un movimiento lento o rápido de una masa de suelo y/o roca, a lo largo de una superficie de deslizamiento planar o ligeramente ondulada. Se originan en zonas que presentan superficies de discontinuidad o diaclasas, sobre planos de fallas o estratos, formando paquetes de estratos cuyas bases quedan desprovistas de soporte, que se desplazan a favor de la pendiente. Se producen mayormente por factores desencadenantes antrópicos; en corte de taludes para estructura vial, canalizaciones, o por erosión pluvial.

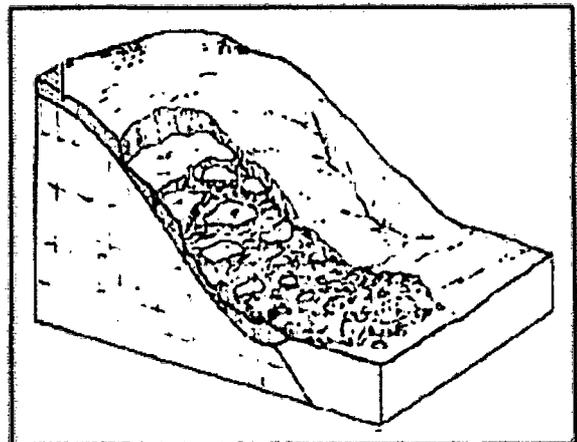


Figura 3 Deslizamiento traslacional.
Fuente: Skinner, B. & Porter, S. (1992).

Derrumbamientos

Medina, J. (2002), define que los derrumbamientos incluyen los movimientos y caída violenta de material conformado por suelo-roca de variable granulometría. Las principales causas son las siguientes:

- La fuerza gravitacional de la Tierra.
- Grado e intensidad de fractura de la roca.
- Efectos de meteorización (alteración de la roca).
- Efectos de congelamiento del agua en las fracturas.
- Presión de las raíces de los árboles en las fracturas.

Los ambientes más propensos a estos fenómenos son: los taludes verticales de suelos o rocas bastante fracturadas; los cortes de las carreteras, caminos, canteras, los acantilados marinos, taludes ribereños, etc.

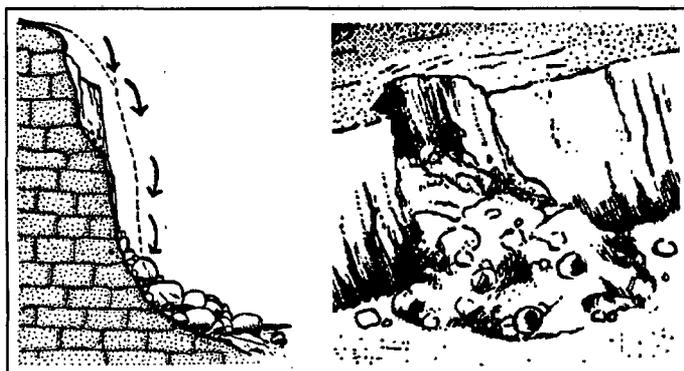


Figura 4 Al lado izquierdo, sección mostrando el desarrollo de un derrumbamiento. Al lado derecho esquema de un derrumbe típico.

Fuente: Medina, J. (2002).

Caída de rocas

Medina, J. (2002), define a este proceso como el desprendimiento de una o varias rocas de cualquier tamaño desde un talud de pendiente fuerte a lo largo de una superficie en la cual el desplazamiento de corte es mínimo o no se da. Este desplazamiento se produce principalmente por caída libre, a saltos o rodando. La caída de rocas, en escarpes semi-verticales, representa un riesgo importante para los elementos que están debajo del talud.

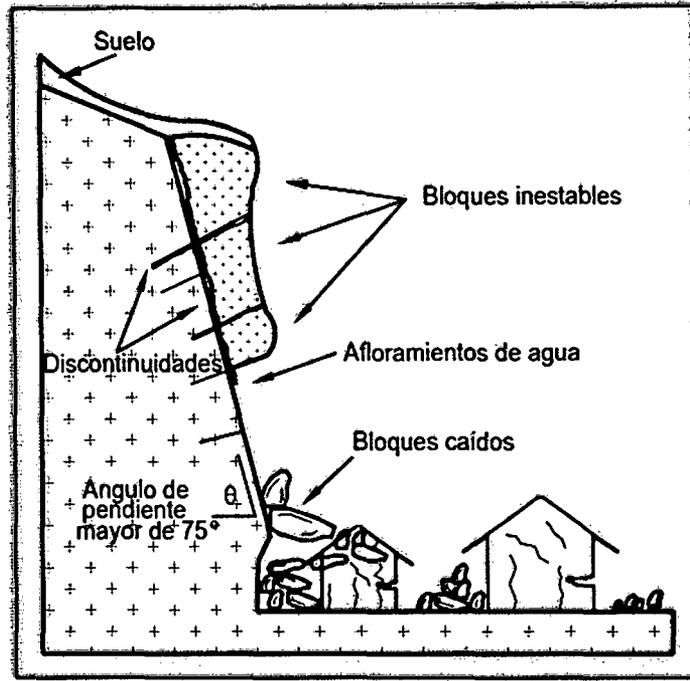


Figura 5 Caídos de bloques en caída libre de roca fracturada.

Fuente: Medina. J. (2002).

Erosión de laderas tipo cárcavas

Medina. J. (2002), define a la erosión de laderas tipo cárcavas como un proceso degradacional que se presenta sobre todo en terrenos inclinados que tienen limitada cobertura vegetal y en las regiones donde las lluvias son estacionales e intensas; dando lugar a la formación de zanjas (cárcavas) más o menos profundas originadas por socavamientos repetidos sobre el terreno, debido al flujo incontrolado del agua de escorrentía que escurre ladera abajo. La presencia de cárcavas en un terreno indica un grado avanzado de degradación.

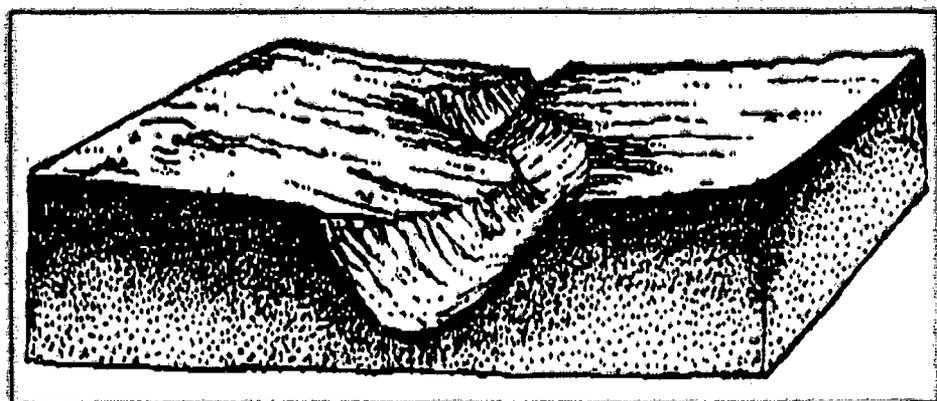


Figura 6 Block-diagrama mostrando una cárcava en formación.

Fuente: Medina. J. (2002).

2.2.5 Peligros por sismicidad y procesos geodinámicos

Keefer, D. K. (1984), menciona que para la planificación, diseño de obras de ingeniería y ordenamiento territorial, es imprescindible efectuar estudios de sismicidad y peligro sísmico en zonas de movimientos en masa.

La ocurrencia de un deslizamiento relacionado con un sismo dependerá de la magnitud o intensidad del sismo, de la capacidad de respuesta de las estructuras a la aceleración a la cual son sometidas y de otros factores topográficos, geológicos e hidrogeológicos.

El efecto de un evento sísmico conduce en ocasiones a la desestabilización de laderas y taludes. Es evidente que la incidencia de casos de inestabilidad aumenta con la magnitud del sismo, especialmente, cuando la magnitud del sismo es de seis o mayor y la fuente de liberación de energía es poco profunda.

Es importante saber que los movimientos con picos altos de aceleración no son necesariamente más destructivos que aquellos con picos menores, debido a que el tiempo de ocurrencia del mismo intervienen en forma importante en el comportamiento tanto de las estructuras como de los suelos.

Tabla 1 Posibilidad de deslizamientos causados por sismos.

MAGNITUD DEL SISMO (Escala de Richter)	TIPO DE DESLIZAMIENTO PRODUCIDO
4.0	Caída de rocas, derrumbamientos y alteración de masas de suelo.
4.5	Deslizamiento de traslación y rotación.
5.0	Flujos de suelo, esparcimientos laterales, deslizamientos subacuáticos.
6.0	Avalanchas de roca.
6.5	Avalanchas de suelo.

Fuente: Keefer, D. K. (1984).

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

Drenaje.- Sistema que facilita el traslado del agua de lluvia para que ésta pueda ser aprovechada. Otro de sus propósitos, quizás el más importante, es evitar que las ciudades se inunden. Un sistema de drenaje deficiente pone a una ciudad en riesgo. (Dávila, J. 2011).

Erosión.- Es la degradación y el transporte del suelo o roca que producen distintos procesos en la superficie de la Tierra. Entre estos agentes está la circulación de agua o hielo, el viento, o los cambios térmicos. Puede ser incrementada por actividades humanas o antropogénicas. (Medina, J. 1991).

Geodinámica.- Es una disciplina de las ciencias geológicas que estudia los agentes o fuerzas que intervienen en los procesos dinámicos de la Tierra. Se divide en Geodinámica interna (o procesos endógenos) y Geodinámica externa (procesos exógenos de la superficie terrestre). (Medina, J. 1991).

Geomorfología.- Es la rama de la geología y de la geografía que estudia las formas de la superficie terrestre y los procesos que las generan. Para el estudio hay que tomar en consideración tres cosas: la estructura, el proceso y la etapa. (Davis, W. 1899).

Peligro.- Es la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural o inducido por el hombre, con la capacidad de generar daños o pérdidas en un lugar y momento determinado. Estos pueden ser: **naturales** (el ser humano no incide en su ocurrencia) y **antrópicos** (generados por la actividad humana). (*Departamento Nacional de Planeación. Guía Ambiental, para evitar y corregir y compensar los impactos de las acciones de reducción y prevención de riesgos en el nivel municipal. Municipio Santiago de Cali, Colombia, 2005*).

Remoción.- Movilización de roca o sedimentos por un agente geológico bajo la acción de la gravedad. (Corominas, J. & García A. 1997).

Socavación.- Excavación al pie de un talud. Puede tener un origen natural cuando se asocian a erosión fluvial o antrópico cuando se asocia al desarrollo de actividades humanas. (Corominas, J. & García A. 1997).

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La zona de estudio está delimitada espacialmente por las siguientes coordenadas, dadas en coordenadas UTM, en el sistema WGS84.

VÉRTICE	LONGITUD	LATITUD
1	735291	9222761
2	738735	9222756
3	738731	9226216
4	735292	9226216

Políticamente se encuentra ubicado en:

DEPARTAMENTO : CAJAMARCA
PROVINCIA : SAN MIGUEL
DISTRITO : SAN MIGUEL
CESERIOS : SUNUDÉN – JANGALÁ

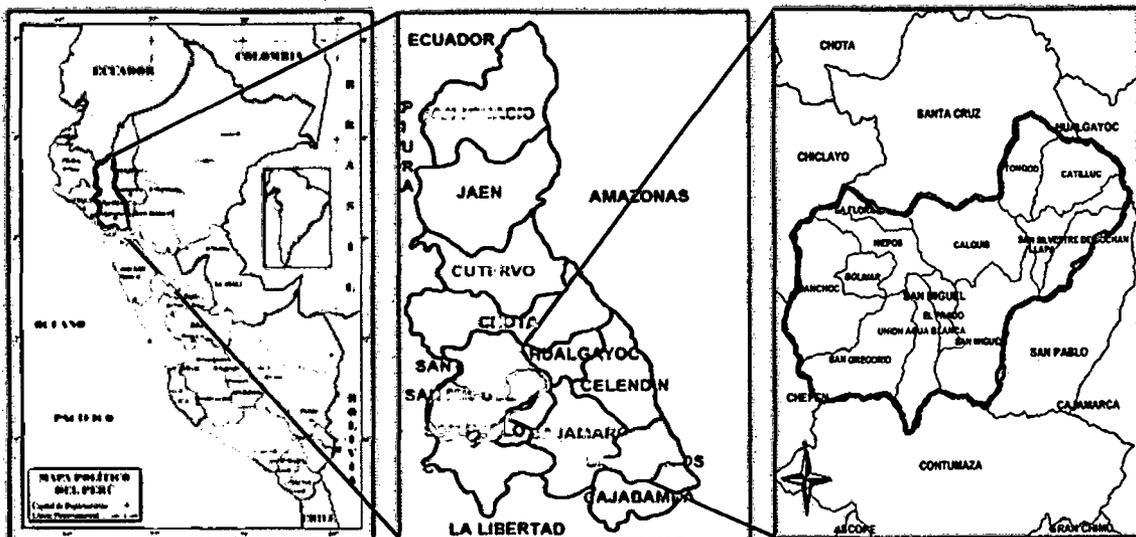


Figura 7 Ubicación política de la zona de estudio.

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Provincia_de_San_Miguel

3.2 ACCESIBILIDAD

Vía Terrestre

La Provincia de San Miguel, cuenta con una vía asfaltada que se enlaza hacia la Provincia de San Pablo, y de allí por una vía expresa asfaltada hacia la capital departamental (ciudad capital de Cajamarca), con un recorrido de 116 km.

Otra carretera principal por la que se puede acceder a San Miguel de Pallaques son: la vía de Cajamarca - Chilite - San Miguel, con un recorrido de 130 km.

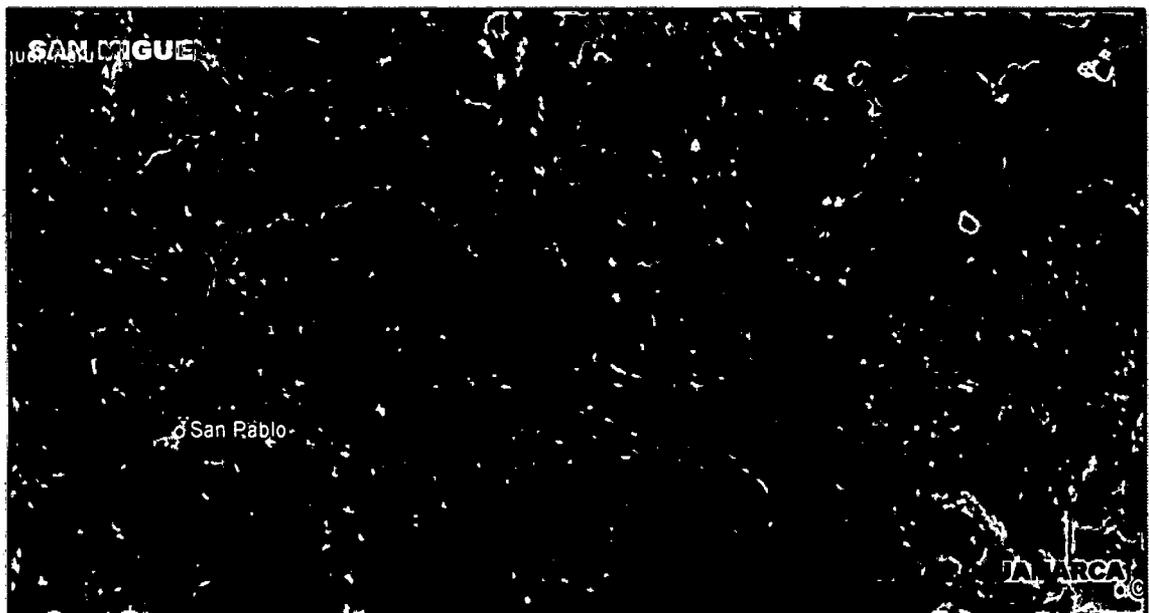


Figura 8 Accesibilidad a la zona de estudio: Ruta Cajamarca – San Pablo – San Miguel.

Fuente: Google Earth – 2014

3.3 TÉCNICAS Y MATERIALES DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Técnicas

✓ *Trabajos preliminares*

- Planeamiento y control de campo y gabinete.
- Búsqueda de información.
- Reconocimiento de materiales.

✓ **Cartografiado geomorfológico**

- Identificación de tipos de relieve o formas del terreno y sus límites.
- Determinación de procesos geomorfológicos.
- Reconocimiento de rasgos antrópicos: vías, zonas urbanas, cultivos, entre otros.

✓ **Cartografiado geológico**

- Identificación y delimitación de las unidades litológicas presentes.

✓ **Cartografiado estructural**

- Parametrización y caracterización de estructuras geológicas elementales: rumbos, buzamientos, fallas, familias de diaclasas.

✓ **Evaluación geodinámica**

- Identificación y caracterización de procesos geodinámicos por deslizamiento, derrumbamiento, caída de rocas y erosión de laderas.
- Elaboración de los planos de zonificación geodinámica y zonas críticas.

Instrumentos

✓ **Imágenes satelitales**

Es la representación visual de las características del terreno, capturada por un sensor colocado en un satélite artificial. Las imágenes obtenidas contribuyeron a observar y verificar estructuras, drenaje, accesos, cerros, caseríos, escarpes y procesos geodinámicos.

✓ **Modelo digital de elevaciones (MDE)**

Es una representación visual y matemática de los valores de altura mediante un conjunto de cotas con respecto al nivel medio del mar. En este plano se interpretó y digitalizó el área de estudio, se caracterizó las formas del relieve tomando en consideración las curvas de nivel.

✓ ***Plano Geológico***

Es la representación gráfica en dos dimensiones y a escala de la distribución de los distintos tipos de roca que afloran en el terreno, su edad geológica y estructuras. Para la presente investigación se utilizó como referencia planos del INGEMMET, representados a una escala 1/100000, de los cuadrángulos de Cajamarca (15-f) y Chota (14-f).

✓ ***GPS (Sistema de Posicionamiento Global) - Garmin Mal 60 Cx.***

Sistema que permite determinar la posición de un objeto, persona, vehículo, etc., con una precisión de milímetros hasta unos pocos metros. Fue utilizado para ubicar en campo datos estratégicos y plotearlos en el MDE con coordenadas del sistema UTM, DATUM WGS-84.

✓ ***Brújula Geotécnica BRUNTON***

Instrumento que sirve para medir orientaciones geográficas, triangular una ubicación, medir lineaciones estructurales y lugares geométricos de estructuras geológicas. En el área de estudio se la utilizó principalmente para medir Dip y Dip-Direction de estratos, fallas y estructuras existentes.

✓ ***Protáctor***

Plantilla de plástico rectangular, graduado en 180° (grados sexagesimales). Sirve para trazar ángulos y medir distancias a escalas determinadas. Se utilizó para plotear todos los puntos, Dip y Dip-Direction (estructuras) tomadas en campo. Los protáctor más utilizados fueron a escalas: 1/1000, 1/25000, 1/50000, 1/100000.

✓ ***Picota ESTWING Mango Corto***

Se la utilizó para fracturar y extraer muestras frescas de rocas y analizarlas en gabinete.

✓ ***Lupa 10X-20X Baush & Lamp***

Instrumento óptico que forma una imagen virtual ampliada del objeto que se desea observar. En campo se utilizó para observar y reconocer los componentes minerales de una roca.

✓ ***Lápiz de dureza Carbide***

Herramienta manual con forma de una varilla redonda delgada, con una punta de tungsteno (dureza 5) y un imán en la parte posterior de la varilla. En campo se utilizó para determinar el grado de dureza de las rocas existentes y la presencia de minerales como por ejemplo "magnetita".

✓ ***Wincha 100 m.***

Cinta flexible graduada en milímetros, centímetros y pulgadas; con la cual se pueden medir líneas y superficies curvas. En campo se utilizó para medir longitudes de los deslizamientos (corona, escarpes, etc.) y tramos en donde se realizó estaciones geomecánicas.

✓ ***Flexómetro 5 m.***

Cinta metálica flexible, dividida en unidades de medición. Se fabrican en longitudes comprendidas entre uno y cinco metros. Se utilizó para medir longitudes pequeñas, como espaciamiento, persistencia, abertura entre fracturas y para medir alturas de escarpes en deslizamientos.

✓ ***Tablas geotécnicas***

Son formatos de almacenamiento lógico y sistemático de datos y parámetros específicos, de un elemento en particular, tomados en campo. Se las utilizó para almacenar los datos de caracterización geomecánica de macizos rocosos como: coordenadas de la estación geomecánica, características del macizo rocoso. Propiedades de las discontinuidades como tipo de discontinuidad, resistencia a la compresión uniaxial, RQD, orientación, espaciado, persistencia, abertura, rugosidad, relleno, alteración, presencia de agua y tipo de lectura.

✓ ***Libreta de campo.***

Elemento didáctico destinado al registro de las observaciones que se realizan en campo, gabinete y/o laboratorio. Se utilizó para anotar observaciones de carácter geológico, estructural, geohidrológico, hidrológico y geodinámico; tomadas en campo y gabinete.

✓ ***Bolsas de Muestreo.***

Son envases flexibles, seguros que brindan resultados de análisis confiables. Se las utilizó para almacenar y codificar ordenadamente las muestras de mano de los diferentes tipos de rocas encontradas.

✓ ***Cámara fotográfica digital.***

Dispositivo electrónico usado para capturar y almacenar fotografías, sonidos y videos electrónicamente en un formato digital. Se utilizó para capturar las fotografías de las características de estructuras, deslizamientos, geoformas, etc., que nos ayudarían en la investigación.

✓ ***Computadora-Laptop***

Maquina electrónica que recibe y procesa datos para convertirlos en información útil. Para la elaboración de la presente tesis se utilizó el software de sistema y para la elaboración de planos se utilizó el software para Sistemas de información Geográfica (ARC GIS 10.0).

3.4 TIPO Y MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación será: descriptiva, explicativa no experimental y transversal en el tiempo. Por otro lado, los métodos de investigación que serán utilizados son: descriptiva, analítica, comparativa y deductiva.

CAPÍTULO IV. GEOLOGÍA

4.1 UNIDADES LITOLÓGICAS LOCALES

4.1.1 Volcánico Huambos (Nm-vh)

Cuya composición es principalmente de piroclásticos dacíticos y tobas dacíticas. Posee una textura entre afanítica y porfirítica con cuarzo. Entre las progresivas 27+180 y 27+640 de la carretera Sunudén – San Miguel, se encontraron afloramientos de tobas dacíticas de color gris-amarillento; al igual que al Este de San Miguel, y al Nor Este del caserío de Jangalá.

4.1.2 Depósitos cuaternarios

Depósitos coluviales (Qh-co)

Este tipo de depósito está constituido por fragmentos de tobas dacíticas angulosas a sub-angulosas y una matriz conformada por ceniza volcánica, presentando una fábrica clasto-soportado. Se evidencian en las partes de baja pendiente al Este del distrito de San Miguel. También a la altura del Km 11+500 y del Km 12+200 de la carretera San Miguel-Jangalá, y entre las progresivas km 27+180 y km 27+640 de la carretera Sunudén-San Miguel.

Depósitos aluviales (Qh-al) y fluviales (Qh-fl)

Están conformados por los sedimentos y fragmentos de rocas de origen volcánico, que son depositados en los márgenes y cauce del Río San Miguel. Transportados y depositados por acción de la gravedad y el agua. Su tamaño varía desde la arcilla hasta las gravas, cantos y bloques. Las facies más gruesas presentan bordes redondeados. Se distribuyen en forma estratiforme, con cierta clasificación.

4.2 UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

El área de estudio se localiza en la cordillera occidental en el norte del Perú, su morfología es muy accidentada, que va desde 2320 a 2720 msnm. Presenta rasgos que son el resultado de una larga evolución originada por factores tectónicos, procesos erosivos y deposicionales que han modelado el relieve hasta su estado actual. Se han identificado planicies, lomadas, laderas y escarpes.

4.2.1 Planicies

Se evidencian por las acumulaciones de sedimentos y rocas como: arenas, gravas, bloques, depósitos coluviales, aluviales y fluviales; cuya pendiente va de 0° a 8°. Evidenciadas en los márgenes a lo largo del recorrido, aguas abajo, del río San Miguel.

4.2.2 Lomadas

Es una elevación del terreno de poca altura, cuya pendiente va de 8° a 25°. Están presentes a la altura del km 26 de la carretera Sunudén – San Miguel; a la altura del km 13 de la carretera San Miguel – Jangalá; al Este de San Miguel y en los márgenes del Río San Miguel.

4.2.3 Laderas

Constituidas por las inclinaciones de los cerros cuya pendiente va de 25° a 50°. Presentando variaciones en su conformación morfológica, debido a los agentes erosivos. Están presentes al margen derecho e izquierdo de la carretera Sunudén-San Miguel-Jangalá.

4.2.4 Escarpes

Relieve cuya pendiente va de 50° a 90°, presente en los primeros estadios del proceso erosivo. Evidenciadas entre las progresivas 26+400 a 27+500 de la carretera Sunudén – San Miguel y entre las progresivas 12+200 a 11+800 y 11+300 a 10+400 de la carretera San Miguel – Jangalá.

4.3 UNIDADES ESTRUCTURALES DISCONTÍNUAS

La evaluación geoestructural llevada a cabo en la zona de estudio permitió determinar, en el sector San Miguel – Jangalá, la presencia de fallas locales; a las que se les otorgó una denominación relacionada al nombre del lugar donde se las identificó.

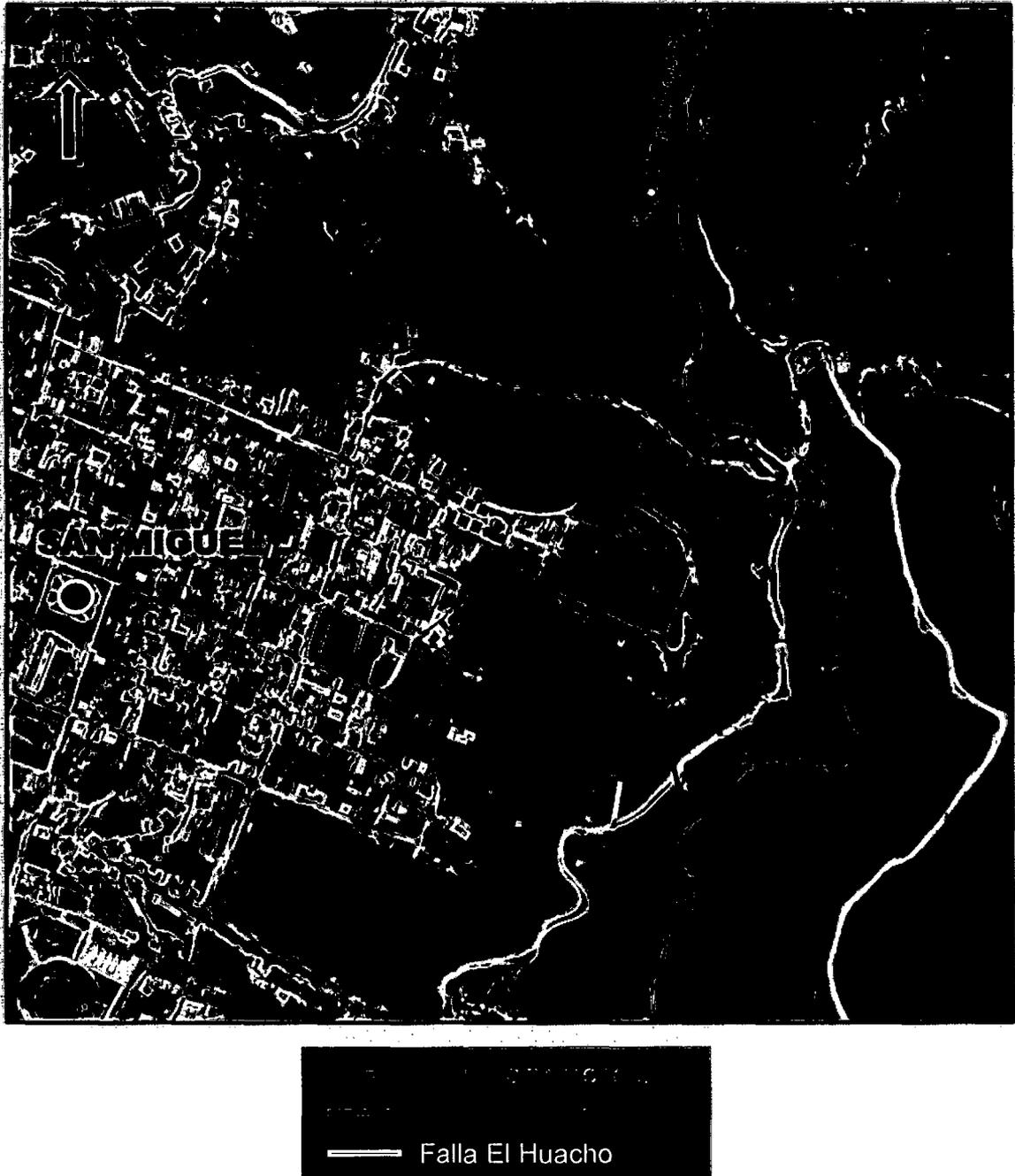


Figura 9 Ubicación y proyección de las fallas identificadas en el sector San Miguel – Jangalá.

4.3.1 Falla Cementerio Sur

La Falla Cementerio Sur (Figura 10), se ubica a la altura del km. 12, de la carretera entre San Miguel - Jangalá. Se proyecta hacia el norte, pasando por el interior del cementerio San Juan.

Esta falla es de tipo Normal, determinado mediante el análisis de los sigmoides y tectoglifos presentes en el plano de falla. Tiene dirección N155°, presenta una brecha de falla de 50 cm. de espesor. A los extremos de la falla se evidencia roca fracturada y alterada, producto de la actividad tectónica sufrida y a la acción de los agentes geológicos externos.

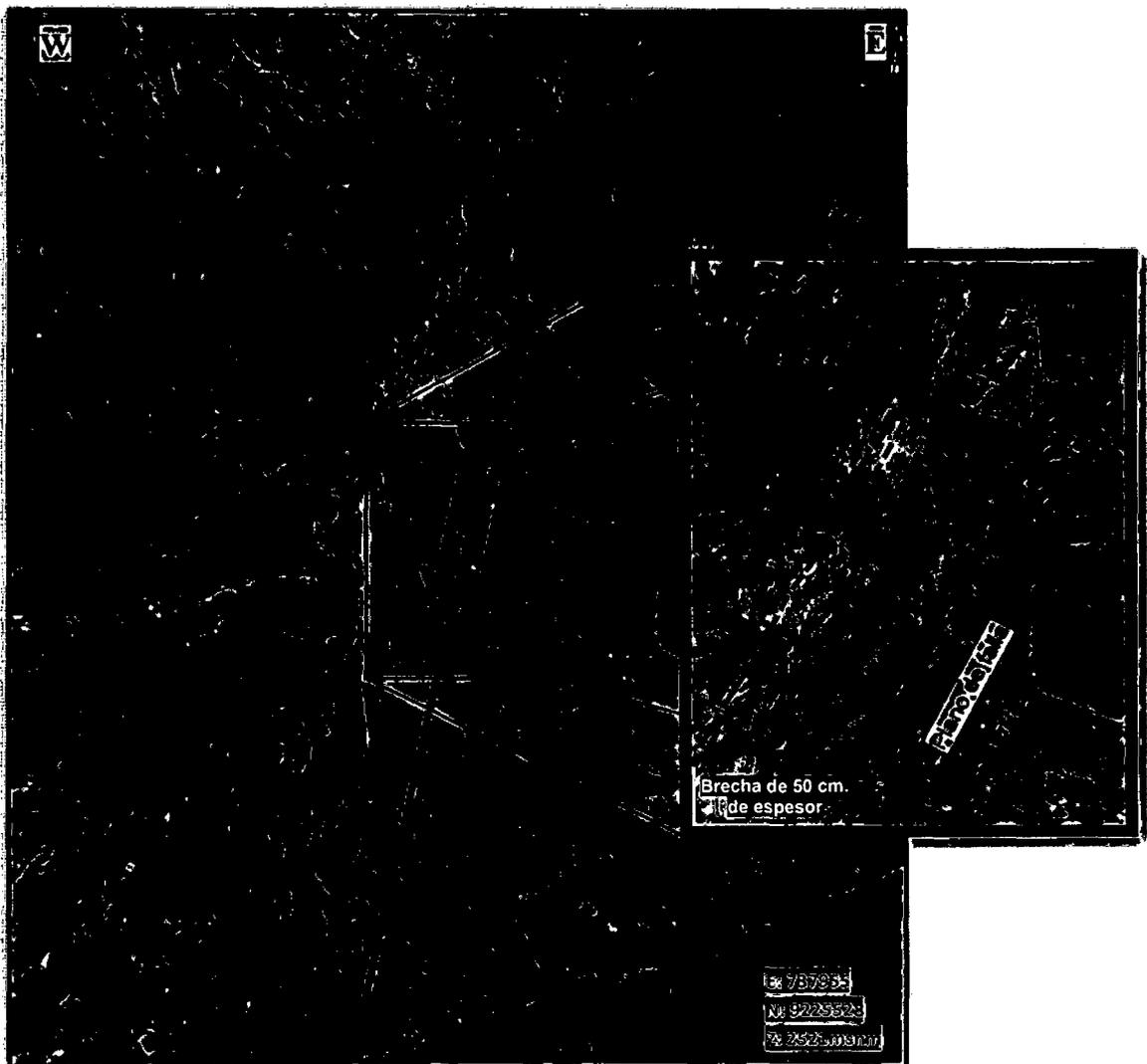


Figura 10 Falla Cementerio - Sur, ubicada a la altura del Km. 12, de la carreta San Miguel - Jangalá. Esta falla es de tipo Normal, con dirección N155°. Presenta una brecha de falla de 50 cm. de espesor.

4.3.2 Falla Zogoloma

La Falla Zogoloma (Figura 11), se encuentra a 250 m. al norte del Puente San Miguel, al margen izquierdo, aguas abajo, del río San Miguel y a 80 m. al sur de la Hidroeléctrica Sayamud.

Esta falla es de tipo Inversa, determinado mediante el análisis hecho a los sigmoides y tectoglifos presentes en el plano de falla. Tiene dirección N205°, presenta una brecha de falla de 30 cm. de espesor. A los extremos de la falla se evidencia roca fracturada y alterada, producto de la actividad tectónica sufrida y a la acción de los agentes geológicos externos.

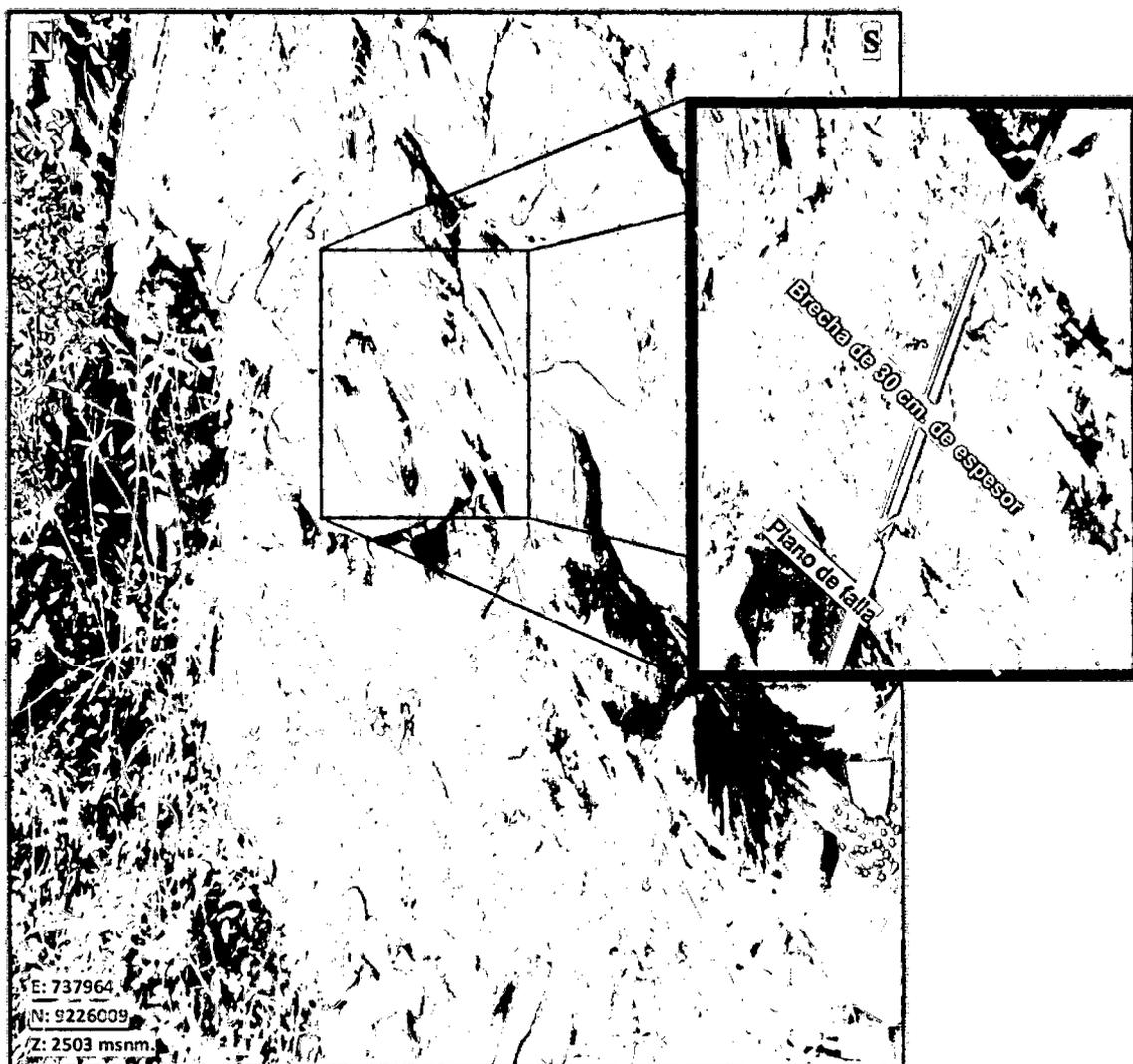


Figura 11 Falla Zogoloma, ubicada a 250 m. al norte del puente San Miguel y a 80 m. al sur de la Hidroeléctrica Sayamud. Esta falla es de tipo Inversa, con dirección N205°. Presenta una brecha de falla de 30 cm. de espesor.

4.3.3 Falla El Huacho

Esta falla (Figura 12), se encuentra a la altura de la progresiva 12+120 de la carretera San Miguel – Jangalá.

Se pudo determinar, en base a la interpretación de los tectoglifos y medida del pitch (figura B), que esta falla es de tipo normal. Tiene dirección N125°. Presenta un Dip y Dip Direction de 82° y 125° respectivamente, y un Pitch de 25° al SW.

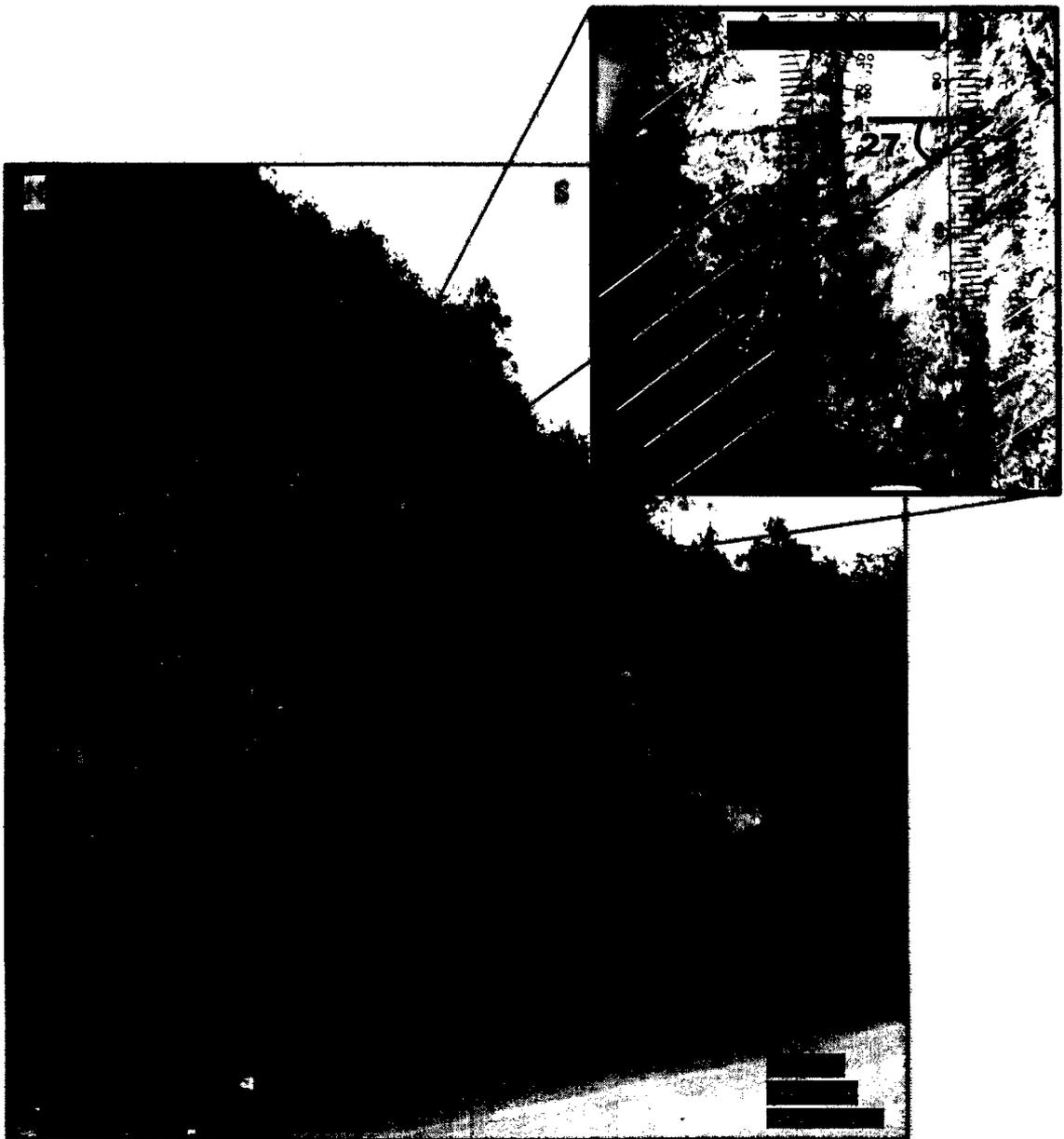


Figura 12 Falla El Huacho, ubicada a la altura de la progresiva 12+120 de la carretera San Miguel – Jangalá. Esta falla es de tipo Normal, con dirección N125°. Presenta un Dip y Dip Direction de 82° y 125° respectivamente, y un Pitch de 25° al SW.

CAPÍTULO V. GEODINÁMICA

El área de estudio consta de 4 km² y fue dividida en dos sectores, esto para evaluar de manera independiente el comportamiento geodinámico de las zonas mencionadas y correlacionar adecuadamente los datos obtenidos en campo.

Tabla 2 División del área de estudio en los sectores San Miguel - Jangalá y Sunudén - San Miguel.

SECTOR	ÁREA	% DEL ÁREA TOTAL
Sunudén – San Miguel	2 km ²	50
San Miguel – Jangalá	2 km ²	50
TOTAL	4 km²	100

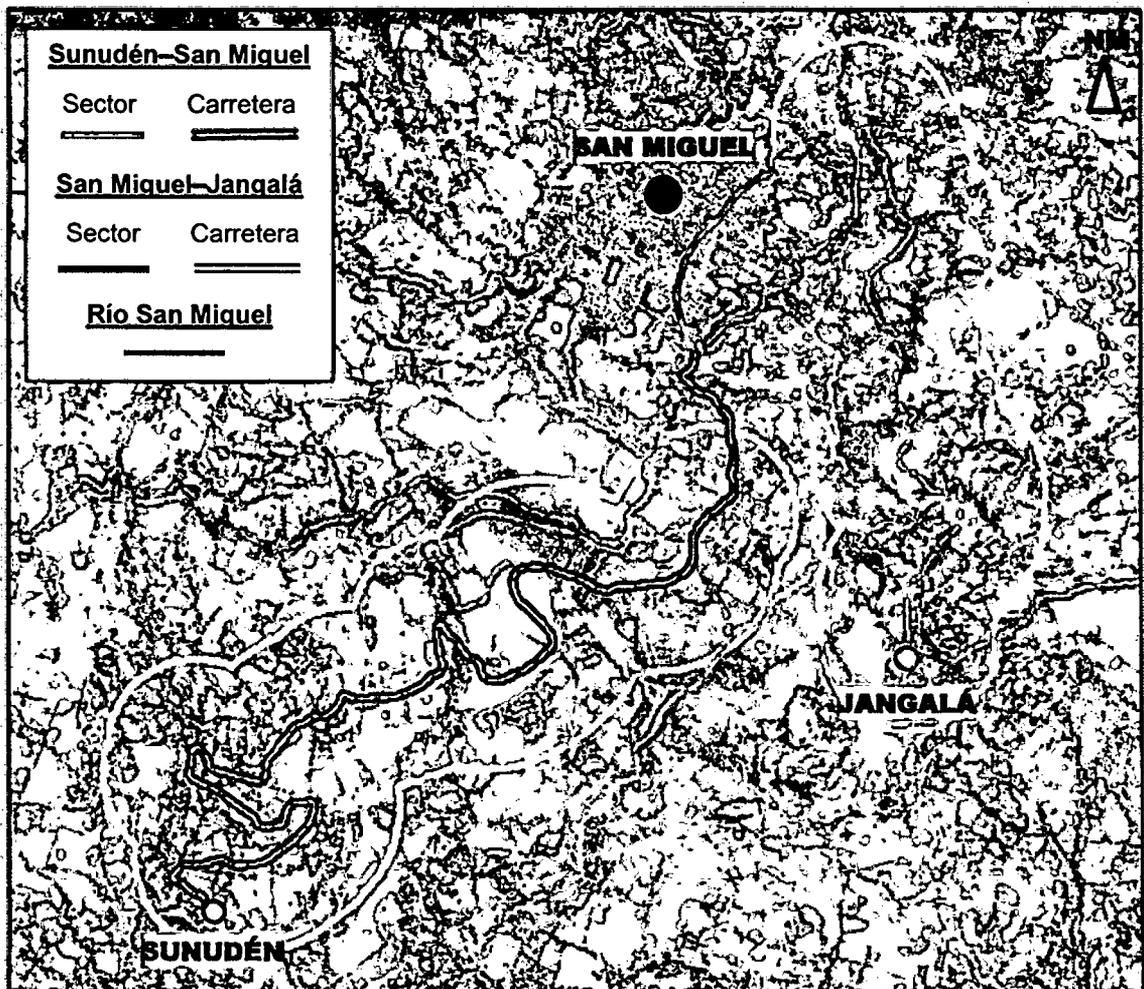


Figura 13 Sectores del área de estudio: San Miguel-Jangalá y Sunudén-San Miguel.

Las laderas y taludes correspondientes a las carreteras San Miguel-Jangalá y Sunudén-San Miguel, presentan una gran actividad geodinámica representada por zonas de deslizamientos (rotacional y traslacional), derrumbes, caída de rocas y erosión de laderas. También presentan zonas geodinámicamente inactivas representadas por paleodeslizamientos.

Estas condiciones de inestabilidad están dadas por diferentes factores como:

- ✓ El tipo de litología presente en toda el área de estudio, representada por piroclásticos dacíticos y tobas dacíticas, que están conformando depósitos coluviales, aluviales y fluviales, los que se encuentran semi-consolidados, permitiendo así la infiltración de agua y saturación del terreno, generando deslizamientos y derrumbes.
- ✓ Acción de las fuerzas ejercidas por el peso del material (seco o saturado en agua) y la gravedad, cuya magnitud dependerá del ángulo de la pendiente.
- ✓ Actividades antrópicas, como la explotación de canteras, que genera el desequilibrio tensional en los taludes y sumado a la acción de las fuerzas de gravedad y peso de la masa producen derrumbes y caída de rocas. También los trabajos de corte de carretera efectuados con métodos inapropiados de voladura, han fracturado los macizos rocosos, provocando la infiltración de agua a través de éstas y la generación de cuñas.
- ✓ Actividad biológica que por acción de las raíces de plantas y árboles meteorizan y fracturan las rocas.
- ✓ El sobrepastoreo y riego excesivo que se practica en algunas zonas, donde empobrecen la capa superficial del suelo facilitando la erosión e infiltración de agua, que acompañado de un riego inadecuado satura el terreno desestabilizándolo y generando deslizamientos.
- ✓ Factor sísmico, ya que la zona de estudio no está exenta de sufrir fenómenos sísmicos.

5.1 SECTOR SUNUDÉN – SAN MIGUEL

5.1.1 Procesos geodinámicos por deslizamiento

Entre las progresivas 23+650 y 23+710

La ladera está sufriendo un deslizamiento rotacional en estado activo, el cual presenta una litología permeable constituida por piroclásticos dacíticos y tobas dacíticas, que sumado al excesivo riego y sobrepastoreo que se practica en la zona han desestabilizado el terreno originando este deslizamiento. La dirección del deslizamiento es $N183^\circ$. En la plataforma superior del deslizamiento y al costado del flanco derecho e izquierdo del mismo, se encuentran construidas varias viviendas, de las cuales la que se encuentra en la plataforma superior de la corona se ha visto afectada por este deslizamiento y si este continúa desplazándose y ensanchando su corona también afectará a las viviendas que se encuentran al costado de sus flancos.

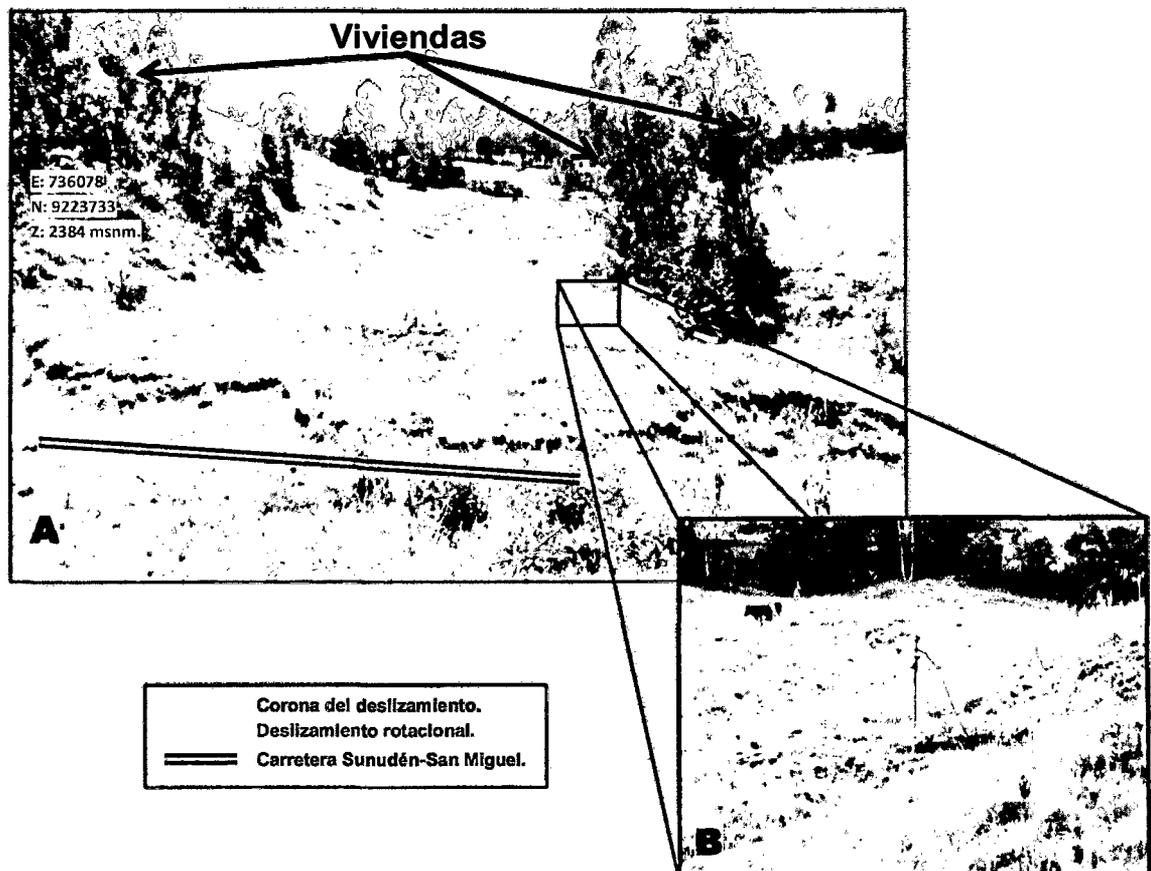


Figura 14 A) Deslizamiento traslacional ubicado entre las progresivas 23+650 y 23+710, carretera Sunudén - San Miguel. B) Sobrepastoreo y riego excesivo.

La estructura de la vivienda, ubicada en la plataforma superior del deslizamiento, se ha fracturado. Esta deformación está directamente relacionada al deslizamiento que está sufriendo el terreno, sobre el cual se encuentra cimentada.

