



# **UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**

## **FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA Y**

### **METALURGICA**

#### **ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLOGICA**



#### **EVALUACION GEOTECNICA DEL TERRENO DE FUNDACION PARA LA REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL SAN JUAN DE IHUANCO - ROLDAN, REGION LIMA.**

#### **TESIS**

#### **PRESENTADA POR:**

**Bach. YOSEL OSNAR GUTIERREZ GUTIERREZ**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO GEÓLOGO**

**PUNO – PERÚ**

**2023**



NOMBRE DEL TRABAJO

**EVALUACION GEOTECNICA DEL TERRENO DE FUNDACION PARA LA REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DEL CAMINO V ECI**

AUTOR

**YOSEL OSNAR GUTIERREZ GUTIERRE**

RECuento DE PALABRAS

**16643 Words**

RECuento DE CARACTERES

**87674 Characters**

RECuento DE PÁGINAS

**85 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**3.8MB**

FECHA DE ENTREGA

**Jul 17, 2023 9:46 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Jul 17, 2023 9:47 PM GMT-5**

● **17% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 18% Base de datos de Internet
- 3% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de Crossref
- Base de datos de contenido publicado de Crossref
- 11% Base de datos de trabajos entregados

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 20 palabras)

  
**Dra. Sofia Benavente Fernandez**  
CIENCIAS Y TECNOLOGIAS MEDIANMENTALES  
Apsora



  
**Dra. Sofia Lourdes Benavente Fernandez**  
Directora de la Unidad de Investigacion  
EPIG



## DEDICATORIA

A Dios, por darme la fuerza, salud y sabiduría en cada momento de mi vida y así alcanzar y cumplir mis objetivos.

A mis padres Rufino y Luz Marina por haberme apoyado en todo momento de mi vida, por el inmenso esfuerzo inquebrantable, amor y cariño intachable que ayudaron en mi superación personal y profesional.

A mis hermanitas Sofía y Luz a las que las quiero y aprecio mucho, por brindarme el soporte y su deseo de superarme profesionalmente y por ser parte fundamental de mi familia el cual se mantuvo unida en todo momento. A Marleny y Yoel que llegaron a mi vida para darme fortaleza, amor y dedicación en cada momento y por las que quiero ser ejemplo de padre, hijo y hermano.

A todas las personas que escogieron ser parte de esta hermosa carrera de Geología.

*Yosel Gutierrez*



## AGRADECIMIENTOS

A mi casa superior de estudios Universidad Nacional del Altiplano – Puno, Facultad de Ingeniería Geológica Y metalúrgica, Escuela Profesional de Ingeniería Geológica; por haber recibido conocimiento y experiencias de grandes docentes y permitir mi formación profesional.

A mi familia por darme su apoyo y fuerza en los momentos más difíciles en el proceso de mi formación profesional.

A mi asesor de tesis Dr. SOFIA LOURDES BENAVENTE FERNANDEZ, por haberme orientado para la realización de la presente tesis.

Agradezco a todas las personas y amigos por el apoyo que directa o indirectamente aportaron en este proceso de titulación.

*Yosel Gutierrez*



# ÍNDICE GENERAL

	Pág.
<b>DEDICATORIA</b>	
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	
<b>ÍNDICE GENERAL</b>	
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	
<b>ÍNDICE DE ACRÓNIMOS</b>	
<b>RESUMEN .....</b>	<b>13</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>14</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b>	
<b>1.1 IDENTIFICACION DEL PROBLEMA.....</b>	<b>16</b>
<b>1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>17</b>
<b>1.3 FORMULACION DEL PROBLEMA .....</b>	<b>17</b>
1.3.1 Problema General.....	17
1.3.2 Problemas Específicos .....	17
<b>1.4 OBJETIVOS.....</b>	<b>18</b>
1.4.1 Objetivo General .....	18
1.4.2 Objetivos Específicos.....	18
<b>1.5 JUSTIFICACION DEL PROBLEMA.....</b>	<b>18</b>
<b>1.6 HIPÓTESIS.....</b>	<b>19</b>
1.6.1 Hipótesis General .....	19
<b>1.7 IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACION .....</b>	<b>19</b>



<b>1.8</b>	<b>LIMITACIONES .....</b>	<b>19</b>
------------	---------------------------	-----------

