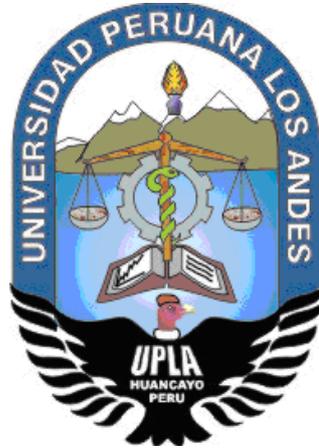


**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**PELIGRO A DESLIZAMIENTO POR  
PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN DIFERENTES  
PERIODOS DE RETORNO DEL SECTOR SANTA  
BÁRBARA - HUANCVELICA**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. JULIO AUGUSTO GUADALUPE HUAMÁN**

**Línea de Investigación Institucional:**

Salud y gestión de la salud.

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE**

**INGENIERO CIVIL**

**Huancayo – Perú**

**2022**

Ing. Alcides Luis Fabián Brañez

**Asesor**

## **Dedicatoria**

- A mis padres por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este. Me formaron con reglas y con algunas libertades, pero al final de cuentas, me motivaron constantemente.

Julio Augusto Guadalupe Huamán.

## **Agradecimientos**

- A la Universidad Peruana los Andes por el apoyo con la recopilación de información

Julio Augusto Guadalupe Huamán.

## HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADO

---

Dr. Rubén Darío Tapia Silguera  
Presidente

---

ING. Vladimir Ordoñez Camposano

---

Mg. Jeannelle Sofía Herrera Montes

---

ING. Carlos Alberto Gonzales Rojas

---

Mg. Leonel Untiveros Peñaloza.  
Secretario docente

## ÍNDICE

<b>Dedicatoria</b>	<b>iii</b>
<b>Agradecimientos</b>	<b>iv</b>
<b>ÍNDICE</b>	<b>vi</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	<b>ix</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>xi</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>xiii</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>xiv</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>xv</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	<b>17</b>
<b>PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>17</b>
<b>1.1. Planteamiento del problema</b>	<b>17</b>
<b>1.2. Formulación y sistematización del problema</b>	<b>18</b>
1.2.1. Problema general	18
1.2.2. Problemas específicos	18
<b>1.3. Justificación</b>	<b>18</b>
1.3.1. Práctica	18
1.3.2. Metodológica	19
<b>1.4. Delimitación</b>	<b>19</b>
1.4.1. Espacial	19
1.4.2. Temporal	20
1.4.3. Económica	20
<b>1.5. Limitaciones</b>	<b>20</b>
<b>1.6. Objetivos</b>	<b>20</b>
1.6.1. Objetivo general	20
1.6.2. Objetivos específicos	20
<b>CAPÍTULO II</b>	<b>21</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b>	<b>21</b>
<b>2.1. Antecedentes</b>	<b>21</b>
2.1.1. Nacionales	21
2.1.2. Internacionales	23
<b>2.2. Marco conceptual</b>	<b>25</b>
2.2.1. Precipitación máxima	25

2.2.2. Desastre	25
2.2.3. Gestión del riesgo de desastres	25
2.2.4. Resistencia al suelo por corte	26
2.2.5. Cobertura vegetal	26
2.2.6. Talud	27
2.2.7. Deslizamiento	27
2.2.8. Deslizamientos en masa (traslacionales y rotacionales)	32
2.2.9. Amenaza al deslizamiento	35
2.2.10. Vulnerabilidad	39
2.2.11. La vulnerabilidad de los elementos urbanos	40
<b>2.3. Definición de términos</b>	<b>44</b>
<b>2.4. Hipótesis</b>	<b>45</b>
2.4.1. Hipótesis general	45
2.4.2. Hipótesis específicas	45
<b>2.5. Variables</b>	<b>45</b>
2.5.1. Definición conceptual de las variables	45
2.5.2. Definición operacional de las variables	46
2.5.3. Operacionalización de las variables	46
<b>CAPÍTULO III</b>	<b>47</b>
<b>METODOLOGÍA</b>	<b>47</b>
<b>3.1. Método de investigación</b>	<b>47</b>
<b>3.2. Tipo de investigación</b>	<b>47</b>
<b>3.3. Nivel de investigación</b>	<b>47</b>
<b>3.4. Diseño de la investigación</b>	<b>48</b>
<b>3.5. Población y muestra</b>	<b>48</b>
3.5.1. Población	48
3.5.2. Muestra	48
<b>3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos</b>	<b>48</b>
3.6.1. Técnicas de recolección de datos	48
3.6.2. Instrumentos de recolección de datos	49
<b>3.7. Procedimiento de recolección de datos</b>	<b>49</b>
<b>3.8. Técnicas y análisis de datos</b>	<b>52</b>
<b>CAPÍTULO IV</b>	<b>53</b>
<b>RESULTADOS</b>	<b>53</b>

<b>4.1. Factores condicionantes del peligro a deslizamiento del sector Santa Bárbara - Huancavelica</b>	<b>55</b>
4.1.1. Geología	55
4.1.2. Hidrogeología	56
4.1.3. Cobertura	57
4.1.4. Uso de suelo	59
4.1.5. Pendiente	59
4.1.6. Fallas	60
4.1.7. Factor de seguridad	61
<b>4.2. Factor desencadenantes</b>	<b>65</b>
4.2.1. Precipitación	65
4.2.2. Intensidad de la precipitación	67
4.2.3. Peligro	75
<b>4.3. Peligro en diferentes periodos de retorno</b>	<b>76</b>
<b>4.4. Prueba de hipótesis</b>	<b>78</b>
4.4.1. Hipótesis general	78
<b>CAPÍTULO V</b>	<b>80</b>
<b>DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>	<b>80</b>
<b>5.1. Factores condicionantes</b>	<b>80</b>
<b>5.2. Factores desencadenantes</b>	<b>81</b>
<b>5.3. Peligro</b>	<b>82</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>84</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>85</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>86</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>89</b>
<b>Anexo N° 01: Matriz de consistencia</b>	<b>90</b>
<b>Anexo N° 02 : Datos de precipitación</b>	<b>92</b>
<b>Anexo N° 03: Corrección de la precipitación</b>	<b>95</b>
<b>Anexo N° 04: Estudio de suelos</b>	<b>99</b>
<b>Anexo N° 05: Planos</b>	<b>141</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación utilizada para elaborar el mapa de cobertura vegetal.	26
Tabla 2. Escalas recomendadas para la zonificación de amenaza por los deslizamientos.	36
Tabla 3. Jerarquización de los componentes del peligro de deslizamiento.	38
Tabla 4. Grados de vulnerabilidad.	40
Tabla 5. Descripción de los conflictos del uso de la tierra y su aporte a deslizamientos de tierra.	41
Tabla 6. Operacionalización de las variables: Precipitación máxima y peligro de deslizamiento.	46
Tabla 7. Factores condicionantes y desencadenantes del peligro a deslizamiento.	54
Tabla 8. Tipos de rocas en el área de estudio.	55
Tabla 9. Valores descriptivos del factor geológico.	56
Tabla 10. Propiedades físicas del suelo extraído de la zona de estudio.	56
Tabla 11. Parámetros complementarios del suelo en la zona de estudio.	57
Tabla 12. Valores descriptivos asumidos del factor hidrogeológico.	57
Tabla 13. Tipo de cobertura en la zona de estudio.	58
Tabla 14. Descripción de la cobertura del suelo.	59
Tabla 15. Uso de suelo en la zona de estudio.	59
Tabla 16. Valor asumido para el descriptivo uso de suelo.	59
Tabla 17. Pendiente del terreno.	60
Tabla 18. Valor asumido para el descriptivo, pendiente.	60
Tabla 19. Valores asumidos para el factos de las distancias a fallas activas	61
Tabla 20. Precipitaciones máximas probables mediante el método de Gumbel	67
Tabla 21. Estimación de las precipitaciones máximas diarias.	68
Tabla 22. Precipitación máxima para diferentes tiempos de duración.	69
Tabla 23. Intensidad de precipitación de acuerdo al Pd en	69
Tabla 24. Regresión de la intensidad –duración y frecuencia para un periodo de retorno de 5 años.	70
Tabla 25. Regresión de la intensidad –duración y frecuencia para un periodo de retorno de 10 años.	70
Tabla 26. Regresión de la intensidad –duración y frecuencia para un periodo de retorno de 25 años.	71

Tabla 27. Regresión de la intensidad –duración y frecuencia para un periodo de retorno de 50 años.	72
Tabla 28. Regresión de la intensidad –duración y frecuencia para un periodo de retorno de 100 años.	73
Tabla 29. Resumen de aplicación de regresión potencial.	74
Tabla 30. Regresión potencial.	74
Tabla 31. Valores de intensidad – duración –frecuencia.	75
Tabla 32. Descripción de valores para el factor desencadenante.	76
Tabla 33. Valores descriptivos para los diferentes periodos de retorno	76
Tabla 34. Descripción del peligro para un periodo de retorno de 5 años.	76
Tabla 35. Descripción del peligro para un periodo de retorno de 10 años.	77
Tabla 36. Descripción del peligro para un periodo de retorno de 25 años.	77
Tabla 37. Descripción del peligro para un periodo de retorno de 50 años.	77
Tabla 38. Descripción del peligro para un periodo de retorno de 100 años.	78
Tabla 39. Tabla de peligro total.	78
Tabla 40. Resumen del peligro en todos los periodos de intensidades.	78
Tabla 41. Correlación de Pearson	79
Tabla 42. Precipitaciones máximas en 24 horas obtenidas de la estación Hualcanpi.	93

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la zona de estudio.	19
Figura 2. Nomenclatura de las diferentes partes que conforman un deslizamiento.	27
Figura 3. El volcamiento puede generar un desmoronamiento del talud o falla en escalera, formando caídos o derrumbes.	30
Figura 4. Volcamiento a flexión.	31
Figura 5. Volcamiento en V invertida.	31
Figura 6. Flexión en bloque.	32
Figura 7. Deslizamiento en masa.	32
Figura 8. Deslizamiento rotacional típico. Fuente: Suarez (2009).	33
Figura 9. Deslizamiento de traslación.	34
Figura 10. Zonificación de amenaza a los deslizamientos.	35
Figura 11. Detalles del Ensayo Corte Directo.	42
Figura 12. Distribución de rocas en la zona de estudio.	54
Figura 13. Distribución del tipo de cobertura en la zona de estudio.	57
Figura 14. Factor de seguridad “cero años”.	61
Figura 15. Variación del factor de seguridad para un periodo de retorno “0 años”.	61
Figura 16. Factor de seguridad “5 y 10 años”.	62
Figura 17. Variación del factor de seguridad para un periodo de retorno de 5 y 10 años.	62
Figura 18. Factor de seguridad “25 años”.	63
Figura 19. Variación del factor de seguridad para un periodo de retorno de 25 años.	63
Figura 20. Factor de seguridad “50 y 100 años”.	64
Figura 21. Variación del factor de seguridad para un periodo de retorno de 50 y 100 años.	64
Figura 22. Precipitación máxima promedio en 24 horas.	65
Figura 23. Precipitación máxima en 24 horas en el periodo 1968 – 2013.	65
Figura 24. Esquema de la representación de la Intensidad duración y frecuencia para Tr 5años.	69
Figura 25. Esquema de la representación de la Intensidad duración y frecuencia para Tr 10 años.	70

Figura 26. Esquema de la representación de la Intensidad duración y frecuencia para Tr 25 años.	71
Figura 27. Esquema de la representación de la Intensidad duración y frecuencia para Tr 50 años.	71
Figura 28. Esquema de la representación de la Intensidad duración y frecuencia para Tr 100 años.	72
Figura 29. Esquema de la intensidad – duración y frecuencia.	74
Figura 30. Relación entre periodo de retorno y el peligro.	78

## RESUMEN

La investigación tuvo como problema general: ¿Cuál es la variación del peligro a deslizamiento por precipitaciones máximas en diferentes periodos de retorno del Sector Santa Bárbara – Huancavelica?, el objetivo general fue: Evaluar la variación del peligro a deslizamiento por precipitaciones máximas en diferentes periodos de retorno del Sector Santa Bárbara – Huancavelica, para esto se contrastó la siguiente hipótesis general: El peligro a deslizamiento varía de manera significativamente por las precipitaciones máximas en diferentes periodos de retronó del Sector Santa Bárbara – Huancavelica.

La investigación utilizó el método científico, el tipo de investigación fue la aplicada, con un nivel descriptivo - correlacional y un diseño no experimental; la población corresponderá al sector Santa Bárbara del distrito, provincia y departamento de Huancavelica y la muestra de acuerdo al método intencional o dirigido corresponderá a 4 hectáreas, siendo este el tramo más crítico de la zona.

Como principal conclusión se ha establecido que existe una incidencia significativa de las precipitaciones máximas con diferentes periodos de retorno en el peligro a deslizamiento del sector Santa Bárbara – Huancavelica, pues a medida que se considera mayores periodos de retorno, las intensidades de las precipitaciones máximas se incrementan junto con el peligro; modificando su valor de “medio” a “muy alto”

**Palabras clave:** Peligro, deslizamiento, máxima precipitación, factor de seguridad.

## **ABSTRACT**

The general problem of the research was: What is the variation of landslide hazard due to maximum rainfall in different return periods of the Santa Barbara - Huancavelica Sector? The general objective was: To evaluate the variation of landslide hazard due to maximum rainfall in different return periods of the Santa Barbara - Huancavelica Sector, for this the following general hypothesis was contrasted: The landslide hazard varies significantly by maximum rainfall in different return periods of the Santa Barbara - Huancavelica Sector.

The research used the scientific method, the type of research was applied, with a descriptive-correlational level and a non-experimental design; the population corresponds to the Santa Barbara sector of the district, province and department of Huancavelica and the sample according to the intentional or directed method corresponds to 4 hectares, this being the most critical section of the area.

As main conclusion, it has been established that there is a significant incidence of maximum rainfall with different return periods in the landslide hazard of the Santa Barbara - Huancavelica sector, because as longer return periods are considered, the intensities of maximum rainfall increase along with the hazard; modifying its value from "medium" to "very high".

**Key words:** Hazard, landslide, maximum precipitation, safety factor.

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación “Peligro a deslizamiento por precipitaciones máximas en diferentes periodos de retorno del sector santa bárbara - Huancavelica”, surge debido a la problemática que aqueja a la población urbana de la ciudad de Huancavelica, que a fin de poseer un predio donde construir sus viviendas, han invadido las laderas del cerro, específicamente en el sector Santa Bárbara; no tomando en cuenta el riesgo que esto conlleva, pues hasta la fecha ya ha habido registro de pequeños deslizamientos.

Es por ello que con el desarrollo de esta investigación, se ha pretendido determinar realmente el peligro al que están expuestos la población del sector Santa Bárbara (pues cada año se incrementa); además a ello se ha buscado establecer que aspectos pueden generar su activación; es por ello que para el desarrollo de la tesis se consideró como elemento principal la norma RM-463-2019-PCM, promulgada por la Presidencia de Consejo de Ministros del Perú en el año 2019, con la finalidad de establecer parámetros que midan el peligro inminente, y así, contribuir a que las autoridades puedan realizar acciones que prevean que dicho fenómeno cobre la vida de personas y genere pérdidas materiales.

Para un mejor entendimiento, la presente tesis se ha dividido en los siguientes capítulos:

El Capítulo I: Problema de investigación; en este capítulo se plantea el problema de investigación, se formula y sistematiza el problema, se presenta las justificaciones como la práctica y metodológica, la delimitación tanto espacial, temporal y económica, las limitaciones y los objetivos de la investigación.

El Capítulo II: Marco teórico; presenta los antecedentes internacionales y nacionales, el marco conceptual relacionado al peligro, a sus factores desencadenantes y condicionantes, a el deslizamiento y la forma de estimación, a los tipos de deslizamiento, además se menciona aspectos generales de la precipitación y como pueden generar o desencadenar los deslizamientos; asimismo, en este capítulo se cuenta con la definición de términos, las hipótesis,

la definición conceptual, operacional, además de la operacionalización de las variables.

El Capítulo III: Metodología; aquí se señala el método de investigación, el tipo de investigación, el nivel de investigación, diseño de investigación, la población y muestra; también se describen las técnicas e instrumentos de recolección de datos, el procedimiento de la recolección de datos, las técnicas y análisis de datos.

El Capítulo IV: Resultados; en este capítulo se detalla cada uno de los resultados en función a los objetivos de la investigación, es decir, la determinación de los factores condicionantes y desencadenantes del peligro, y finalmente como la variación de la precipitación en variados periodos de retorno modifican el valor del peligro que posee actualmente el sector Santa Bárbara.

El Capítulo V: Discusión de resultados; partiendo de los antecedentes, en este capítulo se discute cada uno de los resultados obtenidos en la investigación.

Finalmente, se presenta las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos como la matriz de consistencia, ensayos de mecánica de suelos, panel fotográfico y planos.

Bach. Julio Augusto Guadalupe Huamán.

## **CAPÍTULO I**

### **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Planteamiento del problema**

Los deslizamientos de grandes masas de tierra han sido y seguirán siendo un problema que aqueja cada año con más intensidad a muchos países en el mundo, pues según Telesur (2015) entre los años 2004 y 2010 se registró a nivel mundial cerca de 2620 desplazamientos de tierra que causaron la muerte de unas 33 mil personas. En este contexto se puede comprender que los deslizamientos son un peligro con la capacidad de ocasionar grandes pérdidas económicas, por lo que la sociedad debe tomar medidas para mitigarlo.

En el Perú, de acuerdo al mapa de susceptibilidad del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED) cerca del 80% del territorio en el Perú tiene alta susceptibilidad a deslizamientos, huaicos, avalanchas, entre otros eventos de desplazamientos de laderas (La República, 2018); por lo que es importante hacer planes de prevención de peligro para evitar los daños en las diferentes regiones del Perú.

En el departamento de Huancavelica el peligro a deslizamiento es un problema constante, pues según Meza (2019) la unidad de Defensa Civil indicó que son seis los lugares propensos a sufrir daños debido a este

fenómeno distribuidos entre los distritos de Asunción, Pilchaca, Botija Puncu y Huancavelica; siendo este último en el que sectores como Santa Bárbara representan un latente peligro, por ubicarse en una zona urbana.

Como se ha mencionado los deslizamientos son un fenómeno muy frecuente, los cuales se agravan en épocas de lluvia, perjudicando así edificaciones y estructuras viales, traduciéndose en grandes costos de rehabilitación y reparaciones. Es por estas razones la necesidad de realizar estudios que muestre realmente la situación actual en que se encuentran lugares como el Sector Santa Bárbara, para proponer medidas de mitigación evitar futuras pérdidas materiales y humanas.

## **1.2. Formulación y sistematización del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿Cuál es la variación del peligro a deslizamiento por precipitaciones máximas en diferentes periodos de retorno del Sector Santa Bárbara – Huancavelica?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- a) ¿Cuáles son los factores condicionantes del peligro a deslizamiento por precipitaciones máximas en diferentes periodos de retorno del Sector Santa Bárbara - Huancavelica?
- b) ¿Cuál es el factor desencadenante del peligro a deslizamiento por precipitaciones máximas en diferentes periodos de retorno del Sector Santa Bárbara - Huancavelica?

## **1.3. Justificación**

### **1.3.1. Práctica**

Según Bernal (2006) existe justificación social o práctica, si la investigación pretende resolver el problema que aqueja a una sociedad, grupo o población; en tal sentido la presente investigación

buscó examinar los suelos, analizar sus características y estudiar las precipitaciones máximas para prevenir los peligros y daños tanto a infraestructuras como a las mismas personas de las comunidades.

### 1.3.2. Metodológica

La investigación justificación metodológica, según Palella & Mastins (2012), se refiere al uso de métodos y técnicas específicas que pueden servir de aporte y/o aplicación para otros investigadores futuros. En consecuencia, la presente tesis propuso una serie de pasos o procedimientos que enriquezca la investigación, por lo que se estableció una metodología y ensayos para determinar las probabilidades de peligro de deslizamientos de suelos.

## 1.4. Delimitación

### 1.4.1. Espacial

La ejecución de la presente investigación se realizó en la provincia, departamento y región de Huancavelica.

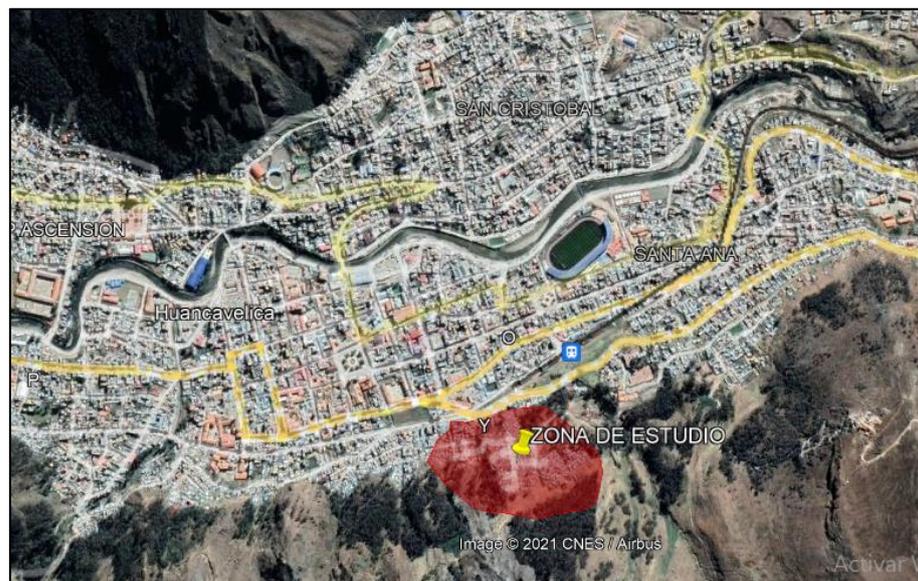


Figura 1. Ubicación de la zona de estudio.

### **1.4.2. Temporal**

La presente investigación se llevó a cabo se llevó a cabo desde el mes de enero a setiembre del 2021.

### **1.4.3. Económica**

El financiamiento económico de la presente investigación fue asumido en su totalidad por el investigador, por lo que no se consideró financiamiento particular ni del estado.

## **1.5. Limitaciones**

Entre las limitaciones de la presente investigación se destacan las siguientes:

Económico: Pues debido al costo de los estudios solo se pudo abarcar el área más crítica de la zona de estudio.

Tecnológico: Debido a que no se contó con equipos más sofisticados para la obtención y de terminación de las propiedades del suelo.

## **1.6. Objetivos**

### **1.6.1. Objetivo general**

Evaluar la variación del peligro a deslizamiento por precipitaciones máximas en diferentes periodos de retorno del Sector Santa Bárbara – Huancavelica.

### **1.6.2. Objetivos específicos**

- a) Determinar los factores condicionantes del peligro a deslizamiento por precipitaciones máximas en diferentes periodos de retorno del Sector Santa Bárbara - Huancavelica.
- b) Establecer el factor desencadenante del peligro a deslizamiento por precipitaciones máximas en diferentes periodos de retorno del Sector Santa Bárbara - Huancavelica.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

## **2.**

### **2.1. Antecedentes**

#### **2.1.1. Nacionales**

Lujan (2018) realizaron la investigación “Grado de vulnerabilidad frente a deslizamientos de suelos de las viviendas del AA.HH Esperanza Alta, Distrito de Chimbote - 2018”, cuyo objetivo general fue determinar el grado de vulnerabilidad frente a deslizamientos de suelos de las viviendas, con el fin de conocer el estado de conservación, material predominante, tipo de suelo y la localización de las viviendas; también observar el nivel de organización y el grado de relación entre la población y las autoridades ante los peligros de deslizamientos.

Los resultados que obtuvo fueron que el grado de vulnerabilidad es alto con un valor de 62%, también se obtuvo el volumen de desplazamiento con el programa ArcGis que es de 947 mil m<sup>3</sup> aproximadamente en las viviendas del área que estudio.

En conclusión, el 90% de las viviendas ubicadas en la zona estudiada están expuestas a los deslizamientos, encontrándose en

un nivel de vulnerabilidad alto. Demostró que, de existir un mal uso de técnicas y materiales constructivos en las viviendas de alta vulnerabilidad, puede existir un evento como un deslizamiento el cual la vivienda no lo soportaría.

Roca (2018) realizó la investigación “Impacto Ambiental por deslizamiento de suelo en el Sector Campanayocpata del Centro Poblado de Lutto en Chumbivilcas - Cusco 2018”, cuyo objetivo fue evaluar los impactos del medio abiótico, biótico y socioeconómico en el Sector Campanayocpata. Tomó una muestra de agua y suelo para el análisis de los parámetros fisicoquímicos juntamente con el Instituto Geológico Minero Metalúrgico (INGEMMET); realizó estudios e inventario de peligros geológicos, indicando que a lo largo de la quebrada España existe un peligro alto de deslizamientos a causa de las precipitaciones pluviales en la zona.

Los resultados le permitieron identificar peligros geológicos por movimientos en masa (deslizamiento antiguo reactivado y eventos recientes) condicionados por el substrato rocoso, poco consolidado, así como poco resistente cubierto por material detrítico, calizas, areniscas, laderas de pendiente moderada, la actividad antrópica y ocupación inadecuada por el hombre; así como las precipitaciones intensas.

Concluyo que, el impacto más significativo resulta ser (-80) calificándose como impacto ambiental crítico con un rango  $> 75$  teniendo en cuenta un cuestionario que aplico a los pobladores del centro poblado de Lutto con la finalidad de formar una línea base de la evaluación de los impactos más significativos del lugar. Puede tomarse este trabajo como referencia para posibles obras de prevención y mitigación ante posibles deslizamientos posteriormente.

Zamora (2019) en su investigación “Riesgo geotécnico de deslizamiento en los taludes del terreno del colegio San Carlos -

Bambamarca” tuvo como objetivo determinar el nivel de riesgo geotécnico de deslizamiento en los taludes del terreno del colegio “San Carlos” – Bambamarca. Para esto, realizó exploraciones, obtuvo datos topográficos y muestras de suelo alteradas e inalteradas. Los datos los modeló en rangos de cotas para una evaluación más realista en el software Geo 5, de los que obtuvo Factores de Seguridad (FS) mediante el método de Morgenstern – Price. De los factores obtuvo valores de peligro geotécnico de deslizamiento, y valores y niveles de Riesgo Geotécnico de Deslizamiento.

Los resultados arrojaron que para los rangos de cotas comprendidos entre los 2590 m.s.n.m y 2635 m.s.n.m. existe un nivel alto de riesgo geotécnico de deslizamiento, con un valor mínimo del 87 %.

En conclusión, el nivel de riesgo geotécnico de deslizamiento en los taludes del terreno del Colegio “San Carlos” – Bambamarca, en los modos estático y pseudoestático, es alto. Para mitigar el riesgo, propone medidas técnicas que incluyen anclajes, clavos y refuerzos

### **2.1.2. Internacionales**

Cordero & Espinoza (2012) (Leiva, Montenegro, & Ponce, 2017) en su investigación “Sistemas de alerta temprana para monitoreo de deslizamientos” estudiaron el sistema de alerta temprana para deslizamientos disparados por lluvia y por sismos. Gracias al desarrollo progresivo de zonas urbanas en lugares que antes no se encontraban ocupados, cada día más personas se asientan en ambientes que están expuestos a todo tipo de amenazas naturales. Hicieron revisión teórica de los sistemas de alerta y el uso de tecnología en la actualidad en trabajos anteriores.

Los resultados que obtuvieron fue que los sistemas de alertas temprano son necesarios para las sociedades, siendo estos una

herramienta más para prevenir desastres y mitigar el riesgo de la población.

Concluyeron que, ante los deslizamientos y su afectación a la población, vale la pena analizar la necesidad de aplicar sistemas de alerta temprana para mitigar el riesgo de los usuarios de las infraestructuras.

Rodríguez & Guardado (2016) en su investigación “Modelación del peligro a deslizamientos en el Municipio Santiago de Cuba considerando el peso de las variables determinantes” pretendieron introducir una nueva metodología para la modelación regional de los deslizamientos de tierra en Santiago de Cuba, basados en los niveles de importancia de las variables que influyen en la manifestación del fenómeno y proponen una formulación matemática para su determinación con el uso de un Sistema de Información Geográfica (SIG).

Como resultados obtuvieron que a partir de la superposición de los sub modelos que obtuvieron previamente de los elementos o variables que permiten caracterizar al peligro por deslizamientos, los aspectos geológicos son los que se enmarcan para su determinación.

Concluyeron, que a partir de la evaluación del mapa de peligro total por deslizamiento obtenido consideraron que el municipio Santiago de Cuba posee un grado de peligro moderado.

Peña (2014) en su investigación “Monitoreo y modelo sistémico a deslizamiento superficial de suelos para Manizales” presentó los diferentes estudios y herramientas, para los deslizamientos de suelos dependiendo del tipo de movimientos y su factor detonante. Estableció un diagrama de flujos y causal para integrar los deslizamientos profundos y superficiales, propuso un modelo sencillo para el deslizamiento superficial.

Como resultado, estableció un esquema general sobre las funciones auxiliares requeridas y mostrando que para establecer las funciones necesitó pruebas de laboratorio de los suelos a monitorear. Sin embargo, simplificó el modelo, para proponer la estabilidad de una zona en el dominio temporal y algunas funciones auxiliares posibles que darían una importante pauta que caracteriza el sistema de ecuaciones diferenciales ordinarias.

Concluyo, que la metodología estudiada permitirá dar otra funcionalidad a las estaciones meteorológicas que existen en Manizales y mejorar la prevención de desastres. Sin embargo, una debilidad de esta propuesta, fue la fuerte dependencia de los datos disponibles para calibrar el modelo en cada temporada de lluvia.

## **2.2. Marco conceptual**

### **2.2.1. Precipitación máxima**

La cantidad de precipitación superior estadístico en una cuenca para una duración determinada.

### **2.2.2. Desastre**

Es la interrupción severa del funcionamiento de una comunidad a causa de un peligro, de origen natural o inducido por la actividad del hombre que ocasiona pérdidas de vidas humanas, considerables pérdidas de bienes materiales, daños a los medios de producción, al ambiente (INDECI, 2006).

### **2.2.3. Gestión del riesgo de desastres**

Es un conjunto de medidas, conocimientos, procedimientos y acciones que, conjuntamente con el uso racional de recursos humanos y materiales, tiene como objetivo la planificación de programas y actividades para reducir los efectos de los desastres (INDECI, 2006).

La gestión del riesgo de desastres, según INDECI (2006), sus faces son:

- La Prevención (Antes): la Estimación del Riesgo y la Reducción del Riesgo.
- La Respuesta (Durante): ante las Emergencias (incluye la atención propiamente dicha, la evaluación de daños y la rehabilitación).
- La Reconstrucción (Después).

#### 2.2.4. Resistencia al suelo por corte

Los suelos tienen la propiedad de soportar cargas y conservar su estabilidad, y depende de la resistencia al corte de los suelos. La masa de suelo se rompe cuando se supera esta resistencia (Lujan, 2018).

#### 2.2.5. Cobertura vegetal

La vegetación y el efecto sobre la estabilidad de los taludes han sido muy debatidas en los últimos años. La experiencia ha comprobado el efecto positivo de la vegetación para evitar problemas de reptación, fallas sub-superficiales y de erosión (Suarez, 2009b).

Las funciones principales de la vegetación se pueden reducir a dos: la primera, determina el contenido de agua en la superficie, también da consistencia por el entramado mecánico de sus raíces, en segundo lugar, controla las infiltraciones tiene efecto directo sobre el régimen de aguas subterráneas y luego actúa como secador del suelo al tomar el agua que requiere para vivir (Sambrano, 2017).

Tabla 1. Clasificación utilizada para elaborar el mapa de cobertura vegetal.

Clasificación	Susceptibilidad	Tipo de vegetación
Muy baja	1	Arboles espaciados cercanamente (Altura mayor a 5m)
Baja	2	Plantaciones
Mediana	3	Matorrales

Alta	4	Cultivos y pastos
Muy alta	5	Área denudada o erosionada

---

### **2.2.6. Talud**

Es una masa de tierra no plana, que presenta una pendiente o cambios significativos de altura. Técnicamente se conoce como “ladera” cuando se formó con un proceso natural y se denomina “talud” cuando se conformó artificialmente (Suarez, 2009a).

Los taludes o laderas que permanecen estables a lo largo de los años, llegan a fallar debido a cambios sísmicos, topográficos, flujos de agua subterránea, cambios en la resistencia del suelo, o a factores de tipo antrópico que modifique su estado natural de estabilidad (Suarez, 2009a).

### **2.2.7. Deslizamiento**

Son procesos naturales que transforman el paisaje, que están acompañando del desplazamiento de grandes volúmenes de rocas y suelos (Iturralde, 2013).

Estos procesos son propios de las de las costas acantiladas y regiones montañosas, también ocurren en los caminos de montaña, las minas, las cavernas y en las canteras (Iturralde, 2013).

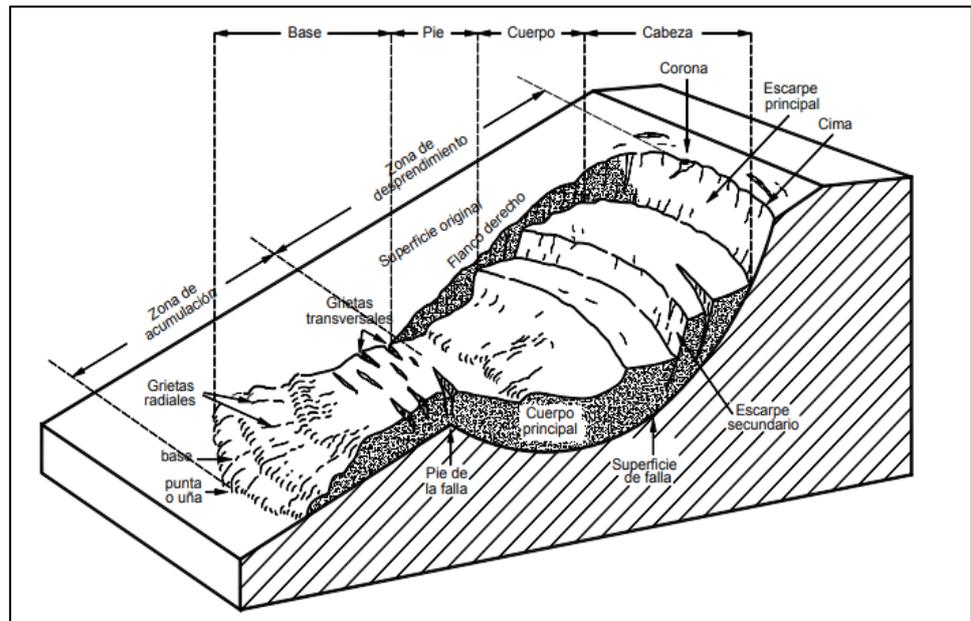


Figura 2. Nomenclatura de las diferentes partes que conforman un deslizamiento. Fuente: Suarez (2009).

### Partes de un deslizamiento

Las partes del deslizamiento, según Suarez (2009) son las siguientes:

- Cabeza: Parte superior de la masa de material que se mueve.
- Cima: El punto más elevado de la cabeza, en el contacto entre el material perturbado y el escarpe principal.
- Corona: Es el material que se consigue zona adyacente a la parte más elevada del escape principal, por arriba de la cabeza.
- Escarpe principal: Superficie con gran inclinación a lo largo de la periferia posterior del área en movimiento, a causa del desplazamiento del material.
- Escarpe secundario: Superficie con gran inclinación causada por el desplazamiento diferencial dentro de la masa que se mueve.

- Superficie de falla El área que se encuentra debajo del movimiento y delimita el volumen de material que se desplazó.
- Pie de la superficie de falla: Es la línea de intercepción entre la parte de abajo de la superficie de rotura y la superficie del terreno original.
- Base: Es el área que está cubierta por el material perturbado por debajo del pie de la superficie de falla.
- Punta o uña: Es el punto en la base que se encuentra a mas distancias de la cima.
- Cuerpo principal de deslizamiento: Es el material que es desplazado y se encuentra por encima de la superficie de falla.
- Superficie original del terreno: Antes de que se presentara el movimiento era la superficie existente.
- Costado o flanco: Un lado del movimiento.
- Derecha o izquierda: Cuando se emplean los términos izquierda o derecha, se refiere al deslizamiento observándolo desde la corona hacia el pie.
- Dimensiones de los movimientos: Se utiliza la terminología recomendada por el IAEG para definir las dimensiones de un movimiento
- Ancho de la masa desplazada  $W_d$ : Ancho máximo de la masa desplazada es perpendicular a la longitud  $L_d$ .
- Ancho de la superficie de fallas  $W_r$ : Distancia mínima entre la cabeza y la punta.
- Longitud de la masa deslizada  $L_d$ : Distancia mínima desde el pie de la superficie de falla y la corona.

- Longitud de la superficie de falla  $L_r$ : Distancia mínima desde el pie de la superficie de falla y la corona.
- Profundidad de la masa desplazada  $D_d$ : La máxima profundidad de la masa movida perpendicular a un plano conformado por  $W_d$  y  $L_d$ .
- Profundidad de la superficie de falla  $D_r$ : Máxima profundidad de la superficie de falla con respecto a la superficie de terreno original, medida perpendicularmente al plano conformado por  $W_r$  y  $L_r$ .
- Longitud total  $L$ : Distancia mínima desde la punta a la corona del deslizamiento.
- Longitud de la línea Central  $L_c$ : La distancia que hay desde la punta hasta la corona del deslizamiento, sobre los puntos ubicados sobre la superficie original y equidistantes de los bordes laterales o flancos.

### **Tipos de deslizamientos**

#### **– Inclinación o volcamiento**

Consiste en una rotación hacia delante de unas unidades de materiales térreos con un centro de giro por debajo del centro de gravedad de la unidad. Estos casi siempre ocurren en las formaciones rocosas, aunque también se presentan en suelos residuales y en suelos cohesivos secos (Suarez, 2009a).

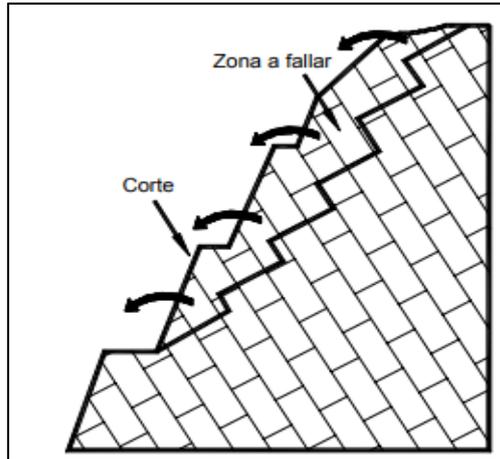


Figura 3. El volcamiento puede generar un desmoronamiento del talud o falla en escalera, formando caídos o derrumbes.  
Fuente: Suarez (2009).

Existen tres tipos de volcamientos:

Volcamiento a flexión: Columnas continuas se rompen y separan unas de otras en flexión a medida que se inclinan hacia adelante. Se rompen columnas continuas y separan unas de otras en flexión a medida que se inclinan hacia adelante (Suarez, 2009a).

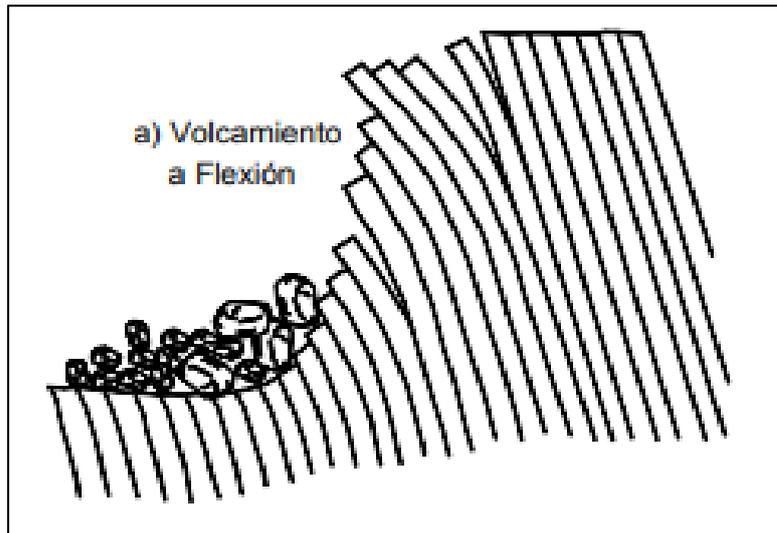


Figura 4. Volcamiento a flexión.  
Fuente: Suarez (2009).

Volcamiento en V invertida: Es la inclinación múltiple de una serie de bloques cuyo centro de giro en la superficie inferior de sistema de volcamiento, este puede convertirse en una superficie de falla (Suarez, 2009a).

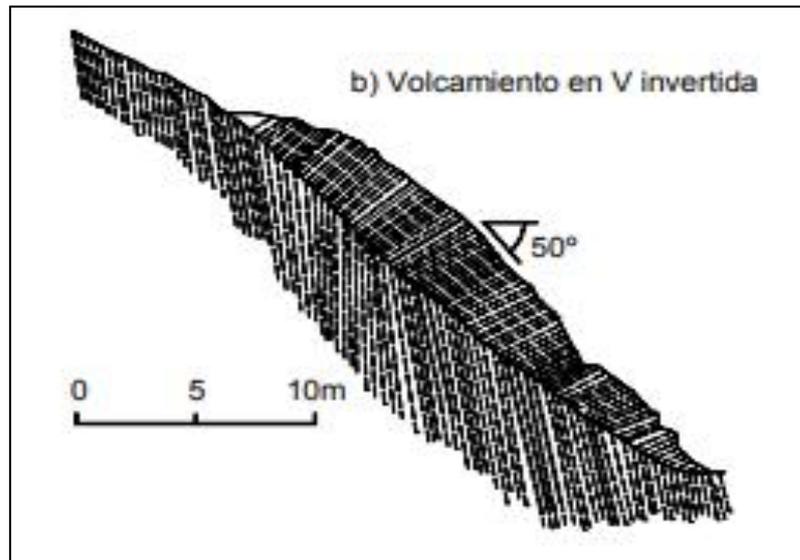


Figura 5. Volcamiento en V invertida.  
Fuente: Suarez (2009).

Flexión en bloques: Es la flexión continua de columnas largas a través de desplazamientos acumulados a lo largo de las numerosas juntas (Suarez, 2009a).