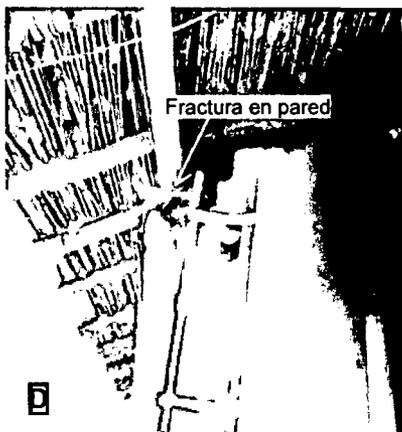
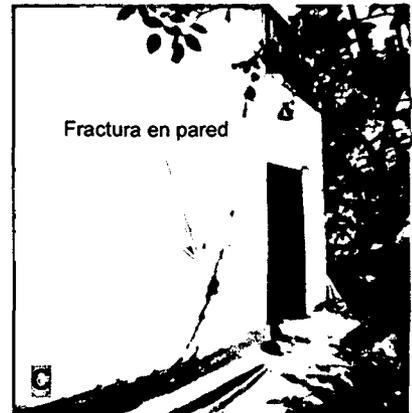
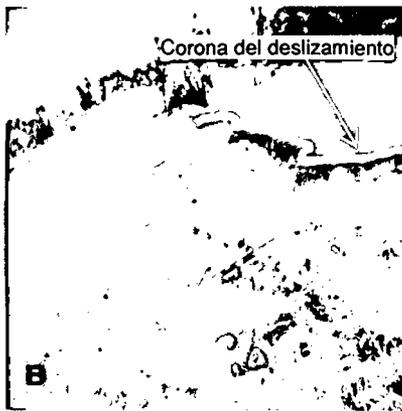


Figura 15 Fracturas en vivienda, ocasionadas por deslizamiento traslacional ubicado entre las progresivas 23+650 y 23+710, carretera Sunudén - San Miguel.

Entre las progresivas 25+580 y 25+720

El talud está sufriendo un deslizamiento rotacional progresivo de suelo-roca, en estado activo. Su litología poco consolidada está constituida por piroclásticos dacíticos y tobas dacíticas, la cual permite la infiltración de agua, lo que va a generar en cierto momento el colapso total de esta masa, afectando así a la carretera Sunudén – San Miguel y a la población en general.

Presenta una corona de 90 m. de extensión, un escarpe principal de 6 m. de altura en promedio y grietas hasta de 1.00 m. de separación.

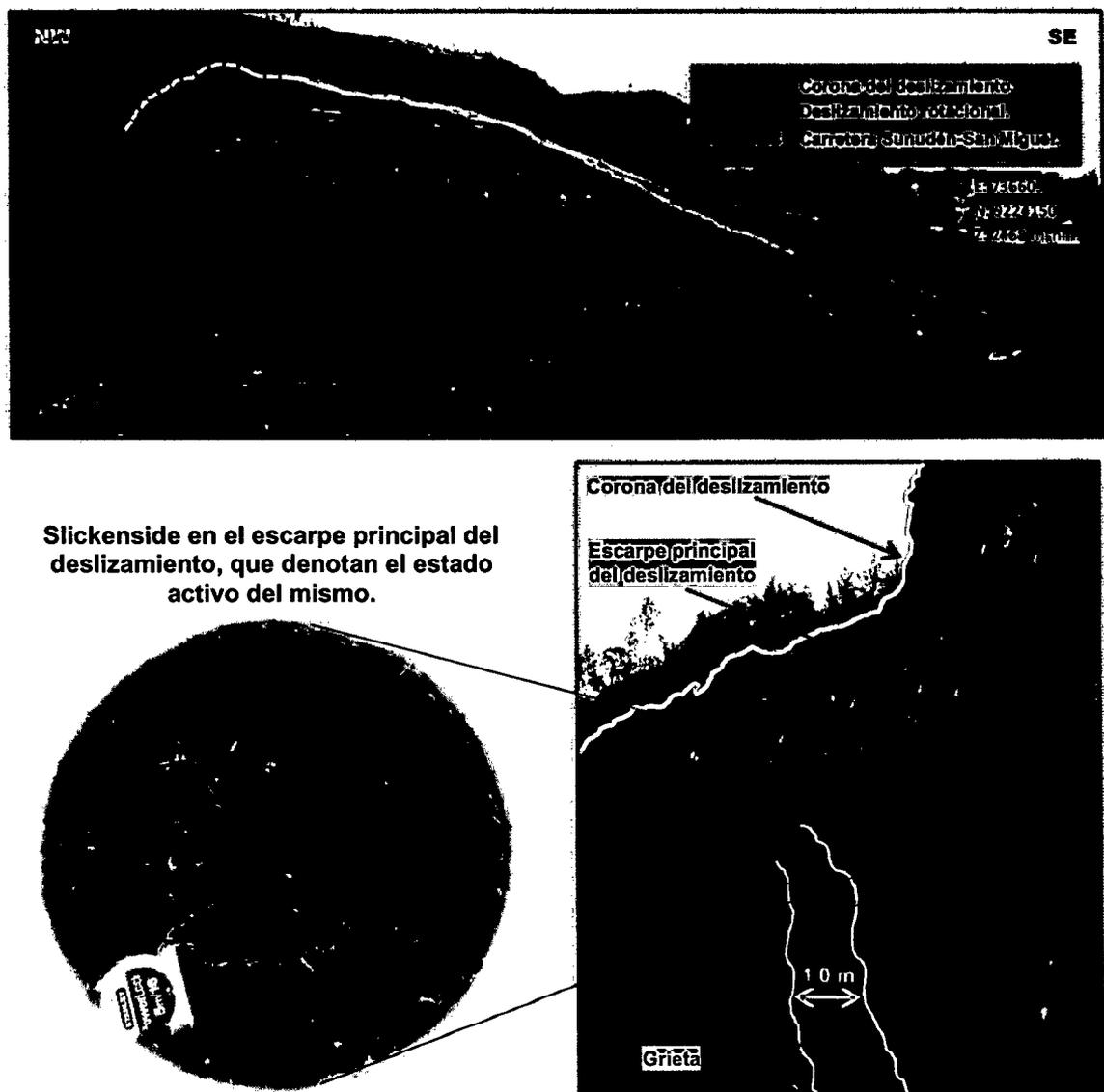


Figura 16 A) Deslizamiento rotacional en estado activo, ubicado entre las progresivas 25+580 y 25+720 de la carretera Sunudén - San Miguel. B) Corona del deslizamiento, de 90 m. de extensión; escarpe principal de 6 m. de altura en promedio; grietas hasta de 1 m. de separación en promedio. C) Slickensides presentes en el escarpe principal, que denotan el estado activo del deslizamiento.

5.1.2 Procesos geodinámicos por derrumbe

Entre las progresivas 25+420 y 25+560

El talud está sufriendo derrumbamiento por acción antrópica, ya que es generado por la explotación de una cantera, sin ningún tipo de asesoramiento profesional.

El proceso que utilizan consiste en socavar la base del talud generando así una descompensación de fuerzas que conlleva al derrumbamiento del material a causa de la fuerza de gravedad y peso de la masa, originando así constantes bloqueos de la carretera Sunudén – San Miguel. Este método de explotación de la cantera puede llegar incluso a causar la muerte de algún trabajador.

La litología está constituida por piroclásticos dacíticos y tobas dacíticas. El ángulo del talud es de 63°.

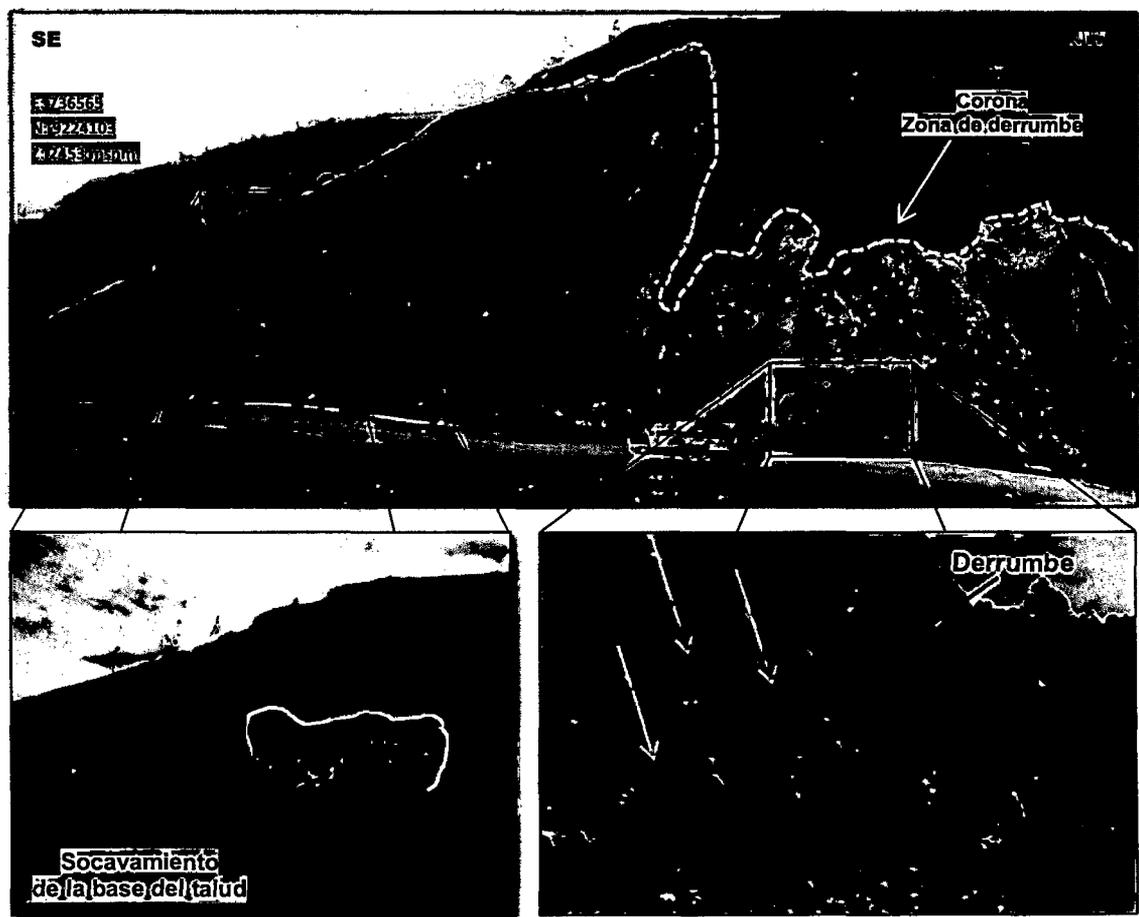


Figura 18 A) Derrumbe por acción antrópica ubicado entre las progresivas 25+420 y 25+560, carretera Sunudén - San Miguel. B) Socavamiento de la base del talud, para provocar el derrumbamiento de la parte superior del mismo. C) Derrumbamiento hacia la carretera, ocasionando constantes bloqueos que impiden el libre tránsito de vehículos y peatones.

5.1.3 Procesos geodinámicos por caída de rocas

Entre las progresivas 27+180 y 27+640

El talud está sufriendo procesos de caída de rocas (bloques de tobas dacíticas), esto debido al fracturamiento que presenta el macizo rocoso que conforma al talud, determinado por familias de discontinuidades que se encuentran conformando cuñas (Anexo II), que por acción de las fuerzas de gravedad caen hacia la carretera, representando así un constante peligro para los vehículos y personas que transitan por esta vía.

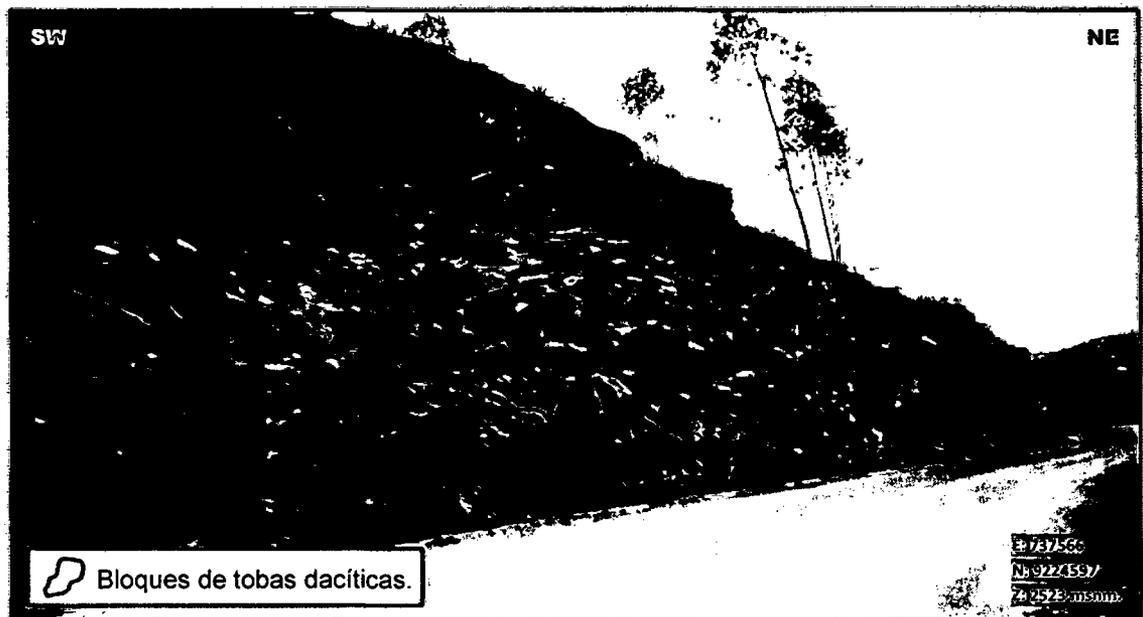


Figura 19 Tramo de caída de bloques de tobas dacíticas, ubicado entre las progresivas 27+180 y 27+640, carretera Sunudén - San Miguel.

5.1.4 Procesos geodinámicos por erosión de laderas

Entre las progresivas 26+490 y 26+700

La erosión fluvial ha generado surcos y cárcavas, que a medida que la erosión fluvial se intensifica, van ensanchándose lateralmente hasta llegar a unirse unas con otras, aumentando el peligro de que suceda un deslizamiento mayor, comprometiendo a las viviendas que se encuentran en esta zona. Estas condiciones dañan y obstaculizan la carretera Sunudén – San Miguel y pone en peligro a vehículos y personas que transitan a diario por esta vía, dado al desprendimiento de rocas y flujo de material detrítico que está sufriendo la ladera.

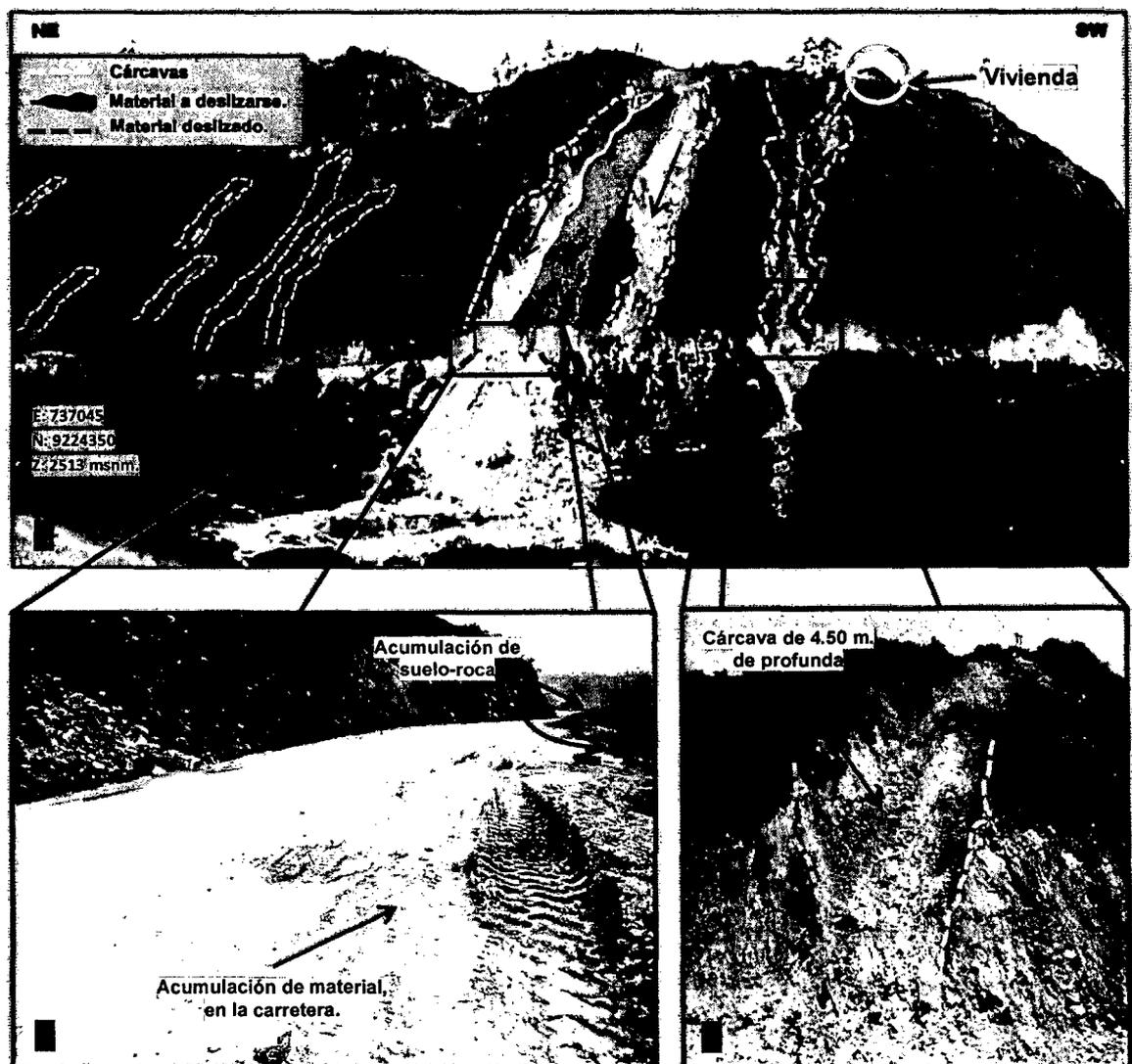


Figura 20 A) Erosión de laderas, que ha conllevado a la generación de surcos y cárcavas, ubicada entre las progresivas 26+490 y 26+700, carretera Sunudén – San Miguel. B) Material deslizado (suelo-roca, material detrítico) a través de los diferentes surcos y cárcavas, el cual daña y obstaculiza la carretera. C) Cárcava de 4.50 m. de profundidad.

5.2 SECTOR SAN MIGUEL – JANGALÁ

5.2.1 Procesos geodinámicos por deslizamiento

Cementerio San Juan – Qda. Desaguadera – La Quinta – Qda. La Secreta

En esta zona los terrenos de fundación están constituidos por suelos residuales limosos y areno-limosos de naturaleza volcánica, de consistencia poco compacta, poco plástica, de permeabilidad media a alta e inestables cuando están saturados en agua.

La actividad geodinámica que se está suscitando compromete a infraestructuras y viviendas de la Urbanización La Quinta, por lo que se llevó a cabo un estudio de mecánica de suelos para poder determinar el factor de seguridad del terreno mediante el software SLIDE.



Figura 21 Procesos geodinámicos por deslizamiento, zona comprendida entre Cementerio San Juan-La Quinta-Qda. La Secreta.

Evaluación geodinámica

✓ Cementerio San Juan

El interior del Cementerio San Juan presenta un deslizamiento rotacional el cual se encuentra en estado inactivo. Tiene un escarpe principal de 1.80 m. de altura, que ha generado que la pared hecha de tapial se desplace juntamente con el terreno y se fracture (Figura 22-B).

Este deslizamiento ha provocado el fracturamiento de los pabellones de nichos construidos con material noble, evidenciando así la magnitud de daño que puede ocasionar si no se toman las medidas preventivas del caso.



Figura 22 A) Escarpe principal al interior del cementerio San Juan. B) Fractura sufrida por la pared perimétrica del cementerio San Juan (segmento hecho de tapial).

La pared construida de tapial (Figura 23-A), material constituido por flujos piroclásticos y ceniza volcánica, ha tenido un comportamiento elástico, hasta llegar a la rotura; es por esto que el desplazamiento que este segmento ha sufrido es menor en comparación al desplazamiento que ha sufrido el segmento de pared construida con concreto (Figura 24-A).

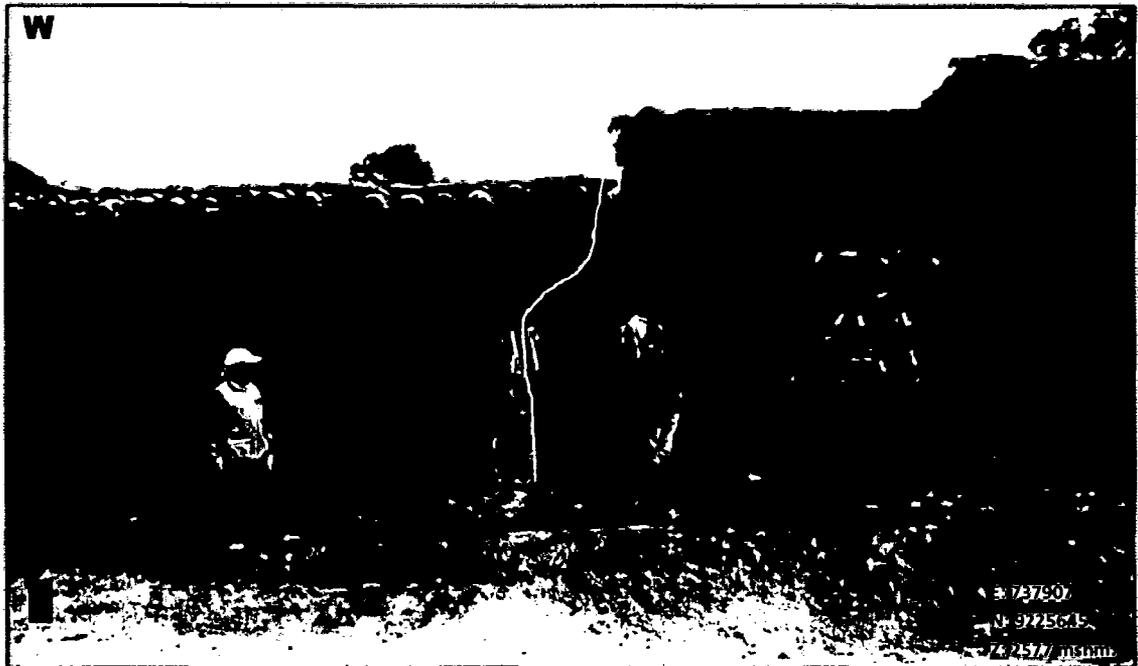


Figura 23 A) Fractura en la pared hecha de tapial, a causa del desplazamiento del terreno. B) Desplazamiento vertical de 13 cm. C) Desplazamiento longitudinal de 2 cm. D) Desplazamiento horizontal de 12 cm.

DESPLAZAMIENTO EN SEGMENTO DE PARED CONSTRUIDA DE TAPIAL

Figura B: Desplazamiento Horizontal (DH)	= 12 cm.
Figura C: Desplazamiento Vertical (DV)	= 13 cm.
Figura D: Desplazamiento Longitudinal (DL)	= 2 cm.

La pared construida de concreto (Figura 24-A), ha sido afectada por un deslizamiento rotacional, el cual está evidenciado por la presencia de escarpes principales y secundarios.

El concreto le ha conferido a la pared, un comportamiento más frágil, es por ello que el desplazamiento que ha sufrido (horizontal, vertical y longitudinalmente) es mayor en comparación al desplazamiento que ha sufrido el segmento de la pared construida de tapial.

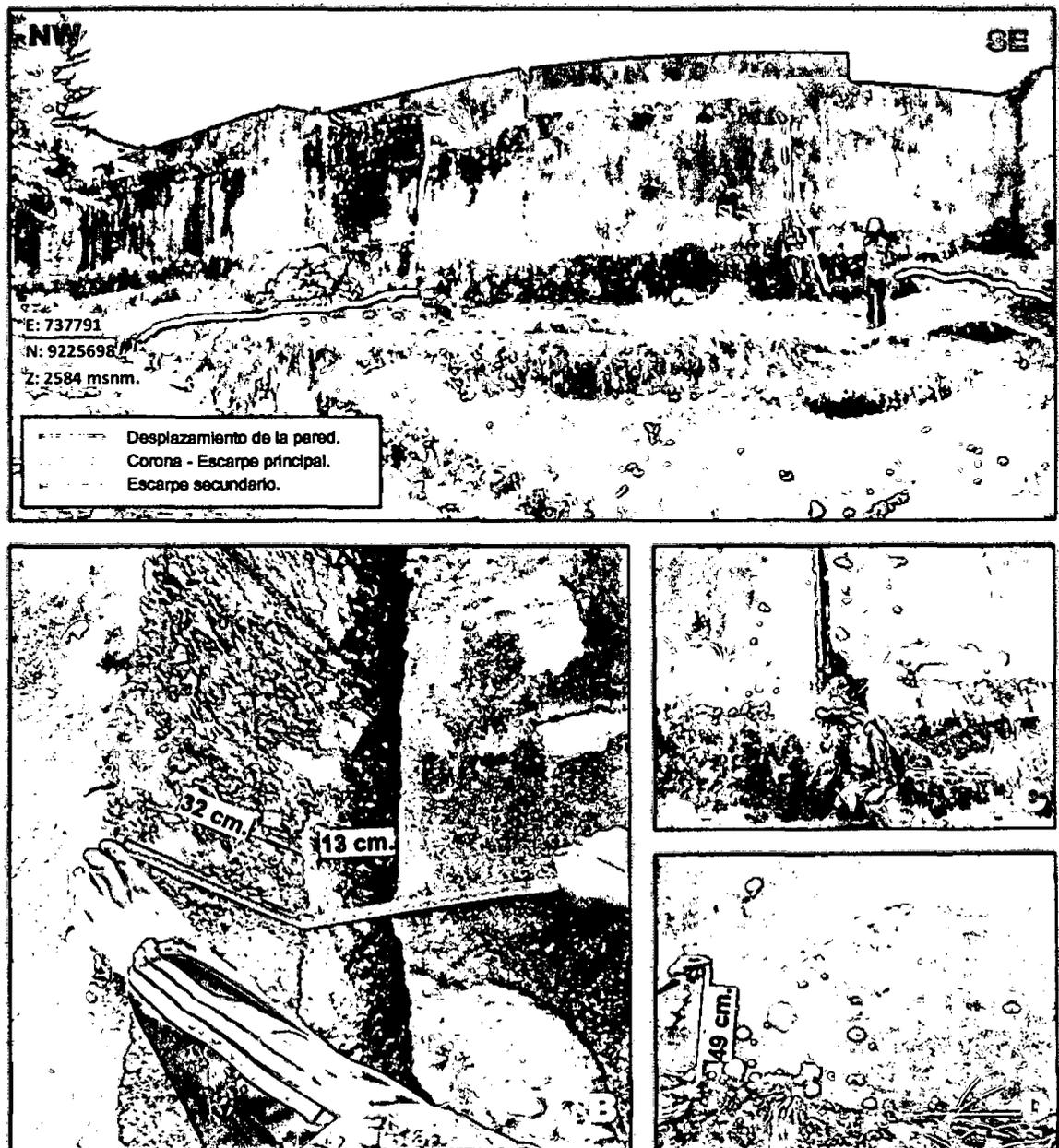


Figura 24 A) Fractura en la pared perimetral del cementerio San Juan (segmento hecho de concreto). B) Desplazamiento longitudinal 32 cm. y horizontal 13 cm. C) Proyección del zócalo de la pared para poder medir el hundimiento que ha sufrido el terreno. D) Hundimiento 49 cm.

✓ **Laderas de la Qda. Desaguadera**

Deslizamiento rotacional en estado activo (Figura 25), ubicado al margen izquierdo, aguas abajo de la quebrada Desaguadera, el cual presenta una corona de 60 metros de extensión, un escarpe principal de 1.85 m. de altura y escarpes secundarios de 1.60 m. de altura en promedio.

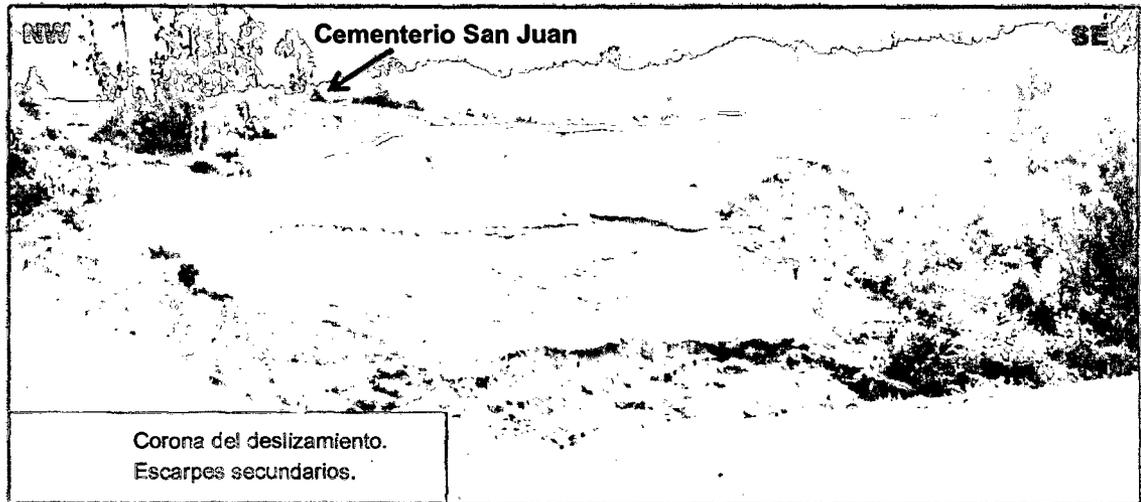


Figura 25 Escarpes generados por deslizamiento del terreno al exterior del cementerio San Juan.

También se pudo observar la infiltración de agua que se está produciendo, a causa de la permeabilidad que le confiere la litología presente (conformada por flujos piroclásticos, ceniza volcánica y fragmentos de tobas dacíticas). Este flujo se está dando en dirección de la línea de máxima pendiente.

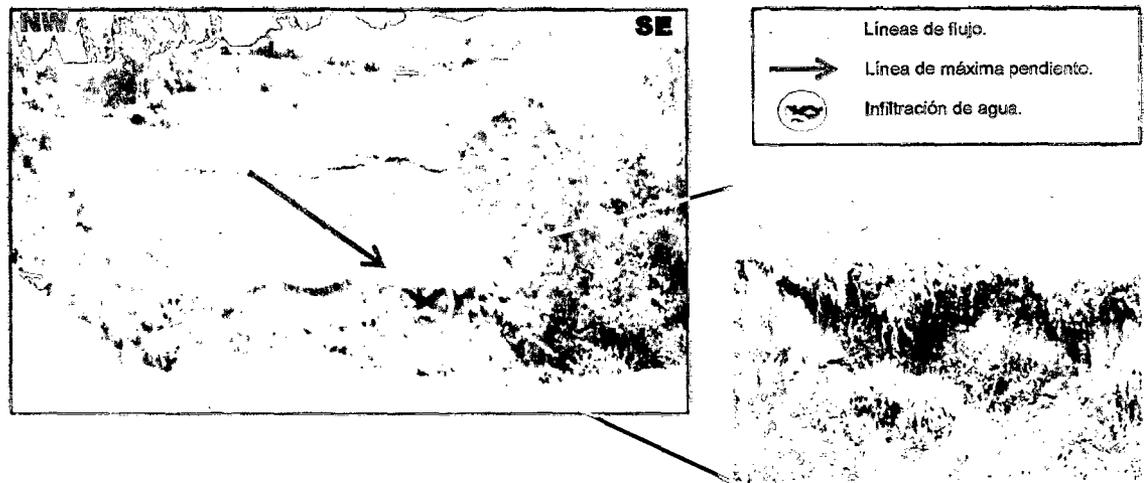


Figura 26 Infiltración de agua, en las laderas del margen izquierdo, aguas debajo de la quebrada Desaguadera.

✓ La Quinta

Deslizamiento rotacional en estado activo, ubicado al margen derecho, aguas abajo de la quebrada Desaguadera. Tiene una corona de 80 m. de extensión, un escarpe principal de 2.10 m. de altura, escarpes secundarios de 1.50 m. de altura en promedio. En la plataforma superior de este deslizamiento se ubican varias viviendas de la urbanización La Quinta, que se verían directamente afectadas, por las grietas de tracción que se generen por el desplazamiento del terreno.

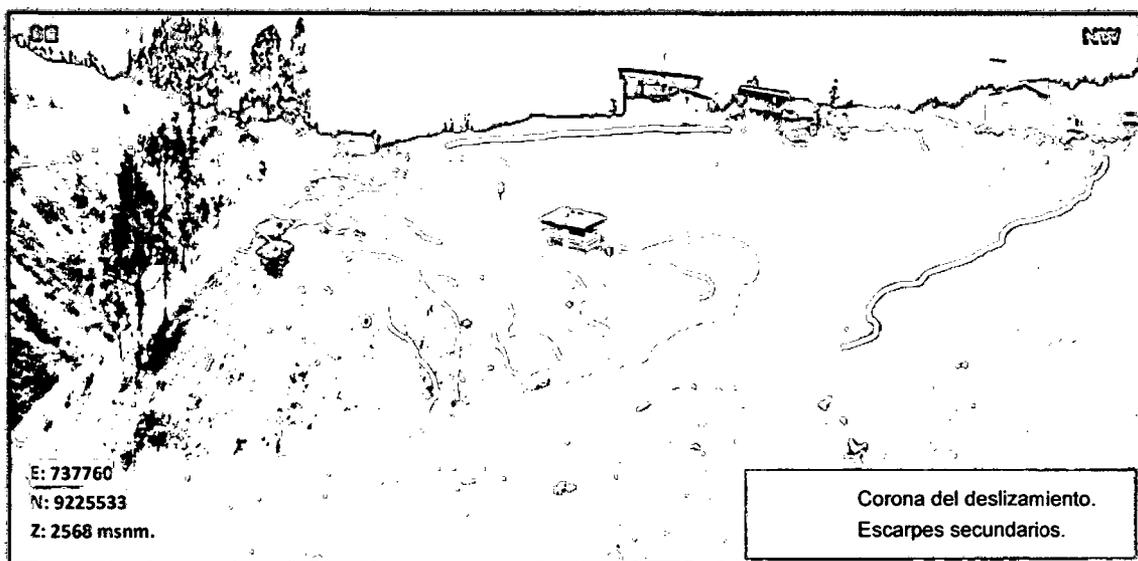


Figura 27 Deslizamiento rotacional activo, ubicado en las laderas de La Quinta.

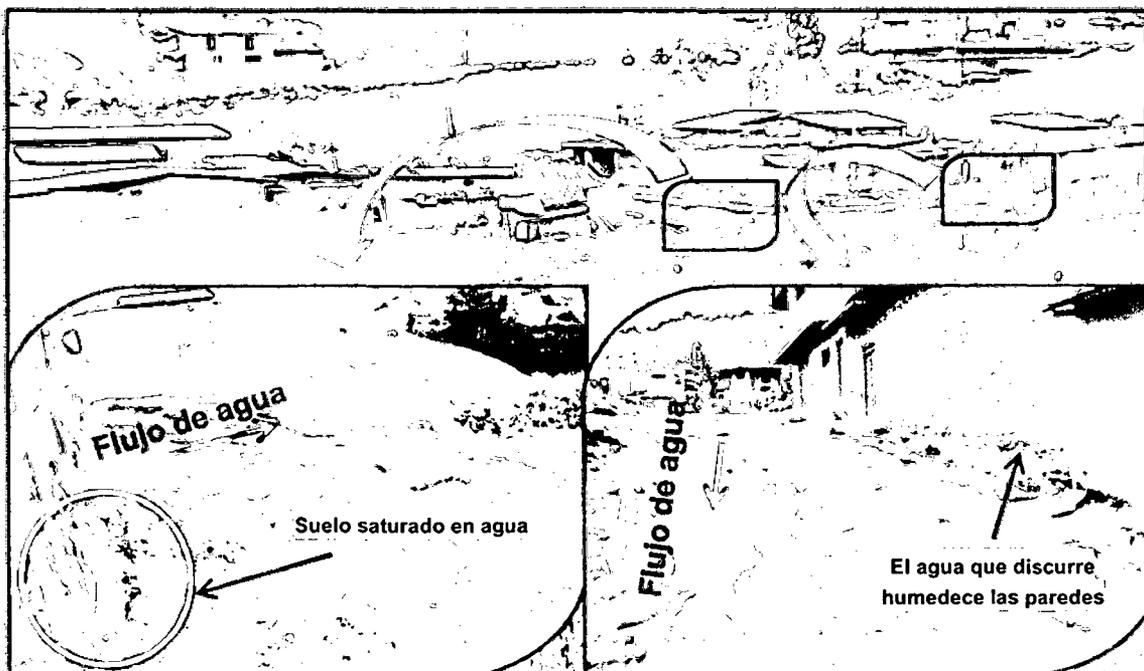


Figura 28 Saturación del suelo debido a inadecuado sistema de drenaje, en La Quinta.

✓ **Qda. La Secreta**

Las laderas de la quebrada La Secreta, presentan deslizamientos rotacionales activos, con escarpe principal de 0.90 m. de altura en promedio, escarpes secundarios de 0.30 m. de altura en promedio. Las viviendas cercanas a estos deslizamientos se verán afectadas por las grietas de tracción que se generen.

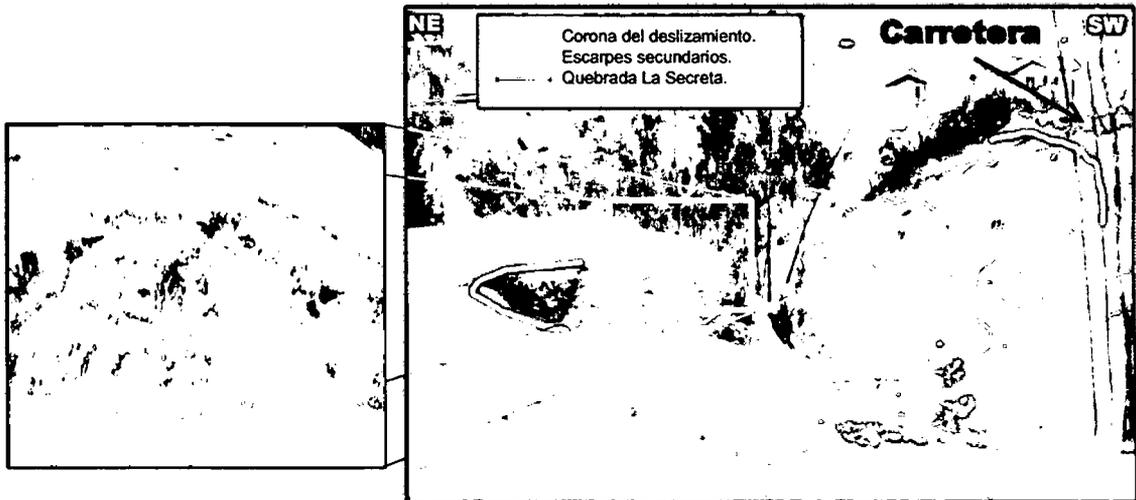


Figura 29 Deslizamientos generados en las riveras de la quebrada La Secreta.

Construcción de viviendas en el cauce de la quebrada La Secreta, que obstaculiza el normal flujo del agua y acortan el cauce de la misma.

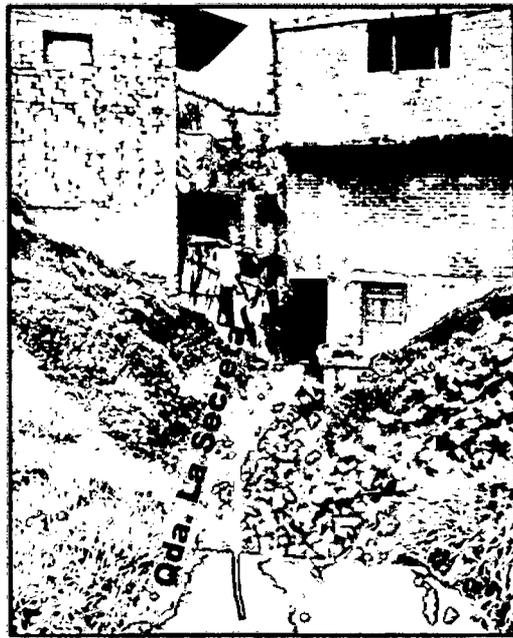


Figura 30 Construcción de viviendas en el cauce de la quebrada La Secreta.

Evaluación geotécnica

La evaluación geotécnica de la zona comprendida entre el Cementerio San Juan, La Quinta, Qda. Desaguadera y Qda. La Secreta, se llevó a cabo mediante el uso del software Slide. Para este análisis se tomó como base los resultados del estudio de mecánica de suelos (Anexo I).

Como esta zona presenta un suelo homogéneo, se hicieron 5 calicatas, de las cuales, para el análisis, se tomaron los resultados arrojados por las muestras representativas correspondientes a las calicatas C-1 y C2, muestras M-2 y M-1 respectivamente (Anexo I).

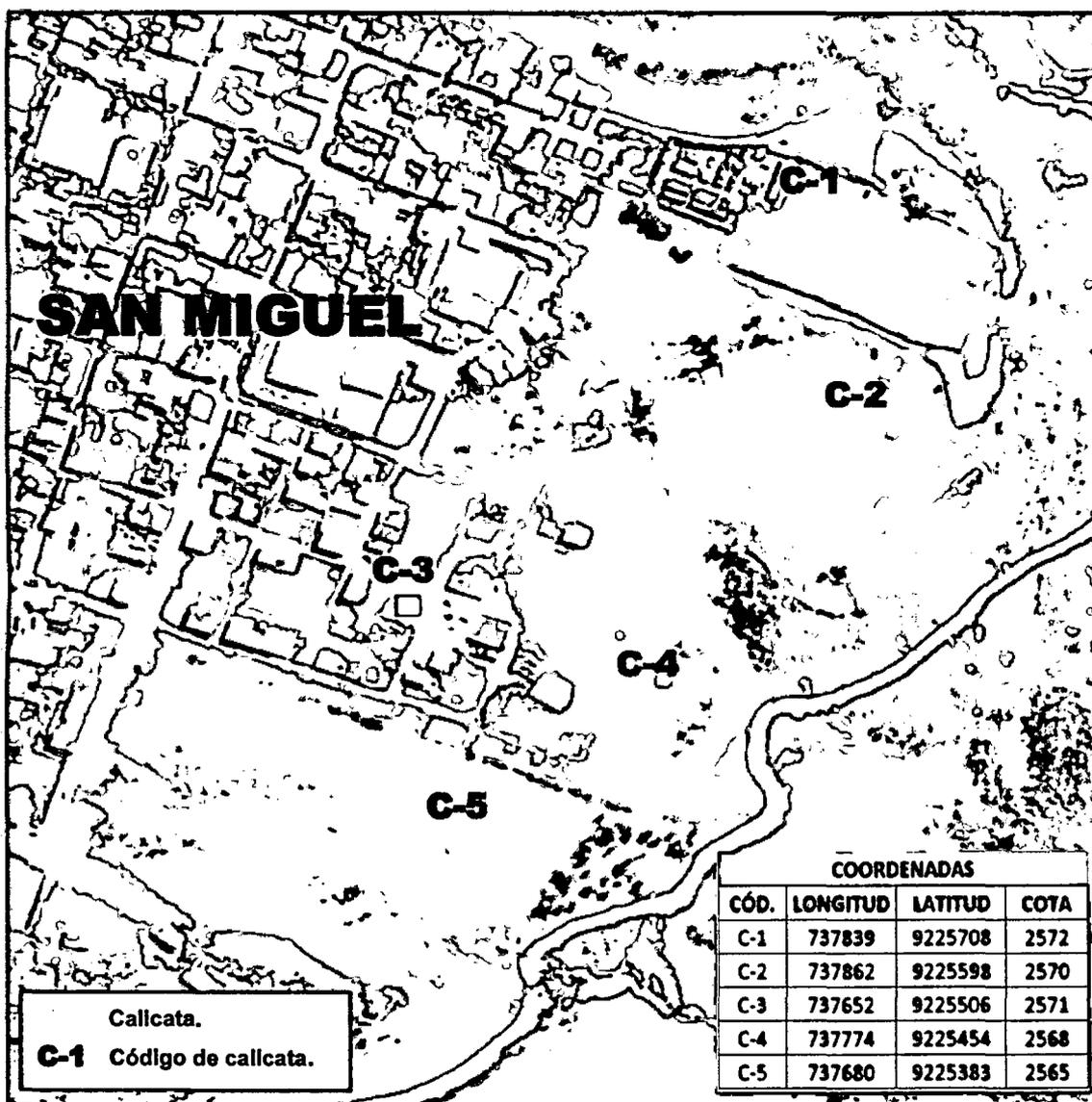


Figura 31 Ubicación de las calicatas realizadas entre Cementerio San Juan – La Quinta – Qda. La Secreta.

Los datos tomados en cuenta fueron los siguientes:

Tabla 3 Datos para análisis con software Slide.

PERFILES A-A' y B-B'	Cohesión	0.10 kg/cm ²
	Ángulo de fricción	19.5°
	Peso específico húmedo	1.76 gr/cm ³
	Tipo de material	Limo
PERFIL C-C'	Cohesión	0.03 kg/cm ²
	Ángulo de fricción	29.2°
	Peso específico húmedo	1.62 gr/cm ³
	Tipo de material	Arena-limosa

Se realizó tres perfiles para el análisis con el software Slide:

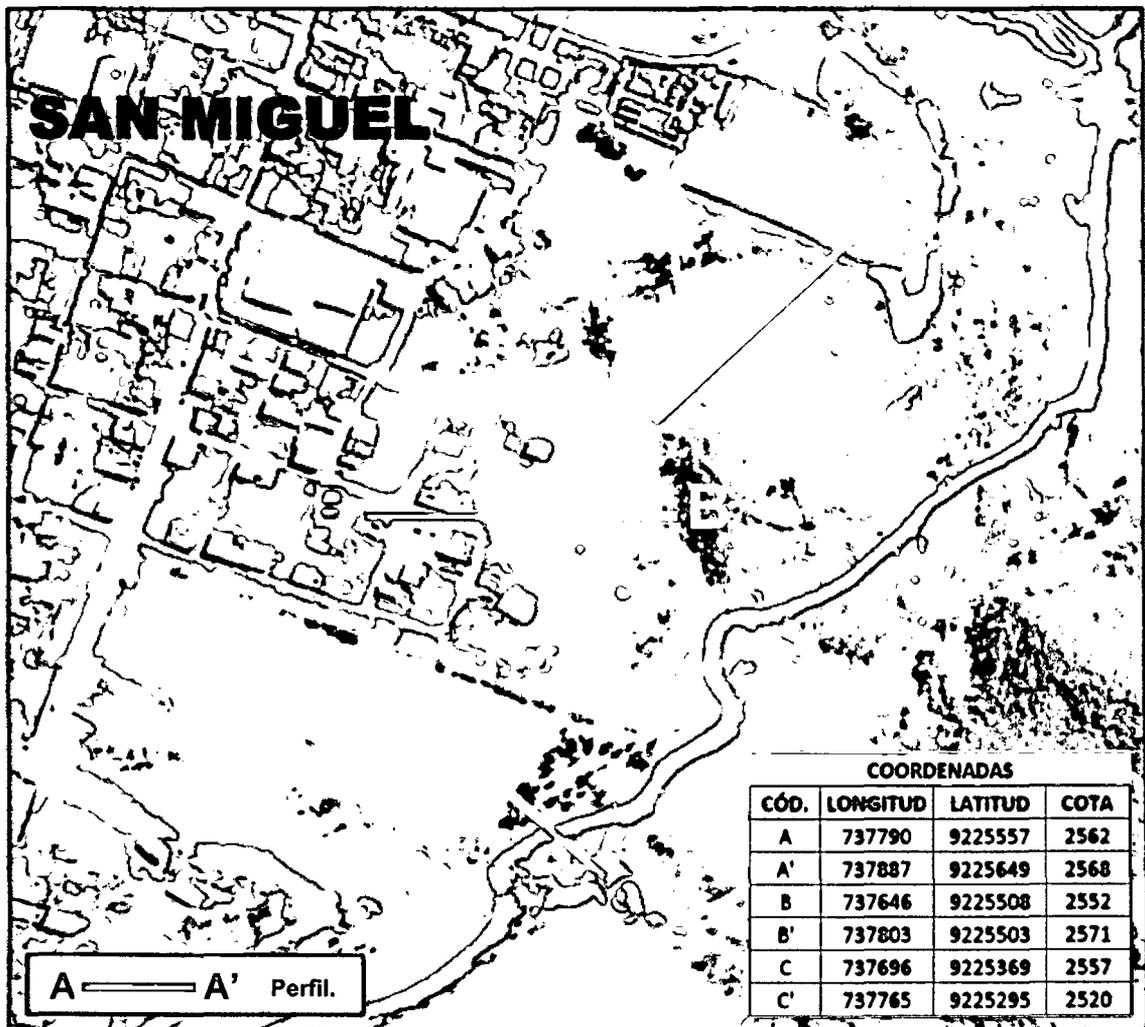


Figura 32 Ubicación de los perfiles realizados para el análisis con el software Slide.

PERFIL A – A': TENSIONES EFECTIVAS

➤ Método de Bishop Simplificado.- Arroja un Factor de Seguridad (FS) de 2.446.

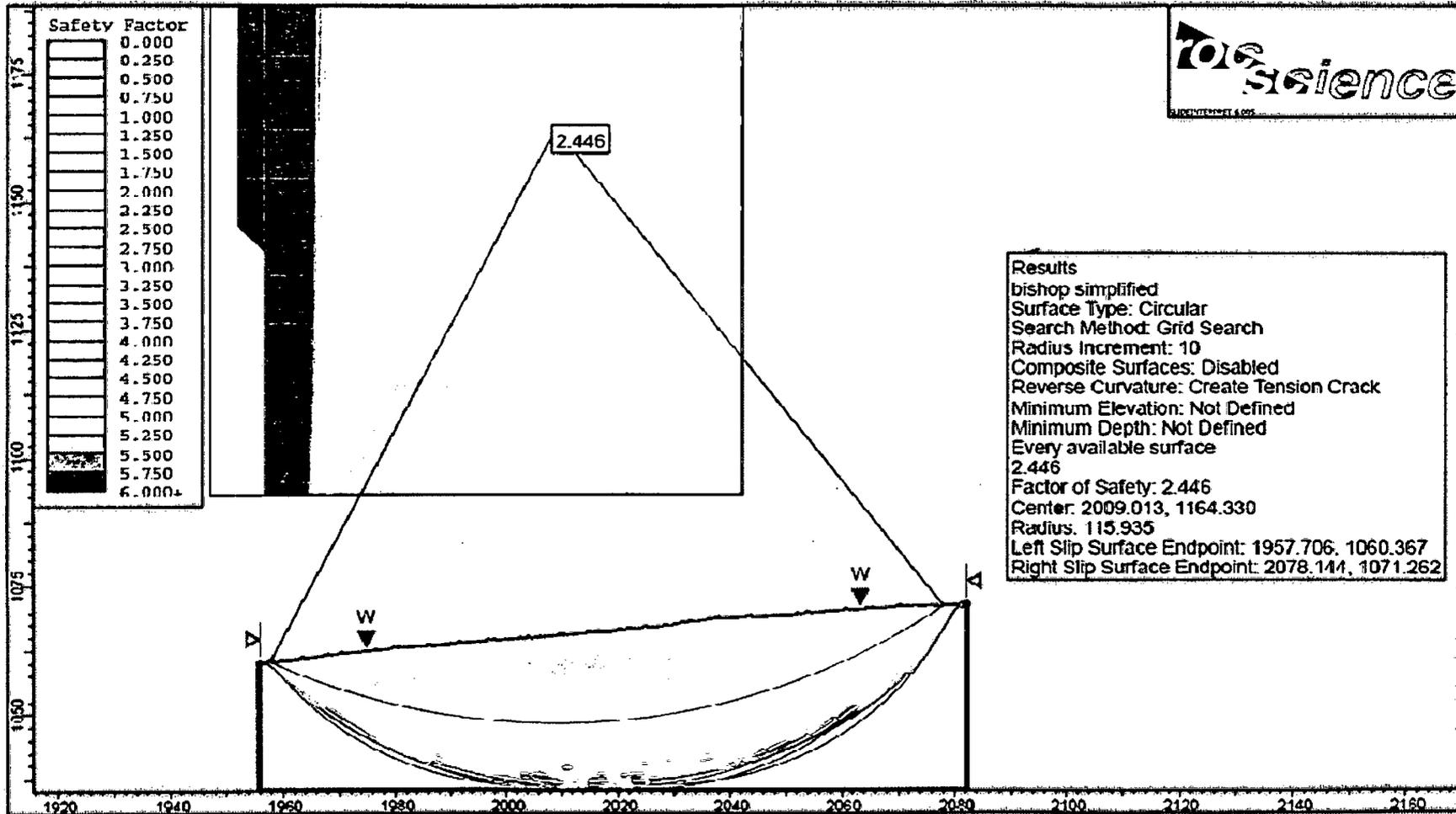


Figura 33 Perfil A-A', el Método de Bishop Simplificado arroja un FS = 2.446, en condiciones de Tensiones Efectivas.

PERFIL A - A': TENSIONES EFECTIVAS + SISMICIDAD

➤ Método de Bishop Simplificado.- Arroja un Factor de Seguridad (FS) de 0.687.