## **CAPÍTULO II**

### **REVISIÓN DE LITERATURA**

<b>2.1</b>	<b>ANTECEDENTES .....</b>	<b>20</b>
2.1.1	Antecedentes Locales .....	20
2.1.2	Antecedentes Nacionales .....	20
2.1.3	Antecedentes Internacionales .....	21
<b>2.2</b>	<b>MARCO GEOLOGICO.....</b>	<b>22</b>
2.2.1	Geomorfología Regional .....	22
2.2.2	Litoestratigrafía Regional.....	24
2.2.3	Geología Estructural.....	25
2.2.4	Geodinámica externa.....	26
2.2.5	Geodinámica interna .....	31
<b>2.3</b>	<b>MARCO GEOTECNICO .....</b>	<b>33</b>
2.3.1	Estaciones Geomecánicas .....	34
<b>2.4</b>	<b>ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES .....</b>	<b>34</b>
2.4.1	Ensayos en laboratorio .....	35
2.4.2	Sistema de Clasificación de Suelos (SUCS).....	37
2.4.3	Análisis Granulométrico .....	38
2.4.4	Límite de Atterberg .....	39
2.4.5	Contenido de humedad.....	40
2.4.6	Peso Volumétrico .....	40
2.4.7	Corte Directo .....	41
2.4.8	Carga Puntual .....	41
2.4.9	Propiedades Físicas .....	42



<b>2.5</b>	<b>CLASIFICACION DE MATERIALES.....</b>	<b>44</b>
2.5.1	Materiales sueltos (MS) .....	44
2.5.2	Rocas Seltas (RS).....	45
2.5.3	Roca Fija (RF).....	46
2.5.4	Evaluación geomecánica .....	46
2.5.5	Riesgos geológicos.....	47

### **CAPÍTULO III**

#### **MATERIALES Y MÉTODOS**

<b>3.1</b>	<b>MATERIALES Y EQUIPOS.....</b>	<b>53</b>
<b>3.2</b>	<b>METODOLIGA .....</b>	<b>53</b>
3.2.1	Metodología de investigación .....	53
3.2.2	Población y muestra .....	54
3.2.3	Técnicas de laboratorio .....	54
3.2.4	Técnicas de Gabinete .....	56

### **CAPÍTULO IV**

#### **CARACTERIZACION DEL AREA DE ESTUDIO**

<b>4.1</b>	<b>UBICACIÓN DEL AREA DE INTERES.....</b>	<b>61</b>
4.1.1	Ubicación Política .....	61
4.1.2	Ubicación Geográfica.....	61
<b>4.2</b>	<b>ACCESO .....</b>	<b>62</b>
<b>4.3</b>	<b>CLIMA.....</b>	<b>62</b>

### **CAPÍTULO V**

#### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

<b>5.1</b>	<b>PRESENTACION DE RESULTADOS .....</b>	<b>64</b>
5.1.1	Investigaciones Geológicas .....	64



5.1.2	Investigaciones Geotécnicas .....	65
5.1.3	Ensayos de Laboratorio .....	66
5.1.4	Análisis de cimentación .....	69
5.1.5	Evaluación Geomecánica .....	74
5.1.6	Análisis de estabilidad de taludes .....	76
5.1.7	Clasificación de Materiales .....	77
<b>5.2</b>	<b>DISCUSION .....</b>	<b>78</b>
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>81</b>
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>82</b>
<b>VII.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>83</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>85</b>

**Área** : Ingeniería Geotécnica

**Tema** : Evaluación Geotécnica de Carreteras

**Fecha de sustentación: 21 de Julio del 2023**



## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1:</b> Vista panorámico de una quebrada en el área de estudio.....	23
<b>Figura 2:</b> Vista panorámico del Valle de Ihuanco .....	23
<b>Figura 3:</b> Vista panorámico de colinas y montañas del área de estudio .....	24
<b>Figura 4:</b> Mapa de intensidades sísmicas del Perú .....	32
<b>Figura 5:</b> Mapa de zonas sísmica del Perú.....	33
<b>Figura 6:</b> Estación geomecánica en el área de estudio. ....	34
<b>Figura 7:</b> Análisis de un talud definido .....	35
<b>Figura 8:</b> Ubicación del área de estudio .....	62
<b>Figura 9:</b> Ruta de acceso a la marea de estudio.....	62
<b>Figura 10.</b> Clima variable del área de interés. ....	63
<b>Figura 11:</b> Humedad relativa vs mes .....	63
<b>Figura 12:</b> Detalle de talud con banquetas en km 7+670 - km 7+705.....	80



## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1.</b> Cuadro de unidades Litoestratigraficas .....	25
<b>Tabla 2.</b> Clasificación de suelos AASHTO - SUCS .....	37
<b>Tabla 3.</b> Clasificación SUCS.....	37
<b>Tabla 4.</b> Clasificación de suelos según tamaño de partículas. ....	38
<b>Tabla 5.</b> Clasificación de suelos según índice de plasticidad.....	40
<b>Tabla 6.</b> INDICE RMR .....	47
<b>Tabla 7.</b> INDICE RQD.....	47
<b>Tabla 8.</b> Tabla de equipos y materiales. ....	53
<b>Tabla 9.</b> Clasificación de suelos AASHTO – SUCS para obras de arte .....	55
<b>Tabla 10.</b> Clasificación SUCS para obras de arte en la zona de interes.....	55
<b>Tabla 11.</b> Clasificación de suelos según tamaño de partículas. ....	56
<b>Tabla 12.</b> Parámetros de cimentación .....	57
<b>Tabla 13.</b> Cálculo de Capacidad admisible por asentamiento.....	58
<b>Tabla 14.</b> Validación RMR .....	59
<b>Tabla 15.</b> Resumen de la clasificación geomecánica de Bieniawski (RMR).....	59
<b>Tabla 16.</b> Condición de estabilidad SMR.....	60
<b>Tabla 17.</b> Clasificación de materiales del Km 0+000 al Km 10+550 .....	60
<b>Tabla 18.</b> Coordenadas UTM del área de estudio .....	61
<b>Tabla 19.</b> Geología local del área de estudio .....	64
<b>Tabla 20.</b> Resumen de Investigaciones geotécnicas.....	65
<b>Tabla 21.</b> Ubicación de estaciones geomecánicas.....	66
<b>Tabla 22.</b> Resumen clasificación SUCS con fines de cimentacion.....	67
<b>Tabla 23.</b> Resumen peso volumétrico .....	67



<b>Tabla 24.</b>	Resumen de Corte Directo .....	68
<b>Tabla 25.</b>	Resumen de Carga Puntual .....	68
<b>Tabla 26.</b>	Resumen de Propiedades Físicas .....	69
<b>Tabla 27.</b>	Profundidad mínima de cimentación .....	70
<b>Tabla 28.</b>	Parámetros de cimentación .....	71
<b>Tabla 29.</b>	Cálculo de Capacidad admisible por resistencia.....	72
<b>Tabla 30.</b>	Cálculo de Capacidad admisible por asentamiento.....	73
<b>Tabla 31.</b>	Resumen de la clasificación geomecánica de Bieniawski (RMR).....	74
<b>Tabla 32.</b>	Análisis de discontinuidades .....	75
<b>Tabla 33.</b>	Condición de estabilidad SMR.....	76
<b>Tabla 34.</b>	Análisis del macizo rocoso.....	77
<b>Tabla 35.</b>	Clasificación de materiales del Km 0+000 al Km 10+550 .....	78



## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

<b>PMA:</b>	Proyecto Multinacional Andino
<b>GCA:</b>	Geociencias para las Comunidades Andinas
<b>RMR:</b>	Rock Mass Rating
<b>RQD:</b>	Índice de Calidad del Macizo Rocoso
<b>UTM:</b>	Universal Transversal Mercator
<b>M.S.N.M.:</b>	Metros Sobre el Nivel del Mar
<b>M:</b>	Metros
<b>EG:</b>	Estación Geomecánica
<b>SUCS:</b>	Sistema de Clasificación de Suelos
<b>AASHTO:</b>	American Association of State Highway and Transportarían Officials
<b>IP:</b>	Índice de Plasticidad
<b>LL:</b>	Limite Liquido
<b>LP:</b>	Limite Plástico
<b>MS:</b>	Material Suelto
<b>RS:</b>	Roca Suelta
<b>RF:</b>	Roca Fija
<b>Qh-e:</b>	Deposito Eólico
<b>Qh-al:</b>	Deposito Aluvial
<b>Qh-co:</b>	Deposito Coluvial
<b>Kis-q:</b>	Formación Quilmanà
<b>Ks-j/di:</b>	Súper Unidad Jecuàn
<b>Kis-c:</b>	Formación Chilca
<b>MTC:</b>	Ministerio de Transportes y Comunicaciones
<b>CISMID:</b>	Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres.
<b>NE:</b>	Noreste
<b>SE:</b>	Sureste