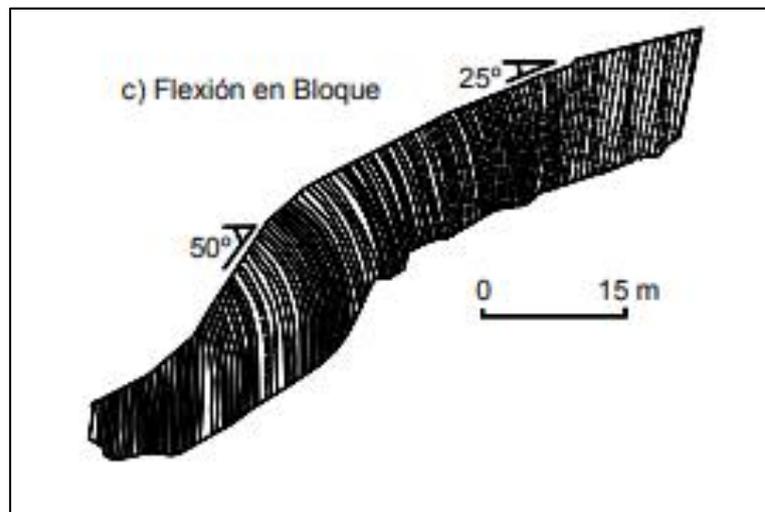


Figura 6. Flexión en bloque.  
Fuente: Suarez (2009).

### 2.2.8. Deslizamientos en masa (traslacionales y rotacionales)

Esta consiste en un desplazamiento de corte a lo largo de varias superficies, que pueden detectarse de forma muy fácil o dentro de una zona delgada (Suarez, 2009a).

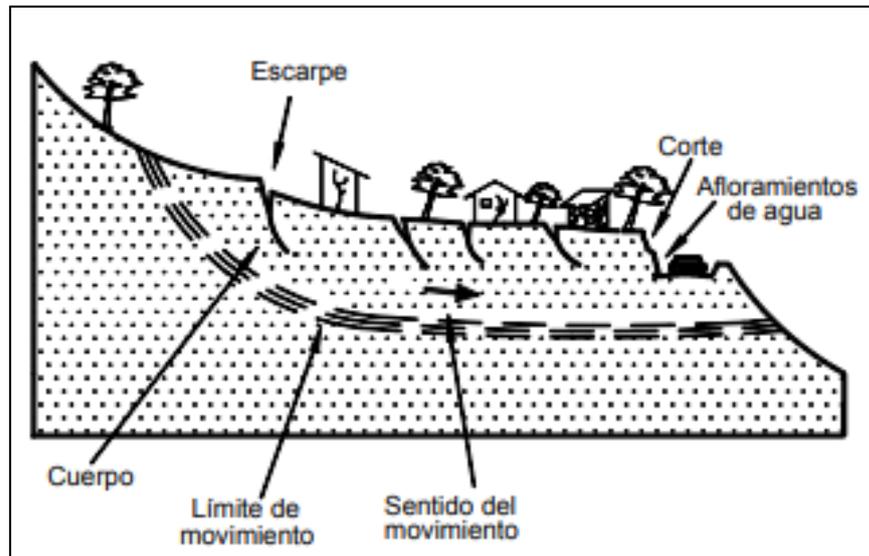


Figura 7. Deslizamiento en masa.  
Fuente: Suarez (2009).

### **Deslizamiento Rotacional**

Su superficie de falla es cóncava hacia arriba y el movimiento es rotacional con respecto al eje paralelo a la superficie y en forma transversal al deslizamiento. El centro de giro se ubica por encima de centro de gravedad del cuerpo del movimiento (Suarez, 2009a).

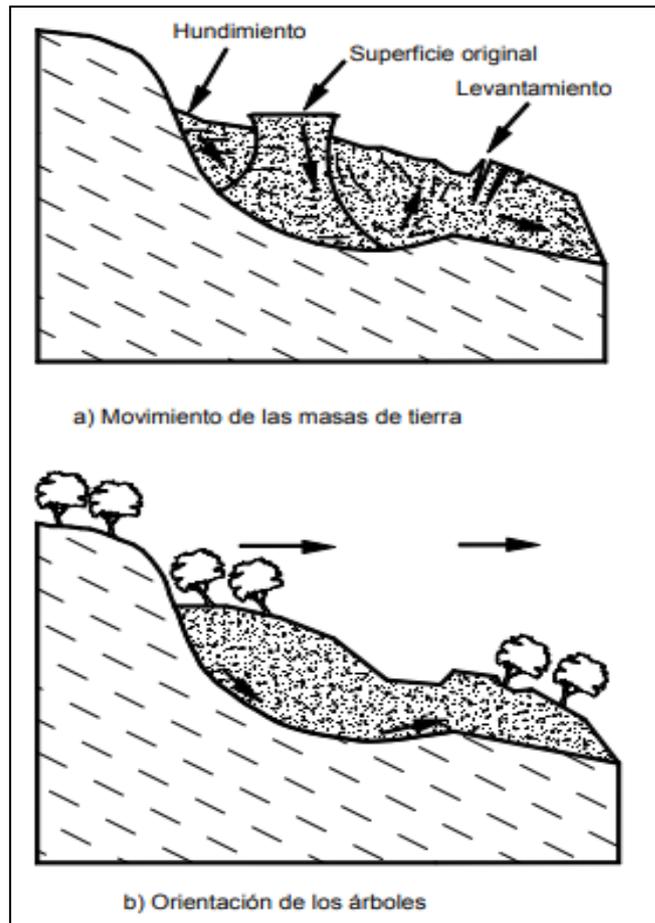


Figura 8. Deslizamiento rotacional típico.  
Fuente: Suarez (2009).

### Deslizamiento de traslación

Se desliza la masa hacia afuera o abajo, a todo lo largo de una superficie relativamente plana o de forma ligeramente ondulada, que tiene casi nada de movimiento de rotación o volteo. Los movimientos traslacionales casi siempre, tienen una relación  $D_r/L_r$  de menos de 0.1 (Suarez, 2009a).

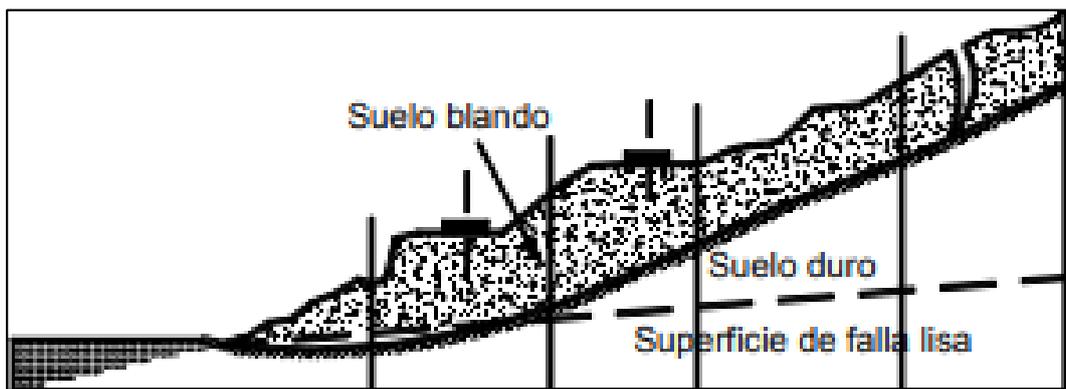


Figura 9. Deslizamiento de traslación.  
Fuente: Suarez (2009).

### 2.2.9. Amenaza al deslizamiento

La evaluación de amenaza de deslizamientos, debe incluir un estudio anterior de la susceptibilidad y de la posibilidad de que ocurra un evento que lo inicie. Para que se presente la amenaza, se necesita que se presenten de forma conjunta la susceptibilidad y el evento detonante (Suarez, 2009b).

Susceptibilidad + detonante = peligro

#### Objetivos de la evaluación de amenazas

Los análisis de amenazas de forma específica varía con cada objetivo y cada procedimiento también varían de uno a otro (Suarez, 2009b).

Estos objetivos tienen requerimientos específicos en la escala de trabajo, el método de detalle y el tipo y análisis de datos de entrada que se tienen que recolectar (Suarez, 2009b).

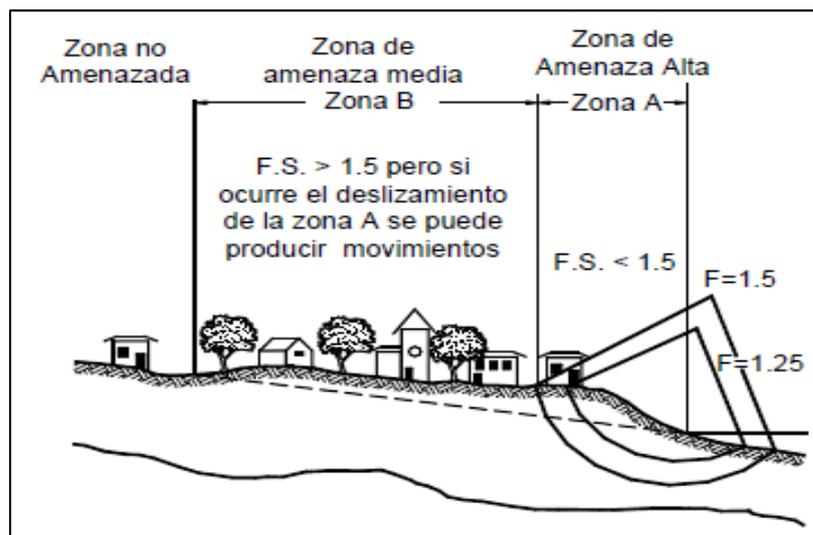


Figura 10. Zonificación de amenaza a los deslizamientos.  
Fuente: Suarez (2009b).

#### Probabilidad de ocurrencia

Es la posibilidad de que ocurra un resultado específico, medido como el cociente de ese mismo resultado entre el número total posible de resultados. Se puede expresar como un número de entre 0 y 1, donde el cero es la imposibilidad de ocurrencia y el uno la certeza (Suarez, 2009b).

### Período de Retorno de las Amenazas

La posibilidad que ocurra una amenaza de una magnitud determinada en un tiempo específico, se da por la expresión siguiente, según Suarez (2009b):

$$p = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^t$$

Donde:

p = probabilidad.

T = período de retorno.

t = tiempo considerado.

El periodo de retorno de las amenazas a deslizamientos, esto depende casi siempre de los periodos de retorno de las lluvias extraordinarios y de sismos de grandes magnitudes. Se debe evaluar las amenazas en tiempos considerados dentro la vida útil de la estructura (Suarez, 2009b).

Los periodos de retornos no se pueden predecir por los análisis determinísticos, de este modo se requiere utilizar análisis probabilísticos. Esta limitación puede ser la más importante del método determinístico (Suarez, 2009b).

Tabla 2. Escalas recomendadas para la zonificación de amenaza por los deslizamientos.

Amenaza	Factor de seguridad estático	Factores de seguridad dinámicos $K_h = 0.5 A$	Observación
Baja	Mayores a 1.5	Mayores de 1.15	

Media	1.2 a 1.5	1.0 a 1.15	El escenario de análisis estático debe incluir los niveles de aguas de acuerdo con un período de retorno
Alta	menores de 1.2	Menores de 1.0	

Fuente: Suarez (2009b).

### Factor de seguridad

Según Das (2015), el factor de seguridad se define:

$$FS_s = \frac{t_f}{t_d} \quad (1)$$

Donde:

$FS_s$  = Factor de seguridad con respecto a la resistencia

$t_f$  = Resistencia cortante promedio del suelo

$t_d$  = Esfuerzo cortante promedio desarrollado a lo largo de la superficie potencial de la falla.

El suelo tiene una resistencia al corte que consiste en dos componentes, la cohesión y la fricción, estos se expresan de la siguiente manera:

$$t_f = c' + \sigma' \tan \phi' \quad (2)$$

Donde:

$c'$  = cohesión

$\phi'$  = ángulo de fricción de drenado

$\sigma'$  = esfuerzo normal efectivo en la superficie potencial de falla

De manera similar, también podemos escribir

$$t_d = c'_d + \sigma'_d \tan \phi'_d \quad (3)$$

Donde  $c'_d$  y  $\phi'_d$  son de forma respectiva, la cohesión efectiva y el ángulo de fricción que se desarrolla a lo largo de la superficie potencial de falla. Sustituyendo las ecuaciones (2) y (3) en la ecuación (1), se tiene:

$$FS_s = \frac{c' + \sigma' \tan \Phi'}{c'_d + \sigma' \tan \Phi'_d} \quad (4)$$

Se introduce ahora otros aspectos del factor de seguridad, esto quiere decir que el factor del factor de seguridad con respecto a la fricción  $FS\Phi'$  y seguridad con respecto a la cohesión  $FSC'$ , se define como:

$$FS_{c'} = \frac{c'}{c'_d} \quad (5)$$

$$FS_{\phi'} = \frac{\Phi'}{\Phi'_d} \quad (6)$$

Al compararse las ecuaciones (4), (5) y (6), cuando  $FSC'$  llega a ser igual a  $FS\Phi'$  que este no es el factor de seguridad con respecto a la resistencia. O si,

$$\frac{c'}{c'_d} = \frac{\tan \Phi'}{\tan \Phi'_d} \quad (7)$$

Podemos escribir

$$FS_s = FS_{c'} = FS_{\phi'} \quad (8)$$

Al  $FS_s$  ser igual a 1, el talud está en un estado de falla inminente. Generalmente, un valor de 1.5 para el factor de seguridad con respecto a la resistencia es aceptable para el diseño de un talud estable.

### **Análisis del peligro de deslizamiento**

El peligro de deslizamiento se efectúa mediando el análisis de la combinación de los factores que afectan al deslizamiento (geomorfología, geología, lluvias, topografía, vegetación y uso del suelo), donde se asignan los pesos a las diferentes capas temáticas usando el método de suma de rangos, que influyen para comiencen los deslizamientos (Sambrano, 2017).

Tabla 3. Jerarquización de los componentes del peligro de deslizamiento.

Factor	Variable
--------	----------

Condición Intrínseca (0.61)	Geología (0.33)
	Geomorfología (0.50)
	Pendiente (0.17)
Condición Hidrometeorológica (0.28)	Intensidad de Lluvia (1)
	Cobertura Vegetal (0.66)
Condición Biológica (0.11)	Uso Actual del Suelo (0.34)

Fuente: Peligro de deslizamiento del norte de la ciudad de Loja - (Tambo, 2011).

### 2.2.10. Vulnerabilidad

De acuerdo a Zamora (2019), la vulnerabilidad es un conjunto de condiciones sociales, ambientales, económicas y hasta políticas que hace que una población esté o no expuesta a un desastre, y la cual se debe a las condiciones existentes de inseguridad o la capacidad de respuesta que estos desastres.

Por lo mencionado, Zamora (2019) menciona que la vulnerabilidad es un aspecto que se modifica de manera constante, ya sea con la construcción de nuevas viviendas o con las capacitaciones que la población afecta puede recibir. Es por esto mismo que la vulnerabilidad puede reducirse cuando se consideran acciones de preparación de emergencia o mediante la aplicación de políticas en diferentes niveles de gobierno.

#### **Tipos de Vulnerabilidad**

##### a. Vulnerabilidad física

Esta vulnerabilidad se comprende como aquella resistencia de una estructura ante cualquier evento natural por lo que se cuantifica mediante el grado de daño ocasionado. Es por lo mencionado que en este tipo de vulnerabilidad se deberá tener claro los siguientes aspectos: la localización de la vivienda, los materiales que componen la vivienda y su estado de conservación (Roca, 2018).

##### b. Vulnerabilidad social

Esta vulnerabilidad realiza un análisis de la capacidad de organización de una población en conjunto con las instituciones que las representa. Cuando la población se encuentra organizada, esta puede superara de manera tranquila las situaciones de emergencia, por lo que su capacidad de prevención es mucho mayor (Roca, 2018).

### Grados de vulnerabilidad

Para Roca (2018), INDECI establece un sistema de vulnerabilidad para establecer valores desde muy alta a baja, los cuales se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 4. Grados de vulnerabilidad.

Colores	Zonas	Vulnerabilidad	Rangos
	Vulnerabilidad muy alta (VMA)	Zonas con viviendas de materiales precarios, en mal estado de construcción, con procesos acelerados de hacinamiento y tugurización. Población de escasos recursos económicos, sin cultura de prevención, inexistencia de servicios básicos, accesibilidad limitada para atención de emergencias.	4 < de 25%
	Vulnerabilidad alta (VA)	Zonas con predominancia de viviendas de materiales precarios, en mal y regular estado de construcción, con procesos de hacinamiento y tugurización en marcha. Población de escasos recursos económicos, sin cultura de prevención, cobertura parcial de servicios básicos.	3 de 26% a 50%
	Vulnerabilidad media (VM)	Zonas con predominancia de viviendas de materiales nobles, en regular y buen estado de construcción, con procesos de hacinamiento y tugurización en marcha. Población con un ingreso económico medio, cultura de prevención en desarrollo, con cobertura parcial de servicios básicos, con facilidades de acceso para atención de emergencias.	2 de 51% a 75%
	Vulnerabilidad baja (VB)	Zonas con viviendas de materiales nobles, en buen estado de construcción. Población con un ingreso económico medio y alto, cultura de prevención en desarrollo, con cobertura de servicios básicos.	1 de 76% a 100

Fuente: Roca (2018).

#### 2.2.11. La vulnerabilidad de los elementos urbanos

Los elementos urbanos son vulnerables por varios aspectos, según Suarez (2009b):

- La ocupación de áreas de alta susceptibilidad es muy común. Los intereses económicos de los constructores priman sobre los intereses de la comunidad.
- El porcentaje de ocupación del terreno es muy alto, especialmente en las grandes ciudades.
- Se construye con frecuencia sobre los cauces de agua, por donde pasan los flujos y avalanchas.
- En el diseño no se tiene en cuenta la susceptibilidad a los deslizamientos.
- La construcción de vivienda básica es de baja calidad y muy vulnerable.

Tabla 5. Descripción de los conflictos del uso de la tierra y su aporte a deslizamientos de tierra.

Clasificación	Descripción
Muy bajo (1)	Cuando el uso actual va de acuerdo con la capacidad de uso de la tierra o uso potencial.
Bajo (2)	Cuando el tipo de suelo puede llegar a tener este uso potencial, pero con algunas limitaciones.
Moderado (3)	El uso potencial del suelo presenta limitaciones marcadas para el uso o usos que se estén practicando.
Alto (4)	Cuando el uso del suelo no es adecuado y que más bien lo que debería de tener la tierra es cubierta vegetal protector o áreas boscosas manejadas.
Muy alto (5)	Cuando las tierras son muy escarpadas y se realiza uso inadecuado del suelo o modificación del relieve, estas tierras deberían ser áreas de protección o bosques sin intervenir.

Fuente: Sambrano (2017).

### **Ensayo de granulometría**

Según Ponce (2018), en la masa de suelos varían siempre los tamaños, gracias a esto, para su clasificación se necesita distribuirlos, esta distribución se hará mediante análisis granulométrico con el uso de mallas o con el hidrómetro en el caso

de partículas muy finas, la primera opción siempre es la que se utiliza. La granulometría por mallas se ejecuta tomando cantidad medida de suelo seco, pulverizado y pasándola a través de una serie de mallas cada vez más pequeña y una charola en el fondo. La muestra de suelo retenido en cada malla se mide el porcentaje acumulado que pasa a través de cada malla.

### **Ensayo de corte directo según (ASTM:3080-98, 1998).**

Este ensayo se usa convenientemente para la determinación relativamente rápida de las propiedades de resistencia consolidada gracias a que las trayectorias de drenaje dentro del espécimen son cortas, debido a esto, logra que el exceso de la presión de poros sea disipado más eficientemente que con algunas otras pruebas de resistencia drenada (Fernandez, 2015).

En la Figura 11 se muestran los detalles principales del aparato de corte directo, dentro del cual el espécimen de suelo se coloca en un molde dividido de forma horizontal en dos mitades. A la muestra se le aplica una fuerza norma/N mediante una placa de carga, luego se fija la mitad superior del molde, mediante una fuerza cortante S se corta la muestra en un plano horizontal. Lo que se mueve la muestra de forma vertical durante el corte se puede medir por medio de un deformímetro que se coloca en la placa superior (Fernandez, 2015).

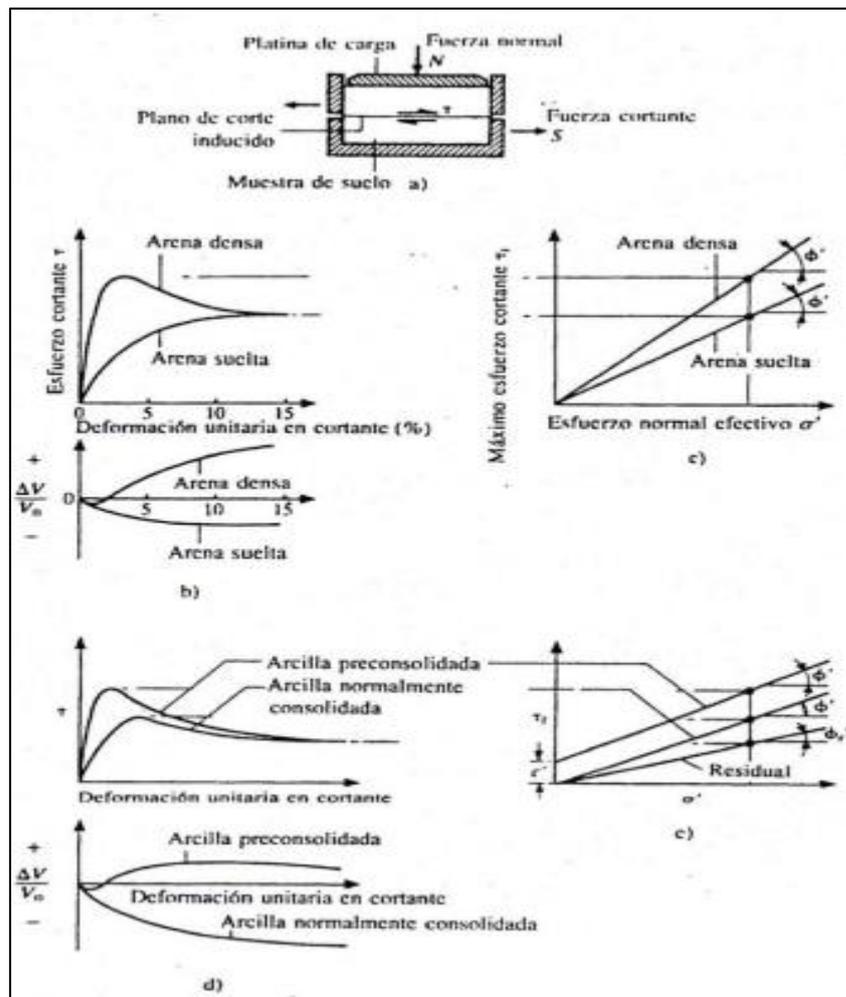


Figura 11. Detalles del Ensayo Corte Directo.  
Fuente: Fernandez (2015).

a) representación de forma esquemática del molde de corte, b) relación de esfuerzo deformación unitaria – cambio de volumen para los ensayos drenados con arenas c) envolvente de fallas para los ensayos drenados con arena, d) relación de esfuerzo –deformación unitaria – cambio de volumen para los ensayos drenados con arcilla, e) envolventes de falla para ensayos drenados en arcillas (Fernandez, 2015).

El corte directo puede usarse para medir la resistencia drenada de los suelos arcillosos si se consolida primero por completo la muestra bajo la carga normal y después se corta la muestra a una velocidad suficiente lenta como para asegurar la disipación inmediata del exceso de la presión intersticial que se produce durante el corte; de manera que,  $u=0$  durante se hace el corte. De esta

manera, para las arenas y arcillas drenadas el esfuerzo normal que afecta en el plano de corte está dado por  $\sigma' = N/A$  y el esfuerzo cortante es asociado  $\tau = S/A$ , en donde A es área de la planta del molde de corte (Fernandez, 2015).

### 2.3. Definición de términos

Según INDECI (2006), se define:

- **Aluvión:** Es la caída de grandes masas de roca o nieve las cuales se ubican en las partes altas de una montaña.
- **Huayco:** Es una terminología peruana cuyo significado puede comprenderse como un aluvión de una magnitud baja, las cuales son muy recurrente en las cuencas del Perú.
- **Lluvia:** también es conocido como precipitación, y es la caída de partículas de agua en forma líquida, y que es un factor desencadenante de deslizamientos de masas.

Según Olivos (2015), se define:

- **Capacidad portante:** Es una característica del suelo, el cual indica la resistencia que posee este a cargas.
- **Cohesión:** Es una propiedad del suelo, el cual puede entenderse como la capacidad de adherencia entre partículas.
- **Esfuerzo normal:** Este parámetro indica la capacidad de un suelo a soportar cargas verticales sin llegar a la falla.

Según Suarez (2009b), se define:

- **Riesgo:** Es la cuantificación de la peligrosidad y probabilidad de una acción que condicione la integridad de la vida, la propiedad, salud o ambiente. Generalmente se obtiene del producto entre la vulnerabilidad y el peligro.

- **Peligro:** Es un fenómeno que tiene a probabilidad de modificar las condiciones normales de una situación; también se le conoce como amenaza.

## **2.4. Hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis general**

El peligro a deslizamiento varía de manera significativamente por las precipitaciones máximas en diferentes periodos de retronó del Sector Santa Bárbara – Huancavelica.

### **2.4.2. Hipótesis específicas**

- a) Los factores condicionantes del peligro a deslizamiento por precipitaciones máximas en diferentes periodos de retorno del Sector Santa Bárbara – Huancavelica son el geológico, hidrogeológico, cobertura, uso de suelo, pendiente, fallas y el factor de seguridad.
- b) El factor desencadenante del peligro a deslizamiento son las precipitaciones máximas en diferentes periodos de retorno del Sector Santa Bárbara - Huancavelica.

## **2.5. Variables**

### **2.5.1. Definición conceptual de las variables**

**Variable independiente (X): Precipitación máxima.** – Es la cantidad de precipitación máxima ocurrida en un determinado periodo de tiempo y un periodo de retorno (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2011).

**Variable dependiente (Y) Peligro de deslizamiento.** – Es la probabilidad de la ocurrencia de un desprendimiento, el cual puede ser causado por factores condicionantes o desencadenantes (Suarez, 2009b).

## 2.5.2. Definición operacional de las variables

**Variable independiente (X): Precipitación máxima.** – Es la cantidad de precipitación en periodos de retorno de 5, 10, 25, 50 y 100 años; obtenidos mediante la distribución Gumbel.

**Variable dependiente (Y): Peligro de deslizamiento.** – Para su estimación se considerará factores condicionantes como el geológico, hidrogeológico, cobertura vegetal, el uso de suelo, periodo de retorno, la pendiente, la presencia de fallas activas y el factor de seguridad. Mientras que como factor desencadenante será la intensidad de la precipitación.

## 2.5.3. Operacionalización de las variables

Tabla 6. Operacionalización de las variables: Precipitación máxima y peligro de deslizamiento.

Variables	Dimensiones	Indicadores
<b>Variable independiente (X):</b> Precipitación Máxima	Periodo de retorno	Precipitación diaria
		Tiempo de concentración
<b>Variable dependiente (Y):</b> Peligro de deslizamiento	Factores condicionantes	Geológico
		Hidrogeológico
		Cobertura Vegetal
		Uso del suelo
		Periodo de retorno
		Pendiente
		Distancia a fallas activas
		Factor de seguridad
	Factores desencadenantes	Intensidad de precipitación

## **CAPÍTULO III METODOLOGÍA**

### **3.**

#### **3.1. Método de investigación**

La investigación consideró el método científico, pues este se basa en el control de las variables que intervienen en el estudio siguiendo procedimientos sistematizados, como ensayos de laboratorios, que se usan para estudiar los peligros de deslizamiento en los suelos por diferentes efectos (Del Cid, Sandoval y Sandoval, 2007).

#### **3.2. Tipo de investigación**

La investigación fue del tipo aplicada, pues tiene como objetivo resolver un determinado problema o planteamiento específico considerando el conocimiento existente. Siendo este conocimiento basado en el peligro latente de deslizamientos en los suelos causados por precipitaciones y el factor de seguridad (Del Cid, Sandoval y Sandoval, 2007).

#### **3.3. Nivel de investigación**

La presente investigación consideró un nivel descriptivo - correlacional, pues buscó, además de determinar las principales características de las variable en estudio, una correlación entre ellas (Bernal, 2006).

En función a la definición anterior esta investigación determinó el peligro de deslizamiento de los suelos, mediante ensayos y estudios de laboratorio para describir la estructura del suelo, además de establecer una la relación o variación de este, en función a las precipitaciones máximas.

### **3.4. Diseño de la investigación**

Según lo establecido por Hernandez, Fernandez y Lucio (2006), la presente investigación será no experimental del tipo transversal, debido a que no se manipulará la variable independiente, además que la toma de información será en un solo momento temporal.

### **3.5. Población y muestra**

#### **3.5.1. Población**

La población considerada en el estudio, correspondió al sector Santa Bárbara del distrito, provincia y departamento de Huancavelica.

#### **3.5.2. Muestra**

De acuerdo al método no probabilístico intencional o dirigido la muestra fue 4 hectáreas del Sector Santa Bárbara del distrito, provincia y departamento de Huancavelica, siendo este el tramo más crítico pues se tiene registro de deslizamiento anteriores al presente estudio.

### **3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.6.1. Técnicas de recolección de datos**

**Observación directa.** – La observación directa es una técnica con la que se puede obtener información del fenómeno estudiado, bajo ciertas circunstancias controladas; esta se realizó mediante visitas a la zona de estudio y la toma de muestras de suelo.

**Análisis de documentos.** - Es la recopilación de bibliografía en físico y digital, mediante estos se elaboró una metodología para realizar el proyecto de buena manera.

**Trabajo en campo.** - Consistió en toma de muestras en campo, para realizar los ensayos y analizar la zona con posible peligro a deslizamiento.

### **3.6.2. Instrumentos de recolección de datos**

Los instrumentos considerados en la presente investigación fueron los establecidos en la normativa RM 463-2019-PCM (PCM, 2019).

Para la determinación de las propiedades del suelo se consideró las normativas vigentes como las Normas Técnicas Peruanas (NTP) que se describen a continuación:

- Análisis granulométrico, según la normativa NTP 339.128.
- Límites de consistencia según la normativa NTP 339.129.
- Contenido de humedad según la normativa NTP 339.127.
- Clasificación de suelos según la normativa NTP 339.134 y NTP 339.135.
- Ensayo de corte directo según la normativa NTP 339.171.

### **3.7. Procedimiento de recolección de datos**

El procedimiento que se consideró en esta investigación se detalla a continuación:

- Etapa de identificación de zonas en peligro

Fue la primera etapa en la que se pudo determinar mediante visitas a campo las zonas que deben considerarse en el estudio, para ello se consideró las siguientes fases.

- Planificación del trabajo mediante imágenes satelitales.

- Inspección en campo, complementado mediante entrevistas no estructuradas, en la zona de estudio.

– Etapa de recolección de muestras y estudios complementarios

Esta etapa consistió en la planificación para la realización de los siguientes procedimientos:

- Excavación de calicatas.
- Recolección de muestras de suelo.
- Ensayos en laboratorio (granulometría, límites de consistencia, capacidad portante, clasificación de suelos).
- Levantamiento topográfico.

– Etapa de recolección de información secundaria

En esta etapa se realizó la recolección de los siguientes datos:

- Precipitaciones máximas en 24 h (fuente: SENAMHI)
- Parámetros geológicos (fuente: INGEMMET).
- Localización de fallas activas (fuente: INGEMMET).

– Etapa de gabinete

En esta etapa se ha considerado el análisis y la determinación de los factores condicionantes y desencadenantes:

- Geología: La determinación de este parámetro se desarrolló obteniendo información secundaria de INGEMMET, el cual es una institución peruana encargada de la geología del territorio. Esta información fue desarrollada mediante el uso del software ArcGIS para generar un mapa temático que se muestra en el Anexo N° 05: Planos.
- Hidrogeología: Para la determinación de este parámetro fue necesario el análisis de los estudios de mecánica de suelos, destacándose el porcentaje de humedad en el suelo y la identificación de la napa freática.

- Cobertura vegetal: Para la determinación de este factor, se ha considerado el desarrollo de planos temáticos basado en imágenes satelitales obtenidas mediante el software SASplanet.
  - Uso de suelo: Es un factor determinado del análisis y reconocimientos de zonas como: urbanas, agrícolas, bosques y pastos.
  - Pendiente: Se determinó mediante el estudio topográfico, para lo cual se definió un eje o sección de corte con una longitud de 400 m, aproximadamente; además como dicha sección presentó variaciones en la pendiente, pues se tuvo que analizar y obtener un valor promedio final.
  - Distancia a fallas activas: Este factor fue obtenido de manera secundaria de INGEMMET, para lo cual fue necesario la aplicación del software ArcGIS, con el cual se ha desarrollado un mapa temático.
  - Factor seguridad: Este parámetro fue determinado mediante la aplicación del programa SLIDE, con el que se pudo calcular los factores de seguridad mediante el método de Bishop.
  - Intensidad: Fue determinado mediante la obtención de información de SENAMHI, estos datos fueron verificados y corregidos; para finalmente ser procesados mediante la distribución de Gumbel.
- Determinación del peligro

Esta etapa fue desarrollada en base a la norma RM 463-2019-PCM en la que cada factor del peligro (condicionante y desencadenante), puede asumir valores comprendidos entre los números enteros 1 y 4, tal como se muestra en la Tabla 7. Para estimar el valor del peligro, se deberá promediar los valores de

cada factor condicionante y desencadenante, de manera promedio, es decir, se aplica la siguiente fórmula:

$$Peligro = \frac{F.D + FC}{2}$$

Donde F.D, es el factor desencadenantes y F.C, es el factor condicionante.

### **3.8. Técnicas y análisis de datos**

Las técnicas y análisis de datos siguieron la perspectiva cuantitativa, por lo que se consideraron técnicas estadísticas para el desarrollo de la investigación. Complementariamente, se ha considerado tablas y gráficos los cuales mejoraron la interpretación de los datos obtenidos.

Para el procesamiento y cálculo del peligro a deslizamiento se aplicaron programas como ArcGis, AutoCAD, AutoCAD Civil 3D y Slide v.5.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS**

#### **4.**

El peligro se puede comprender, según la PCM (2019), como aquella probabilidad de que un fenómeno, con altas probabilidades de causar daño, esté presente en un lugar específico. Para que dicho fenómeno sea tomado en cuenta, se debe de considerar dos aspectos: los factores condicionantes y los desencadenantes.

Para poder identificar los mencionados parámetros, la presente investigación tomó como referencia lo establecido en la Resolución Ministerial N°463-2019-PCM, emitida por la Presidencia de Consejos de Ministros del Perú (PCM); en la que se muestra valores específicos para cada factor que interviene en la determinación del peligro.

En la Tabla 7 se puede observar que, para la determinación del peligro se pueden considerar hasta 8 factores condicionantes, mientras que solo posee un solo factor desencadenante, el cual es la intensidad de la precipitación.

Para el cálculo del peligro se deberá obtener promedios de los valores considerados, basados en los factores descriptivos que se muestran a continuación:

Tabla 7. Factores condicionantes y desencadenantes del peligro a deslizamiento.

Indicador	Descriptor			
	1	2	3	4
Factores condicionantes				
Geología	Formaciones volcánicas recientes y cuaternarias, laderas que tienen algunas fisuras, materiales erosionados, no saturados y laderas no meteorizadas con discontinuidades favorables donde no existan indicios que permitan predecir deslizamientos	Rocas volcánicas antiguas, intrusivas y sedimentarias. Laderas con algunas zonas de falla, erosión intensa o materiales parcialmente saturados donde no han ocurrido deslizamientos, pero no existe completa seguridad de que no ocurran	Rocas metamórficas e intrusivas muy meteorizadas. Laderas que tienen zonas de falla, meteorización alta a moderada y discontinuidades desfavorables donde han ocurrido deslizamientos o existe la posibilidad de que ocurran	Rocas calcáreas, rocas arcillosas. Laderas con zonas de falla, masas de suelo altamente meteorizadas y saturadas, y discontinuas desfavorables donde han ocurrido deslizamientos o existe alta probabilidad de que ocurran
Hidrogeología	Suelos no saturados de agua	Suelos poco saturados de agua	Abundancia relativa de agua, suelos saturados	Abundancia de agua, suelos sobresaturados, aparición de pantanos, afloramientos de agua.
Cobertura vegetal (P)	$P \geq 75\%$	$50\% \leq P \leq 75\%$	$25\% \leq P \leq 50\%$	$P < 25\%$
Uso de suelos	Bosques	Zonas de cultivo y prado	Áreas no vegetadas	Suelos urbanos
Periodo de retorno	$T > 50$ años	$15 \text{ años} \leq T < 50 \text{ años}$	$5 \text{ años} \leq T < 15 \text{ años}$	$T < 5$ años
Pendiente ( $\alpha$ )	$\alpha < 15^\circ$	$15^\circ \leq \alpha < 35^\circ$	$35^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$	$\alpha > 45^\circ$
Distancia a fallas activas	$d > 25 \text{ km}$	$25 \text{ km} \leq d < 15 \text{ km}$	$15 \text{ km} \leq d \leq 10 \text{ km}$	$d < 10 \text{ km}$
Factor de seguridad	mayor a 2	1.5 a 2	1.25 a 1.5	Menor a 1.25
Factores desencadenantes				
Intensidad	Torrenciales: mayor a 85 mm/h	Fuertes: 75 a 85 mm/h	Moderadas: 65 a 75 mm/h	Bajas menores a 65 mm/h

## 4.1. Factores condicionantes del peligro a deslizamiento del sector Santa Bárbara - Huancavelica

### 4.1.1. Geología

El aspecto geológico de la zona de estudio, se obtuvo en función del tipo de rocas presente en la zona de estudio, es por ello que se consideró como fuente principal al Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET), con el cual se ha podido elaborar un mapa de los diferentes tipos de rocas presentes en la zona de estudio (Ver Anexo N° 05: Planos), y del cual se ha podido obtener la siguiente tabla:

Tabla 8. Tipos de rocas en el área de estudio.

Tipo o zona	Área (km <sup>2</sup> )	Porcentaje (%)
Zona urbana	0.013	9.87
Zona no consolidada	0.028	21.05
Rocas sedimentarias	0.091	69.08
Total	0.132	100.00

En la siguiente figura, se puede observar con mejor claridad la distribución geológica de la zona de estudio, en la que 69.08 % del área está compuesta por rocas sedimentarias.

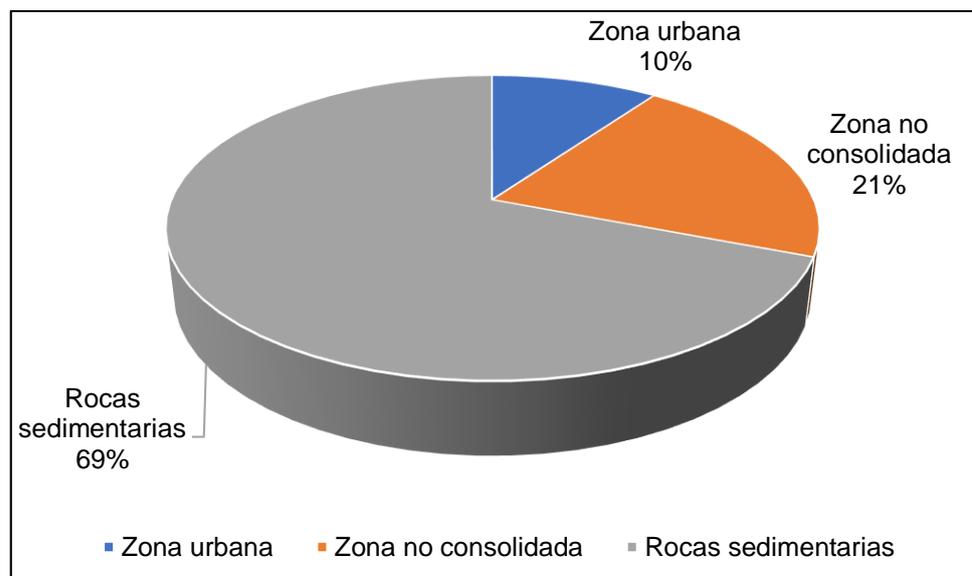


Figura 12. Distribución de rocas en la zona de estudio.

En este sentido, podemos mencionar que el descriptor para la estimación del peligro será 2, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 9. Valores descriptivos del factor geológico.

	Descripción	Valor	Valor asumido
Geología	Formaciones volcánicas recientes y cuaternarias, laderas que tienen algunas fisuras, materiales parcialmente erosionados, no saturados y laderas no meteorizadas con discontinuidades favorables donde no existan indicios que permitan predecir deslizamientos	1	
	Rocas volcánicas antiguas, intrusivas y sedimentarias. Laderas con algunas zonas de falla, erosión intensa o materiales parcialmente saturados donde no han ocurrido deslizamientos, pero no existe completa seguridad de que no ocurran	2	2
	Rocas metamórficas e intrusivas muy meteorizadas. Laderas que tienen zonas de falla, meteorización alta a moderada y discontinuidades desfavorables donde han ocurrido deslizamientos o existe la posibilidad de que ocurran	3	
	Rocas calcáreas, rocas arcillosas. Laderas con zonas de falla, masas de suelo altamente meteorizadas y saturadas, y discontinuas desfavorables donde han ocurrido deslizamientos o existe alta probabilidad de que ocurran	4	

#### 4.1.2. Hidrogeología

El aspecto hidrogeológico, está basado principalmente en la humedad en el suelo, es por ello que se realizaron calicatas de exploración para determinar el tipo de suelo y si hay presencia de napa freática. Obteniendo así los siguientes resultados.

Tabla 10. Propiedades físicas del suelo extraído de la zona de estudio.

Calicata	Granulometría			Contenido de humedad (%)	Límites de consistencia		
	Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)		Líquido (%)	Plástico (%)	Índice de plasticidad (%)
C-1	53.50	33.90	12.60	4.20	Np	Np	Np
C-2	45.20	36.60	18.20	4.40	23.00	19.00	4.00
C-3	48.30	34.30	17.40	4.10	24.00	21.00	3.00
C-4	53.50	33.90	12.60	4.10	20.00	17.00	3.00
C-5	42.00	36.20	21.80	5.10	24.00	18.00	6.00
C-6	46.60	33.20	20.10	4.80	25.00	20.00	5.00
PROMEDIO	48.18	34.68	17.12	4.45	23.20	19.00	4.20

Como se observa en la Tabla 10, el contenido de humedad promedio fue de 4.45 %, lo cual da un indicio que no hay presencia de napa freática cerca.

Asimismo, también se pudo establecer la clasificación del suelo predominante en la zona de estudio, así como algunas propiedades como el ángulo de fricción, cohesión y peso específico, los cuales fueron necesarios para la determinación del factor de seguridad ante el volteo del talud.

Tabla 11. Parámetros complementarios del suelo en la zona de estudio.

Calicata	Clasificación de suelos		Ángulo de fricción	Cohesión	Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )
	SUCS	AASHTO			
C-1	GM	A-1-a (0)	26.19	0.01	1.80
C-3	GW-GM	A-1-a (2)	26.19	0.01	1.80
C-5	GM	A-1-a (1)	26.07	0.01	1.81
C-6	GW-GM	A-1-a (2)	25.63	0.02	1.80
Promedio			26.02	0.01	1.80

Con lo mencionado anteriormente y los datos de suelos obtenidos se ha podido determinar que el valor descriptivo para este parámetro es 2, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 12. Valores descriptivos asumidos del factor hidrogeológico.