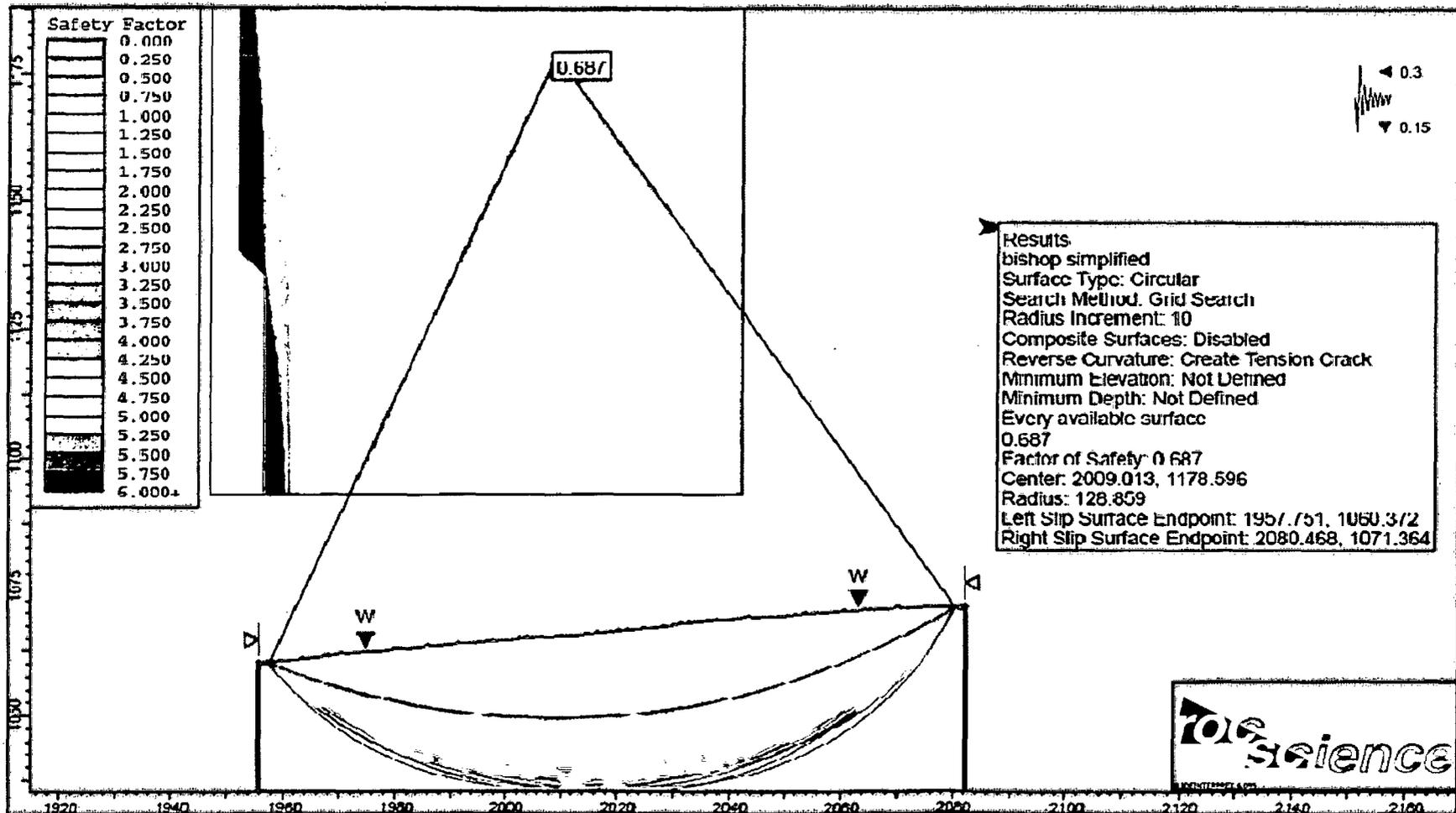


Figura 34 Perfil A-A', el Método de Bishop Simplificado arroja un FS = 0.687, en condiciones de Tensiones Efectivas + Sismicidad.

PERFIL B - B': TENSIONES EFECTIVAS

➤ Método de Bishop Simplificado.- Arroja un Factor de Seguridad (FS) de 1.658.

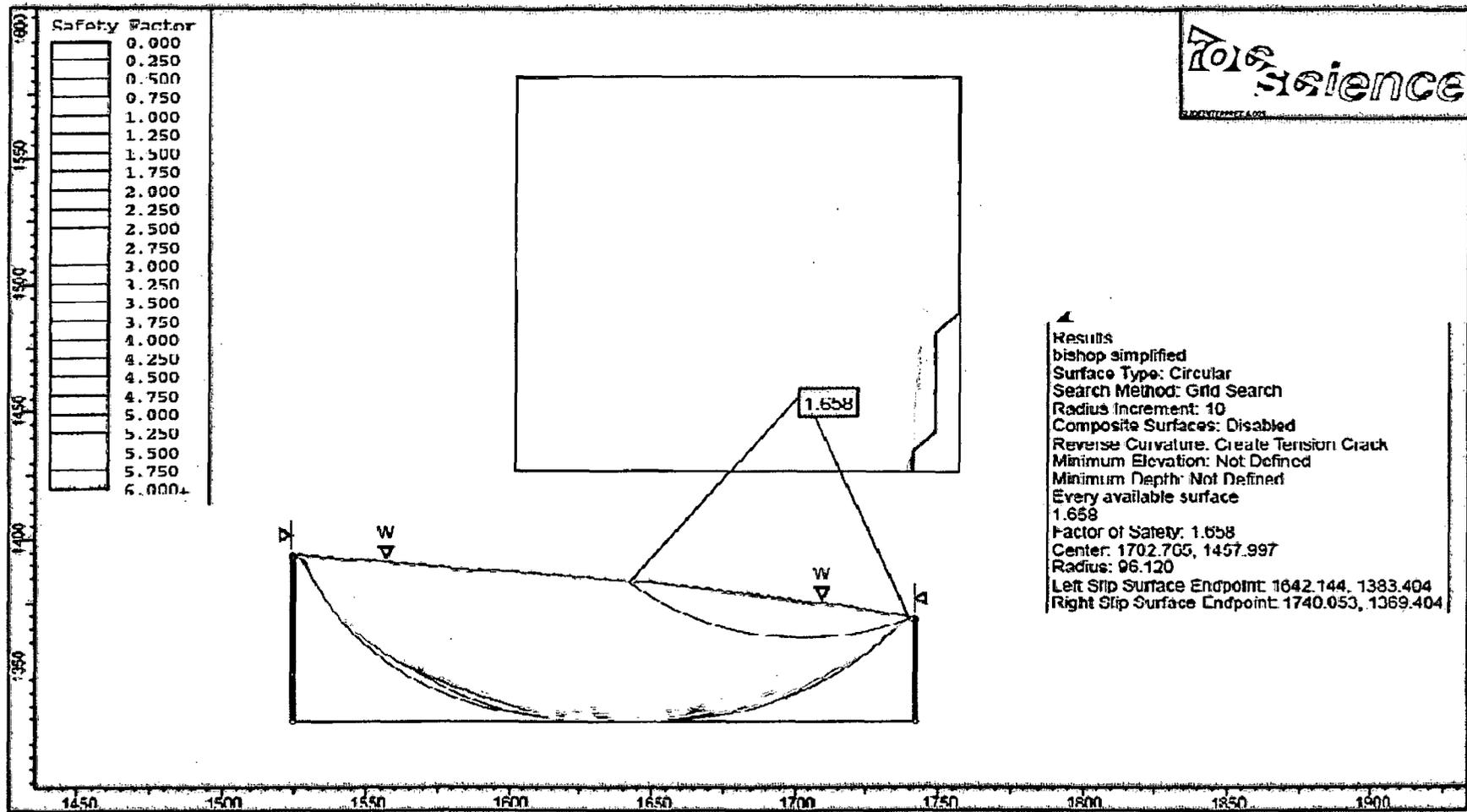


Figura 35 Perfil B-B', el Método de Bishop Simplificado arroja un FS = 1.658, en condiciones de Tensiones Efectivas.

PERFIL B – B': TENSIONES EFECTIVAS + SISMICIDAD

➤ **Método de Bishop Simplificado.- Arroja un Factor de Seguridad (FS) de 0.589.**

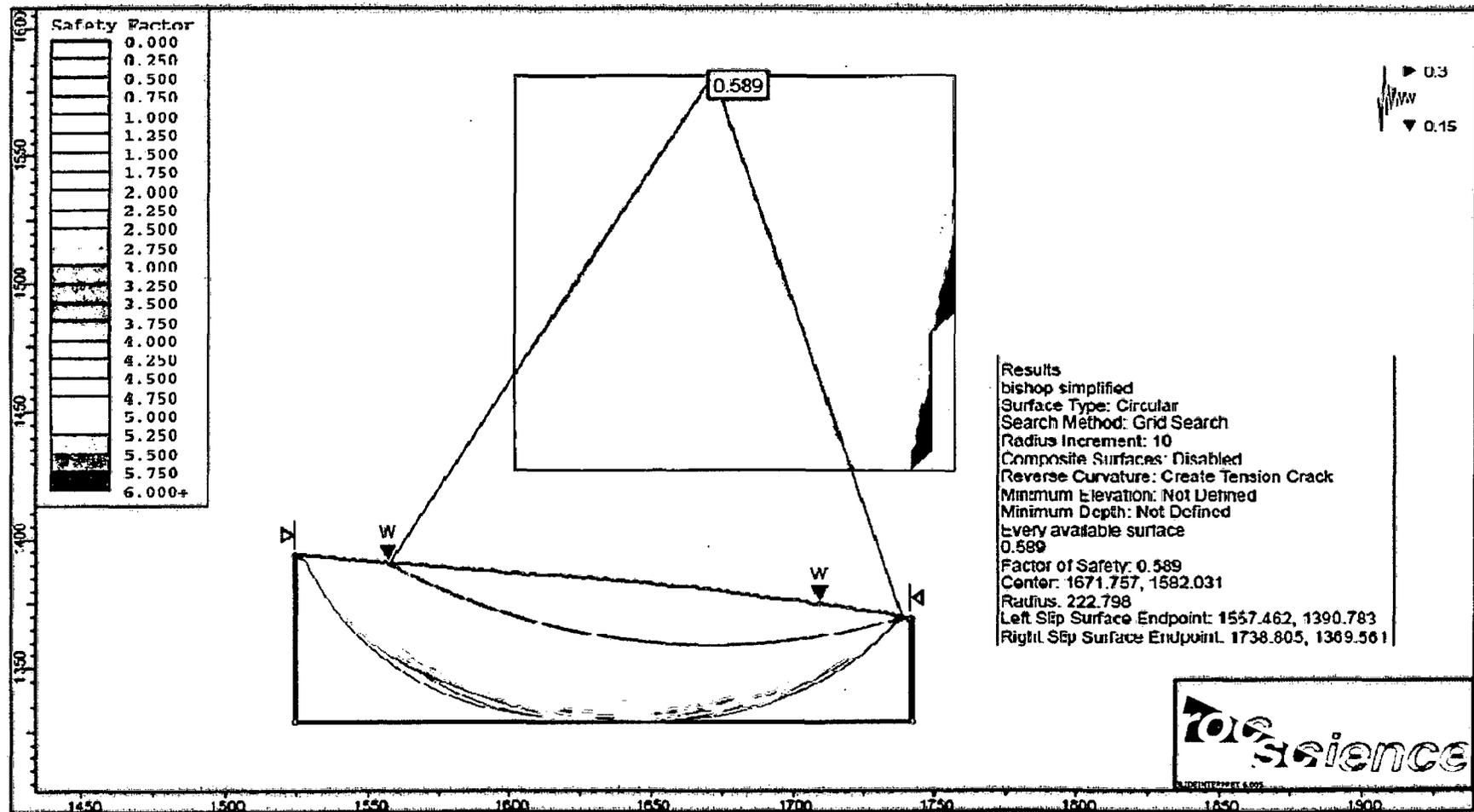


Figura 36 Perfil B-B', el Método de Bishop Simplificado arroja un FS = 0.589, en condiciones de Tensiones Efectivas + Sismicidad.

PERFIL C – C': TENSIONES EFECTIVAS

➤ **Método de Bishop Simplificado.- Arroja un Factor de Seguridad (FS) de 0.527.**

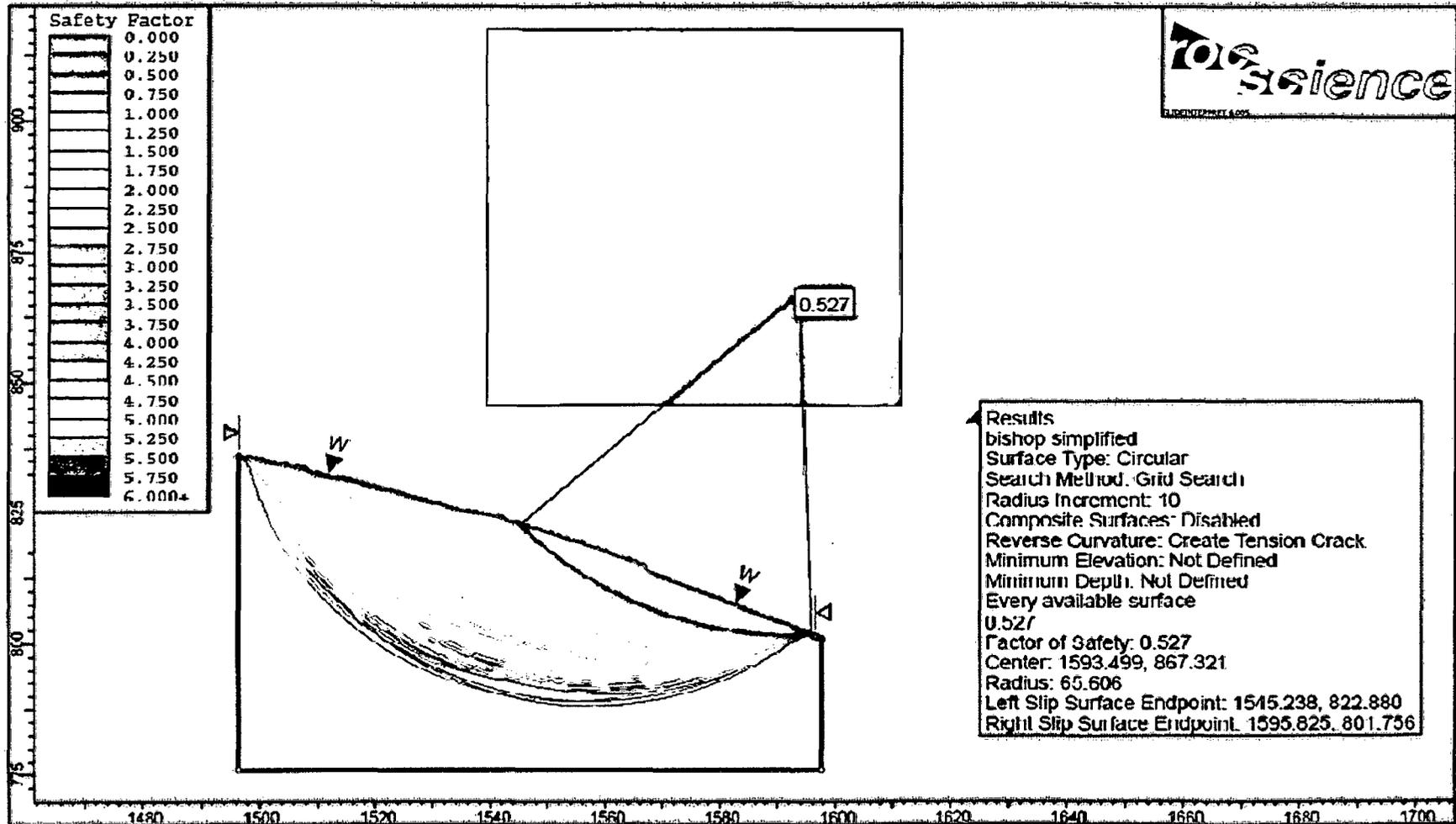


Figura 37 Perfil C-C', el Método de Bishop Simplificado arroja un FS = 0.527, en condiciones de Tensiones Efectivas.

PERFIL C - C': TENSIONES EFECTIVAS + SISMICIDAD

➤ Método de Bishop Simplificado.- Arroja un Factor de Seguridad (FS) de 0.365.

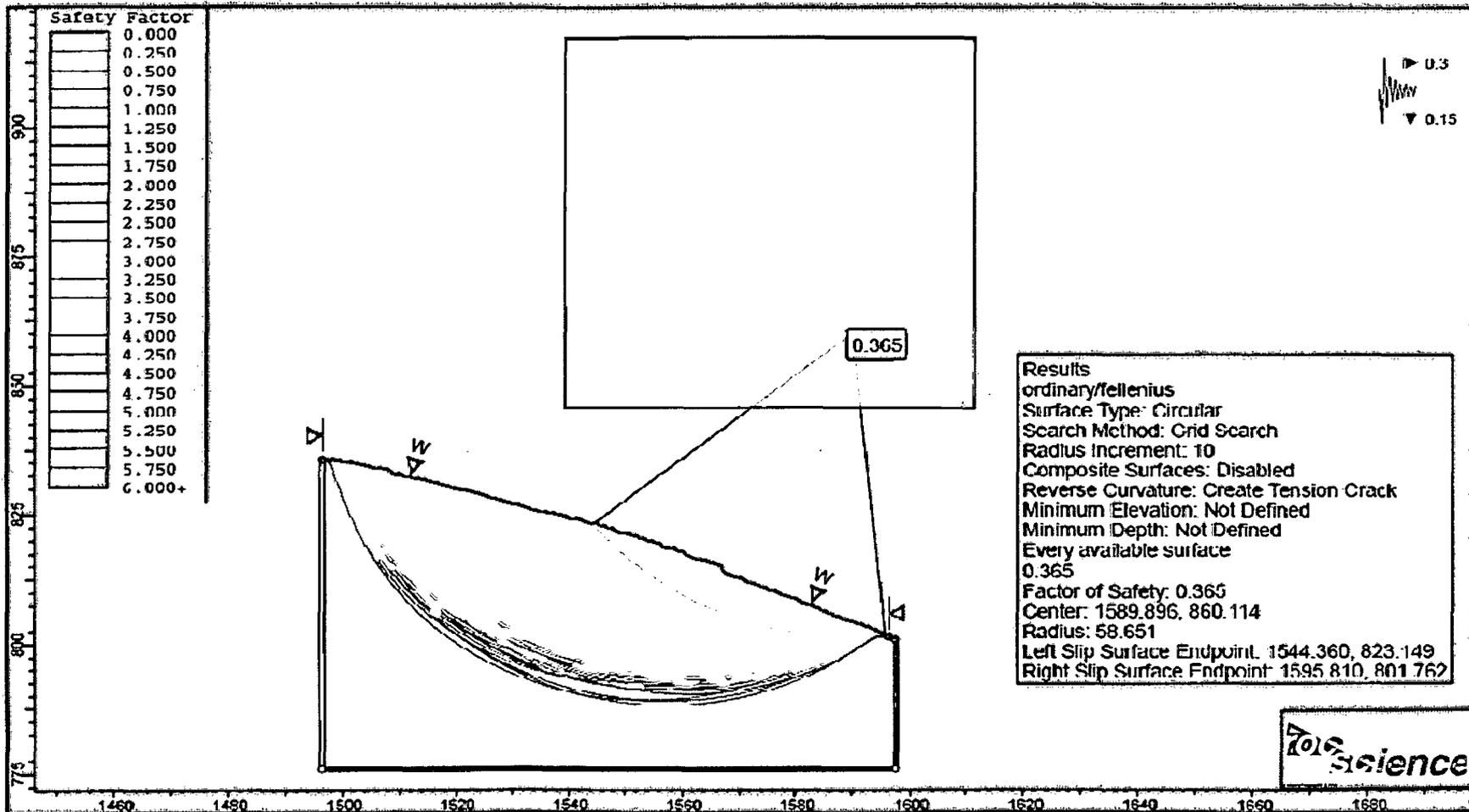


Figura 38 Perfil C-C', el Método de Bishop Simplificado arroja un FS = 0.365, en condiciones de Tensiones Efectivas + Sismicidad.

CARRETERA SAN MIGUEL – JANGALÁ

Chulis

Las laderas ubicadas presentan dos deslizamientos rotacionales, los cuales se encuentran en estado activo.

En este sector se construyeron grandes pozas que iban a servir de pozas de oxidación para las aguas servidas de la ciudad de San Miguel. Según refieren los pobladores de la zona, este proyecto se canceló, debido a que no había la distancia apropiada entre, las que iban a ser las pozas de oxidación de aguas servidas, con la ciudad de San Miguel.

Estas pozas han constituido grandes lagunas antrópicas, en las cuales se acumula agua producto de las precipitaciones y escorrentía superficial. Es así que debido a la litología que presenta la zona (piroclásticos dacíticos y tobas dacíticas), el agua que se acumula, una parte se evapora y la mayor parte se infiltra, provocando el deslizamiento del terreno. El relieve del terreno ha conformado dos líneas de máxima pendiente, las cuales están determinando la dirección que sigue la masa de suelo-roca que se está deslizando.

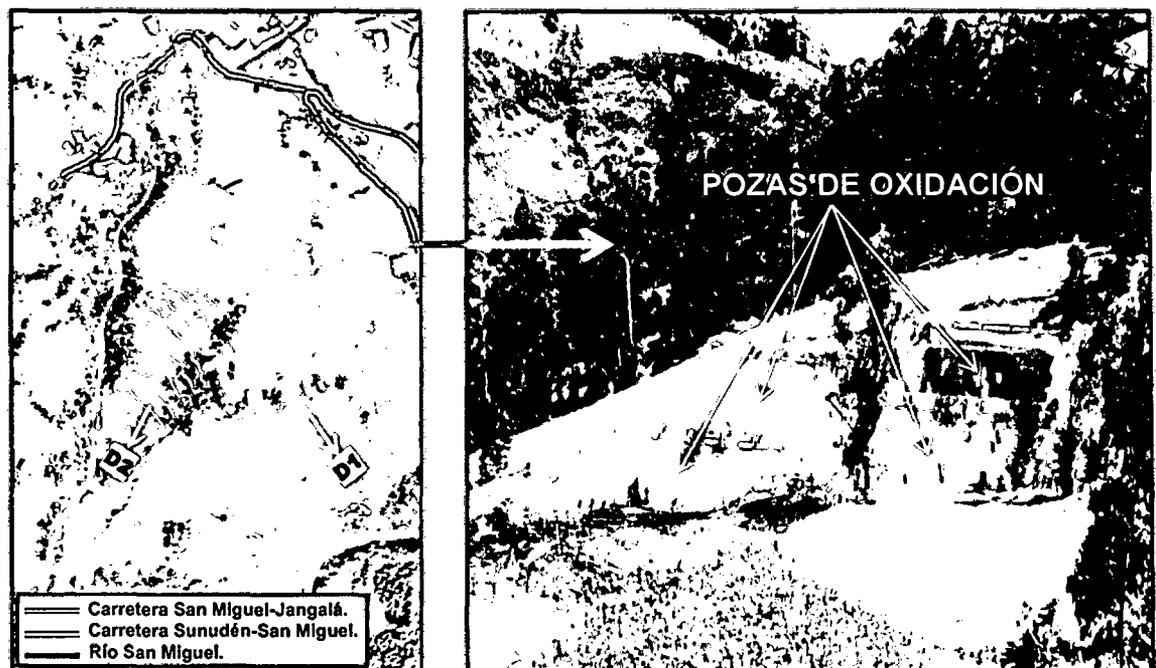


Figura 39 Deslizamiento traslacional, ubicado en las laderas al Este de la intersección de las carreteras Sunudén – San Miguel y San Miguel – Jangalá.

La infiltración satura el suelo dando lugar a que por efectos de la fuerza de gravedad, aumento del peso unitario del material saturado en agua y la topografía del terreno, este se deslice. Se pudo observar como la masa que conforma a este deslizamiento rotacional, se ha deformado dando lugar a un flujo.



Figura 40 Infiltración de agua acumulada en lagunas antrópicas, al Este de la intersección entre las carreteras Sunudén – San Miguel y San Miguel – Jangalá.

Otro factor que acelera y favorece el deslizamiento del terreno, es el sobrepastoreo que se practica en la zona, ya que facilita a que el terreno se sature en agua, se erosione fácilmente y finalmente se deslice ladera abajo.

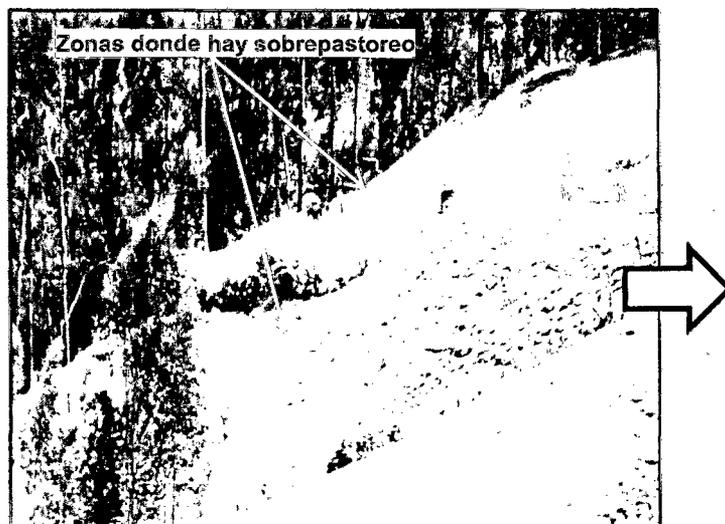


Figura 41 Sobrepastoreo evidenciado en las laderas ubicadas al Este de la intersección entre las carreteras Sunudén – San Miguel y San Miguel – Jangalá.

Entre las progresivas 12+320 y 12+350

El talud está sufriendo un deslizamiento rotacional, el cual se encuentra en estado activo, puesto que sobre su corona se están creando grietas de tracción, las cuales comprometen a terrenos de cultivo.

La litología está conformada por piroclásticos dacíticos y tobas dacíticas.



Figura 42 Deslizamiento rotacional activo. Ubicado entre las progresivas 12+320 y 12+350, carretera San Miguel – Jangalá.

Presenta una corona de 20 m. de extensión, el escarpe principal mide 1.10 m. de altura y el ángulo del talud es 48° . Tiene una dirección de desplazamiento $N169^\circ$.

Entre las progresivas 11+220 y 11+260:

El talud está sufriendo un deslizamiento rotacional, el cual se encuentra en estado inactivo; sin embargo debido a las condiciones climáticas que presenta la zona, este puede llegar a reactivarse, obstaculizando así la carretera y representando un peligro inminente para los vehículos y personas que transitan por esta vía.

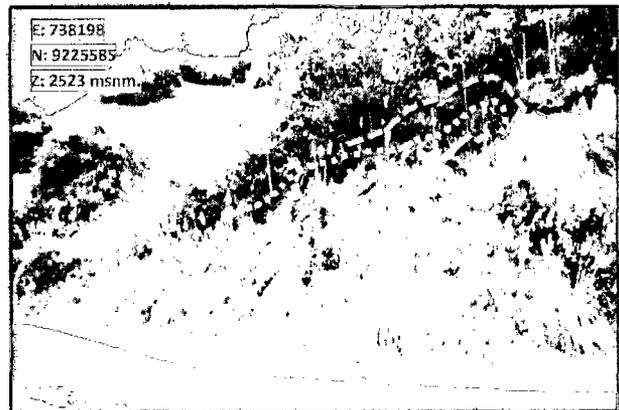


Figura 43 Deslizamiento rotacional en estado inactivo. Ubicado entre las progresivas 11+220 y 11+240, carretera San Miguel – Jangalá.

La litología que presenta este deslizamiento está conformada piroclásticos dacíticos y fragmentos de tobas dacíticas.

Presenta una corona de 15 m. de extensión, el escarpe principal mide 0.90 m. de altura y el ángulo del talud es 36° . Este deslizamiento tiene una dirección de desplazamiento $N243^\circ$.

Qda. Tayamayo

Se ubica la quebrada Tayamayo, la cual presenta laderas muy inestables a causa de la infiltración y erosión fluvial que provoca su caudal.

A lo largo de esta quebrada y hacia sus flancos hay presencia de bofedales por la saturación en agua que sufre el terreno, esto ha conllevado a la generación de diversos escarpes que en algunos sectores han constituido deslizamientos de gran magnitud.

Esta zona presenta dos sectores con mayor influencia de deslizamientos, por lo que se la ha sectorizado, para su mejor estudio y análisis, en Qda. Tayamayo Sector Nor-Este y Qda. Tayamayo Sector Sur-Oeste.

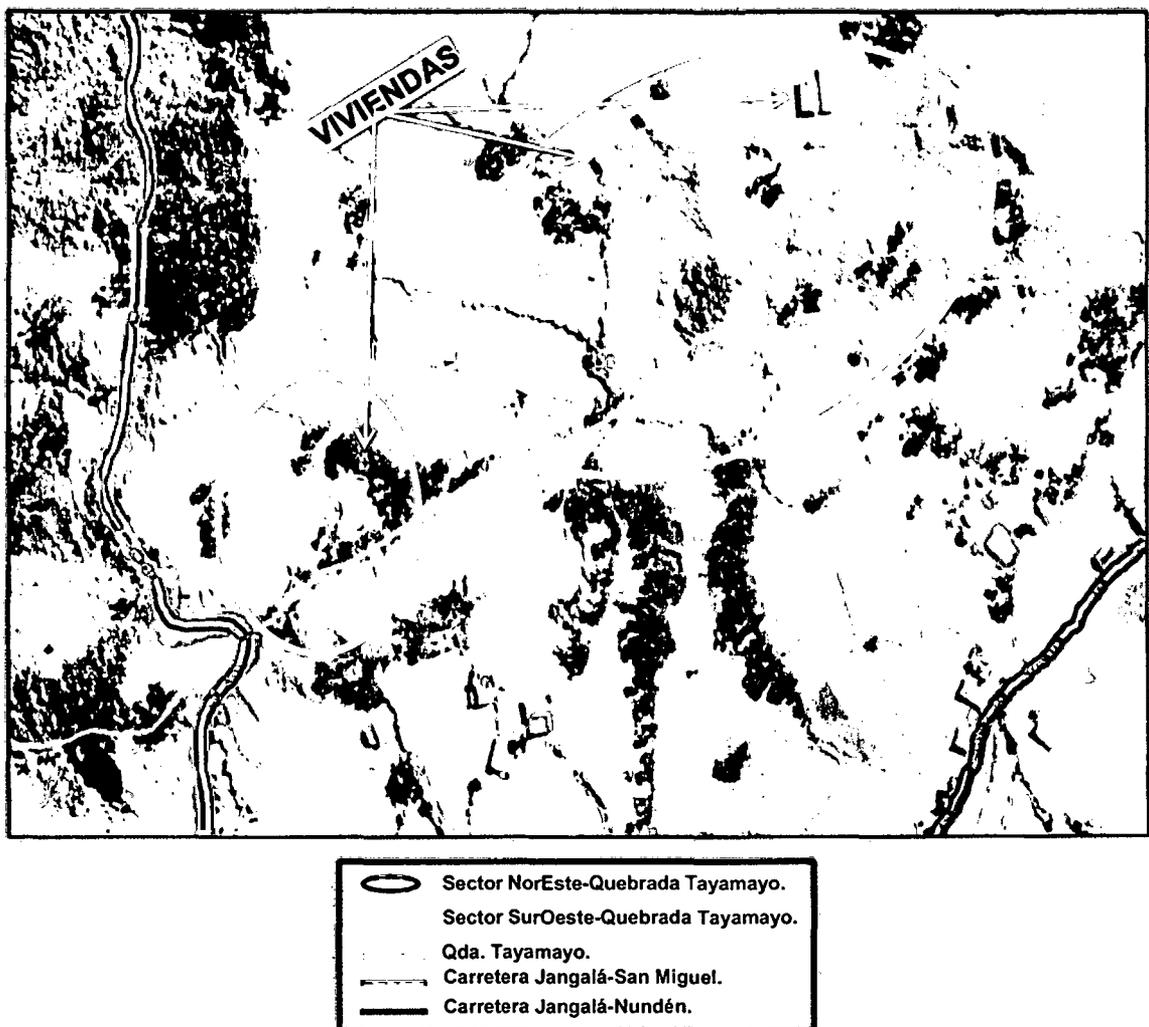


Figura 44 Deslizamientos generados en las riveras de la quebrada Tayamayo, ubicada a la altura de la progresiva 10+350, carretera San Miguel-Jangalá.

A) Qda. Tayamayo – Sector NorEste

La litología en este sector está conformada por piroclásticos dacíticos y tobas dacíticas muy intemperizadas y fracturadas. Esta litología le confiere al terreno un comportamiento muy permeable que sumado a las fuertes y constantes precipitaciones, en tiempo de invierno (principalmente meses de marzo-abril), conllevan a que el terreno se sature en agua, desestabilizándolo y produciéndose finalmente deslizamientos a lo largo de la rivera de la quebrada.

Se determinaron dos (02) deslizamientos rotacionales en estado activo y una zona bastante inestable con presencia de diversos escarpes secundarios. Los pobladores de la zona hacen referencia a que estas fracturas en el terreno se originaron a partir del Fenómeno "El Niño" del año 1998.

En la plataforma superior, con respecto al deslizamiento "1" y "2" (Figura 45), se encuentran dos viviendas construidas de adobe, las que según nos refieren sus habitantes tienen aproximadamente 30 a 40 años de construidas. Los habitantes de estas viviendas hacen un total de 8 personas.

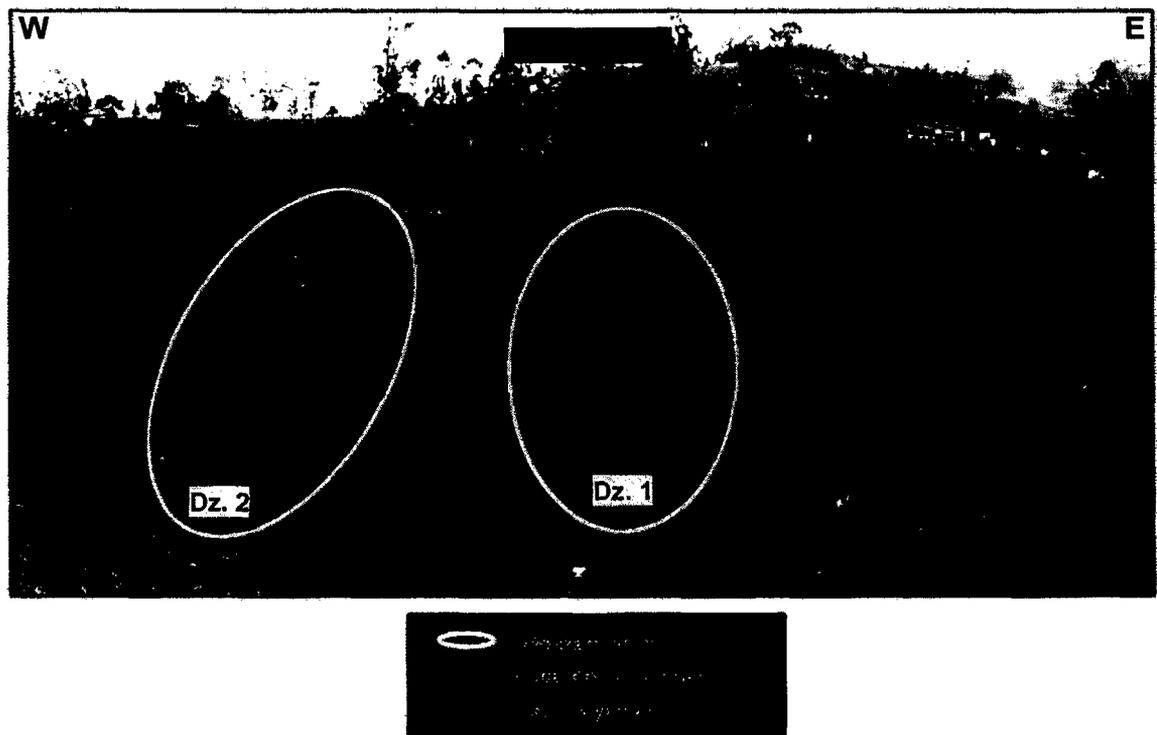


Figura 45 Deslizamientos generados en las riveras, margen derecho aguas abajo, de la quebrada Tayamayo-Sector NorEste

Deslizamiento 1

Este deslizamiento rotacional se encuentra en estado activo. La litología está compuesta por piroclásticos dacíticos y fragmentos de tobas dacíticas.

En la parte superior, con respecto a este deslizamiento, se encuentran ubicadas dos viviendas, además de extensos terrenos de cultivo que también se ven directamente afectados por este deslizamiento. Otro factor que está generando el deslizamiento, es el sobrepastoreo, ya que se está empobreciendo a la regolita (capa superficial con contenido de materia orgánica) favoreciendo a la infiltración de agua, dando paso a su saturación y posterior deslizamiento.

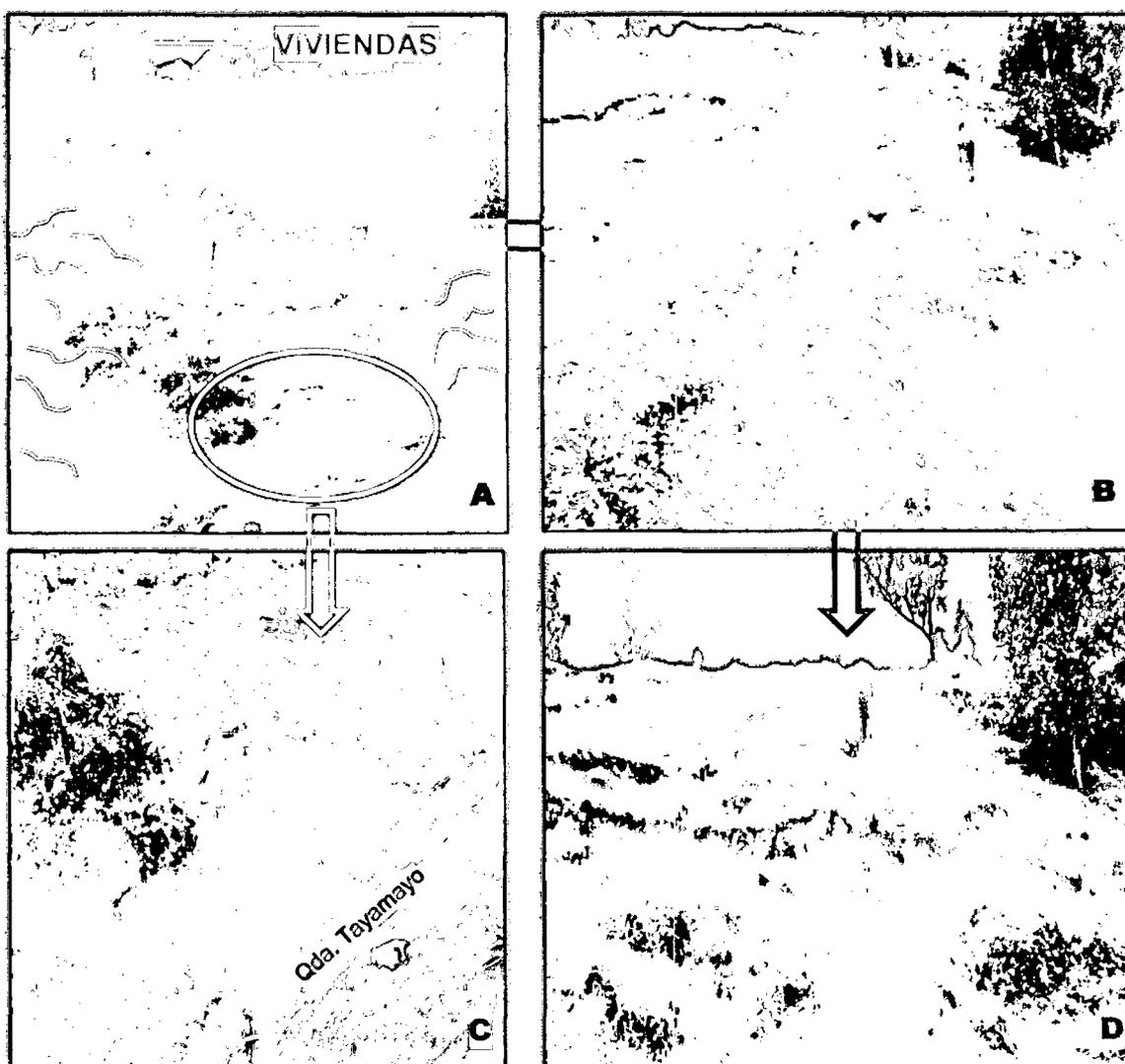


Figura 46 A) Viviendas ubicadas en la plataforma superior de deslizamientos, en la quebrada Tayamayo Sector-NorEste. B) Deslizamiento rotacional activo. C) Erosión fluvial causada por el caudal de la quebrada Tayamayo. D) Escarpes secundarios activos.

Deslizamiento 2

Este deslizamiento rotacional se encuentra en estado activo. La litología está compuesta por piroclásticos dacíticos y fragmentos de tobas dacíticas.

En la plataforma superior de este deslizamiento se encuentran dos viviendas y extensos terrenos de cultivo que se ven directamente afectados por éste. Las fracturas de tracción, en este deslizamiento, alcanzan hasta los 30 cm. de abertura. Estas condiciones aceleran el proceso de circulación del agua en el subsuelo y por ende la erosión fluvial, lo que finalmente conlleva al colapso del terreno produciéndose los deslizamientos.

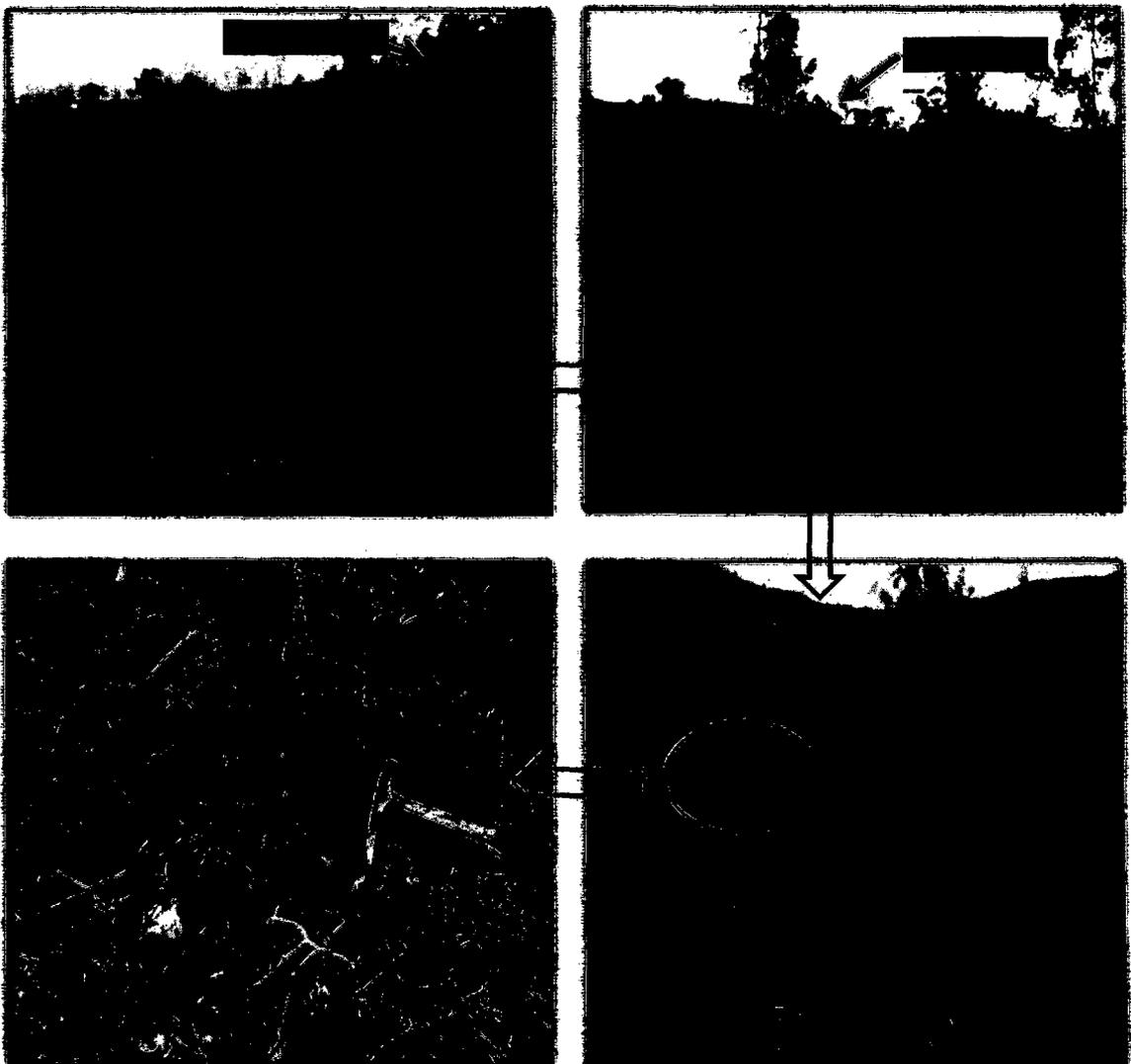


Figura 47 A) Deslizamiento, escarpes secundarios y viviendas ubicadas en la plataforma superior, quebrada Tayamayo Sector-NorEste. B) Desplazamiento del terreno hacia el cauce de la quebrada Tayamayo. C) Grietas de tracción generadas por el deslizamiento. D) Escarpes secundarios.

B) Qda. Tayamayo – Sector SurOeste

Se identificó un (01) deslizamiento rotacional, el cual se encuentra en estado inactivo. Este deslizamiento se encuentra muy cercano a una vivienda construida de adobe. Dadas las condiciones climáticas de la zona, la litología y la topografía del terreno, este deslizamiento puede reactivarse, llegando a afectar directamente a la vivienda antes mencionada, a los terrenos de cultivo que se encuentran alrededor del mismo y a la carretera San Miguel – Jangalá.

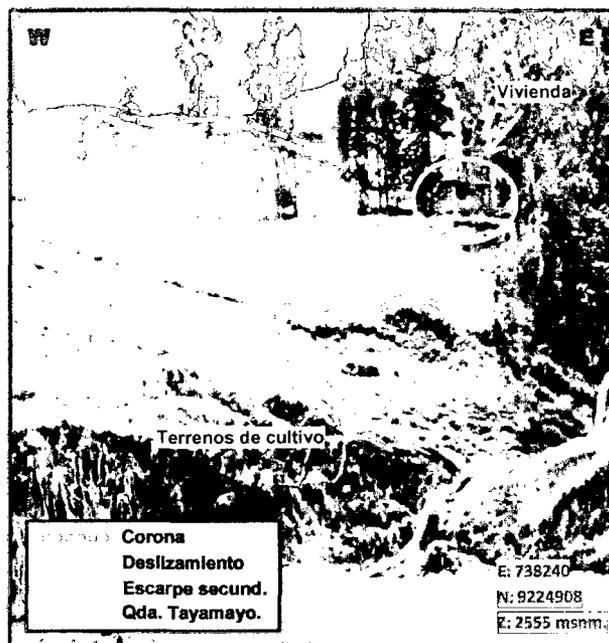


Figura 48 Deslizamiento rotacional, en estado inactivo. Ubicado al margen derecho, aguas abajo, de la quebrada Tayamayo – Sector SurOeste.

Este deslizamiento tiene una dirección de desplazamiento N196°.

La litología presente está conformada por piroclásticos dacíticos y fragmentos de tobas dacíticas, constituyendo una matriz soportada. Esta litología ha favorecido la infiltración del agua producto de las precipitaciones saturando e incrementando la presión intersticial del material, lo que ha conllevado a que por efectos del aumento del peso unitario del material saturado en agua, la gravedad y la topografía del terreno, este se deslice.

En este deslizamiento se realizaron las siguientes mediciones:

- Longitud de la maza desplazada = 65.00 m.
- Pendiente de la ladera (α) = 24°
- Pendiente del talud = 33°
- Escarpe principal (en la corona) = 2.80 m. de altura.
- Escarpe en el flanco derecho = 1.80 m. de altura.
- Escarpe en el flanco izquierdo = 0.80 m. de altura.

Entre las progresivas 10+320 y 10+340

El talud está sufriendo un deslizamiento rotacional, que actualmente se encuentra en estado inactivo, sin embargo dadas las condiciones climáticas (fuertes precipitaciones durante los meses de marzo-abril) y litológicas que presenta la zona, puede llegar a reactivarse. En la plataforma superior de este deslizamiento se encuentra una vivienda construida de adobe, la cual se ve directamente afectada.

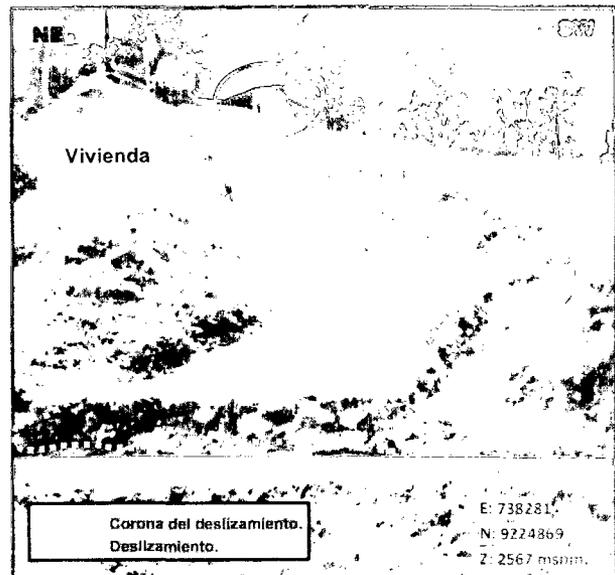


Figura 49 Deslizamiento rotacional, en estado inactivo. Ubicado entre las progresivas 10+320 y 10+340, carretera San Miguel-Jangalá.

La litología, compuesta por piroclásticos dacíticos y tobas dacíticas ha favorecido la infiltración del agua, evidenciada por la humedad que presenta el pie del deslizamiento; esta característica permitió interpretar la dirección que siguen las líneas de flujo. La línea de máxima pendiente del deslizamiento tiene una dirección de N300° y es esta dirección la que sigue el agua que se infiltra.

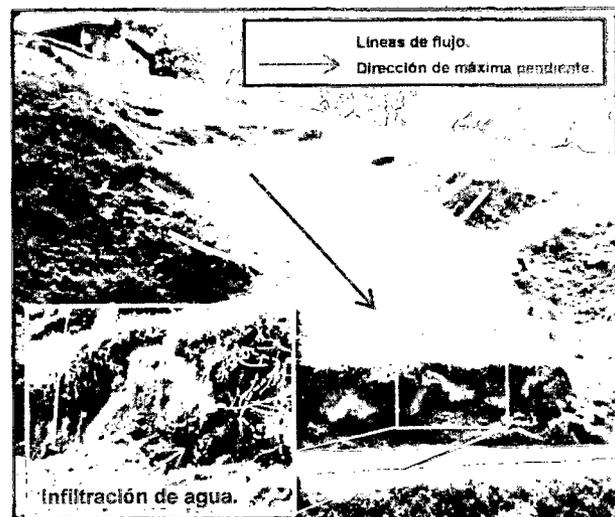


Figura 50 Infiltración de agua en el deslizamiento ubicado entre las progresivas 10+320 y 10+340, carretera San Miguel-Jangalá.

En este deslizamiento se realizaron las siguientes mediciones:

- ⊗ *Pendiente de la ladera* = 39°
- ⊗ *Pendiente del deslizamiento* = 28°
- ⊗ *Escarpe principal (en la corona)* = 1.50 m. de altura.
- ⊗ *Escarpe en el flanco derecho* = 3.80 m. de altura.
- ⊗ *Escarpe en el flanco izquierdo* = 1.65 m. de altura.

Entre las progresivas 10+220 y 10+300

El talud está sufriendo un deslizamiento rotacional, que actualmente se encuentra en estado inactivo.

Presenta una corona de 50 m. de extensión, el escarpe principal mide 1.80 m. de altura y los escarpes secundarios miden entre 1.00 a 1.30 m. de altura. Tiene una dirección de desplazamiento N297°.

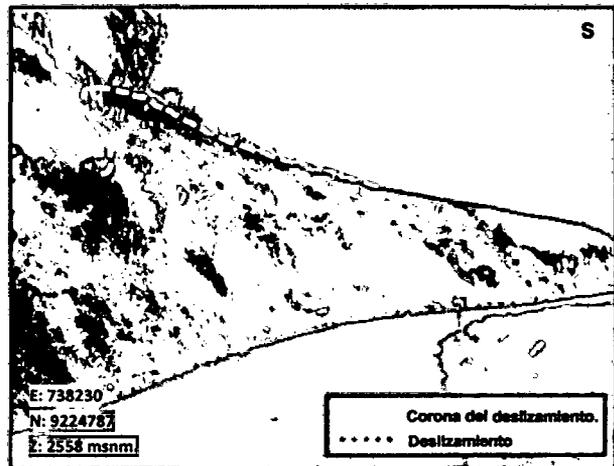


Figura 51 Deslizamiento rotacional, en estado inactivo. Ubicado entre las progresivas 10+220 y 10+300, carretera San Miguel-Jangalá.

La litología presente está conformada por piroclásticos dacíticos y fragmentos de tobas dacíticas, constituyendo una matriz soportada.