	Descripción	Valor	Valor asumido
Hidrogeología	Suelos no saturados de agua	1	
	Suelos poco saturados de agua	2	2
	Abundancia relativa de agua, suelos saturados	3	
	Abundancia de agua, suelos sobresaturados, aparición de pantanos, afloramientos de agua.	4	

#### 4.1.3. Cobertura

La cobertura, hace referencia a la cantidad de vegetación presente en el suelo, es por lo que para a determinar este parámetro, fue necesario la delimitación de la cobertura en la zona de estudio;

tal como se muestran en los planos, del cual se ha podido extraer las siguientes áreas.

Tabla 13. Tipo de cobertura en la zona de estudio.

Tipo de cobertura	Área (km <sup>2</sup> )	Porcentaje (%)
Urbano	0.037	28.23
Roca	0.021	16.03
Pasto	0.022	16.30
Bosque	0.052	39.44
Total	0.132	100.00

En la Tabla 13 se observa que el porcentaje de cobertura en el suelo es de 55.74 %, el cual se obtiene de sumar los porcentajes de pasto y bosques que se ubican en la zona de estudio.

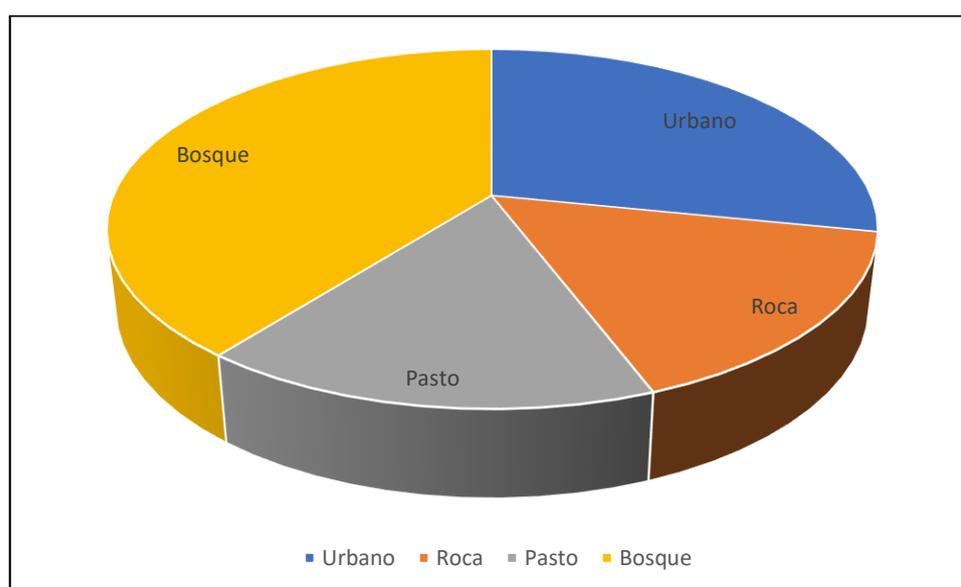


Figura 13. Distribución del tipo de cobertura en la zona de estudio.

En la Figura 13 se muestra gráficamente, como se distribuyen los distintos tipos de cobertura del suelo; destacándose que el que mayor porcentaje posee, son los Bosques de eucalipto, distribuidos en varios puntos de la zona de estudio. Complementariamente, también se observa que la cobertura por pastos posee un porcentaje de cobertura de 16.30 %.

Es bajo este criterio, que el valor descriptivo asumido para este factor es de 3, tal como se describe en la siguiente tabla

Tabla 14. Descripción de la cobertura del suelo.

Descripción	Valor	Valor asumido	
	Porcentaje de cobertura vegetal en el área de estudio (P)	P ≥ 75%	1
50% ≤ P ≤ 75%		2	
25% ≤ P ≤ 50%		3	3
P < 25 %		4	

#### 4.1.4. Uso de suelo

El uso de suelo fue determinado de manera similar al tipo de cobertura, sin embargo, fue necesario la aplicación e imágenes satelitales y visitas a campo; con lo que se ha obtenido la siguiente tabla:

Tabla 15. Uso de suelo en la zona de estudio.

Uso de suelo	Área (km <sup>2</sup> )	Porcentaje
Áreas no vegetadas	0.058	44.26
Pasto	0.022	16.30
Bosque	0.052	39.44
Total	0.132	100.00

Como se puede observar, la mayor cantidad de uso de suelo corresponde al suelo de áreas no vegetadas, obteniéndose un total de 44.26 %, por lo que este parámetro será considerado como un factor para asumir un valor descriptivo, tal como se muestra a continuación:

Tabla 16. Valor asumido para el descriptivo uso de suelo.

Uso de suelos	Descripción	Valor	Valor asumido
		Bosques	1
Zonas de cultivo y prado		2	
Áreas no vegetadas		3	3
Suelos urbanos		4	

#### 4.1.5. Pendiente

La pendiente del terreno también es un factor importante para la determinación del peligro a deslizamiento. Es por ello que para su determinación se calculó el valor promedio de la sección más crítica en la zona de estudio; obteniéndose los siguientes resultados.

Tabla 17. Pendiente del terreno.

Progresiva	Altura	Pendiente (m/m)	Ángulo (°)
0.00	3682.65		
20.00	3686.84	0.21	11.83
40.00	3691.00	0.21	11.75
60.00	3695.25	0.21	12.00
80.00	3700.90	0.28	15.77
100.00	3711.99	0.55	29.01
120.00	3722.26	0.51	27.18
140.00	3731.88	0.48	25.69
160.00	3739.17	0.36	20.03
180.00	3745.86	0.33	18.50
200.00	3752.08	0.31	17.28
220.00	3761.36	0.46	24.89
240.00	3771.65	0.51	27.23
260.00	3781.68	0.50	26.63
280.00	3790.13	0.42	22.90
300.00	3797.69	0.38	20.71
320.00	3807.87	0.51	26.98
340.00	3819.24	0.57	29.62
	Promedio	0.40	21.65

Como se observa en la Tabla 17, la pendiente es variable en un tramo de 340 m. Es por ello que fue necesario la determinación promedio de todos los tramos considerados; obteniéndose así que la pendiente media fue de 0.40 m/m o 21.65°. Esto demuestra que el valor descriptivo dentro de la tabla de peligro (Tabla 18) corresponderá a un valor de 2, tal como se muestra a continuación

Tabla 18. Valor asumido para el descriptivo, pendiente.

	Descripción	Valor	Valor asumido
Pendiente (°)	$\alpha < 15^\circ$	1	
	$15^\circ \leq \alpha < 35^\circ$	2	2
	$35^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$	3	
	$\alpha > 45^\circ$	4	

#### 4.1.6. Fallas

Las fallas son roturas en las rocas, de la cual se ha tenido registro de movimientos. Es por ello que su localización es importante, pues de ocurrir un deslizamiento, este podrá agravar en mayor medida dicha amenaza. Es en tal sentido que para la ubicación de este elemento fue necesario recurrir a INGEMMET, de la cual se ha obtenido mapas temáticos, los cuales fueron procesados para esta

investigación obteniéndose así que, la ubicación de falla más cercana a la zona de trabajo está a menos de 2 km (ver plano)

Es por ello que, este ítem posee un valor descriptivo de 4, tal como se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 19. Valores asumidos para el factor de las distancias a fallas activas

Descripción	Valor	Valor asumido
Localización o distancia a fallas activas	$d > 25 \text{ km}$	1
	$25 \text{ km} \leq d < 15 \text{ km}$	2
	$15 \text{ km} \leq d \leq 10 \text{ km}$	3
	$d < 10 \text{ km}$	4

#### 4.1.7. Factor de seguridad

El factor de seguridad es un indicador de la estabilidad de un talud; para su determinación es necesario determinar la cohesión, fricción y el peso específico del suelo que se ha estado estudiando.

Asimismo, el valor del factor de seguridad puede modificarse en función del grado de saturación o de la cantidad de precipitación, por lo que para su determinación debe considerarse estas variaciones de las precipitaciones.

Para la determinación del factor de seguridad se ha utilizado la aplicación del programa Slide V.5.0, obteniéndose así los siguientes valores.

##### Periodo de retorno 0 años

Para el periodo de retorno “cero años”, se ha considerado el modelamiento del talud en las condiciones encontradas en campo y la no incidencia de la precipitación.

Al evaluar mediante la aplicación del programa Slide, se ha podido establecer un valor del factor de seguridad de 1.043, esto mediante el método de Bishop, tal como se muestra en la Figura 14.

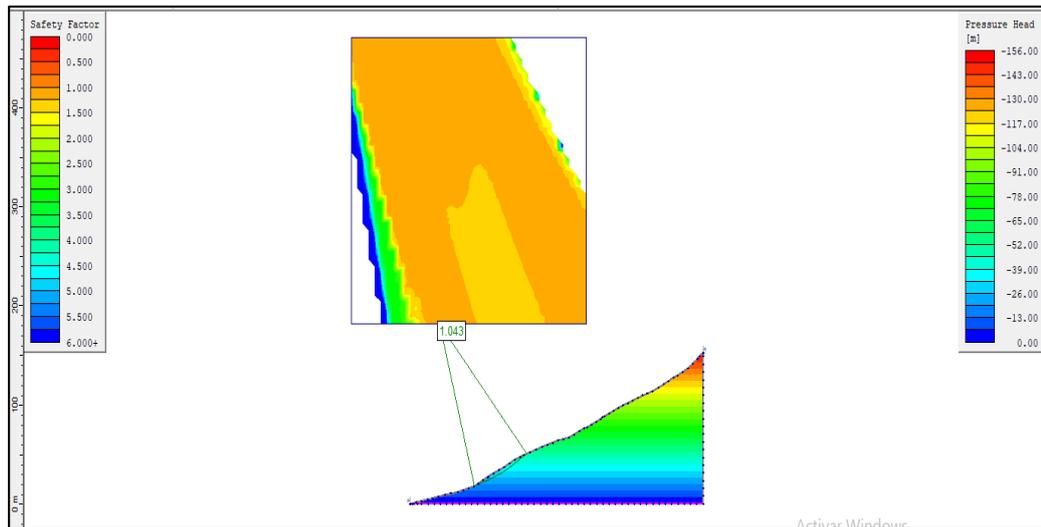


Figura 14. Factor de seguridad “cero años”.

Adicionalmente, también se ha verificado la variación del factor de seguridad en toda la sección analizada (ver Figura 15), teniendo valores de 1.043 a 1.19 aproximadamente.

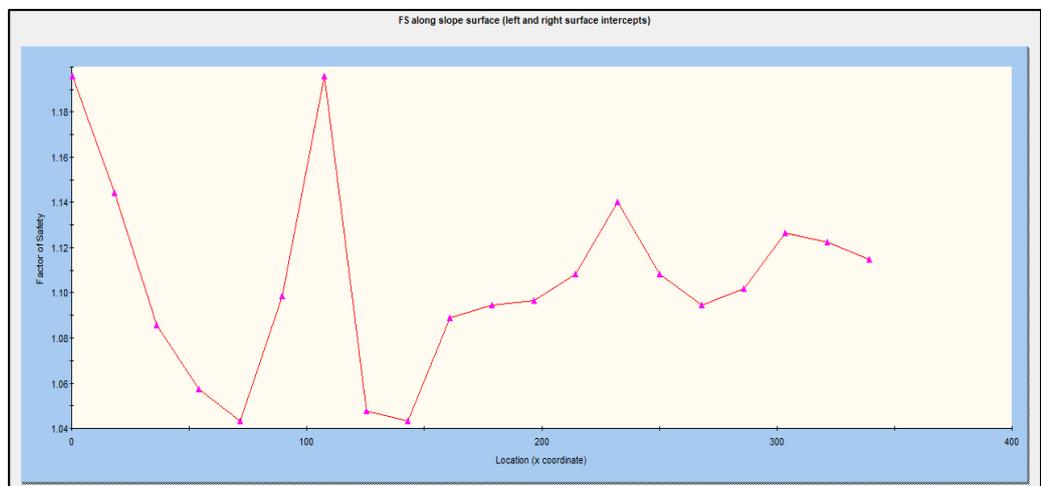


Figura 15. Variación del factor de seguridad para un periodo de retorno “0 años”.

### Periodo de retorno 5 y 10 años

Para el periodo de retorno de 5 y 10 años se ha considerado la incidencia de la precipitación, por lo que se consideró una precipitación con una intensidad de 65.4 mm/h; obteniéndose lo mostrado en la siguiente figura.

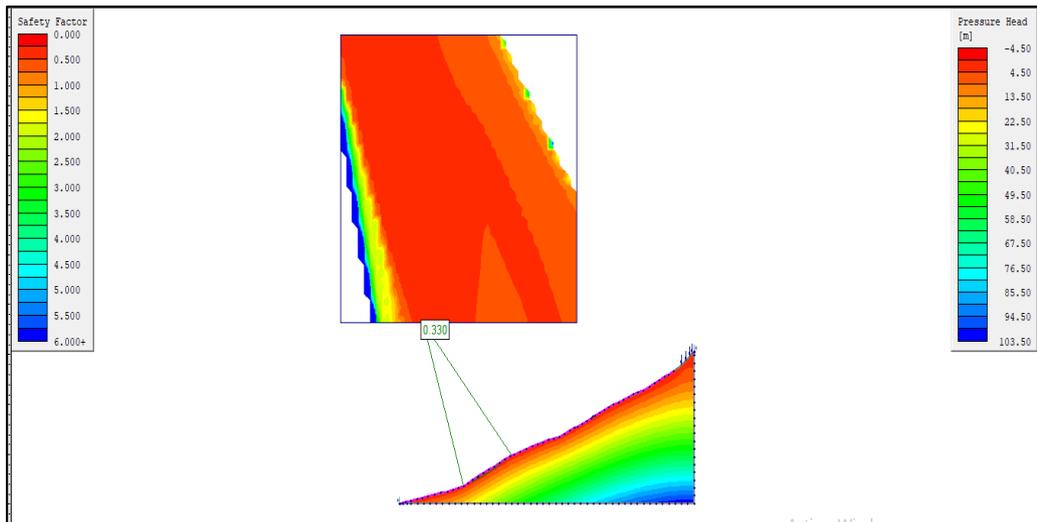


Figura 16. Factor de seguridad “5 y 10 años”.

Como se puede observar en la siguiente figura, el factor de seguridad es variable en la sección analizada, obteniéndose así que el valor mínimo del factor de seguridad fue de 0.33 y el máximo de 0.49.

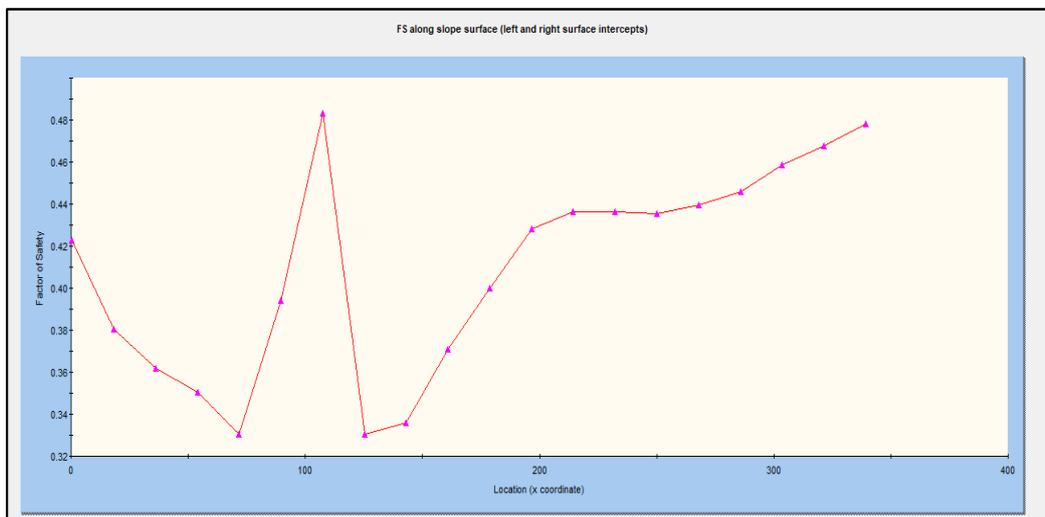


Figura 17. Variación del factor de seguridad para un periodo de retorno de 5 y 10 años.

### Periodo de retorno 25 años

Para el periodo de retorno de 25 años, se ha considerado se ha una precipitación de intensidad de 76.7 mm/h, obteniéndose que el factor de seguridad disminuye a 0.329, tal como se aprecia en la figura.

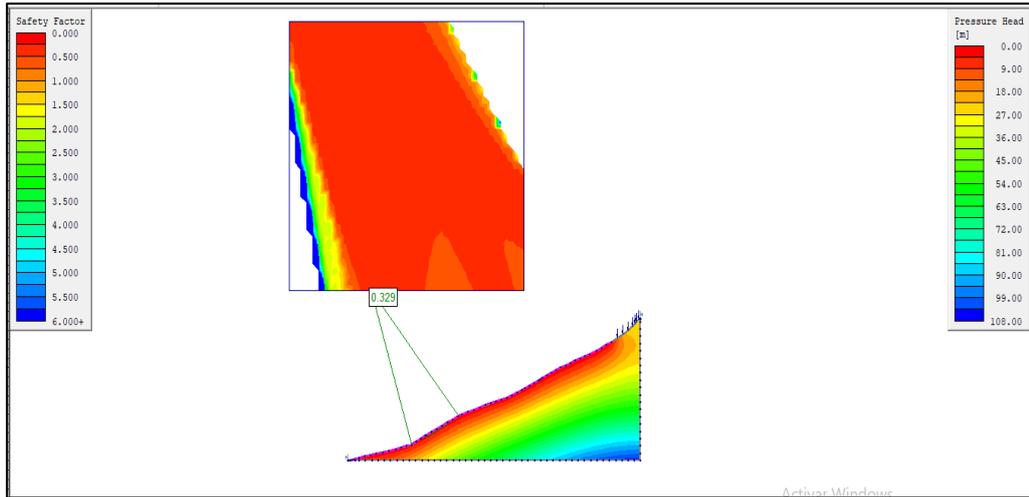


Figura 18. Factor de seguridad “25 años”.

El comportamiento del factor de seguridad en todo el perfil se modificó tal como se muestra en la Figura 19, donde el máximo valor se alcanza en la progresiva 0+100 y tiene un valor de 0.47.

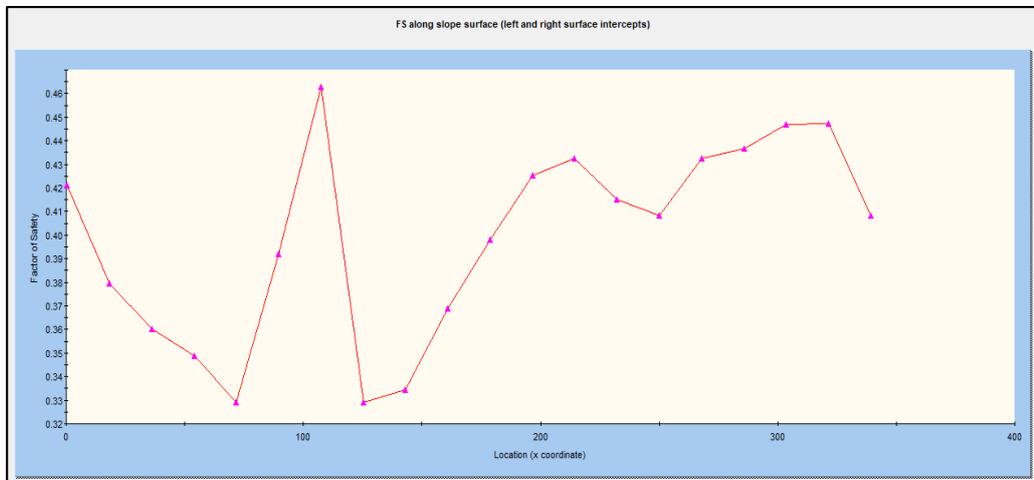


Figura 19. Variación del factor de seguridad para un periodo de retorno de 25 años.

### Periodo de retorno 50 y 100 años

Al momento de evaluar los factores de seguridad cuando las precipitaciones alcanzan valores de periodos de retorno de 50 y 100 años, se ha podido establecer que su valor disminuye a 0.001, tal como se puede observar en la siguiente figura.

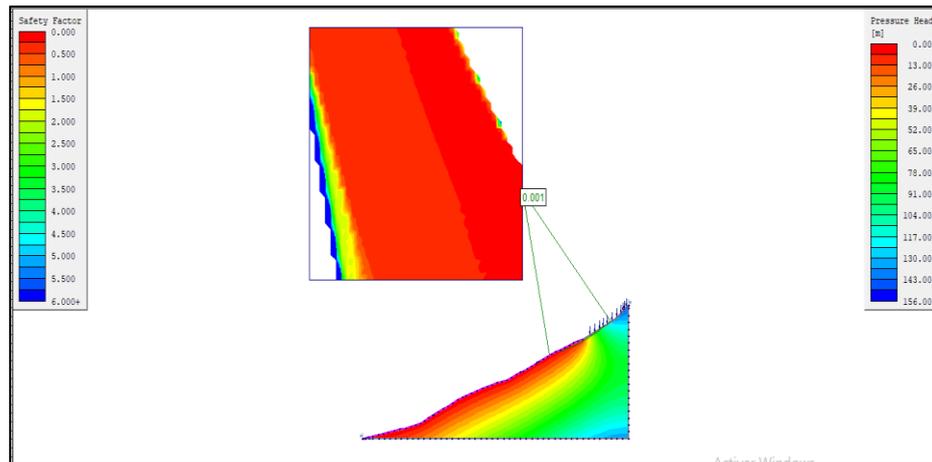


Figura 20. Factor de seguridad “50 y 100 años”.

Para esta última parte del análisis del factor de seguridad se ha podido observar como es el comportamiento de seguridad en todo el talud analizado, siendo que en la parte superior su valor es cercano a 0.

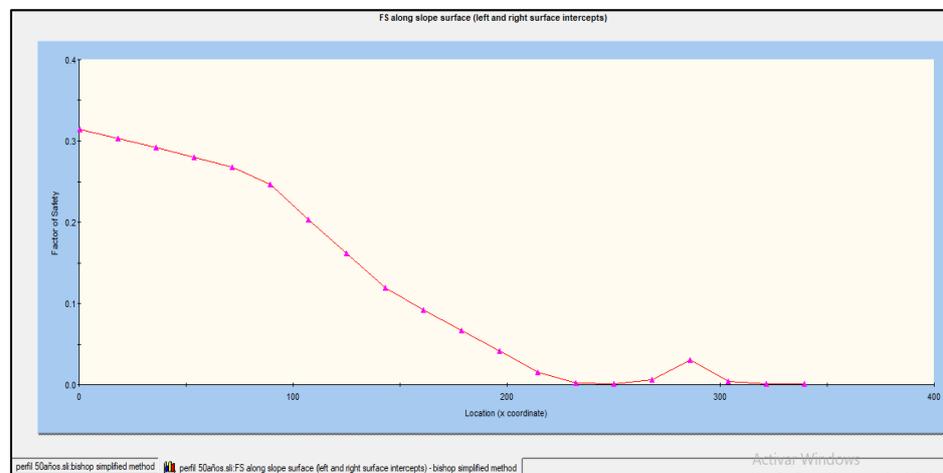


Figura 21. Variación del factor de seguridad para un periodo de retorno de 50 y 100 años.

## 4.2. Factor desencadenantes

### 4.2.1. Precipitación

La determinación de la precipitación fue determinada en función de la intensidad, por lo que fue necesario la recopilación de la información de estaciones cercanas a la zona de estudio, siendo esta estación Hualcanpi del distrito de Vilca, provincia de Huancavelica en la región Huancavelica, el cual posee un registro

de datos desde el año 1968 hasta el año 2014; resumiéndose así los siguientes resultados generales:

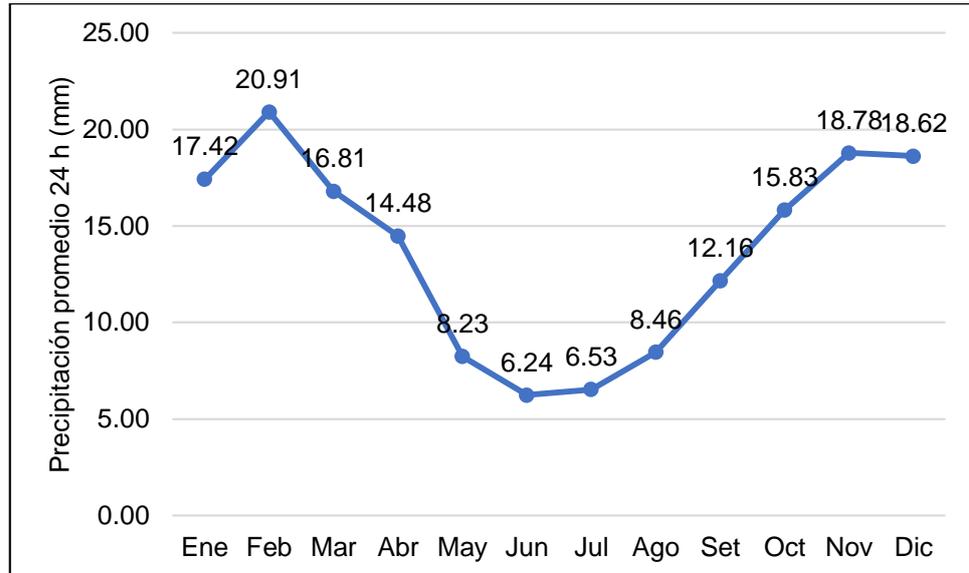


Figura 22. Precipitación máxima promedio en 24 horas.

Con los datos obtenidos en de la estación, se ha podido obtener los datos promedios de la precipitación máxima en 24 horas, el cual se incrementa en los meses de precipitación teniéndose un máximo de 20.91 mm y un mínimo de 6.24 mm en los meses de junio y julio.

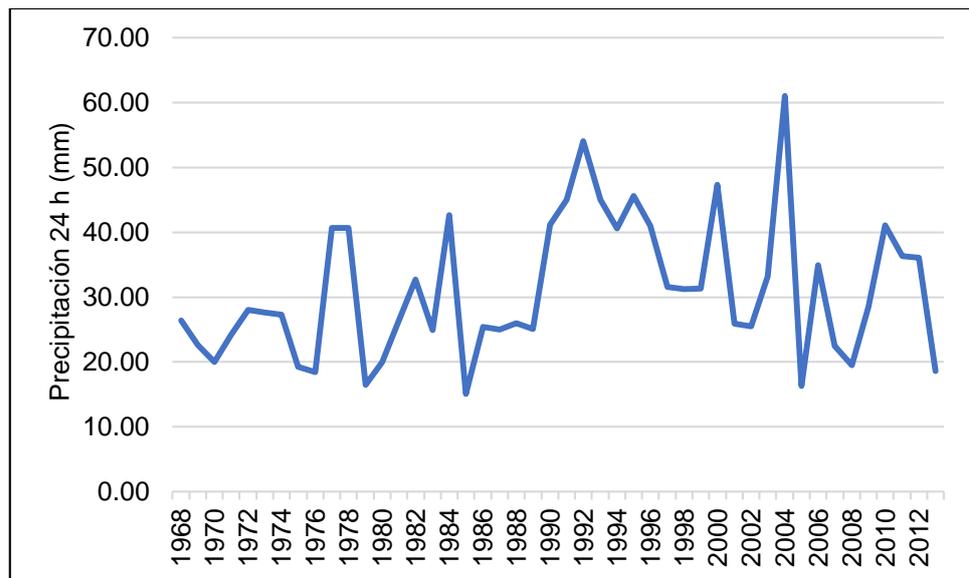


Figura 23. Precipitación máxima en 24 horas en el periodo 1968 – 2013.

Al realizar un análisis de la precipitación en los años de registro se ha podido denotar un incremento de las precipitaciones máximas promedio en 24 horas del periodo 1968 – 2013; sin embargo, es

importante denotar que el pico máximo fue de 61.00, siendo 196.48 % superior que el valor promedio de la precipitación promedio (31.05 mm).

#### 4.2.2. Intensidad de la precipitación

Para el cálculo de la intensidad de la precipitación se ha aplicado el método de Gumbel; por lo que para su determinación fue necesario el procesamiento de la información obtenida de la estación antes mencionada, y cuyos datos se muestran en el Anexo N° 02 : Datos de precipitación; los resultados finales del estudio se muestran en las siguientes tabla:

Tabla 20. Precipitaciones máximas probables mediante el método de Gumbel

Nº	Año	Mes	Precipitación (mm)	
		Max. Precip.	xi	(xi - x) <sup>2</sup>
1	1968	26.4	26.4	21.58
2	1969	22.6	22.6	71.33
3	1970	20	20	122.01
4	1971	24.2	24.2	46.86
5	1972	28	28	9.28
6	1973	27.6	27.6	11.87
7	1974	27.3	27.3	14.03
8	1975	19.3	19.3	137.96
9	1976	18.4	18.4	159.91
10	1977	40.7	40.7	93.21
11	1978	40.7	40.7	93.21
12	1979	16.5	16.5	211.58
13	1980	20	20	122.01
14	1981	26.4	26.4	21.58
15	1982	32.7	32.7	2.74
16	1983	24.9	24.9	37.77
17	1984	42.6	42.6	133.5
18	1985	15.1	15.1	254.26
19	1986	25.4	25.4	31.87

Continuación de la Tabla 20.

Nº	Año	Mes	Precipitación (mm)	
		Max. Precip.	xi	(xi - x)^2
20	1987	25	25	36.55
21	1988	26	26	25.46
22	1989	25.1	25.1	35.35
23	1990	41.2	41.2	103.11
24	1991	45	45	194.72
25	1992	54	54	526.9
26	1993	45	45	194.72
27	1994	40.6	40.6	91.29
28	1995	45.6	45.6	211.83
29	1996	41	41	99.09
30	1997	31.6	31.6	0.31
31	1998	31.2	31.2	0.02
32	1999	31.3	31.3	0.06
33	2000	47.3	47.3	264.2
34	2001	25.9	25.9	26.48
35	2002	25.5	25.5	30.75
36	2003	33.2	33.2	4.64
37	2004	61	61	897.26
38	2005	16.3	16.3	217.43
39	2006	34.9	34.9	14.86
40	2007	22.5	22.5	73.03
41	2008	19.5	19.5	133.3
42	2009	28.5	28.5	6.48
43	2010	41.1	41.1	101.09
44	2011	36.3	36.3	27.61
45	2012	36.1	36.1	25.55
46	2013	18.6	18.6	154.89
<b>46</b>		<b>Suma</b>	<b>1428.1</b>	<b>1596.6</b>

Con los datos de las precipitaciones máximas probables por año, se procedió a la estimación de las precipitaciones máximas diarias, tal como se muestra en la Tabla 21.

Tabla 21. Estimación de las precipitaciones máximas diarias.

Cálculo variables probabilísticas	Cálculo de las Precipitaciones Diarias Máximas Probables para distintas frecuencias				
$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} = 31.05 \text{ mm}$	Periodo	Variable	Precip.	Prob. de	Corrección
$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 5.96 \text{ mm}$	Retorno	Reducida	(mm)	ocurrencia	intervalo fijo
	Años	YT	XT'(mm)	F(xT)	XT (mm)
	2	0.3665	30.067	0.5000	33.9759
	5	1.4999	35.331	0.8000	39.9241
	10	2.2504	38.816	0.9000	43.8623
	25	3.1985	43.219	0.9600	48.8382
	50	3.9019	46.486	0.9800	52.5297

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * s =$$

4.64 mm

100	4.6001	49.729	0.9900	56.1938
500	6.2136	57.222	0.9980	64.6612

$$u = \bar{x} - 0.5772 * \alpha =$$

28.37 mm

$$F_{(x)} = e^{-e^{-\left(\frac{x-u}{\alpha}\right)}}$$

Con la tabla anterior, se puede realizar la estimación de la precipitación máxima en diferentes periodos de duración y distribuidos en un periodo de 24 horas, tal como se muestra a continuación:

Tabla 22. Precipitación máxima para diferentes tiempos de duración.

Tiempo de duración	Cociente	Precipitación máxima Pd (mm) por tiempos de duración						
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
24 hr	X24	33.98	39.92	43.86	48.84	52.53	56.19	64.66
18 hr	X18= 91%	30.92	36.33	39.91	39.07	47.80	51.14	58.84
12 hr	X12 =80%	27.18	31.94	35.09	39.07	42.02	44.96	51.73
8 hr	X8 = 68%	23.10	27.15	29.83	33.21	35.72	38.21	43.97
6 hr	X6 = 61%	20.73	24.35	26.76	29.79	32.04	34.28	39.44
5 hr	X5 = 57%	19.37	22.76	25.00	27.84	29.94	32.03	36.86
4 hr	X4 = 52%	17.67	20.76	22.81	25.40	27.32	29.22	33.62
3 hr	X3 = 46%	15.63	18.37	20.18	22.47	24.16	25.85	29.74
2 hr	X2 = 39%	13.25	15.57	17.11	19.05	20.49	21.92	25.22
1 hr	X1 = 30%	10.19	11.98	13.16	14.65	15.76	16.86	19.40

La determinación de la precipitación es un aspecto preliminar para empezar a determinar la intensidad de estas. En el cuadro siguiente, se puede observar cuales son las intensidades de la lluvia de acuerdo a periodo de retorno y distribuidos en un día o 24 horas.

Tabla 23. Intensidad de precipitación de acuerdo al Pd en

Tiempo de duración		Intensidad de la lluvia (mm /h) según el Periodo de Retorno						
Hr	min	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
24 hr	1440	1.416	1.664	1.828	2.035	2.189	2.341	2.694
18 hr	1080	1.718	2.018	2.217	2.171	2.656	2.841	3.269
12 hr	720	2.265	2.662	2.924	3.256	3.502	3.746	4.311
8 hr	480	2.888	3.394	3.728	4.151	4.465	4.776	5.496
6 hr	360	3.454	4.059	4.459	4.965	5.341	5.713	6.574
5 hr	300	3.873	4.551	5.000	5.568	5.988	6.406	7.371
4 hr	240	4.417	5.190	5.702	6.349	6.829	7.305	8.406
3 hr	180	5.210	6.122	6.726	7.489	8.055	8.616	9.915
2 hr	120	6.625	7.785	8.553	9.523	10.243	10.958	12.609
1 hr	60	10.193	11.977	13.159	14.651	15.759	16.858	19.398

Con los datos anteriores se ha podido establecer la regresión para la determinación de la intensidad – duración – frecuencia para cada periodo de retorno, es decir, para 5 años, 10 años, 25 años, 50 años y 100 años, tal como se muestran en las siguientes tablas y figuras.

Tabla 24. Regresión de la intensidad –duración y frecuencia para un periodo de retorno de 5 años.

Periodo de retorno para T = 5 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	1.66	7.27	0.51	3.70	52.89
2	1080	2.02	6.98	0.70	4.91	48.79
3	720	2.66	6.58	0.98	6.44	43.29
4	480	3.39	6.17	1.22	7.54	38.12
5	360	4.06	5.89	1.40	8.25	34.65
6	300	4.55	5.70	1.52	8.64	32.53
7	240	5.19	5.48	1.65	9.03	30.04
8	180	6.12	5.19	1.81	9.41	26.97
9	120	7.79	4.79	2.05	9.83	22.92
10	60	11.98	4.09	2.48	10.17	16.76
10	4980	49.42	58.16	14.32	77.91	346.94
Ln (d) =	5.0168	d =	150.9340	n =	-0.6164	

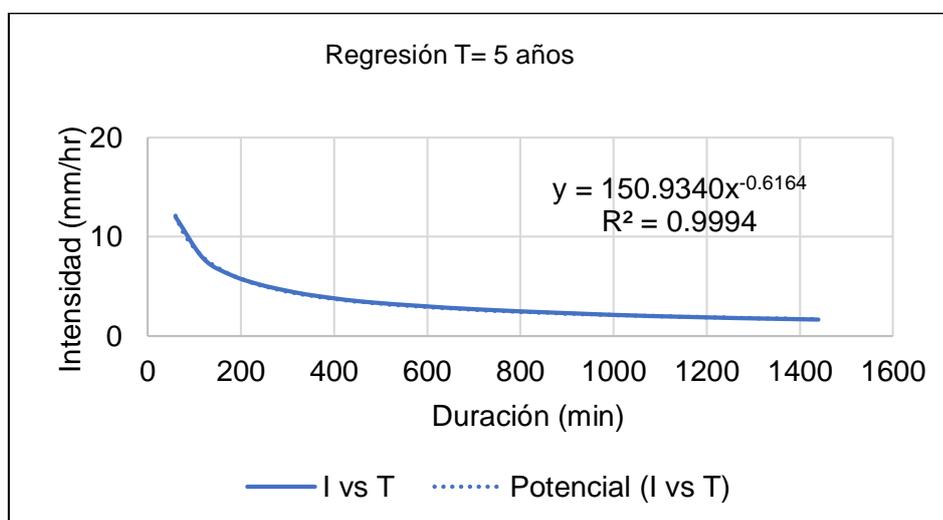


Figura 24. Esquema de la representación de la Intensidad duración y frecuencia para Tr 5años.

Tabla 25. Regresión de la intensidad –duración y frecuencia para un periodo de retorno de 10 años.

Periodo de retorno para T = 10 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	1.83	7.27	0.60	4.39	52.89
2	1080	2.22	6.98	0.80	5.56	48.79
3	720	2.92	6.58	1.07	7.06	43.29
4	480	3.73	6.17	1.32	8.12	38.12
5	360	4.46	5.89	1.49	8.80	34.65
6	300	5.00	5.70	1.61	9.18	32.53

7	240	5.70	5.48	1.74	9.54	30.04
8	180	6.73	5.19	1.91	9.90	26.97
9	120	8.55	4.79	2.15	10.28	22.92
10	60	13.16	4.09	2.58	10.55	16.76
10	4980	54.30	58.16	15.26	83.38	346.94
Ln (d) =	5.11	d =	165.82	n =		-0.62

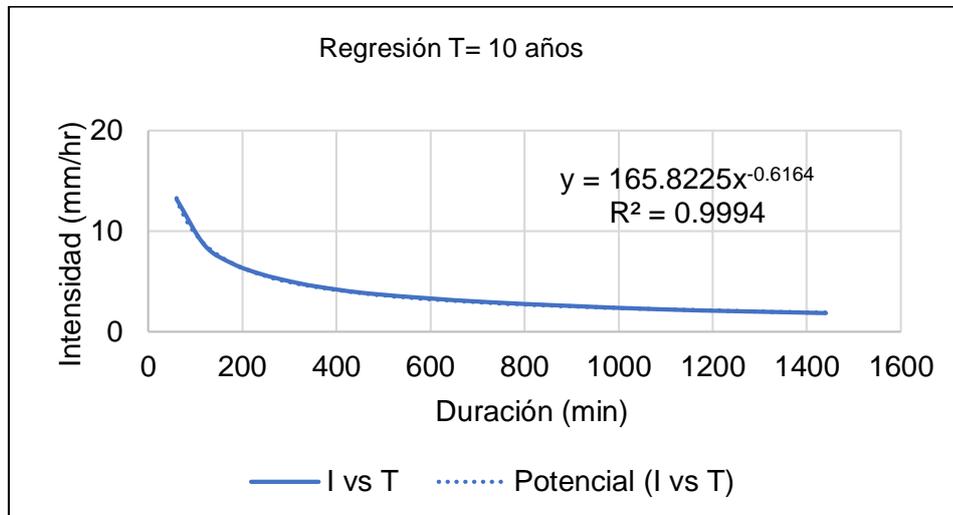


Figura 25. Esquema de la representación de la Intensidad duración y frecuencia para Tr 10 años.

Tabla 26. Regresión de la intensidad –duración y frecuencia para un periodo de retorno de 25 años.

Periodo de retorno para T = 25 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	2.03	7.27	0.71	5.17	52.89
2	1080	2.17	6.98	0.77	5.41	48.79
3	720	3.26	6.58	1.18	7.77	43.29
4	480	4.15	6.17	1.42	8.79	38.12
5	360	4.97	5.89	1.60	9.43	34.65
6	300	5.57	5.70	1.72	9.79	32.53
7	240	6.35	5.48	1.85	10.13	30.04
8	180	7.49	5.19	2.01	10.46	26.97
9	120	9.52	4.79	2.25	10.79	22.92
10	60	14.65	4.09	2.68	10.99	16.76
10	4980	60.16	58.16	16.21	88.73	346.94
Ln (d) =	5.31	d =	201.49	n =	-0.63	

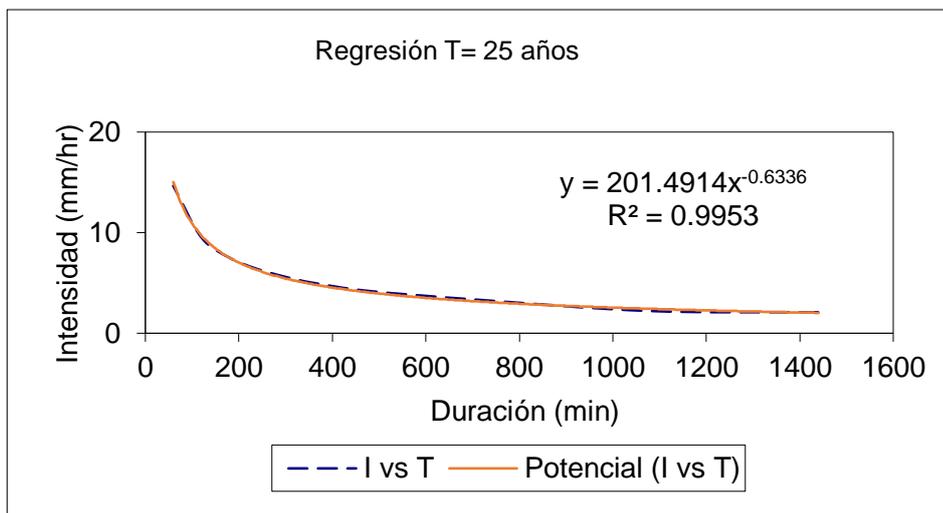


Figura 26. Esquema de la representación de la Intensidad duración y frecuencia para Tr 25 años.

Tabla 27. Regresión de la intensidad –duración y frecuencia para un periodo de retorno de 50 años.