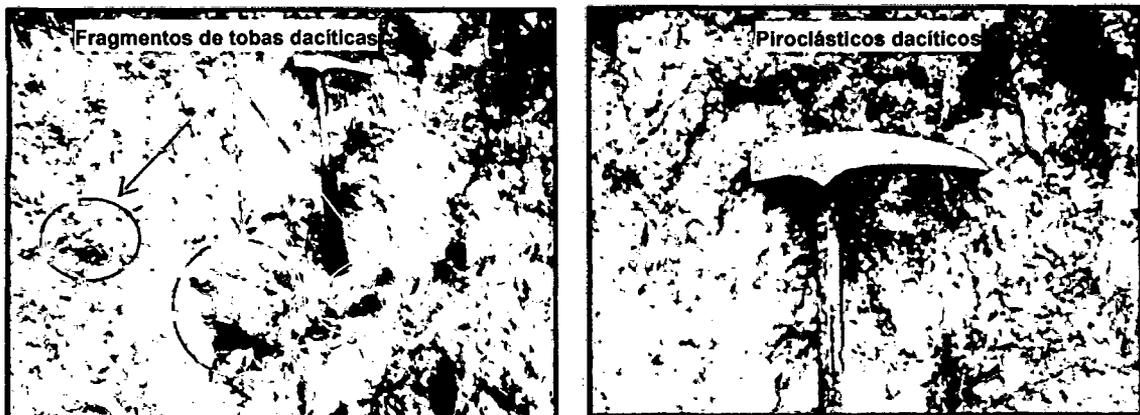


Figura 52 Litología presente en el deslizamiento rotacional ubicado entre las progresivas 10+220 y 10+300, carretera San Miguel-Jangalá.

En este deslizamiento se realizaron las siguientes mediciones:

- *Pendiente de la ladera* = 18°
- *Pendiente del talud (α)* = 35°
- *Escarpe principal* = 1.00 m. de altura.
- *Escarpe en el flanco derecho* = 1.40 m. de altura.
- *Escarpe en el flanco izquierdo* = 2.40 m. de altura.

Qda. La Lucma

Presenta laderas muy inestables a causa de la infiltración y erosión fluvial que origina su caudal.

A lo largo de esta quebrada y hacia sus flancos hay presencia de bofedales por la saturación en agua que sufre el terreno, esto ha conllevado a la generación de diversos escarpes que en algunos sectores han constituido deslizamientos de gran magnitud.

Esta zona presenta dos sectores con mayor influencia de deslizamientos, por lo que se la ha sectorizado, para su mejor estudio y análisis, en Qda. La Lucma-Sector Norte y Qda. La Lucma Sector Sur.

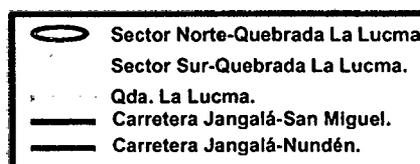
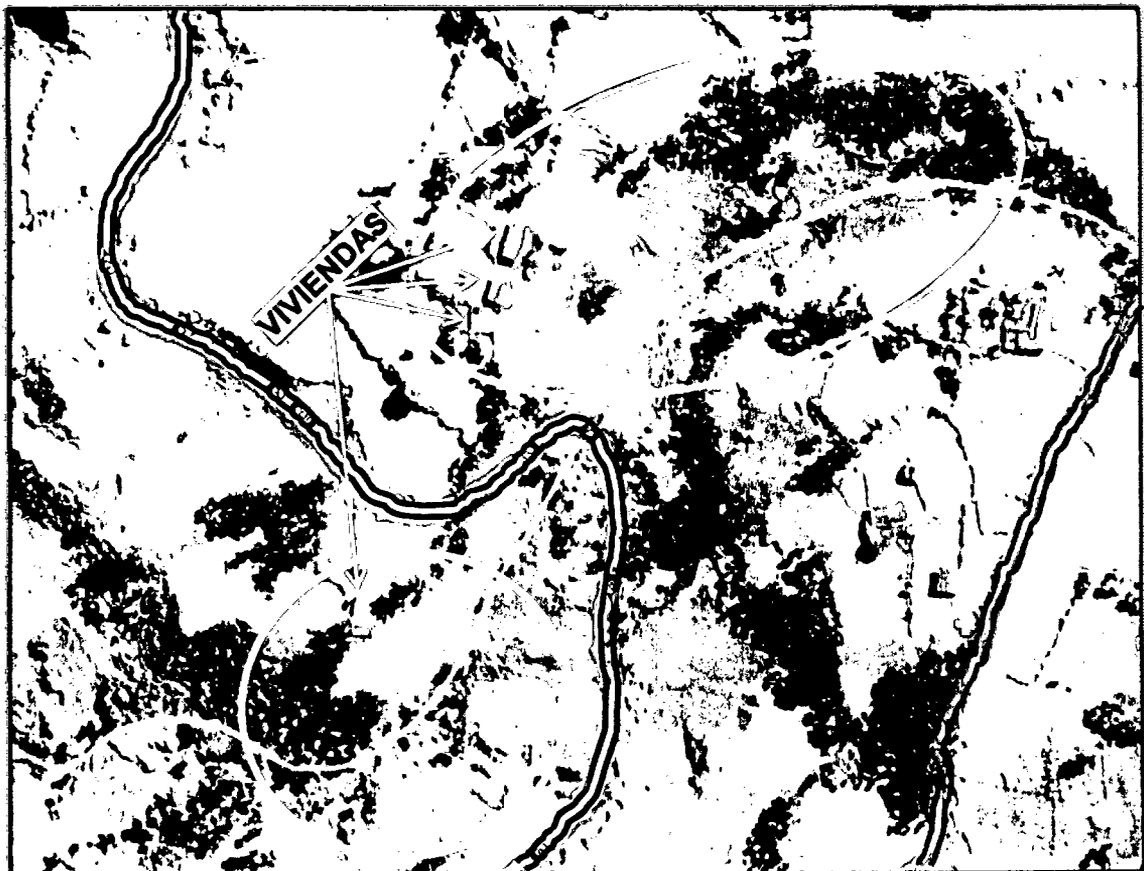


Figura 53 Deslizamientos en las riveras de la quebrada La Lucma, ubicada en la progresiva 9+900, de la carretera San Miguel-Jangalá.

A) Qda. La Lucma – Sector Norte

La litología en este sector está conformada por piroclásticos dacíticos y tobas dacíticas muy intemperizadas y fracturadas. Esta litología le confiere al terreno un comportamiento muy permeable que sumado a las fuertes y constantes precipitaciones, en tiempo de invierno, conllevan a que el terreno se sature en agua, desestabilizándolo y produciéndose finalmente deslizamientos a lo largo de la riera de la quebrada.

En la Qda. La Lucma-Sector Norte se determinó tres (03) deslizamientos rotacionales en estado activo y una zona bastante inestable con presencia de diversos escarpes secundarios que se encuentran pendiente abajo con respecto al canal de regadío. Los pobladores de la zona hacen referencia a que estas fracturas en el terreno se originaron a partir del fenómeno del niño del año 1998.

En la plataforma superior con respecto al deslizamiento "3" se encuentran tres viviendas construidas de adobe, las que según refieren sus habitantes tienen aproximadamente 60 años de construidas. Los habitantes de estas viviendas hacen un total de 12 personas.

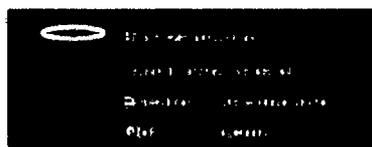


Figura 54 Deslizamientos rotacionales ubicados en la riera de la quebrada La Lucma - Sector Norte.

Canal para regadío.- El agua que es llevada hacia los terrenos de cultivo a través de un canal, se infiltra a lo largo de todo su recorrido inestabilizando la riera de la quebrada y generando así escarpes y posteriores deslizamientos.

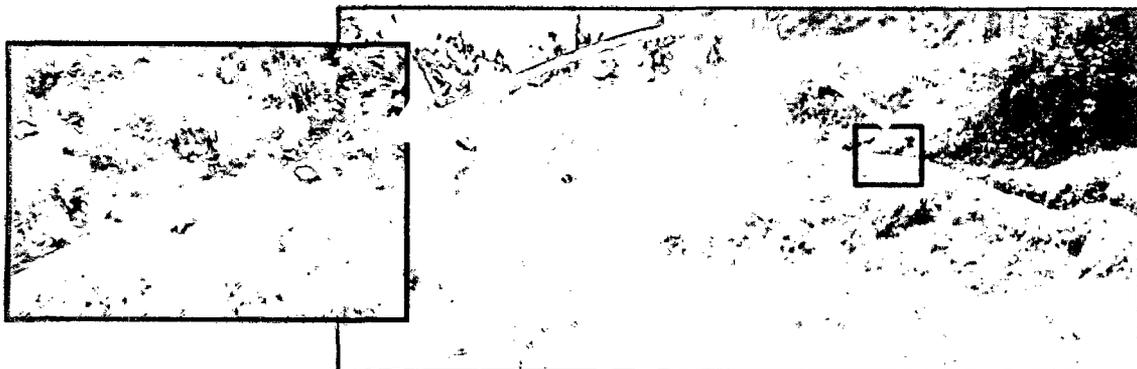


Figura 55 Canal para regadío, ubicado en la quebrada La Lucma-Sector Norte.

Deslizamiento rotacional 1.- Se encuentra en estado activo cuya litología está compuesta por piroclásticos dacíticos y fragmentos de tobas dacíticas.



Figura 56 Deslizamiento rotacional "1", ubicado en riberas de la quebrada La Lucma-Sector Norte.

Deslizamiento rotacional 2.- Se encuentra en estado activo puesto que presenta escarpes que denotan actividad reciente. La litología está compuesta piroclásticos dacíticos y fragmentos de tobas dacíticas.

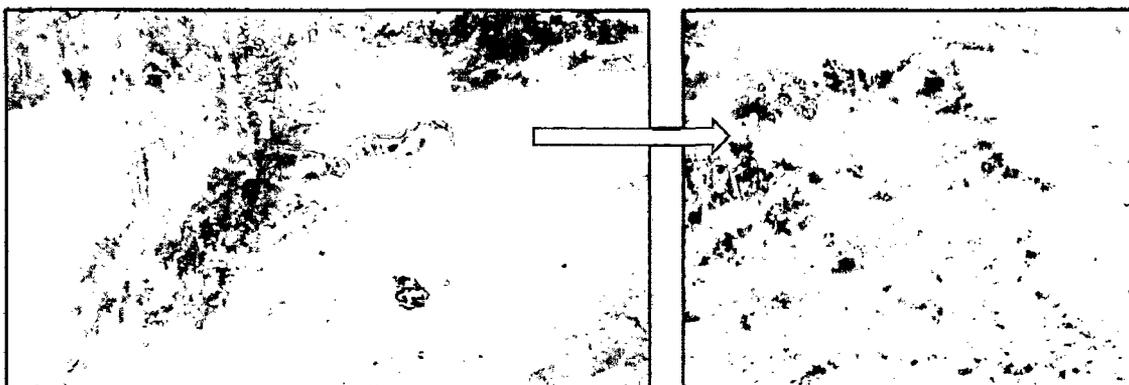


Figura 57 Deslizamiento rotacional "2", ubicado en riberas de la quebrada La Lucma-Sector Norte.

Deslizamiento rotacional 3.- Se encuentra en estado activo puesto que presenta escarpes secundarios que denotan actividad reciente. La litología está compuesta por piroclásticos dacíticos y fragmentos de tobas dacíticas, que ha permitido que el terreno se sature en agua desestabilizándolo y generando diversos escarpes secundarios.

En la parte superior con respecto a este deslizamiento, se encuentran ubicadas las viviendas mencionadas anteriormente y además se ubican extensos terrenos de cultivo que también se ven afectados por este deslizamiento.

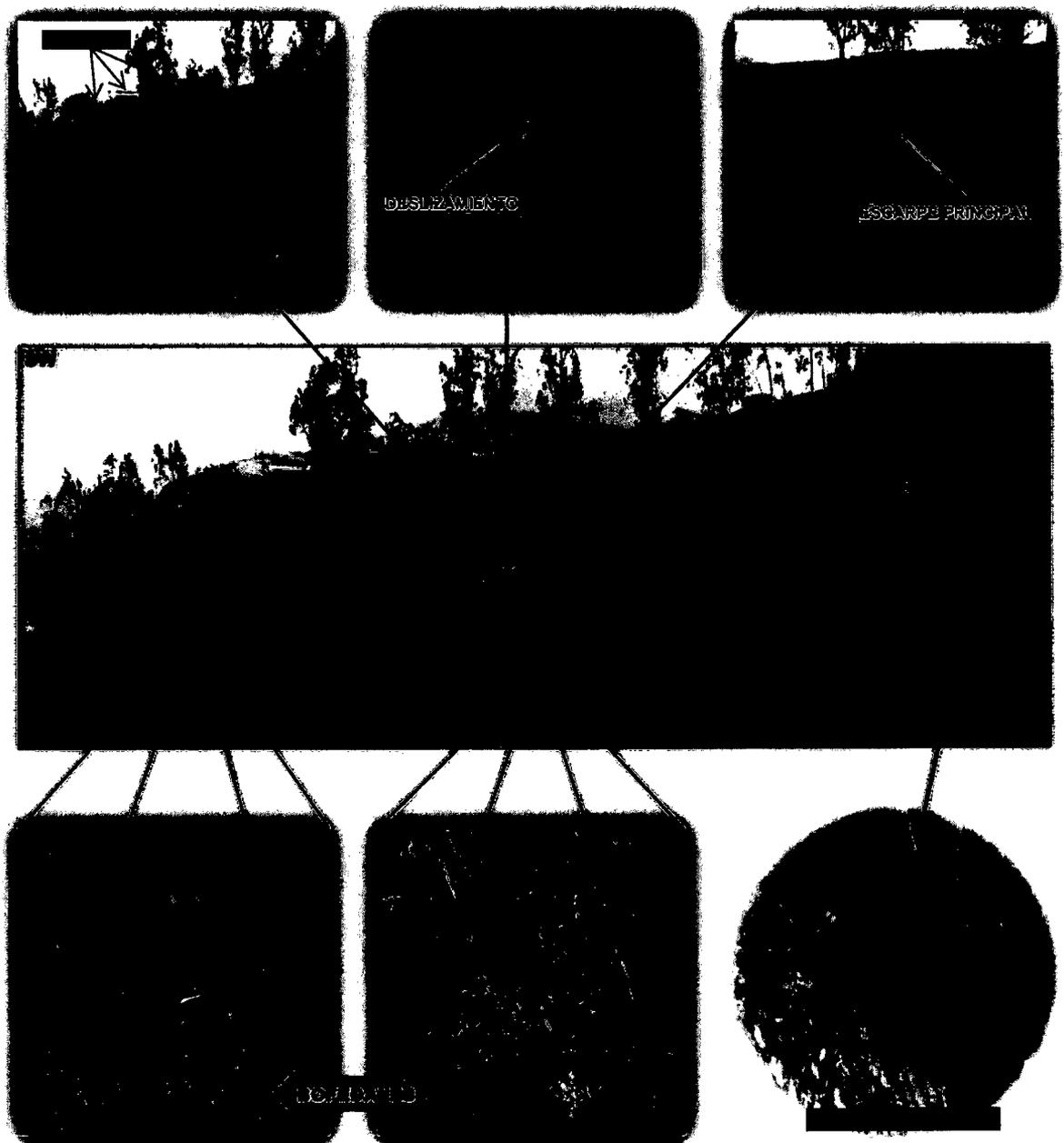


Figura 58 Deslizamiento rotacional "3", ubicado en riveras de la quebrada La Lucma-Sector Norte.

B) Qda. La Lucma – Sector Sur

La litología en este sector, al igual que en el Sector Norte, está conformada por piroclásticos dacíticos y tobas dacíticas intemperizadas y fracturadas.

En este sector se encuentra una (01) vivienda construida de adobe, ubicada hacia la parte lateral derecha, aguas abajo, de la quebrada La Lucma. Además hay presencia de terrenos de cultivo, que dado a las condiciones litológicas y a la presencia de bofedales, resultan ser muy productivos, sobre todo en épocas de invierno (meses de enero a abril). Pero esta explotación del terreno, sumado a la erosión fluvial que produce el caudal de la quebrada, está ayudando a que la ladera se inestabilice con mayor facilidad, lo que en un determinado tiempo, dadas las condiciones climáticas, conllevará a la generación de deslizamientos que afectarán directamente a la vivienda y terrenos antes mencionados.

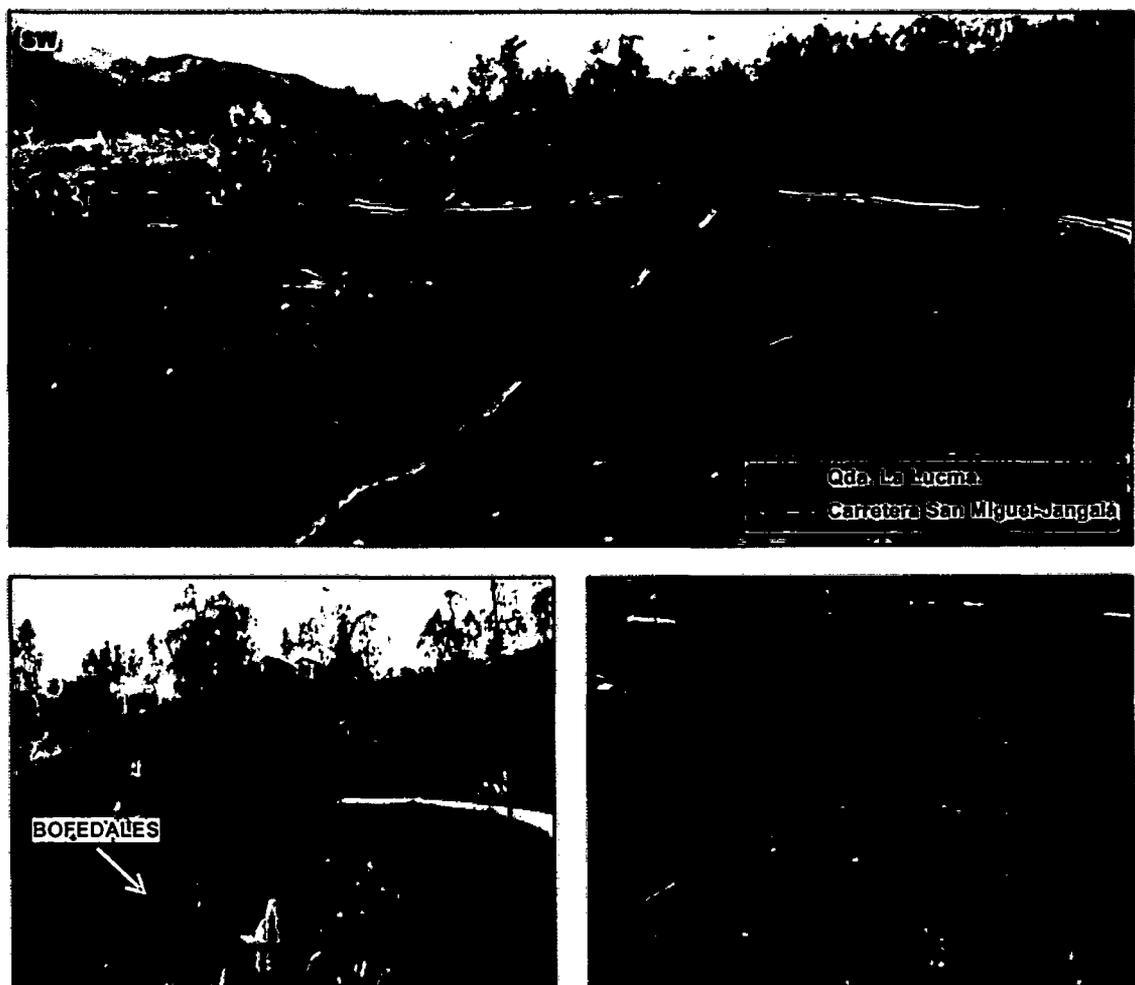


Figura 59 Inestabilidad de laderas en los márgenes de la quebrada La Lucma-Sector Sur.

Entre las progresivas 9+800 y 9+880

El talud está sufriendo un deslizamiento rotacional activo. Evidenciado por los escarpes secundarios en su pie y base, que por las características que presentan denotan eventos de desplazamiento recientes, lo que indica que puede colapsar en cualquier momento afectando así a la carretera San Miguel-Jangalá. Presenta una corona de 35 m. de extensión y tiene una dirección de desplazamiento N260°.



Figura 60 Deslizamiento rotacional en estado activo. Ubicado entre las progresivas 9+800 y 9+880, carretera San Miguel-Jangalá.

La litología presente está conformada por piroclásticos dacíticos y fragmentos de tobas dacíticas constituyendo una matriz soportada. Esta litología ha favorecido la infiltración del agua, saturando e incrementando la presión intersticial del material, conllevando a que por efectos del aumento del peso unitario del material saturado en agua, la gravedad y la topografía del terreno, este se deslice.

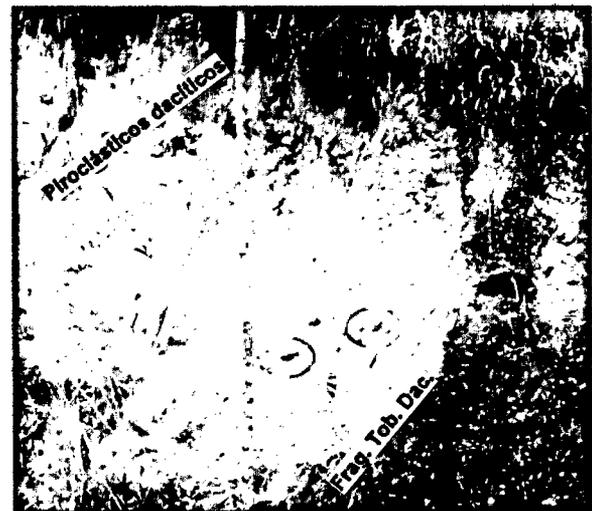


Figura 61 Litología presente en el deslizamiento ubicado entre las progresivas 9+800 y 9+880, carretera San Miguel-Jangalá.

En este deslizamiento se realizó las siguientes mediciones:

- *Pendiente de la ladera (α)* = 25°
- *Pendiente del talud* = 30°
- *Escarpe principal (en la corona)* = 3.50 m. de altura.
- *Escarpe en el flanco derecho* = 3.80 m. de altura.
- *Escarpe en el flanco izquierdo* = 3.30 m. de altura.

Entre las progresivas 9+680 y 9+740

El talud está sufriendo un deslizamiento rotacional activo. Este deslizamiento presenta una corona de 25 m. de extensión y tiene una dirección de desplazamiento N340°.

Hacia el flanco derecho, la poca vegetación sobre la plataforma superior del deslizamiento ha facilitado la erosión del terreno, provocando un mayor desplazamiento en comparación al flanco izquierdo donde hay una mayor vegetación.

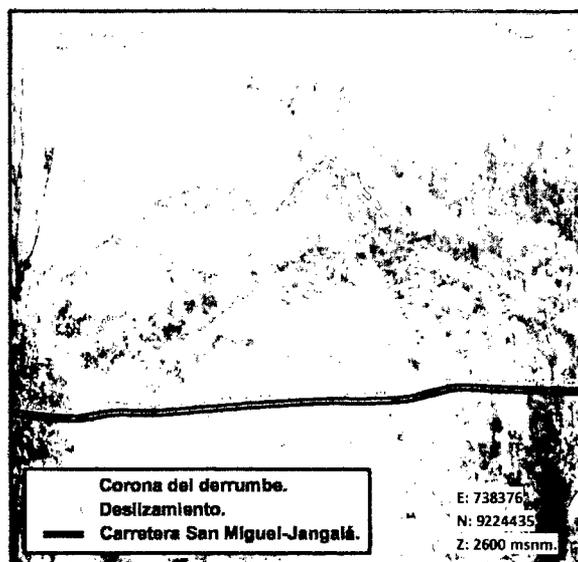


Figura 62 Deslizamiento rotacional, en estado activo. Ubicado entre las progresivas 9+680 y 9+740, de la carretera San Miguel-Jangalá.

La litología presente está conformada por tobas dacíticas intemperizadas y fracturadas. El fracturamiento que ha sufrido la roca, ha favorecido la infiltración de agua, provocando su alteración y haciéndola aún más permeable.



Figura 63 Litología presente en el deslizamiento ubicado entre las progresivas 9+680 y 9+740, carretera San Miguel - Jangalá.

En este deslizamiento se realizaron las siguientes mediciones:

- *Pendiente de la ladera (α)* = 25°
- *Pendiente del talud* = 30°
- *Escarpe principal* = 1.00 m. de altura.
- *Escarpe en el flanco derecho* = 1.50 m. de altura.
- *Escarpe en el flanco izquierdo* = 1.30 m. de altura.

Laderas ubicadas a 500 m. al Nor-Este del caserío Jangalá

Están sufriendo un deslizamiento rotacional, que se encuentra en estado activo. En la plataforma superior del deslizamiento hay tres viviendas cuyas estructuras se han visto afectadas por las grietas de tracción que este está generando.

Este deslizamiento rotacional tiene una dirección de desplazamiento N312°.

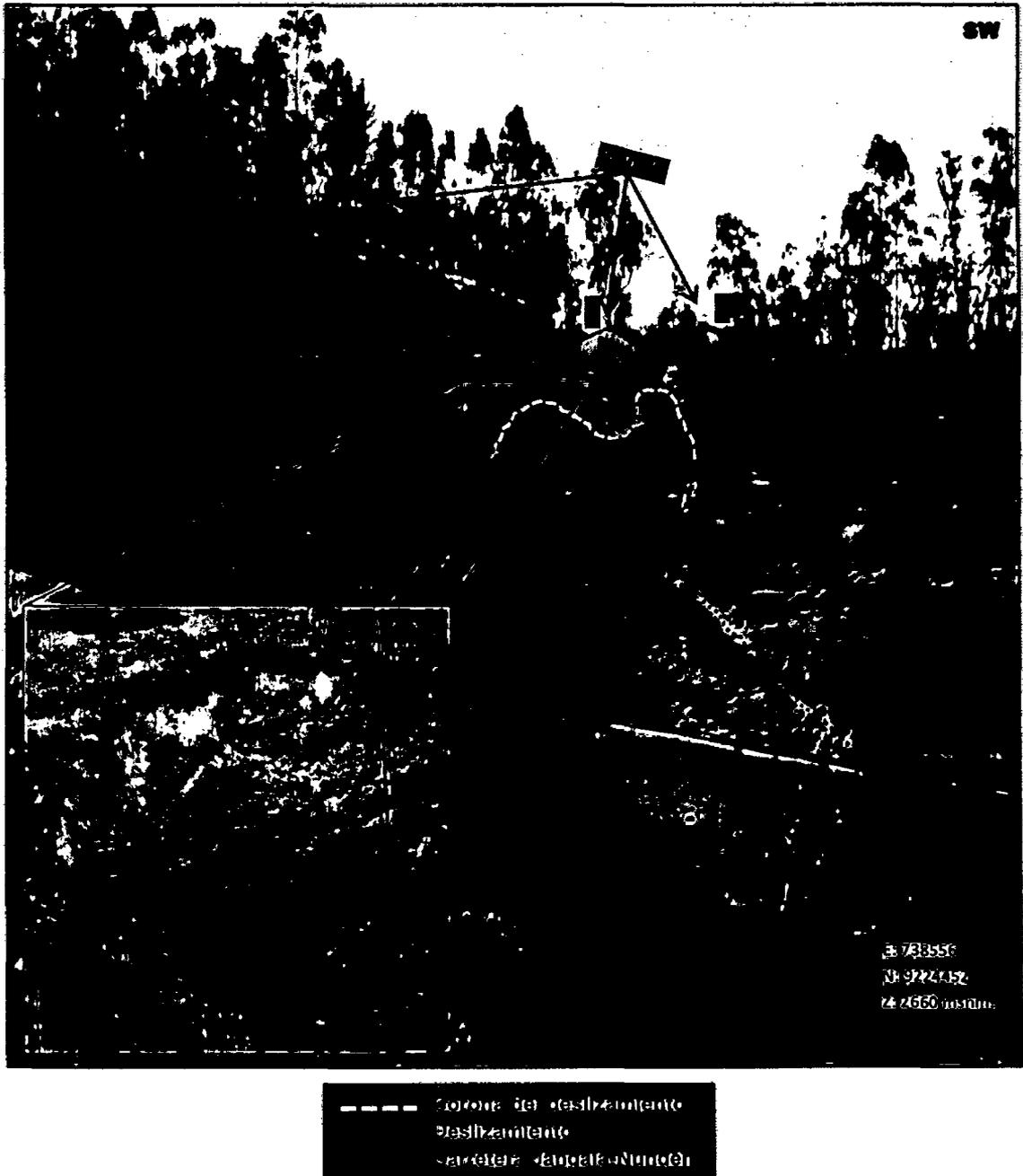


Figura 64 Deslizamiento rotacional en estado activo, ubicado a 500 m. al Nor-Este del caserío de Jangalá.

Este desplazamiento del terreno ha provocado **en la vivienda "1" una abertura y un hundimiento de 5 cm.** en su pared lateral (pared en dirección al deslizamiento). **En la vivienda "2" una abertura de 7 cm.** en su pared lateral (pared en dirección al deslizamiento). La **vivienda "3" también se verá afectada** conforme se vaya dando el desplazamiento del terreno.

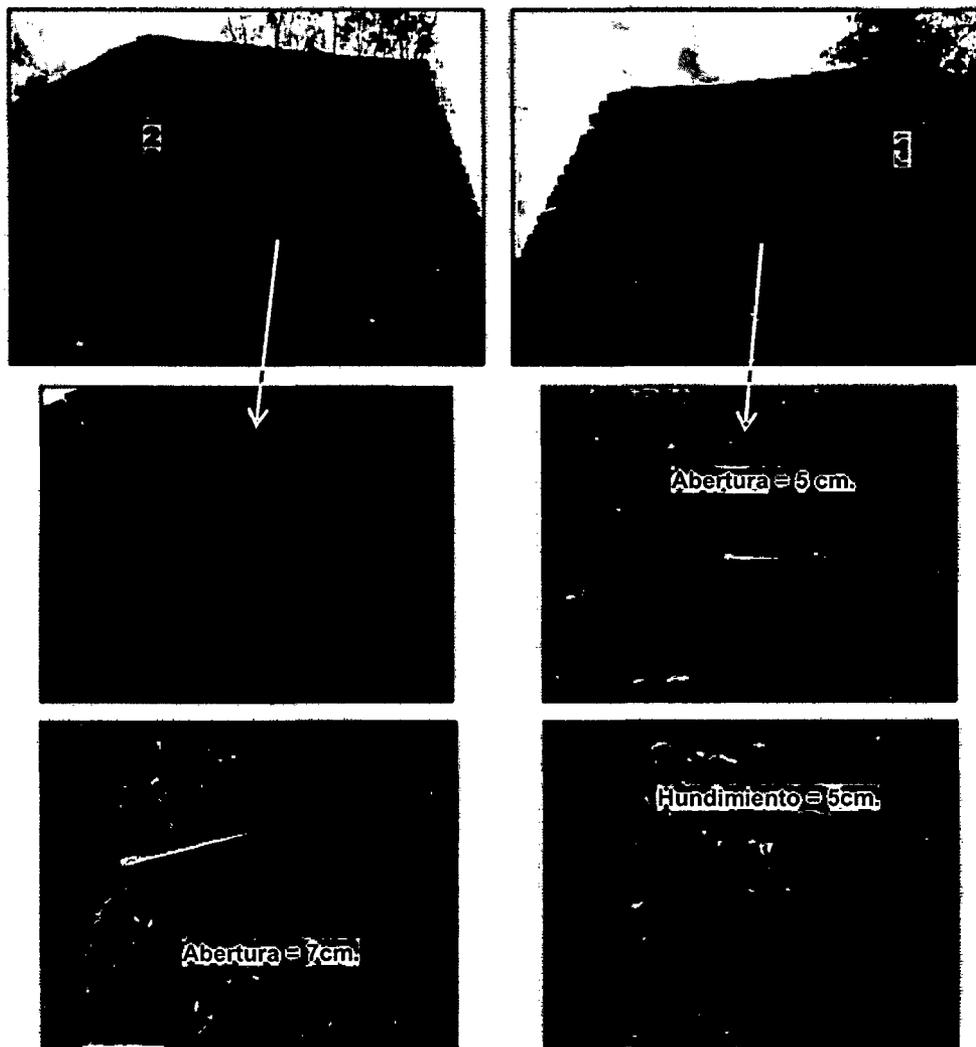


Figura 65 Mediciones hechas en las viviendas afectadas por el deslizamiento-flujo, ubicado a 500 m. al Nor-Este del caserío Jangalá.

La erosión fluvial ha generado diversos surcos y cárcavas que, ladera abajo, han definido una proyección del deslizamiento que se está suscitando en la parte superior. Estas condiciones en un determinado tiempo darán como resultado la conformación de un deslizamiento de una mayor proporción, que además de afectar a las carreteras Jangalá-Nundén y San Miguel- Jangalá, todo este material irá a parar, en primera instancia, a la Quebrada La Lucma para finalmente llegar al río San Miguel, interrumpiendo su normal flujo, embalsándolo y posteriormente cuando la fuerza de empuje generada por el agua, supere a la fuerza de rozamiento generada por la masa de suelo-roca; se generará un aluvión que ocasionará daños aguas abajo del Río San Miguel.

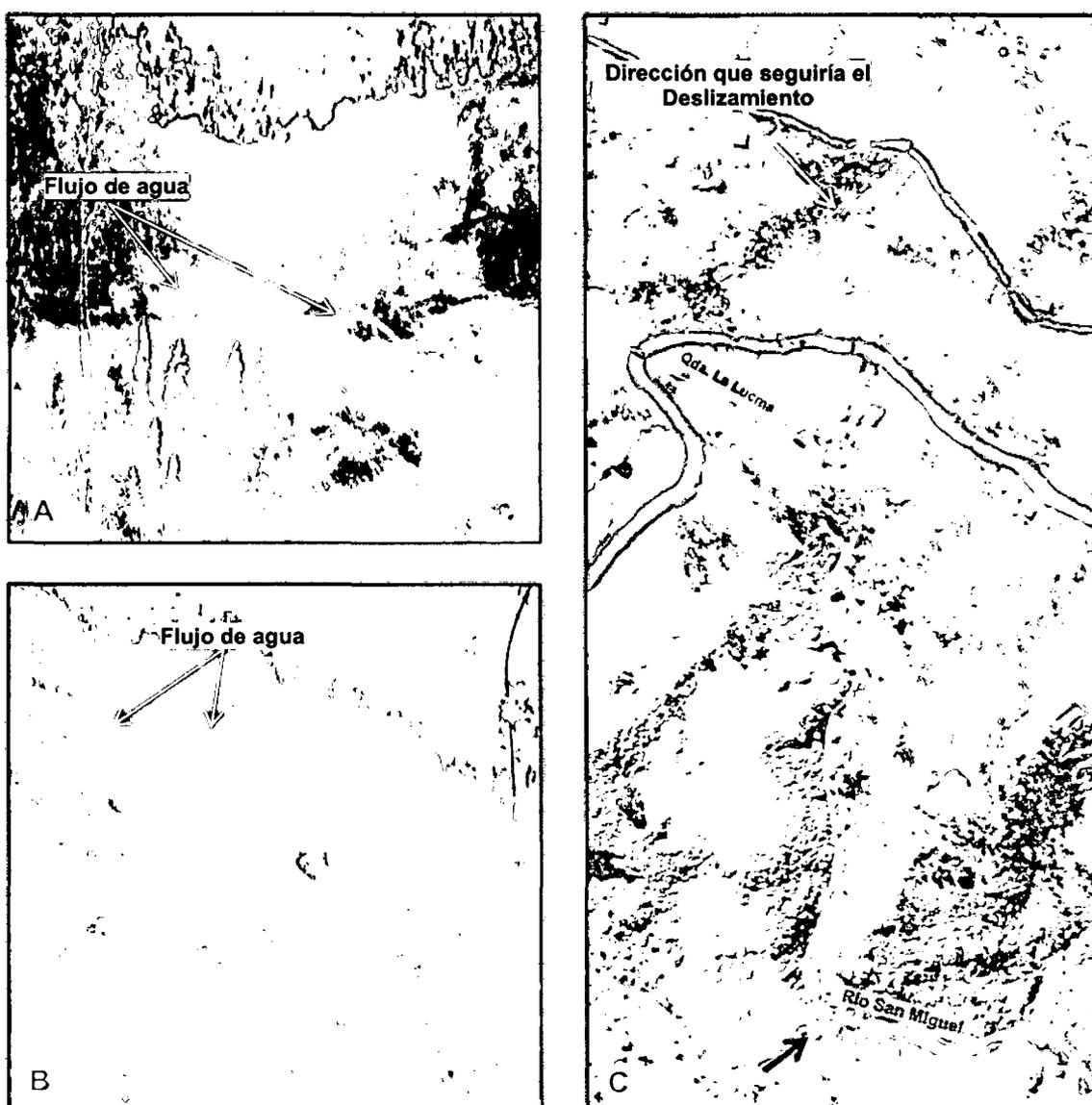


Figura 66 A) y B) Flujo del agua, producto de las precipitaciones y escorrentía superficial; a través de surcos y cárcavas. C) Interpretación del desplazamiento que seguiría, ladera abajo, el deslizamiento rotacional, ubicado a 500 m. al Nor-Este del caserío de Jangalá.

Las laderas ubicadas al Nor-Oeste del caserío Jangalá

Presentan un paleodeslizamiento que se encuentran en estado inactivo. Si este paleodeslizamiento llegara a reactivarse, toda la masa que se deslizaría iría hacia el río San Miguel, provocando su embalsamiento y cuando la fuerza de empuje del agua supere a la fuerza de rozamiento del suelo-roca deslizados, se produzca un aluvión que causaría desastres aguas abajo.

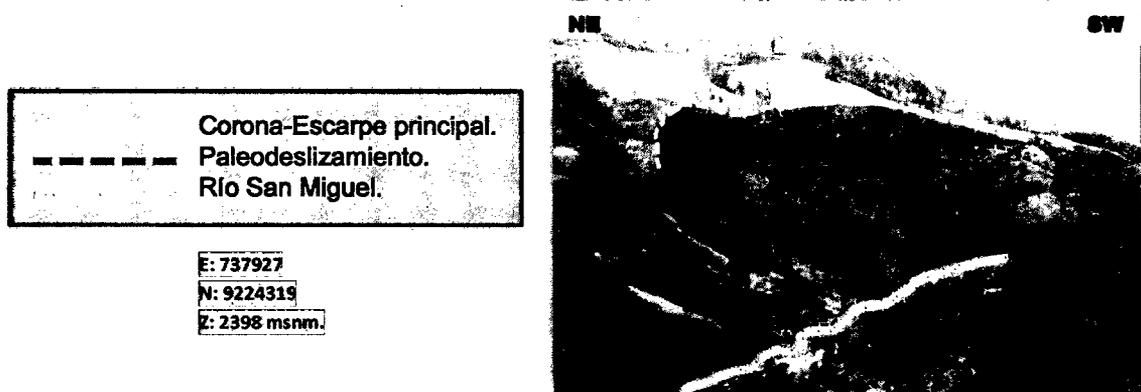


Figura 67 Paleodeslizamiento, ubicado en las laderas al Nor-Oeste del caserío Jangalá.

Entre las progresivas 11+430 y 11+500

Se ubica un paleodeslizamiento conformado litológicamente por piroclásticos dacíticos y bloques de tobas dacíticas. Esta litología le confiere al terreno una alta permeabilidad, que se ve reflejada por los bofedales que se han formado en el terreno. Si este deslizamiento llegara a reactivarse afectaría a la vivienda que se encuentra en su flanco derecho, además de causar daños a los terrenos de cultivo y a la carretera San Miguel-Jangalá.

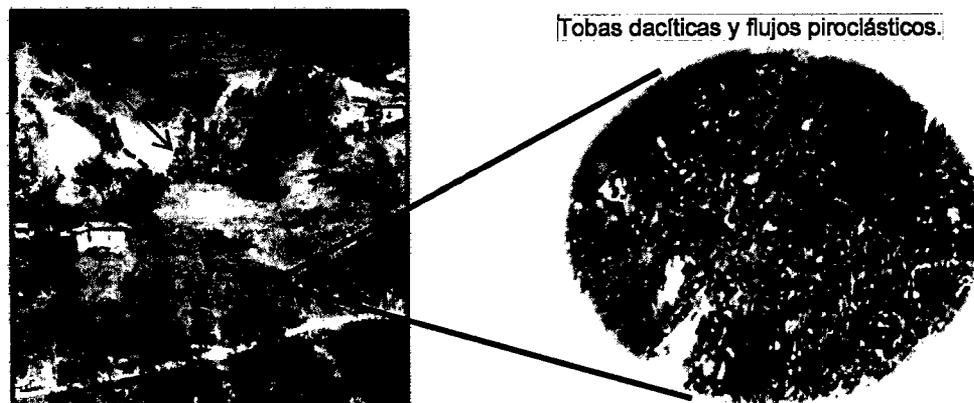


Figura 68 Paleodeslizamiento, ubicado entre las progresivas 11+430 y 11+500.

5.2.2 Procesos geodinámicos por derrumbe

Entre las progresivas 12+230 y 12+270

El talud está sufriendo un derrumbamiento, que actualmente se encuentra en estado inactivo.

Presenta una corona de 10.00 m. de extensión, el escarpe principal mide 1.80 m. de altura.

La litología que presenta este derrumbe está conformada por piroclásticos dacíticos y tobas dacíticas.

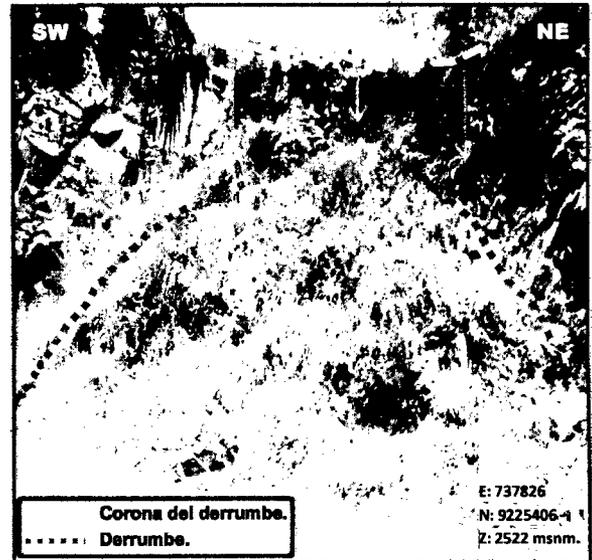


Figura 69 Derrumbe ubicado entre las progresivas 12+230 y 12+270, carretera San Miguel - Jangalá.

Entre las progresivas 12+120 y 12+160

El talud está sufriendo un derrumbamiento, que actualmente se encuentra en estado activo, esto evidenciado por el desplome de material, compuesto por suelo-roca, que se está dando en la el pie del talud, proceso que está provocando el socavamiento del mismo, lo que en un determinado tiempo provocará el colapso total del mismo.

Presenta una corona de 40.00 m. de extensión, el escarpe principal mide 0.90 m. de altura y el ángulo del talud es 32°.

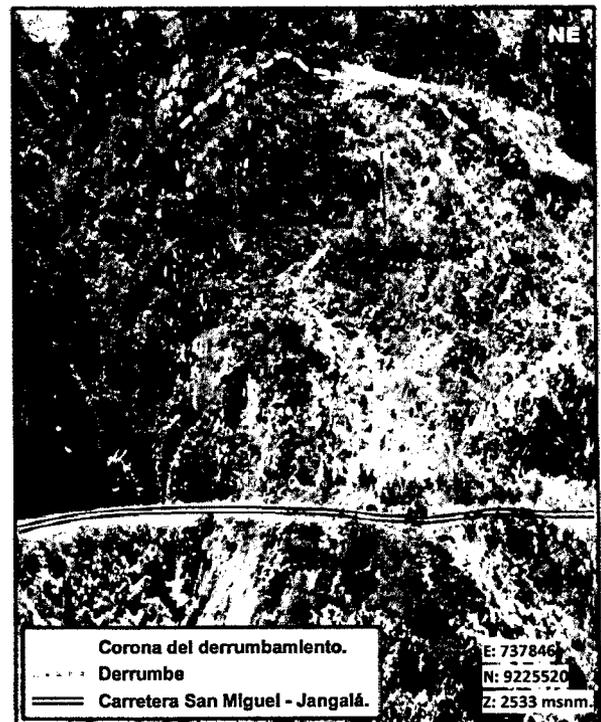


Figura 70 Derrumbe ubicado entre las progresivas 12+120 y 12+160, carretera San Miguel - Jangalá.

Entre las progresivas 11+890 y 11+960

El talud está sufriendo un derrumbamiento, que actualmente se encuentra en estado inactivo, sin embargo dadas las condiciones climáticas y litológicas puede reactivarse en cualquier momento. Presenta una corona de 30.00 m. de extensión, el escarpe principal mide 1.90 m. de altura y el ángulo del talud es 56° .

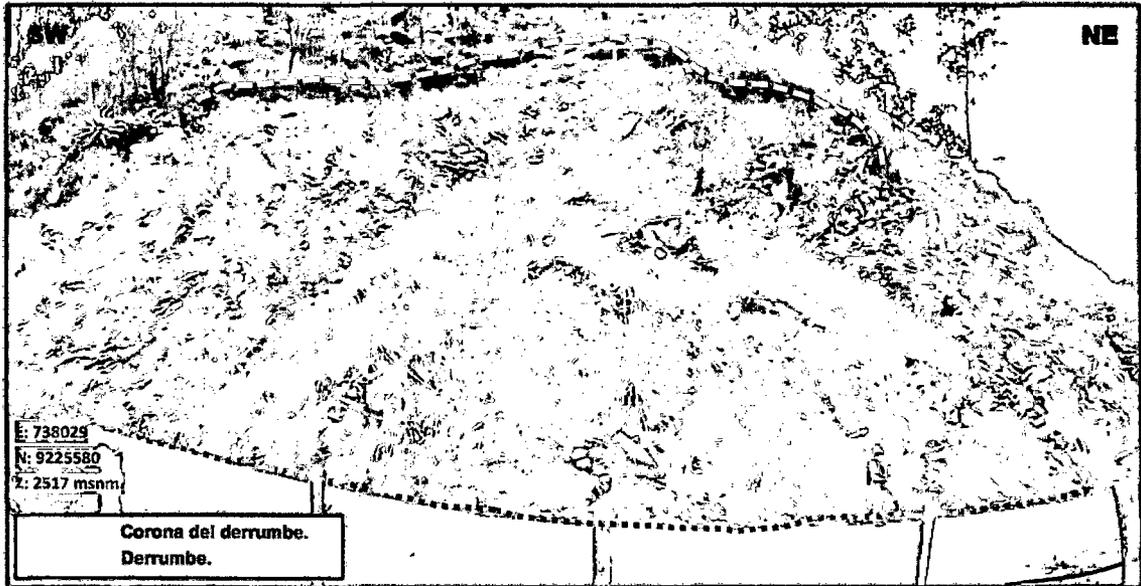


Figura 71 Derrumbe ubicado entre las progresivas 11+890 y 11+960, carretera San Miguel-Jangalá.

En este tramo también se evidencia el proceso de socavamiento que está sufriendo la base de la carretera a causa de la erosión fluvial, la cual está erosionando y transportando consigo, progresivamente, el material terrígeno y rocas meteorizadas que conforman dicha base.

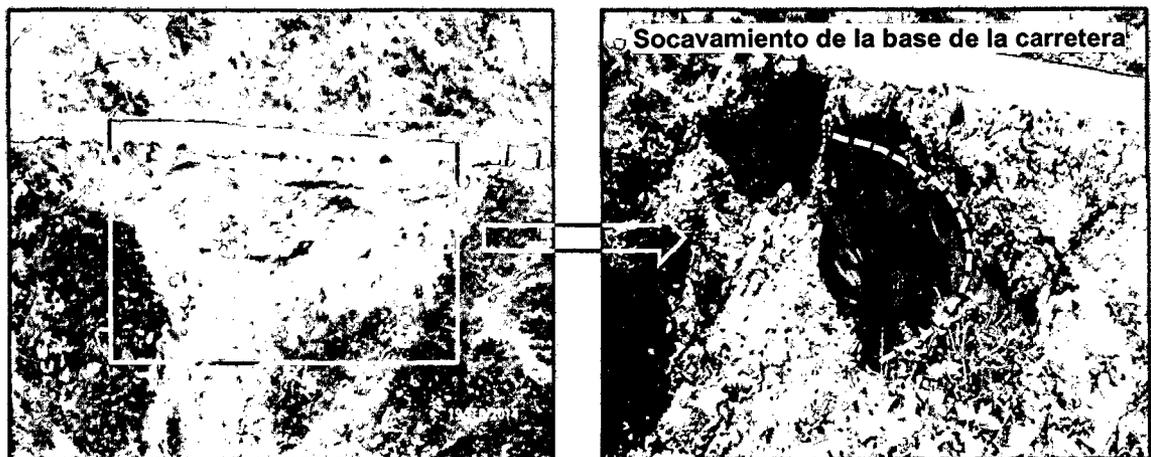


Figura 72 Socavamiento, por erosión fluvial, de la base de la carretera San Miguel-Jangalá, en el tramo comprendido entre las progresivas 11+890 y 11+ 960.

El proceso de socavamiento, mencionado en el párrafo anterior, se suscita dado a que la cuneta de la carretera es poco profunda y además se encuentra colmatada con sedimentos, rocas y basura; por lo que el agua, producto de las precipitaciones, la rebalsa fácilmente creando surcos a lo largo de la misma, erosionándola y dando paso al socavamiento en su base.

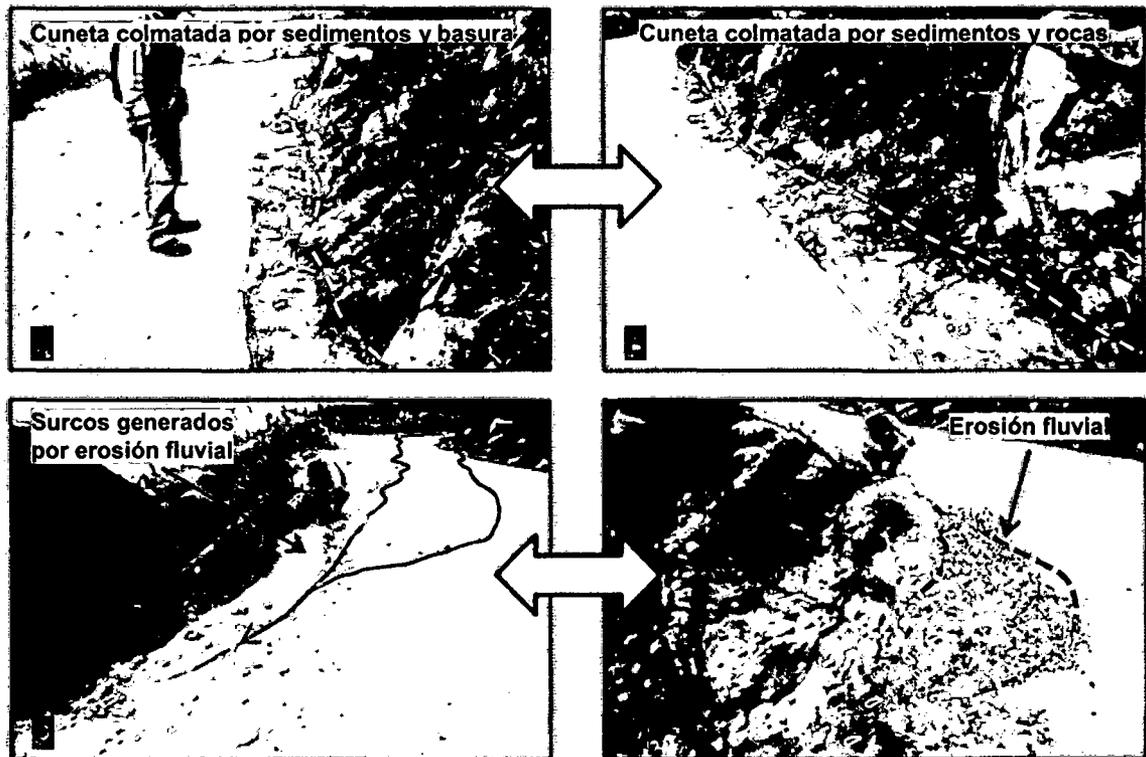


Figura 73 A) y B) Cunetas colmatadas por sedimentos, rocas y basura. C) Generación de surcos por erosión fluvial. D) Erosión fluvial. Carretera San Miguel-Jangalá, tramo comprendido entre las progresivas 11+890 y 11+ 960.

Otro factor que inestabiliza la base de la carretera, es la vibración que produce el tránsito vehicular, ya que estas ondas vibratorias favorecen el fracturamiento y caída de suelo y roca, ladera abajo.

Esta vibración ha dado paso a la generación de una grieta en el borde de la carretera, la cual, ante un posible colapso, representa un peligro inminente para los vehículos y peatones que se movilizan a diario a través de esta vía.

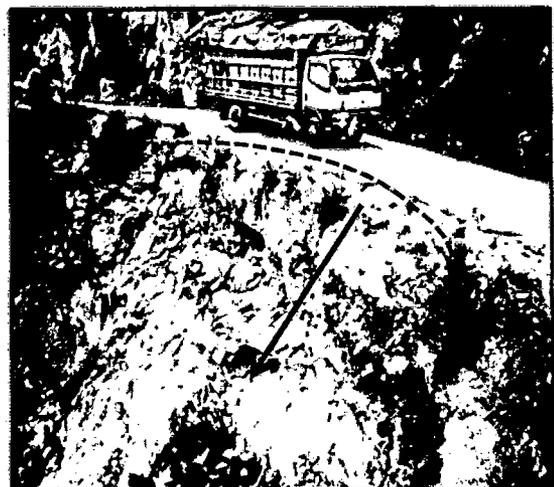


Figura 74 Grieta en el borde de la carretera, originada por vibración vehicular. Carretera San Miguel-Jangalá, tramo comprendido entre las progresivas 11+890 y 11+ 960.