Periodo de retorno para T = 50 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	2.19	7.27	0.78	5.70	52.89
2	1080	2.66	6.98	0.98	6.82	48.79
3	720	3.50	6.58	1.25	8.25	43.29
4	480	4.47	6.17	1.50	9.24	38.12
5	360	5.34	5.89	1.68	9.86	34.65
6	300	5.99	5.70	1.79	10.21	32.53
7	240	6.83	5.48	1.92	10.53	30.04
8	180	8.05	5.19	2.09	10.83	26.97
9	120	10.24	4.79	2.33	11.14	22.92
10	60	15.76	4.09	2.76	11.29	16.76
10	4980	65.03	58.16	17.07	93.86	346.94
Ln (d) =	5.29	d =	198.59	n =	-0.62	

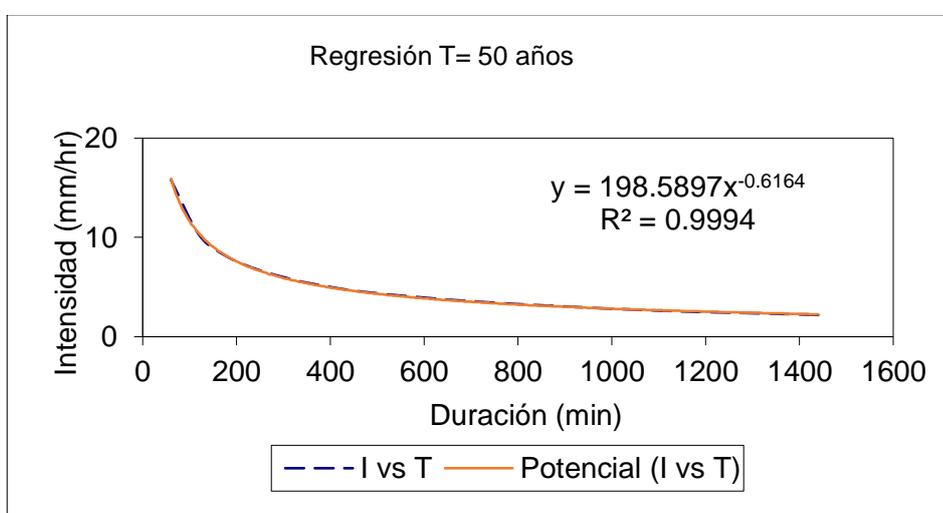


Figura 27. Esquema de la representación de la Intensidad duración y frecuencia para Tr 50 años.

Tabla 28. Regresión de la intensidad –duración y frecuencia para un periodo de retorno de 100 años.

Periodo de retorno para T = 100 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	2.34	7.27	0.85	6.19	52.89
2	1080	2.84	6.98	1.04	7.29	48.79
3	720	3.75	6.58	1.32	8.69	43.29
4	480	4.78	6.17	1.56	9.65	38.12
5	360	5.71	5.89	1.74	10.26	34.65
6	300	6.41	5.70	1.86	10.59	32.53
7	240	7.31	5.48	1.99	10.90	30.04
8	180	8.62	5.19	2.15	11.18	26.97
9	120	10.96	4.79	2.39	11.46	22.92
10	60	16.86	4.09	2.82	11.57	16.76
10	4980	69.56	58.16	17.74	97.78	346.94
Ln (d) =	5.36	d =	212.44	n =	-0.62	

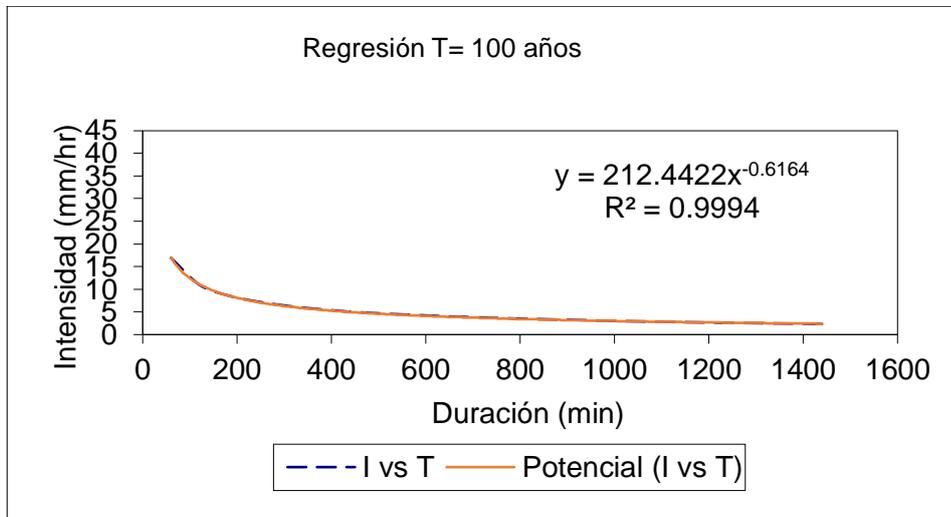


Figura 28. Esquema de la representación de la Intensidad duración y frecuencia para Tr 100 años.

El desarrollo de las tablas y figuras anteriores se ha esquematizado o sintetizado en la Tabla 29, en la que se muestra los valores necesarios para la determinación de los parámetros “d” y “n”, los cuales se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 29. Resumen de aplicación de regresión potencial.

Periodo de retorno (años)	Término cte. De regresión (d)	Coef. De regresión [n]
2	128.447	-0.616
5	150.934	-0.616
10	165.822	-0.616
25	201.491	-0.634
50	198.590	-0.616
100	212.442	-0.616
500	244.453	-0.616
Promedio =	186.026	-0.619

La determinación de la regresión potencial, dio como principales resultados las constantes de regresión K y el coeficiente de regresión m, los cuales obtuvieron valores de 126.03 y 0.114 respectivamente, tal como se observa en la Tabla 30; la importancia de estos factores radica en que mediante ellas se podrá estimar la intensidad, duración y frecuencia de las precipitaciones mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$I = \frac{K * T^m}{t^{-n}}$$

Tabla 30. Regresión potencial.

Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	2	128.4468	0.6931	4.8555	3.3656	0.4805
2	5	150.9340	1.6094	5.0168	8.0743	2.5903
3	10	165.8225	2.3026	5.1109	11.7683	5.3019
4	25	201.4914	3.2189	5.3057	17.0785	10.3612
5	50	198.5897	3.9120	5.2912	20.6995	15.3039
6	100	212.4422	4.6052	5.3587	24.6776	21.2076
7	500	244.4532	6.2146	5.4990	34.1743	38.6214
7	692	1302.1798	22.5558	36.4380	119.8381	93.8667
Ln (K) =	4.8365	K =	126.0321	m =	0.1145	

Como se ha descrito, la tabla que relaciona los principales factores de una tormenta, se muestra a continuación, en el que se establecen frecuencias o periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 100 y 500 años, para duraciones de desde los 5 minutos hasta los 60 minutos.

Tabla 31. Valores de intensidad – duración –frecuencia.

Frecuencia en años	Duración en minutos											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	50.3	32.82	25.53	21.37	18.61	16.63	15.11	13.92	12.94	12.12	11.43	10.83
5	55.9	36.45	28.36	23.73	20.67	18.47	16.79	15.45	14.37	13.46	12.69	12.03
10	60.5	39.46	30.70	25.69	22.38	19.99	18.17	16.73	15.56	14.57	13.74	13.02
25	67.2	43.82	34.10	28.53	24.85	22.20	20.18	18.58	17.28	16.18	15.26	14.46
50	72.8	47.44	36.91	30.89	26.91	24.04	21.85	20.12	18.70	17.52	16.52	15.65
100	78.8	51.36	39.96	33.44	29.13	26.02	23.65	21.78	20.25	18.97	17.88	16.94
500	94.8	61.75	48.04	40.21	35.02	31.29	28.44	26.18	24.34	22.81	21.50	20.37

Todo lo descrito en la tabla anterior se ha esquematizado en la Figura 29, en la que se muestra el comportamiento de la precipitación con las curvas IDF, en el que se puede interpretar que a medida que transcurre el tiempo la intensidad de una precipitación disminuye; a la vez que si el tiempo de retorno se incrementa, la máxima intensidad también se incrementa.

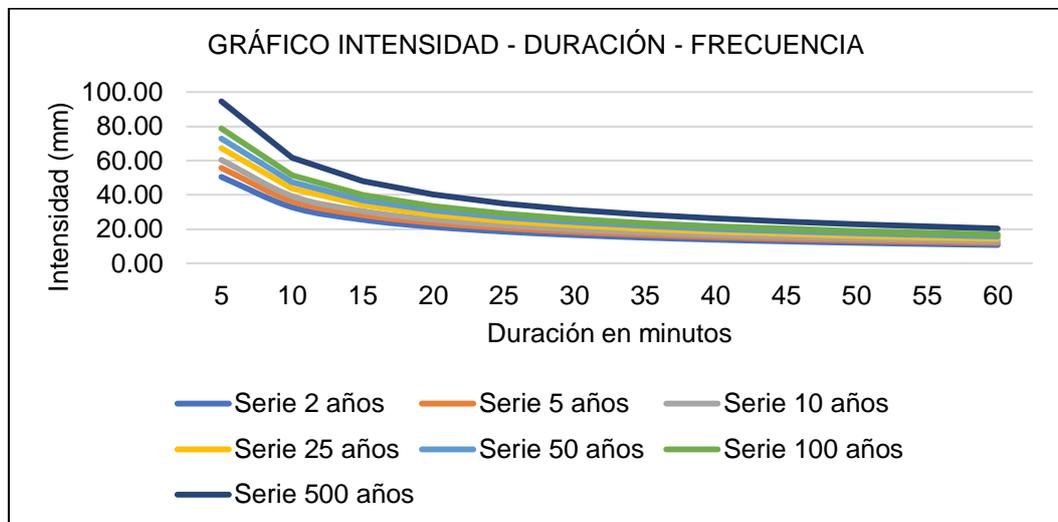


Figura 29. Esquema de la intensidad – duración y frecuencia.

#### 4.2.3. Peligro

Como se ha descrito anteriormente, el desarrollo de esta investigación consideró los valores descriptivos en los “lineamientos para la elaboración del informe de estimación de riesgo por peligro inminente” en la que se muestra el valor para cada rango de precipitación.

Tabla 32. Descripción de valores para el factor desencadenante.

	Descripción	Valor
Intensidad	Bajas menores a 65 mm/h	1
	Moderadas: 65 a 75 mm/h	2
	Fuertes: 75 a 85 mm/h	3
	Torrenciales: mayor a 85 mm/h	4

Como se muestra en la Tabla 33 la intensidad de las precipitaciones para cada periodo de retorno es variado, por lo que se asumirán diferentes valores.

Tabla 33. Valores descriptivos para los diferentes periodos de retorno

Periodo	Intensidad	und	Valor
Tr= 5 años	57.9	mm/h	1
Tr= 10 años	65.4	mm/h	2
Tr= 25 años	76.7	mm/h	3
Tr= 50 años	86.5	mm/h	4
Tr= 100 años	97.6	mm/h	4

#### 4.3. Peligro en diferentes periodos de retorno

Para la determinación del peligro en función a los diferentes periodos de retorno, fue necesario obtener los valores descriptivos en todos los factores considerados en el peligro.

En este sentido, se ha logrado realizar cuadros de resumen en los que se muestra los valores obtenidos en cada periodo de retorno. También se puede denotar que la mayoría de los factores son constantes, pues no reciben influencia de los factores desencadenantes; sin embargo, aspecto como el periodo de retorno y el factor de seguridad son variables, tal como se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 34. Descripción del peligro para un periodo de retorno de 5 años.

	Factores de peligro	Valor asumido
Factores condicionantes	Geología	2
	Hidrogeología	2
	Porcentaje de cobertura vegetal en el área de estudio (P)	3
	Uso de suelos	3
	Periodo de retorno	4
	Pendiente (°)	2
	Localización o distancia a fallas activas	4
	Factor de seguridad	4
Factores desencadenantes	Intensidad de precipitación	1

Tabla 35. Descripción del peligro para un periodo de retorno de 10 años.

Factores de peligro		Valor asumido
Factores condicionantes	Geología	2
	Hidrogeología	2
	Porcentaje de cobertura vegetal en el área de estudio (P)	3
	Uso de suelos	3
	Periodo de retorno	3
	Pendiente (°)	2
	Localización o distancia a fallas activas	4
	Factor de seguridad	4
Factores desencadenantes	Intensidad de precipitación	2

Tabla 36. Descripción del peligro para un periodo de retorno de 25 años.

Factores de peligro		Valor asumido
Factores condicionantes	Geología	2
	Hidrogeología	2
	Porcentaje de cobertura vegetal en el área de estudio (P)	3
	Uso de suelos	3
	Periodo de retorno	2
	Pendiente (°)	2
	Localización o distancia a fallas activas	4
	Factor de seguridad	4
Factores desencadenantes	Intensidad de precipitación	3

Tabla 37. Descripción del peligro para un periodo de retorno de 50 años.

Factores de peligro		Valor asumido
Factores condicionantes	Geología	2
	Hidrogeología	2
	Porcentaje de cobertura vegetal en el área de estudio (P)	3
	Uso de suelos	3
	Periodo de retorno	1
	Pendiente (°)	2
	Localización o distancia a fallas activas	4
	Factor de seguridad	4
Factores desencadenantes	Intensidad de precipitación	4

Tabla 38. Descripción del peligro para un periodo de retorno de 100 años.

Factores de peligro		Valor asumido
Factores condicionantes	Geología	2
	Hidrogeología	2
	Porcentaje de cobertura vegetal en el área de estudio (P)	3
	Uso de suelos	3
	Periodo de retorno	1
	Pendiente (°)	2
	Localización o distancia a fallas activas	4
	Factor de seguridad	4
Factores desencadenantes	Intensidad de precipitación	4

La determinación de los parámetros desencadenantes y condicionantes del peligro fue un procedimiento importante, pues se ha podido denotar que aspectos condicionan la amenaza a deslizamiento en la actualidad.

En este contexto, y con los datos asignado un valor, se puede establecer la magnitud del peligro en función a lo descrito en la Tabla 39.

Tabla 39. Tabla de peligro total.

Niveles de peligro	
Muy alto (PMA)	$3.25 \leq P \leq 4.00$
Alto (PA)	$2.50 \leq P \leq 3.25$
Medio (PM)	$1.75 \leq P \leq 2.50$
Bajo (PB)	$1.00 \leq P \leq 1.75$

Fuente: PCM (2019).

En este contexto, se ha podido establecer la variación de la peligrosidad de la zona de estudio a medida que el tiempo de retorno se incrementa el peligro cambia de rango, es decir varía de “medio” a “muy alto”.

Tabla 40. Resumen del peligro en todos los periodos de intensidades.

Periodo de retorno	Tr= 5 años	Tr= 10 años	Tr= 25 años	Tr=50 años	Tr=100 años
Factor condicionante	3.00	2.88	2.75	2.63	2.63
Factor desencadenante	1.00	2.00	3.00	4.00	4.00
Peligro	2.00 Medio	2.44 Medio	2.88 Alto	3.31 Muy alto	3.31 Muy alto

#### 4.4. Prueba de hipótesis

##### 4.4.1. Hipótesis general

Para la prueba de hipótesis se ha realizado un análisis de correlación en el que se analizó la relación entre las variables.

En este contexto, se ha planteado los siguientes enunciados:

**H10:** El peligro a deslizamiento no varía de manera significativamente por las precipitaciones máximas en diferentes periodos de retorno del sector Santa Bárbara – Huancavelica.

**H11:** El peligro a deslizamiento varía de manera significativamente por las precipitaciones máximas en diferentes periodos de retorno del sector Santa Bárbara – Huancavelica.

Para la determinación de la correlación o incidencia de las variables se ha aplicado el método establecido por Pearson; obteniéndose así los siguientes valores:

Tabla 41. Correlación de Pearson

Correlaciones		Peligro	TR
Peligro	Correlación de Pearson	1	0.828*
	Sig. (unilateral)		0.042
	N	5	5

Estos resultados se han esquematizado en la Figura 30, en la cual además de evaluar el comportamiento el peligro se puede denotar los factores que implican su estimación

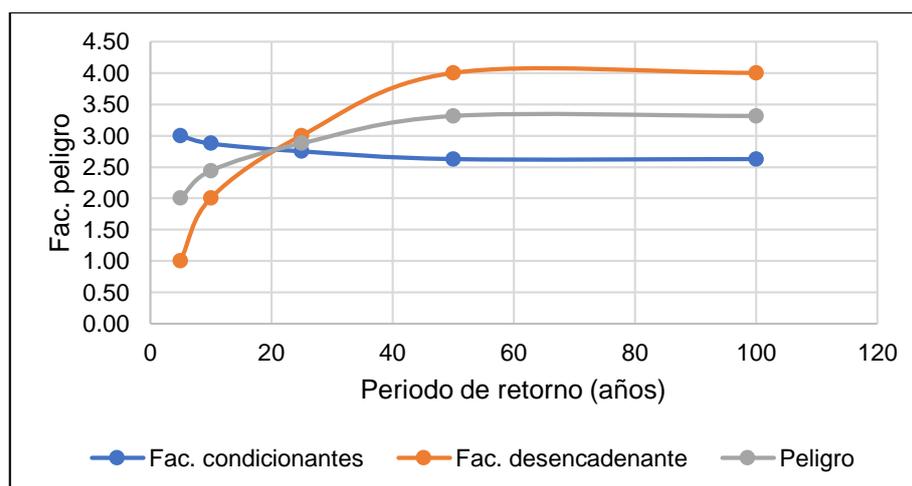


Figura 30. Relación entre periodo de retorno y el peligro.

En este sentido, se puede entender que, si existe una variación significativa del peligro al deslizamiento, debido a la variación de la precipitación por diferentes periodos de retorno. En tal sentido se puede mencionar que se acepta la hipótesis alterna o, lo que es lo mismo, la hipótesis planteada en la investigación.

## **CAPÍTULO V**

### **DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

#### **5.**

##### **5.1. Factores condicionantes**

Como se ha descrito en los resultados, para la determinación del peligro se ha considerado factores como las condiciones: Geología, hidrogeología, la cobertura vegetal, el uso de suelos, el periodo de retorno, pendiente, distancia a fallas activas y el factor de seguridad. Sin embargo en investigaciones como la de Zamora (2019), los factores desencadenantes que consideró fueron el aspecto topográfico, la estratigrafía del suelo y los parámetros geotécnicos del suelo. Estos aspectos dieron como resultado que la peligrosidad sea “alta”, difiriéndose así con lo obtenido; pues en la investigación de Zamora (2019) en primera instancia el valor del peligro es “alto”, mientras que el valor obtenido en la presente investigación a priori, es “media”.

En la investigación realizada por Roca (2018), el aspecto condicionante del estudio fue el ambiental, pues obtuvo la incidencia del deslizamiento en los aspectos abióticos y bióticos de un ecosistema. Esto no coincide con lo determinado en esta investigación, pues dichos parámetros no fueron tomados en cuenta para su desarrollo; siendo el principal fundamento para ello que, para el desarrollo de esta investigación la aplicación de la norma RM-463-2021-PCM.

Al analizar la investigación de Rodríguez y Lacaba (2016), se puede verificar que para la determinación del peligro consideró que los principales elementos condicionantes fueron los aspectos geológicos; esto concuerda en lo establecido en esta investigación, con la diferencia de que este aspecto fue solo un factor de varios elementos.

## **5.2. Factores desencadenantes**

Uno de los principales factores desencadenantes es la precipitación, tal como lo menciona Roca (2018), coincidiendo con lo obtenido en esta investigación, aunque es preciso mencionar que, la precipitación fue considerada en función a su intensidad, por lo que fue necesario establecer rangos, los cuales se pueden observar en la Tabla 7.

El procesamiento de los datos de precipitación pueden ser muy variados, tal como lo establece Zamora (2019), pues por lo general este debe poseer una corrección de los datos y la complementación de datos faltantes por métodos estadísticos, empero, la desventaja en el Perú, es que la cantidad de información disponible no está actualizada, sumado además que, las estaciones que puedan medir esta variable son pocas, especialmente en la sierra del Perú; resultando contradictorio, pues es en esta parte del Perú donde se está más propenso a que dicho peligro se presente.

En este sentido, las deficiencias mencionadas ha llevado a que para el desarrollo de la estimación de la intensidad de la precipitación sea con los datos de una sola estación (Hualcanpi), lo cual también es realizado por (Carbajal, 2012), con la diferencia de que, en este caso, dicha información fue corregida, según el formato mostrado en el Anexo N° 02 : Datos de precipitación.

La metodología aplicada para obtener la curvas de intensidad – duración-frecuencia considerada en esta investigación, fue la propuesta por Gumbel, para lo cual fue necesario la obtención de la precipitación máxima en 24 horas; si bien esta metodología es muy conocida, en investigaciones como las desarrolladas por Carbajal (2012) no lo consideran, prefiriendo trabajar

con la precipitación media. Sin embargo, esto se vuelve en una desventaja, pues muchas ciudades (como la de Huancavelica) no tiene una estación en la que se pueda analizar de manera eficaz los datos de precipitación media, ya que se necesita un registro extenso; pero esto puede ser contrarrestado al tener una estación que pueda medir la intensidad de la precipitación en la zona, pues para ello ya no es necesario una gran cantidad de datos, puesto que las delimitaciones de rangos de precipitación ya fueron establecidas.

### **5.3. Peligro**

Como se ha descrito, el aspecto desarrollado en esta investigación es la determinación, el cual se va modificando a medida que la precipitación tome valores de intensidad para periodos de retorno de 5, 10, 25, 50 y 100 años. Este aspecto, puede ser aplicado a la estimación de otros factores del riesgo como lo describe Lujan (2018), quien determinó la vulnerabilidad, y con ello la cantidad de masa que podría deslizarse ( $947\ 000\ m^3$ ), sin embargo a diferencia del presente estudio, es complicado estudiar dicha cantidad de deslizamiento, pues las fallas obtenidas mediante la aplicación del Slide son elementos ideales, con el cual suponer una cantidad de volumen de deslizamiento sería un error.

Galbán y Guradado (2016), en su estudio pudo establecer que el peligro en la zona de su estudio fue “moderado”, lo cual se asemeja a lo determinado en el desarrollo de esta tesis; esto se debe a que, muchos de los aspectos considerado para la estimación del peligro son similares, siendo el punto con mayor relevancia o desencadenante, la precipitación.

En este contexto, surge la necesidad de establecer métodos de puedan prevenir dichos fenómenos en lugares donde el peligro es alto y solo falta la activación del factor desencadenante, es ante ello que un primer punto de avance será la instalación de un sistema de alerta temprano basado en el control de la precipitación, pues es el principal activador de estos fenómenos. Esta alternativa viene siendo aplicado en muchos países con similares condiciones, tal como lo ha señalado Peña (2014) en su investigación.



## CONCLUSIONES

1. Existe una incidencia significativa de las precipitaciones máximas con diferentes periodos de retorno en el peligro a deslizamiento del sector Santa Bárbara – Huancavelica, pues a medida que se considera mayores periodos de retorno, las intensidades de las precipitaciones máximas se incrementan junto con el peligro; modificando su valor de “medio” a “muy alto”.
2. Los factores condicionantes considerados para el desarrollo fueron los establecidos por la normativa RM-463-2021-PCM, el cual considera parámetros como los geológicos, hidrogeológicos, cobertura vegetal, uso de suelo, pendiente y fallas activas, quienes pueden considerarse como constantes; además también se tomaron en cuenta al periodo de retorno y el factor de seguridad, quienes poseen valores variables en función del parámetro desencadenante. Esto conllevó que el valor descriptivo para el factor condicionante disminuya de 3.00 a 2.63 para periodos de retorno de 5 y 100 años respectivamente.
3. El factor desencadenante considerado en esta investigación fue la intensidad de la precipitación, la cual fue estimada en función de los datos históricos de precipitación y procesada mediante el método de Gumbel para identificar las curvas de intensidad – duración y frecuencia; la variación de su valor se modificó de 57.9 mm/h a 97.6 mm/h; siendo una intensidad de 86.5 mm/h, como un umbral máximo para generar deslizamientos en la zona de estudio.

## RECOMENDACIONES

1. El estudio del peligro a deslizamiento, es la parte inicial dentro del estudio del riesgo, es por ello que es necesario para las futuras investigaciones considerar la vulnerabilidad de la zona de estudio, pues establecerá con mayor precisión la población afectada.
2. Es importante mencionar que para la estimación de los factores condicionantes se pueden considerar más aspectos a los establecidos en esta investigación; sin embargo, se recomienda que dichos parámetros estén validados por estudios o normas como las aplicadas en esta tesis.
3. El estudio del peligro deja claro que el principal activador de los deslizamiento es el factor desencadenante o la precipitación, es por ello que se recomienda a las autoridades establecer medidas como sistemas de alerta temprano cuando los umbrales de un peligro alto estén por superarse, es decir cuando la intensidad posea un valor obtenido con un tiempo de retorno de 50 años; complementariamente se debe considerar estructuras de protección como muros de contención y la reforestación de zonas aledañas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASTM:3080-98. Ensayo de corte directo de suelos bajo condiciones consolidadas drenadas (1998).
- Bernal, C. (2006). *Metodología de la investigación. Para administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. (L. Gaona, Ed.) (Segunda). México: Pearson Educación.
- Braja, M. (2015). *Fundamentos de ingeniería geotécnica* (4ta edición). Mexico D.F.: Cegace Learning.
- Carbajal, L. (2012). *Riesgo de deslizamiento ocasionados por las precipitaciones en la microcuenca de Comas - Concepción - Junín*. Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Cordero, D., & Espinoza, R. (2012). Sistemas de alerta temprana para monitoreo de deslizamientos. *Infraestructura vial*, (2005), 14–19.
- Del Cid, A., Sandoval, R., & Sandoval, F. (2007). *Investigación. Fundamentos y metodología*. (H. Rivera, Ed.) (Primera). México: Pearson Educación.
- Fernandez, W. (2015). *Evaluación de la capacidad portante de los suelos de fundación de la Ciudad Universitaria-Universidad Nacional de Cajamarca-2014*. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Galbán, L., & Guradado, R. (2016). Modelación del peligro a deslizamientos en el Municipio Santiago de Cuba considerando el peso de las variables determinantes. *Argentino Cienc. Nat., n.s*, 18(1), 1514–5158. Recuperado de <http://revista.macn.gob.ar/ojs/index.php/RevMus/article/view/438>
- Hernandez, R., Fernandez, C., & Lucio, B. (2006). *Metodología de la investigación*. Lima - Perú: McGraw-Hill.
- INDECI. (2006). *Manual básico para la estimación del riesgo*. Lima - Perú.
- Iturralde, M. (2013). Derrumbes y deslizamientos. La Habana, Cuba.
- La República. (2018, septiembre). El 80% del territorio peruano tiene alto riesgo de huaicos y deslizamientos. *Diario la Republica*, pp. 1–5.

- Leiva, D., Montenegro, J., & Ponce, R. (2017). *Caracterización de un suelo arcilloso y su mezcla con escoria blanca proveniente de la siderurgia integral*. Universidad Católica de la santísima Concepción.
- Lujan, J. (2018). *Grado de vulnerabilidad frente a deslizamientos de suelos de las viviendas del AA.HH Esperanza Alta, Distrito de Chimbote-2018*. Universidad Cesar Vallejo.
- Meza, C. (2019). Seis localidades en riesgo ante el Fenómeno de “El Niño”. *Diario el correo*, 11–13.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2011). *Manual de hidrología, hidráulica y drenaje* (Segunda ed). Lima - Perú: Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Recuperado de [http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/normas\\_legales/1\\_0\\_2950.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_2950.pdf)
- Olivos, M. (2015). *Estimación del Ángulo de Fricción Interna y Cohesión No Drenada a Partir de Correlaciones Basadas en Ensayos In Situ para Suelos del Piedemonte de los Cerros Orientales de Bogotá DC*. Universidad Piloto de Colombia.
- Parella, S., & Mastins, F. (2012). *Metodología de la investigación cuantitativa* (tercera ed). Caracas - Venezuela: FEDUPEL.
- PCM. (2019). Lineamientos para la elaboración del informe de estimación de riesgo por peligro inminente. Lima: Presidencia del consejo de ministros. Recuperado de <https://www.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2020/01/RM-N°-463-2019-PCM-LINEAMIENTOS-INFORME-ESTIMACION-DE-RIESGO.pdf>
- Peña, C. (2014). *Monitoreo y Modelo Sistémico a Deslizamiento Superficial de Suelos para Manizales*. Universidad Nacional de Colombia.
- Ponce, D. (2018). *Uso del cloruro de calcio para estabilización de la subrasante en suelos arcillosos de la avenida Ccoripaccha-Puyhuan Grande-Huancavelica*. Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica. Recuperado de <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/1414>
- Roca, N. (2018). *Impacto ambiental por deslizamiento de suelo en el sector*

- Campanatocpata del centro poblado de Lutto en Chumbivilcas-Cusco 2018.* Universidad Cesar Vallejo.
- Rodríguez, L. G., & Lacaba, R. G. (2016). Modelación del peligro a deslizamientos en el Municipio Santiago de Cuba considerando el peso de las variables determinantes, *18*(1), 89–99.
- Sambrano, A. (2017). *Evaluación del peligro de deslizamiento de suelos de la residencial magisterial de la ciudad de Chachapoyas.* Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.
- Suarez, J. (2009a). Nomenclatura y Clasificación de los Movimientos. En Universidad Industrial de Santander (Ed.) (pp. 1–36).
- Suarez, J. (2009b). Zonificación de susceptibilidad amenaza y riesgo. En *Deslizamientos: análisis geotécnico.*
- telesur. (2015). Deslaves un peligro mundial demasiado frecuente.
- Zamora, A. (2019). *Riesgo geotécnico de deslizamiento en los taludes del terreno del colegio “San Carlos”-Bambamarca.* Universidad Nacional de Cajamarca.
- Zelada, R. (2016). *Valoración económica de la escoria de horno electrónico de siderperu como producto alternativo a la piedra cantera en el sector construcción.* Universidad Nacional de Trujillo.

## **ANEXOS**

**Anexo N° 01: Matriz de consistencia**

**Matriz de consistencia**

**Tesis: “Peligro a deslizamiento por precipitaciones máximas en diferentes periodos de retorno del sector Santa Bárbara - Huancavelica”**

<b>Problema</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Hipótesis</b>	<b>Variables</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Metodología</b>
<p><b>Problema general:</b> ¿Cuál es la variación del peligro a deslizamiento por precipitaciones máximas en diferentes periodos de retorno del Sector Santa Bárbara – Huancavelica?</p>	<p><b>Objetivo general:</b> Evaluar la variación del peligro a deslizamiento por precipitaciones máximas en diferentes periodos de retorno del Sector Santa Bárbara – Huancavelica.</p>	<p><b>Hipótesis general:</b> El peligro a deslizamiento varía de manera significativamente por las precipitaciones máximas en diferentes periodos de retorno del Sector Santa Bárbara – Huancavelica.</p>	<p><b>Variable independiente (X):</b> sistema de cloración</p>	<p>- Periodo de retorno.</p>	<p>-Precipitación máxima diaria. -Tiempo de concentración.</p>	<p><b>Método de investigación:</b> científico.  <b>Tipo de investigación:</b> aplicada.  <b>Nivel de investigación:</b> descriptivo-correlacional.</p>
<p><b>Problemas específicos:</b> a) ¿Cuáles son los factores condicionantes del peligro a deslizamiento por precipitaciones máximas en diferentes periodos de retorno del Sector Santa Bárbara - Huancavelica?  b) ¿Cuál es el factor desencadenante del peligro a deslizamiento por precipitaciones máximas en diferentes periodos de retorno del Sector Santa Bárbara – Huancavelica?</p>	<p><b>Objetivos específicos:</b> a) Determinar los factores condicionantes del peligro a deslizamiento por precipitaciones máximas en diferentes periodos de retorno del Sector Santa Bárbara - Huancavelica.  b) Establecer el factor desencadenante del peligro a deslizamiento por precipitaciones máximas en diferentes periodos de retorno del Sector Santa Bárbara - Huancavelica.</p>	<p><b>Hipótesis específicas:</b> a) El sistema de cloración por goteo de carga constante con balde dosificador, con flotador y controlada por filtros, varían la concentración de cloro residual del agua del reservorio en zonas rurales, siendo el más efectivo el sistema de cloración por goteo controlado por filtros.  b) El sistema de cloración por goteo de carga constante con balde dosificador, con flotador y controlada por filtros, varían la concentración de cloro residual del agua en la primera casa del sistema de abastecimiento en zonas rurales, siendo el más efectivo el sistema de cloración por goteo controlado por filtros.</p>	<p><b>Variable dependiente (Y):</b> concentración de cloro en el agua potable</p>	<p>-Factores condicionantes</p>	<p>-Geológico. -Hidrogeología. -Cobertura vegetal. -Uso de suelo. -Periodo de retorno. -Pendiente. -Distancia a fallas activas. -Factores de sectores.  -Factor desencadenante</p>	<p><b>Diseño de investigación:</b> no experimental.  <b>Población:</b> La población correspondió al sector Santa Bárbara del distrito, provincia y departamento de Huancavelica.  <b>Muestra:</b> La muestra según el tipo de muestreo no probabilístico intencional o dirigido, fue 4 hectáreas del Sector Santa Bárbara del distrito, provincia y departamento de Huancavelica, siendo este el tramo más crítico pues se tiene registro de deslizamiento anteriores al presente estudio.</p>

## **Anexo N° 02 : Datos de precipitación**

Tabla 42. Precipitaciones máximas en 24 horas obtenidas de la estación Hualcanpi.

Año	Precipitación máxima en 24 h												Máxima anual
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	
1968	9.80	26.40	13.30	9.80	0.00	6.80	4.80	3.40	20.00	14.40	11.40	9.30	26.40
1969	22.60	9.20	13.70	6.20	9.20	0.00	0.00	4.20	4.20	0.00	19.50	19.50	22.60
1970	12.40	12.40	17.30	20.00	17.00	0.00	1.80	1.70	14.60	7.30	12.70	19.50	20.00
1971	24.20	16.80	12.50	21.80	4.50	8.00	8.20	18.30	3.80	21.70	11.40	13.30	24.20
1972	15.20	24.00	18.50	12.10	7.50	2.10	7.80	2.30	6.20	15.50	15.00	28.00	28.00
1973	0.00	22.00	22.00	24.00	5.10	4.90	0.00	14.00	18.00	17.00	25.00	27.60	27.60
1974	10.10	27.30	18.90	8.20	7.50	4.90	4.10	12.60	8.30	5.20	23.40	12.30	27.30
1975	18.30	16.30	19.30	7.70	15.00	2.00	1.00	2.00	10.00	5.00	3.50	16.00	19.30
1976	14.60	15.80	8.60	10.50	9.20	10.80	5.10	9.40	8.10	8.10	18.40	17.00	18.40
1977	12.80	7.40	15.00	10.30	13.30	6.70	7.10	12.00	9.00	7.50	40.70	22.90	40.70
1978	18.00	40.70	25.00	9.80	3.20	4.70	1.20	10.00	9.80	21.60	31.50	13.60	40.70
1979	14.30	12.90	10.80	9.90	2.10	8.10	5.60	9.50	3.80	12.60	13.80	16.50	16.50
1980	20.00	13.10	0.00	6.90	11.70	7.70	19.60	6.60	13.40	17.60	19.70	16.80	20.00
1981	14.60	0.00	20.40	11.00	3.40	5.00	10.90	26.40	15.70	11.60	20.70	20.30	26.40
1982	23.40	32.70	22.20	15.20	7.30	5.00	2.50	12.00	7.00	22.60	13.60	10.20	32.70
1983	10.10	8.20	15.20	13.10	6.20	5.30	1.00	3.00	17.60	24.90	14.80	22.80	24.90
1984	25.50	7.70	42.60	9.80	8.20	8.10	4.30	5.90	10.40	10.10	10.40	16.90	42.60
1985	9.20	10.60	15.10	5.10	5.20	5.20	3.00	2.10	10.40	5.20	7.10	8.50	15.10
1986	15.20	25.40	23.00	15.40	22.50	3.00	11.00	8.00	18.80	13.10	15.00	13.20	25.40
1987	25.00	17.80	11.80	3.00	2.00	4.50	7.00	8.90	3.60	8.90	6.10	8.90	25.00
1988	9.90	10.00	7.00	5.00	6.00	5.50	3.90	7.90	9.10	26.00	11.00	14.40	26.00
1989	13.40	13.90	9.90	5.50	3.20	5.50	8.90	6.30	6.60	25.10	19.50	8.00	25.10
1990	15.50	10.40	6.40	4.50	9.30	11.30	10.20	12.00	18.90	27.50	41.20	14.10	41.20
1991	9.10	8.90	14.90	8.00	13.10	45.00	4.10	4.30	9.40	22.40	19.10	20.40	45.00
1992	10.30	19.10	9.30	10.30	10.30	22.00	8.80	15.70	5.10	54.00	28.30	34.60	54.00
1993	35.80	27.10	24.80	40.30	6.30	10.60	22.50	16.00	28.10	30.70	45.00	24.60	45.00
1994	40.60	32.40	23.50	18.50	11.30	5.10	8.70	8.30	9.10	19.20	11.30	21.60	40.60

Continuación de la Tabla 42.

Año	Precipitación máxima en 24 h												Máxima anual
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	
1995	16.30	29.50	16.50	15.40	4.10	0.01	7.10	4.30	30.00	9.00	12.30	45.60	45.60
1996	27.80	33.10	27.20	21.70	12.30	2.30	4.30	6.40	9.80	16.10	34.00	41.00	41.00
1997	26.80	31.60	15.50	31.30	28.90	3.70	3.70	24.60	19.70	13.50	14.80	16.00	31.60
1998	29.30	20.50	20.30	31.20	1.90	3.60	0.00	7.30	5.30	11.70	18.40	20.50	31.20
1999	14.80	21.90	26.50	31.30	6.60	4.80	2.50	1.50	12.70	16.40	19.60	23.70	31.30
2000	21.60	47.30	16.30	21.10	2.10	12.00	26.70	8.30	5.40	25.00	13.20	27.50	47.30
2001	25.90	15.70	13.40	10.50	7.50	5.20	6.40	3.40	2.30	19.60	10.10	13.10	25.90
2002	15.50	25.50	16.20	20.00	8.30	4.30	22.60	5.10	16.40	16.10	18.30	16.00	25.50
2003	19.60	15.10	17.00	16.20	3.00	5.80	1.80	17.60	13.80	5.20	33.20	31.10	33.20
2004	18.50	61.00	25.70	3.60	14.90	4.90	11.30	5.80	37.10	17.80	18.40	23.90	61.00
2005	14.00	12.90	13.50	9.30	13.30	1.40	2.30	5.80	15.60	12.60	8.60	16.30	16.30
2006	20.80	14.70	17.00	34.90	6.10	6.90	0.01	12.20	18.50	14.00	20.20	9.40	34.90
2007	15.00	10.50	16.50	8.30	10.40	0.01	2.00	3.20	16.00	9.80	22.50	20.40	22.50
2008	19.00	19.50	9.20	15.10	4.90	7.90	5.50	9.40	8.60	13.70	13.20	8.20	19.50
2009	6.20	11.50	14.70	13.30	12.60	2.90	12.00	2.60	4.50	14.80	14.80	28.50	28.50
2010	14.20	41.10	19.40	8.20	5.00	2.10	0.00	7.80	8.40	16.70	11.20	10.70	41.10
2011	27.80	36.30	24.00	18.50	6.40	0.00	9.40	3.20	15.20	13.80	27.90	13.90	36.30
2012	9.40	36.10	12.30	23.20	4.90	5.60	5.00	2.40	12.30	8.80	28.80	11.40	36.10
2013	9.00	9.60	10.90	11.20	6.00	5.70	4.60	15.30	8.60	18.60	15.30	8.30	18.60
Media	17.42	20.91	16.81	14.48	8.23	6.24	6.53	8.46	12.16	15.83	18.78	18.62	31.05
Desv. Estándar	7.86	12.23	7.04	8.81	5.54	7.01	6.16	5.86	7.27	8.91	9.40	8.52	
Varianza	61.86	149.51	49.53	77.67	30.64	49.15	37.90	34.33	52.89	79.46	88.29	72.64	
Total	801.4	961.9	773.1	666.2	378.8	286.92	300.31	389	559.2	728	863.9	856.3	

### **Anexo N° 03: Corrección de la precipitación**

REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA DE 24 HORAS (mm)

Estación: **Hualcanpi**  
 Parámetro: Precipitación Máxima 24 hr (mm)

Dpto: Huancavelica  
 Prov: Huancavelica  
 Dist: Huancavelica

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Pmax24	Log(P24hr)
1968	9.8	26.4	13.3	9.8	0.0	6.8	4.8	3.4	20.0	14.4	11.4	9.3	26.4	1.42
1969	22.6	9.2	13.7	6.2	9.2	0.0	0.0	4.2	4.2	0.0	19.5	19.5	22.6	1.35
1970	12.4	12.4	17.3	20.0	17.0	0.0	1.8	1.7	14.6	7.3	12.7	19.5	20.0	1.30
1971	24.2	16.8	12.5	21.8	4.5	8.0	8.2	18.3	3.8	21.7	11.4	13.3	24.2	1.38
1972	15.2	24.0	18.5	12.1	7.5	2.1	7.8	2.3	6.2	15.5	15.0	28.0	28.0	1.45
1973	0.0	22.0	22.0	24.0	5.1	4.9	0.0	14.0	18.0	17.0	25.0	27.6	27.6	1.44
1974	10.1	27.3	18.9	8.2	7.5	4.9	4.1	12.6	8.3	5.2	23.4	12.3	27.3	1.44
1975	18.3	16.3	19.3	7.7	15.0	2.0	1.0	2.0	10.0	5.0	3.5	16.0	19.3	1.29
1976	14.6	15.8	8.6	10.5	9.2	10.8	5.1	9.4	8.1	8.1	18.4	17.0	18.4	1.26
1977	12.8	7.4	15.0	10.3	13.3	6.7	7.1	12.0	9.0	7.5	40.7	22.9	40.7	1.61
1978	18.0	40.7	25.0	9.8	3.2	4.7	1.2	10.0	9.8	21.6	31.5	13.6	40.7	1.61
1979	14.3	12.9	10.8	9.9	2.1	8.1	5.6	9.5	3.8	12.6	13.8	16.5	16.5	1.22
1980	20.0	13.1	0.0	6.9	11.7	7.7	19.6	6.6	13.4	17.6	19.7	16.8	20.0	1.30
1981	14.6	0.0	20.4	11.0	3.4	5.0	10.9	26.4	15.7	11.6	20.7	20.3	26.4	1.42
1982	23.4	32.7	22.2	15.2	7.3	5.0	2.5	12.0	7.0	22.6	13.6	10.2	32.7	1.51
1983	10.1	8.2	15.2	13.1	6.2	5.3	1.0	3.0	17.6	24.9	14.8	22.8	24.9	1.40
1984	25.5	7.7	42.6	9.8	8.2	8.1	4.3	5.9	10.4	10.1	10.4	16.9	42.6	1.63
1985	9.2	10.6	15.1	5.1	5.2	5.2	3.0	2.1	10.4	5.2	7.1	8.5	15.1	1.18
1986	15.2	25.4	23.0	15.4	22.5	3.0	11.0	8.0	18.8	13.1	15.0	13.2	25.4	1.40
1987	25.0	17.8	11.8	3.0	2.0	4.5	7.0	8.9	3.6	8.9	6.1	8.9	25.0	1.40
1988	9.9	10.0	7.0	5.0	6.0	5.5	3.9	7.9	9.1	26.0	11.0	14.4	26.0	1.41
1989	13.4	13.9	9.9	5.5	3.2	5.5	8.9	6.3	6.6	25.1	19.5	8.0	25.1	1.40
1990	15.5	10.4	6.4	4.5	9.3	11.3	10.2	12.0	18.9	27.5	41.2	14.1	41.2	1.61
1991	9.1	8.9	14.9	8.0	13.1	45.0	4.1	4.3	9.4	22.4	19.1	20.4	45.0	1.65
1992	10.3	19.1	9.3	10.3	10.3	22.0	8.8	15.7	5.1	54.0	28.3	34.6	54.0	1.73
1993	35.8	27.1	24.8	40.3	6.3	10.6	22.5	16.0	28.1	30.7	45.0	24.6	45.0	1.65

1994	40.6	32.4	23.5	18.5	11.3	5.1	8.7	8.3	9.1	19.2	11.3	21.6	40.6	1.61
1995	16.3	29.5	16.5	15.4	4.1	0.0	7.1	4.3	30.0	9.0	12.3	45.6	45.6	1.66
1996	27.8	33.1	27.2	21.7	12.3	2.3	4.3	6.4	9.8	16.1	34.0	41.0	41.0	1.61
1997	26.8	31.6	15.5	31.3	28.9	3.7	3.7	24.6	19.7	13.5	14.8	16.0	31.6	1.50
1998	29.3	20.5	20.3	31.2	1.9	3.6	0.0	7.3	5.3	11.7	18.4	20.5	31.2	1.49
1999	14.8	21.9	26.5	31.3	6.6	4.8	2.5	1.5	12.7	16.4	19.6	23.7	31.3	1.50
2000	21.6	47.3	16.3	21.1	2.1	12.0	26.7	8.3	5.4	25.0	13.2	27.5	47.3	1.67
2001	25.9	15.7	13.4	10.5	7.5	5.2	6.4	3.4	2.3	19.6	10.1	13.1	25.9	1.41
2002	15.5	25.5	16.2	20.0	8.3	4.3	22.6	5.1	16.4	16.1	18.3	16.0	25.5	1.41
2003	19.6	15.1	17.0	16.2	3.0	5.8	1.8	17.6	13.8	5.2	33.2	31.1	33.2	1.52
2004	18.5	61.0	25.7	3.6	14.9	4.9	11.3	5.8	37.1	17.8	18.4	23.9	61.0	1.79
2005	14.0	12.9	13.5	9.3	13.3	1.4	2.3	5.8	15.6	12.6	8.6	16.3	16.3	1.21
2006	20.8	14.7	17.0	34.9	6.1	6.9	0.0	12.2	18.5	14.0	20.2	9.4	34.9	1.54
2007	15.0	10.5	16.5	8.3	10.4	0.0	2.0	3.2	16.0	9.8	22.5	20.4	22.5	1.35
2008	19.0	19.5	9.2	15.1	4.9	7.9	5.5	9.4	8.6	13.7	13.2	8.2	19.5	1.29
2009	6.2	11.5	14.7	13.3	12.6	2.9	12.0	2.6	4.5	14.8	14.8	28.5	28.5	1.45
2010	14.2	41.1	19.4	8.2	5.0	2.1	0.0	7.8	8.4	16.7	11.2	10.7	41.1	1.61
2011	27.8	36.3	24.0	18.5	6.4	0.0	9.4	3.2	15.2	13.8	27.9	13.9	36.3	1.56
2012	9.4	36.1	12.3	23.2	4.9	5.6	5.0	2.4	12.3	8.8	28.8	11.4	36.1	1.56
2013	9.0	9.6	10.9	11.2	6.0	5.7	4.6	15.3	8.6	18.6	15.3	8.3	18.6	1.27

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	P24hr	Log(P24hr)
Número de datos (N)	46.00	46.000
Sumatoria	1428.10	67.508
Valor Máximo	61.00	1.785
Valor Mínimo	15.10	1.179
Media:	31.05	1.468
Varianza:	113.19	0.022
Desviación Estándar:	10.64	0.148
Coefficiente Variación:	0.34	0.101
Coefficiente de Sesgo:	0.70	0.0351

Se Considera:

Aplicar pruebas para detectar datos dudosos altos y bajos

$n = 46.00$

$K_n = 2.736$

$K_n$ : Valor recomendado, varía según el valor de  $n$  (significancia:10%)

Umbral de datos dudosos altos ( $x_H$ : unidad. Logaritmicas)

$$x_H = \bar{x} + k_n \cdot s$$

$x_H = 1.87$

Precipitación máxima aceptaba

$$P_H = 10^{x_H}$$

$P_H = 74.33 \text{ mm}$

NO EXISTEN DATOS DUDOSOS ALTO DE LA MUESTRA

Umbral de datos dudosos bajos ( $x_L$ : unidad. Logaritmicas)

$$x_L = \bar{x} - k_n \cdot s$$

$x_L = 1.06$

Precipitación mínima aceptaba

$$P_L = 10^{x_L}$$

$P_L = 11.59 \text{ mm}$

NO EXISTEN DATOS DUDOSOS MINIMO DE LA MUESTRA

## **Anexo N° 04: Estudio de suelos**

INFORME TÉCNICO  
 ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PELIGRO A DESLIZAMIENTO POR PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN  
 DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO DEL SECTOR SANTA  
 BÁRBARA- HUANCAVELICA

1.0 GENERALIDADES

1.1 OBJETIVO

El presente Informe Técnico tiene como objetivo establecer el comportamiento del suelo frente a los esfuerzos transmitidos por los períodos de retorno considerada en el proyecto PELIGRO A DESLIZAMIENTO POR PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO DEL SECTOR SANTA BÁRBARA- HUANCAVELICA

1.2 UBICACIÓN

El terreno se encuentra ubicado en el:

Distrito : Santa Bárbara  
 Provincia : Huancavelica  
 Región : Huancavelica

1.3 CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES

El proyecto considera el comportamiento de los esfuerzos transmitidos en los periodos de retorno y cause de los peligros que pueda ocurrir en dicho lugar.