Entre las progresivas 11+720 y 11+840

El talud está sufriendo un derrumbamiento, que actualmente se encuentra en estado activo. Presenta una corona de 100 m. de extensión, el escarpe principal mide 10.00 m. de altura y el ángulo del talud es 63°.



Figura 75 Derrumbe en estado activo, ubicado entre las progresivas 11+720 y 11+ 840, carretera San Miguel-Jangalá.

La litología presente está conformada por piroclásticos dacíticos y tobas dacíticas que se encuentran fracturadas. Estas condiciones han favorecido la infiltración del agua, incrementando la presión intersticial del material, lo que ha conllevado a que, por efectos del aumento del peso unitario del material saturado en agua, la gravedad y la pendiente del talud, este se derrumbe.

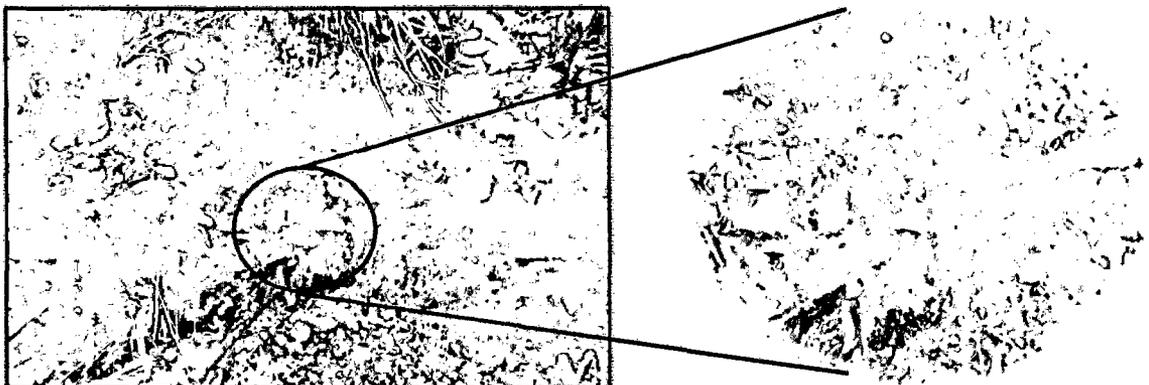


Figura 76 Infiltración de agua, derrumbe ubicado entre las progresivas 11+720 y 11+840, carretera San Miguel-Jangalá.

Una vez que se produzca el colapso total de toda la masa de suelo y roca que conforman a este derrumbamiento, todo este material irá a parar al Río San Miguel, provocando un embalsamiento y cuando la fuerza de empuje del agua supere a la fuerza de rozamiento de la masa de suelo y roca, se producirá un aluvión, que causará diversos daños a las zonas que se encuentran aguas abajo.

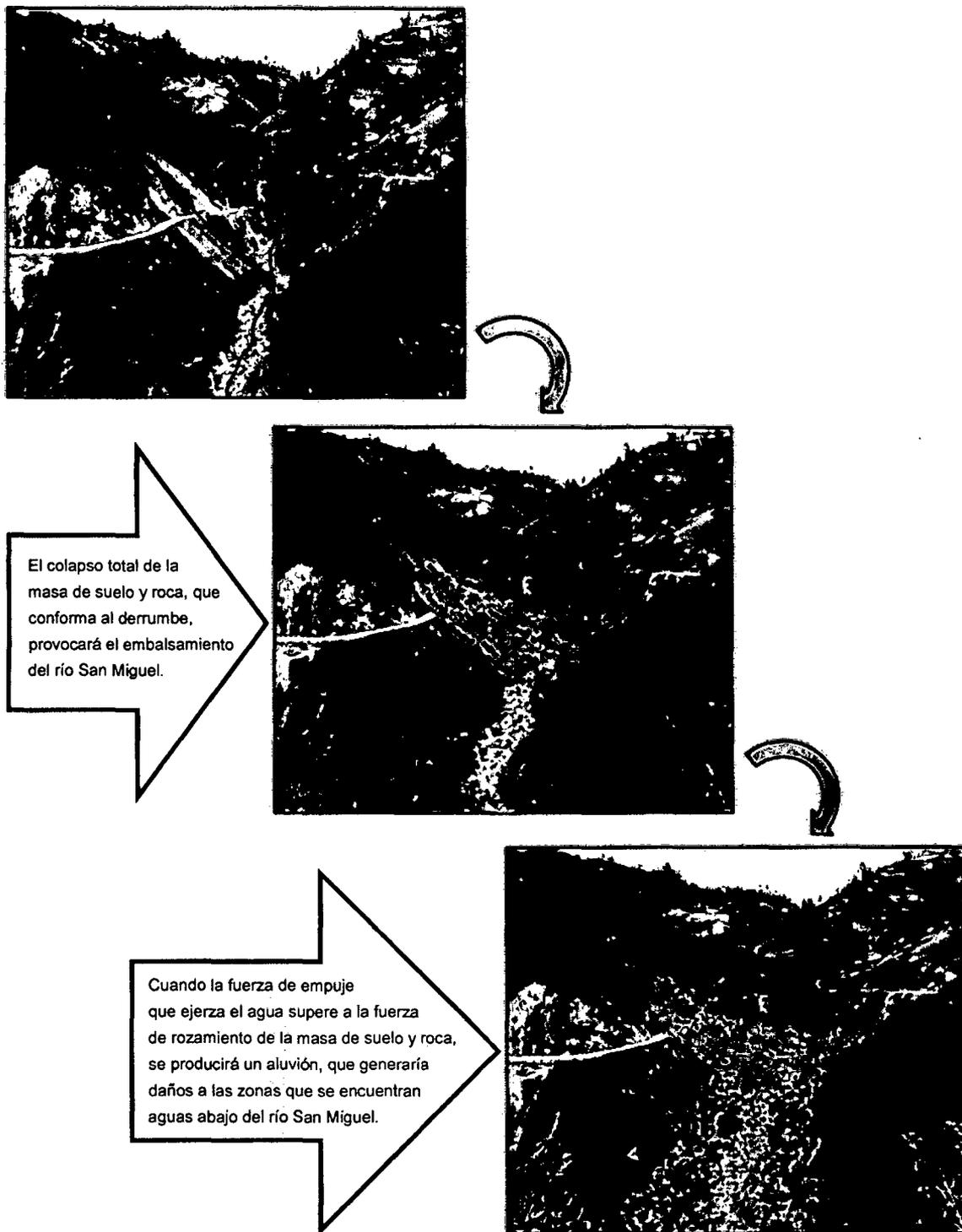


Figura 77 Interpretación del proceso de embalsamiento que sufriría el río San Miguel a causa del probable derrumbamiento del talud, que está ubicado entre las progresivas 11+720 y 11+ 840, carretera San Miguel – Jangalá.

Entre las progresivas 11+350 y 11+370

El talud está sufriendo un derrumbamiento en estado activo, el cual presenta una corona de 12 m. de extensión y el escarpe principal mide 1.55 m.

La litología que compone a este derrumbe está constituida por piroclásticos dacíticos y tobas dacíticas que se encuentran fuertemente meteorizadas y fracturadas.



Figura 78 Derrumbe ubicado entre las progresivas 11+350 y 11+370, carretera San Miguel - Jangalá.

Entre las progresivas 11+170 y 11+190

El talud está sufriendo un derrumbamiento en estado activo, el cual presenta una corona de 10 m. de extensión y el escarpe principal mide 1.75 m.

La vegetación que se encuentra en la parte superior y alrededor de este derrumbe no ayuda a evitar a que este se produzca, puesto que estas plantas y árboles son de raíces cortas.

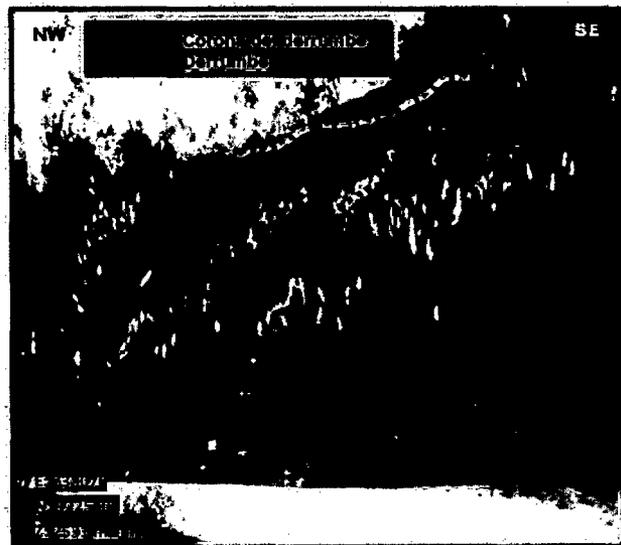


Figura 79 Derrumbe ubicado entre las progresivas 11+170 y 11+190, carretera San Miguel - Jangalá.

La litología que compone a este derrumbe está constituida por piroclásticos dacíticos y tobas dacíticas que se encuentran meteorizadas y fracturadas.

El constante derrumbamiento que se produce, principalmente en invierno (meses de enero a abril), produce el bloqueo de la carretera San Miguel-Jangalá, impidiendo el tránsito de vehículos y peatones, perjudicando de esta manera a la población.

Entre las progresivas 11+100 y 11+130

El talud está sufriendo un derrumbamiento, que se encuentra actualmente en estado activo, el cual presenta una corona de 30 m. de extensión y el escarpe principal mide 1.25 m.

Las rocas (tobas dacíticas) en este talud están meteorizadas y fracturadas, generándose constantes derrumbamientos, obstaculizando, sobre todo en tiempo de invierno (meses de enero a abril), la carretera San Miguel-Jangalá.

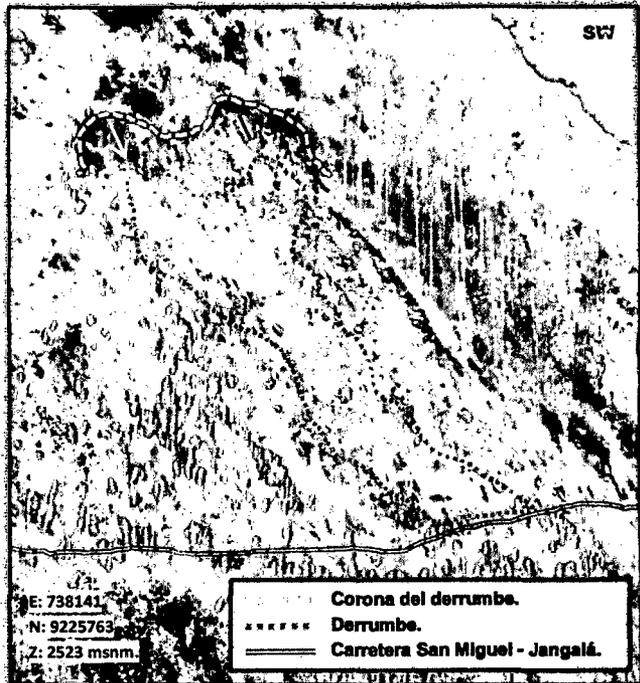


Figura 80 Derrumbe en estado activo. Ubicado entre las progresivas 11+100 y 11+130, carretera San Miguel - Jangalá.

Entre las progresivas 10+870 y 10+890

El talud está sufriendo un derrumbamiento, que se encuentra actualmente en estado activo. La corona mide 9.00 m. de extensión y el escarpe principal mide 1.00 m. de altura.

Las rocas (tobas dacíticas) en este talud están meteorizadas y fracturadas, generándose constantes derrumbamientos, obstaculizando, sobre todo en tiempo de invierno (meses de enero a abril), la carretera San Miguel-Jangalá.

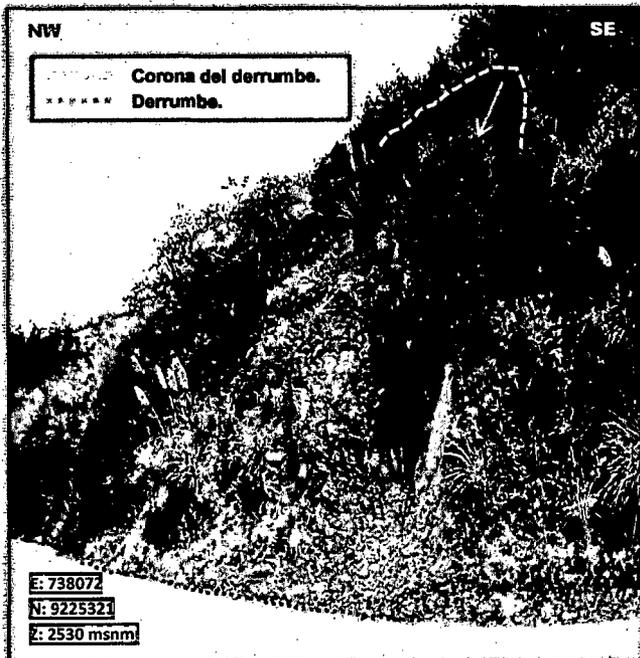


Figura 81 Derrumbe en estado activo. Ubicado entre las progresivas 10+870 y 10+890, carretera San Miguel - Jangalá.

Entre las progresivas 10+800 y 10+840

El talud está sufriendo un derrumbamiento activo, el cual presenta una corona de 23 m. de extensión y el escarpe principal mide 1.40 m. La litología presente que está conformada por piroclásticos dacíticos y tobas dacíticas, ha favorecido a la infiltración de agua, saturando e incrementando la presión intersticial del material, lo que ha conllevado a que el talud se derrumbe.

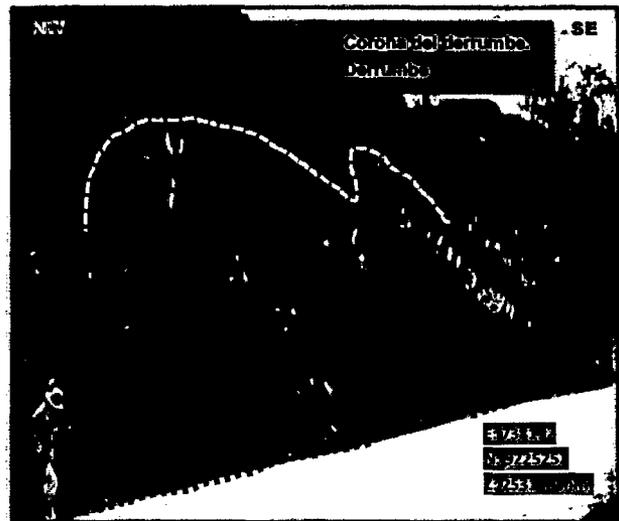


Figura 82 Derrumbe en estado activo. Ubicado entre las progresivas 10+800 y 10+840, carretera San Miguel-Jangalá.

Entre las progresivas 10+20 y 10+60

El talud ha sufrido un proceso de derrumbe, el cual se encuentra en estado inactivo. Presenta una corona de 10 m. de extensión y el escarpe principal mide 0.30 m. de altura.

La litología presente está conformada por piroclásticos dacíticos y fragmentos de tobas dacíticas; constituyendo una matriz soportada.

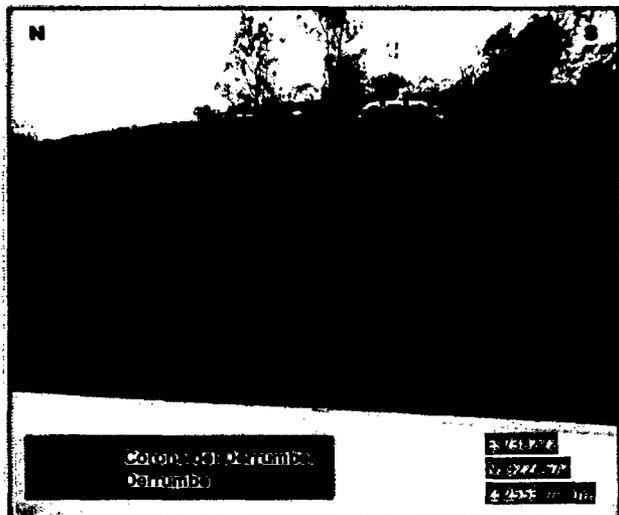


Figura 83 Derrumbe en estado inactivo. Ubicado entre las progresivas 10+20 y 10+60, carretera San Miguel-Jangalá.

Esta litología ha favorecido la infiltración del agua producto de las precipitaciones saturando e incrementando la presión intersticial del material, lo que ha conllevado a que por efectos del aumento del peso unitario del material saturado en agua, la gravedad y el ángulo del talud, este se derrumbe.

5.2.3 Procesos geodinámicos por caída de rocas

Entre las progresivas 10+560 y 10+740

La voladura inadecuada que se realizó durante la construcción de la carretera San Miguel - Jangalá, sumado a la voladura que realizaban para romper y extraer las rocas, cuando explotaban a este sector como cantera, han generado el fracturamiento de las rocas que componen el talud, dando lugar a la generación de cuñas (Anexo II). La generación de estas cuñas ha conllevado al desprendimiento y caída de rocas.

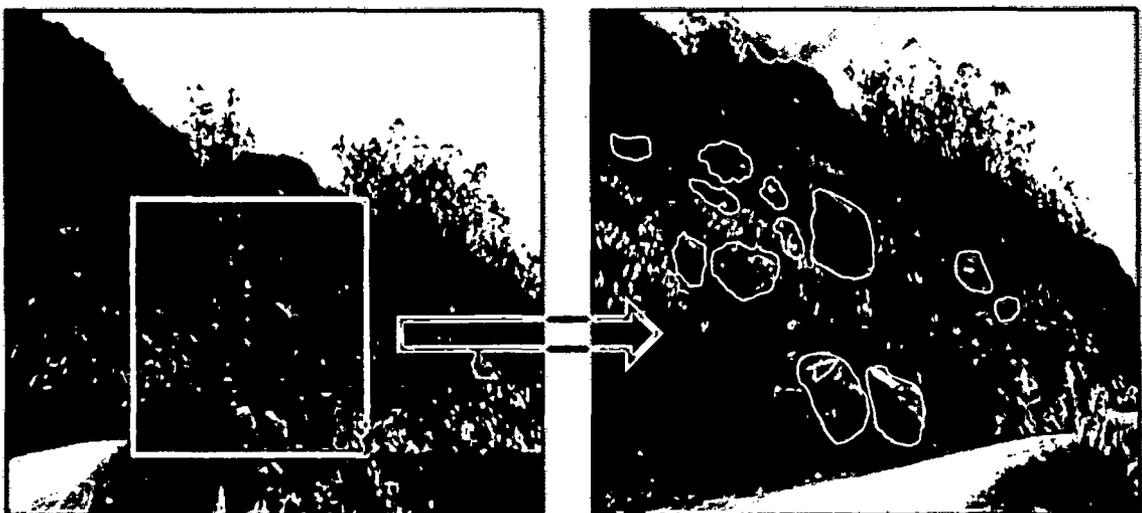
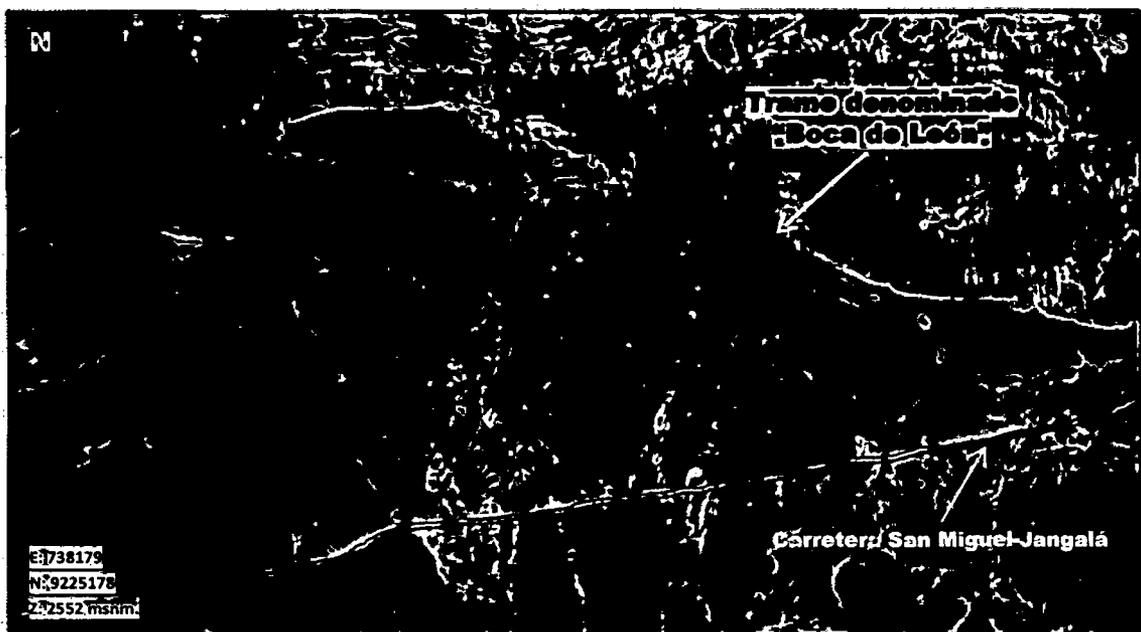


Figura 84 A) Tramo denominado "Boca de León". B) y C) Caída de rocas entre las progresivas 10+560 y 10+740, carretera San Miguel - Jangalá.

En la parte superior del talud se pudo identificar un bloque de roca, que está siendo afectado por las precipitaciones, las cuales meteorizan y actúan como lubricante en el plano de deslizamiento, lo que en un determinado tiempo originará que la fuerza de gravedad supere a la fuerza de rozamiento, conllevando a la caída del mismo.

A parte de la gravedad y las condiciones climáticas, otro factor que puede generar el desprendimiento de este bloque de roca es la ocurrencia de sismos.

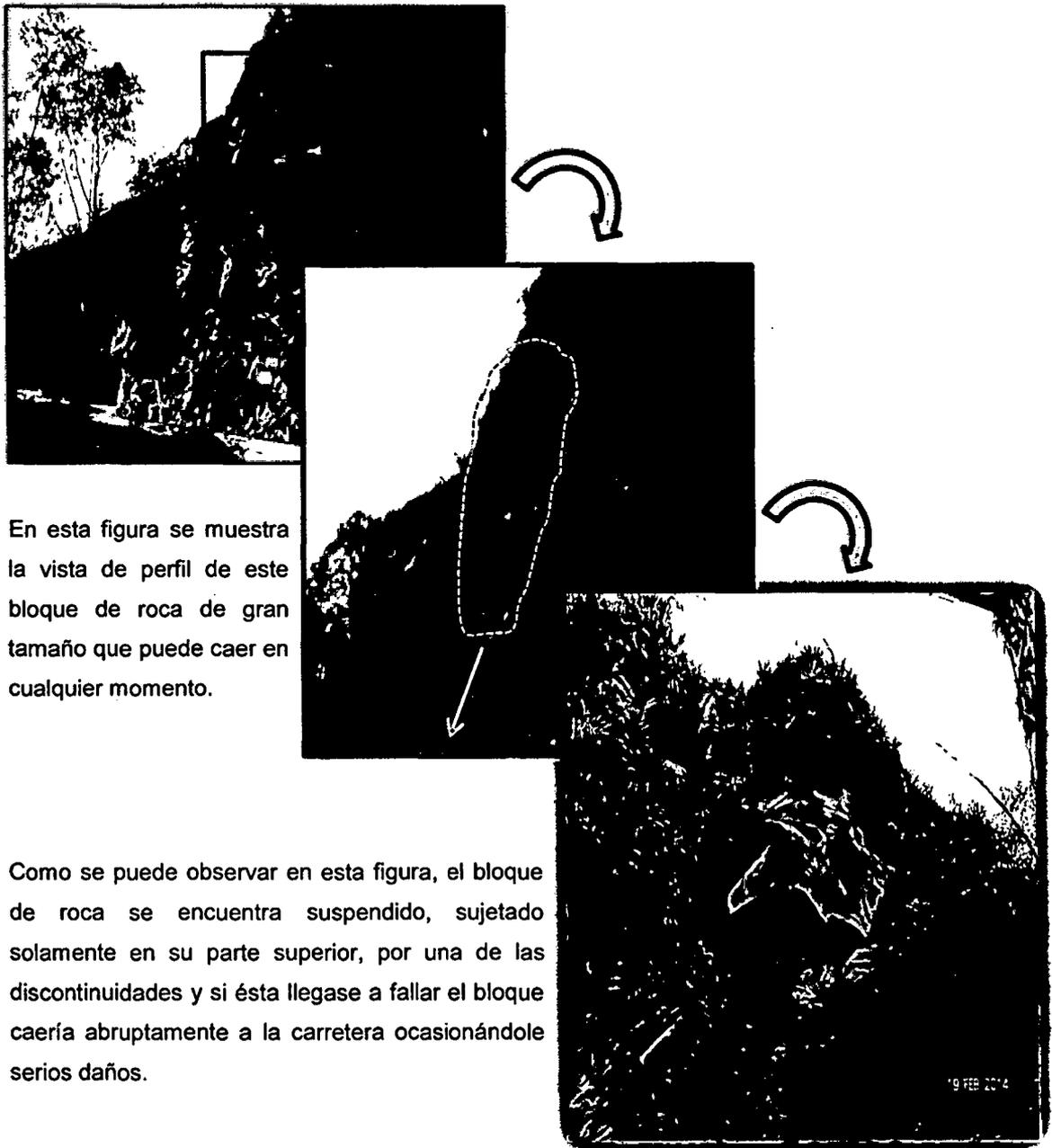


Figura 85 Vulnerabilidad de caída de un bloque de roca dacita, en el tramo denominado "Boca de León". Ubicado entre las progresivas 10+560 y 10+740, carretera San Miguel – Jangalá.

En el talud se puede observar los taladros hechos en el macizo rocoso, para hacer la voladura a través del uso de explosivos y poder llevar a cabo el corte de la carretera San Miguel – Jangalá.

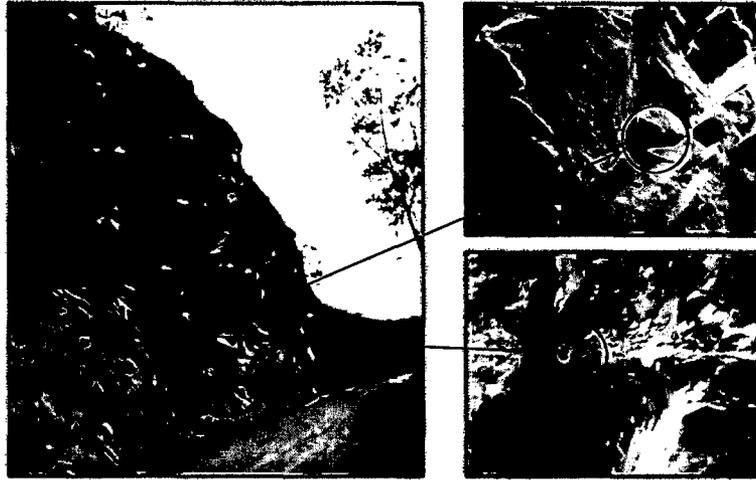


Figura 86 Taladros hechos en el macizo rocoso, para realizar la voladura y llevar a cabo el corte de carretera. Ubicado entre las progresivas 10+560 y 10+740, carretera San Miguel – Jangalá.

Como resultado de la voladura que han efectuado para hacer el corte de la carretera San Miguel-Jangalá, se han generado, además del fracturamiento del macizo rocoso, un contratalud que aumenta la probabilidad de ocurrencia de accidentes, ya que las rocas que se puedan desprender y caer, pueden perjudicar a personas y/o vehículo que transitan a diario por esta vía.



Figura 87 Contratalud, ubicado en el tramo denominado Boca de León. Ubicado entre las progresivas 10+560 y 10+740, carretera San Miguel – Jangalá.

También este tramo de la carretera se está acortando progresivamente a causa de la erosión fluvial. Actualmente el ancho de este tramo de la carretera mide 3 m. de ancho.

Otro factor que favorece al deterioro y facilita la erosión de la carretera, es el constante tránsito de vehículos livianos y pesados, que circulan por esta vía. Todo este proceso se debe a que esta carretera no recibe un mantenimiento adecuado. Además hay presencia de grietas que están afectando a un segmento de la carretera, el cual, por efectos de la gravedad y las condiciones climáticas y litológicas; colapsará en un determinado tiempo. Un muro de contención, es el que ha evitado que parte de este tramo no colapse.

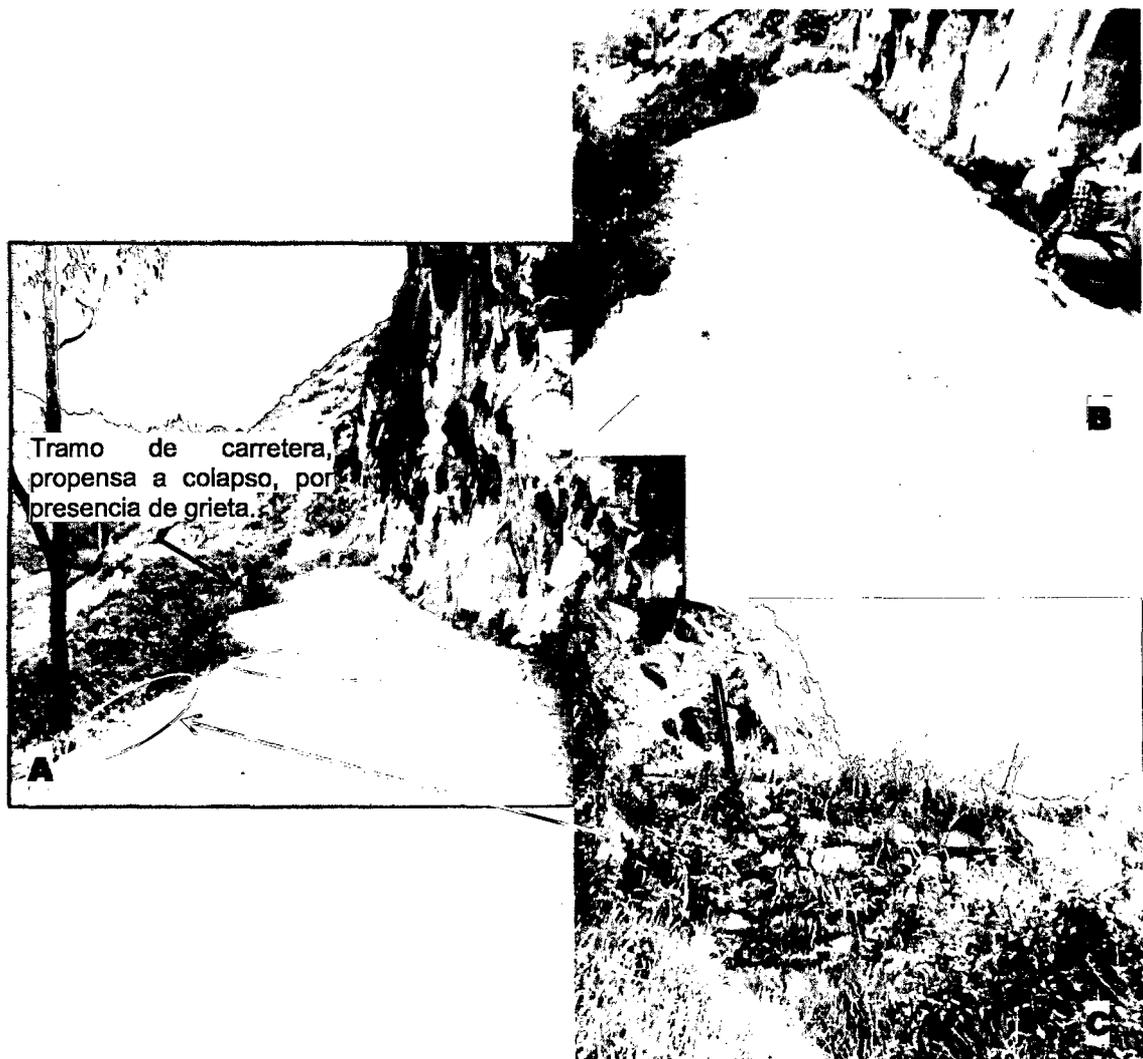


Figura 88 A) Tramo de carretera (denominado Boca de León) propensa a colapso, por presencia de grieta. B) Acortamiento de la carretera por erosión fluvial. C) Muro de contención que ha evitado que la carretera se desplome.

Entre las progresivas 11+960 y 12+100

El talud está sufriendo una serie de caída de rocas (bloques de tobas dacíticas), esto debido al fracturamiento que presenta el macizo rocoso que conforma al talud, determinado por una serie de cuñas que por acción de las fuerzas de gravedad y peso de los bloques, caen hacia la carretera.

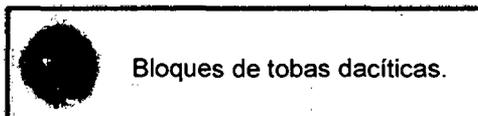


Figura 89 Tramo de caída de bloques de tobas dacíticas, ubicado entre las progresivas 11+960 y 12+60, carretera San Miguel - Jangalá.

5.3 INVENTARIO Y OCURRENCIA DE PROCESOS GEODINÁMICOS

En la presente investigación, producto del trabajo geológico de campo, se pudo identificar en total, 40 ocurrencias de procesos geodinámicos externos, que se encuentran afectando a las laderas y taludes comprendidos entre Sunudén – San Miguel – Jangalá.

Para un mejor entendimiento y análisis de la realidad geodinámica que presenta el área de estudio, se ha realizado el inventario de procesos geodinámicos por sectores. Estos son: sector Sunudén – San Miguel y sector San Miguel – Jangalá.

En las tablas 4 y 5, se muestran los tipos de procesos geodinámicos, la cantidad de ocurrencias y el porcentaje que representan respecto al total de ocurrencias; de los sectores *Sunudén–San Miguel* y *San Miguel–Jangalá*, respectivamente.

Tabla 4 Inventario de procesos geodinámicos externos, en el sector Sunudén-San Miguel.

TIPO DE PROCESO GEODINÁMICO	CANTIDAD DE OCURRENCIAS	% RESPECTO AL TOTAL DE OCURRENCIAS
Deslizamientos	4	58
Derrumbes	1	14
Caída de rocas	1	14
Erosión de laderas tipo cárcava	1	14
TOTAL	7	100

Tabla 5 Inventario de procesos geodinámicos externos, en el sector San Miguel-Jangalá.

TIPO DE PROCESO GEODINÁMICO	CANTIDAD DE OCURRENCIAS	% RESPECTO AL TOTAL DE OCURRENCIAS
Deslizamientos	22	67
Derrumbes	9	27
Caída de rocas	2	6
Erosión de laderas tipo cárcava	0	0
TOTAL	33	100

Finalmente, se hizo el compendio de la ocurrencia de los procesos geodinámicos suscitados, tanto en el sector Sunudén – San Miguel, como en el sector San Miguel – Jangalá; esto para realizar el análisis global de la realidad geodinámica que presentan las laderas y los taludes entre Sunudén – San Miguel – Jangalá.

En la tabla 6, se muestra el resumen de los tipos de procesos geodinámicos, la cantidad de ocurrencias y el porcentaje que representan respecto al total de ocurrencias; del sector comprendido entre **Sunudén – San Miguel – Jangalá**.

Tabla 6 Resumen de procesos geodinámicos externos, entre Sunudén – San Miguel – Jangalá.

TIPO DE PROCESO GEODINÁMICO	CANTIDAD DE OCURRENCIAS	% RESPECTO AL TOTAL DE OCURRENCIAS
Deslizamientos	26	65
Derrumbes	10	25
Caída de rocas	3	7.5
Erosión de laderas tipo cárcava	1	2.5
TOTAL	40	100

5.4 COMPORTAMIENTO GEODINÁMICO

Entre San Miguel – Jangalá y Sunudén – San Miguel, se tienen zonas con problemas de inestabilidad y de peligro geodinámico que causan impactos negativos al medio físico y al hombre.

Es muy importante conocer las zonas críticas para poder tomar las acciones pertinentes según la magnitud de cada una de ellas. Por ello analizando el comportamiento geodinámico del área de estudio, se ha zonificado, tomando en cuenta diversos parámetros de sus características inherentes. La relación de estos parámetros ha permitido diferenciar y zonificar cuatro niveles de zonas críticas (Tabla 7).

Esta zonificación es la base para la interpretación, estructuración y desarrollo de medidas de prevención y mitigación de peligros.

5.4.1 Parámetros de zonificación de zonas críticas

En la Tabla 7, se muestran los parámetros físicos y geodinámicos que se han evaluado para zonificar las zonas críticas, entre Sunudén – San Miguel – Jangalá.

Tabla 7 Parámetros evaluados para la zonificación de zonas críticas.

ZONIFICACIÓN DE ZONAS CRÍTICAS		
TIPO	PARÁMETROS EVALUADOS	COLOR
Zona Extremadamente Crítica	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Escarpes mayores a 2.00 m. de altura. ➤ Vulnerabilidad de la integridad física de las personas. ➤ Vulnerabilidad de infraestructura. ➤ Compromete viviendas. ➤ Compromete áreas de cultivo. ➤ Presenta escarpes activos. ➤ Presenta infiltración de agua. ➤ Pendiente del talud mayor a 40°. 	
Zona Altamente Crítica	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Escarpes de 1.00 m. a 2.00 m. de altura. ➤ Vulnerabilidad de la integridad física de las personas. ➤ Vulnerabilidad de infraestructura. ➤ Compromete viviendas. ➤ Compromete áreas de cultivo. ➤ Presenta escarpes activos. ➤ Pendiente del talud entre 30° - 40°. 	
Zona Crítica	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Escarpes de 0.50 m. a 1.00 m. de altura. ➤ Vulnerabilidad de la integridad física de las personas. ➤ Vulnerabilidad de infraestructura. ➤ Presenta escarpes activos. ➤ Pendiente del talud entre 15°- 30°. 	
Zona Medianamente Crítica	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Escarpes menores a 0.50 m. de altura. ➤ Presenta escarpes inactivos. ➤ Pendiente del talud menor a 15°. 	

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO VI. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 ANÁLISIS DEL SISTEMA VIAL

6.1.1 Sector Sunudén – San Miguel

Esta carretera es asfaltada y tiene aproximadamente 5 km. de recorrido. Esta vía se encuentra en medianas condiciones.

Entre las progresivas 25+580 a 25+720 y 26+490 a 26+700, necesita renovación del afirmado, ya que este ha sido deformado y fracturado por la ocurrencia de procesos geodinámicos.

También necesita limpieza de las cunetas de derivación de agua superficial, ya que la acumulación de rocas y material terrígeno provoca su colmatación generando erosión fluvial por el rebalse de estos flujos de agua.

6.1.2 Sector San Miguel – Jangalá

Es carretera afirmada y tiene aproximadamente 3.5 km. de recorrido. Esta vía se encuentra en malas condiciones. El deficiente mantenimiento que se le brinda, ha ocasionado que las cunetas de derivación de agua superficial, se colmaten con material terrígeno, rocas y basura; conllevando a que el flujo de agua las rebalse, erosionando la plataforma de la carretera y socavando su base.

Entre las progresivas 11+890 a 11+960 y 10+560 a 10+740, se necesita construir estructuras de contención, ya que la erosión fluvial está socavando la base de la carretera, provocando el colapso progresivo del material, acortándola cada vez más y constituyendo así un peligro latente para los vehículos y personas que transitan diariamente por esta vía.

6.2 ANÁLISIS SÍSMICO, ESTRUCTURAL Y GEOTÉCNICO ENTRE CEMENTERIO SAN JUAN – LA QUINTA – QDA. LA SECRETA

6.2.1 Análisis Sísmico

Para la construcción de obras civiles y determinación de zonas para urbanización, se debe tener muy en cuenta la variable “sismicidad”. Los movimientos sísmicos pueden activar fallas, ya que cuando se produce la fractura de la roca, la energía liberada es radiada en todas las direcciones, porque la fuente del movimiento o zona de liberación de energía no es generalmente, un punto sino una línea o un área comúnmente alargada en dirección de la falla.

En esta zona la ocurrencia de fenómenos sísmicos es esporádica, lo cual no es una condición que represente algo bueno, sino por el contrario es un indicador de que los esfuerzos tensionales y/o compresivos se están acumulando en un determinado lugar y cuando estos se liberen lo harán de manera abrupta y catastrófica, provocando terremotos de gran magnitud que significarán cuantiosos daños físicos y materiales.

En esta zona se han identificado tres (03) fallas locales (falla Cementerio Sur, falla Zogoloma y falla El Huacho), las cuales se encuentran en estado inactivo.

6.2.2 Análisis Estructural

La falla Cementerio Sur es la que, ante la ocurrencia de un fenómeno sísmico de gran magnitud se puede reactivar llegando a afectar a la zona comprendida entre el Cementerio San Juan y las laderas del margen derecho, aguas abajo, de la quebrada Desaguadera. Esto porque, la vibración que ejerzan principalmente las ondas de compresión (ondas P) y las ondas de cortante (ondas S) pueden reactivar esta falla provocando el desplazamiento del bloque techo, lo cual generará el hundimiento de la parte sur del Cementerio San Juan, dado a que esta falla es de tipo normal. Además los esfuerzos de cizalla, generarán el fracturamiento del macizo rocoso, conformando nuevas discontinuidades.

6.2.3 Análisis Geotécnico

El análisis con el software Slide, se lo realizó con el Método Bishop Simplificado, bajo dos condiciones:

- **Tensiones Efectivas:** Condiciones no drenadas (presencia de agua).
- **Tensiones Efectivas + Sismicidad:** Considerando los coeficientes máximos de aceleraciones de honda, horizontal (0.3 g.) y vertical (0.15 g.), establecidos en la Norma Sismorresistente NTE.030-97.MTC/SENCICO,1997.

✓ Cementerio San Juan

En esta zona se analizaron las laderas ubicadas en el interior del cementerio San Juan y en el margen izquierdo, aguas abajo de la quebrada Desaguadera. El perfil analizado, correspondiente a esta zona es el A – A'.

Factor de seguridad (FS):

Bajo Tensiones Efectivas: FS = 2.446

Bajo estas condiciones el factor de seguridad evaluado por el software Slide indica que, a pesar de la presencia de agua y del tipo de material presente (suelo residual), el terreno es estable; necesitando solamente tomar en cuenta, para cimentaciones, las recomendaciones dadas en el informe del Estudio de Mecánica de Suelos (ANEXO I).

Bajo Tensiones Efectivas + Sismicidad: FS = 0.687

Bajo estas condiciones el factor de seguridad evaluado por el software Slide indica que, ante la ocurrencia de un fenómeno sísmico por ej. de magnitud 6, el terreno y la infraestructura cimentada en él se verían drásticamente afectados.

Zonificación

De acuerdo a los parámetros establecidos en la Tabla N° 05, estas laderas se encuentran como una zona crítica a altamente crítica. Si no se toman las medidas de precaución necesarias, ante la ocurrencia de un fenómeno sísmico, el terreno se vería seriamente afectado.

Las características físicas que presenta la zona analizada, son:

- Presentan escarpes entre 0.60 m. a 1.50 m. de altura.
- El desplazamiento que ha sufrido el terreno ha afectado a la infraestructura del cementerio San Juan.
- Compromete áreas de cultivo.
- En el pie del deslizamiento hay presencia de escarpes activos.
- Hay infiltración de agua, en dirección de la máxima pendiente.
- La pendiente del terreno es 15°.

Medidas de mitigación

- Para contrarrestar la erosión fluvial que está causando el caudal de la quebrada Desaguadera, en el pie del deslizamiento (margen izquierdo, aguas abajo), se debe canalizar la quebrada o hacer un enrocado en sus riveras.
- Para controlar la erosión en las laderas, se debe forestar con árboles de raíces largas (Ej. Eucalipto).
- Para controlar la infiltración de agua, por escorrentía superficial, se debe construir una zanja de coronación impermeabilizada con geomembrana.

✓ La Quinta

En esta zona se analizaron las laderas ubicadas en el margen derecho, aguas abajo de la quebrada Desaguadera. El perfil analizado, correspondiente a esta zona es el **B – B'**.

Factor de seguridad (FS):

Bajo Tensiones Efectivas: FS = 1.658

Bajo estas condiciones el factor de seguridad evaluado por el software Slide indica que, a pesar de la presencia de agua y del tipo de material presente (suelo residual), el terreno es estable; necesitando solamente tomar en cuenta, para cimentaciones, las recomendaciones dadas en el informe del Estudio de Mecánica de Suelos (ANEXO I).

Bajo Tensiones Efectivas + Sismicidad: FS = 0.589

Bajo estas condiciones el factor de seguridad evaluado por el software Slide indica que, ante la ocurrencia de un fenómeno sísmico por ej. de magnitud 6, el terreno y la infraestructura cimentada en él se verían drásticamente afectados.

Zonificación

De acuerdo a los parámetros establecidos en la Tabla N° 05, estas laderas se encuentran como una zona crítica a altamente crítica. Si no se toman las medidas de precaución necesarias, ante la ocurrencia de un fenómeno sísmico, el terreno se vería seriamente afectado.

Las características físicas que presenta la zona analizada, son:

- Presentan escarpes entre 0.50 m. a 2.15 m. de altura.
- Vulnerabilidad de la integridad física de las personas.
- Vulnerabilidad de infraestructura.
- Compromete a viviendas de la urbanización La Quinta.
- Compromete áreas de cultivo.
- En el cuerpo y pie del deslizamiento hay presencia de escarpes activos.
- Hay infiltración de agua, en dirección de la máxima pendiente.
- La pendiente del terreno está entre 15° a 30°.

Medidas de mitigación

- Para contrarrestar la erosión fluvial que está causando el caudal de la quebrada Desaguadera, en el pie del, se debe canalizar la quebrada o hacer un enrocado en sus riveras.
- Para controlar la erosión en las laderas, se debe forestar con árboles de raíces largas (Ej. Eucalipto).
- Para controlar la infiltración de agua, por escorrentía superficial, se debe construir una zanja de coronación impermeabilizada con geomembrana.
- Las personas, cuyas viviendas están construidas en la plataforma superior del deslizamiento, deben ser capacitadas para afrontar de manera correcta la ocurrencia de algún tipo de proceso geodinámico y/o fenómeno sísmico.

✓ **Qda. La Secreta**

En esta zona se analizaron las laderas ubicadas al margen derecho e izquierdo, aguas abajo de la quebrada La Secreta, y el talud ubicado entre las progresivas 12+320 y 12+350 de la carretera San Miguel-Jangalá. El perfil analizado, correspondiente a esta zona es el **C – C'**.

Factor de seguridad (FS):

Bajo Tensiones Efectivas: FS = 0.527

Bajo estas condiciones el factor de seguridad evaluado por el software Slide indica que, el terreno es inestable, determinando así una zona, donde a pesar de las recomendaciones para cimentaciones, dadas en el informe del Estudio de Mecánica de Suelos, no se debe cimentar; a no ser que se emplee cimentaciones profundas mediante pilotes, para así poder distribuir la carga de la estructura hacia el macizo rocoso ubicado a profundidad. Respecto al deslizamiento que se está suscitando en el talud, este debe ser controlado mediante la construcción de un muro de contención. Hay que considerar que en esta zona, hay abundante filtración de agua, la cual se la identificó a 1.75 m. de profundidad respecto a la superficie del terreno (Calicata N° 05 – ANEXO I).

Bajo Tensiones Efectivas + Sismicidad: FS = 0.317

Bajo estas condiciones el factor de seguridad evaluado por el software Slide indica que, ante la ocurrencia de un fenómeno sísmico por ej. de magnitud 6, las laderas y el talud antes mencionados, se verían drásticamente afectados.

Zonificación

De acuerdo a los parámetros de clasificación geotécnica establecidos en la Tabla N° 02, estas laderas se encuentran como una zona crítica a extremadamente crítica, porque:

- Presentan escarpes entre 0.50 m. a 2.20 m. de altura.
- Vulnerabilidad de la integridad física de las personas, ya que hay una vivienda ubicada al margen derecho, aguas abajo de la Qda. La Secreta.
- Vulnerabilidad de infraestructura.
- Compromete viviendas.
- Compromete áreas de cultivo.
- Hay presencia de escarpes activos.
- Hay filtración de agua.
- La pendiente del terreno está entre 15° - 40°.

Medidas de mitigación

- Para contrarrestar la erosión fluvial que está causando el caudal de la quebrada La Secreta en el pie del deslizamiento, se debe reforestar las riveras de dicha quebrada (con árboles de raíces largas), canalizar el caudal, construir gaviones o colocar enrocados.
- Las personas, cuyas viviendas están cerca a los deslizamientos suscitados, deben ser capacitadas para afrontar de manera correcta la ocurrencia de algún tipo de proceso geodinámico y/o fenómeno sísmico.

6.3 ANÁLISIS GEODINÁMICO DEL SECTOR SUNUDÉN – SAN MIGUEL

Para este análisis se han considerado las zonas más representativas y que constituyen un potencial daño tanto para el medio físico, como para el hombre.

6.3.1 Entre las progresivas 23+650 y 23+710

Las laderas en este tramo, están sufriendo un deslizamiento rotacional, el cual se encuentra en estado activo.

Estas laderas se han tipificado como una zona altamente crítica a extremadamente crítica, porque:

- Presenta escarpes entre 1.05 m. a 2.35 m. de altura.
- Vulnerabilidad física de las personas que habitan cerca al deslizamiento.
- Sobre la plataforma superior del deslizamiento se encuentra una vivienda cuya estructura se ha visto afectada por el desplazamiento que está sufriendo el terreno.
- El excesivo riego y sobrepastoreo que se practica en la zona han desestabilizado el terreno, comprometiendo también a la carretera Sunudén – San Miguel, ante el posible colapso parcial o total de dicho deslizamiento.
- Presenta sobresaturación del terreno, evidenciada por los bofedales que hay a lo largo del cuerpo del deslizamiento.

Medidas de mitigación

- Construir zanjas de coronación, las cuales tienen que ser impermeabilizadas con geomembrana.
- Drenar el agua mediante sumideros.
- Forestar con árboles de raíces largas (ej. Eucaliptos) las laderas circundantes al deslizamiento.
- Evacuar a las personas que habitan en la vivienda cuya estructura ha sido afectada.

6.3.2 Entre las progresivas 25+420 y 25+560

El talud está sufriendo derrumbamiento por acción antrópica, ya que es generado por la explotación de una cantera, la cual es ejecutada sin ningún tipo de asesoramiento profesional.

Este tramo se ha tipificado como una zona crítica a altamente crítica porque:

- Vulnerabilidad de la integridad física de las personas, ya que el constante derrumbamiento que sufre el material compuesto por suelo-roca, constituyen un peligro latente para las personas que transitan diariamente por esta vía.
- Vulnerabilidad de infraestructura (carretera Sunudén – San Miguel) ya que el colapso parcial o total del talud provocaría la obstaculización y daño de la carretera, dificultando y/o impidiendo el tránsito, afectando de esta manera a la población.
- Compromete áreas de cultivo, ubicados en la plataforma superior de este tramo de derrumbamientos.

Medidas de mitigación:

- Colocar mallas de acero en el talud, para contener el material desprendido.
- Desquinchar las rocas propensas a caer por efectos de la fuerza de gravedad y peso de la masa.
- Contar con asesoramiento profesional para aplicar un adecuado método de explotación en la cantera ubicada en el talud.

6.3.3 Entre las progresivas 25+500 y 25+720

El talud está sufriendo un deslizamiento rotacional que se encuentra en estado activo.

Este tramo se ha tipificado como una zona crítica a altamente crítica, porque:

- Existe vulnerabilidad de la integridad física de las personas que transitan diariamente por esta vía.
- Vulnerabilidad de infraestructura (carretera Sunudén – San Miguel) ya que el colapso parcial o total del talud provocaría la obstaculización y daño de la carretera, dificultando y/o impidiendo el tránsito, afectando de esta manera a la población.
- Compromete áreas de cultivo, ubicados en la plataforma superior del deslizamiento.
- Presenta escarpes activos y grietas hasta de 1 m. de abertura por donde se infiltra el agua de escorrentía superficial, producto de las precipitaciones.

Medidas de mitigación:

- Construir un muro de contención.
- Construir zanjas de coronación, impermeabilizadas con geomembrana, para distribuir de manera adecuada los flujos de agua, puesto que el agente desencadenante en todo deslizamiento es el agua.
- Las laderas ubicadas en la parte superior de este deslizamiento están sufriendo un desplazamiento que se está viendo evidenciado por la presencia de diversos escarpes secundarios, por lo que para mitigar este proceso se debe forestar con árboles de raíz larga (ej. Eucaliptos).

6.3.4 Quebrada Lipoc

El caudal de la quebrada Lipoc está erosionando sus riberas provocando el desplome y arrastre del material compuesto por suelo-roca, profundizando y ensanchando progresivamente su cauce.

Esta zona se ha tipificado como una zona extremadamente crítica, porque:

- Presenta escarpes de hasta 3.00 m. de altura.
- Vulnerabilidad física de personas que habitan cerca a dicho deslizamiento.
- Vulnerabilidad de infraestructura (carretera Sunudén – San Miguel) ya que el colapso parcial o total del talud provocaría la obstaculización y daño de la carretera, dificultando y/o impidiendo el tránsito, afectando de esta manera a la población.
- Vulnerabilidad de viviendas, ya que en la plataforma superior de estos deslizamientos, se encuentran 4 viviendas cuyas estructuras se verían directamente afectadas.
- Compromete también terrenos de cultivo, ubicados en la plataforma superior del deslizamiento.
- Presenta escarpes activos y diversas grietas de tracción.
- Hay infiltración de agua.

Medidas de mitigación:

- Construir zanjas de coronación que distribuyan adecuadamente el agua para evitar la erosión fluvial por escorrentía superficial y por infiltración.
- Evacuar a las personas cuyas viviendas se encuentran en la plataforma superior de este deslizamiento, ya que las grietas de tracción generadas por el desplazamiento del terreno, comprometen directamente a dichas viviendas y en un determinado tiempo éstas se verán afectadas en su estructura provocando su inminente colapso.

6.3.5 Entre las progresivas 26+490 y 26+700

La erosión fluvial ha generado surcos y cárcavas profundas constituyendo así una zona de intensa erosión de laderas tipo cárcavas.

Este tramo se ha tipificado como una zona crítica a altamente crítica, porque:

- Vulnerabilidad de la integridad física de las personas, ante los constantes desprendimientos de rocas y flujos de detritos a lo largo de los surcos y cárcavas generadas por erosión fluvial.
- Vulnerabilidad de infraestructura (carretera Sunudén – San Miguel), dado que esta es obstaculizada, sobre todo en tiempo de invierno (principalmente meses de marzo-abril).
- Compromete viviendas ya que en la plataforma superior, donde inician estas cárcavas, se encuentra una vivienda que se vería afectada por este proceso geodinámico.
- Presenta escarpes activos.
- La pendiente del talud es de 40°.

Medidas de mitigación:

- Usar trinchos escalonados a lo largo del cauce de la cárcava, lo que permitirá evacuar las aguas superficiales controlando la erosión fluvial.
- Reforestar estas laderas con árboles de raíces largas (ej. Eucaliptos) para controlar la erosión causada por escorrentía y por infiltración del agua.
- Construir zanjas de coronación, impermeabilizadas con geomembrana, que distribuyan de manera adecuada el agua de escorrentía superficial.
- Señalizar este tramo de la carretera como zona de desprendimiento y caída de rocas, además de flujo de detritos.

6.4 ANÁLISIS GEODINÁMICO DEL SECTOR SAN MIGUEL – JANGALÁ

Para este análisis se han considerado las zonas más representativas y que constituyen un potencial daño tanto para el medio físico, como para el hombre.

6.4.1 Entre las progresivas 10+560 y 10+740

Este tramo denominado “Boca de León”, presenta una zona de caída de rocas.

El macizo rocoso presenta un RQD = 92.23 y un RMR = 75, lo que determina una roca de buena calidad. (ANEXO II)

Respecto a su tipificación, este tramo se encuentra como una zona crítica, porque:

- Hay vulnerabilidad de la integridad física de las personas. debido a la caída de rocas producto del fracturamiento que presenta el macizo rocoso, generado por el empleo de métodos inadecuados de explotación, cuando este era explotado como cantera, y por la voladura inadecuada que han empleado cuando hicieron el corte de carretera.
- Vulnerabilidad de infraestructura (carretera San Miguel – Jangalá), ya que el desprendimiento y caída de rocas obstaculizan la carretera dificultando y/o impidiendo el tránsito de personas y vehículos afectando de esta manera a la población.

Medidas de mitigación:

- Como el análisis geomecánico desarrollado en este macizo rocoso nos determina una roca de buena calidad, para mitigar este peligro por caída de rocas, se debe elaborar un sistema de monitoreo de generación de cuñas y desquinchar aquellos bloques que estén propensos a caer.
- Se debe señalar como un tramo de caída de rocas.

6.4.2 Entre las progresivas 11+720 y 11+840

El talud está sufriendo un derrumbamiento activo y se ha tipificado como una zona altamente crítica, porque:

- Hay vulnerabilidad de la integridad física de las personas que transitan diariamente por esta vía.
- Vulnerabilidad de infraestructura (carretera San Miguel – Jangalá), ante un eventual colapso parcial o total.
- Presenta escarpes activos e infiltración de agua, por las fracturas del macizo rocoso.

Interpretación:

Este derrumbamiento compuesto por suelo-roca, representa un peligro latente para personas, vehículos y animales que transitan diariamente por esta vía. Una vez que se produzca el colapso total de toda la masa de suelo-roca que conforman a este derrumbamiento, todo este material irá a parar al Río San Miguel, provocando un embalsamiento y cuando la fuerza de empuje del agua supere a la fuerza de rozamiento, se producirá un aluvión, que causará diversos daños a las zonas que se encuentran aguas abajo.

Medidas de mitigación:

- Para mitigar este peligro se debe hacer zanjas de coronación impermeabilizadas con geomembranas.
- Colocar mallas metálicas o redes que protejan, ante el derrumbamiento que sufren los bloques de rocas y el material detrítico.
- Señalizar esta zona, como un tramo de derrumbes (eventuales caídas de rocas).
- Desquinchar aquellos bloques ubicados en el escarpe principal de este derrumbamiento, que están propensos a caer.

6.4.3 Quebradas Tayamayo y La Lucma

Estas laderas están sufriendo procesos de deslizamientos activos. Están ubicadas a la altura de las progresivas 10+350 y 9+900 respectivamente, en la carretera San Miguel-Jangalá.

Las laderas que conforman a estas quebradas se han tipificado como una zona altamente crítica a extremadamente crítica, porque:

- Presentan escarpes entre 1.00 m. a 2.25 m. de altura.
- Hay vulnerabilidad de la integridad física de las personas, puesto que sobre la plataforma superior de un deslizamiento se encuentran 2 viviendas.
- El colapso y deslizamiento de este material compuesto por suelo-roca, representa un peligro para la carretera San Miguel-Jangalá ya que estas quebradas la atraviesan.
- Los deslizamientos generados están inhabilitando varias parcelas de terrenos, perjudicando a los pobladores de la zona.
- Presentan escarpes activos y además grietas de tracción que se están generando como consecuencia el desplazamiento del terreno.
- También hay infiltración de agua, que satura el terreno, evidenciando diversos bofedales a lo largo del recorrido de las quebradas.

Medidas de mitigación:

- Para mitigar estos peligros se debe reforestar las laderas, con árboles de raíces largas y hacer zanjas de coronación impermeabilizadas con geomembrana.
- Colocar enrocados en los lados del cauce de la quebrada, para protegerlos de la erosión fluvial.
- Capacitar a las personas para que sepan cómo reaccionar ante la ocurrencia del colapso parcial o total de los terrenos donde se encuentran sus viviendas.
- Forestar la zona con árboles de raíces largas (ej. Los eucaliptos).

6.4.4 Laderas ubicadas a 500 m. al nor-este del caserío de Jangalá

Ubicadas en la carretera Jangalá-Nundén. Estas laderas se han tipificado como una zona altamente crítica a extremadamente crítica, porque:

- Presenta escarpes entre 1.20 m. a 3.20 m. de altura.
- Vulnerabilidad de la integridad física de las personas, que transitan diariamente por esta vía.
- Vulnerabilidad de infraestructura (carreteras Jangalá-Nundén y San Miguel-Jangalá, ante el posible colapso parcial o total del deslizamiento.
- En la plataforma superior de este deslizamiento rotacional, se encuentran dos viviendas cuya estructura se ha visto afectada por el desplazamiento del terreno.
- Compromete áreas de cultivo.
- Presenta escarpes activos, en el cuerpo y pie del deslizamiento.
- Presenta infiltración de agua a través de las grietas que se han generado por el desplazamiento del terreno.
- La pendiente del terreno está entre 30° a 35°.

Interpretación:

La erosión fluvial ha generado diversos surcos y cárcavas que, pendiente abajo, han definido una proyección del deslizamiento, condiciones que darán como resultado la conformación de un deslizamiento de mayor proporción, que al llegar al río San Miguel provocará el embalsamiento del agua, para finalmente cuando la fuerza de empuje supere a la de rozamiento, se genere un aluvión.

Medidas de mitigación:

Para mitigar este peligro por deslizamiento se debe hacer zanjas de coronación impermeabilizadas con geomembranas, además se debe aplicar un sistema de drenaje mediante sumideros. También se debe forestar con árboles de raíces largas, las laderas circundantes a este deslizamiento.

6.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS OBTENIDOS

6.5.1 Sector Sunudén – San Miguel

Procesos geodinámicos

El análisis estadístico respecto a la ocurrencia de procesos geodinámicos inventariados en este sector, muestra un total de siete (07) ocurrencias. Teniendo a los deslizamientos en el primer lugar con 4 ocurrencias, equivalente al 58% respecto al total de ocurrencias; le siguen los derrumbes con 1 ocurrencia, equivalente al 14%; la caída de rocas con 1 ocurrencia, equivalente al 14% y finalmente la erosión de laderas con 1 ocurrencia, equivalente al 14%, tal como se aprecia en la figura 90.

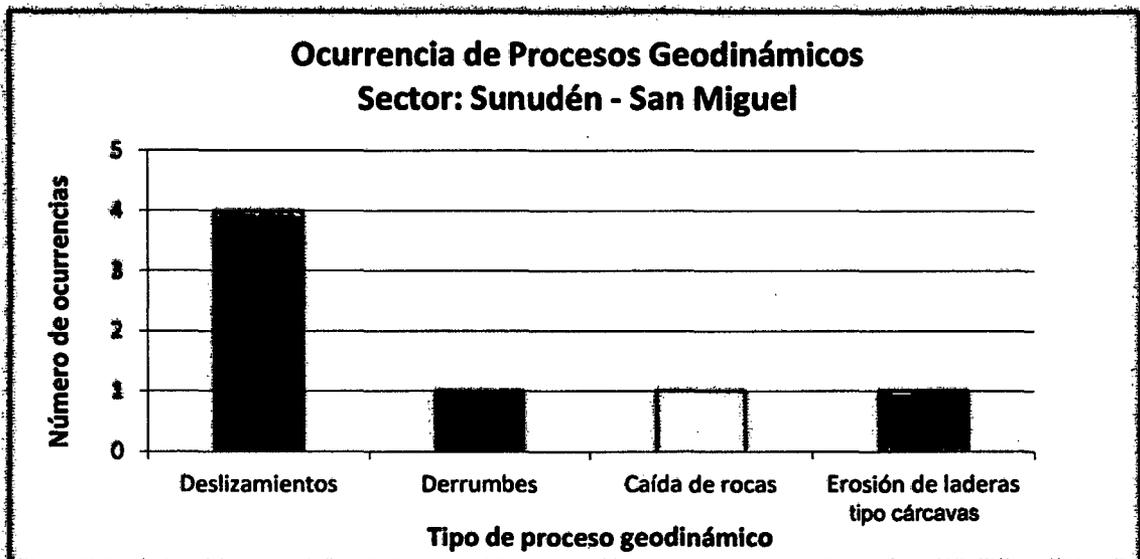


Figura 90 Ocurrencia de procesos Geodinámicos. Sector Sunudén – San Miguel.

Zonas críticas

El área de cada una de las tipificaciones de las zonas estudiadas, respecto al área total del sector (2 km²), muestra lo siguiente (en porcentaje):

- Zonas Extremadamente Críticas : 1.92%
- Zonas Altamente Críticas : 10.25%
- Zonas Críticas : 17.46%
- Zonas Moderadamente Críticas : 70.37%

6.5.2 Sector San Miguel – Jangalá

Procesos geodinámicos

El análisis estadístico respecto a la ocurrencia de procesos geodinámicos inventariados en este sector (33 ocurrencias) muestra a los deslizamientos en el primer lugar con 22 ocurrencias, equivalente al 67% respecto al total de ocurrencias; le siguen los derrumbes con 9 ocurrencias, equivalente al 27% y finalmente la caída de rocas con 2 ocurrencias, equivalente al 6%, tal como se aprecia en la figura 91.

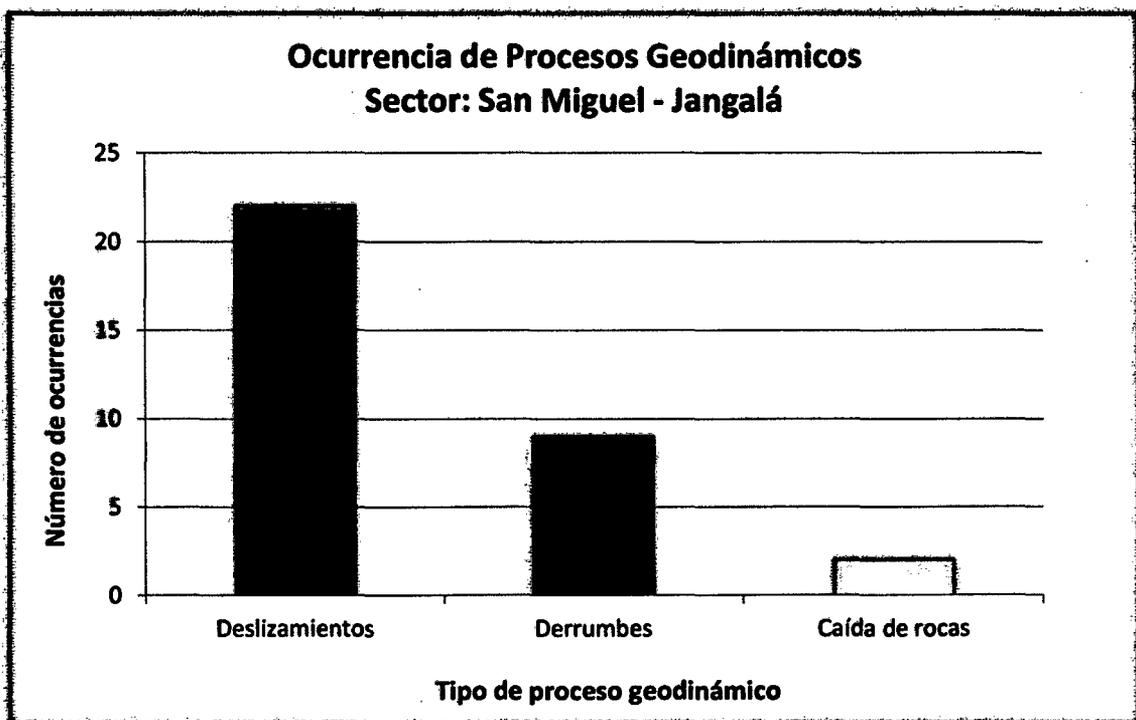


Figura 91 Ocurrencia de procesos Geodinámicos. Sector San Miguel – Jangalá.

Zonas críticas

El área de cada una de las tipificaciones de las zonas estudiadas, respecto al área total del sector (2 km²), muestra lo siguiente (en porcentaje):

- Zonas Extremadamente Críticas : 3.35%
- Zonas Altamente Críticas : 13.12%
- Zonas Críticas : 31.34%
- Zonas Moderadamente Críticas : 52.19%

6.5.3 Sector comprendido entre Sunudén – San Miguel – Jangalá

Procesos geodinámicos

El análisis estadístico respecto a la ocurrencia de procesos geodinámicos inventariados en toda el área de estudio (4 km²), muestra un total de cuarenta (40) ocurrencias. Los deslizamientos ocupan el primer lugar con 26 ocurrencias, equivalente al 65% respecto al total de ocurrencias; le siguen los derrumbes con 10 ocurrencias, equivalente al 25%; la caída de rocas con 3 ocurrencias, equivalente al 7.5% y finalmente la erosión de laderas con 1 ocurrencia, equivalente al 2.5%, tal como se aprecia en la figura 92.

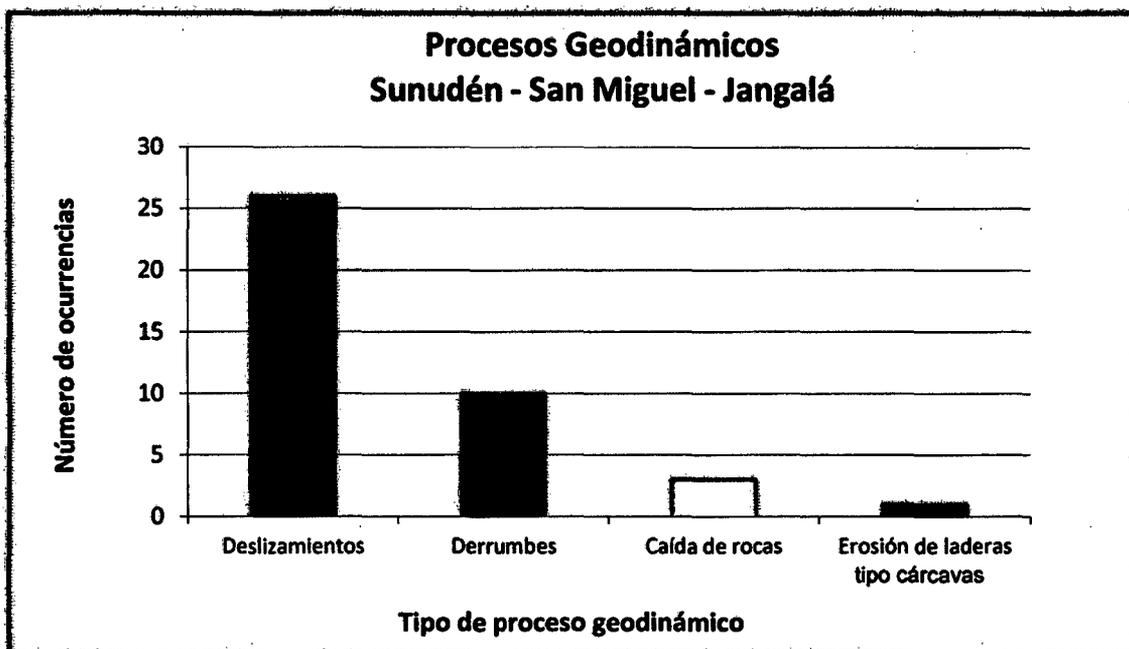


Figura 92 Ocurrencia de procesos Geodinámicos entre Sunudén – San Miguel – Jangalá.

Zonas críticas

El área de cada una de las tipificaciones de las zonas estudiadas, respecto al área total de la zona de estudio (4 km²), muestra lo siguiente (en porcentaje):

- Zonas Extremadamente Críticas : 2.66%
- Zonas Altamente Críticas : 12.25%
- Zonas Críticas : 20.46%
- Zonas Moderadamente Críticas : 64.63%

6.6 CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

La zona de estudio presenta un ambiente geológico netamente volcánico, representado por ceniza volcánica, flujos piroclásticos y tobas dacíticas, pertenecientes al Volcánico Huambos. Los afloramientos de rocas volcánicas debido a su composición mineralógica, sumado en algunos casos al impacto de fallas tectónicas que han originado su fracturamiento, han sido fácilmente meteorizados y erosionados por los agentes geodinámicos externos; constituyendo depósitos de consistencia poco compacta, poco plástica y de permeabilidad media a alta. Esta litología ha favorecido la infiltración del agua (agente geodinámico principal), producto de las precipitaciones y escorrentía superficial, saturando e incrementando la presión intersticial del material, lo que ha conllevado a que por efectos del aumento del peso unitario del material saturado en agua, la gravedad y la topografía del terreno, este sufra deslizamientos, derrumbamiento, caída de rocas y erosión de laderas.

A través de la evaluación geodinámica y el análisis estadístico de los datos obtenidos, se determinó que los procesos geodinámicos de mayor incidencia en toda el área de estudio, son los deslizamiento, representando el 65% (respecto al total de ocurrencias); seguido de los derrumbes (25%); la caída de rocas (7.5%) y finalmente la erosión de laderas (2.5%). Estos procesos geodinámicos han sido influenciados principalmente por el tipo de litología y la acción del agua, como agente geodinámico desencadenante. Estableciendo así una interrelación directa entre los agentes geodinámicos internos y externos.

Por lo que la hipótesis planteada ha sido contrastada y verificada.

CONCLUSIONES

- ✓ **Litológicamente el área de estudio está constituido por sedimentos y fragmentos de rocas pertenecientes al Volcánico Huambos en un 92.96%; depósitos coluviales en un 2.59%; depósitos aluviales en un 2.96% y depósitos fluviales en un 1.49%.**
- ✓ **Geomorfológicamente se tiene a las planicies representando el 22.98%; las lomadas representan el 13.64%; las laderas representan el 39.40% y los escarpes representan el 23.98%.**
- ✓ **En las unidades estructurales discontinuas la Falla Cementerio Sur es la que mayor repercusión tiene en toda el área de estudio, por haber generado asentamientos en el terreno dentro del Cementerio San Juan, y compromete al sector Este de la Urbanización La Quinta.**
- ✓ **Se identificaron cuatro (4) tipos de procesos geodinámicos externos, que constituyen un total de cuarenta (40) ocurrencias. Teniendo a los deslizamientos en primer lugar con 26 ocurrencias, representando el 65%; seguido de los derrumbes con 10 ocurrencias, representando el 25%; la caída de rocas con 3 ocurrencias, representando el 7.5% y finalmente la erosión de laderas tipo cárcavas con 1 ocurrencia, representando el 2.5%.**
- ✓ **Mediante la elaboración de los planos de zonificación geodinámica se determinó que, las Zonas Extremadamente Críticas representan el 2.66%; las Zonas Altamente Críticas representan el 12.25%; las Zonas Críticas representan el 20.46% y las Zonas Moderadamente Críticas representan el 64.63%.**

RECOMENDACIONES

- ✓ Establecer un sistema de control y monitoreo geotécnico permanente, de los procesos geodinámicos externos presentes en el sector La Quinta, y las riberas de las quebradas Lipoc, Tayamayo y La Lucma; para así poder tener una data actualizada, de desplazamientos y/o hundimientos del terreno, que conlleve a adoptar las medidas de mitigación y prevención necesarias.

- ✓ Realizar perforaciones diamantinas y ensayos de mecánica de rocas y suelos; en el sector comprendido entre el Cementerio San Juan – La Quinta – Qda. La Secreta, para determinar lo siguiente: espesor del depósito de suelo residual, profundidad a la que se encuentra el macizo rocoso y las superficies de falla de los deslizamientos presentes, propiedades geomecánicas y características petromineralógicas de la roca y suelo, presencia de fallas geológicas y nivel freático. Y con esta información poder adoptar los criterios y parámetros técnico-constructivos más apropiados, y a la vez conocer medidas adecuadas de prevención y mitigación de peligros, relacionados a procesos geodinámicos externos; dado a que este sector se encuentra en proceso de urbanización.

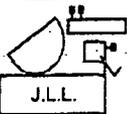
- ✓ Brindar conferencias y charlas informativas a la población de la Urbanización “La Quinta” y a la que construido sus viviendas en las riberas de las quebradas: La Secreta, Lipoc, Tayamayo y La Lucma; con la finalidad de sensibilizarlos y crear conciencia respecto al peligro que representan los procesos geodinámicos externos, al cual se encuentran expuestos, y así evitar que estos sectores se sigan expandiendo urbanísticamente de manera irresponsable.

BIBLIOGRAFÍA

- **BENAVIDES, V. (1956).** Geología de la Región de Cajamarca. Estudio sobre la interpretación geológica y estratigráfica a nivel regional del área de Cajamarca.
- **KEEFER, D. K. (1984).** Los deslizamientos de tierra causados por los sismos. Sociedad Geológica de América. Boletín 95: pág. 406 - 421.
- **LARA, M. & SEPÚLVEDA, S. (2008),** Remoción de masas. Departamento de Geología. Universidad de Chile.
- **MEDINA, J. (2002).** Fenómenos Geodinámicos. Estudio y Medidas de Tratamiento.
- **REYES, L. (1990).** Geología de los Cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba (Boletín Serie A - N°31). Estudio geológico regional realizado por geólogos del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) en Cajamarca y alrededores a escala 1:100,000.
- **SKINNER, B. & PORTER, S. (1992).** Dinámica de suelos. Introducción a la Geología Física. Segunda edición: pág. 570 - 580.
- **WILSON, J. (1984).** Geología de los Cuadrángulos de Jayanca, Incahuasi, Cutervo, Chiclayo, Chongoyape, Chota, Celendín, Pacasmayo y Chepén (Boletín Serie A - N° 38). Estudio geológico regional realizado por geólogos del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) en Cajamarca y alrededores a escala 1:100,000.
- **ZAVALA, B. & ROSADO, M. (2011).** Riesgo Geológico en la Región Cajamarca (Boletín Serie C - N°44). Zonas críticas por peligros geológicos e hidrológicos en la Región Cajamarca.

ANEXOS

ANEXO I
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS



JOSÉ LEZAMA-LEIVA

INGENIERO CIVIL

CONSULTOR DE OBRAS DE INGENIERÍA

REG. C.I.P. Nº 14061 - RUC 10266787711

REGISTRO NACIONAL DE CONSULTORES Nº CO 112

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS, LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO Y DISEÑO DE PAVIMENTOS

Jr. Huánuco Nº 442

Tel. 365096 CEL 976625363 - 976666525

RPC Claro 993551722 - 993551713

Cajamarca

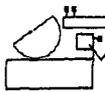
ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

PROYECTO:

**“EVALUACIÓN GEOESTRUCTURAL Y GEODINÁMICA ENTRE SUNUDÉN -
SAN MIGUEL - PUENTE SANTA ROSA Y SAN MIGUEL - JANGALÁ”
SAN MIGUEL – CAJAMARCA**

SOLICITANTE: MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN MIGUEL

CAJAMARCA, ABRIL 2014



JOSE LEZAMA LEIVA

INGENIERO CIVIL

CONSULTOR DE OBRAS DE INGENIERIA

REG. C.I.P. Nº 14061 - RUC 10266787711

REGISTRO NACIONAL DE CONSULTORES Nº CO 112

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS, LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO Y DISEÑO DE PAVIMENTOS

ÍNDICE

	Página
1. GENERALIDADES	
1.1 Objetivo del Estudio.....	01
1.2 Ubicación y Descripción del Área en estudio.....	01
1.3 Condición climática.....	01
2. INVESTIGACIONES DE CAMPO	
2.1 Trabajos de Campo.	
2.1.1 Calicatas.....	02
2.1.2 Muestreo Disturbado.....	02
2.1.3 Registro de Excavaciones.....	02
3. CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO.....	02
4. ENSAYOS DE LABORATORIO	
4.1 Ensayos Estándar.....	03
4.2 Ensayos Especiales.....	03
4.3 Clasificación de Suelos.....	03
5. PERFILES ESTRATIGRÁFICOS	
5.1 Descripción de los Perfiles Estratigráficos.....	03-04
5.2 Aspectos relacionados con la Napa Freática.....	04
6. ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN PARA LA EDIFICACIÓN	
6.1 Tipo y Profundidad de la Cimentación.....	04
6.2 Cálculo de la Capacidad Admisible de Carga.....	04-05
7. CONTENIDO DE SALES AGRESIVAS A LAS ESTRUCTURAS.....	05
8. RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE CIMENTACIÓN	06
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	07-09

ANEXO I

Resultado de los ensayos de Laboratorio.

ANEXO II

Perfiles Estratigráficos

ANEXO III

Ensayos de Auscultación con DPL

ANEXO IV

Análisis de pH, Sulfatos y Cloruros

ANEXO V

Plano de ubicación de Calicata

ANEXO VI

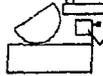
Mapa de Zonificación Sísmica del Perú

ANEXO VII

Material Fotográfico



José L. Lezama Leiva
INGENIERO CIVIL
REG. C.I.P. 14061



JOSE LEZAMA LEIVA

INGENIERO CIVIL

CONSULTOR DE OBRAS DE INGENIERIA

REG. C.I.P. N° 14061 - RUC 10266787711

REGISTRO NACIONAL DE CONSULTORES N° CO 112.

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS, LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO Y DISEÑO DE PAVIMENTOS

INFORME TÉCNICO

1.0.- GENERALIDADES.

1.1.- Objetivo del Estudio.

El presente Informe Técnico tiene por finalidad dar a conocer a la MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN MIGUEL, los resultados de las investigaciones del suelo del terreno de fundación donde se llevará a cabo el Proyecto: "EVALUACIÓN GEOESTRUCTURAL Y GEODINÁMICA ENTRE SUNUDÉN - SAN MIGUEL - PUENTE SANTA ROSA Y SAN MIGUEL - JANGALÁ"; por medio de trabajos de campo a través de cinco (05) pozos de exploración a cielo abierto o Calicatas, ensayos de laboratorio estándar y especiales a fin de obtener las principales características físicas y mecánicas del subsuelo, sus propiedades de resistencia y labores de gabinete en base a los cuales se define el perfil estratigráfico, Capacidad de Carga Admisible y las conclusiones y recomendaciones generales.

El programa de trabajo realizado con este propósito ha consistido en:

- Reconocimiento del terreno.
- Excavación de Pozos de Exploración.
- Toma de Muestras de campo.
- Ensayos de Penetración Dinámica Ligera (DPL)
- Ejecución de Ensayos de Laboratorio.
- Evaluación de los Trabajos de Campo y Laboratorio.
- Perfiles Estratigráficos.
- Análisis de la Capacidad de Carga Admisible.
- Análisis de Sales agresivas al concreto.
- Conclusiones y Recomendaciones.

1.2.- Ubicación y Descripción del Área en Estudio.

El terreno destinado para la ejecución del Proyecto: "EVALUACIÓN GEOESTRUCTURAL Y GEODINÁMICA ENTRE SUNUDÉN - SAN MIGUEL - PUENTE SANTA ROSA Y SAN MIGUEL - JANGALÁ", se encuentra ubicado en la ciudad de San Miguel de Pallaques, jurisdicción del distrito de San Miguel, Provincia de San Miguel, Región Cajamarca.

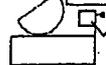
1.3.- Geografía Y Condición Climática

La ciudad de San Miguel de Pallaques se encuentra a 2,665 msnm, en la parte más baja de la región quechua a orillas del río San Miguel, siendo asiento de la catarata del Condac, presentando un agradable clima primaveral con una temperatura media de 14.8° C al año.

Tiene un clima templado y seco, con invierno frío y verano intensamente lluvioso en los meses de enero, febrero y marzo. Además por encontrarse en plena ladera, se encuentra con intensas neblinas entre los meses de Octubre a Mayo.



José L. Lezama Leiva
INGENIERO CIVIL
REG. C.I.P. 14061



2.0.- INVESTIGACIONES DE CAMPO.

2.1.- Trabajos de Campo:

El trabajo de campo incluyó las siguientes actividades:

- Evaluación y selección de los Pozos de Exploración (calicatas).
- Excavación, registro y muestreo de los Pozos de Exploración.

2.1.1.- Calicatas

Con la finalidad de determinar el Perfil Estratigráfico del área en estudio se han realizado cinco (05) excavaciones a cielo abierto o Calicatas, localizadas convenientemente, acorde al área del terreno, a la siguiente profundidad:

CUADRO DE CALICATAS

CALICATA N°	PROFUNDIDAD (m.)	COORDENADAS UTM	
		NORTE	ESTE
C-1	3.00	9226079	738092
C-2	3.00	9225965	738155
C-3	3.00	9225875	737909
C-4	3.00	9225819	738023
C-5	3.00	9225765	737899

2.1.2.- Muestreo Disturbado.

Se tomaron muestras disturbadas de cada uno de los tipos de suelos encontrados (Mab), en cantidad suficiente, para realizar los ensayos de clasificación e identificación de suelos.

2.1.3.- Registros de Excavaciones

Paralelamente al muestreo, se realizó el registro de las Calicatas, bajo la Norma A.S.T.M. D 2488 (Procedimiento Visual-Manual, Descripción e Identificación de Suelos), anotándose las principales características de los tipos de suelos encontrados, tales como: espesor, humedad, compacidad, dilatancia, plasticidad, tenacidad, etc.

3.0.- CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO.

La ejecución del Proyecto: "EVALUACIÓN GEOESTRUCTURAL Y GEODINÁMICA ENTRE SUNUDÉN - SAN MIGUEL - PUENTE SANTA ROSA Y SAN MIGUEL - JANGALÁ", comprende una evaluación geo estructural y geodinámica del área que abarca el proyecto, con la finalidad de determinar las características físicas y mecánicas del suelo en estudio, así como sus propiedades de resistencia, con la finalidad de tomar medidas preventivas, para minimizar los daños que puede conllevar cualquier tipo de desastre natural en la zona.

4.0.- ENSAYOS DE LABORATORIO.

Los ensayos Estándar y el Ensayo de Corte Directo en Suelos se realizaron en el Laboratorio de Mecánica de Suelos del Ingeniero José Lezama Leiva y el Análisis Químico de sales agresivas al concreto se realizó en el Laboratorio del Ing. Químico Hugo Mosqueira Estraver, bajo las Normas A.S.T.M. (American Society For Testing and Materials).


 José L. Lezama Leiva
 INGENIERO CIVIL
 REG. C.I.P. 14061



JOSE LEZAMA LEIVA

INGENIERO CIVIL

CONSULTOR DE OBRAS DE INGENIERIA

REG. C.I.P. N° 14061 - RUC 10266787711

REGISTRO NACIONAL DE CONSULTORES N° CO 112

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS, LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO Y DISEÑO DE PAVIMENTOS

4.1.- Ensayos Estándar.

Se realizaron los siguientes ensayos:

- 06 Ensayos de Análisis Granulométrico. ASTM D-422.
- 06 Ensayos de Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de Suelos. ASTM D-4318.
- 06 Ensayos de Contenido de humedad. ASTM D-2216.

4.2.- Ensayos Especiales.

Fueron realizados los siguientes ensayos:

- Con las muestras M-2 y M-1 de las de la Calicatas C-1 y C-2, respectivamente, se realizó el Ensayo de Corte Directo (ASTM D 3080).
- Con las muestras representativas de las calicatas C-1, C-2, C-3, C-4 y C-5; se realizó el Ensayo de sales agresivas al concreto.

4.3.- Clasificación de Suelos.

Las muestras ensayadas en el laboratorio se han clasificado de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.), bajo la Norma A.S.T.M. D 2487.

CUADRO DE CLASIFICACIÓN

CALICATA	C - 1		C - 2	C - 3	C - 4	C - 5
	M - 1	M - 2	M - 1	M - 1	M - 1	M - 1
Profundidad (m)	0.55 a 1.75	1.75 a 3.00	0.60 a 3.00	0.30 a 3.00	0.15 a 3.00	0.50 a 3.00
% Pasa Tamiz N° 4	97.64	98.20	99.16	99.72	98.84	98.18
% Pasa Tamiz N° 200	60.20	39.73	81.36	70.24	51.62	78.03
Límite Líquido (%)	34.00	33.00	45.00	40.00	37.00	35.00
Índice Plástico (%)	10.00	9.00	9.00	6.00	6.00	7.00
Coef. de Uniformidad (Cu)	--	--	--	--	--	--
Coef. de Curvatura (Cc)	--	--	--	--	--	--
Diámetro Efectivo (D ₁₀)	--	--	--	--	--	--
Contenido de Humedad (%)	23.09	17.17	27.62	27.99	24.90	30.11
Clasif. de Suelos "SUCS"	ML	SM	ML	ML	ML	ML

5.0.- PERFILES ESTRATIGRÁFICOS

5.1.- Descripción de los Perfiles Estratigráficos

En base a los trabajos de campo y ensayos de laboratorio se deduce la siguiente conformación:

La Calicata C-1, Presenta un primer estrato hasta 0.55 m. de profundidad, constituido por relleno formado por restos orgánicos, arcilla, limo y bolones aislados. Se encuentra con bajo grado de compactación y alto contenido de humedad. De 0.55 m. hasta 1.75 m. de profundidad, existe un segundo estrato constituido por limo inorgánico de baja compresibilidad, de color marrón claro, mezclado con 37.44% de arena gruesa a fina y 2.36% de fragmentos rocosos de tamaño máximo 3/8". Se encuentra con alto contenido de humedad, bajo grado de compactación y moderado contenido de sales sulfatadas. De 1.75 m. hasta 3.00 m. de profundidad, existe un tercer estrato conformado por arena limosa pobremente gradada, de color marrón amarillento, mezclada con 1.80% de fragmentos rocosos de tamaño máximo de 3/8" y 39.73% de partículas finas menores que 0.075 mm., de mediana plasticidad. Se encuentra con alto contenido de humedad, bajo grado de compactación y moderado contenido de sales sulfatadas.

Jr. Huánuco N° 442, Telef. 365096 - Cel. 976625363, Cajamarca
Prohibida su Reproducción Total o Parcial (INDECOPI). Derechos Reservados JLL.

- 3 -

Jose L. Lezama Leiva
Jose L. Lezama Leiva
 INGENIERO CIVIL
 REG. C.I.P. 14061



JOSE LEZAMA LEIVA

INGENIERO CIVIL

CONSULTOR DE OBRAS DE INGENIERIA

REG. C.I.P Nº 14061 - RUC 10266787711

REGISTRO NACIONAL DE CONSULTORES Nº CO 112

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS, LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO Y DISEÑO DE PAVIMENTOS

La Calicata C-2, Presenta un primer estrato hasta 0.60 m. de profundidad, constituido por suelo orgánico, color negro, se encuentra con alto contenido de humedad y bajo grado de compacidad. De 0.60 m. a 3.00 m. de profundidad, existe un segundo estrato constituido por limo inorgánico de baja compresibilidad, de color marrón amarillento, mezclado con 17.80% de arena gruesa a fina y 0.84% de fragmentos rocosos de tamaño máximo 3/8". Se encuentra con alto contenido de humedad, bajo grado de compacidad y moderado contenido de sales sulfatadas.

La Calicata C-3, Presenta un primer estrato hasta 0.30 m. de profundidad, constituido por suelo orgánico, color negro. Se encuentra con alto contenido de humedad y bajo grado de compacidad. De 0.30 m. a 3.00 m. de profundidad, existe un segundo estrato constituido por limo inorgánico de mediana compresibilidad, de color marrón claro, mezclado con 29.48% de arena gruesa a fina y 0.28% de fragmentos rocosos de tamaño máximo 1/4". Se encuentra con alto contenido de humedad, bajo grado de compacidad y moderado contenido de sales sulfatadas.

La Calicata C-4, Presenta un primer estrato hasta 0.15 m. de profundidad, constituido por suelo orgánico, color negro, se encuentra con alto contenido de humedad y bajo grado de compacidad. De 0.15 m. a 3.00 m. de profundidad, existe un segundo estrato constituido por limo inorgánico de baja compresibilidad, de color marrón claro, mezclado con 47.22% de arena gruesa a fina y 1.16% de fragmentos rocosos de tamaño máximo 3/8". Se encuentra con alto contenido de humedad, bajo grado de compacidad y moderado contenido de sales sulfatadas.

La Calicata C-5, Presenta un primer estrato hasta 0.50 m. de profundidad, constituido por suelo orgánico, color negro, muy húmedo y con bajo grado de compacidad. De 0.50 m. a 3.00 m. de profundidad, existe un segundo estrato constituido por limo inorgánico de baja compresibilidad, de color marrón oscuro, mezclado con 20.15% de arena gruesa a fina y 1.82% de fragmentos rocosos de tamaño máximo 3/8". Se encuentra saturado, con bajo grado de compacidad y moderado contenido de sales sulfatadas.

5.2 Aspectos Relacionados con la Napa Freática.

Se debe señalar que no se encontró el nivel freático en las calicatas estudiadas, pero se observó abundante filtración de agua en la calicata C-5 a partir de 1.75 m. de profundidad.

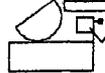
6.0.- ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN PARA LAS POSIBLES EDIFICACIONES

6.1 Tipo y Profundidad de la Cimentación.

De acuerdo a las características del sub suelo descrito anteriormente, se recomienda cimentar a una profundidad mínima de 2.00 m., con respecto al nivel actual del terreno, para lo cual se recomienda realizar un mejoramiento del terreno de fundación antes de construir las cimentaciones, con el objeto de preveer los posibles asentamientos diferenciales.

6.2 Cálculo de la Capacidad de Carga Admisible

Para la determinación de la Capacidad de Carga Admisible, se han considerado los estratos de suelo más representativos, donde se cimentarán las posibles estructuras, para lo cual se han realizado Ensayos de Corte Directo (ASTM D 3080), obteniéndose los siguientes parámetros:



Calicata		C-2	C-1
Muestra		M-1	M-2
Tipo de Suelo		ML	SM
Angulo de Fricción Interna (°)	ϕ	19.5	29.20
Cohesión (Kg/cm²) c		0.10	0.03
Peso específico húmedo (gr/cm³)	γ_H	1.76	1.62
Profundidad de cimentación (m)	Df	2.00	2.00
Ancho e cimentación (m)	B	1.50	1.20
Factores de capacidad de carga:	N^oc	11.59	17.14
	N^oq	3.74	7.11
	N^oγ	1.11	3.25
Factor de seguridad		3	3

Luego, aplicando la fórmula de TERZAGHI; para el caso del reservorio se ha considerado cimentación circular y para el módulo de servicios higiénicos cimentación corrida, que presentan el modo de falla por corte local en suelos, la Capacidad de Carga Admisible obtenida es:

Calicata	C-2	C-1
Muestra	M-1	M-2
Q_{ad}(kg/cm²)	0.80	1.00

7.0.- CONTENIDO DE SALES AGRESIVAS AL CONCRETO

El resultado del Análisis Físico Químico efectuado con muestras representativas de los estratos que conforma el subsuelo, presenta los siguientes valores:

CALICATA	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	pH	SO ₄ ²⁻ (%)	Cl ⁻ (%)
			NTP 339.176	NTP 339.178	NTP 339.177
C-1	M-1	0.55 - 1.75	7.05	0.124	0.024
	M-2	1.75 - 3.00	6.99	0.115	0.029
C-2	M-1	0.60 - 3.00	7.12	0.117	0.027
C-3	M-1	0.30 - 3.00	7.15	0.113	0.025
C-4	M-1	0.15 - 3.00	7.08	0.123	0.032
C-5	M-1	0.50 - 3.00	6.98	0.125	0.030

Este caso se consideraría como exposición moderada a los sulfatos, Categoría S Clase S1 (proporción de sulfatos: $0.10\% \leq SO_4^{2-} < 0.20\%$), según el Código ACI 318S-11 y el capítulo 4 de la Norma E.060 del Reglamento Nacional de Edificaciones; por consiguiente, se recomienda utilizar, Cemento Pórtland Tipo MS (A.S.T.M. C 1157), con una relación agua / material cementante máxima de 0.50 y una resistencia a compresión de diseño mínima de $f'c = 28$ Mpa, en la preparación del concreto de la cimentación.



JOSE LEZAMA LEIVA

INGENIERO CIVIL

CONSULTOR DE OBRAS DE INGENIERIA

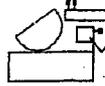
REG. C.I.P. Nº 14061 - RUC 10266787711

REGISTRO NACIONAL DE CONSULTORES Nº CO 112

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS, LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO Y DISEÑO DE PAVIMENTOS

8.0.- RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE CIMENTACIÓN.

TIPO DE CIMENTACIÓN: ZAPATAS DE CONCRETO ARMADO Y VIGAS DE CIMENTACION
ESTRATO DE APOYO DE LA CIMENTACIÓN: LIMO INORGANICO, DE BAJA COMPRESIBILIDAD. ARENA LIMOSA, POBREMENTE GRADADA, DE MEDIANA PLASTICIDAD.
PARÁMETROS DE DISEÑO DE LA CIMENTACIÓN
PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN: 2.00 m. CON RESPECTO AL NIVEL ACTUAL DEL TERRENO
PRESIÓN ADMISIBLE: PARA SUELO TIPO ML : 0.90 Kg/cm ² PARA SUELO TIPO SM : 1.00 Kg/cm ²
FACTOR DE SEGURIDAD: 3.00
TIPO DE SUELO DESDE EL PUNTO DE VISTA SISMICO: SUELO TIPO ML: TIPO DE SUELO: S ₃ , FACTOR DE ZONA Z = 0.4, FACTOR DE SUELO S = 1.4 y PERIODO PREDOMINANTE Ts = 0.9 seg. MODULO SS.HH.: TIPO DE SUELO: S ₂ , FACTOR DE ZONA Z = 0.4, FACTOR DE SUELO S = 1.2 y PERIODO PREDOMINANTE Ts = 0.6 seg.
RECOMENDACIONES ADICIONALES: NO DEBE CIMENTARSE SOBRE TURBA, SUELO ORGANICO, TIERRA VEGETAL, DESMONTE O RELLENO SANITARIO Y QUE ÉSTOS MATERIALES INADECUADOS DEBERAN SER REMOVIDOS EN SU TOTALIDAD, ANTES DE CONSTRUIR LA CIMENTACIÓN Y SER REEMPLAZADOS CON MATERIALES SELECCIONADOS.



JOSE LEZAMA LEIVA

INGENIERO CIVIL

CONSULTOR DE OBRAS DE INGENIERIA

REG. C.I.P Nº 14061 - RUC 10266787711

REGISTRO NACIONAL DE CONSULTORES Nº CO 112

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS, LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS; CONCRETO, ASFALTO Y DISEÑO DE PAVIMENTOS

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Jr. Huánuco Nº 442, Telef. 365096 – Cel. 976625363, Cajamarca
Prohibida su Reproducción Total o Parcial (INDECOP). Derechos Reservados JLL.

- 7 -

**9.0.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

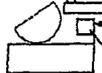
Correlacionando la investigación de campo realizada con los resultados de los ensayos de laboratorio y según el análisis efectuado en el transcurso del informe, establecemos las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- El terreno en estudio se encuentra ubicado en la localidad de San Miguel de Pallaques, políticamente pertenece al distrito de San Miguel, Provincia de San Miguel, Región Cajamarca.
- El subsuelo del terreno del Proyecto: "EVALUACIÓN GEOESTRUCTURAL Y GEODINÁMICA ENTRE SUNUDÉN - SAN MIGUEL - PUENTE SANTA ROSA Y SAN MIGUEL - JANGALÁ", está conformado básicamente, por un primer estrato de suelo orgánico, color negro, con bajo grado de compacidad y alto contenido de humedad. Luego, encontramos estratos de suelo, conformado básicamente por limos inorgánicos de baja compresibilidad, mezclados con apreciable porcentaje de arena gruesa a fina y bajo porcentaje de fragmentos rocosos de tamaño máximo 3/8". Asimismo, encontramos estratos de suelo conformados por arena limosa, pobremente gradada, mezclada con escaso porcentaje de fragmentos rocosos de tamaño máximo de 3/8" y apreciable porcentaje de partículas finas menores que 0.075 mm., de mediana plasticidad. Se encuentran con bajo grado de compacidad, alto contenido de humedad y presenta moderado contenido de sales sulfatadas.
- Se recomienda que el nivel de cimentación, de las futuras edificaciones, sea a una profundidad mínima de 2.00 m., con respecto al nivel actual del terreno.
- La capacidad admisible de carga del suelo de fundación, a la profundidad antes señalada, es de:

Para suelo tipo ML: $q_{ad} = 0.80 \text{ Kg/cm}^2$

Para suelo tipo SM: $q_{ad} = 1.00 \text{ Kg/cm}^2$

- Con la finalidad de brindarle mayor seguridad a la cimentación, se recomienda que a partir del nivel de cimentación propuesto (profundidad: 2.00 m.), se realice un mejoramiento del terreno de fundación, que consistirá en colocar dos capas de piedra mediana de río de tamaño máximo de 6", de 0.15 m. de espesor cada capa, debidamente compactadas con alta energía de compactación, hasta lograr estabilizar el suelo de fundación (profundidad: 1.70 m.). Luego, se colocará una capa de 0.20 m. de espesor, de material de afirmado (clasificación AASHTO: A-2-4), debidamente compactada, hasta alcanzar el 95% de la densidad seca máxima, obtenida del ensayo de Próctor Estándar (ASTM D 698) realizado en Laboratorio (profundidad: 1.50 m.). Finalmente, se colocará un solado de concreto, de 0.20 m. de espesor, de una resistencia mínima a compresión de $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$, a los 28 días (profundidad: 1.30 m.).
- El ingeniero estructurista estará a cargo de determinar las dimensiones de las cimentaciones, acorde a la capacidad admisible de carga del terreno de fundación compatible con las cargas transmitidas y la Norma Técnica E - 060.
- Se recomienda, que el concreto a utilizar en las diversas edificaciones debe ser diseñado por un especialista en Tecnología del Concreto, empleando agregados que deben cumplir con la Norma A.S.T.M. C 33M-11. Además, el agua a ser utilizada para las mezclas de concreto, debe cumplir con la Norma N.T.P. 339.088. Asimismo, utilizar agregados lavados, por cuanto, estos pueden contener sustancias deletéreas que influyen negativamente en las propiedades del concreto endurecido.
- En lo que respecta al Análisis Químico del Suelo de Fundación, realizado por el Ing° Hugo Mosqueira Estraver, en lo que respecta a sulfatos, cuyos resultados nos indican, que este caso, se consideraría como exposición moderada, Categoría S, Clase S1 (proporción de sulfatos: $0.10\% \leq \text{SO}_4^{2-} < 0.20\%$). por consiguiente, se recomienda utilizar, Cemento Pórtland Tipo MS (A.S.T.M. C 1157), con una relación agua / material cementante máxima de 0.50 y una resistencia a compresión de diseño mínima de $f'c = 28 \text{ Mpa}$, en la preparación del concreto de la cimentación.



JOSE LEZAMA LEIVA

INGENIERO CIVIL

CONSULTOR DE OBRAS DE INGENIERIA

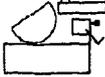
REG. C.I.P. N° 14061 - RUC 10266787711

REGISTRO NACIONAL DE CONSULTORES N° CO 112

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS, LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO Y DISEÑO DE PAVIMENTOS

- Se recomienda, en el caso de construir nuevas edificaciones en la zona en estudio, construir un sistema adecuado de drenaje, alrededor de toda la cimentación, con el objeto de impedir la infiltración de aguas pluviales en el terreno de fundación, debido a que los suelos existentes, disminuyen notablemente su resistencia al corte en contacto con el agua.
- Para la aplicación de las Normas de Diseño Sismo resistente del R.N.C. debe considerarse:

Suelos del tipo ML: Factor de Zona $Z = 0.4$, Factor de Suelo $S = 1.4$ y Periodo predominante $T_s = 0.9$ seg.
Suelos del tipo SM: Factor de Zona $Z = 0.4$, Factor de Suelo $S = 1.2$ y Periodo predominante $T_s = 0.6$ seg.
- Finalmente, podemos concluir, que para el diseño de la cimentación del Proyecto: "EVALUACIÓN GEOESTRUCTURAL Y GEODINÁMICA ENTRE SUNUDÉN - SAN MIGUEL - PUENTE SANTA ROSA Y SAN MIGUEL - JANGALÁ"; se deberá tener en cuenta todas las conclusiones y recomendaciones antes descritas, dada la importancia de la obra, de tal suerte, que se asegure mayor estabilidad y durabilidad de la estructura a construir.



JOSE LEZAMA LEIVA
INGENIERO CIVIL
CONSULTOR DE OBRAS DE INGENIERIA

REG. C.I.P. N° 14061 - RUC 10266787711

REGISTRO NACIONAL DE CONSULTORES N° CO 112

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO Y DISEÑO DE PAVIMENTOS

ANEXO I

RESULTADO DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO

Jr. Huánuco N° 442, Telef. 365096 – Cel. 976625363, Cajamarca
Prohibida su Reproducción Total o Parcial (INDECOP). Derechos Reservados JLL.



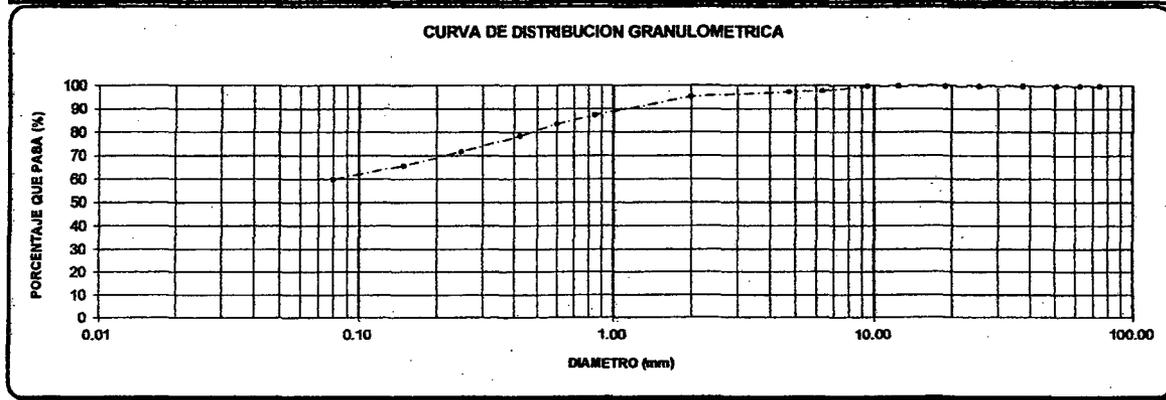
ESTUDIOS GEOTECNICOS, LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO Y DISEÑO DE PAVIMENTOS

ANALISIS GRANULOMETRICO
A.S.T.M. D 422

PROYECTO : "EVALUACIÓN GEOESTRUCTURAL Y GEODINÁMICA ENTRE SUNUDÉN - SAN MIGUEL - PUENTE SANTA ROSA Y SAN MIGUEL - JANGALÁ"
UBICACIÓN : DISTRITO: SAN MIGUEL DE PALLAQUES. PROVINCIA: SAN MIGUEL. REGIÓN: CAJAMARCA.
CALICATA : C - 1
MUESTRA : M - 1
SOLICITANTE : MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN MIGUEL.