1.4 RESUMEN DE LAS CONDICIONES DEL TERRENO

1.4.1 Tipo de cimentación

Dada la naturaleza del terreno en el que se va a cimentar y las magnitudes posibles de las cargas transmitidas se recomienda utilizar una cimentación superficial, que pueden ser:

- Muros de contención conectadas con vigas de cimentación
- Zapatas aisladas

1.4.2 Estrato de Apoyo de la cimentación

El estrato de apoyo para cimentación para cada calicata será:

- Calicata C-1 estrato de apoyo de grava limosa con arena.

1.4.3 Parámetros de diseño para cimentación

No se presenta problemas en la formación geológica del suelo. La capacidad portante se calculó mediante las fórmulas de Terzaghi y Peck y los parámetros de Vesic obteniendo diferentes capacidades para profundidades y anchos de cimentación determinados, esto de acuerdo los tipos de suelos encontrados, así: **GM**  
 Calicata C-1



Se obtiene para zapatas cuadradas, los siguientes resultados:

ZAPATAS CUADRADAS			
Base (cm)	Profundidad (cm)	Quit (kg/cm²)	Capacidad Admisible (kg/cm²)
200	150	5.74	1.91
200	160	6.00	2.00
200	170	6.26	2.09

Para otras profundidades y dimensiones se presenta la hoja de cálculo correspondiente, en caso de zapatas rectangulares se debe tomar como referencia el lado más corto.

1.4.4 Agresividad del suelo de cimentación

La agresión que ocasiona el suelo a la cimentación de la estructura, está en función de la presencia de elementos químicos que actúa sobre el sobre concreto y el acero de refuerzo, causándole efectos nocivos.

Esta acción química ocurre en presencia del agua que pueda llegar a la cimentación (cimentación bajo nivel freático, zona de ascensión capilar, filtración, inundaciones, etc.). Los elementos químicos a evaluar son los sulfatos y cloruros por su acción química sobre el concreto y acero del cimiento respectivamente y las sales solubles totales por causar pérdida de resistencia por lixiviación.

ELEMENTOS QUÍMICOS NOCIVOS PARA EL ESTUDIO

PRESENCIA EN EL SUELO DE	ppm	GRADO DE ALTERACIÓN	OBSERVACIONES
Sulfatos solubles	0 – 1000	Insignificante	Ocasiona un ataque químico al concreto de la cimentación
	1000 – 2000	Moderado	
	2000 – 20000	Severa	
	> 20000	Muy severa	
Cloruros solubles	> 6,000	Perjudicial	Ocasiona problemas de corrosión a las armaduras o elementos metálicos.
Sales totales solubles	> 15,000	Perjudicial	Ocasiona problemas de pérdida de resistencia mecánica por problemas de lixiviación.

Se han realizado los Análisis Químicos para determinar el contenido de Sulfatos, Cloruros y Sales Solubles en el Laboratorio de la empresa C3 Ingeniería Especializada S.A.C, obteniéndose los siguientes resultados:

Calicata	Prof. (m)	Sales solubles totales (ppm)	Cloruros solubles (ppm)	Sulfatos solubles (ppm)	Agresión
C-1	3,00	214.1	253.7	124.9	Insignificante

Como se puede observar el contenido de cloruros, sulfatos y sales solubles se encuentran por debajo de los LÍMITES DE AGRESIVIDAD, por lo cual se puede utilizar CEMENTO PORTLAND TIPO I.



**1.4.5 Recomendaciones adicionales**

Durante la ejecución del proyecto, cuando se pueda notar la presencia de la capa freática, realizar el procedimiento de bombeo, para que no pueda afectar la capacidad de carga del suelo.

**1.5 Información previa**

El terreno donde se realizó el estudio era un terreno libre.

**1.6 Exploración de campo**

Se realizó en primer lugar el reconocimiento del terreno asignado para el Proyecto PELIGRO A DESLIZAMIENTO POR PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO DEL SECTOR SANTA BÁRBARA- HUANCVELICA , para posteriormente elaborar el programa de exploración de campo el cual consistió en lo siguiente:

- ✓ Se determinó investigar un punto en el proyecto, esto de acuerdo a la disponibilidad de área y en función al comportamiento del suelo.
- ✓ Estas se realizaron a cielo abierto verificándose la estratigrafía los que se clasificaron visualmente según la norma NTP 339.150.
- ✓ Se determinó extraer una muestra para realizar los ensayos, la misma que fue debidamente protegida y remitidas al laboratorio.

Se considera necesario mencionar que los laboratorios que realizaron los análisis respectivos fueron los Laboratorios de la C3 Ingeniería Especializada S.A.C. – Huancayo.

**1.7 Ensayos de laboratorio**

Dado las características estratigráficas se determinó realizar tres (03) ensayos estándares, un (01) ensayo especial y un (01) ensayo químico por calicata.

El análisis de las muestras se realizó en base a las normas de la NTP (Norma Técnica Peruana), como sigue:

**1.7.1 Ensayos Estándares**

- ✓ Análisis granulométrico por tamizado NTP 339.128
- ✓ Limite plástico NTP 339.129
- ✓ Limite líquido NTP 339.129

**1.7.2 Ensayo Especial**

- ✓ Ensayo de corte directo NTP 339.171

**1.7.3 Ensayos Químicos**

- ✓ Sales solubles NTP 339.152
- ✓ Cloruros solubles NTP 339.177
- ✓ Sulfatos solubles NTP 339.178

Los resultados de estos ensayos se presentan en el anexo del presente informe.



**1.8 Nivel de la napa freática**

No existe presencia de capa freática.

**1.9 Análisis de cimentación**

**1.9.1 Memoria de cálculo**

Los resultados de la memoria de cálculo se presentan en el anexo para cada calicata.

**1.9.2 Profundidad de la excavación**

La profundidad de cimentación de cada calicata es:

Calicata	Profundidad de la cimentación (m)
C-1	1,60

**1.9.3 Estimación de asentamientos**

La presión transmitida por la estructura puede generar asentamientos mayores a los admisibles, por lo tanto, se verificará los asentamientos. Considerando la presencia de suelos de naturaleza granular como limos arenosos y arenas limosas, se consideran asentamientos del tipo inmediato y se calculan por el método elástico según la relación:

Considerando la presencia de materiales gravosos en la profundidad activa de cimentación dentro del bulbo de presiones, el análisis de asentamientos se efectuará por el método elástico según la relación siguiente:

$$S = \frac{qB(1 - \mu^2)}{E_s} I_f$$

Donde:

- S = Asentamiento inmediato en cm.
- u = Relación de Poisson
- I<sub>f</sub> = Factor de forma (cm/m)
- E<sub>s</sub> = Módulo de elasticidad (Ton/m<sup>2</sup>)
- q = Presión de trabajo (Ton/m<sup>2</sup>)
- B = Ancho de la cimentación (m)



El asentamiento diferencial admisible de acuerdo a la normatividad vigente será de L/500, límite seguro para edificaciones convencionales que no permiten grietas donde L es la longitud entre ejes de zapatas o cimientos.

Para el análisis de asentamientos se considera una presión vertical transmitida igual a la capacidad de carga obtenida por corte. Las propiedades elásticas del suelo de cimentación fueron adoptadas a partir de tablas de acuerdo al tipo de suelo donde irá desplantada la cimentación.

RAZÓN SOCIAL: C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.  
 DIRECCIÓN : Av. Los Próceres N° 1000 – Chilca – Huancayo - Junín  
 CELULAR : 947898992  
 E-MAIL : c3ingenieriaspecializadasac@gmail.com



Calicata	Relación de Poisson	Factor de forma (cm/cm)	Módulo de elasticidad (Ton/cm <sup>2</sup> )	Presión de Trabajo (Ton/cm <sup>2</sup> )	Ancho de la cimentación (m)	Asentamiento (cm)
C-1	0.15	153	14000	20.0	2.00	0.43

#### 1.9.4 Presión admisible del terreno

La presión admisible de todo terreno no es una constante, pues esta depende de las dimensiones de la cimentación, los asentamientos y las distancias entre columnas.

Dado que se trata de un suelo cohesivo es válido aplicar el Factor de Seguridad (F.S.) a toda la expresión de Terzaghi, asimismo ya que las cargas vivas son en gran parte continuas se tomará como FS un valor de 3. Ver Anexo en donde se detalla el Análisis de capacidad admisible del terreno.

#### 1.9.5 Parámetros para el diseño de muros de contención

Los empujes laterales del terreno a considerar para el diseño de las placas del sótano de las tribunas, muros de contención, y/o estructuras similares, pueden calcularse tomando en cuenta un diagrama triangular de presiones del subsuelo, en el cual el empuje activo a cualquier profundidad puede calcularse con la expresión propuesta por Rankine:

Calicata	Angulo de fricción interna (°)	Peso específico del terreno (g/cm <sup>3</sup> )	Presión activa (Ka)	Presión pasiva (Kp)
C-1	26.19	1.804	0.388	2.580

#### 1.10 Efecto del sismo

##### a. Sismicidad

En el territorio peruano se han establecido diversas zonas con diferentes características de acuerdo a la mayor o menor presencia de sismos.

Según los mapas de la zonificación sísmica y mapa de máximas intensidades sísmicas del Perú y de acuerdo a las normas sismo resistentes (Norma Técnica de Edificación E.030) del reglamento de edificaciones, el distrito de Huancavelica de la provincia de Huancavelica se encuentra comprendida en la Zona 3 correspondiente a una sismicidad media y de una intensidad VII en la escala Mercalli Modificada.

##### b. Parámetros para diseño sismo resistente

De acuerdo a las normas peruanas de diseño sismo resistente (E.030), se recomienda los siguientes parámetros:

- ✓ Factor de Zona = 0,35
- ✓ Perfil Tipo suelo = S2
- ✓ Factor de suelo = 1,15
- ✓ Periodo del suelo T<sub>F</sub>(s) = 0,06
- ✓ Periodo del suelo T<sub>1</sub>(s) = 2,00



DE CALIDAD

INGENIERÍA

RAZÓN SOCIAL: C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.  
 DIRECCIÓN : Av. Los Próceres N° 1000 – Chilca – Huancayo - Junín  
 CELULAR : 947898992  
 E-MAIL : c3ingenieriaspecializadasac@gmail.com



### LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Expediente N° : 2912-2020  
 Peticionario : JULIO AUGUSTO GUADALUPE HUAMÁN  
 Proyecto : PELIGRO A DESLIZAMIENTO POR PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO DEL SECTOR SANTA BÁRBARA-HUANCavelica  
 Ubicación : Santa Bárbara - Huancavelica - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 29-12-20

#### REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Calicata : C-1  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 3.00

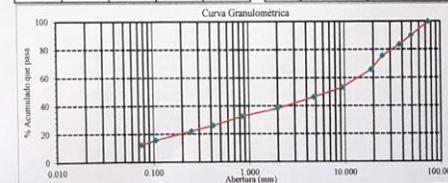
Método de Ensayo para el Análisis Granulométrico NTP 339.128					Método de Ensayo para determinar el Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de los suelos NTP 339.132	
Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulado Retenido	% Que pasa	Límite Líquido	NP
3 pulg.	75.000	0.0	0.0	100.0		NP
2 pulg.	50.000	9.7	9.7	90.3		NP
1 1/2 pulg.	37.500	6.5	16.1	83.9		NP
1 pulg.	25.000	8.1	24.2	75.8		
3/4 pulg.	19.000	9.7	33.9	66.1		
3/8 pulg.	9.500	12.9	46.8	53.2		
No. 4	4.750	6.8	53.5	46.5		
No. 10	2.000	8.1	61.6	38.4		
No. 20	0.850	5.6	67.3	32.7		
No. 40	0.425	6.5	73.7	26.3		
No. 60	0.250	4.0	77.7	22.3		
No. 140	0.106	6.5	84.2	15.8		
No. 200	0.075	3.2	87.4	12.6		
Fondo		12.6	100.0			

Fracciones Granulométricas		Contenido de Humedad NTP 339.127	
% Grava	53.5	% Humedad	4.2
% Arena	33.9		
% Fines	12.6		

Clasificación STCS NTP 339.134	Clasificación AASTHO NTP 339.135
Símbolo: GM	
Nombre: Grava limosa con arena	A-1-a (0)



NOTAS:  
 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.  
 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPE GP-004-1993).  
 Realizado y revisado por el Ing. Omar Alex Huamani Salazar



INGENIERÍA DE CALIDAD

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

Expediente N° : 2912-2020  
 Peticionario : JULIO AUGUSTO GUADALUPE HUAMÁN  
 Proyecto : PELIGRO A DESLIZAMIENTO POR PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO DEL SECTOR SANTA BÁRBARA- HUANCVELICA  
 Ubicación : Santa Bárbara - Huancavelica - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 29-12-20  
 Método de Excavación : Manual  
 Calicata : C-1

**Descripción e Identificación de Suelos mediante el procedimiento Visual - Manual**  
**NTP 339.150**

Profundidad (m)	Clasificación SUCS	Gráfico	Descripción y clasificación del material: Color, Humedad Natural, Plasticidad, Estado Natural de Compacidad, Forma de las partículas, Tamaño Máximo de Piedras, Presencia de Materia Orgánica, etc.
0.30	Re		Material de relleno
0.50	GM		Grava limosa con arena, plasticidad baja, estado humedo de color marron rojizo de consistencia media con presencia de bolomeria de 5° en un 10% de canto subanguloso
0.70	ML		Limo con arena, plasticidad baja, estado humedo de color marron rojizo de consistencia media
1.00			
1.50			
2.00	GM		Grava limosa con arena, plasticidad baja, estado humedo de color marron rojizo de consistencia media
2.50			
3.00			

NOTAS:  
 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.  
 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993).

Revisado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex.



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

Expediente N° : 2912-2020  
 Peticionario : JULIO AUGUSTO GUADALUPE HUAMÁN  
 Proyecto : PELIGRO A DESLIZAMIENTO POR PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO DEL SECTOR SANTA BÁRBARA- HUANCVELICA  
 Ubicación : Santa Bárbara - Huancavelica - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 29-12-20

**II. Ensayo de Corte Directo**  
**NTP 339.171**

Calicata : C-1  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 3.00  
 SUCS : GM  
 Especimen : Remoldeado (mat. < Tamiz No. 4)

Página 2 de 2

	I	II	III
Lado de la caja (cm)	6.00	6.00	6.00
Densidad húmeda inicial (g/cm <sup>3</sup> )	1.804	1.804	1.804
Densidad seca inicial (g/cm <sup>3</sup> )	1.733	1.733	1.733
% Contenido de humedad inicial	4.1	4.1	4.1
Densidad húmeda final (g/cm <sup>3</sup> )	2.116	2.124	2.113
Densidad seca final (g/cm <sup>3</sup> )	1.853	1.849	1.833
% Contenido humedad final	14.2	14.9	15.3
Esfuerzo normal (kg/cm <sup>2</sup> )	0.56	1.11	1.67
Esfuerzo de corte máximo (kg/cm <sup>2</sup> )	0.331	0.513	0.878
Angulo de fricción interna	26.19 °		
Cohesión (kg/cm <sup>2</sup> )	0.01		

NOTAS:  
 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.  
 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993).

Revisado y realizado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex.

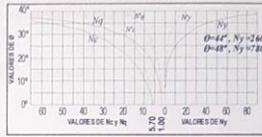


RAZÓN SOCIAL: C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.  
 DIRECCIÓN : Av. Los Próceres N° 1000 – Chilca – Huancayo - Junín  
 CELULAR : 947898992  
 E-MAIL : c3ingenieriaspecializadasac@gmail.com



**ANÁLISIS DE CAPACIDAD ADMISIBLE DEL TERRENO**

Expediente N° : 2912-2020  
 Perito/a : JULIO AUGUSTO GUADALUPE HUAMÁN  
 Proyecto : PELIGRO A DESLIZAMIENTO POR PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO DEL SECTOR SANTA BÁRBARA- HUANCVELICA  
 Ubicación : Santa Bárbara - Huancavelica - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 29-12-20  
 N° de muestra : M-1  
 N° de calicata : C-1



Clasificación SUCS:	GM
Peso específico	γ = 1.804 g/cm³
Ángulo de fricción	φ = 26.19 °
Cohesión	c = 0.01 kg/cm²

Según Terzaghi

Capacidad de carga última para cimentaciones cuadradas

$Q_{ult} = 1.3cN_c + \gamma D_f N_q + 0.4\gamma B N_\gamma$

**CÁLCULO DE CAPACIDAD DE CARGAS PARA DIFERENTES ALTURAS DE LA CIMENTACION**

TIPO DE FALLA GENERAL PARA ZAPATA CUADRADA				
Peso Específico (kg/cm³)	φ	c	Nc	Nq
0.001804	26.19	0.01	27.31	14.34
				9.89

ZAPATA CUADRADA			
Factor de seguridad F.S. 2.0			
Base (cm)	Prof. (cm)	q <sub>ult</sub> (kg/cm²)	q <sub>adm</sub> (kg/cm²)

150	150	5.38	2.69
150	160	5.64	2.82
150	170	5.90	2.95
150	180	6.16	3.08
150	190	6.42	3.21
150	200	6.68	3.34
150	210	6.94	3.47
200	150	5.74	2.87
200	160	6.00	3.00
200	170	6.26	3.13
200	180	6.52	3.26
200	190	6.78	3.39
200	200	7.03	3.52
200	210	7.29	3.65
250	150	6.10	3.05
250	160	6.36	3.18
250	170	6.61	3.31
250	180	6.87	3.44
250	190	7.13	3.57
250	200	7.39	3.70
250	210	7.65	3.82
300	150	6.45	3.23
300	160	6.71	3.36
300	170	6.97	3.49
300	180	7.23	3.62
300	190	7.49	3.74
300	200	7.75	3.87
300	210	8.01	4.00

ZAPATA CUADRADA			
Factor de seguridad F.S. 2.5			
Base (cm)	Prof. (cm)	q <sub>ult</sub> (kg/cm²)	q <sub>adm</sub> (kg/cm²)

150	150	5.38	2.15
150	160	5.64	2.26
150	170	5.90	2.36
150	180	6.16	2.46
150	190	6.42	2.57
150	200	6.68	2.67
150	210	6.94	2.77
200	150	5.74	2.30
200	160	6.00	2.40
200	170	6.26	2.50
200	180	6.52	2.61
200	190	6.78	2.71
200	200	7.03	2.81
200	210	7.29	2.92
250	150	6.10	2.44
250	160	6.36	2.54
250	170	6.61	2.65
250	180	6.87	2.75
250	190	7.13	2.85
250	200	7.39	2.96
250	210	7.65	3.06
300	150	6.45	2.58
300	160	6.71	2.69
300	170	6.97	2.79
300	180	7.23	2.89
300	190	7.49	2.99
300	200	7.75	3.09
300	210	8.01	3.19

ZAPATA CUADRADA			
Factor de seguridad F.S. 3.0			
Base (cm)	Prof. (cm)	q <sub>ult</sub> (kg/cm²)	q <sub>adm</sub> (kg/cm²)

150	150	5.38	1.79
150	160	5.64	1.88
150	170	5.90	1.97
150	180	6.16	2.05
150	190	6.42	2.14
150	200	6.68	2.23
150	210	6.94	2.31
200	150	5.74	1.91
200	160	6.00	2.00
200	170	6.26	2.09
200	180	6.52	2.17
200	190	6.78	2.26
200	200	7.03	2.34
200	210	7.29	2.43
250	150	6.10	2.03
250	160	6.36	2.12
250	170	6.61	2.20
250	180	6.87	2.29
250	190	7.13	2.38
250	200	7.39	2.46
250	210	7.65	2.55
300	150	6.45	2.15
300	160	6.71	2.24
300	170	6.97	2.32
300	180	7.23	2.41
300	190	7.49	2.50
300	200	7.75	2.58
300	210	8.01	2.67

Revisado y realizado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



INGENIERÍA DE CALIDAD

RAZÓN SOCIAL: C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.  
 DIRECCIÓN : Av. Los Próceres N° 1000 – Chilca – Huancayo - Junín  
 CELULAR : 947898992  
 E-MAIL : c3ingenieriaspecializadasac@gmail.com



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

Expediente N° : 2912-2020  
 Perito/a : JULIO AUGUSTO GUADALUPE HUAMÁN  
 Proyecto : PELIGRO A DESLIZAMIENTO POR PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO DEL SECTOR SANTA BÁRBARA- HUANCVELICA  
 Ubicación : Santa Bárbara - Huancavelica - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 29-12-20

**RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICOS**

Calicata : C-1  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 3.00

Parámetro	Unidad	NTP	Resultado	Método
Sales Solubles Totales	mg/kg	339.152	214.1	Gravimétrico
Cloruros Solubles Cl <sup>-</sup>	mg/lit	339.177	253.7	Volumétrico
Sulfatos Solubles SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/kg	339.178	124.9	Turbidimétrico

**NOTA:**

- 1) El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra al laboratorio son responsabilidad del solicitante.
- 2) Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente Informe sin la Autorización del Laboratorio.
- 3) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993)

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



INGENIERÍA DE CALIDAD

INFORME TÉCNICO

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PELIGRO A DESLIZAMIENTO POR PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO DEL SECTOR SANTA BÁRBARA- HUANCAVELICA

1.0 GENERALIDADES

1.1 OBJETIVO

El presente Informe Técnico tiene como objetivo establecer el comportamiento del suelo frente a los esfuerzos transmitidos por los periodos de retorno considerada en el proyecto PELIGRO A DESLIZAMIENTO POR PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO DEL SECTOR SANTA BÁRBARA- HUANCAVELICA

1.2 UBICACIÓN

El terreno se encuentra ubicado en el:

Distrito : Santa Bárbara  
 Provincia : Huancavelica  
 Región : Huancavelica

1.3 CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES

El proyecto considera el comportamiento de los esfuerzos transmitidos en los periodos de retorno y cause de los peligros que pueda ocurrir en dicho lugar.

1.4 RESUMEN DE LAS CONDICIONES DEL TERRENO

1.4.1 Tipo de cimentación

Dada la naturaleza del terreno en el que se va a cimentar y las magnitudes posibles de las cargas transmitidas se recomienda utilizar una cimentación superficial, que pueden ser:

- Muros de contención conectadas con vigas de cimentación
- Zapatas aisladas

1.4.2 Estrato de Apoyo de la cimentación

El estrato de apoyo para cimentación para cada calicata será:

- Calicata C-2 estrato de apoyo de grava limosa con arena.

1.4.3 Parámetros de diseño para cimentación

No se presenta problemas en la formación geológica del suelo. La capacidad portante se calculó mediante las fórmulas de Terzaghi y Peck y los parámetros de Vesic obteniendo diferentes capacidades para profundidades y anchos de cimentación determinados, esto de acuerdo los tipos de suelos encontrados, así: **GM**  
 Calicata C-2



Se obtiene para zapatas cuadradas, los siguientes resultados:

ZAPATAS CUADRADAS			
Base (cm)	Profundidad (cm)	Quit (kg/cm <sup>2</sup> )	Capacidad Admisible (kg/cm <sup>2</sup> )
200	150	5.74	1.91
200	160	6.00	2.00
200	170	6.26	2.09

Para otras profundidades y dimensiones se presenta la hoja de cálculo correspondiente, en caso de zapatas rectangulares se debe tomar como referencia el lado más corto.

1.4.4 Agresividad del suelo de cimentación

La agresión que ocasiona el suelo a la cimentación de la estructura, está en función de la presencia de elementos químicos que actúa sobre el sobre concreto y el acero de refuerzo, causándole efectos nocivos.

Esta acción química ocurre en presencia del agua que pueda llegar a la cimentación (cimentación bajo nivel freático, zona de ascensión capilar, filtración, inundaciones, etc.). Los elementos químicos a evaluar son los sulfatos y cloruros por su acción química sobre el concreto y acero del cemento respectivamente y las sales solubles totales por causar pérdida de resistencia por lixiviación.

ELEMENTOS QUÍMICOS NOCIVOS PARA EL ESTUDIO

PRESENCIA EN EL SUELO DE	ppm	GRADO DE ALTERACIÓN	OBSERVACIONES
Sulfatos solubles	0 - 1000 1000 - 2000 2000 - 20000 > 20000	Insignificante Moderado Severa Muy severa	Ocasiona un ataque químico al concreto de la cimentación
Cloruros solubles	> 6,000	Perjudicial	Ocasiona problemas de corrosión a las armaduras o elementos metálicos.
Sales totales solubles	> 15,000	Perjudicial	Ocasiona problemas de pérdida de resistencia mecánica por problemas de lixiviación.

Se han realizado los Análisis Químicos para determinar el contenido de Sulfatos, Cloruros y Sales Solubles en el Laboratorio de la empresa C3 Ingeniería Especializada S.A.C, obteniéndose los siguientes resultados:

Calicata	Prof. (m)	Sales solubles totales (ppm)	Cloruros solubles (ppm)	Sulfatos solubles (ppm)	Agresión
C-2	3.00	215.1	252.7	125.8	Insignificante

Como se puede observar el contenido de cloruros, sulfatos y sales solubles se encuentran por debajo de los LÍMITES DE AGRESIVIDAD, por lo cual se puede utilizar CEMENTO PORTLAND TIPO I.



**1.4.5 Recomendaciones adicionales**

Durante la ejecución del proyecto, cuando se pueda notar la presencia de la capa freática, realizar el procedimiento de bombeo, para que no pueda afectar la capacidad de carga del suelo.

**1.5 Información previa**

El terreno donde se realizó el estudio era un terreno libre.

**1.6 Exploración de campo**

Se realizó en primer lugar el reconocimiento del terreno asignado para el Proyecto PELIGRO A DESLIZAMIENTO POR PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO DEL SECTOR SANTA BÁRBARA- HUANCVELICA

, para posteriormente elaborar el programa de exploración de campo el cual consistió en lo siguiente:

- ✓ Se determinó investigar un punto en el proyecto, esto de acuerdo a la disponibilidad de área y en función al comportamiento del suelo.
- ✓ Estas se realizaron a cielo abierto verificándose la estratigrafía los que se clasificaron visualmente según la norma NTP 339.150.
- ✓ Se determinó extraer una muestra para realizar los ensayos, la misma que fue debidamente protegida y remitidas al laboratorio.

Se considera necesario mencionar que los laboratorios que realizaron los análisis respectivos fueron los Laboratorios de la C3 Ingeniería Especializada S.A.C. – Huancayo.

**1.7 Ensayos de laboratorio**

Dado las características estratigráficas se determinó realizar tres (03) ensayos estándares, un (01) ensayo especial y un (01) ensayo químico por calicata.

El análisis de las muestras se realizó en base a las normas de la NTP (Norma Técnica Peruana), como sigue:

**1.7.1 Ensayos Estándares**

- ✓ Análisis granulométrico por tamizado NTP 339.128
- ✓ Limite plástico NTP 339.129
- ✓ Limite líquido NTP 339.129

**1.7.2 Ensayo Especial**

- ✓ Ensayo de corte directo NTP 339.171

**1.7.3 Ensayos Químicos**

- ✓ Sales solubles NTP 339.152
- ✓ Cloruros solubles NTP 339.177
- ✓ Sulfatos solubles NTP 339.178

Los resultados de estos ensayos se presentan en el anexo del presente informe.



**1.8 Nivel de la napa freática**

No existe presencia de capa freática.

**1.9 Análisis de cimentación**

**1.9.1 Memoria de cálculo**

Los resultados de la memoria de cálculo se presentan en el anexo para cada calicata.

**1.9.2 Profundidad de la excavación**

La profundidad de cimentación de cada calicata es:

Calicata	Profundidad de la cimentación (m)
C-2	1.65

**1.9.3 Estimación de asentamientos**

La presión transmitida por la estructura puede generar asentamientos mayores a los admisibles, por lo tanto, se verificará los asentamientos. Considerando la presencia de suelos de naturaleza granular como limos arenosos y arenas limosas, se consideran asentamientos del tipo inmediato y se calculan por el método elástico según la relación:

Considerando la presencia de materiales gravosos en la profundidad activa de cimentación dentro del bulbo de presiones, el análisis de asentamientos se efectuará por el método elástico según la relación siguiente:

$$S = \frac{qB(1 - \mu^2)}{E_s} I_f$$

Donde:

- S = Asentamiento inmediato en cm.
- u = Relación de Poisson
- If = Factor de forma (cm/m)
- Es = Módulo de elasticidad (Ton/m<sup>2</sup>)
- q = Presión de trabajo (Ton/m<sup>2</sup>)
- B = Ancho de la cimentación (m)

El asentamiento diferencial admisible de acuerdo a la normatividad vigente será de L/500, límite seguro para edificaciones convencionales que no permiten grietas donde L es la longitud entre ejes de zapatas o cimientos.

Para el análisis de asentamientos se considera una presión vertical transmitida igual a la capacidad de carga obtenida por corte. Las propiedades elásticas del suelo de cimentación fueron adoptadas a partir de tablas de acuerdo al tipo de suelo donde irá desplantada la cimentación.



Calicata	Relación de Poisson	Factor de forma (cm/m)	Módulo de elasticidad (Ton/m <sup>2</sup> )	Presión de Trabajo (Ton/cm <sup>2</sup> )	Ancho de la cimentación (m)	Asentamiento (cm)
C-2	0,15	153	14000	20,0	2,00	0,43

#### 1.9.4 Presión admisible del terreno

La presión admisible de todo terreno no es una constante, pues esta depende de las dimensiones de la cimentación, los asentamientos y las distancias entre columnas. Dado que se trata de un suelo cohesivo es válido aplicar el Factor de Seguridad (F.S.) a toda la expresión de Terzaghi, asimismo ya que las cargas vivas son en gran parte continuas se tomará como FS un valor de 3. Ver Anexo en donde se detalla el Análisis de capacidad admisible del terreno.

#### 1.9.5 Parámetros para el diseño de muros de contención

Los empujes laterales del terreno a considerar para el diseño de las placas del sótano de las tribunas, muros de contención, y/ o estructuras similares, pueden calcularse tomando en cuenta un diagrama triangular de presiones del subsuelo, en el cual el empuje activo a cualquier profundidad puede calcularse con la expresión propuesta por Rankine:

Calicata	Ángulo de fricción interna (°)	Peso específico del terreno (g/cm <sup>3</sup> )	Presión activa (Ka)	Presión pasiva (Kp)
C-2	25,52	1,602	0,388	2,580

#### 1.10 Efecto del sismo

##### a. Sismicidad

En el territorio peruano se han establecido diversas zonas con diferentes características de acuerdo a la mayor o menor presencia de sismos.

Según los mapas de la zonificación sísmica y mapa de máximas intensidades sísmicas del Perú y de acuerdo a las normas sismo resistentes (Norma Técnica de Edificación E.030) del reglamento de edificaciones, el distrito de Huancavelica de la provincia de Huancavelica se encuentra comprendida en la Zona 3 correspondiente a una sismicidad media y de una intensidad VII en la escala Mercalli Modificada.

##### b. Parámetros para diseño sismo resistente

De acuerdo a las normas peruanas de diseño sismo resistente (E.030), se recomienda los siguientes parámetros:

- ✓ Factor de Zona = 0,35
- ✓ Perfil Tipo suelo = S2
- ✓ Factor de suelo = 1,15
- ✓ Periodo del suelo T<sub>F</sub>(s) = 0,06
- ✓ Periodo del suelo T<sub>L</sub>(s) = 2,00



#### 1.11 Planos y perfiles del suelo

1.11.1 Plano de Ubicación del programa de exploración  
 El plano de ubicación de las calicatas está en los anexos VI.

#### 1.11.2 Perfil estratigráfico por punto investigado

En la conformación del subsuelo de apoyo de la cimentación, según la Clasificación SUCS, se tienen los siguientes estratos. Se presenta con mayor detalle las características de los perfiles estratigráficos en el presente informe ver anexo II.

#### 1.12 Resultados de los ensayos In-situ y de laboratorio

Los ensayos se efectuaron en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la empresa C3 Ingeniería Especializada S.A.C, bajo los estándares normativos de la NTP.

##### 1.12.1 Ensayos efectuados

- Análisis granulométrico por tamizado
- Límite líquido
- Límite plástico
- Contenido de humedad
- Densidad natural
- Corte directo
- Contenido de sales solubles totales
- Contenido de sulfatos solubles
- Contenido de cloruros solubles

Ver Anexo.

##### 1.12.2 Clasificación de suelos

Los suelos se han clasificado de acuerdo a los sistemas SUSC y AASTHO.

Ver Anexo III: Ensayos de laboratorio

#### 1.13 Conclusiones y recomendaciones

##### 1.13.1 Conclusiones

- El proyecto se encuentra en el distrito de Santa Barbara – provincia de Huancavelica – región Huancavelica.
- La profundidad de cimentación de la estructura será de 1.60 m. como mínimo.
- Se determinó la capacidad de carga admisible del terreno para la alternativa de cimentación considerada obteniéndose: q<sub>adm</sub> = 2,00 kg/cm<sup>2</sup>, para la calicata C-2, teniendo en cuenta el asentamiento permisible del R.N.E. E-050.
- Durante el proceso constructivo se deberá verificarse que la cimentación no se encuentre material disturbado ó relleno (plástico, trozos de ladrillo, madera, etc).



### 1.13.1 Recomendaciones

- De acuerdo al resultado de los análisis químicos, el subsuelo no presenta sales agresivas por lo cual se podrá usar cemento portland tipo I en la preparación del concreto de los cimientos.
  - Los rellenos controlados son aquellos que se construyen con material seleccionado, tendrán las mismas condiciones de apoyo que las cimentaciones superficiales. Los métodos empleados en su conformación, compactación y control, dependen principalmente de las propiedades físicas del material. El material seleccionado con el que se debe construir el Relleno Controlado deberá ser compactado de la siguiente manera:
    - a) Si tiene más de 12% de finos, deberá compactarse a una densidad mayor o igual del 90% de la máxima densidad seca del método de ensayo proctor modificado, NTP 339.141 (ASTM D 1557), en todo su espesor.
    - b) Si tiene igual o menos de 12% de finos, deberá compactarse a una densidad no menor del 95% de la máxima densidad seca del método de ensayo proctor modificado, NTP 339.141 (ASTM D 1557), en todo su espesor.
- En todos los casos deberán realizarse controles de compactación en todas las capas compactadas, a razón necesariamente, de un control por cada 250 m<sup>2</sup> con un mínimo de tres controles por capa. En áreas pequeñas (igual o menores a 25 m<sup>2</sup>) se aceptará un ensayo como mínimo. En cualquier caso, el espesor máximo a controlar será de 0,30 m de espesor. Cuando se requiera verificar la compactación de un Relleno Controlado ya construido, este trabajo deberá realizarse mediante cualquiera de los siguientes métodos:
- a) Un ensayo de Penetración Estándar NTP 339.133 (ASTM D 1586) por cada metro de espesor de Relleno Controlado. El resultado de este ensayo debe ser mayor a N 60= 25, golpes por cada 0,30m de penetración.
  - b) Un ensayo con Cono de Arena, NTP 339.143 (ASTM D1556) ó por medio de métodos nucleares, NTP 339.144 (ASTM D2922), por cada 0,50 m de espesor. Los resultados deberán ser: mayores a 90% de la máxima densidad seca del ensayo proctor modificado, si tiene más de 12% de finos; o mayores al 95% de la máxima densidad seca del ensayo proctor Modificado si tiene igual o menos de 12% de finos.
- Se recomienda, antes del vaciado de las zapatas que se apoye en compactar el suelo de apoyo que generalmente se altera por el proceso de excavación.
  - En el caso que durante la ejecución de la obra se detecte relleno y/o zonas disturbadas en el nivel de cimentación (caso de suelo removido por la excavación de las calicatas), puede considerarse el empleo de sub-zapatas de concreto de ciclópeo de altura variable hasta ubicar el terreno natural.
  - Cuando se encuentra la napa freática se tiene que drenar y/o aislar para su posterior bombeo.
  - Los resultados del presente estudio, solo son válidos para la zona de estudio investigada.

DE CALIDAD



INGENIERÍA

### BIBLIOGRAFÍA

- Reglamento Nacional de Edificaciones - Norma E-050 "Suelos y Cimentaciones".
- Reglamento Nacional de Edificaciones - Norma E-030 "Diseño Sismo Resistente".
- Braja M. Das. "Principio de Ingeniería de Cimentaciones".
- Lambe - Whitman "Mecánica de Suelos".
- A.C.I. "Cimentaciones de Concreto Armado en Edificaciones".



DE CALIDAD

INGENIERÍA

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

Expediente N° : 1501-2021  
 Peticionario : JULIO AUGUSTO GUADALUPE HUAMÁN  
 Proyecto : PELIGRO A DESLIZAMIENTO POR PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO DEL SECTOR SANTA BÁRBARA- HUANCAMELCA  
 Ubicación : Santa Bárbara - Huancavelca - Huancavelca  
 Fecha de emisión : 15-01-21

**REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

Calicata : C-2  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 3.00

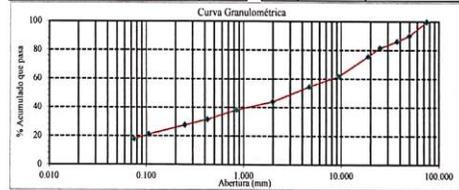
N	8386388 8094 m
E	503425.623 m
Elev	3730.000 msnm

Método de Ensayo para el Análisis Granulométrico NTP 339.128			
Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulado Retenido
3 pulg	75.000	0.0	0.0
2 pulg	50.000	9.7	9.7
1 1/2 pulg	37.500	3.9	13.5
1 pulg	25.000	4.6	18.1
3/4 pulg	19.000	5.9	24.1
3/8 pulg	9.500	13.8	37.9
No. 4	4.750	7.4	45.2
No. 10	2.000	10.6	55.8
No. 20	0.850	5.6	61.5
No. 40	0.425	6.6	68.1
No. 60	0.250	4.0	72.1
No. 140	0.106	6.5	78.6
No. 200	0.075	3.2	81.8
Fondo		18.2	100.0

Método de Ensayo para determinar el Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de los suelos NTP 339.129	
Límite Líquido	23
Límite Plástico	19
Índice de Plasticidad	4

Fracciones Granulométricas		Contenido de Humedad NTP 339.127	
% Grava	45.2	% Humedad	4.4
% Arena	36.6		
% Finos	18.2		

Clasificación SUCS NTP 339.134		Clasificación AASTHO NTP 339.135	
Símbolo	GM	Nombre	A-1-a (1)
Nombre	Grava gruesa con arena		



NOTAS:  
 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.  
 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI. GP.004: 1993).  
 Realizado y revisado por el Ing. Omar Alex Huamani Salazar



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

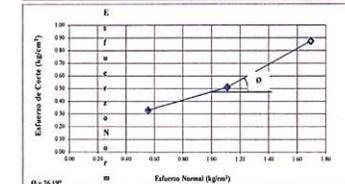
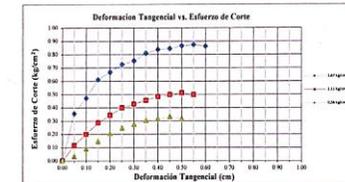
Expediente N° : 1501-2021  
 Peticionario : JULIO AUGUSTO GUADALUPE HUAMÁN  
 Proyecto : PELIGRO A DESLIZAMIENTO POR PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO DEL SECTOR SANTA BÁRBARA- HUANCAMELCA  
 Ubicación : Santa Bárbara - Huancavelca - Huancavelca  
 Fecha de emisión : 15-01-21

**I. Ensayo de Corte Directo**  
**NTP 339.171**

Calicata : C-2  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 3.00  
 SUCS : GM  
 Especimen : Remoldeado (mat. < Tamiz No. 4)

N	8386388 8094 m
E	503425.623 m
Elev	3730.000 msnm

Página 1 de 2



NOTAS:  
 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.  
 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI. GP.004: 1993).

Revisado y realizado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Expediente N° : 1501-2021  
 Peticionario : JULIO AUGUSTO GUADALUPE HUAMÁN  
 Proyecto : PELIGRO A DESLIZAMIENTO POR PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO DEL SECTOR SANTA BÁRBARA - HUANCAYELICA  
 Ubicación : Santa Bárbara - Huancavelica - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 15-01-21

II. Ensayo de Corte Directo  
 NTP 339.171

Calicata	: C-2	N	8586388 8094 m
Muestra	: M-1	E	503425 623 m
Profundidad (m)	: 3.00	Elev.	3730 000 msnm
SUCS	: GM		
Especimen	: Remoldeado (mat. < Tamiz No. 4)		

Página 2 de 2

	I	II	III
Lado de la caja (cm)	6.00	6.00	6.00
Densidad húmeda inicial (g/cm³)	1.805	1.805	1.805
Densidad seca inicial (g/cm³)	1.736	1.736	1.736
% Contenido de humedad inicial	4.0	4.0	4.0
Densidad húmeda final (g/cm³)	2.114	2.125	2.114
Densidad seca final (g/cm³)	1.851	1.849	1.833
% Contenido humedad final	14.2	14.9	15.3
Esfuerzo normal (kg/cm²)	0.56	1.11	1.69
Esfuerzo de corte máximo (kg/cm²)	0.331	0.513	0.875
Ángulo de fricción interna	: 25.52 °		
Cohesión (kg/cm²)	: 0.02		



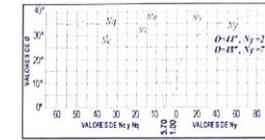
NOTAS:  
 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.  
 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI. GP.004. 1993).

Revisado y realizado por el Ing. Huamán Salazar Omar Alex

ANÁLISIS DE CAPACIDAD ADMISIBLE DEL TERRENO

Expediente N° : 1501-2021  
 Peticionario : JULIO AUGUSTO GUADALUPE HUAMÁN  
 Proyecto : PELIGRO A DESLIZAMIENTO POR PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO DEL SECTOR SANTA BÁRBARA - HUANCAYELICA  
 Ubicación : Santa Bárbara - Huancavelica - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 15-01-21  
 N° de muestra : M-1  
 N° de calicata : C-2

Clasificación SUCS:	GM
Peso específico	γ = 1.805 g/cm³
Ángulo de fricción	φ = 25.52 °
Cohesión	c = 0.02 kg/cm²



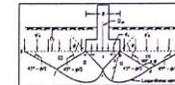
Según Terraplan

Capacidad de carga última para cimentaciones cuadradas

Q<sub>ult</sub> = Capacidad de carga última

Q<sub>adm</sub> = Capacidad admisible

$$Q_{ult} = 1.3cNc + \gamma Df/Nq + 0.4\gamma BfN\gamma$$



CALCULO DE CAPACIDAD DE CARGAS PARA DIFERENTES ALTURAS DE LA CIMENTACION

Peso Especifico (kg/cm³)	TIPO DE FALLA GENERAL PARA ZAPATA CUADRAIDA				
	φ	c	Nc	Nq	Nγ
0.001805	25.52	0.02	25.72	13.07	8.48

ZAPATA CUADRAIDA				
Factor de seguridad F.S. 2.0				
Base (cm)	Prof. (cm)	Q <sub>ult</sub> (kg/cm²)	Q <sub>adm</sub> (kg/cm²)	
150	150	5.26	2.63	
150	160	5.50	2.75	
150	170	5.74	2.87	
150	180	5.97	2.99	
150	190	6.21	3.10	
150	200	6.44	3.22	
150	210	6.68	3.34	
200	150	5.57	2.79	
200	160	5.81	2.90	
200	170	6.04	3.02	
200	180	6.28	3.14	
200	190	6.51	3.26	
200	200	6.75	3.38	
200	210	6.99	3.49	

ZAPATA CUADRAIDA				
Factor de seguridad F.S. 2.5				
Base (cm)	Prof. (cm)	Q <sub>ult</sub> (kg/cm²)	Q <sub>adm</sub> (kg/cm²)	
150	150	5.26	2.11	
150	160	5.50	2.20	
150	170	5.74	2.29	
150	180	5.97	2.39	
150	190	6.21	2.48	
150	200	6.44	2.58	
150	210	6.68	2.67	
200	150	5.57	2.23	
200	160	5.81	2.32	
200	170	6.04	2.42	
200	180	6.28	2.51	
200	190	6.51	2.61	
200	200	6.75	2.70	
200	210	6.99	2.79	

ZAPATA CUADRAIDA				
Factor de seguridad F.S. 3.0				
Base (cm)	Prof. (cm)	Q <sub>ult</sub> (kg/cm²)	Q <sub>adm</sub> (kg/cm²)	
150	150	5.26	1.75	
150	160	5.50	1.83	
150	170	5.74	1.91	
150	180	5.97	1.99	
150	190	6.21	2.07	
150	200	6.44	2.15	
150	210	6.68	2.23	
200	150	5.57	1.86	
200	160	5.81	1.94	
200	170	6.04	2.01	
200	180	6.28	2.09	
200	190	6.51	2.17	
200	200	6.75	2.25	
200	210	6.99	2.33	

250	150	5.88	2.94	
250	160	6.11	3.06	
250	170	6.35	3.17	
250	180	6.58	3.29	
250	190	6.82	3.41	
250	200	7.06	3.53	
250	210	7.29	3.65	
300	150	6.18	3.09	
300	160	6.42	3.21	
300	170	6.66	3.33	
300	180	6.89	3.45	
300	190	7.13	3.56	
300	200	7.36	3.68	
300	210	7.60	3.80	

250	150	5.88	2.35	
250	160	6.11	2.45	
250	170	6.35	2.54	
250	180	6.58	2.63	
250	190	6.82	2.73	
250	200	7.06	2.82	
250	210	7.29	2.92	
300	150	6.18	2.47	
300	160	6.42	2.57	
300	170	6.66	2.66	
300	180	6.89	2.76	
300	190	7.13	2.85	
300	200	7.36	2.95	
300	210	7.60	3.04	

250	150	5.26	1.96	
250	160	5.50	2.04	
250	170	5.74	2.12	
250	180	5.97	2.19	
250	190	6.21	2.27	
250	200	6.44	2.35	
250	210	6.68	2.43	
300	150	6.18	2.06	
300	160	6.42	2.14	
300	170	6.66	2.22	
300	180	6.89	2.30	
300	190	7.13	2.38	
300	200	7.36	2.45	
300	210	7.60	2.53	

Revisado y realizado por el Ing. Huamán Salazar Omar Alex

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

Expediente N° : 1501-2021  
 Peticionario : JULIO AUGUSTO GUADALUPE HUAMÁN  
 Proyecto : PELIGRO A DESLIZAMIENTO POR PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO DEL SECTOR SANTA BÁRBARA - HUANCVELICA  
 Ubicación : Santa Bárbara - Huancavelica - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 15-01-21

**RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICOS**

Calicata : C-2  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 3.00

Parámetro	Unidad	NTP	Resultado	Método
Sales Solubles Totales	mg/kg	338.152	215	Gravimétrico
Cloruros Solubles Cl <sup>-1</sup>	mg/lt	337.177	252.6	Volumétrico
Sulfatos Solubles SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	mg/kg	339.178	125.8	Turbidimétrico

**NOTA:**

- 1) El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra al laboratorio son responsabilidad del solicitante.
- 2) Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente Informe sin la Autorización del Laboratorio.
- 3) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI GP.004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Humantí Salazar Omar Alex



**TABLA N°1**  
**RESUMEN DE LOS TRABAJOS DE CAMPO**

Calicata	Profundidad (m)	Profundidad Nivel Freático (m)
C-2	3.00	---

**TABLA N°2**  
**CANTIDAD DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

Calicata	Profundidad (m)	Ensayos Estándar				Ensayos Especiales		Ensayos Químicos		
		Granulometría	LL	LP	% Humedad	Corte Directo	Sales totales (ppm)	Sulfatos (ppm)	Cloruros (ppm)	
C-2	3.00	1	1	1	1	1	1	1	1	
<b>Totales</b>		<b>01</b>	<b>01</b>	<b>01</b>	<b>01</b>	<b>01</b>	<b>01</b>	<b>01</b>	<b>01</b>	

**TABLA N°3**  
**TIPO DE CEMENTO REQUERIDO PARA EL CONCRETO EXPUESTO AL ATAQUE DE LOS SULFATOS**

Exposición a sulfatos	Sulfato soluble en agua (SO <sub>4</sub> ) presente en el suelo, porcentaje en peso	Sulfatos en muestra de agua (p.p.m.)	Tipo de cemento	Relación máxima agua – material cementante en peso para concretos de peso normal	F <sub>c</sub> mínimo (MPa) para concretos de peso normal y ligero
Insignificante	0,0 ≤ SO <sub>4</sub> < 0,1	0 ≤ SO <sub>4</sub> < 150	---	---	---
Moderada	0,1 ≤ SO <sub>4</sub> < 0,2	150 ≤ SO <sub>4</sub> < 1500	II, (P)MS, (IS)MS, (PM)MS, (SM)MS	0,50	28
Severa	0,2 ≤ SO <sub>4</sub> < 2,0	1500 ≤ SO <sub>4</sub> < 10000	V	0,45	31
Muy severa	2,0 ≤ SO <sub>4</sub>	10000 ≤ SO <sub>4</sub>	V + puzolánico	0,45	31

Fuente: RNE E-960



INFORME TÉCNICO  
 ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PELIGRO A DESLIZAMIENTO POR PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN  
 DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO DEL SECTOR SANTA  
 BÁRBARA- HUANCAVELICA

1.0 GENERALIDADES

1.1 OBJETIVO

El presente Informe Técnico tiene como objetivo establecer el comportamiento del suelo frente a los esfuerzos transmitidos por los periodos de retorno considerada en el proyecto PELIGRO A DESLIZAMIENTO POR PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO DEL SECTOR SANTA BÁRBARA- HUANCAVELICA

1.2 UBICACIÓN

El terreno se encuentra ubicado en el:

Distrito : Santa Bárbara  
 Provincia : Huancavelica  
 Región : Huancavelica

1.3 CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES

El proyecto considera el comportamiento de los esfuerzos transmitidos en los periodos de retorno y cause de los peligros que pueda ocurrir en dicho lugar.

1.4 RESUMEN DE LAS CONDICIONES DEL TERRENO

1.4.1 Tipo de cimentación

Dada la naturaleza del terreno en el que se va a cimentar y las magnitudes posibles de las cargas transmitidas se recomienda utilizar una cimentación superficial, que pueden ser:

- > Muros de contención conectadas con vigas de cimentación
- > Zapatas aisladas

1.4.2 Estrato de Apoyo de la cimentación

El estrato de apoyo para cimentación para cada calicata será:

- > Calicata C-4 estrato de apoyo de grava limosa con arena.

1.4.3 Parámetros de diseño para cimentación

No se presenta problemas en la formación geológica del suelo. La capacidad portante se calculó mediante las fórmulas de Terzaghi y Peck y los parámetros de Vesic obteniendo diferentes capacidades para profundidades y anchos de cimentación determinados, esto de acuerdo los tipos de suelos encontrados, así: **GM**  
 Calicata C-4



Se obtiene para zapatas cuadradas, los siguientes resultados:

ZAPATAS CUADRADAS			
Base (cm)	Profundidad (cm)	Quit (kg/cm <sup>2</sup> )	Capacidad Admisible (kg/cm <sup>2</sup> )
200	160	5.75	1.91
200	150	6.00	2.00
200	170	6.26	2.09

Para otras profundidades y dimensiones se presenta la hoja de cálculo correspondiente, en caso de zapatas rectangulares se debe tomar como referencia el lado más corto.

1.4.4 Agresividad del suelo de cimentación

La agresión que ocasiona el suelo a la cimentación de la estructura, está en función de la presencia de elementos químicos que actúa sobre el sobre concreto y el acero de refuerzo, causándole efectos nocivos.

Esta acción química ocurre en presencia del agua que pueda llegar a la cimentación (cimentación bajo nivel freático, zona de ascensión capilar, filtración, inundaciones, etc.). Los elementos químicos a evaluar son los sulfatos y cloruros por su acción química sobre el concreto y acero del cimiento respectivamente y las sales solubles totales por causar pérdida de resistencia por lixiviación.

ELEMENTOS QUÍMICOS NOCIVOS PARA EL ESTUDIO

PRESENCIA EN EL SUELO DE	ppm	GRADO DE ALTERACIÓN	OBSERVACIONES
Sulfatos solubles	0 – 1000 1000 – 2000 2000 – 20000 > 20000	Insignificante Moderado Severa Muy severa	Ocasiona un ataque químico al concreto de la cimentación
Cloruros solubles	> 6,000	Perjudicial	Ocasiona problemas de corrosión a las armaduras o elementos metálicos.
Sales totales solubles	> 15,000	Perjudicial	Ocasiona problemas de pérdida de resistencia mecánica por problemas de lixiviación.

Se han realizado los Análisis Químicos para determinar el contenido de Sulfatos, Cloruros y Sales Solubles en el Laboratorio de la empresa C3 Ingeniería Especializada S.A.C. obteniéndose los siguientes resultados:

Calicata	Prof. (m)	Sales solubles totales (ppm)	Cloruros solubles (ppm)	Sulfatos solubles (ppm)	Agresión
C-4	3,00	215.2	253.1	125.2	Insignificante

Como se puede observar el contenido de cloruros, sulfatos y sales solubles se encuentran por debajo de los LÍMITES DE AGRESIVIDAD, por lo cual se puede utilizar CEMENTO PORTLAND TIPO I.



INFORME TÉCNICO

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PELIGRO A DESLIZAMIENTO POR PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO DEL SECTOR SANTA BÁRBARA- HUANCAVELICA

1.0 GENERALIDADES

1.1 OBJETIVO

El presente Informe Técnico tiene como objetivo establecer el comportamiento del suelo frente a los esfuerzos transmitidos por los periodos de retorno considerada en el proyecto PELIGRO A DESLIZAMIENTO POR PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO DEL SECTOR SANTA BÁRBARA- HUANCAVELICA

1.2 UBICACIÓN

El terreno se encuentra ubicado en el:

Distrito : Santa Bárbara  
 Provincia : Huancavelica  
 Región : Huancavelica

1.3 CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES

El proyecto considera el comportamiento de los esfuerzos transmitidos en los periodos de retorno y cause de los peligros que pueda ocurrir en dicho lugar.

1.4 RESUMEN DE LAS CONDICIONES DEL TERRENO

1.4.1 Tipo de cimentación

Dada la naturaleza del terreno en el que se va a cimentar y las magnitudes posibles de las cargas transmitidas se recomienda utilizar una cimentación superficial, que pueden ser:

- Muros de contención conectadas con vigas de cimentación
- Zapatas aisladas

1.4.2 Estrato de Apoyo de la cimentación

El estrato de apoyo para cimentación para cada calicata será:

- Calicata C-3 estrato de apoyo de grava limosa con arena.

1.4.3 Parámetros de diseño para cimentación

No se presenta problemas en la formación geológica del suelo. La capacidad portante se calculó mediante las fórmulas de Terzaghi y Peck y los parámetros de Vesic obteniendo diferentes capacidades para profundidades y anchos de cimentación determinados, esto de acuerdo los tipos de suelos encontrados, así: **GM**  
 Calicata C-3



Se obtiene para zapatas cuadradas, los siguientes resultados:

ZAPATAS CUADRADAS			
Base (cm)	Profundidad (cm)	Quit (kg/cm <sup>2</sup> )	Capacidad Admisible (kg/cm <sup>2</sup> )
200	150	5.74	1.91
200	160	6.00	2.00
200	170	6.26	2.09

Para otras profundidades y dimensiones se presenta la hoja de cálculo correspondiente, en caso de zapatas rectangulares se debe tomar como referencia el lado más corto.

1.4.4 Agresividad del suelo de cimentación

La agresión que ocasiona el suelo a la cimentación de la estructura, está en función de la presencia de elementos químicos que actúa sobre el sobre concreto y el acero de refuerzo, causándole efectos nocivos.

Esta acción química ocurre en presencia del agua que pueda llegar a la cimentación (cimentación bajo nivel freático, zona de ascensión capilar, filtración, inundaciones, etc.). Los elementos químicos a evaluar son los sulfatos y cloruros por su acción química sobre el concreto y acero del cimiento respectivamente y las sales solubles totales por causar pérdida de resistencia por lixiviación.

ELEMENTOS QUÍMICOS NOCIVOS PARA EL ESTUDIO

PRESENCIA EN EL SUELO DE	ppm	GRADO DE ALTERACIÓN	OBSERVACIONES
Sulfatos solubles	0 – 1000 1000 – 2000 2000 – 20000 > 20000	Insignificante Moderado Severa Muy severa	Ocasiona un ataque químico al concreto de la cimentación
Cloruros solubles	> 6,000	Perjudicial	Ocasiona problemas de corrosión a las armaduras o elementos metálicos.
Sales totales solubles	> 15,000	Perjudicial	Ocasiona problemas de pérdida de resistencia mecánica por problemas de lixiviación.

Se han realizado los Análisis Químicos para determinar el contenido de Sulfatos, Cloruros y Sales Solubles en el Laboratorio de la empresa C3 Ingeniería Especializada S.A.C, obteniéndose los siguientes resultados:

Calicata	Prof. (m)	Sales solubles totales (ppm)	Cloruros solubles (ppm)	Sulfatos solubles (ppm)	Agresión
C-3	3.00	214.1	253.7	124.9	Insignificante

Como se puede observar el contenido de cloruros, sulfatos y sales solubles se encuentran por debajo de los LÍMITES DE AGRESIVIDAD, por lo cual se puede utilizar CEMENTO PORTLAND TIPO I.



**1.4.5 Recomendaciones adicionales**

Durante la ejecución del proyecto, cuando se pueda notar la presencia de la capa freática, realizar el procedimiento de bombeo, para que no pueda afectar la capacidad de carga del suelo.

**1.5 Información previa**

El terreno donde se realizó el estudio era un terreno libre.

**1.6 Exploración de campo**

Se realizó en primer lugar el reconocimiento del terreno asignado para el Proyecto PELIGRO A DESLIZAMIENTO POR PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO DEL SECTOR SANTA BÁRBARA- HUANCAVELICA , para posteriormente elaborar el programa de exploración de campo el cual consistió en lo siguiente:

- ✓ Se determinó investigar un punto en el proyecto, esto de acuerdo a la disponibilidad de área y en función al comportamiento del suelo.
- ✓ Estas se realizaron a cielo abierto verificándose la estratigrafía las que se clasificaron visualmente según la norma NTP 339.150.
- ✓ Se determinó extraer una muestra para realizar los ensayos, la misma que fue debidamente protegida y remitidas al laboratorio.

Se considera necesario mencionar que los laboratorios que realizaron los análisis respectivos fueron los Laboratorios de la C3 Ingeniería Especializada S.A.C. – Huancayo.

**1.7 Ensayos de laboratorio**

Dado las características estratigráficas se determinó realizar tres (03) ensayos estándares, un (01) ensayo especial y un (01) ensayo químico por calicata.

El análisis de las muestras se realizó en base a las normas de la NTP (Norma Técnica Peruana), como sigue:

**1.7.1 Ensayos Estándares**

- ✓ Análisis granulométrico por tamizado NTP 339.128
- ✓ Limite plástico NTP 339.129
- ✓ Limite líquido NTP 339.129

**1.7.2 Ensayo Especial**

- ✓ Ensayo de corte directo NTP 339.171

**1.7.3 Ensayos Químicos**

- ✓ Sales solubles NTP 339.162
- ✓ Cloruros solubles NTP 339.177
- ✓ Sulfatos solubles NTP 339.178



Los resultados de estos ensayos se presentan en el anexo del presente informe.

**1.8 Nivel de la napa freática**

No existe presencia de capa freática.

**1.9 Análisis de cimentación**

**1.9.1 Memoria de cálculo**

Los resultados de la memoria de cálculo se presentan en el anexo para cada calicata.

**1.9.2 Profundidad de la excavación**

La profundidad de cimentación de cada calicata es:

Calicata	Profundidad de la cimentación (m)
C-3	1.65

**1.9.3 Estimación de asentamientos**

La presión transmitida por la estructura puede generar asentamientos mayores a los admisibles, por lo tanto, se verificará los asentamientos. Considerando la presencia de suelos de naturaleza granular como limos arenosos y arenas limosas, se consideran asentamientos del tipo inmediato y se calculan por el método elástico según la relación:

Considerando la presencia de materiales gravosos en la profundidad activa de cimentación dentro del bulbo de presiones, el análisis de asentamientos se efectuará por el método elástico según la relación siguiente:

$$S = \frac{qB(1-\mu^2)}{E_s} If$$



Donde:

- S = Asentamiento inmediato en cm.
- u = Relación de Poisson
- If = Factor de forma (cm/m)
- Es = Módulo de elasticidad (Ton/m<sup>2</sup>)
- q = Presión de trabajo (Ton/m<sup>2</sup>)
- B = Ancho de la cimentación (m)

El asentamiento diferencial admisible de acuerdo a la normatividad vigente será de L/500, límite seguro para edificaciones convencionales que no permiten grietas donde L es la longitud entre ejes de zapatas o cimientos.

Para el análisis de asentamientos se considera una presión vertical transmitida igual a la capacidad de carga obtenida por corte. Las propiedades elásticas del suelo de cimentación fueron adoptadas a partir de tablas de acuerdo al tipo de suelo donde irá desplantada la cimentación.

Calicata	Relación de Poisson	Factor de forma (cm/m)	Módulo de elasticidad (Ton/m <sup>2</sup> )	Presión de Trabajo (Ton/m <sup>2</sup> )	Ancho de la cimentación (m)	Asentamiento (cm)
C-3	0,15	153	14000	20,0	2,00	0,43

#### 1.9.4 Presión admisible del terreno

La presión admisible de todo terreno no es una constante, pues esta depende de las dimensiones de la cimentación, los asentamientos y las distancias entre columnas.

Dado que se trata de un suelo cohesivo es válido aplicar el Factor de Seguridad (F.S.) a toda la expresión de Terzaghi, asimismo ya que las cargas vivas son en gran parte continuas se tomará como FS un valor de 3. Ver Anexo en donde se detalla el Análisis de capacidad admisible del terreno.

#### 1.9.5 Parámetros para el diseño de muros de contención

Los empujes laterales del terreno a considerar para el diseño de las placas del sótano de las tribunas, muros de contención, y/ o estructuras similares, pueden calcularse tomando en cuenta un diagrama triangular de presiones del subsuelo, en el cual el empuje activo a cualquier profundidad puede calcularse con la expresión propuesta por Rankine:

Calicata	Angulo de fricción interna (°)	Peso específico del terreno (g/cm <sup>3</sup> )	Presión activa (Ka)	Presión pasiva (Kp)
C-3	26,19	1,804	0,388	2,580

#### 1.10 Efecto del sismo

##### a. Sismicidad

En el territorio peruano se han establecido diversas zonas con diferentes características de acuerdo a la mayor o menor presencia de sismos.

Según los mapas de la zonificación sísmica y mapa de máximas intensidades sísmicas del Perú y de acuerdo a las normas sismo resistentes (Norma Técnica de Edificación E.030) del reglamento de edificaciones, el distrito de Huancavelica de la provincia de Huancavelica se encuentra comprendida en la Zona 3 correspondiente a una sismicidad media y de una intensidad VII en la escala Mercalli Modificada.

##### b. Parámetros para diseño sismo resistente

De acuerdo a las normas peruanas de diseño sismo resistente (E.030), se recomienda los siguientes parámetros:

- ✓ Factor de Zona = 0,35
- ✓ Perfil Tipo suelo = S2
- ✓ Factor de suelo = 1,15
- ✓ Periodo del suelo T<sub>p</sub>(s) = 0,06
- ✓ Periodo del suelo T<sub>l</sub>(s) = 2,00



#### 1.11 Planos y perfiles del suelo

##### 1.11.1 Plano de Ubicación del programa de exploración

El plano de ubicación de las calicatas está en los anexos VI.

##### 1.11.2 Perfil estratigráfico por punto investigado

En la conformación del subsuelo de apoyo de la cimentación, según la Clasificación SUCS, se tienen los siguientes estratos. Se presenta con mayor detalle las características de los perfiles estratigráficos en el presente informe ver anexo II.

##### 1.12 Resultados de los ensayos In-situ y de laboratorio

Los ensayos se efectuaron en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la empresa C3 Ingeniería Especializada S.A.C, bajo los estándares normativos de la NTP.

##### 1.12.1 Ensayos efectuados

- Análisis granulométrico por tamizado
- Límite líquido
- Límite plástico
- Contenido de humedad
- Densidad natural
- Corte directo
- Contenido de sales solubles totales
- Contenido de sulfatos solubles
- Contenido de cloruros solubles



Ver Anexo.

##### 1.12.2 Clasificación de suelos

Los suelos se han clasificado de acuerdo a los sistemas SUSC y AASTHO.

Ver Anexo III: Ensayos de laboratorio

#### 1.13 Conclusiones y recomendaciones

##### 1.13.1 Conclusiones

- El proyecto se encuentra en el distrito de Santa Barbara – provincia de Huancavelica – región Huancavelica.
- La profundidad de cimentación de la estructura será de 1,60 m. como mínimo.
- Se determinó la capacidad de carga admisible del terreno para la alternativa de cimentación considerada obteniéndose: q<sub>adm</sub> = 2,00 kg/cm<sup>2</sup>, para la calicata C-3, teniendo en cuenta el asentamiento permisible del R.N.E. E-050.
- Durante el proceso constructivo se deberá verificarse que la cimentación no se encuentre material disturbado ó relleno (plástico, trozos de ladrillo, madera, etc).

#### 1.13.1 Recomendaciones

- De acuerdo al resultado de los análisis químicos, el subsuelo no presenta sales agresivas por lo cual se podrá usar cemento portland tipo I en la preparación del concreto de los cimientos.
  - Los rellenos controlados son aquellos que se construyen con material seleccionado, tendrán las mismas condiciones de apoyo que las cimentaciones superficiales. Los métodos empleados en su conformación, compactación y control, dependen principalmente de las propiedades físicas del material. El material seleccionado con el que se debe construir el Relleno Controlado deberá ser compactado de la siguiente manera:
    - a) Si tiene más de 12% de finos, deberá compactarse a una densidad mayor o igual del 90% de la máxima densidad seca del método de ensayo proctor modificado, NTP 339.141 (ASTM D 1557), en todo su espesor.
    - b) Si tiene igual o menos de 12% de finos, deberá compactarse a una densidad no menor del 95% de la máxima densidad seca del método de ensayo proctor modificado, NTP 339.141 (ASTM D 1557), en todo su espesor.
- En todos los casos deberán realizarse controles de compactación en todas las capas compactadas, a razón necesariamente, de un control por cada 250 m<sup>2</sup> con un mínimo de tres controles por capa. En áreas pequeñas (igual o menores a 25 m<sup>2</sup>) se aceptará un ensayo como mínimo. En cualquier caso, el espesor máximo a controlar será de 0,30 m de espesor. Cuando se requiera verificar la compactación de un Relleno Controlado ya construido, este trabajo deberá realizarse mediante cualquiera de los siguientes métodos:
- a) Un ensayo de Penetración Estándar NTP 339.133 (ASTM D 1586) por cada metro de espesor de Relleno Controlado. El resultado de este ensayo debe ser mayor a N 60= 25, golpes por cada 0,30m de penetración.
  - b) Un ensayo con Cono de Arena, NTP 339.143 (ASTM D1556) ó por medio de métodos nucleares, NTP 339.144 (ASTM D2922), por cada 0,50 m de espesor. Los resultados deberán ser: mayores a 90% de la máxima densidad seca del ensayo proctor modificado, si tiene más de 12% de finos; o mayores al 95% de la máxima densidad seca del ensayo proctor Modificado si tiene igual o menos de 12% de finos.
- Se recomienda, antes del vaciado de las zapatas que se apoye en compactar el suelo de apoyo que generalmente se altera por el proceso de excavación.
  - En el caso que durante la ejecución de la obra se detecte relleno y/o zonas disturbadas en el nivel de cimentación (caso de suelo removido por la excavación de las calicatas), puede considerarse el empleo de sub-zapatas de concreto de ciclópeo de altura variable hasta ubicar el terreno natural.
  - Cuando se encuentra la napa freática se tiene que drenar y/o aislar para su posterior bombeo.
  - Los resultados del presente estudio, solo son válidos para la zona de estudio investigada.



#### BIBLIOGRAFÍA

- Reglamento Nacional de Edificaciones - Norma E-050 "Suelos y Cimentaciones".
- Reglamento Nacional de Edificaciones - Norma E-030 "Diseño Sismo Resistente".
- Braja M. Das. "Principio de Ingeniería de Cimentaciones".
- Lambe - Whitman "Mecánica de Suelos".
- A.C.I. "Cimentaciones de Concreto Armado en Edificaciones".



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Expediente N° : 1601-2021  
 Peticionario : JULIO AUGUSTO GUADALUPE HUAMÁN  
 Proyecto : PELIGRO A DESLIZAMIENTO POR PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO DEL SECTOR SANTA BÁRBARA - HUANCAYELICA  
 Ubicación : Santa Bárbara - Huancavelica - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 16-01-21

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Calicata : C-3  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 3.00

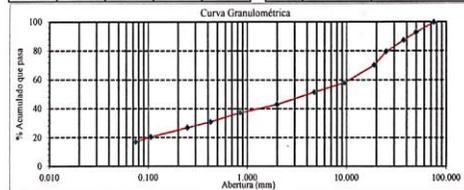
N	8586395 8290 m
E	503436.7504 m
Elev	1730.060 msnm

Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulado Retenido	% Que Pasa
3 pulg	75.000	0.0	0.0	100.0
2 pulg	50.000	7.0	7.0	93.0
1 1/2 pulg	37.500	5.3	12.2	87.8
1 pulg	25.000	7.9	20.1	79.9
3/4 pulg	19.000	9.4	29.6	70.4
3/8 pulg	9.500	12.2	41.8	58.2
No. 4	4.750	6.5	48.3	51.7
No. 10	2.000	8.5	56.8	43.2
No. 20	0.850	5.6	62.4	37.6
No. 40	0.425	6.5	68.9	31.1
No. 60	0.250	4.0	72.9	27.1
No. 140	0.106	6.5	79.4	20.6
No. 200	0.075	3.2	82.6	17.4
Fondo		17.4	100.0	

Método de Ensayo para determinar el Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de los suelos NTP 339.129	
Límite Líquido	24
Límite Plástico	21
Índice de Plasticidad	3

Fracciones Granulométricas		Control de Humedad NTP 339.127	
% Grava	48.3	% Humedad	4.1
% Arena	34.3		
% Finos	17.4		

Clasificación SUCS NTP 339.134	Clasificación ASTHO NTP 339.135
Símbolo GW - GM	A-1-a (2)
Nombre Grava limosa con arena	



NOTAS:  
 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.  
 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI-GP-004-1993).  
 Realizado y revisado por el Ing. Omar Alex Huamani Salazar



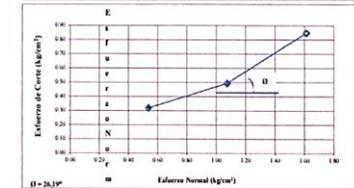
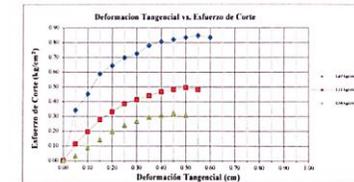
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Expediente N° : 1601-2021  
 Peticionario : JULIO AUGUSTO GUADALUPE HUAMÁN  
 Proyecto : PELIGRO A DESLIZAMIENTO POR PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO DEL SECTOR SANTA BÁRBARA - HUANCAYELICA  
 Ubicación : Santa Bárbara - Huancavelica - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 16-01-21

I. Ensayo de Corte Directo  
 NTP 339.171

Calicata : C-3  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 3.00  
 SUCS : GW - GM  
 Especimen : Remolado (mat. < Tamiz No. 4)

Página 1 de 2



NOTAS:  
 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.  
 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI-GP-004-1993).

Revisado y realizado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Expediente N° : 1601-2021  
 Peticionario : JULIO AUGUSTO GUADALUPE HUAMÁN  
 Proyecto : PELIGRO A DESLIZAMIENTO POR PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO DEL SECTOR SANTA BÁRBARA- HUANCAYELICA  
 Ubicación : Santa Bárbara - Huancavelica - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 16-01-21

II. Ensayo de Corte Directo  
 NTP 339.171

Calicata : C-3  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 3.00  
 SUCS : GW - GM  
 Especimen : Remoldeado (mat. < Tamiz No. 4)

Página 2 de 2

	I	II	III
Lado de la caja (cm)	6.00	6.00	6.00
Densidad húmeda inicial (g/cm <sup>3</sup> )	1.804	1.804	1.804
Densidad seca inicial (g/cm <sup>3</sup> )	1.733	1.733	1.733
% Contenido de humedad inicial	4.1	4.1	4.1
Densidad húmeda final (g/cm <sup>3</sup> )	2.116	2.124	2.113
Densidad seca final (g/cm <sup>3</sup> )	1.853	1.849	1.833
% Contenido humedad final	14.2	14.9	15.3
Esfuerzo normal (kg/cm <sup>2</sup> )	0.54	1.07	1.61
Esfuerzo de corte máximo (kg/cm <sup>2</sup> )	0.321	0.496	0.849
Ángulo de fricción interna	: 26.19 °		
Cohesión (kg/cm <sup>2</sup> )	: 0.01		

NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI/ GP-004: 1993).

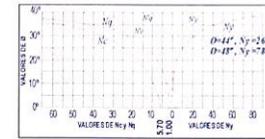
Revisado y realizado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



ANÁLISIS DE CAPACIDAD ADMISIBLE DEL TERRENO

Expediente N° : 1601-2021  
 Peticionario : JULIO AUGUSTO GUADALUPE HUAMÁN  
 Proyecto : PELIGRO A DESLIZAMIENTO POR PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO DEL SECTOR SANTA BÁRBARA- HUANCAYELICA  
 Ubicación : Santa Bárbara - Huancavelica - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 16-01-21  
 N° de muestra : M-1  
 N° de calicata : C-3

Clasificación SUCS : GW - GM  
 Peso específico γ : 1.804 g/cm<sup>3</sup>  
 Ángulo de fricción φ : 26.19 °  
 Cohesión c : 0.01 kg/cm<sup>2</sup>



Según Terzaghi

Capacidad de carga última para cimentaciones cuadradas

Q<sub>ult</sub> = Capacidad de carga última  
 Q<sub>adm</sub> = Capacidad admisible  

$$Q_{ult} = 1.3cN_c + \gamma DfN_q + 0.4\gamma B\gamma N_\gamma$$

CALCULO DE CAPACIDAD DE CARGAS PARA DIFERENTES ALTURAS DE LA CIMENTACION

TIPO DE FALLA GENERAL PARA ZAPATA CUADRADA

Peso específico (kg/cm <sup>3</sup> )	φ	c	N <sub>c</sub>	N <sub>q</sub>	N <sub>γ</sub>
0.001804	26.19	0.01	27.31	14.34	9.89

ZAPATA CUADRADA

Factor de seguridad F.S. 2.0

Base (cm)	Prof. (cm)	Q <sub>ult</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Q <sub>adm</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
150	150	5.37	2.68
150	160	5.63	2.81
150	170	5.89	2.94
150	180	6.15	3.07
150	190	6.40	3.20
150	200	6.66	3.33
150	210	6.92	3.46
200	150	5.73	2.86
200	160	5.99	2.99
200	170	6.24	3.12
200	180	6.50	3.25
200	190	6.76	3.38
200	200	7.02	3.51
200	210	7.28	3.64

ZAPATA CUADRADA

Factor de seguridad F.S. 2.5

Base (cm)	Prof. (cm)	Q <sub>ult</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Q <sub>adm</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
150	150	5.37	2.15
150	160	5.63	2.25
150	170	5.89	2.35
150	180	6.15	2.46
150	190	6.40	2.56
150	200	6.66	2.67
150	210	6.92	2.77
200	150	5.73	2.29
200	160	5.99	2.39
200	170	6.24	2.50
200	180	6.50	2.60
200	190	6.76	2.70
200	200	7.02	2.81
200	210	7.28	2.91

ZAPATA CUADRADA

Factor de seguridad F.S. 3.0

Base (cm)	Prof. (cm)	Q <sub>ult</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Q <sub>adm</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
150	150	5.37	1.79
150	160	5.63	1.88
150	170	5.89	1.96
150	180	6.15	2.05
150	190	6.40	2.13
150	200	6.66	2.22
150	210	6.92	2.31
200	150	5.73	1.91
200	160	5.99	2.00
200	170	6.24	2.08
200	180	6.50	2.17
200	190	6.76	2.25
200	200	7.02	2.34
200	210	7.28	2.43

230	150	6.08	3.04
230	160	6.34	3.17
230	170	6.60	3.30
230	180	6.86	3.43
230	190	7.12	3.56
230	200	7.38	3.69
230	210	7.64	3.82
300	150	6.44	3.22
300	160	6.70	3.35
300	170	6.96	3.48
300	180	7.22	3.61
300	190	7.48	3.74
300	200	7.73	3.87
300	210	7.99	4.00

250	150	6.08	2.43
250	160	6.34	2.54
250	170	6.60	2.64
250	180	6.86	2.74
250	190	7.12	2.85
250	200	7.38	2.95
250	210	7.64	3.05
300	150	6.44	2.58
300	160	6.70	2.68
300	170	6.96	2.78
300	180	7.22	2.89
300	190	7.48	2.99
300	200	7.73	3.09
300	210	7.99	3.20

150	150	5.37	1.79
150	160	5.63	1.88
150	170	5.89	1.96
150	180	6.15	2.05
150	190	6.40	2.13
150	200	6.66	2.22
150	210	6.92	2.31
200	150	5.73	1.91
200	160	5.99	2.00
200	170	6.24	2.08
200	180	6.50	2.17
200	190	6.76	2.25
200	200	7.02	2.34
200	210	7.28	2.43
250	150	6.08	2.43
250	160	6.34	2.54
250	170	6.60	2.64
250	180	6.86	2.74
250	190	7.12	2.85
250	200	7.38	2.95
250	210	7.64	3.05
300	150	6.44	2.58
300	160	6.70	2.68
300	170	6.96	2.78
300	180	7.22	2.89
300	190	7.48	2.99
300	200	7.73	3.09
300	210	7.99	3.20

Revisado y realizado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

Expediente N° : 1601-2021  
 Peticionario : JULIO AUGUSTO GUADALUPE HUAMÁN  
 Proyecto : PELIGRO A DESLIZAMIENTO POR PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO DEL SECTOR SANTA BÁRBARA- HUANCAMELICA  
 Ubicación : Santa Bárbara - Huancavelica - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 16-01-21

**RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICOS**

Calicata : C-3  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 3.00

Parámetro	Unidad	NTP	Resultado	Método
Sales Solubles Totales	mg/kg	339.152	214.2	Gravimétrico
Cloruros Solubles Cl <sup>-</sup>	mg/lt	339.177	253.8	Volumétrico
Sulfatos Solubles SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/kg	339.178	124.9	Turbidimétrico

**NOTA:**

- 1) El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra al laboratorio son responsabilidad del solicitante.
- 2) Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente Informe sin la Autorización del Laboratorio.
- 3) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI GP 004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



**TABLA N°1**  
**RESUMEN DE LOS TRABAJOS DE CAMPO**

Calicata	Profundidad (m)	Profundidad Nivel Freático (m)
C-3	3.00	---

**TABLA N°2**  
**CANTIDAD DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

Calicata	Profundidad (m)	Ensayos Estándar				Ensayos Especiales	Ensayos Químicos		
		Granulometría	L.L.	LP	% Humedad	Corte Directo	Sales totales (ppm)	Sulfatos (ppm)	Cloruros (ppm)
C-3	3.00	1	1	1	1	1	1	1	
<b>Totales</b>		<b>01</b>	<b>01</b>	<b>01</b>	<b>01</b>	<b>01</b>	<b>01</b>	<b>01</b>	

**TABLA N°3**  
**TIPO DE CEMENTO REQUERIDO PARA EL CONCRETO EXPUESTO AL ATAQUE DE LOS SULFATOS**

Exposición a sulfatos	Sulfato soluble en agua (SO <sub>4</sub> ) presente en el suelo, porcentaje en peso	Sulfatos en muestra de agua (p.p.m.)	Tipo de cemento	Relación máxima agua - material cementante en peso para concretos de peso normal	f <sub>c</sub> máximo (MPa) para concretos de peso normal y ligero
Insignificante	0,0 ≤ SO <sub>4</sub> < 0,1	0 ≤ SO <sub>4</sub> < 150	---	---	---
Moderada	0,1 ≤ SO <sub>4</sub> < 0,2	150 ≤ SO <sub>4</sub> < 1500	II, (P)(MS), (S)(MS), (PM)(MS), (SM)(MS)	0,50	28
Severa	0,2 ≤ SO <sub>4</sub> < 2,0	1500 ≤ SO <sub>4</sub> < 10000	V	0,45	31
Muy severa	2,0 ≤ SO <sub>4</sub>	10000 ≤ SO <sub>4</sub>	V + puzolánico	0,45	31

Fuente: R.N.E. E-660



**1.4.5 Recomendaciones adicionales**

Durante la ejecución del proyecto, cuando se pueda notar la presencia de la capa freática, realizar el procedimiento de bombeo, para que no pueda afectar la capacidad de carga del suelo.