RESPONSABLE : ING° JOSE LEZAMA L.
OPERADOR : C.L.M.
FECHA : 07 DE ABRIL DEL 2014
PROFUNDIDAD : 0.55 m. A 1.75 m.

ANALISIS FRACCION GRUESA						MUESTRA TOTAL			
N°	TAMZ ABERTURA (mm)	P.RET PARCIAL	PORCENTAJE RET. PARCIAL	PORCENTAJE RET. ACUM	% QUE PASA	TEMPERATURA DE SECADO	AMBIENTE	60° C	110° C
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA (gr)		1230.90	
2 1/2"	63.50	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA < N° 4 (gr)		1206.20	
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA > N° 4 (gr)		24.70	
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO TOTAL MUESTRA SECA < N° 4 (gr)		976.40	
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO TOTAL MUESTRA SECA > N° 4 (gr)		23.60	
3/4"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO TOTAL MUESTRA SECA (gr)		1000.00	
1/2"	12.70	0.00	0.00	0.00	100.00				
3/8"	9.52	0.00	0.00	0.00	100.00				
1/4"	6.35	19.20	1.92	1.92	98.08				
N°4	4.75	4.40	0.44	2.36	97.64				
TOTAL	WG =	23.60							
ANALISIS FRACCION FINA						CONTENIDO DE HUMEDAD A.S.T.M. D 2216		LIMITE DE CONSISTENCIA A.S.T.M. D 4318	
CORRECCION MUESTRA CUARTEADA : 0.100000									
PESO ENSAYO PORCION SECA : 976.40									
N 10	2.00	20.80	2.08	4.44	95.56	TARA N°	1	LIMITE LIQUIDO :	34.00%
N 20	0.85	78.80	7.88	12.32	87.68	PESO HUMEDO + TARA (gr)	2106.00	LIMITE PLASTICO :	24.00%
N 30	0.60	37.60	3.76	16.08	83.92	PESO SECO + TARA (gr)	1731.00	INDICE PLASTICO :	10.00%
N 40	0.43	51.60	5.16	21.24	78.76	PESO TARA (gr)	107.00		
N 60	0.25	66.80	6.68	27.92	72.08	PESO DEL AGUA (gr)	375.00		
N 100	0.15	60.80	6.08	34.00	66.00	PESO SECO (gr)	1624.00		
N 200	0.08	58.00	5.80	39.80	60.20				
CAZOLETA	--	--	--	--	--	C. HUMEDAD (%)	23.09	CLASIFICACION S.U.C.S. :	ML
TOTAL									



D60 =		D30 =		D10 =	
	Cu =		Cc =		

OBSERVACIONES: LA MUESTRA EN ESTUDIO HA SIDO CLASIFICADA UTILIZANDO EL METODO S.U.C.S. Y CORRESPONDE A UN LIMO INORGANICO DE BAJA COMPRESIBILIDAD, MEZCLADO CON CON 37.44% DE ARENA GRUESA A FINA Y 2.36% DE FRAGMENTOS ROCOSOS DE TAMAÑO MAXIMO 3/8"

Jose L. Lezama Leiva

Jose L. Lezama Leiva
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 14061



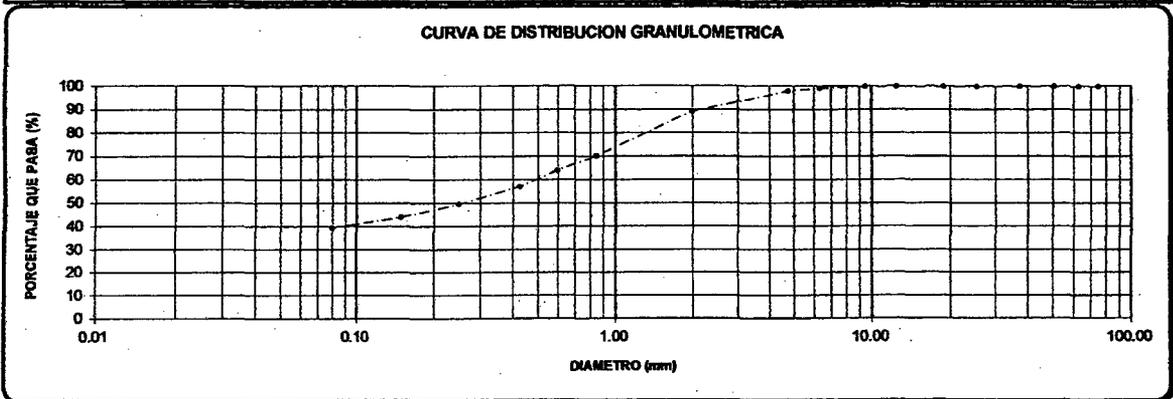
ANALISIS GRANULOMETRICO
A.S.T.M. D 422

PROYECTO : *EVALUACIÓN GEOESTRUCTURAL Y GEODINÁMICA ENTRE SUNUDÉN - SAN MIGUEL - PUENTE SANTA ROSA Y SAN MIGUEL - JANGALÁ*
UBICACIÓN : DISTRITO: SAN MIGUEL DE PALLAQUES. PROVINCIA: SAN MIGUEL. REGIÓN: CAJAMARCA.
CALICATA : C - 1
MUESTRA : M - 2
SOLICITANTE : MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN MIGUEL.

RESPONSABLE : ING° JOSE LEZAMA L.
OPERADOR : C.L.M.
FECHA : 07 DE ABRIL DEL 2014
PROFUNDIDAD : 1.75 m. A 3.00 m.

ANALISIS FRACCION GRUESA						MUESTRA TOTAL				
N°	TAMIZ	P.RET. PARCIAL	PORCENTAJE RET. PARCIAL	PORCENTAJE RET. ACUM.	% QUE PASA	TEMPERATURA DE SECADO	AMBIENTE	60° C	110° C	
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA (gr)				
2 1/2"	63.50	0.00	0.00	0.00	100.00	1064.50				
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA < N° 4 (gr)				
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00	1037.80				
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA > N° 4 (gr)				
3/4"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00	16.70				
1/2"	12.70	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO TOTAL MUESTRA SECA < N° 4 (gr)				
3/8"	9.52	0.00	0.00	0.00	100.00	883.80				
1/4"	6.35	6.90	0.77	0.77	99.23	PESO TOTAL MUESTRA SECA > N° 4 (gr)				
N°4	4.75	9.30	1.03	1.80	98.20	16.20				
TOTAL	WG =	16.20				PESO TOTAL MUESTRA SECA (gr)				
						900.00				
ANALISIS FRACCION FINA						CONTENIDO DE HUMEDAD A.S.T.M. D 2216		LIMITES DE CONSISTENCIA A.S.T.M. D 4316		
CORRECCION MUESTRA CUARTEADA:					0.111111					
PESO ENSAYO PORCION SECA:					883.80					
N 10	2.00	79.20	8.80	10.60	89.40	TARA N°	1	LIMITE LIQUIDO :	33.00%	
N 20	0.85	170.40	18.93	29.53	70.47	PESO HUMEDO + TARA (gr)	3998.00	LIMITE PLASTICO :	24.00%	
N 30	0.60	56.40	6.27	35.80	64.20	PESO SECO + TARA (gr)	3490.00	INDICE PLASTICO :	9.00%	
N 40	0.43	62.10	6.90	42.70	57.30	PESO TARA (gr)	531.00			
N 60	0.25	66.30	7.37	50.07	49.93	PESO DEL AGUA (gr)	508.00			
N 100	0.15	50.40	5.60	55.67	44.33	PESO SECO (gr)	2959.00			
N 200	0.08	41.40	4.60	60.27	39.73					
CAZOLETA	--	--	--	--	--	C. HUMEDAD (%)		17.17	CLASIFICACION S.U.C.S. :	SM
TOTAL										

CURVA DE DISTRIBUCION GRANULOMETRICA



D60 =	0.50	D30 =		D10 =	
	Cu =		Cc =		

OBSERVACIONES: LA MUESTRA EN ESTUDIO HA SIDO CLASIFICADA UTILIZANDO EL METODO S.U.C.S. Y CORRESPONDE A UNA ARENA LIMOSA POBREMENTE GRADADA, MEZCLADA CON 1.80% DE FRAGMENTOS ROCOSOS DE TAMAÑO MAXIMO 3/8" Y 39.73% DE PARTICULAS FINAS MENORES QUE 0.075 mm. DE MEDIANA PLASTICIDAD.

Jose L. Lezama Leiva
Jose L. Lezama Leiva
INGENIERO CIVIL
REG. C.I.P. 14061



ESTUDIOS GEOTECNICOS, LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO Y DISEÑO DE PAVIMENTOS

ENSAYO DE CORTE DIRECTO ESTANDAR EN SUELOS CONSOLIDADOS
A.S.T.M. D 3080

PROYECTO: "EVALUACIÓN GEOSTRUCTURAL Y GEODINÁMICA ENTRE SUNUDÉN - SAN MIGUEL - PUENTE SANTA ROSA Y SAN MIGUEL - JANGALÁ"
UBICACIÓN: DISTRITO: SAN MIGUEL DE PALLAQUES. PROVINCIA: SAN MIGUEL. REGIÓN: CAJAMARCA.
SOLICITANTE: MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN MIGUEL.

RESPONSABLE: ING° JOSE LEZAMA L.
OPERADOR: C.L.M.
FECHA: 07-04-2014

CALICATA: C - 1
MUESTRA: M - 2
PROFUNDIDAD: DE 1.75 m. A 3.00 m.
ESTADO: ALTERADO

VELOCIDAD ENSAYO: 0.25 mm/min
CLASIFICACIÓN S.U.C.S.: SM

ETAPA DE APLICACIÓN DE CARGA						
ESFUERZO NORMAL (Kg/cm ²)	1.275 Kg/cm ²		2.55 Kg/cm ²		5.10 Kg/cm ²	
	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL
ETAPA						
ALTURA (cm)	2.00	1.96	2.00	1.93	2.00	1.87
DIAMETRO (cm)	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	16.82	17.76	16.74	17.54	16.67	17.21
DENSIDAD HUMEDA (g/cm ³)	1.70	1.73	1.68	1.74	1.72	1.83
1.275 kg/cm ²		2.55 kg/cm ²		5.10 kg/cm ²		
DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL (mm)	ESFUERZO DE CORTE (Kg/cm ²)	DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL (mm)	ESFUERZO DE CORTE (Kg/cm ²)	DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL (mm)	ESFUERZO DE CORTE (Kg/cm ²)	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.10	0.03	0.10	0.09	0.10	0.17	
0.20	0.05	0.20	0.18	0.20	0.38	
0.40	0.22	0.40	0.63	0.40	0.85	
0.60	0.40	0.60	0.84	0.60	1.48	
0.75	0.49	0.75	0.94	0.75	1.78	
1.00	0.58	1.00	1.05	1.00	2.10	
1.50	0.65	1.50	1.25	1.50	2.46	
1.75	0.66	1.75	1.30	1.75	2.56	
2.00	0.67	2.00	1.33	2.00	2.64	
2.50	0.69	2.50	1.40	2.50	2.78	
3.00	0.71	3.00	1.41	3.00	2.85	
3.50	0.74	3.50	1.45	3.50	2.87	
4.00	0.74	4.00	1.47	4.00	2.87	
4.50	0.74	4.50	1.47	4.50	2.87	
5.00	0.74	5.00	1.47	5.00	2.87	
5.50	0.74	5.50	1.47	5.50	2.87	
6.00	0.74	6.00	1.47	6.00	2.87	

José L. Lezama Leiva
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP. 14061



ENSAYO DE CORTE DIRECTO ESTANDAR EN SUELOS CONSOLIDADOS

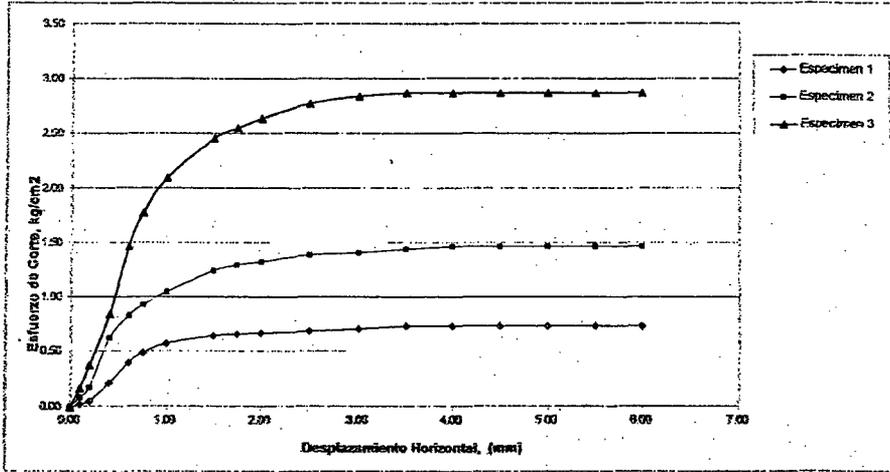
A.S.T.M. D 3080

PROYECTO : "EVALUACIÓN GEOSTRUCTURAL Y GEODINÁMICA ENTRE SURMIGÜEN - SAN MIGUEL - PUENTE SANTA ROSA Y SAN MIGUEL - JANGALA"
 UBICACIÓN : DISTRITO: SAN MIGUEL DE PALLAQUES. PROVINCIA: SAN MIGUEL. REGIÓN: CAJAMARCA.
 SOLICITANTE : MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN MIGUEL.
 CALICATA : C-1
 MUESTRA : M-2
 PROFUNDIDAD : DE 1.75 m. A 3.00 m.
 ESTADO : ALTERADO

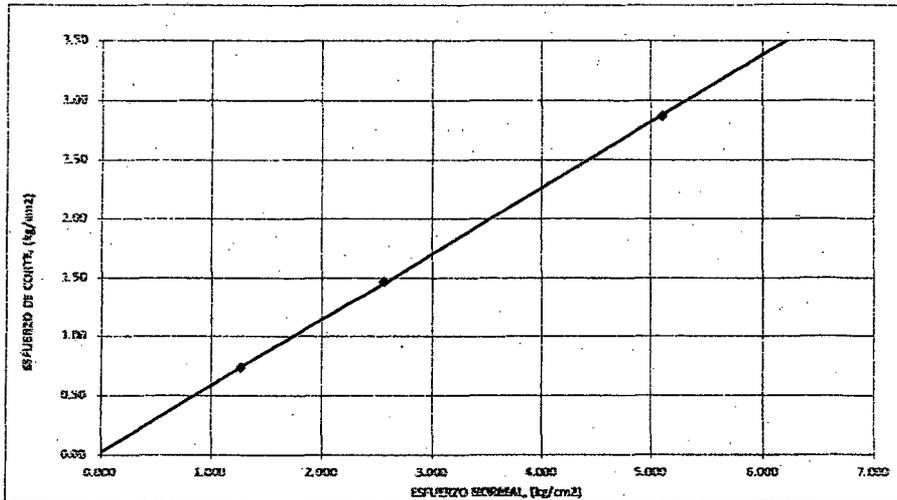
RESPONSABLE : ING° JOSE LEZAMA L.
 OPERADOR : C.L.M.
 FECHA : 07-04-2014

VELOCIDAD ENSAYO : 0.25 mm/min
 CLASIFICACIÓN S.U.C.S. : SE

APLICACIÓN DEL ESFUERZO CORTANTE



ENVOLVENTES DE RESISTENCIA



ESPECIMEN	ESFUERZO NORMAL (kg/cm²)	ESFUERZO DE CORTE (kg/cm²)	PARAMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE	
			COHESIÓN =	ÁNGULO DE FROCCIÓN INTERNA =
1	1.275	0.74	0.03 kg/cm²	29.2°
2	2.55	1.47		
3	5.10	2.87		

Jose L. Lezama Leiva
Jose L. Lezama Leiva
 INGENIERO CIVIL
 REG. C.I.P. 14061

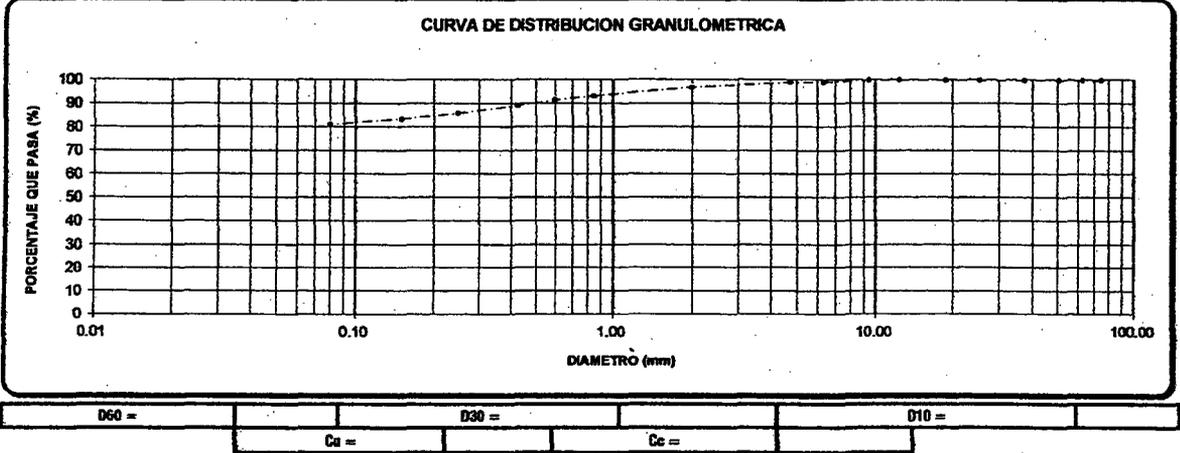


ANALISIS GRANULOMETRICO
A.S.T.M. D 422

PROYECTO : "EVALUACIÓN GEOESTRUCTURAL Y GEODINÁMICA ENTRE SUNJUDÉN - SAN MIGUEL - PUENTE SANTA ROSA Y SAN MIGUEL - JANGALÁ"
UBICACIÓN : DISTRITO: SAN MIGUEL DE PALLAQUES. PROVINCIA: SAN MIGUEL. REGIÓN: CAJAMARCA.
CALICATA : C - 2
MUESTRA : M - 1
SOLICITANTE : MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN MIGUEL.

RESPONSABLE : ING° JOSE LEZAMA L.
OPERADOR : C.L.M.
FECHA : 07 DE ABRIL DEL 2014
PROFUNDIDAD : 0.60 m. A 3.00 m.

ANALISIS FRACCION GRUESA						MUESTRA TOTAL			
Nº	TAMIZ ABERTURA (mm)	P.RET PARCIAL	PORCENTAJE RET. PARCIAL	PORCENTAJE RET. ACUM	% QUE PASA	TEMPERATURA DE SECADO	AMBIENTE	60° C	110° C
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA (gr)		1275.20	
2 1/2"	63.50	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA < Nº 4 (gr)		1266.40	
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA > Nº 4 (gr)		8.80	
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO TOTAL MUESTRA SECA < Nº 4 (gr)		991.60	
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO TOTAL MUESTRA SECA > Nº 4 (gr)		8.40	
3/4"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO TOTAL MUESTRA SECA (gr)		1000.00	
1/2"	12.70	0.00	0.00	0.00	100.00	CORRECCION MUESTRA CUARTEADA :		0.100000	
3/8"	9.52	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO ENSAYO PORCION SECA :		991.60	
1/4"	6.35	8.00	0.80	0.80	99.20	CONTENIDO DE HUMEDAD		LIMITES DE CONSISTENCIA	
Nº4	4.75	0.40	0.04	0.84	99.16	A.S.T.M. D 2216		A.S.T.M. D 4318	
TOTAL	WG =	8.40				TARA Nº	1	LIMITE LIQUIDO :	45.00%
						PESO HUMEDO + TARA (gr)	1814.00	LIMITE PLASTICO :	36.00%
						PESO SECO + TARA (gr)	1444.00	INDICE PLASTICO :	9.00%
						PESO TARA (gr)	104.20	CLASIFICACION S.U.C.S. :	
						PESO DEL AGUA (gr)	370.00	ML	
						PESO SECO (gr)	1339.80		
						C. HUMEDAD (%)	27.62		



OBSERVACIONES: LA MUESTRA EN ESTUDIO HA SIDO CLASIFICADA UTILIZANDO EL METODO S.U.C.S. Y CORRESPONDE A UN LIMO INORGANICO DE BAJA COMPRESIBILIDAD, MEZCLADO CON CON 17.80% DE ARENA GRUESA A FINA Y 0.84% DE FRAGMENTOS ROCOSOS DE TAMAÑO MAXIMO 3/8"

Jose L. Lezama Leiva
Jose L. Lezama Leiva
INGENIERO CIVIL
REG. CIP 14061



ENSAYO DE CORTE DIRECTO ESTANDAR EN SUELOS CONSOLIDADOS

A.S.T.M. D 3080

PROYECTO : "EVALUACIÓN GEOSTRUCTURAL Y GEODINÁMICA ENTRE SUMIDÓN - SAN MIGUEL - PUENTE SANTA ROSA Y SAN MIGUEL - JANSALÁ"
 UBICACIÓN : DISTRITO: SAN MIGUEL DE PALLAQUES. PROVINCIA: SAN MIGUEL. REGIÓN: CAJAMARCA.
 SOLICITANTE : MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN MIGUEL.

RESPONSABLE : ING. JOSE LEZAMA L.
 OPERADOR : C.L.M.
 FECHA : 07-04-2014

CALICATA : C - 2
 MUESTRA : M - 1
 PROFUNDIDAD : DE 0.60 m. A 3.00 m.
 ESTADO : INALTERADO

VELOCIDAD ENSAYO : 0.25 mm/min
 CLASIFICACIÓN S.U.C.S. : ML

ETAPA DE APLICACIÓN DE CARGA						
ESFUERZO NORMAL (Kg/cm ²)	1.275 kg/cm ²		2.55 kg/cm ²		5.10 kg/cm ²	
ETAPA	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL
ALTURA (cm)	2.00	1.95	2.00	1.91	2.00	1.84
DIAMETRO (cm)	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	25.42	26.38	25.36	26.23	25.66	26.24
DENSIDAD HUMEDA (g/cm ³)	1.75	1.81	1.78	1.86	1.79	1.95
1.275 kg/cm ²		2.55 kg/cm ²		5.10 kg/cm ²		
DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL (mm)	ESFUERZO DE CORTE (Kg/cm ²)	DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL (mm)	ESFUERZO DE CORTE (Kg/cm ²)	DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL (mm)	ESFUERZO DE CORTE (Kg/cm ²)	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.10	0.02	0.10	0.06	0.10	0.11	
0.20	0.04	0.20	0.12	0.20	0.25	
0.40	0.16	0.40	0.42	0.40	0.56	
0.60	0.30	0.60	0.56	0.60	0.97	
0.75	0.36	0.75	0.63	0.75	1.18	
1.00	0.43	1.00	0.71	1.00	1.39	
1.50	0.48	1.50	0.84	1.50	1.63	
1.75	0.49	1.75	0.87	1.75	1.69	
2.00	0.49	2.00	0.89	2.00	1.75	
2.50	0.51	2.50	0.93	2.50	1.84	
3.00	0.52	3.00	0.93	3.00	1.88	
3.50	0.54	3.50	0.97	3.50	1.90	
4.00	0.54	4.00	0.99	4.00	1.90	
4.50	0.54	4.50	0.99	4.50	1.90	
5.00	0.54	5.00	0.99	5.00	1.90	
5.50	0.54	5.50	0.99	5.50	1.90	
6.00	0.54	6.00	0.99	6.00	1.90	

Jose L. Lezama
 José L. Lezama Leiva
 INGENIERO CIVIL
 REG. C.I.P. 14061

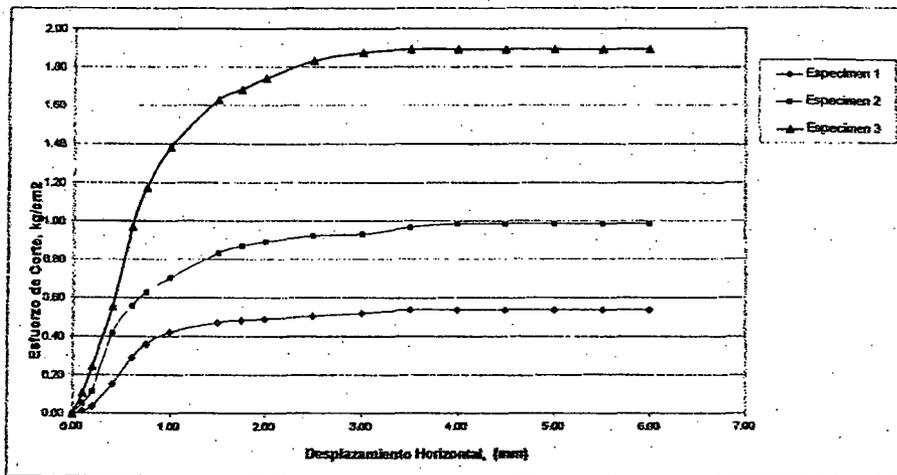


ENSAYO DE CORTE DIRECTO ESTANDAR EN SUELOS CONSOLIDADOS

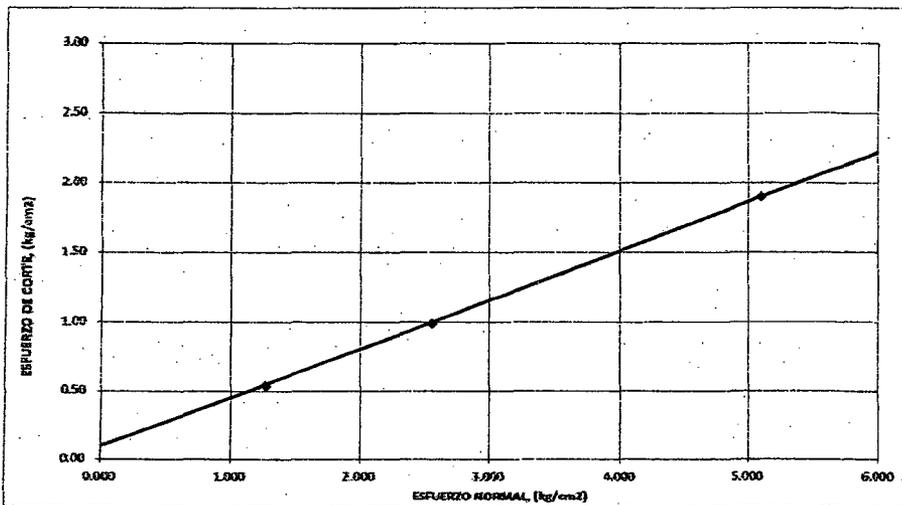
A.S.T.M. D 3090

PROYECTO: "EVALUACIÓN GEOESTRUCTURAL Y GEODINÁMICA ENTRE SUNUDÉN - SAN MIGUEL - PUENTE SANTA ROSA Y SAN MIGUEL - JANGALÁ"
UBICACIÓN: DISTRITO: SAN MIGUEL DE PALLAQUES. PROVINCIA: SAN MIGUEL. REGIÓN: CAJAMARCA.
SOLICITANTE: MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN MIGUEL.
RESPONSABLE: ING° JOSE LEZAMA L.
OPERADOR: C.L.M.
FECHA: 07-04-2014
CALICATA: C-2
MUESTRA: M-1
PROFUNDIDAD: DE 0.60 m. A 3.00 m. **VELOCIDAD ENSAYO:** 0.25 mm/min
ESTADO: INALTERADO **CLASIFICACIÓN S.O.C.S.:** ML

APLICACIÓN DEL ESFUERZO CORTANTE



ENVOLVENTES DE RESISTENCIA



ESPECIMEN	ESFUERZO NORMAL (kg/cm2)	ESFUERZO DE CORTE (kg/cm2)	PARAMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE
1	1.275	0.54	COHESIÓN = 0.10 kg/cm2 ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA = 19.5°
2	2.55	0.99	
3	5.10	1.90	

José L. Lezama Leiva
 INGENIERO CIVIL
 REG. C.I.P. 14061



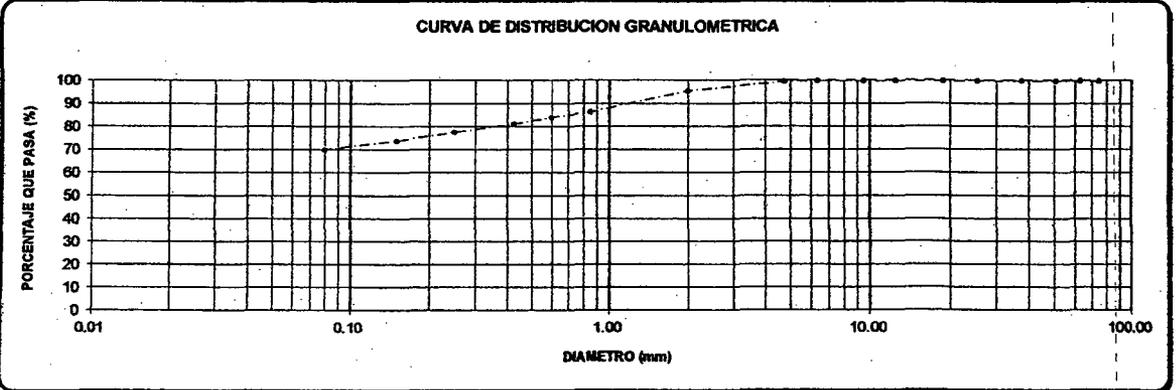
ESTUDIOS GEOTECNICOS, LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO Y DISEÑO DE PAVIMENTOS

ANALISIS GRANULOMETRICO
A.S.T.M. D 422

PROYECTO: "EVALUACIÓN GEOESTRUCTURAL Y GEODINÁMICA ENTRE SUNUDÉN - SAN MIGUEL - PUENTE SANTA ROSA Y SAN MIGUEL - JANGALÁ"
UBICACIÓN: DISTRITO: SAN MIGUEL DE PALLAQUES. PROVINCIA: SAN MIGUEL. REGIÓN: CAJAMARCA.
CALCATA: C-3
MUESTRA: M-1
SOLICITANTE: MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN MIGUEL

RESPONSABLE: ING° JOSE LEZAMA L.
OPERADOR: C.L.M.
FECHA: 07 DE ABRIL DEL 2014
PROFUNDIDAD: 0.30 m. A 3.00 m.

ANALISIS FRACCION GRUESA						MUESTRA TOTAL				
Nº	TAMIZ ABERTURA (mm)	P.RET PARCIAL	PORCENTAJE RET. PARCIAL	PORCENTAJE RET. ACUM	% QUE PASA	TEMPERATURA DE SECADO	AMBIENTE	60° C	110° C	
								3"	76.20	0.00
2 1/2"	63.50	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA (gr)		1279.90		
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA < Nº 4 (gr)		1277.00		
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA > Nº 4 (gr)		2.90		
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO TOTAL MUESTRA SECA < Nº 4 (gr)		997.20		
3/4"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO TOTAL MUESTRA SECA > Nº 4 (gr)		2.80		
1/2"	12.70	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO TOTAL MUESTRA SECA (gr)		1000.00		
3/8"	9.52	0.00	0.00	0.00	100.00					
1/4"	6.35	0.00	0.00	0.00	100.00					
Nº4	4.75	2.80	0.28	0.28	99.72					
TOTAL	WG =	2.80								
ANALISIS FRACCION FINA						CONTENIDO DE HUMEDAD A.S.T.M. D 2216		LIMITES DE CONSISTENCIA A.S.T.M. D 4318		
CORRECCION MUESTRA CUARTEADA:						0.100000				
PESO ENSAYO PORCION SECA:						997.20				
N 10	2.00	39.20	3.92	4.20	95.80	TARA Nº	1	LIMITE LIQUIDO:	40.00%	
N 20	0.85	91.20	9.12	13.32	86.68	PESO HUMEDO + TARA (gr)	2248.00	LIMITE PLASTICO:	34.00%	
N 30	0.60	24.80	2.48	15.80	84.20	PESO SECO + TARA (gr)	1779.00	INDICE PLASTICO:	6.00%	
N 40	0.43	28.00	2.80	18.60	81.40	PESO TARA (gr)	103.40			
N 60	0.25	36.00	3.60	22.20	77.80	PESO DEL AGUA (gr)	469.00			
N 100	0.15	36.80	3.68	25.88	74.12	PESO SECO (gr)	1675.60			
N 200	0.08	38.80	3.88	29.76	70.24	C. HUMEDAD (%)		27.99	CLASIFICACION S.U.C.S.:	ML
CAZOLETA	--	--	--	--	--					
TOTAL										



D60 =	Cu =	D30 =	Cc =	D10 =
-------	------	-------	------	-------

OBSERVACIONES: LA MUESTRA EN ESTUDIO HA SIDO CLASIFICADA UTILIZANDO EL METODO S.U.C.S. Y CORRESPONDE A UN LIMO INORGANICO DE BAJA COMPRESIBILIDAD, MEZCLADO CON CON 29.48% DE ARENA GRUESA A FINA Y 0.28% DE FRAGMENTOS ROCOSOS DE TAMAÑO MÁXIMO 1/4"

José D. Lezama Leiva
 INGENIERO CIVIL
 REG. C.I.P. 14061



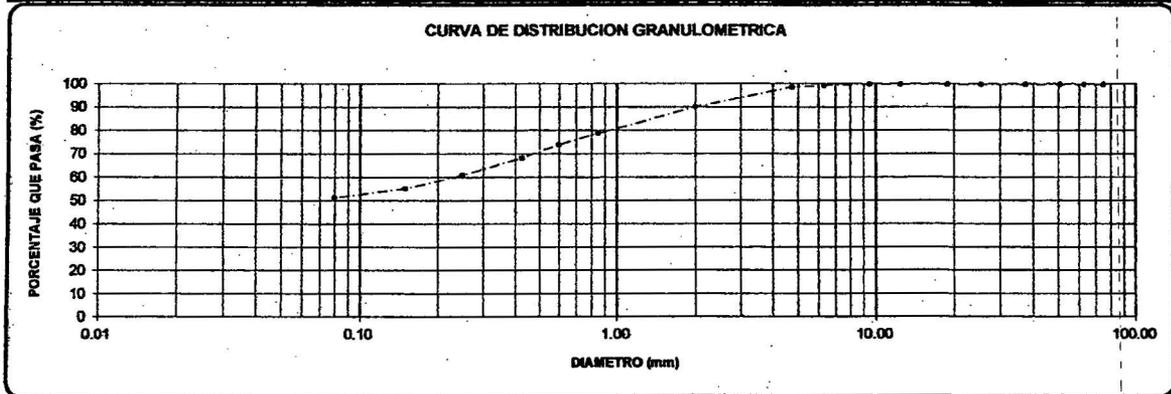
ESTUDIOS GEOTECNICOS, LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO Y DISEÑO DE PAVIMENTOS

ANALISIS GRANULOMETRICO
A.S.T.M. D 422

PROYECTO : "EVALUACION GEOSTRUCTURAL Y GEODINAMICA ENTRE SUNUDÉN - SAN MIGUEL - PUENTE SANTA ROSA Y SAN MIGUEL - JANGALÁ"
UBICACIÓN : DISTRITO: SAN MIGUEL DE PALLAQUES. PROVINCIA: SAN MIGUEL. REGIÓN: CAJAMARCA.
CALICATA : C - 4
MUESTRA : M - 1
SOLICITANTE : MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN MIGUEL.

RESPONSABLE : ING° JOSE LEZAMA L.
OPERADOR : C.I.M.
FECHA : 07 DE ABRIL DEL 2014
PROFUNDIDAD : 0.15 m. A 3.00 m.

ANALISIS FRACCION GRUESA						MUESTRA TOTAL			
TAMZ	P.RET	PORCENTAJE	PORCENTAJE	% QUE	TEMPERATURA	AMBIENTE	60° C	110° C	
N°	ABERTURA (mm)	PARCIAL	RET. PARCIAL	RET. ACUM	DE SECADO				
3"	76.20	0.00	0.00	0.00					
2 1/2"	63.50	0.00	0.00	0.00	PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA (gr)		1249.00		
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA < N° 4 (gr)		1236.80		
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA > N° 4 (gr)		12.20		
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	PESO TOTAL MUESTRA SECA < N° 4 (gr)		988.40		
3/4"	19.05	0.00	0.00	0.00	PESO TOTAL MUESTRA SECA > N° 4 (gr)		11.60		
1/2"	12.70	0.00	0.00	0.00	PESO TOTAL MUESTRA SECA (gr)		1000.00		
3/8"	9.52	0.00	0.00	0.00					
1/4"	6.35	4.80	0.48	0.48					
N°4	4.75	6.80	0.68	1.16					
TOTAL	WG =	11.60							
ANALISIS FRACCION FINA						CONTENIDO DE HUMEDAD		LIMITE DE CONSISTENCIA	
CORRECCION MUESTRA CUARTEADA:				0.100000		A.S.T.M. D 2216		A.S.T.M. D 4318	
PESO ENSAYO PORCION SECA:				988.40					
N 10	2.00	85.20	8.52	9.68	90.32	TARA N°	1	LIMITE LIQUIDO :	37.00%
N 20	0.85	113.00	11.30	20.98	79.02	PESO HUMEDO + TARA (gr)	2660.00	LIMITE PLASTICO :	31.00%
N 30	0.60	47.20	4.72	25.70	74.30	PESO SECO + TARA (gr)	2157.00	INDICE PLASTICO :	6.00%
N 40	0.43	57.20	5.72	31.42	68.58	PESO TARA (gr)	136.90		
N 60	0.25	73.60	7.36	38.78	61.22	PESO DEL AGUA (gr)	503.00		
N 100	0.15	58.00	5.80	44.58	55.42	PESO SECO (gr)	2020.10		
N 200	0.08	38.00	3.80	48.38	51.62				
CAZOLETA	--	--	--	--	--				
TOTAL						C. HUMEDAD (%)	24.90	CLASIFICACION S.U.C.S. :	ML



D60 =	0.24	D30 =		D10 =	
	Cc =		Cc =		

OBSERVACIONES: LA MUESTRA EN ESTUDIO HA SIDO CLASIFICADA UTILIZANDO EL METODO S.U.C.S. Y CORRESPONDE A UN LIMO INORGANICO DE BAJA COMPRESIBILIDAD, MEZCLADO CON CON 47.22% DE ARENA GRUESA A FINA Y 1.16% DE FRAGMENTOS ROCOSOS DE TAMAÑO MAXIMO 3/8"

Jose L. Lezama Leiva
Jose L. Lezama Leiva
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 14061

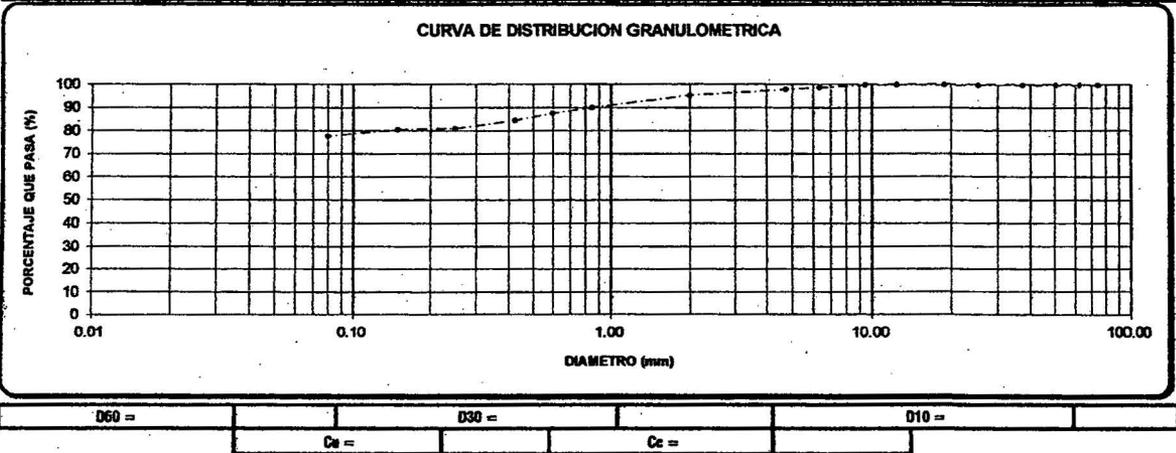


ANALISIS GRANULOMETRICO
A.S.T.M. D 422

PROYECTO : "EVALUACIÓN GEOESTRUCTURAL Y GEODINÁMICA ENTRE SURUDÉN - SAN MIGUEL - PUENTE SANTA ROSA Y SAN MIGUEL - JANGALÁ"
UBICACIÓN : DISTRITO: SAN MIGUEL DE PALLAQUES. PROVINCIA: SAN MIGUEL. REGIÓN: CAJAMARCA.
CALICATA : C - 5
MUESTRA : M - 1
SOLICITANTE : MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN MIGUEL

RESPONSABLE : ING° JOSE LEZAMA L.
OPERADOR : C.L.M.
FECHA : 07 DE ABRIL DEL 2014
PROFUNDIDAD : 0.50 m. A 3.00 m.

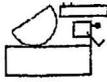
ANALISIS FRACCION GRUESA						MUESTRA TOTAL			
TAMIZ	P.RET	PORCENTAJE	PORCENTAJE	% QUE	TEMPERATURA DE SECADO	AMBIENTE	60° C	110° C	
Nº	ABERTURA (mm)	PARCIAL	RET. PARCIAL	RET. ACUM					
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA (gr)			1171.00
2 1/2"	63.50	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA < Nº 4 (gr)			1153.60
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA > Nº 4 (gr)			17.40
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO TOTAL MUESTRA SECA < Nº 4 (gr)			883.60
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO TOTAL MUESTRA SECA > Nº 4 (gr)			16.40
3/4"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO TOTAL MUESTRA SECA (gr)			900.00
1/2"	12.70	0.00	0.00	0.00	100.00	CONTENIDO DE HUMEDAD A.S.T.M. D 2216			LIMITES DE CONSISTENCIA A.S.T.M. D 4318
3/8"	9.52	0.00	0.00	0.00	100.00	TARA Nº	1	LIMITE LIQUIDO :	35.00%
1/4"	6.35	9.60	1.07	1.07	98.93	PESO HUMEDO + TARA (gr)	668.00	LIMITE PLASTICO :	28.00%
Nº4	4.75	6.80	0.76	1.82	98.18	PESO SECO + TARA (gr)	534.00	INDICE PLASTICO :	7.00%
TOTAL	WG =	16.40				PESO TARA (gr)	89.00	CLASIFICACION S.U.C.S. :	ML
CORRECCION MUESTRA CUARTEADA :						C. HUMEDAD (%)			
PESO ENSAYO PORCION SECA :						30.11			
N 10	2.00	23.20	2.58	4.40	95.60	PESO DEL AGUA (gr)	134.00		
N 20	0.85	47.70	5.30	9.70	90.30	PESO SECO (gr)	445.00		
N 30	0.60	21.90	2.43	12.13	87.87				
N 40	0.43	27.60	3.07	15.20	84.80				
N 60	0.25	31.50	3.50	18.70	81.30				
N 100	0.15	3.90	0.43	19.13	80.87				
N 200	0.08	25.50	2.83	21.97	78.03				
CAZOLETA	--	--	--	--	--				
TOTAL									



OBSERVACIONES: LA MUESTRA EN ESTUDIO HA SIDO CLASIFICADA UTILIZANDO EL METODO S.U.C.S. Y CORRESPONDE A UN LIMO INORGANICO DE BAJA COMPRESIBILIDAD, MEZCLADO CON CON 20.15% DE ARENA GRUESA A FINA Y 1.82% DE FRAGMENTOS ROCOSOS DE TAMAÑO MAXIMO 3/8"

Jose L. Lezama Leiva

Jose L. Lezama Leiva
INGENIERO CIVIL
REG. C.I.P. 14061



JOSE LEZAMA LEIVA
INGENIERO CIVIL

CONSULTOR DE OBRAS DE INGENIERIA

REG. C.I.P. Nº 14061 - RUC 10266787711

REGISTRO NACIONAL DE CONSULTORES Nº CO 112

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO Y DISEÑO DE PAVIMENTOS

ANEXO II

PERFILES ESTRATIGRÁFICOS



JOSE LEZAMA LEIVA

INGENIERO CIVIL

CONSULTOR EN OBRAS DE INGENIERIA

REG. C.I.P. N° 14061 - RUC 10266787711

REGISTRO NACIONAL DE CONSULTORES N° CO 112

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO Y DISEÑO DE PAVIMENTOS

EXPLORACION GEOTECNICA

**CALICATA N°
C-1**

PROYECTO : "EVALUACIÓN GEOSTRUCTURAL Y GEODINÁMICA ENTRE SUNUDÉN - SAN MIGUEL -

NIVEL FREÁTICO : N/A

UBICACIÓN : PUENTE SANTA ROSA Y SAN MIGUEL - JANGALÁ"

REGISTRO POR : C.L.M.

DISTRITO: SAN MIGUEL DE PALLAQUES. PROVINCIA: SAN MIGUEL. REGION: CAJAMARCA.

REVISADO POR : ING° JOSE LEZAMA LEIVA.

SOLICITANTE : MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN MIGUEL.

FECHA : ABRIL DEL 2014

SONDAJE : CALICATA

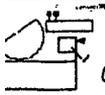
COORDENADAS UTM: ESTE: 738092

PROFUNDIDAD : DE 0.00 m. A 3.00 m.

NORTE: 9226079

PROF. (m.)	CLASIFICACION		DESCRIPCION DEL MATERIAL	MUESTRAS	W (%)	LIMITES	
	SIMBOLO (A.A.S.H.T.O.)	SIMBOLO GRARCO				LL (%)	IP (%)
0.50 0.55			Relleno conformado por restos orgánicos, arcilla, limo y bolones aislados. Se encuentra con bajo grado de compactad y alto contenido de humedad	S/M	-	-	-
1.00 1.50 1.75	ML		Limo inorgánico de baja compresibilidad, de color marron claro, mezclado con, 37.44% de arena gruesa a fina y 2.36% de fragmentos rocosos de tamaño máximo 3/8". Se encuentra con alto contenido de humedad, bajo grado de compactad y moderado contenido de sales sulfatadas.	M - 1	23.09	34.00	10.00
2.00 2.50 3.00	SM		Arena limosa pobremente gradada, de color marron amarillento, mezclada con 1.80% de fragmentos rocosos de tamaño máximo de 3/8" y 39.73% de partículas finas menores que 0.075 mm., de mediana plasticidad. Se encuentra con alto contenido de humedad, bajo grado de compactad y moderado contenido de sales sulfatadas.	M - 2	17.17	33.00	9.00
3.50 4.00							

Jose L. Lezama Leiva
 José L. Lezama Leiva
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP. 14061



JOSE LEZAMA LEIVA
INGENIERO CIVIL
CONSULTOR EN OBRAS DE INGENIERIA
 REG. C.I.P. N° 14061 - RUC 10266787711
 REGISTRO NACIONAL DE CONSULTORES N° CO 112

EXPLORACION GEOTECNICA

CALICATA N°
C - 2

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO Y DISEÑO DE PAVIMENTOS

OBJETO : *EVALUACIÓN GEOSTRUCTURAL Y GEODINÁMICA ENTRE SUNUDÉN - SAN MIGUEL -
 PUENTE SANTA ROSA Y SAN MIGUEL - JANGALÁ*
UBICACIÓN : DISTRITO: SAN MIGUEL DE PALLAQUES. PROVINCIA: SAN MIGUEL. REGION: CAJAMARCA.
CLIENTE : MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN MIGUEL.
PROFUNDIDAD : CALICATA
FUNDIDAD : DE 0.00 m. A 3.00 m.

NIVEL FREÁTICO : N/A
REGISTRO POR : C.L.M.
REVISADO POR : ING° JOSE LEZAMA LEIVA
FECHA : ABRIL DEL 2014
COORDENADAS UTM: ESTE: 738155
 NORTE: 9225865

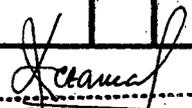
PROF. (m.)	CLASIFICACION		DESCRIPCION DEL MATERIAL	MUESTRAS	W (%)	LIMITE	
	SIMBOLO (A.A.S.H.T.O.)	SIMBOLO GRAFICO				LL (%)	IP (%)
0.50 0.60			Suelo orgánico, color negro. Se encuentra con alto contenido de humedad y bajo grado de compactación.	SIM	-	-	-
1.00 1.50 2.00 2.50 3.00	ML		Limo inorgánico de baja compresibilidad, de color marron amarillento, mezclado con, 17.80% de arena gruesa a fina y 0.84% de fragmentos rocosos de tamaño máximo 3/8". Se encuentra con alto contenido de humedad, bajo grado de compactación y moderado contenido de sales sulfatadas.	M - 1	27.62	45.00	9.00
3.50 4.00							

José L. Lezama Leiva
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP. 14061

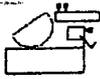
 <p>JOSE LEZAMA LEIVA INGENIERO CIVIL CONSULTOR EN OBRAS DE INGENIERIA REG. C.I.P. N° 14061 - RUC 10266787711 REGISTRO NACIONAL DE CONSULTORES N° CO 112 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO Y DISEÑO DE PAVIMENTOS</p>	EXPLORACION GEOTECNICA	CALICATA N° C - 3
--	-------------------------------	------------------------------

PROYECTO : "EVALUACIÓN GEOSTRUCTURAL Y GEOINMÁNICA ENTRE SUNUDÉN - SAN MIGUEL - PUENTE SANTA ROSA Y SAN MIGUEL - JANGALÁ" UBICACIÓN : DISTRITO: SAN MIGUEL DE PALLAQUES. PROVINCIA: SAN MIGUEL. REGION: CAJAMARCA. SOLICITANTE : MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN MIGUEL. SONDAJE : CALICATA PROFUNDIDAD : DE 0.00 m. A 3.00 m.	NIVEL FREÁTICO : N/A REGISTRO POR : C.L.M. REVISADO POR : ING° JOSE LEZAMA LEIVA. FECHA : ABRIL DEL 2014 COORDENADAS UTM: ESTE: 737909 NORTE: 9225875
---	---

PROF. (m.)	CLASIFICACION		DESCRIPCION DEL MATERIAL	MUESTRAS	W (%)	LIMITE	
	SIMBOLO (A.S.H.T.O.)	SIMBOLO GRAFICO				LL (%)	IP (%)
0.30			Suelo orgánico, color negro. Se encuentra con alto contenido de humedad y bajo grado de compactad.	S/M	-	-	-
0.50							
1.00							
1.50	ML		Limo inorgánico de baja compresibilidad, de color marron claro, mezclado con, 29.48% de arena gruesa a fina y 0.26% de fragmentos rocosos de tamaño máximo 1/4". Se encuentra con alto contenido de humedad, bajo grado de compactad y moderado contenido de sales sulfatadas.	M - 1	27.99	40.00	6.00
2.00							
2.50							
3.00							
3.50							
4.00							



 José L. Lezama Leiva
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP. 14061



JOSE LEZAMA LEIVA

INGENIERO CIVIL

CONSULTOR EN OBRAS DE INGENIERIA

REG. C.I.P. N° 14061 - RUC 10266787711

REGISTRO NACIONAL DE CONSULTORES N° CO 112

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO Y DISEÑO DE PAVIMENTOS

EXPLORACION GEOTECNICA

**CALICATA N°
C-4**

PROYECTO : "EVALUACIÓN GEOESTRUCTURAL Y GEODINÁMICA ENTRE SUNUJÉN - SAN MIGUEL -

NIVEL FREÁTICO : N/A

UBICACIÓN : PUENTE SANTA ROSA Y SAN MIGUEL - JANGALÁ"

REGISTRO POR : C.L.M.

DISTRITO: SAN MIGUEL DE PALLAQUES. PROVINCIA: SAN MIGUEL. REGION: CAJAMARCA.

REVISADO POR : ING° JOSE LEZAMA LEIVA.

SOLICITANTE : MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN MIGUEL.

FECHA : ABRIL DEL 2014

SONDAJE : CALICATA

COORDENADAS UTM: ESTE: 738023

PROFUNDIDAD : DE 0.00 m. A 3.00 m.

NORTE: 9225819

PROF. (m.)	CLASIFICACION		DESCRIPCION DEL MATERIAL	MUESTRAS	W (%)	LIMITE	
	SIMBOLO (A.A.S.H.T.O.)	SIMBOLO GRAFICO				LL (%)	IP (%)
0.15			Suelo orgánico, color negro. Se encuentra con alto contenido de humedad y bajo grado de compactad.	S/M	-	-	-
0.50							
1.00							
1.50	ML		Limo inorgánico de baja compresibilidad, de color marron claro, mezclado con, 47.22% de arena gruesa a fina y 1.16% de fragmentos rocosos de tamaño máximo 3/8". Se encuentra con alto contenido de humedad, bajo grado de compactad y moderado contenido de sales sulfatadas.	M-1	24.90	37.00	6.00
2.00							
2.50							
3.00							
3.50							
4.00							

Jose L. Lezama Leiva
 José L. Lezama Leiva
 INGENIERO CIVIL
 REG. C.I.P. 14061

Prohibida su Reproducción Total o Parcial (INDECOP). Derechos Reservados JLL.



JOSE LEZAMA LEIVA
 INGENIERO CIVIL
 CONSULTOR EN OBRAS DE INGENIERIA
 REG. C.I.P. N° 14061 - RUC 10266787711
 REGISTRO NACIONAL DE CONSULTORES N° CO 112

EXPLORACION GEOTECNICA

**CALICATA N°
C - 5**

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO Y DISEÑO DE PAVIMENTOS

PROYECTO : EVALUACIÓN GEOESTRUCTURAL Y GEODINÁMICA ENTRE SURUDÉN - SAN MIGUEL - PUENTE SANTA ROSA Y SAN MIGUEL - JANGALÁ
UBICACIÓN : DISTRITO: SAN MIGUEL DE PALLAQUES. PROVINCIA: SAN MIGUEL. REGION: CAJAMARCA.
SOLICITANTE : MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN MIGUEL.
SONDAJE : CALICATA
PROFUNDIDAD : DE 0.00 m. A 3.00 m.