**1.5 Información previa**

El terreno donde se realizó el estudio era un terreno libre.

**1.6 Exploración de campo**

Se realizó en primer lugar el reconocimiento del terreno asignado para el Proyecto PELIGRO A DESLIZAMIENTO POR PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO DEL SECTOR SANTA BÁRBARA- HUANCAVELICA

, para posteriormente elaborar el programa de exploración de campo el cual consistió en lo siguiente:

- ✓ Se determinó investigar un punto en el proyecto, esto de acuerdo a la disponibilidad de área y en función al comportamiento del suelo.
- ✓ Estas se realizaron a cielo abierto verificándose la estratigrafía los que se clasificaron visualmente según la norma NTP 339.150.
- ✓ Se determinó extraer una muestra para realizar los ensayos, la misma que fue debidamente protegida y remitidas al laboratorio.

Se considera necesario mencionar que los laboratorios que realizaron los análisis respectivos fueron los Laboratorios de la C3 Ingeniería Especializada S.A.C. – Huancayo.

**1.7 Ensayos de laboratorio**

Dado las características estratigráficas se determinó realizar tres (03) ensayos estándares, un (01) ensayo especial y un (01) ensayo químico por calicata.

El análisis de las muestras se realizó en base a las normas de la NTP (Norma Técnica Peruana), como sigue:

**1.7.1 Ensayos Estándares**

- ✓ Análisis granulométrico por tamizado NTP 339.128
- ✓ Limite plástico NTP 339.129
- ✓ Limite líquido NTP 339.129

**1.7.2 Ensayo Especial**

- ✓ Ensayo de corte directo NTP 339.171

**1.7.3 Ensayos Químicos**

- ✓ Sales solubles NTP 339.152
- ✓ Cloruros solubles NTP 339.177
- ✓ Sulfatos solubles NTP 339.178

Los resultados de estos ensayos se presentan en el anexo del presente informe.



**1.8 Nivel de la napa freática**

No existe presencia de capa freática.

**1.9 Análisis de cimentación**

**1.9.1 Memoria de cálculo**

Los resultados de la memoria de cálculo se presentan en el anexo a cada calicata.

**1.9.2 Profundidad de la excavación**

La profundidad de cimentación de cada calicata es:

Calicata	Profundidad de la cimentación (m)
C-4	1,50

**1.9.3 Estimación de asentamientos**

La presión transmitida por la estructura puede generar asentamientos mayores a los admisibles, por lo tanto, se verificará los asentamientos. Considerando la presencia de suelos de naturaleza granular como limos arenosos y arenas limosas, se consideran asentamientos del tipo inmediato y se calculan por el método elástico según la relación:

Considerando la presencia de materiales gravosos en la profundidad activa de cimentación dentro del bulbo de presiones, el análisis de asentamientos se efectuará por el método elástico según la relación siguiente:

$$S = \frac{qB(1-\mu^2)}{E_s} I_f$$



Donde:

- S = Asentamiento inmediato en cm.
- u = Relación de Poisson
- I<sub>f</sub> = Factor de forma (cm/m)
- E<sub>s</sub> = Módulo de elasticidad (Ton/m<sup>2</sup>)
- q = Presión de trabajo (Ton/m<sup>2</sup>)
- B = Ancho de la cimentación (m)

El asentamiento diferencial admisible de acuerdo a la normatividad vigente será de L/500, límite seguro para edificaciones convencionales que no permiten grietas donde L es la longitud entre ejes de zapatas o cimientos.

Para el análisis de asentamientos se considera una presión vertical transmitida igual a la capacidad de carga obtenida por corte. Las propiedades elásticas del suelo de cimentación fueron adoptadas a partir de tablas de acuerdo al tipo de suelo donde irá desplantada la cimentación.

Calicata	Relación de Poisson	Factor de forma (cm/m)	Módulo de elasticidad (Ton/m <sup>2</sup> )	Presión de Trabajo (Ton/m <sup>2</sup> )	Ancho de la cimentación (m)	Asentamiento (cm)
C-4	0,15	153	14000	20,0	2,00	0,43

#### 1.9.4 Presión admisible del terreno

La presión admisible de todo terreno no es una constante, pues esta depende de las dimensiones de la cimentación, los asentamientos y las distancias entre columnas.

Dado que se trata de un suelo cohesivo es válido aplicar el Factor de Seguridad (F.S.) a toda la expresión de Terzaghi, asimismo ya que las cargas vivas son en gran parte continuas se tomará como FS un valor de 3. Ver Anexo en donde se detalla el Análisis de capacidad admisible del terreno.

#### 1.9.5 Parámetros para el diseño de muros de contención

Los empujes laterales del terreno a considerar para el diseño de las placas del sótano de las tribunas, muros de contención, y/o estructuras similares, pueden calcularse tomando en cuenta un diagrama triangular de presiones del subsuelo, en el cual el empuje activo a cualquier profundidad puede calcularse con la expresión propuesta por Rankine:

Calicata	Angulo de fricción interna (°)	Peso específico del terreno (g/cm <sup>3</sup> )	Presión activa (Ka)	Presión pasiva (Kp)
C-4	25.83	1.804	0.02	2.580

#### 1.10 Efecto del sismo

##### a. Sismicidad

En el territorio peruano se han establecido diversas zonas con diferentes características de acuerdo a la mayor o menor presencia de sismos.

Según los mapas de la zonificación sísmica y mapa de máximas intensidades sísmicas del Perú y de acuerdo a las normas sismo resistentes (Norma Técnica de Edificación E.030) del reglamento de edificaciones, el distrito de Huancavelica de la provincia de Huancavelica se encuentra comprendida en la Zona 3 correspondiente a una sismicidad media y de una intensidad VII en la escala Mercalli Modificada.

##### b. Parámetros para diseño sismo resistente

De acuerdo a las normas peruanas de diseño sismo resistente (E.030), se recomienda los siguientes parámetros:

- ✓ Factor de Zona = 0,35
- ✓ Perfil Tipo suelo = S2
- ✓ Factor de suelo = 1,15
- ✓ Periodo del suelo  $T_r(s)$  = 0,06
- ✓ Periodo del suelo  $T_1(s)$  = 2,00



#### 1.11 Planos y perfiles del suelo

##### 1.11.1 Plano de Ubicación del programa de exploración

El plano de ubicación de las calicatas está en los anexos VI.

##### 1.11.2 Perfil estratigráfico por punto investigado

En la conformación del subsuelo de apoyo de la cimentación, según la Clasificación SUCS, se tienen los siguientes estratos. Se presenta con mayor detalle las características de los perfiles estratigráficos en el presente informe ver anexo II.

##### 1.12 Resultados de los ensayos In-situ y de laboratorio

Los ensayos se efectuaron en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la empresa C3 Ingeniería Especializada S.A.C, bajo los estándares normativos de la NTP.

##### 1.12.1 Ensayos efectuados

- Análisis granulométrico por tamizado
- Límite líquido
- Límite plástico
- Contenido de humedad
- Densidad natural
- Corte directo
- Contenido de sales solubles totales
- Contenido de sulfatos solubles
- Contenido de cloruros solubles

Ver Anexo.



##### 1.12.2 Clasificación de suelos

Los suelos se han clasificado de acuerdo a los sistemas SUCS y AASTHO.

Ver Anexo III: Ensayos de laboratorio

#### 1.13 Conclusiones y recomendaciones

##### 1.13.1 Conclusiones

- El proyecto se encuentra en el distrito de Santa Barbara – provincia de Huancavelica – región Huancavelica.
- La profundidad de cimentación de la estructura será de 1.60 m. como mínimo.
- Se determinó la capacidad de carga admisible del terreno para la alternativa de cimentación considerada obteniéndose:  $q_{adm} = 2,00 \text{ kg/cm}^2$ , para la calicata C-4, teniendo en cuenta el asentamiento permisible del R.N.E. E-050.
- Durante el proceso constructivo se deberá verificarse que la cimentación no se encuentre material disturbado ó relleno (plástico, trozos de ladrillo, madera, etc).

#### 1.13.1 Recomendaciones

- De acuerdo al resultado de los análisis químicos, el subsuelo no presenta sales agresivas por lo cual se podrá usar cemento portland tipo I en la preparación del concreto de los cimientos.
  - Los rellenos controlados son aquellos que se construyen con material seleccionado, tendrán las mismas condiciones de apoyo que las cimentaciones superficiales. Los métodos empleados en su conformación, compactación y control, dependen principalmente de las propiedades físicas del material. El material seleccionado con el que se debe construir el Relleno Controlado deberá ser compactado de la siguiente manera:
    - a) Si tiene más de 12% de finos, deberá compactarse a una densidad mayor o igual del 90% de la máxima densidad seca del método de ensayo proctor modificado, NTP 339.141 (ASTM D 1557), en todo su espesor.
    - b) Si tiene igual o menos de 12% de finos, deberá compactarse a una densidad no menor del 95% de la máxima densidad seca del método de ensayo proctor modificado, NTP 339.141 (ASTM D 1557), en todo su espesor.
- En todos los casos deberán realizarse controles de compactación en todas las capas compactadas, a razón necesariamente, de un control por cada 250 m<sup>2</sup> con un mínimo de tres controles por capa. En áreas pequeñas (igual o menores a 25 m<sup>2</sup>) se aceptará un ensayo como mínimo. En cualquier caso, el espesor máximo a controlar será de 0,30 m de espesor. Cuando se requiera verificar la compactación de un Relleno Controlado ya construido, este trabajo deberá realizarse mediante cualquiera de los siguientes métodos:
- a) Un ensayo de Penetración Estándar NTP 339.133 (ASTM D 1586) por cada metro de espesor de Relleno Controlado. El resultado de este ensayo debe ser mayor a N 60= 25, golpes por cada 0,30m de penetración.
  - b) Un ensayo con Cono de Arena, NTP 339.143 (ASTM D1556) ó por medio de métodos nucleares, NTP 339.144 (ASTM D2922), por cada 0,50 m de espesor. Los resultados deberán ser: mayores a 90% de la máxima densidad seca del ensayo proctor modificado, si tiene más de 12% de finos; o mayores al 95% de la máxima densidad seca del ensayo proctor Modificado si tiene igual o menos de 12% de finos.
- Se recomienda, antes del vaciado de las zapatas que se apoye en compactar el suelo de apoyo que generalmente se altera por el proceso de excavación.
  - En el caso que durante la ejecución de la obra se detecte relleno y/o zonas disturbadas en el nivel de cimentación (caso de suelo removido por la excavación de las calicatas), puede considerarse el empleo de sub-zapatas de concreto de ciclópeo de altura variable hasta ubicar el terreno natural.
  - Cuando se encuentra la napa freática se tiene que drenar y/o aislar para su posterior bombeo.
  - Los resultados del presente estudio, solo son válidos para la zona de estudio investigada.



#### BIBLIOGRAFÍA

- Reglamento Nacional de Edificaciones - Norma E-050 "Suelos y Cimentaciones".
- Reglamento Nacional de Edificaciones - Norma E-030 "Diseño Sismo Resistente".
- Braja M. Das. "Principio de Ingeniería de Cimentaciones".
- Lambe - Whitman "Mecánica de Suelos".
- A.C.I. "Cimentaciones de Concreto Armado en Edificaciones".



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Expediente N° : 1601-2021  
 Peticionario : JULIO AUGUSTO GUADALUPE HUAMÁN  
 Proyecto : PELIGRO A DESLIZAMIENTO POR PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO DEL SECTOR SANTA BÁRBARA - HUANCAYVELICA  
 Ubicación : Santa Bárbara - Huancavelica - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 16-01-21

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

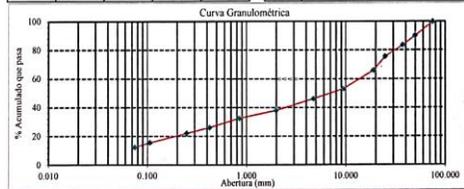
Calicata : C-4  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 3.00

Método de Ensayo para el Análisis Granulométrico NTP 339.128			
Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulado Retenido
3 pulg	75.000	0.0	0.0
2 pulg	50.000	9.7	9.7
1 1/2 pulg	37.500	6.5	16.1
1 pulg	25.000	8.1	24.2
3/4 pulg	19.000	9.7	33.9
3/8 pulg	9.500	12.9	46.8
No. 4	4.750	6.8	53.5
No. 10	2.000	8.1	61.6
No. 20	0.850	5.6	67.3
No. 40	0.425	6.5	73.7
No. 60	0.250	4.0	77.7
No. 140	0.106	6.5	84.2
No. 200	0.075	3.2	87.4
Fondo		12.6	100.0

Método de Ensayo para Determinar el Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de los suelos NTP 339.129	
Límite Líquido	20
Límite Plástico	17
Índice de Plasticidad	3

Fracciones Granulométricas		Contenido de Humedad	
% Grava	53.5	% Humedad	4.1
% Arena	33.9		
% Finos	12.6		

Clasificación SUCS		Clasificación AASTHO	
NTP 339.134		NTP 339.135	
Símbolo	GM	A-1-a (0)	
Nombre	Grava limosa con arena		



NOTAS:  
 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.  
 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP 004: 1993).  
 Realizado y revisado por el Ing. Omar Alex Huamani Salazar



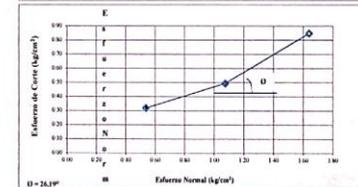
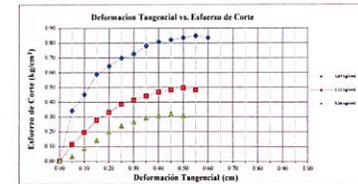
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Expediente N° : 1601-2021  
 Peticionario : JULIO AUGUSTO GUADALUPE HUAMÁN  
 Proyecto : PELIGRO A DESLIZAMIENTO POR PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO DEL SECTOR SANTA BÁRBARA - HUANCAYVELICA  
 Ubicación : Santa Bárbara - Huancavelica - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 16-01-21

I. Ensayo de Corte Directo  
 NTP 339.171

Calicata : C-4  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 3.00  
 SUCS : GM  
 Especimen : Remoldado (mat. < Tamiz No. 4)

Página 1 de 2



NOTAS:  
 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.  
 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP 004: 1993).

Revisado y realizado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

Expediente N° : 1601-2021  
 Peticionario : JULIO AUGUSTO GUADALUPE HUAMÁN  
 Proyecto : PELIGRO A DESLIZAMIENTO POR PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO DEL SECTOR SANTA BÁRBARA-HUANCavelica  
 Ubicación : Santa Bárbara - Huancavelica - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 16-01-21

**II. Ensayo de Corte Directo**  
**NTP 339.171**

Calicata : C-4  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 3.00  
 SUCS : GM  
 Especimen : Remoldeado (mat. - Tamiz No 4)

Página 2 de 2

	I	II	III
Lado de la caja (cm)	6.00	6.00	6.00
Densidad húmeda inicial (g/cm <sup>3</sup> )	1.804	1.804	1.804
Densidad seca inicial (g/cm <sup>3</sup> )	1.733	1.733	1.733
% Contenido de humedad inicial	4.1	4.1	4.1
Densidad húmeda final (g/cm <sup>3</sup> )	2.116	2.124	2.113
Densidad seca final (g/cm <sup>3</sup> )	1.853	1.849	1.833
% Contenido humedad final	14.2	14.9	15.3
Esfuerzo normal (kg/cm <sup>2</sup> )	0.54	1.07	1.64
Esfuerzo de corte máximo (kg/cm <sup>2</sup> )	0.321	0.496	0.849
Ángulo de fricción interna	: 25.63 °		
Cohesión (kg/cm <sup>2</sup> )	: 0.02		

**NOTAS:**

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI GP-004 1993)

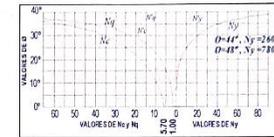
Revisado y realizado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



**ANÁLISIS DE CAPACIDAD ADMISIBLE DEL TERRENO**

Expediente N° : 1601-2021  
 Peticionario : JULIO AUGUSTO GUADALUPE HUAMÁN  
 Proyecto : PELIGRO A DESLIZAMIENTO POR PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO DEL SECTOR SANTA BÁRBARA-HUANCavelica  
 Ubicación : Santa Bárbara - Huancavelica - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 16-01-21  
 N° de muestra : M-1  
 N° de calicata : C-4

Clasificación SUCS:  
 Peso específico  $\gamma$  : 1.804 g/cm<sup>3</sup>  
 Ángulo de fricción  $\phi$  : 25.63 °  
 Cohesión  $c$  : 0.02 kg/cm<sup>2</sup>



Según Terzaghi

Capacidad de carga última para cimentaciones cuadradas

$Q_{ult}$  = Capacidad de carga última

$Q_{adm}$  = Capacidad admisible

$$Q_{ult} = 1.3cN_c + \gamma DfN_q + 0.4\gamma B\gamma$$

**CALCULO DE CAPACIDAD DE CARGAS PARA DIFERENTES ALTURAS DE LA CIMENTACION**

Peso Especifico (kg/cm <sup>3</sup> )	TIPO DE FALLA GENERAL PARA ZAPATA CUADRADA				
	$\phi$	$c$	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma$
0.001804	25.63	0.02	25.99	13.28	8.72

ZAPATA CUADRADA				
Factor de seguridad F.S. 2.0				
Base (cm)	Prof. (cm)	$Q_{ult}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$Q_{adm}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	
150	150	5.26	2.63	
150	160	5.50	2.75	
150	170	5.74	2.87	
150	180	5.98	2.99	
150	190	6.22	3.11	
150	200	6.46	3.23	
150	210	6.70	3.35	
200	150	5.58	2.79	
200	160	5.82	2.91	
200	170	6.06	3.03	
200	180	6.30	3.15	
200	190	6.54	3.27	
200	200	6.78	3.39	
200	210	7.01	3.51	
250	150	5.89	2.95	
250	160	6.13	3.07	
250	170	6.37	3.19	
250	180	6.61	3.31	
250	190	6.85	3.43	
250	200	7.09	3.54	
250	210	7.33	3.66	
300	150	6.21	3.10	
300	160	6.45	3.22	
300	170	6.69	3.34	
300	180	6.93	3.46	
300	190	7.16	3.58	
300	200	7.40	3.70	
300	210	7.64	3.82	

ZAPATA CUADRADA				
Factor de seguridad F.S. 2.5				
Base (cm)	Prof. (cm)	$Q_{ult}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$Q_{adm}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	
150	150	5.26	2.10	
150	160	5.50	2.20	
150	170	5.74	2.30	
150	180	5.98	2.39	
150	190	6.22	2.49	
150	200	6.46	2.58	
150	210	6.70	2.68	
200	150	5.58	2.23	
200	160	5.82	2.33	
200	170	6.06	2.42	
200	180	6.30	2.52	
200	190	6.54	2.61	
200	200	6.78	2.71	
200	210	7.01	2.81	
250	150	5.89	2.36	
250	160	6.13	2.45	
250	170	6.37	2.55	
250	180	6.61	2.64	
250	190	6.85	2.74	
250	200	7.09	2.84	
250	210	7.33	2.93	
300	150	6.21	2.48	
300	160	6.45	2.58	
300	170	6.69	2.67	
300	180	6.93	2.77	
300	190	7.16	2.87	
300	200	7.40	2.96	
300	210	7.64	3.06	

Revisado y realizado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex

RAZÓN SOCIAL: C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.  
 DIRECCIÓN : Av. Los Próceres N° 1000 – Chica – Huancayo - Junín  
 CELULAR : 947898992  
 E-MAIL : c3ingenieriaspecializadasac@gmail.com



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

Expediente N° : 1601-2021  
 Peticionario : JULIO AUGUSTO GUADALUPE HUAMÁN  
 Proyecto : PELIGRO A DESLIZAMIENTO POR PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO DEL SECTOR SANTA BÁRBARA- HUANCAMELICA  
 Ubicación : Santa Bárbara - Huancavelica - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 16-01-21

**RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICOS**

Calicata : C-4  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 3.00

Parámetro	Unidad	NTP	Resultado	Método
Sales Solubles Totales	mg/kg	339.152	215.2	Gravimétrico
Cloruros Solubles Cl <sup>-</sup>	mg/lit	339.177	253.1	Volumétrico
Sulfatos Solubles SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/kg	339.178	125.2	Turbidimétrico

**NOTA:**

- 1) El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra al laboratorio son responsabilidad del solicitante.
- 2) Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente Informe sin la Autorización del Laboratorio.
- 3) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamán Salazar Omar Alex



DE CALIDAD



RAZÓN SOCIAL: C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.  
 DIRECCIÓN : Av. Los Próceres N° 1000 – Chica – Huancayo - Junín  
 CELULAR : 947898992  
 E-MAIL : c3ingenieriaspecializadasac@gmail.com



**TABLA N°1**  
**RESUMEN DE LOS TRABAJOS DE CAMPO**

Calicata	Profundidad (m)	Profundidad Nivel Freático (m)
C-4	3.00	---

**TABLA N°2**  
**CANTIDAD DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

Calicata	Profundidad (m)	Ensayos Estándar				Ensayos Especiales	Ensayos Químicos		
		Granulometría	L.L.	L.P.	% Humedad	Corte Directo	Sales totales (ppm)	Sulfatos (ppm)	Cloruros (ppm)
C-4	3.00	1	1	1	1	1	1	1	
<b>Totales</b>		<b>01</b>	<b>01</b>	<b>01</b>	<b>01</b>	<b>01</b>	<b>01</b>	<b>01</b>	

**TABLA N°3**  
**TIPO DE CEMENTO REQUERIDO PARA EL CONCRETO EXPUESTO AL ATAQUE DE LOS SULFATOS**

Exposición a sulfatos	Sulfato soluble en agua (SO <sub>4</sub> ) presente en el suelo, porcentaje en peso	Sulfatos en muestra de agua (p.p.m.)	Tipo de cemento	Relación máxima agua - material cementante en peso para concretos de peso normal	Fc mínimo (MPa) para concretos de peso normal y ligero
Insignificante	0,0 ≤ SO <sub>4</sub> < 0,1	0 ≤ SO <sub>4</sub> < 150	---	---	---
Moderada	0,1 ≤ SO <sub>4</sub> < 0,2	150 ≤ SO <sub>4</sub> < 1500	II (P/MS), IS(M/S), (P/M/S), (I/SM/M/S)	0,50	28
Severa	0,2 ≤ SO <sub>4</sub> < 2,0	1500 ≤ SO <sub>4</sub> < 10000	V	0,45	31
Muy severa	2,0 < SO <sub>4</sub>	10000 < SO <sub>4</sub>	V + puzolánico	0,45	31

Fuente R.N.E. E-000



DE CALIDAD



INFORME TÉCNICO  
 ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PELIGRO A DESLIZAMIENTO POR PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN  
 DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO DEL SECTOR SANTA  
 BÁRBARA- HUANCAVELICA

1.0 GENERALIDADES

1.1 OBJETIVO

El presente Informe Técnico tiene como objetivo establecer el comportamiento del suelo frente a los esfuerzos transmitidos por los periodos de retorno considerada en el proyecto PELIGRO A DESLIZAMIENTO POR PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO DEL SECTOR SANTA BÁRBARA- HUANCAVELICA

1.2 UBICACIÓN

El terreno se encuentra ubicado en el:

Distrito : Santa Bárbara  
 Provincia : Huancavelica  
 Región : Huancavelica

1.3 CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES

El proyecto considera el comportamiento de los esfuerzos transmitidos en los periodos de retorno y cause de los peligros que pueda ocurrir en dicho lugar.

1.4 RESUMEN DE LAS CONDICIONES DEL TERRENO

1.4.1 Tipo de cimentación

Dada la naturaleza del terreno en el que se va a cimentar y las magnitudes posibles de las cargas transmitidas se recomienda utilizar una cimentación superficial, que pueden ser:

- Muros de contención conectadas con vigas de cimentación
- Zapatas aisladas

1.4.2 Estrato de Apoyo de la cimentación

El estrato de apoyo para cimentación para cada calicata será:

- Calicata C-5 estrato de apoyo de grava limosa con arena.

1.4.3 Parámetros de diseño para cimentación

No se presenta problemas en la formación geológica del suelo. La capacidad portante se calculó mediante las fórmulas de Terzaghi y Peck y los parámetros de Vesic obteniendo diferentes capacidades para profundidades y anchos de cimentación determinados, esto de acuerdo de los tipos de suelos encontrados, así: **GM**  
 Calicata C-5



Se obtiene para zapatas cuadradas, los siguientes resultados:

ZAPATAS CUADRADAS			
Base (cm)	Profundidad (cm)	Qult (kg/cm <sup>2</sup> )	Capacidad Admisible (kg/cm <sup>2</sup> )
200	150	5.74	1.91
200	160	6.00	2.00
200	170	6.26	2.09

Para otras profundidades y dimensiones se presenta la hoja de cálculo correspondiente, en caso de zapatas rectangulares se debe tomar como referencia el lado más corto.

1.4.4 Agresividad del suelo de cimentación

La agresión que ocasiona el suelo a la cimentación de la estructura, está en función de la presencia de elementos químicos que actúa sobre el sobre concreto y el acero de refuerzo, causándole efectos nocivos.

Esta acción química ocurre en presencia del agua que pueda llegar a la cimentación (cimentación bajo nivel freático, zona de ascensión capilar, filtración, inundaciones, etc.). Los elementos químicos a evaluar son los sulfatos y cloruros por su acción química sobre el concreto y acero del cimiento respectivamente y las sales solubles totales por causar pérdida de resistencia por lixiviación.

ELEMENTOS QUÍMICOS NOCIVOS PARA EL ESTUDIO

PRESENCIA EN EL SUELO DE	ppm	GRADO DE ALTERACIÓN	OBSERVACIONES
Sulfatos solubles	0 – 1000 1000 – 2000 2000 – 20000 > 20000	Insignificante Moderado Severa Muy severa	Ocasiona un ataque químico al concreto de la cimentación
Cloruros solubles	> 6,000	Perjudicial	Ocasiona problemas de corrosión a las armaduras o elementos metálicos.
Sales totales solubles	> 15,000	Perjudicial	Ocasiona problemas de pérdida de resistencia mecánica por problemas de lixiviación.

Se han realizado los Análisis Químicos para determinar el contenido de Sulfatos, Cloruros y Sales Solubles en el Laboratorio de la empresa C3 Ingeniería Especializada S.A.C, obteniéndose los siguientes resultados:

Calicata	Prof. (m)	Sales solubles totales (ppm)	Cloruros solubles (ppm)	Sulfatos solubles (ppm)	Agresión
C-2	3.00	216.1	253.9	126.1	Insignificante

Como se puede observar el contenido de cloruros, sulfatos y sales solubles se encuentran por debajo de los LÍMITES DE AGRESIVIDAD, por lo cual se puede utilizar CEMENTO PORTLAND TIPO I.



#### 1.4.5 Recomendaciones adicionales

Durante la ejecución del proyecto, cuando se pueda notar la presencia de la capa freática, realizar el procedimiento de bombeo, para que no pueda afectar la capacidad de carga del suelo.

#### 1.5 Información previa

El terreno donde se realizó el estudio era un terreno libre.

#### 1.6 Exploración de campo

Se realizó en primer lugar el reconocimiento del terreno asignado para el Proyecto PELIGRO A DESLIZAMIENTO POR PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO DEL SECTOR SANTA BÁRBARA- HUANGAVELICA , para posteriormente elaborar el programa de exploración de campo el cual consistió en lo siguiente:

- ✓ Se determinó investigar un punto en el proyecto, esto de acuerdo a la disponibilidad de área y en función al comportamiento del suelo.
- ✓ Estas se realizaron a cielo abierto verificándose la estratigrafía los que se clasificaron visualmente según la norma NTP 339.150.
- ✓ Se determinó extraer una muestra para realizar los ensayos, la misma que fue debidamente protegida y remitidas al laboratorio.

Se considera necesario mencionar que los laboratorios que realizaron los análisis respectivos fueron los Laboratorios de la C3 Ingeniería Especializada S.A.C. – Huancayo.

#### 1.7 Ensayos de laboratorio

Dado las características estratigráficas se determinó realizar tres (03) ensayos estándares, un (01) ensayo especial y un (01) ensayo químico por calicata.

El análisis de las muestras se realizó en base a las normas de la NTP (Norma Técnica Peruana), como sigue:

##### 1.7.1 Ensayos Estándares

- ✓ Análisis granulométrico por tamizado NTP 339.128
- ✓ Limite plástico NTP 339.129
- ✓ Limite líquido NTP 339.129

##### 1.7.2 Ensayo Especial

- ✓ Ensayo de corte directo NTP 339.171

##### 1.7.3 Ensayos Químicos

- ✓ Sales solubles NTP 339.152
- ✓ Cloruros solubles NTP 339.177
- ✓ Sulfatos solubles NTP 339.178

Los resultados de estos ensayos se presentan en el anexo del presente informe.



#### 1.8 Nivel de la napa freática

No existe presencia de capa freática.

#### 1.9 Análisis de cimentación

##### 1.9.1 Memoria de cálculo

Los resultados de la memoria de cálculo se presentan en el anexo para cada calicata.

##### 1.9.2 Profundidad de la excavación

La profundidad de cimentación de cada calicata es:

Calicata	Profundidad de la cimentación (m)
C-5	1,65

##### 1.9.3 Estimación de asentamientos

La presión transmitida por la estructura puede generar asentamientos mayores a los admisibles, por lo tanto, se verificará los asentamientos. Considerando la presencia de suelos de naturaleza granular como limos arenosos y arenas limosas, se consideran asentamientos del tipo inmediato y se calculan por el método elástico según la relación:

Considerando la presencia de materiales gravosos en la profundidad activa de cimentación dentro del bulbo de presiones, el análisis de asentamientos se efectuará por el método elástico según la relación siguiente:

$$S = \frac{qB(1 - \mu^2)}{E_s} I_f$$

Donde:

S = Asentamiento inmediato en cm.

u = Relación de Poisson

I<sub>f</sub> = Factor de forma (cm/m)

E<sub>s</sub> = Módulo de elasticidad (Ton/m<sup>2</sup>)

q = Presión de trabajo (Ton/m<sup>2</sup>)

B = Ancho de la cimentación (m)



El asentamiento diferencial admisible de acuerdo a la normatividad vigente será de L/500, límite seguro para edificaciones convencionales que no permiten grietas donde L es la longitud entre ejes de zapatas o cimientos.

Para el análisis de asentamientos se considera una presión vertical transmitida igual a la capacidad de carga obtenida por corte. Las propiedades elásticas del suelo de cimentación fueron adoptadas a partir de tablas de acuerdo al tipo de suelo donde irá desplantada la cimentación.

Calicata	Relación de Poisson	Factor de forma (cm/m)	Módulo de elasticidad (Ton/m <sup>2</sup> )	Presión de Trabajo (Ton/m <sup>2</sup> )	Ancho de la cimentación (m)	Asentamiento (cm)
C-5	0,15	153	14000	20,0	2,00	0,43

#### 1.9.4 Presión admisible del terreno

La presión admisible de todo terreno no es una constante, pues esta depende de las dimensiones de la cimentación, los asentamientos y las distancias entre columnas.

Dado que se trata de un suelo cohesivo es válido aplicar el Factor de Seguridad (F.S.) a toda la expresión de Terzaghi, asimismo ya que las cargas vivas son en gran parte continuas se tomará como FS un valor de 3. Ver Anexo en donde se detalla el Análisis de capacidad admisible del terreno.

#### 1.9.5 Parámetros para el diseño de muros de contención

Los empujes laterales del terreno a considerar para el diseño de las placas del sótano de las tribunas, muros de contención, y/ o estructuras similares, pueden calcularse tomando en cuenta un diagrama triangular de presiones del subsuelo, en el cual el empuje activo a cualquier profundidad puede calcularse con la expresión propuesta por Rankine:

Calicata	Angulo de fricción interna (°)	Peso específico del terreno (g/cm <sup>3</sup> )	Presión activa (Ka)	Presión pasiva (Kp)
C-5	26.07	1.805	0.388	2.580

#### 1.10 Efecto del sismo

##### a. Sismicidad

En el territorio peruano se han establecido diversas zonas con diferentes características de acuerdo a la mayor o menor presencia de sismos.

Según los mapas de la zonificación sísmica y mapa de máximas intensidades sísmicas del Perú y de acuerdo a las normas sísmo resistentes (Norma Técnica de Edificación E.030) del reglamento de edificaciones, el distrito de Huancavelica de la provincia de Huancavelica se encuentra comprendida en la Zona 3 correspondiente a una sismicidad media y de una intensidad VII en la escala Mercalli Modificada.

##### b. Parámetros para diseño sísmo resistente

De acuerdo a las normas peruanas de diseño sísmo resistente (E.030), se recomienda los siguientes parámetros:

- ✓ Factor de Zona = 0,35
- ✓ Perfil Tipo suelo = S2
- ✓ Factor de suelo = 1,15
- ✓ Periodo del suelo T<sub>p</sub>(s) = 0,06
- ✓ Periodo del suelo T<sub>1</sub>(s) = 2,00



#### 1.11 Planos y perfiles del suelo

##### 1.11.1 Plano de Ubicación del programa de exploración

El plano de ubicación de las calicatas está en los anexos VI.

##### 1.11.2 Perfil estratigráfico por punto investigado

En la conformación del subsuelo de apoyo de la cimentación, según la Clasificación SUCS, se tienen los siguientes estratos. Se presenta con mayor detalle las características de los perfiles estratigráficos en el presente informe ver anexo II.

#### 1.12 Resultados de los ensayos in-situ y de laboratorio

Los ensayos se efectuaron en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la empresa C3 Ingeniería Especializada S.A.C, bajo los estándares normativos de la NTP.

##### 1.12.1 Ensayos efectuados

- Análisis granulométrico por tamizado
- Limite líquido
- Limite plástico
- Contenido de humedad
- Densidad natural
- Corte directo
- Contenido de sales solubles totales
- Contenido de sulfatos solubles
- Contenido de cloruros solubles

Ver Anexo.



##### 1.12.2 Clasificación de suelos

Los suelos se han clasificado de acuerdo a los sistemas SUSC y AASTHO.

Ver Anexo III: Ensayos de laboratorio

#### 1.13 Conclusiones y recomendaciones

##### 1.13.1 Conclusiones

- El proyecto se encuentra en el distrito de Santa Barbara – provincia de Huancavelica – región Huancavelica.
- La profundidad de cimentación de la estructura será de 1.60 m. como mínimo.
- Se determinó la capacidad de carga admisible del terreno para la alternativa de cimentación considerada obteniéndose:  $q_{adm} = 2,00 \text{ kg/cm}^2$ , para la calicata C-5, teniendo en cuenta el asentamiento permisible del R.N.E. E-050.
- Durante el proceso constructivo se deberá verificarse que la cimentación no se encuentre material disturbado ó relleno (plástico, trozos de ladrillo, madera, etc).

#### 1.13.1 Recomendaciones

- De acuerdo al resultado de los análisis químicos, el subsuelo no presenta sales agresivas por lo cual se podrá usar cemento portland tipo I en la preparación del concreto de los cimientos.
- Los rellenos controlados son aquellos que se construyen con material seleccionado, tendrán las mismas condiciones de apoyo que las cimentaciones superficiales. Los métodos empleados en su conformación, compactación y control, dependen principalmente de las propiedades físicas del material. El material seleccionado con el que se debe construir el Relleno Controlado deberá ser compactado de la siguiente manera:
  - a) Si tiene más de 12% de finos, deberá compactarse a una densidad mayor o igual del 90% de la máxima densidad seca del método de ensayo proctor modificado, NTP 339.141 (ASTM D 1557), en todo su espesor.
  - b) Si tiene igual o menos de 12% de finos, deberá compactarse a una densidad no menor del 95% de la máxima densidad seca del método de ensayo proctor modificado, NTP 339.141 (ASTM D 1557), en todo su espesor.En todos los casos deberán realizarse controles de compactación en todas las capas compactadas, a razón necesariamente, de un control por cada 250 m<sup>2</sup> con un mínimo de tres controles por capa. En áreas pequeñas (igual o menores a 25 m<sup>2</sup>) se aceptará un ensayo como mínimo. En cualquier caso, el espesor máximo a controlar será de 0,30 m de espesor. Cuando se requiera verificar la compactación de un Relleno Controlado ya construido, este trabajo deberá realizarse mediante cualquiera de los siguientes métodos:
  - a) Un ensayo de Penetración Estándar NTP 339.133 (ASTM D 1586) por cada metro de espesor de Relleno Controlado. El resultado de este ensayo debe ser mayor a N 60= 25, golpes por cada 0,30m de penetración.
  - b) Un ensayo con Cono de Arena, NTP 339.143 (ASTM D1556) ó por medio de métodos nucleares, NTP 339.144 (ASTM D2922), por cada 0,50 m de espesor. Los resultados deberán ser: mayores a 90% de la máxima densidad seca del ensayo proctor modificado, si tiene más de 12% de finos; o mayores al 95% de la máxima densidad seca del ensayo proctor Modificado si tiene igual o menos de 12% de finos.
- Se recomienda, antes del vaciado de las zapatas que se apoye en compactar el suelo de apoyo que generalmente se altera por el proceso de excavación.
- En el caso que durante la ejecución de la obra se detecte relleno y/o zonas disturbadas en el nivel de cimentación (caso de suelo removido por la excavación de las calicatas), puede considerarse el empleo de sub-zapatas de concreto de ciclópeo de altura variable hasta ubicar el terreno natural.
- Cuando se encuentra la napa freática se tiene que drenar y/o aislar para su posterior bombeo.
- Los resultados del presente estudio, solo son válidos para la zona de estudio investigada.



#### BIBLIOGRAFÍA

- Reglamento Nacional de Edificaciones - Norma E-050 "Suelos y Cimentaciones".
- Reglamento Nacional de Edificaciones - Norma E-030 "Diseño Sismo Resistente".
- Braja M. Das. "Principio de Ingeniería de Cimentaciones".
- Lambe - Whitman "Mecánica de Suelos".
- A.C.I. "Cimentaciones de Concreto Armado en Edificaciones".



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Expediente N° : 1501-2021  
 Peticionario : JULIO AUGUSTO GUADALUPE HUAMÁN  
 Proyecto : PELIGRO A DESLIZAMIENTO POR PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO DEL SECTOR SANTA BARBARA- HUANCAYELICA  
 Ubicación : Santa Bárbara - Huancavelica - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 15-01-21

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

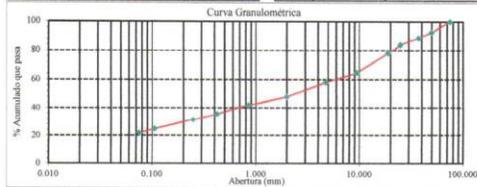
Calicata : C-5  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 3.00

Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulado Retenido	% Que pasa
3 pulg	75.000	0.0	0.0	100.0
2 pulg	50.000	7.4	7.4	92.6
1 1/2 pulg	37.500	3.9	11.2	88.8
1 pulg	25.000	4.7	16.0	84.0
3/4 pulg	19.000	5.7	21.6	78.4
3/8 pulg	9.500	13.6	35.3	64.7
No. 4	4.750	6.8	42.0	58.0
No. 10	2.000	10.1	52.2	47.8
No. 20	0.850	5.6	57.8	42.2
No. 40	0.425	6.7	64.5	35.5
No. 60	0.250	4.4	68.9	31.1
No. 140	0.106	6.3	75.2	24.8
No. 200	0.075	3.0	78.2	21.8
Fondo		21.8	100.0	

Método de Ensayo para determinar el Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de los suelos NTP 339.128	
Límite Líquido	24
Límite Plástico	18
Índice de Plasticidad	6

Fraciones Granulométricas	Control de Humedad NTP 339.127
% Grava	42.0
% Arena	36.2
% Fines	21.8
% Humedad	
5.1	

Clasificación SUCS NTP 339.134	Clasificación AASTHO NTP 339.135
Símbolo	GM
Nombre	Grava lixiosa con arena A-1-u (1)



NOTAS:  
 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.  
 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI, GP.004, 1993).  
 Realizado y revisado por el Ing. Omar Alex Huamani Salazar



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

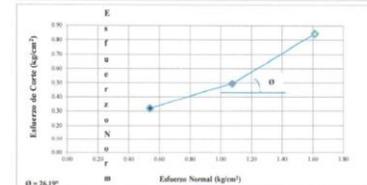
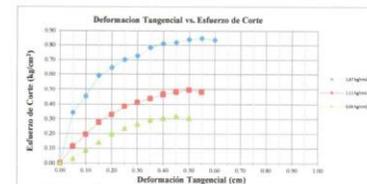
Expediente N° : 1501-2021  
 Peticionario : JULIO AUGUSTO GUADALUPE HUAMÁN  
 Proyecto : PELIGRO A DESLIZAMIENTO POR PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO DEL SECTOR SANTA BARBARA- HUANCAYELICA  
 Ubicación : Santa Bárbara - Huancavelica - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 15-01-21

I. Ensayo de Corte Directo  
 NTP 339.171

Calicata : C-5  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 3.00  
 SUCS : GM  
 Especimen : Remoldado (mat. < Tamiz No. 4)

N	8586286.4746 m
E	503282.3051 m
Elev.	3734.35 m

Página 1 de 2



NOTAS:  
 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.  
 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI, GP.004, 1993).

Revisado y realizado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

Expediente N° : 1501-2021  
 Peticionario : JULIO AUGUSTO GUADALUPE HUAMÁN  
 Proyecto : PELIGRO A DESLIZAMIENTO POR PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO DEL SECTOR SANTA BÁRBARA- HUANCAMELICA  
 Ubicación : Santa Bárbara - Huancavelica - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 15-01-21

**II. Ensayo de Corte Directo**  
**NTP 339.171**

Calicata	: C-5	N	8586286.4746 m
Muestra	: M-1	L	503282.3051 m
Profundidad (m)	: 3.00	Elev.	3734.35 m.
SUCS	: GM		
Especimen	: Remoldado (mat. < Tamiz No. 4)		

Página 2 de 2

	I	II	III
Lado de la caja (cm)	6.00	6.00	6.00
Densidad húmeda inicial (g/cm <sup>3</sup> )	1.805	1.805	1.805
Densidad seca inicial (g/cm <sup>3</sup> )	1.736	1.736	1.736
% Contenido de humedad inicial	4.0	4.0	4.0
Densidad húmeda final (g/cm <sup>3</sup> )	2.114	2.125	2.114
Densidad seca final (g/cm <sup>3</sup> )	1.851	1.849	1.833
% Contenido humedad final	14.2	14.9	15.3
Esfuerzo normal (kg/cm <sup>2</sup> )	0.54	1.07	1.61
Esfuerzo de corte máximo (kg/cm <sup>2</sup> )	0.321	0.496	0.847
Ángulo de fricción interna	: 26.07 °		
Cohesión (kg/cm <sup>2</sup> )	: 0.01		

**NOTAS:**

- Muestras e identificación realizadas por el peticionario
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004-1993).

Revisado y realizado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex

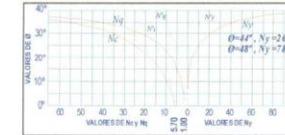


**ANÁLISIS DE CAPACIDAD ADMISIBLE DEL TERRENO**

Expediente N° : 1501-2021  
 Peticionario : JULIO AUGUSTO GUADALUPE HUAMÁN  
 Proyecto : PELIGRO A DESLIZAMIENTO POR PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO DEL SECTOR SANTA BÁRBARA- HUANCAMELICA  
 Ubicación : Santa Bárbara - Huancavelica - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 15-01-21

N° de muestra : M-1  
 N° de calicata : C-5

Clasificación SUCS	: GM
Peso específico	: 1.805 g/cm <sup>3</sup>
Ángulo de fricción	: 26.07 °
Cohesión	: 0.01 kg/cm <sup>2</sup>



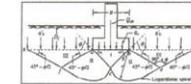
Según Terzaghi

Capacidad de carga última para cimentaciones cuadradas

Q<sub>ult</sub> = Capacidad de carga última

Q<sub>adm</sub> = Capacidad admisible

$$Q_{ult} = 1.3cN_c + \gamma DfN_q + 0.4\gamma B\gamma_r$$



Peso Específico (kg/cm <sup>3</sup> )	Ø	TIPO DE TALLA GENERAL PARA ZAPATA CUADRADA			
		C	Nc	Nq	Nγ
0.001805	26.07	0.01	27.04	14.12	9.65

ZAPATA CUADRADA			
Factor de seguridad F.S. 3.0			
Base (cm)	Prof (cm)	Q <sub>ult</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Q <sub>adm</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )

150	150	5.35	2.68
150	160	5.61	2.80
150	170	5.86	2.93
150	180	6.12	3.06
150	190	6.37	3.19
150	200	6.63	3.31
150	210	6.88	3.44
200	150	5.70	2.85
200	160	5.96	2.98
200	170	6.21	3.11
200	180	6.47	3.23
200	190	6.72	3.36
200	200	6.98	3.49
200	210	7.23	3.62
250	150	6.05	3.02
250	160	6.30	3.15
250	170	6.56	3.28
250	180	6.81	3.41
250	190	7.07	3.53
250	200	7.32	3.66
250	210	7.58	3.79
300	150	6.40	3.20
300	160	6.65	3.33
300	170	6.91	3.45
300	180	7.16	3.58
300	190	7.42	3.71
300	200	7.67	3.84
300	210	7.93	3.96

ZAPATA CUADRADA			
Factor de seguridad F.S. 2.5			
Base (cm)	Prof (cm)	Q <sub>ult</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Q <sub>adm</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )

150	150	5.35	2.14
150	160	5.61	2.24
150	170	5.86	2.35
150	180	6.12	2.45
150	190	6.37	2.55
150	200	6.63	2.65
150	210	6.88	2.75
200	150	5.70	2.28
200	160	5.96	2.38
200	170	6.21	2.48
200	180	6.47	2.59
200	190	6.72	2.69
200	200	6.98	2.79
200	210	7.23	2.89
250	150	6.05	2.42
250	160	6.30	2.52
250	170	6.56	2.62
250	180	6.81	2.73
250	190	7.07	2.83
250	200	7.32	2.93
250	210	7.58	3.03
300	150	6.40	2.56
300	160	6.65	2.66
300	170	6.91	2.76
300	180	7.16	2.87
300	190	7.42	2.97
300	200	7.67	3.07
300	210	7.93	3.17

ZAPATA CUADRADA			
Factor de seguridad F.S. 3.0			
Base (cm)	Prof (cm)	Q <sub>ult</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Q <sub>adm</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )

150	150	5.35	1.78
150	160	5.61	1.87
150	170	5.86	1.95
150	180	6.12	2.04
150	190	6.37	2.12
150	200	6.63	2.21
150	210	6.88	2.29
200	150	5.70	1.90
200	160	5.96	1.99
200	170	6.21	2.07
200	180	6.47	2.16
200	190	6.72	2.24
200	200	6.98	2.33
200	210	7.23	2.41
250	150	6.05	2.02
250	160	6.30	2.10
250	170	6.56	2.19
250	180	6.81	2.27
250	190	7.07	2.35
250	200	7.32	2.44
250	210	7.58	2.53
300	150	6.40	2.13
300	160	6.65	2.21
300	170	6.91	2.29
300	180	7.16	2.37
300	190	7.42	2.47
300	200	7.67	2.56
300	210	7.93	2.64

Revisado y realizado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

Expediente N° : 1501-2021  
 Peticionario : JULIO AUGUSTO GUADALUPE HUAMÁN  
 Proyecto : PELIGRO A DESLIZAMIENTO POR PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO DEL SECTOR SANTA BÁRBARA- HUANCÁVELICA  
 Ubicación : Santa Bárbara - Huancavelica - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 15-01-21

**RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICOS**

Calicata : C-5  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 3.00

Parámetro	Unidad	NTP	Resultado	Método
Sales Solubles Totales	mg/kg	338.152	216	Gravimétrico
Cloruros Solubles Cl <sup>-</sup>	mg/lit	337.177	253.9	Volumétrico
Sulfatos Solubles SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	mg/kg	339.178	126.1	Turbidimétrico

**NOTA:**

- 1) El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra al laboratorio son responsabilidad del solicitante.
- 2) Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente Informe sin la Autorización del Laboratorio.
- 3) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI- GP-004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

Expediente N° : 1501-2021  
 Peticionario : JULIO AUGUSTO GUADALUPE HUAMÁN  
 Proyecto : PELIGRO A DESLIZAMIENTO POR PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO DEL SECTOR SANTA BÁRBARA- HUANCÁVELICA  
 Ubicación : Santa Bárbara - Huancavelica - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 15-01-21  
 Método de Excavación : Manual  
 Calicata : C-5

**Descripción e Identificación de Suelos mediante el procedimiento Visual - Manual**  
**NTP 339.150**

Profundidad (m)	Clasificación SUCS	Gráfico	Descripción y clasificación del material: Color, Humedad Natural, Plasticidad, Estado Natural de Compacidad, Forma de las partículas, Tamaño Máximo de Piedras, Presencia de Materia Orgánica, etc.
0.30	Re		Material de relleno
0.50	GM		Grava limosa con arena, plasticidad baja, estado humedo de color marron rojizo de consistencia media con presencia de bolonera de 5" en un 10% de canto subanguloso
0.70	ML		Limo con arena, plasticidad baja, estado humedo de color marron rojizo de consistencia media
1.00			
1.50			
2.00	GM		Grava limosa con arena, plasticidad baja, estado humedo de color marron rojizo de consistencia media
2.50			
3.00			

**NOTAS:**

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI- GP-004: 1993).

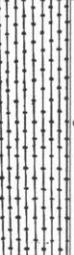
Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

Expediente N° : 1501-2021  
 Peticionario : JULIO AUGUSTO GUADALUPE HUAMÁN  
 Proyecto : PELIGRO A DESLIZAMIENTO POR PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO DEL SECTOR SANTA BÁRBARA- HUANCAYELICA  
 Ubicación : Santa Bárbara - Huancavelica - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 15-01-21  
 Método de Excavación : Manual  
 Calicata : C-5

**Descripción e Identificación de Suelos mediante el procedimiento Visual - Manual**  
**NTP 339.150**

Profundidad (m)	Clasificación SUCS	Gráfico	Descripción y clasificación del material: Color, Humedad Natural, Plasticidad, Estado Natural de Compacidad, Forma de las partículas, Tamaño Máximo de Piedras, Presencia de Materia Orgánica, etc.
0.30	Re		Material de relleno
0.50	GM		Grava limosa con arena, plasticidad baja, estado húmedo de color marrón rojizo de consistencia media con presencia de bolonería de 5" en un 10% de canto subanguloso
0.70	ML		Limo con arena, plasticidad baja, estado húmedo de color marrón rojizo de consistencia media
1.00			
1.50			
2.00	GM		Grava limosa con arena, plasticidad baja, estado húmedo de color marrón rojizo de consistencia media
2.50			
3.00			

NOTAS:  
 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.  
 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP'004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamán Salazar Omar Alex.

INFORME TÉCNICO  
 ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PELIGRO A DESLIZAMIENTO POR PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN  
 DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO DEL SECTOR SANTA  
 BÁRBARA- HUANCVELICA

1.0 GENERALIDADES

1.1 OBJETIVO

El presente Informe Técnico tiene como objetivo establecer el comportamiento del suelo frente a los esfuerzos transmitidos por los periodos de retorno considerada en el proyecto PELIGRO A DESLIZAMIENTO POR PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO DEL SECTOR SANTA BÁRBARA- HUANCVELICA

1.2 UBICACIÓN

El terreno se encuentra ubicado en el:

Distrito : Santa Bárbara  
 Provincia : Huancavelica  
 Región : Huancavelica

1.3 CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES

El proyecto considera el comportamiento de los esfuerzos transmitidos en los periodos de retorno y cause de los peligros que pueda ocurrir en dicho lugar.

1.4 RESUMEN DE LAS CONDICIONES DEL TERRENO

1.4.1 Tipo de cimentación

Dada la naturaleza del terreno en el que se va a cimentar y las magnitudes posibles de las cargas transmitidas se recomienda utilizar una cimentación superficial, que pueden ser:

- > Muros de contención conectadas con vigas de cimentación
- > Zapatas aisladas

1.4.2 Estrato de Apoyo de la cimentación

El estrato de apoyo para cimentación para cada calicata será:  
 > Calicata C-6 estrato de apoyo de grava limosa con arena.

1.4.3 Parámetros de diseño para cimentación

No se presenta problemas en la formación geológica del suelo. La capacidad portante se calculó mediante las fórmulas de Terzaghi y Peck y los parámetros de Vesic obteniendo diferentes capacidades para profundidades y anchos de cimentación determinados, esto de acuerdo los tipos de suelos encontrados, así: **GM**  
 Calicata C-6



Se obtiene para zapatas cuadradas, los siguientes resultados:

ZAPATAS CUADRADAS			
Base (cm)	Profundidad (cm)	Quit (kg/cm <sup>2</sup> )	Capacidad Admisible (kg/cm <sup>2</sup> )
200	150	5.74	1.91
200	160	6.00	2.00
200	170	6.26	2.09

Para otras profundidades y dimensiones se presenta la hoja de cálculo correspondiente, en caso de zapatas rectangulares se debe tomar como referencia el lado más corto.

1.4.4 Agresividad del suelo de cimentación

La agresión que ocasiona el suelo a la cimentación de la estructura, está en función de la presencia de elementos químicos que actúa sobre el sobre concreto y el acero de refuerzo, causándole efectos nocivos.

Esta acción química ocurre en presencia del agua que pueda llegar a la cimentación (cimentación bajo nivel freático, zona de ascensión capilar, filtración, inundaciones, etc.). Los elementos químicos a evaluar son los sulfatos y cloruros por su acción química sobre el concreto y acero del cimiento respectivamente y las sales solubles totales por causar pérdida de resistencia por lixiviación.

ELEMENTOS QUÍMICOS NOCIVOS PARA EL ESTUDIO

PRESENCIA EN EL SUELO DE	ppm	GRADO DE ALTERACIÓN	OBSERVACIONES
Sulfatos solubles	0 – 1000 1000 – 2000 2000 – 20000 > 20000	Insignificante Moderado Severa Muy severa	Ocasiona un ataque químico al concreto de la cimentación
Cloruros solubles	> 6,000	Perjudicial	Ocasiona problemas de corrosión a las armaduras o elementos metálicos.
Sales totales solubles	> 15,000	Perjudicial	Ocasiona problemas de pérdida de resistencia mecánica por problemas de lixiviación.

Se han realizado los Análisis Químicos para determinar el contenido de Sulfatos, Cloruros y Sales Solubles en el Laboratorio de la empresa C3 Ingeniería Especializada S.A.C, obteniéndose los siguientes resultados:

Calicata	Prof. (m)	Sales solubles totales (ppm)	Cloruros solubles (ppm)	Sulfatos solubles (ppm)	Agresión
C-6	3.00	214.8	264.1	125.8	Insignificante

Como se puede observar el contenido de cloruros, sulfatos y sales solubles se encuentran por debajo de los LÍMITES DE AGRESIVIDAD, por lo cual se puede utilizar CEMENTO PORTLAND TIPO I.



**1.4.5 Recomendaciones adicionales**

Durante la ejecución del proyecto, cuando se pueda notar la presencia de la capa freática, realizar el procedimiento de bombeo, para que no pueda afectar la capacidad de carga del suelo.

**1.5 Información previa**

El terreno donde se realizó el estudio era un terreno libre.

**1.6 Exploración de campo**

Se realizó en primer lugar el reconocimiento del terreno asignado para el Proyecto PELIGRO A DESLIZAMIENTO POR PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO DEL SECTOR SANTA BÁRBARA- HUANCAVELICA , para posteriormente elaborar el programa de exploración de campo el cual consistió en lo siguiente:

- ✓ Se determinó investigar un punto en el proyecto, esto de acuerdo a la disponibilidad de área y en función al comportamiento del suelo.
- ✓ Estas se realizaron a cielo abierto verificándose la estratigrafía los que se clasificaron visualmente según la norma NTP 339.150.
- ✓ Se determinó extraer una muestra para realizar los ensayos, la misma que fue debidamente protegida y remitidas al laboratorio.

Se considera necesario mencionar que los laboratorios que realizaron los análisis respectivos fueron los Laboratorios de la C3 Ingeniería Especializada S.A.C. – Huancayo.

**1.7 Ensayos de laboratorio**

Dado las características estratigráficas se determinó realizar tres (03) ensayos estándares, un (01) ensayo especial y un (01) ensayo químico por calicata.

El análisis de las muestras se realizó en base a las normas de la NTP (Norma Técnica Peruana), como sigue:

**1.7.1 Ensayos Estándares**

- ✓ Análisis granulométrico por tamizado NTP 339.128
- ✓ Limite plástico NTP 339.129
- ✓ Limite líquido NTP 339.129

**1.7.2 Ensayo Especial**

- ✓ Ensayo de corte directo NTP 339.171

**1.7.3 Ensayos Químicos**

- ✓ Sales solubles NTP 339.152
- ✓ Cloruros solubles NTP 339.177
- ✓ Sulfatos solubles NTP 339.178

Los resultados de estos ensayos se presentan en el anexo del presente informe.



**1.8 Nivel de la napa freática**

No existe presencia de capa freática.

**1.9 Análisis de cimentación**

**1.9.1 Memoria de cálculo**

Los resultados de la memoria de cálculo se presentan en el anexo a para cada calicata.

**1.9.2 Profundidad de la excavación**

La profundidad de cimentación de cada calicata es:

Calicata	Profundidad de la cimentación (m)
C-6	1,65

**1.9.3 Estimación de asentamientos**

La presión transmitida por la estructura puede generar asentamientos mayores a los admisibles, por lo tanto, se verificará los asentamientos. Considerando la presencia de suelos de naturaleza granular como limos arenosos y arenas limosas, se consideran asentamientos del tipo inmediato y se calculan por el método elástico según la relación:

Considerando la presencia de materiales gravosos en la profundidad activa de cimentación dentro del bulbo de presiones, el análisis de asentamientos se efectuará por el método elástico según la relación siguiente:

$$S = \frac{qB(1 - \mu^2)}{E_s} I_f$$

- Donde:  
 S = Asentamiento inmediato en cm.  
 u = Relación de Poisson  
 I<sub>f</sub> = Factor de forma (cm/m)  
 E<sub>s</sub> = Módulo de elasticidad (Ton/m<sup>2</sup>)  
 q = Presión de trabajo (Ton/m<sup>2</sup>)  
 B = Ancho de la cimentación (m)



El asentamiento diferencial admisible de acuerdo a la normatividad vigente será de L/500, limite seguro para edificaciones convencionales que no permiten grietas donde L es la longitud entre ejes de zapatas o cimientos.

Para el análisis de asentamientos se considera una presión vertical transmitida igual a la capacidad de carga obtenida por corte. Las propiedades elásticas del suelo de cimentación fueron adoptadas a partir de tablas de acuerdo al tipo de suelo donde irá desplazada la cimentación.

Calicata	Relación de Poisson	Factor de forma (cm/m)	Módulo de elasticidad (Ton/m <sup>2</sup> )	Presión de Trabajo (Ton/m <sup>2</sup> )	Ancho de la cimentación (m)	Asentamiento (cm)
C-6	0.15	153	14000	20.9	2.00	0.43

#### 1.9.4 Presión admisible del terreno

La presión admisible de todo terreno no es una constante, pues esta depende de las dimensiones de la cimentación, los asentamientos y las distancias entre columnas.

Dado que se trata de un suelo cohesivo es válido aplicar el Factor de Seguridad (F.S.) a toda la expresión de Terzaghi, asimismo ya que las cargas vivas son en gran parte continuas se tomará como FS un valor de 3. Ver Anexo en donde se detalla el Análisis de capacidad admisible del terreno.

#### 1.9.5 Parámetros para el diseño de muros de contención

Los empujes laterales del terreno a considerar para el diseño de las placas del sótano de las tribunas, muros de contención, y/o estructuras similares, pueden calcularse tomando en cuenta un diagrama triangular de presiones del subsuelo, en el cual el empuje activo a cualquier profundidad puede calcularse con la expresión propuesta por Rankine:

Calicata	Ángulo de fricción interna (°)	Peso específico del terreno (g/cm <sup>3</sup> )	Presión activa (Ka)	Presión pasiva (Kp)
C-6	26.63	1.804	0.388	2.580

#### 1.10 Efecto del sismo

##### a. Sismicidad

En el territorio peruano se han establecido diversas zonas con diferentes características de acuerdo a la mayor o menor presencia de sismos.

Según los mapas de la zonificación sísmica y mapa de máximas intensidades sísmicas del Perú y de acuerdo a las normas sísmo resistentes (Norma Técnica de Edificación E.030) del reglamento de edificaciones, el distrito de Huancavelica de la provincia de Huancavelica se encuentra comprendida en la Zona 3 correspondiente a una sismicidad media y de una intensidad VII en la escala Mercalli Modificada.

##### b. Parámetros para diseño sismo resistente

De acuerdo a las normas peruanas de diseño sismo resistente (E.030), se recomienda los siguientes parámetros:

- ✓ Factor de Zona = 0,35
- ✓ Perfil Tipo suelo = S2
- ✓ Factor de suelo = 1,15
- ✓ Periodo del suelo  $T_p(s)$  = 0,06
- ✓ Periodo del suelo  $T_1(s)$  = 2,00



#### 1.11 Planos y perfiles del suelo

##### 1.11.1 Plano de Ubicación del programa de exploración

El plano de ubicación de las calicatas está en los anexos VI.

##### 1.11.2 Perfil estratigráfico por punto investigado

En la conformación del subsuelo de apoyo de la cimentación, según la Clasificación SUCS, se tienen los siguientes estratos. Se presenta con mayor detalle las características de los perfiles estratigráficos en el presente informe ver anexo II.

#### 1.12 Resultados de los ensayos In-situ y de laboratorio

Los ensayos se efectuaron en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la empresa C3 Ingeniería Especializada S.A.C. bajo los estándares normativos de la NTP.

##### 1.12.1 Ensayos efectuados

- Análisis granulométrico por tamizado
- Límite líquido
- Límite plástico
- Contenido de humedad
- Densidad natural
- Corte directo
- Contenido de sales solubles totales
- Contenido de sulfatos solubles
- Contenido de cloruros solubles

Ver Anexo.

##### 1.12.2 Clasificación de suelos

Los suelos se han clasificado de acuerdo a los sistemas SUSC y AASTHO.

Ver Anexo III: Ensayos de laboratorio



#### 1.13 Conclusiones y recomendaciones

##### 1.13.1 Conclusiones

- El proyecto se encuentra en el distrito de Santa Barbara – provincia de Huancavelica – región Huancavelica.
- La profundidad de cimentación de la estructura será de 1.60 m. como mínimo.
- Se determinó la capacidad de carga admisible del terreno para la alternativa de cimentación considerada obteniéndose:  $q_{adm} = 2,00 \text{ kg/cm}^2$ , para la calicata C-6, teniendo en cuenta el asentamiento permisible del R.N.E. E-050.
- Durante el proceso constructivo se deberá verificarse que la cimentación no se encuentre material disturbado ó relleno (plástico, trozos de ladrillo, madera, etc).

### 1.13.1 Recomendaciones

- De acuerdo al resultado de los análisis químicos, el subsuelo no presenta sales agresivas por lo cual se podrá usar cemento portland tipo I en la preparación del concreto de los cimientos.
  - Los rellenos controlados son aquellos que se construyen con material seleccionado, tendrán las mismas condiciones de apoyo que las cimentaciones superficiales. Los métodos empleados en su conformación, compactación y control, dependen principalmente de las propiedades físicas del material. El material seleccionado con el que se debe construir el Relleno Controlado deberá ser compactado de la siguiente manera:
    - a) Si tiene más de 12% de finos, deberá compactarse a una densidad mayor o igual del 90% de la máxima densidad seca del método de ensayo Proctor modificado, NTP 339.141 (ASTM D 1557), en todo su espesor.
    - b) Si tiene igual o menos de 12% de finos, deberá compactarse a una densidad no menor del 95% de la máxima densidad seca del método de ensayo Proctor modificado, NTP 339.141 (ASTM D 1557), en todo su espesor.
- En todos los casos deberán realizarse controles de compactación en todas las capas compactadas, a razón necesariamente, de un control por cada 250 m<sup>2</sup> con un mínimo de tres controles por capa. En áreas pequeñas (igual o menores a 25 m<sup>2</sup>) se aceptará un ensayo como mínimo. En cualquier caso, el espesor máximo a controlar será de 0,30 m de espesor. Cuando se requiera verificar la compactación de un Relleno Controlado ya construido, este trabajo deberá realizarse mediante cualquiera de los siguientes métodos:
- a) Un ensayo de Penetración Estándar NTP 339.133 (ASTM D 1586) por cada metro de espesor de Relleno Controlado. El resultado de este ensayo debe ser mayor a N 60= 25, golpes por cada 0,30m de penetración.
  - b) Un ensayo con Cono de Arena, NTP 339.143 (ASTM D1556) ó por medio de métodos nucleares, NTP 339.144 (ASTM D2922), por cada 0,50 m de espesor. Los resultados deberán ser: mayores a 90% de la máxima densidad seca del ensayo Proctor modificado, si tiene más de 12% de finos; o mayores al 95% de la máxima densidad seca del ensayo Proctor Modificado si tiene igual o menos de 12% de finos.
- Se recomienda, antes del vaciado de las zapatas que se apoye en compactar el suelo de apoyo que generalmente se altera por el proceso de excavación.
  - En el caso que durante la ejecución de la obra se detecte relleno y/o zonas disturbadas en el nivel de cimentación (caso de suelo removido por la excavación de las calicatas), puede considerarse el empleo de sub-zapatas de concreto de ciclópeo de altura variable hasta ubicar el terreno natural.
  - Cuando se encuentra la napa freática se tiene que drenar y/o aislar para su posterior bombeo.
  - Los resultados del presente estudio, solo son válidos para la zona de estudio investigada.



### BIBLIOGRAFÍA

- Reglamento Nacional de Edificaciones - Norma E-050 "Suelos y Cimentaciones".
- Reglamento Nacional de Edificaciones - Norma E-030 "Diseño Sismo Resistente".
- Braja M. Das. "Principio de Ingeniería de Cimentaciones".
- Lambe - Whitman "Mecánica de Suelos".
- A.C.I. "Cimentaciones de Concreto Armado en Edificaciones".



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

Expediente N° : 1601-2021  
 Peticionario : JULIO AUGUSTO GUADALUPE HUAMÁN  
 Proyecto : PELIGRO A DESLIZAMIENTO POR PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO DEL SECTOR SANTA BÁRBARA- HUANCAMELICA  
 Ubicación : Santa Bárbara - Huancavelica - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 16-01-21

**REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

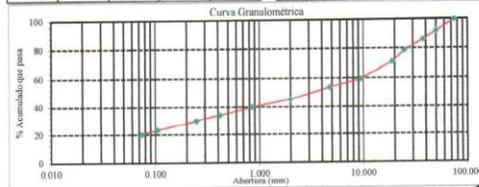
Calicata	: C-6	N	8586309.8752 m
Muestra	: M-1	E	503316.5870 m
Profundidad (m)	: 3.00	Elev.	3730.07 msnm

Método de Ensayo para el Análisis Granulométrico NTP 339.128			
Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulado que pasa
3 pulg	75.000	0.0	100.0
2 pulg	50.000	8.1	91.9
1 1/2 pulg	37.500	5.6	80.3
1 pulg	25.000	7.7	78.6
3/4 pulg	19.000	7.5	71.0
3/8 pulg	9.500	11.7	59.3
No. 4	4.750	6.0	53.4
No. 10	2.000	8.1	45.2
No. 20	0.850	3.3	40.0
No. 40	0.425	6.1	33.8
No. 60	0.250	4.0	29.8
No. 140	0.106	6.5	23.3
No. 200	0.075	3.2	20.1
Fondo		20.1	100.0

Método de Ensayo para determinar el Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de los suelos NTP 339.129	
Límite Líquido	25
Límite Plástico	20
Índice de Plasticidad	5

Fracciones Granulométricas		Contenido de Humedad NTP 339.137	
% Grava	46.6	% Humedad	4.8
% Arena	33.2		
% Fines	20.1		

Clasificación SUCS		Clasificación AASTHO	
NTP 339.134		NTP 339.135	
Símbolo	GW - GM		
Nombre	Grava limosa con arena	A-1-a (2)	



NOTAS:  
 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.  
 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993).  
 Realizado y revisado por el Ing. Omar Alex Huamani Salazar



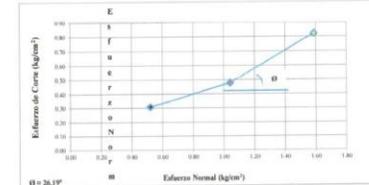
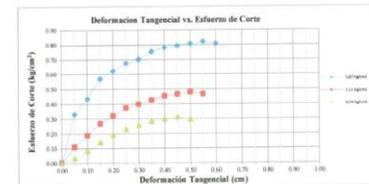
**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

Expediente N° : 1601-2021  
 Peticionario : JULIO AUGUSTO GUADALUPE HUAMÁN  
 Proyecto : PELIGRO A DESLIZAMIENTO POR PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO DEL SECTOR SANTA BÁRBARA- HUANCAMELICA  
 Ubicación : Santa Bárbara - Huancavelica - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 16-01-21

**I. Ensayo de Corte Directo**  
**NTP 339.171**

Calicata	: C-6	N	8586309.8752 m
Muestra	: M-1	E	503316.5870 m
Profundidad (m)	: 3.00	Elev.	3730.07 msnm
SUCS	: GW - GM		
Especimen	: Remoldado (mat. < Tamiz No. 4)		

Página 1 de 2



NOTAS:  
 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.  
 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993).

Revisado y realizado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

Expediente N° : 1601-2021  
 Peticionario : JULIO AUGUSTO GUADALUPE HUAMÁN  
 Proyecto : PELIGRO A DESLIZAMIENTO POR PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO DEL SECTOR SANTA BÁRBARA- HUANCAVELICA  
 Ubicación : Santa Bárbara - Huancavelica - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 16-01-21

**II. Ensayo de Corte Directo**  
**NTP 339.171**

Calicata : C-6 N 8586309 8752 m  
 Muestra : M-1 E 503316 5870 m  
 Profundidad (m) : 3.00 Elev. 3730.07 mmam  
 SUCS : GW - GM  
 Especimen : Remoldeado (mat. < Tamiz No. 4) Página 2 de 2

	I	II	III
Lado de la caja (cm)	6.00	6.00	6.00
Densidad húmeda inicial (g/cm <sup>3</sup> )	1.804	1.804	1.804
Densidad seca inicial (g/cm <sup>3</sup> )	1.733	1.733	1.733
% Contenido de humedad inicial	4.1	4.1	4.1
Densidad húmeda final (g/cm <sup>3</sup> )	2.116	2.124	2.113
Densidad seca final (g/cm <sup>3</sup> )	1.853	1.849	1.833
% Contenido humedad final	14.2	14.9	15.3
Esfuerzo normal (kg/cm <sup>2</sup> )	0.52	1.04	1.59
Esfuerzo de corte máximo (kg/cm <sup>2</sup> )	0.310	0.480	0.822
Ángulo de fricción interna	: 25.63 °		
Cohesión (kg/cm <sup>2</sup> )	: 0.02		

**NOTAS:**

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993).

Revisado y realizado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



**ANÁLISIS DE CAPACIDAD ADMISIBLE DEL TERRENO**

Expediente N° : 1601-2021  
 Peticionario : JULIO AUGUSTO GUADALUPE HUAMÁN  
 Proyecto : PELIGRO A DESLIZAMIENTO POR PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO DEL SECTOR SANTA BÁRBARA- HUANCAVELICA  
 Ubicación : Santa Bárbara - Huancavelica - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 16-01-21  
 N° de muestra : M-1  
 N° de calicata : C-6

Clasificación SUCS:  
 Peso específico : 1.804 g/cm<sup>3</sup>  
 Ángulo de fricción : 25.63 °  
 Cohesión : 0.02 kg/cm<sup>2</sup>



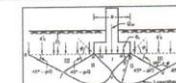
Según Terzaghi

Capacidad de carga última para cimentaciones cuadradas

Qu = Capacidad de carga última

Qadm = Capacidad admisible

$$Q_{adm} = 1.3cN_c + YD \cdot N_q + 0.4YB \cdot \gamma$$



CÁLCULO DE CAPACIDAD DE CARGAS PARA DIFERENTES ALTURAS DE LA CIMENTACION				
TIPO DE FALLA GENERAL PARA ZAPATA CUADRADA				
Peso Especifico (g/cm <sup>3</sup> )	Ø	Nc	Nq	Ny
0.001804	25.63	25.99	13.28	8.72

ZAPATA CUADRADA				
Factor de seguridad F.S. = 3.0				
Base (cm)	Prof. (cm)	Qu (kg/cm <sup>2</sup> )	Qadm (kg/cm <sup>2</sup> )	

150	150	5.24	2.62	
150	160	5.48	2.74	
150	170	5.72	2.86	
150	180	5.96	2.98	
150	190	6.20	3.10	
150	200	6.44	3.22	
150	210	6.68	3.34	
200	150	5.55	2.78	
200	160	5.79	2.90	
200	170	6.03	3.02	
200	180	6.27	3.14	
200	190	6.51	3.26	
200	200	6.75	3.38	
200	210	6.99	3.50	
250	150	5.87	2.93	
250	160	6.11	3.05	
250	170	6.35	3.17	
250	180	6.59	3.29	
250	190	6.83	3.41	
250	200	7.07	3.53	
250	210	7.31	3.65	
300	150	6.18	3.09	
300	160	6.42	3.21	
300	170	6.66	3.33	
300	180	6.90	3.45	
300	190	7.14	3.57	
300	200	7.38	3.69	
300	210	7.62	3.81	

ZAPATA CUADRADA				
Factor de seguridad F.S. = 2.5				
Base (cm)	Prof. (cm)	Qu (kg/cm <sup>2</sup> )	Qadm (kg/cm <sup>2</sup> )	

150	150	5.24	2.10	
150	160	5.48	2.19	
150	170	5.72	2.29	
150	180	5.96	2.38	
150	190	6.20	2.48	
150	200	6.44	2.57	
150	210	6.68	2.67	
200	150	5.55	2.22	
200	160	5.79	2.32	
200	170	6.03	2.41	
200	180	6.27	2.51	
200	190	6.51	2.60	
200	200	6.75	2.70	
200	210	6.99	2.80	
250	150	5.87	2.35	
250	160	6.11	2.44	
250	170	6.35	2.54	
250	180	6.59	2.63	
250	190	6.83	2.73	
250	200	7.07	2.83	
250	210	7.31	2.92	
300	150	6.18	2.47	
300	160	6.42	2.57	
300	170	6.66	2.67	
300	180	6.90	2.76	
300	190	7.14	2.86	
300	200	7.38	2.95	
300	210	7.62	3.05	

ZAPATA CUADRADA				
Factor de seguridad F.S. = 3.0				
Base (cm)	Prof. (cm)	Qu (kg/cm <sup>2</sup> )	Qadm (kg/cm <sup>2</sup> )	

150	150	5.24	1.75	
150	160	5.48	1.83	
150	170	5.72	1.91	
150	180	5.96	1.99	
150	190	6.20	2.07	
150	200	6.44	2.15	
150	210	6.68	2.23	
200	150	5.55	1.85	
200	160	5.79	1.93	
200	170	6.03	2.01	
200	180	6.27	2.09	
200	190	6.51	2.17	
200	200	6.75	2.25	
200	210	6.99	2.33	
250	150	5.87	1.96	
250	160	6.11	2.04	
250	170	6.35	2.12	
250	180	6.59	2.20	
250	190	6.83	2.28	
250	200	7.07	2.36	
250	210	7.31	2.44	
300	150	6.18	2.07	
300	160	6.42	2.15	
300	170	6.66	2.23	
300	180	6.90	2.31	
300	190	7.14	2.38	
300	200	7.38	2.46	
300	210	7.62	2.54	

Revisado y realizado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

Expediente N° : 1601-2021  
 Peticionario : JULIO AUGUSTO GUADALUPE HUAMÁN  
 Proyecto : PELIGRO A DESLIZAMIENTO POR PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO DEL SECTOR SANTA BÁRBARA- HUANCVELICA  
 Ubicación : Santa Bárbara - Huancavelica - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 16-01-21

**RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICOS**

Calicata : C-6 N 8586309 8752 m  
 Muestra : M-1 E 503316.5870 m  
 Profundidad (m) : 3.00 Elev. 3730.07 msnm

Parámetro	Unidad	NTP	Resultado	Método
Sales Solubles Totales	mg/kg	339.152	214.8	Gravimétrico
Cloruros Solubles Cl <sup>-1</sup>	mg/lit	339.177	254.1	Volumétrico
Sulfatos Solubles SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	mg/kg	339.178	125.8	Turbidimétrico

**NOTA:**

- 1) El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra al laboratorio son responsabilidad del solicitante.
- 2) Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente Informe sin la Autorización del Laboratorio.
- 3) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

Expediente N° : 1601-2021  
 Peticionario : JULIO AUGUSTO GUADALUPE HUAMÁN  
 Proyecto : PELIGRO A DESLIZAMIENTO POR PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO DEL SECTOR SANTA BÁRBARA- HUANCVELICA  
 Ubicación : Santa Bárbara - Huancavelica - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 16-01-21

Método de Excavación : Manual  
 Calicata : C-6

**Descripción e Identificación de Suelos mediante el procedimiento Visual - Manual**  
**NTP 339.150**

Profundidad (m)	Clasificación SUCS	Gráfico	Descripción y clasificación del material: Color, Humedad Natural, Plasticidad, Estado Natural de Compacidad, Forma de las partículas, Tamaño Máximo de Piedras, Presencia de Materia Orgánica, etc.
0.30	Re		Material de relleno
0.50	GM		Grava limosa con arena, plasticidad baja, estado húmedo de color marrón rojizo de consistencia media con presencia de bolsonera de 5° en un 10% de canto subanguloso
0.70	ML		Limo con arena, plasticidad baja, estado húmedo de color marrón rojizo de consistencia media
1.00			
1.50			
2.00	GM		Grava limosa con arena, plasticidad baja, estado húmedo de color marrón rojizo de consistencia media
2.50			
3.00			

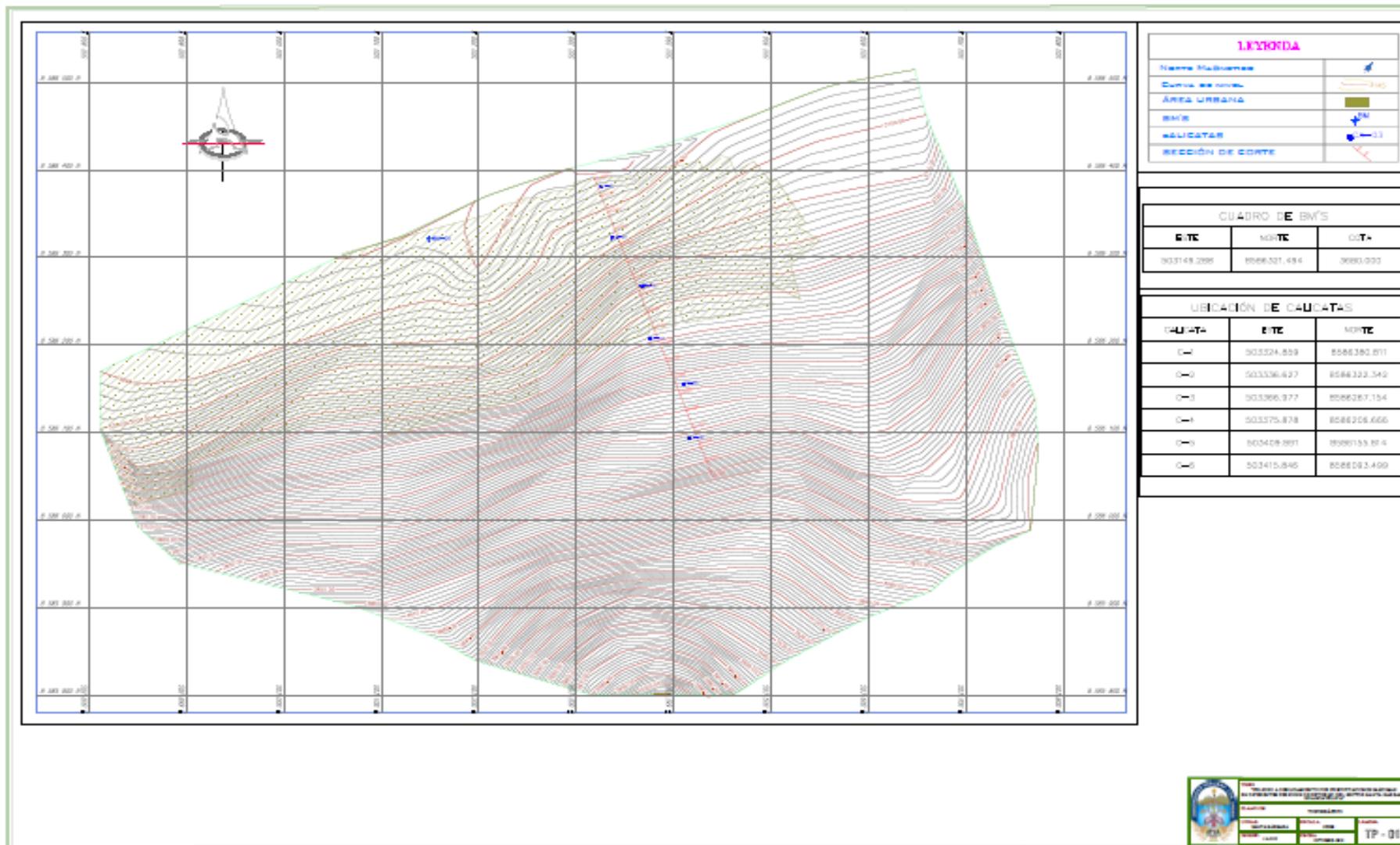
**NOTAS:**

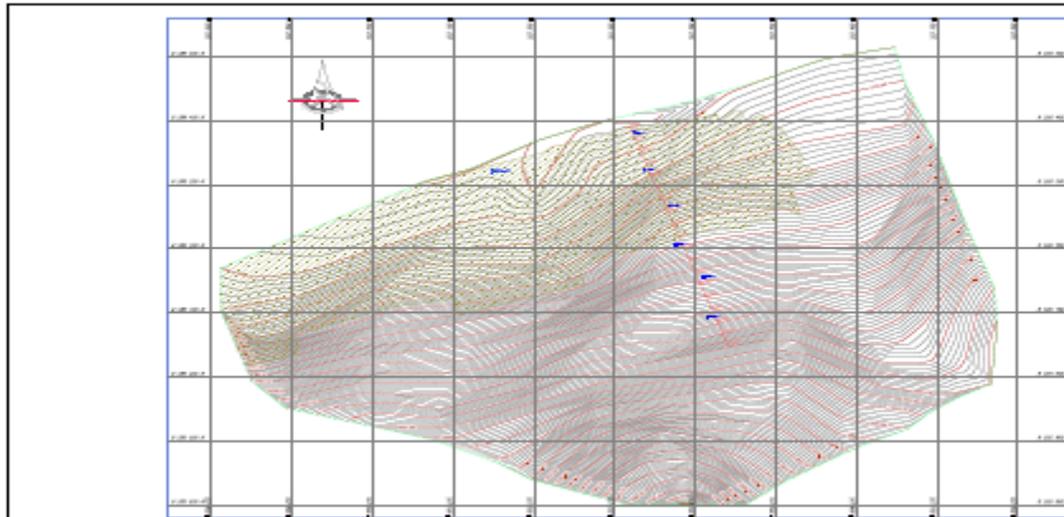
- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



## **Anexo N° 05: Planos**





LEYENDA	
NORTE MAGNÉTICO	
CURVA DE NIVEL	
ÁREA URBANA	
ENFO	
CALICATAS	
SECCIÓN DE CORTE	

CUADRO DE ENFO		
ENFO	NORTE	COT.
503149.288	8086321.494	3680.000

UBICACIÓN DE CALICATAS		
CALICATA	ENFO	NORTE
C-1	503324.859	8086380.811
C-2	503336.627	8086322.342
C-3	503365.977	8086257.154
C-4	503375.878	8086206.646
C-5	503409.891	8086155.814
C-6	503415.846	8086063.499