NIVEL FREÁTICO : N/A
REGISTRO POR : C.L.M.
REVISADO POR : ING° JOSE LEZAMA LEIVA.
FECHA : ABRIL DEL 2014
COORDENADAS UTM: ESTE: 737899
 NORTE: 9225765

PROF. (m)	CLASIFICACION		DESCRIPCION DEL MATERIAL	MUESTRAS	W (%)	LIMITES	
	SIMBOLO (A.A.S.H.T.O.)	SIMBOLO GRARCO				LL (%)	IP (%)
0.50			Suelo orgánico, color negro. Se encuentra con alto contenido de humedad y bajo grado de compactación.	S/M	-	-	-
1.00							
1.50							
1.75	Nivel de filtración						
2.00	SM		Limo inorgánico de baja compresibilidad, de color marrón oscuro, mezclado con, 20.15% de arena gruesa a fina y 1.82% de fragmentos rocosos de tamaño máximo 3/8". Se encuentra saturado, con bajo grado de compactación y moderado contenido de sales sulfatadas.	M - 1	30.11	35.00	7.00
2.50							
3.00							
3.50							
4.00							

Jose L. Lezama Leiva
 José L. Lezama Leiva
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP. 14061

Prohibida su Reproducción Total o Parcial (INDECOP), Derechos Reservados J.L.L.



JOSE LEZAMA LEIVA
INGENIERO CIVIL
CONSULTOR DE OBRAS DE INGENIERIA

REG. C.I.P. Nº 14061 - RUC 10266787711

REGISTRO NACIONAL DE CONSULTORES Nº CO 112

LABORATÓRIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO Y DISEÑO DE PAVIMENTOS

ANEXO IV

ANALISIS DE pH, SULFATOS Y CLORUROS

LABORATORIO ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO

Ing: Augusto Hugo Mosqueira Estraver

Análisis Físico Químico de Agua Bacteriológico, Sulfato, Cloruro y pH de Arena, Piedra, Minerales, Metálicos, Inalterabilidad de Agregados, Impurezas Orgánicas.

Psje: Los Zafiros Mz. B Lote 7 Urb. Villa Universitaria - Cajamarca.

ANÁLISIS DE pH, SULFATOS Y CLORUROS DE MUESTRAS DE SUELO

(NTP 339.176, NTP 339.178, NTP 339.177)

PROYECTO : "EVALUACIÓN GEOESTRUCTURAL Y GEODINÁMICA ENTRE SUNUDÉN - SAN MIGUEL - PUENTE SANTA ROSA Y SAN MIGUEL - JANGALÁ"

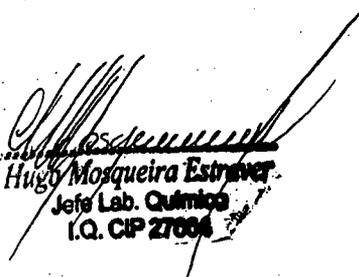
UBICACION : DISTRITO: SAN MIGUEL DE PALLAQUES.
PROVINCIA: SAN MIGUEL.
REGION: CAJAMARCA.

SOLICITA : MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN MIGUEL.

FECHA : 07 DE ABRIL DEL 2014

RESULTADOS

CALICATA	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	pH			SO ₄ ²⁻ (%)		Cl ¹⁻ (%)	
			NTP 339.176	NTP 339.178	NTP 339.177	NTP 339.176	NTP 339.178	NTP 339.177	NTP 339.177
C - 1	M - 1	0.55 - 1.75	7.05	0.124	0.024				
	M - 2	1.75 - 3.00	6.99	0.115	0.029				
C - 2	M - 1	0.60 - 3.00	7.12	0.117	0.027				
C - 3	M - 1	0.30 - 3.00	7.15	0.113	0.025				
C - 4	M - 1	0.15 - 3.00	7.08	0.123	0.032				
C - 5	M - 1	0.50 - 3.00	6.98	0.125	0.030				

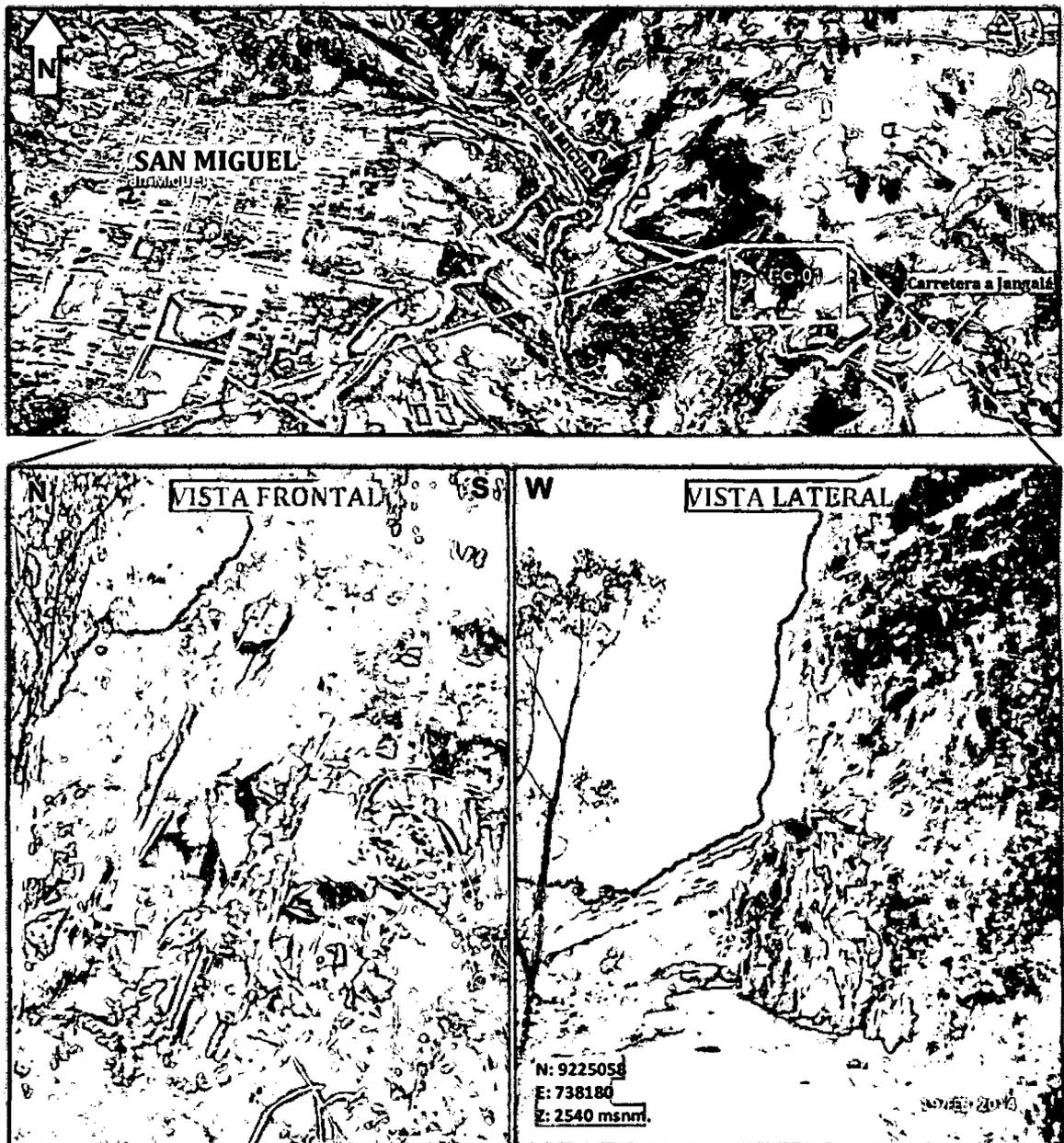

Hugo Mosqueira Estraver
Jefe Lab. Químico
I.Q. CIP 27006

ANEXO II
ESTACIONES GEOMECÁNICAS

ESTACIÓN GEOMECÁNICA N° 01

► CARRETERA SAN MIGUEL – JANGALÁ: Progresivas 10+740 – 10+560

El afloramiento está ubicado en el tramo denominado Boca de León, con una longitud de 180 m. de largo. Litológicamente presenta rocas volcánicas (tobas dacíticas) levemente meteorizadas, bloques irregulares con grado de fracturamiento medio, dando un aspecto de color superficial gris-amarillento.



Afloramiento donde se realizó la estación geomecánica N° 01, ubicado en la progresiva 10+660 – 10+560. Carretera San Miguel – Jangalá.

► **CARACTERIZACIÓN DE LA MATRIZ ROCOSA:**

IDENTIFICACIÓN	Bloques irregulares de tobas dacíticas, de coloración superficial gris-amarillento, cambiando a blanco-grisáceo hacia el interior. Presenta una superficie rugosa. No hay presencia de agua.	
METEORIZACIÓN	Término	Ligeramente Meteorizada.
	Descripción	Ligera decoloración en la superficie debido a la alteración que ha sufrido la roca por acción de los agentes externos.
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	Clase	R3.
	Descripción	Roca moderadamente dura.
	Identificación de campo	Con un golpe fuerte del martillo puede fracturarse.
	Resistencia a la compresión (MPa)	25-50
(N) PARA RGD	ND/m = 55/12	A = 4.58

► **PROPIEDADES DE LAS DISCONTINUIDADES:**



A) Matriz rocosa. B) Familias de discontinuidades. Estación geomecánica N° 01, ubicada entre las progresivas 10+560 – 10+660, carretera San Miguel-Jangalá.

TIPO		D1	D2	D3 (Crítica)	Talud
Orientación	Dip	64°	24°	60°	80°
	Dip-Direction	34°	174°	300°	285°
Espaciado (m)		0.48	0.74	0.245	
Persistencia (m)		0.745	3	0.75	
Abertura (mm)		0.1-1.0	0.1-1.0	0.1-1.0	
Rugosidad		Rugosa	Rugosa	Lig. rugosa	
Relleno	Tipo	Óxidos	Óxidos	Óxidos	
	Dureza	Duro<5mm	Duro<5mm	Duro<5mm	
Alteración o Meteorización		Lig. alterada	Lig. alterada	Lig. alterada	
Agua		Seco	Seco	Seco	
Calidad de Información		Lec. real	Lec. real	Lec. real	

➤ **CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA:**

Clasificación Geomecánica según BIENAWSKI, RMR 1989.

1	Resistencia de la roca intacta	Ensayo de Carga Puntual	> 10 MPa.	4 - 10 MPa.	2 - 4 MPa.	1 - 2 MPa.	Compresión Simple MPa.		
		Compresión Simple	> 250 MPa.	100 - 250 MPa.	50 - 100 MPa.	25 - 50 MPa.	5 - 25 MPa.	1 - 5 MPa.	< 1 MPa.
Puntuación			15	15	7	4	2	1	0
2	RQD (%)		100 - 90	90 - 75	75 - 50	50 - 25	< 25		
	Puntuación		20	17	13	6	3		
3	Espaciado de las discontinuidades		> 2 m.	2 - 0,6 m.	60 - 20 cm.	20 - 6 cm.	< 6 cm.		
	Puntuación		20	15	10	8	5		
4	Estado de las Discontinuidades	Longitud de la Discontinuidad	< 1 m.	1 - 3 m.	3 - 10 m.	10 - 20 m.	> 20 m.		
		Puntuación	6	4	2	1	0		
		Abertura	Nada	< 0,1 mm.	0,1 - 1 mm.	1 - 5 mm.	> 5 mm.		
		Puntuación	6	5	3	1	0		
		Rugosidad	Muy Rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave		
		Puntuación	6	5	3	1	0		
		Relleno	Ninguno	Relleno Duro < 5 mm.	Relleno Duro > 5 mm.	Relleno Blando < 5 mm.	Relleno Blando > 5 mm.		
		Puntuación	6	4	2	2	0		
		Alteración	Inalterada	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	Descompuesta		
Puntuación	6	5	3	1	0				
5	Flujo de agua en las discontinuidades	Relación P/A principal	0	0 - 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5		
		Condiciones General	Completamente Secas	Ligeramente Húmedas	Húmedas	Goteando	Agua Fluyendo		
	Puntuación		15	10	7	4	0		

RQD	92.23
RMR	72
TIPO DE MACISO ROCOSO	II
CALIDAD	BUENA

► **CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA SEGÚN GSI:**

Rock Type: <input type="text" value="General"/>	SURFACE CONDITIONS				
	VERY GOOD	GOOD	FAIR	POOR	VERY POOR
GSI Selection: <input type="text" value="65"/> <input type="text" value="OK"/>					
STRUCTURE	DECREASING SURFACE QUALITY →				
INTACT OR MASSIVE - intact rock specimens or massive in situ rock with few widely spaced discontinuities	90			N/A	N/A
BLOCKY - well interlocked undisturbed rock mass consisting of cubical blocks formed by three intersecting discontinuity sets	80	70			
VERY BLOCKY - interlocked, partially disturbed mass with multi-faceted angular blocks formed by 4 or more joint sets		60			
BLOCKY/DISTURBED/SEAMY - folded with angular blocks formed by many intersecting discontinuity sets. Persistence of bedding planes or schistosity			40		
DISINTEGRATED - poorly interlocked, heavily broken rock mass with mixture of angular and rounded rock pieces				20	
LAMINATED/SHEARED - Lack of blockiness due to close spacing of weak schistosity or shear planes	N/A	N/A			10

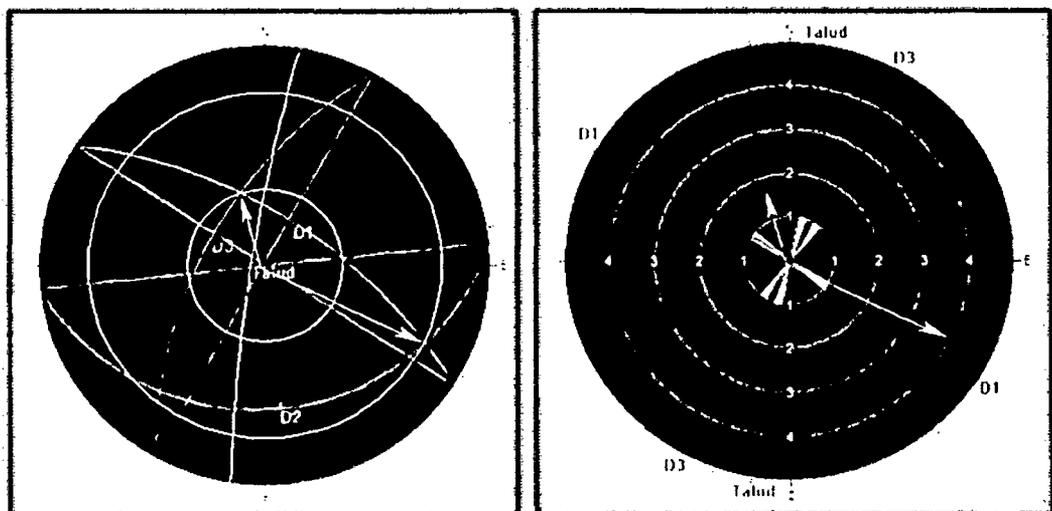
DECREASING INTERLOCKING OF ROCK PIECES



GSI de la estación geomecánica N° 01. $RMR = GSI + 5$, entonces $RMR = 65 + 5 = 70$.

► **ANÁLISIS EN EL SOFTWARE DIPS:**

La discontinuidad crítica, con respecto al talud, es el sistema o familia D3.

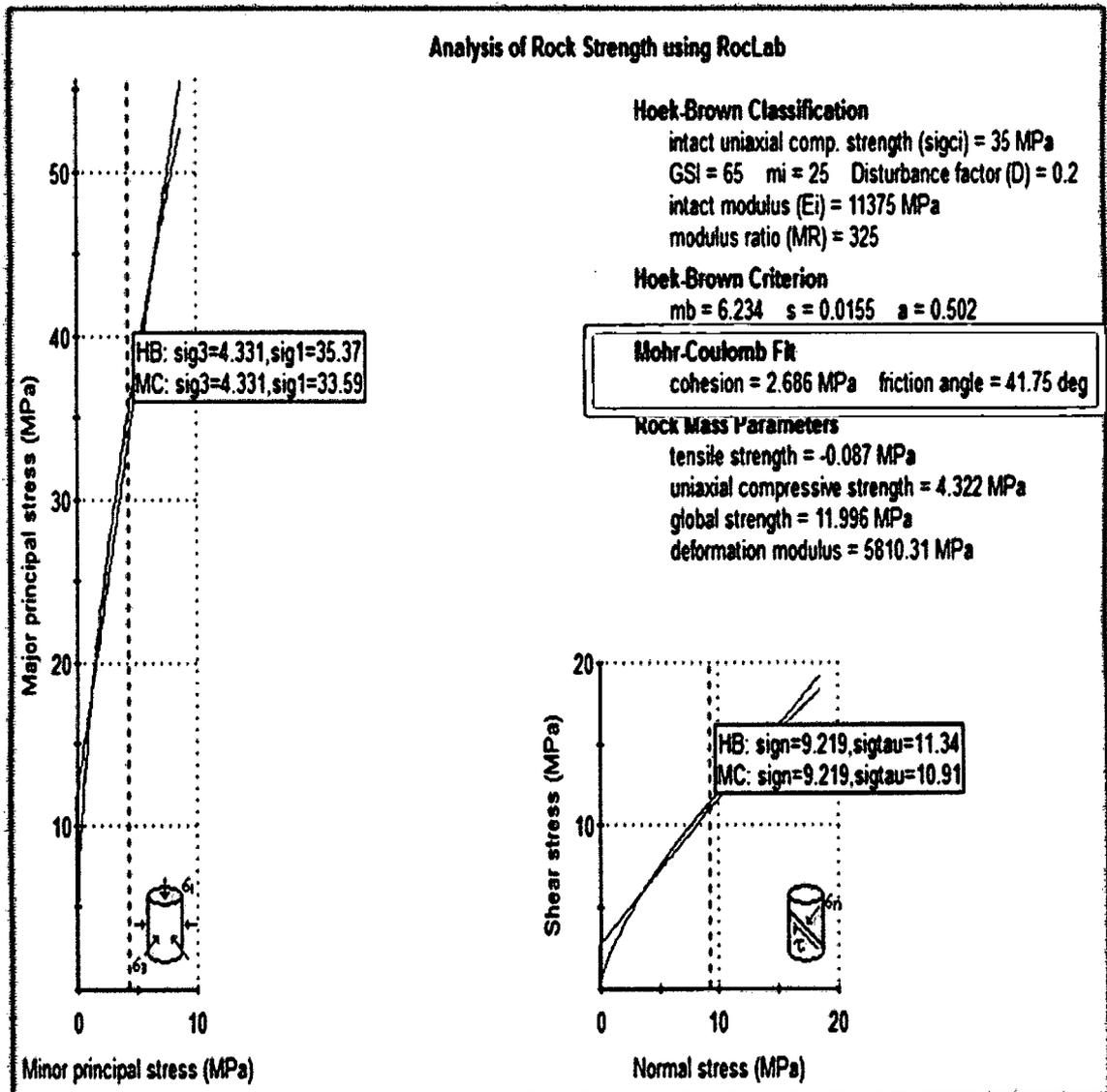


Análisis Dips en la estación geomecánica N° 01. La discontinuidad crítica, con respecto al talud, es el sistema o familia D3.

➤ **ANÁLISIS EN EL SOFTWARE ROCLAB:**

El ángulo de fricción de la roca que nos determina el software RocLab es 41°, correlacionado con el ángulo del talud que es 80°, nos determina que la cuña que forman los sistemas de fracturas está propensa a desprendimiento y caída del bloque de roca.

Como la calidad de la roca es buena, sólo se recomienda desquincar los bloques propensos a caer para controlar y prevenir el peligro por caída de rocas.

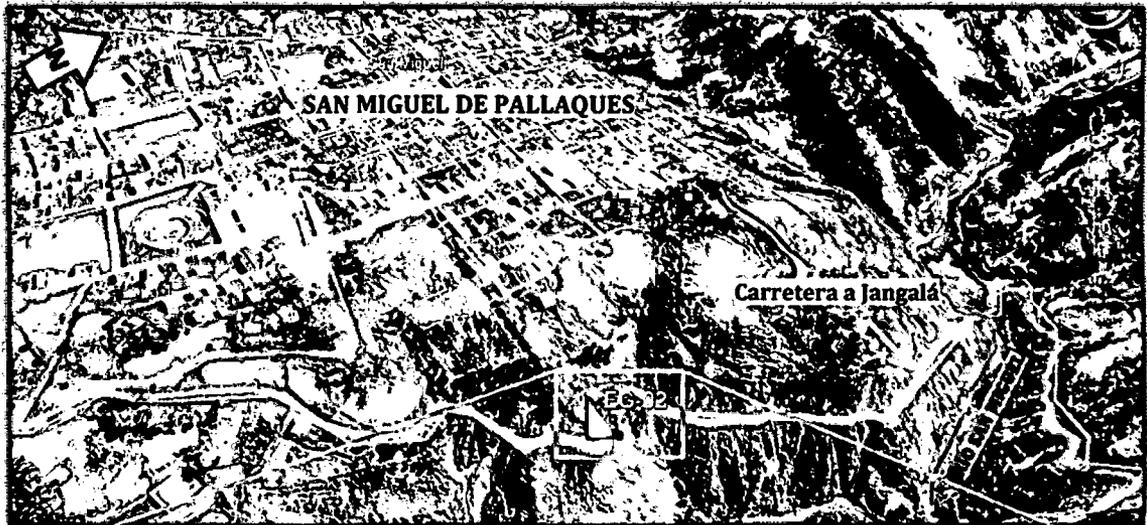


Análisis-RocLab, en la estación geomecánica N° 01. Parámetros geomecánicos y propiedades intrínsecas del macizo rocoso según Mohr-Coulomb y Hoek-Brown. El ángulo de fricción que determina el software es igual a 41°.

ESTACIÓN GEOMECÁNICA N° 02

➤ CARRETERA SAN MIGUEL - JANGALÁ: Progresivas 12+260 - 12+200

El tramo de esta estación geomecánica tiene una longitud de 60 m. de largo. Litológicamente presenta rocas volcánicas (Tobas dacíticas) levemente meteorizadas, bloques irregulares con grado de fracturamiento medio, dando un aspecto de color superficial gris-amarillento y presencia de oxidación.

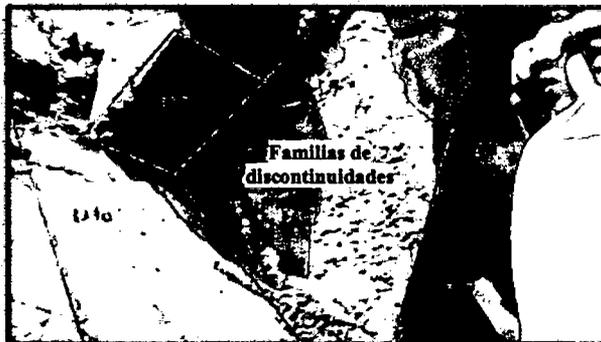


Ubicación del afloramiento donde se realizó la estación geomecánica N° 02, ubicado en la progresiva 12+260 - 12+200. Carretera San Miguel - Jangalá.

➤ **CARACTERIZACIÓN DE LA MATRIZ ROCOSA:**

IDENTIFICACIÓN	Bloques irregulares de tobas dacíticas, de coloración superficial gris-amarillento, con presencia de oxidación (hematita y limonita). Presenta una superficie rugosa. No hay presencia de agua.	
METEORIZACIÓN	Término	Ligeramente Meteorizada.
	Descripción	Ligera decoloración en la superficie debido a la acción de los agentes externos como las precipitaciones.
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	Clase	R3.
	Descripción	Roca moderadamente dura.
	Identificación de campo	Con un golpe fuerte del martillo puede fracturarse.
	Resistencia a la compresión (MPa)	25-50
(A) PARA RQB	ND/m = 36/11	λ=3.27

➤ **PROPIEDADES DE LAS DISCONTINUIDADES:**



Familias de discontinuidades de la estación geomecánica N° 02, ubicada entre las progresivas 12+200 – 12+260, carretera San Miguel – Jangalá.

TIPO		D1	D2	D3 (crítica)	Talud
Orientación	Dip	84°	42°	64°	84°
	Dip-Direction	214°	231°	40°	110°
Espaciado (m)		0.9	0.9	0.9	
Persistencia (m)		0.8	0.8	0.8	
Abertura (mm)		1.0-5.0	1.0-5.0	1.0-5.0	
Rugosidad		Rugosa	Rugosa	Rugosa	
Relleno	Tipo	Óxidos	Óxidos	Óxidos	
	Dureza	Duro<5mm	Duro<5mm	Duro<5mm	
Alteración o Meteorización		Lig. Alterada	Lig. Alterada	Lig. Alterada	
Agua		Seco	Seco	Seco	
Calidad de Información		Lec. Real	Lec. Real	Lec. Real	

➤ **CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA:**

Clasificación Geomecánica según BIENAWSKI, RMR 1989.

1	Resistencia de la roca intacta	Ensayo de Carga Puntual	> 10 MPa.	4 - 10 MPa.	2 - 4 MPa.	1 - 2 MPa.	Compresión Simple MPa.		
		Compresión Simple	> 250 MPa.	100 - 250 MPa.	50 - 100 MPa.	25 - 50 MPa.	5 - 25 MPa.	1 - 5 MPa.	< 1 MPa.
Puntuación		15	15	7	4	2	1	0	
2	RQD (%)		100 - 90	90 - 75	75 - 50	50 - 25	< 25		
	Puntuación		20	17	13	6	3		
3	Espaciado de las discontinuidades		> 2 m.	2 - 0,6 m.	60 - 20 cm.	20 - 6 cm.	< 6 cm.		
	Puntuación		20	15	10	8	5		
4	Estado de las Discontinuidades	Longitud de la Discontinuidad	< 1 m.	1 - 3 m.	3 - 10 m.	10 - 20 m.	> 20 m.		
		Puntuación	6	4	2	1	0		
		Abertura	Nada	< 0,1 mm.	0,1 - 1 mm.	1 - 5 mm.	> 5 mm.		
		Puntuación	6	5	3	1	0		
		Rugosidad	Muy Rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave		
		Puntuación	6	5	3	1	0		
		Relleno	Ninguno	Relleno Duro < 5 mm.	Relleno Duro > 5 mm.	Relleno Blando < 5 mm.	Relleno Blando > 5 mm.		
		Puntuación	6	4	2	2	0		
		Alteración	Inalterada	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	Descompuesta		
Puntuación	6	5	3	1	0				
5	Flujo de agua en las discontinuidades	Relación P _r principal	0	0 - 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5		
		Condiciones General	Completamente Secas	Ligeramente Húmedas	Húmedas	Goteando	Agua Fluyendo		
	Puntuación		15	10	7	4	0		

RQD	95.69
RMR	75
TIPO DE MACISO ROCOSO	II
CALIDAD	BUENA

➤ **CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA SEGÚN GSI:**

Rock Type: <input type="text" value="General"/>	SURFACE CONDITIONS				
	VERY GOOD	GOOD	FAIR	POOR	VERY POOR
GSI Selection: <input type="text" value="68"/> <input type="text" value="OK"/>					
STRUCTURE	DECREASING SURFACE QUALITY →				
INTACT OR MASSIVE - intact rock specimens or massive in situ rock with few widely spaced discontinuities	90	80	70	N/A	N/A
BLOCKY - well interlocked undisturbed rock mass consisting of cubical blocks formed by three intersecting discontinuity sets		68	60		
VERY BLOCKY - interlocked, partially disturbed mass with multi-faceted angular blocks formed by 4 or more joint sets			50	52	
BLOCKY/DISTURBED/SEAMY - folded with angular blocks formed by many intersecting discontinuity sets. Persistence of bedding planes or schistosity			40	30	
DISINTEGRATED - poorly interlocked, heavily broken rock mass with mixture of angular and rounded rock pieces				20	
LAMINATED/SHEARED - Lack of blockiness due to close spacing of weak schistosity or shear planes	N/A	N/A			10

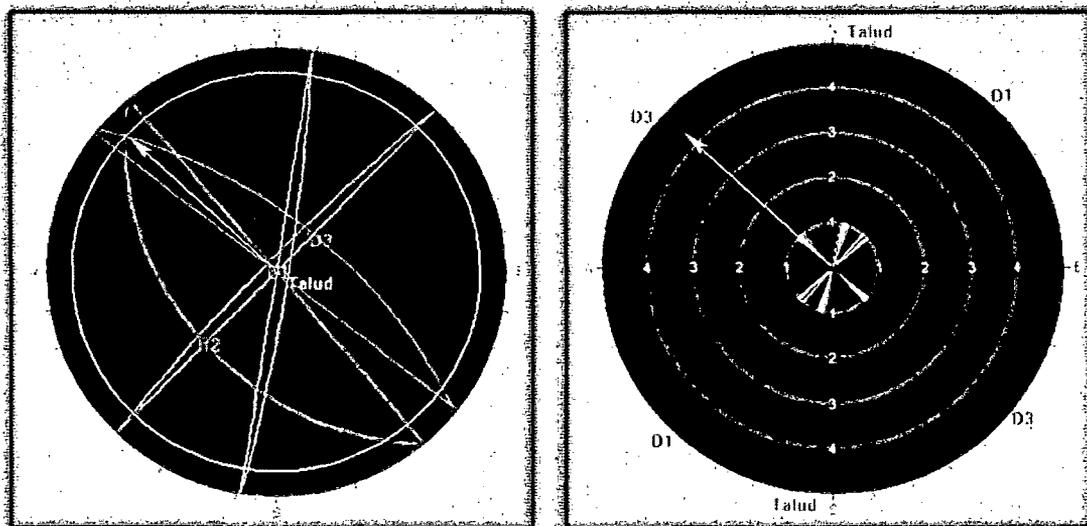
DECREASING INTERLOCKING OF ROCK PIECES



GSI de la estación geomecánica N° 02. $RMR = GSI + 5$, entonces $RMR = 68 + 5 = 73$.

➤ **ANÁLISIS EN EL SOFTWARE DIPS:**

La discontinuidad crítica, con respecto al talud, es el sistema o familia D3.

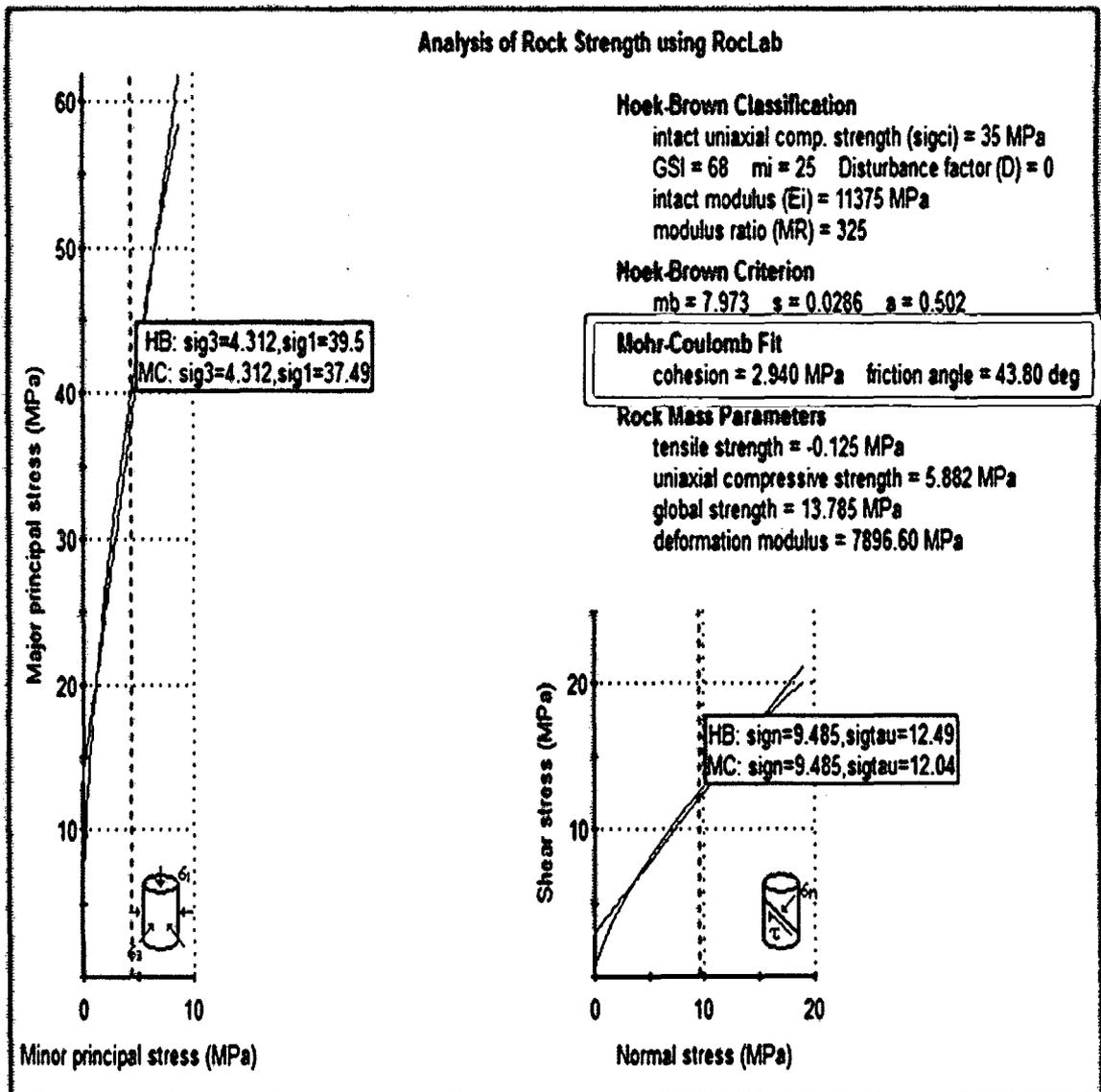


Análisis Dips en la estación geomecánica N° 02. La discontinuidad crítica, con respecto al talud, es el sistema o familia D3.

➤ **ANÁLISIS EN EL SOFTWARE ROCLAB:**

El ángulo de fricción de la roca que nos determina el software RocLab es 43° , correlacionado con el ángulo del talud que es 84° , nos determina que la cuña que forman los sistemas de fracturas está propensa a desprendimiento y caída del bloque de roca.

Como la calidad de la roca es buena, sólo se recomienda desquincar los bloques propensos a caer para controlar y prevenir el peligro por caída de rocas.



Análisis-RocLab, en la estación geomecánica N° 02. Parámetros geomecánicos y propiedades intrínsecas del macizo rocoso según Mohr-Coulomb y Hoek-Brown. El ángulo de fricción que determina el software es igual a 43° .

ESTACIÓN GEOMECÁNICA N° 03

► CARRETERA SUNUDÉN – SAN MIGUEL; Progresivas 13+200 – 13+600

El tramo de esta estación geomecánica tiene una longitud de 400 m. Litológicamente presenta tobas dacíticas moderadamente meteorizadas, bloques irregulares con grado de fracturamiento medio, dando un aspecto de color superficial rojo-amarillento por oxidación (hematita y limonita).

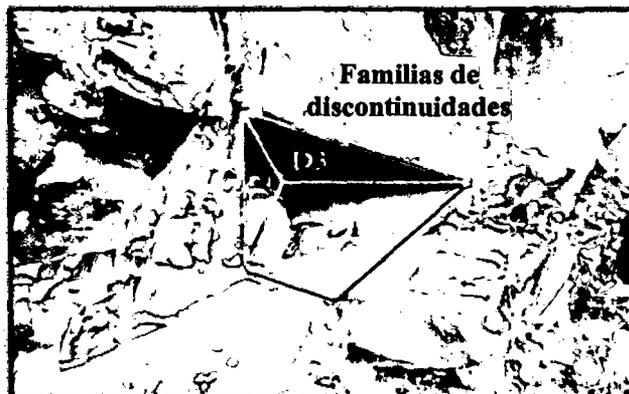


Ubicación del afloramiento donde se realizó la estación geomecánica N° 03, ubicado en la progresiva 13+200 – 13+600. Carretera San Miguel – Jangalá.

➤ **CARACTERIZACIÓN DE LA MATRIZ ROCOSA:**

IDENTIFICACIÓN	Bloques irregulares de tobas dacíticas, de coloración rojo-amarillento. Presenta una superficie rugosa. No hay presencia de agua.	
METEORIZACIÓN	Término	Moderadamente Meteorizada
	Descripción	Decoloración evidente .Superficie alterada con presencia de oxidación fuerte, llegando incluso a presentarse por debajo de la superficie de la roca.
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	Clase	R3.
	Descripción	Roca moderadamente dura
	Identificación de campo	Con un golpe fuerte del martillo puede fracturarse.
	Resistencia a la compresión (MPa)	25-50
(A) PARA RQD	ND/m = 36/8	A=4.5

➤ **PROPIEDADES DE LAS DISCONTINUIDADES:**



Familias de discontinuidades de la estación geomecánica N° 03, ubicada entre las progresivas 13+200 – 13+600, carretera Sunudén – San Miguel.

TIPO		D1 (crítica)	D2	D3	Talud
Orientación	Dip	52°	60°	54°	80°
	Dip-Direction	150°	283°	10°	150°
Espaciado (m)		0.48	0.48	0.48	
Persistencia (m)		3.5	3.5	3.5	
Abertura (mm)		0.1-1.0	0.1-1.0	0.1-1.0	
Rugosidad		Rugosa	Rugosa	Rugosa	
Relleno	Tipo	Óxidos	Óxidos	Óxidos	
	Dureza	Duro<5mm	Duro<5mm	Duro<5mm	
Alteración o Meteorización		Lig. Alterada	Lig. Alterada	Lig. Alterada	
Agua		Seco	Seco	Seco	
Calidad de Información		Lec. Real	Lec. Real	Lec. Real	

➤ **CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA:**

Clasificación Geomecánica según BIENAWSKI, RMR 1989.

1	Resistencia de la roca intacta	Ensayo de Carga Puntual	> 10 MPa.	4 - 10 MPa.	2 - 4 MPa.	1 - 2 MPa.	Compresión Simple MPa.		
		Compresión Simple	> 250 MPa.	100 - 250 MPa.	50 - 100 MPa.	25 - 50 MPa.	5 - 25 MPa.	1 - 5 MPa.	< 1 MPa.
Puntuación			15	15	7	4	2	1	0
2	RQD (%)		100 - 90	90 - 75	75 - 50	50 - 25	< 25		
	Puntuación		20	17	13	6	3		
3	Espaciado de las discontinuidades		> 2 m.	2 - 0,6 m.	60 - 20 cm.	20 - 6 cm.	< 6 cm.		
	Puntuación		20	15	10	8	5		
4	Estado de las Discontinuidades	Longitud de la Discontinuidad	< 1 m.	1 - 3 m.	3 - 10 m.	10 - 20 m.	> 20 m.		
		Puntuación	6	4	2	1	0		
		Abertura	Nada	< 0,1 mm.	0,1 - 1 mm.	1 - 5 mm.	> 5 mm.		
		Puntuación	6	5	3	1	0		
		Rugosidad	Muy Rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave		
		Puntuación	6	5	3	1	0		
		Relleno	Ninguno	Relleno Duro < 5 mm.	Relleno Duro > 5 mm.	Relleno Blando < 5 mm.	Relleno Blando > 5 mm.		
		Puntuación	6	4	2	2	0		
		Ateración	Inalterada	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	Descompuesta		
Puntuación	6	5	3	1	0				
5	Flujo de agua en las discontinuidades	Relación P _r / principal	0	0 - 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5		
		Condiciones General	Completamente Secas	Ligeramente Húmedas	Húmedas	Goteando	Agua Fluyendo		
	Puntuación		15	10	7	4	0		

RQD	92.46
RMR	68
TIPO DE MACISO ROCOSO	II
CALIDAD	BUENA

➤ **CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA SEGÚN GSI:**

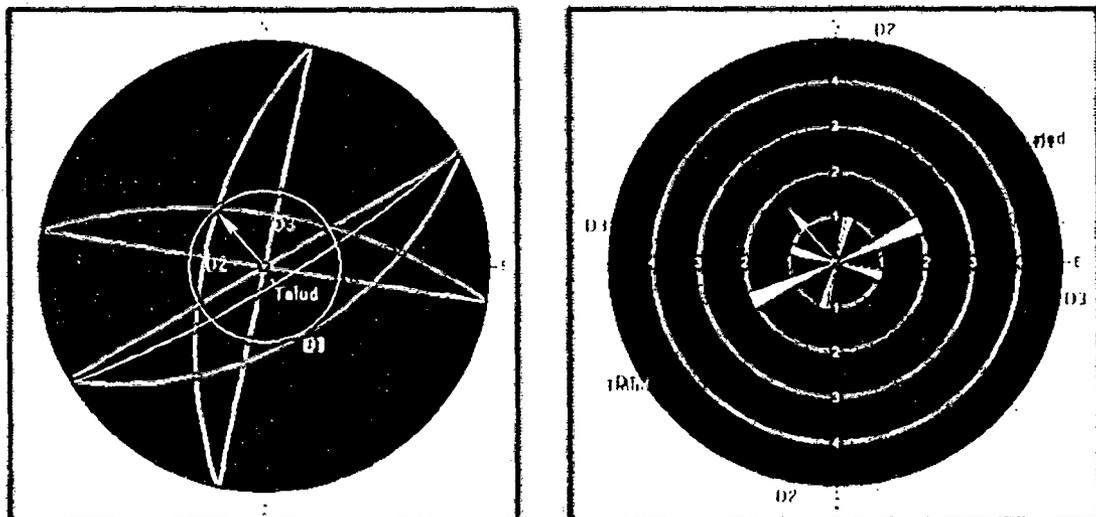
Rock Type: <input type="text" value="General"/>	SURFACE CONDITIONS				
	VERY GOOD	GOOD	FAIR	POOR	VERY POOR
GSI Selection: <input type="text" value="62"/> <input type="button" value="OK"/>					
STRUCTURE	DECREASING SURFACE QUALITY →				
INTACT OR MASSIVE - Intact rock specimens or massive in situ rock with few widely spaced discontinuities	90	80	70	60	N/A
BLOCKY - well interlocked undisturbed rock mass consisting of cubical blocks formed by three intersecting discontinuity sets					
VERY BLOCKY - interlocked, partially disturbed mass with multi-faceted angular blocks formed by 4 or more joint sets					
BLOCKY/DISTURBED/SEAMY - folded with angular blocks formed by many intersecting discontinuity sets. Persistence of bedding planes or schistosity					
DISINTEGRATED - poorly interlocked, heavily broken rock mass with mixture of angular and rounded rock pieces					
LAMINATED/SHEARED - Lack of blockiness due to close spacing of weak schistosity or shear planes	N/A	N/A			



GSI de la estación geomecánica N° 03. $RMR = GSI + 5$, entonces $RMR = 62 + 5 = 67$.

➤ **ANÁLISIS EN EL SOFTWARE DIPS:**

La discontinuidad crítica, con respecto al talud, es el sistema o familia D1.

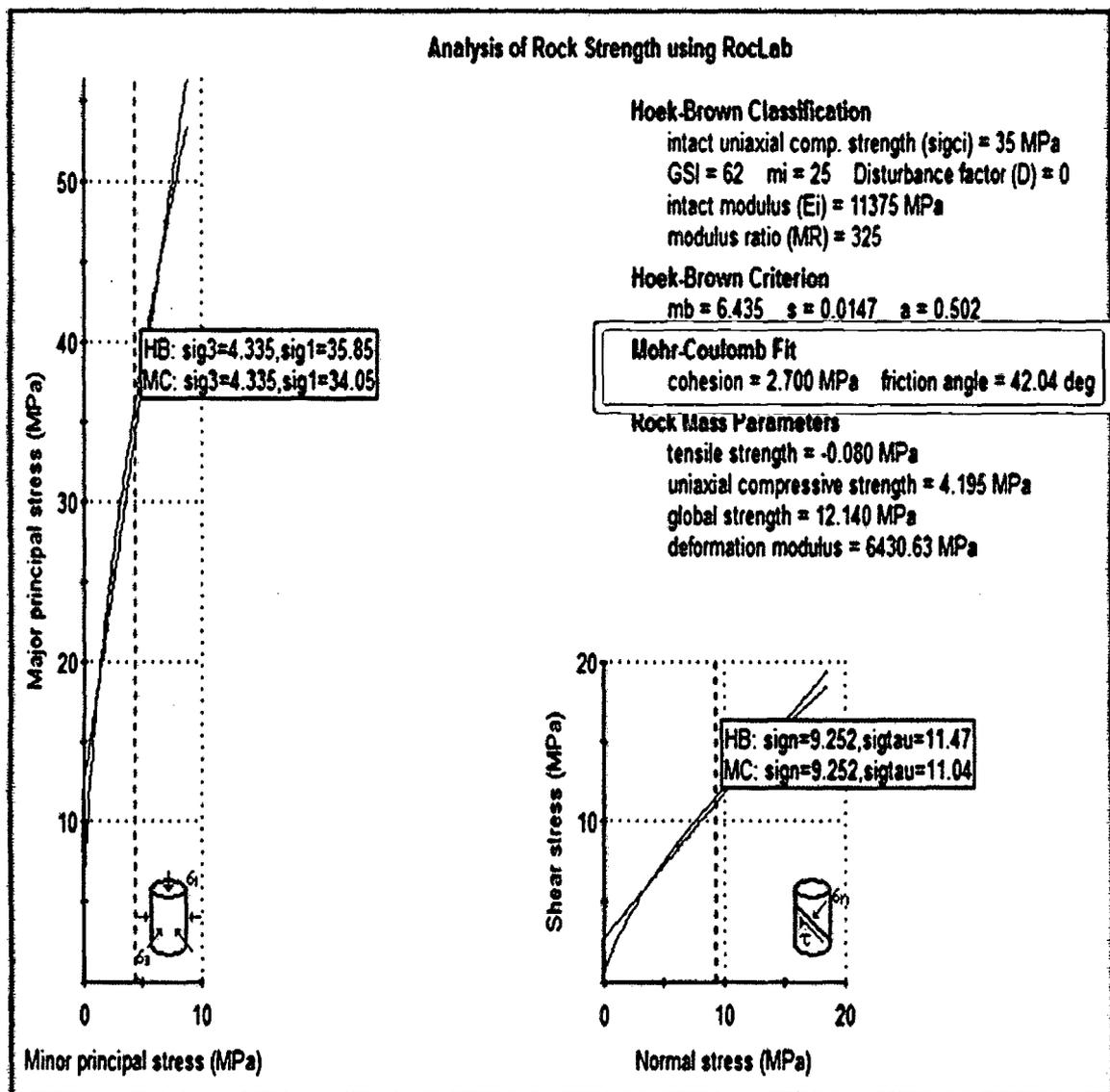


Análisis Dips en la estación geomecánica N° 03. La discontinuidad crítica, con respecto al talud, es el sistema o familia D1.

➤ ANÁLISIS EN EL SOFTWARE ROCLAB

El ángulo de fricción de la roca que nos determina el software RocLab es 42° , correlacionado con el ángulo del talud que es 80° , nos determina que la cuña que forman los sistemas de fracturas está propensa a desprendimiento y caída del bloque de roca.

Como la calidad de la roca es buena, sólo se recomienda desquinchar los bloques propensos a caer para controlar y prevenir el peligro por caída de rocas.



Análisis-RocLab, en la estación geomecánica N° 03. Parámetros geomecánicos y propiedades intrínsecas del macizo rocoso según Mohr-Coulomb y Hoek-Brown. El ángulo de fricción que determina el software es igual a 42° .

ESTACIÓN GEOMECÁNICA N° 02

REGISTRO GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO				PROYECTO:				Evaluación geodinámica de laderas y taludes entre Sunudén-San Miguel-Jangalá, Provincia de San Miguel, Dpto. Cajamarca.															
				UBICACIÓN:				Provincia de San Miguel.															
CÓDIGO:		EG-02		TRAMO:		2	DE	San Miguel.			A	Jangalá.											
RESPONSABLE:		Bach. Hernández Becerra, W. Michael.		HOJA N°:		2	DE	3															
SISTEMA:		WGS-84		EJECUTADO POR:				Bach. Hernández Becerra, W. Michael.			FECHA		29/01/2015										
				PROPIEDADES DE LAS DISCONTINUIDADES CARTOGRAFIADAS																			
DATA GPS				MACIZO ROCOSO																			
Nro.	ESTE	NORTE	COTA	LITOLOG. / FORMAC.	METEORIZ.	GRADO FRACT.	GSI	TIPOS		RESIST. COMP. UNIAX.	RCD Tramo	ORIENTACIÓN			ESPACIADO (m)	PERSIST (m)	ABERTURA (mm)	RUGOS.	RELLENO		ALTERAC. - METEOR.	AGUA	CALIDAD DE INFORM.
								E = Estratíf.	D = Diáclasa			DIRECCIÓN							TIPO	DUREZA			
					1 = Fresco	1 = Arto	1 = Bloq. - Regul.	Fn = F. Norm.	ci	ND: 36	L: 11	DIRECCIÓN	1 = > 2	1 = < 1	1 = Nada	1 = Muy Rug.	1 = Arcilloso	1 = Ninguna	1 = Inalterada	1 = Seco	1 = Lect. Real		
					2 = Lev. Met.	2 = Med	2 = Bloq. - Irregul.	Fi = F. Inversa					Prom. golpes	λ = 3.27	Z/R	DIP	DD	2 = 2 - 0,6	2 = 1 - 3	2 = < 0.1	2 = Rugosa	2 = Oz / Silic.	2 = Duro < 5mm.
					3 = Mod.	3 = Bajo	3 = Bloq. y Capas	Fd = F. Direcc.	2	%	Z/R	DIP						DD	3 = 0,6 - 0,2	3 = 3 - 10	3 = 0,1-1,0	3 = Lig. Rug.	3 = Calca
					4 = Ar. Met.		4 = Fract. - intenso	Mf = Micro falla					SE = Sobreesc.	C = Contacto	Z/R	DIP	DD		4 = 0,2 - 0,06	4 = 10 - 20	4 = 1,0 - 5,0	4 = Ondul. - lisa	4 = Óxidos
					5 = Compl.		Agregar MB, B, M, P, MP		6 = Bx	7 = Panzo	8 = Veta	Z/R						DIP	DD	5 = < 0,06	5 = > 20	5 = > 5	5 = Suave



**BIENIAWSKI
RMR (1989)
Superficie**

ESTACIÓN GEOMECÁNICA N° 03

REGISTRO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO				PROYECTO:		Evaluación geodinámica de laderas y taludes entre Sunudén-San Miguel-Jangalá, Provincia de San Miguel, Dpto. Cajamarca.																
				UBICACIÓN:		Provincia de San Miguel.																
CÓDIGO:	EG-03			TRAMO:	3	DE	Sunudén.			A	San Miguel.											
RESPONSABLE:	Bach. Hernández Becerra, W. Michael.			HOJA N°:	3	DE	3															
SISTEMA:	WGS-84			EJECUTADO POR:	Bach. Hernández Becerra, W. Michael.					FECHA	31/01/2015											
				PROPIEDADES DE LAS DISCONTINUIDADES CARTOGRAFIADAS																		
Nro.	DATA GPS			MACIZO ROCOSO			TIPOS	RESIST. COMP. UNMAX.	RQP Tramo	ORIENTACIÓN			ESPACIADO (m)	PERSIST (m)	ABERTURA (mm)	RUGOS.	RELLENO		ALTERAC. – METEOR.	AGUA	CALIDAD DE INFORM.	
	ESTE	NORTE	COTA	LITOLÓG. / FORMAC.	METEORIZ.	GRADO FRACT.				GSÍ	DIRECCIÓN	Z/R					DIP	DD				TIPO
					1 = Fresco	1 = Alto	1 = Bloq. – Regul.	E = Estratif.	ci	ND: 36				1 = > 2	1 = < 1	1 = Nada	1 = Muy Rug.	1 = Arcilloso	1 = Ninguna	1 = Inalterada	1 = Seco	1 = Lect. Real
				2 = Lev. Met.	2 = Med	2 = Bloq. - Irregul.	D = Diacisa	L: 8						2 = 2 - 0,6	2 = 1 - 3	2 = < 0.1	2 = Rugosa	2 = Qz / Silc.	2 = Duro <5mm.	2 = Lig. Alt.	2 = Húm.	2 = Lect. Apar.
				3 = Mod.	3 = Bajo	3 = Bloq. y Capas	F = F. Inversa							Prom. golpes	3 = 0,6 - 0,2	3 = 3 - 10	3 = 0,1-1,0	3 = Lig. Rug.	3 = Calca	3 = Duro >5mm.	3 = Mod. Alt.	3 = Moj.
				4 = Alt. Met.		4 = Fract - Intenso	Fd = F. Direcc.	A = 4.5		4 = 0,2 - 0,06					4 = 10 - 20	4 = 1,0 - 5,0	4 = Ondul. - lisa	4 = Óxidos	4 = Suave <5mm.	4 = Muy Alt.	4 = Got.	
				5 = Compl.		Agregar MB, B, M, P, MP	Mf = Micro falla			F = F. Direcc.				2	5 = < 0,06	5 = > 20	9 = > 5	5 = Suave	5 = Roca Tritur.	5 = Suave >5mm.	5 = Descomp.	5 = Fluj.
							SE = Sobreesc.	%					6 = Bx									
							C = Contacto							7 = Panzo								
													8 = Veta									



**BIENIAWSKI
RMR (1989)
Superficie**

ANEXO III

PLANOS