## RESUMEN

La presente investigación está ubicada en el Distrito de Cerro Azul, Provincia de San Vicente de Cañete, Departamento de Lima, el objetivo es determinar las características geológicas y geotécnicas del terreno de fundación del camino vecinal para la rehabilitación y mejoramiento del camino vecinal San Juan de Ihuanco – Roldan, Región Lima. Con la metodología de investigación cualitativa y cuantitativa, se realizó tres fases de recolección de datos: Fase preliminar de gabinete Mapeo geológico local, eventos geodinámicos internos y externos; Fase de campo se desarrollaron investigaciones geotécnicas utilizando métodos estación geomecánica, ejecución de calicatas, toma de muestra alteradas e inalteradas; ensayos in situ, finalmente la fase de Ensayos de laboratorio para realizar clasificación de suelos del terreno de fundación, análisis de capacidad portante y análisis de estabilidad de talud. Geológicamente esta red vial vecinal se emplaza sobre un suelo de material coluvioaluvial (Q-co/al) y se observan afloramientos rocosos de la unidad Jecuan (Ks-j), conformadas de rocas ígneas plutónicas. De acuerdo al estudio geotécnico, se determinó que el suelo es de tipo Arena limosa y Arena arcillosa (SM y CL) con densidades variables de 1,76 a 2,04 g/cm<sup>3</sup>, la capacidad admisible de suelo determinados por método Terzagui y Perck es de 1.5 kg/cm<sup>2</sup> para muros de contención con una profundidad de desplante (Df) de 5.1 m, para muros de mampostería 2.0 kg/cm<sup>2</sup> con Df de 2.0 m , cm<sup>2</sup> para alcantarillas 1.1 kg/ con un Df de 0.8m y para pontones 2.1 kg/cm<sup>2</sup> con Df de 2.0m. los cuales son apropiados para la construcción de una cimentación corrido y de la las rocas intrusivas evaluadas se clasifican como tipo II y III, es decir se trata de rocas con calidad regular y buena para la estabilidad de talud.

**Palabras clave:** Capacidad, Carretera, Geotecnia, Rehabilitación, Terreno de fundación.



## ABSTRACT

This investigation is located in the District of Cerro Azul, Province of San Vicente de Cañete, Department of Lima, the objective is to determine the geological and geotechnical characteristics of the foundation ground of the neighborhood road for the rehabilitation and improvement of the San Juan de Ihuanco neighborhood road – Roldan, Lima Region. with the qualitative and quantitative research methodology, carrying out three phases of data collection: Preliminary cabinet phase Local geological mapping, internal and external geodynamic events; Field phase geotechnical investigations were carried out using geomechanical station methods, execution of test pits, altered and unaltered sampling; in situ tests, finally the phase of laboratory tests to carry out soil classification of the foundation ground, bearing capacity analysis and slope stability analysis. Geologically, this neighborhood road network is located on a colluvial-alluvial soil (Q-co/al) and rocky outcrops of the Jecuan unit (Ks-j) are observed, made up of igneous plutonic rocks. According to the geotechnical study, it was determined that the soil is of the silty sand and clayey sand type (SM and CL) with variable densities from 1.76 to 2.04 g/cm<sup>3</sup>, the admissible soil capacity determined by the Terzagui and Perck method. it is 1.5 kg/cm<sup>2</sup> for retaining walls with a sloping depth (Df) of 5.1 m, for masonry walls 2.0 kg/cm<sup>2</sup> with a Df of 2.0 m, cm<sup>2</sup> for culverts 1.1 kg/ with a Df of 0.8m and for pontoons 2.1 kg/cm<sup>2</sup> with Df of 2.0m. which are appropriate for the construction of a continuous foundation and the intrusive rocks evaluated are classified as type II and III, that is, they are rocks with regular and good quality for slope stability.

Keywords: Capacity, Foundation ground, Geotechnics, Highway, Rehabilitation,



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación está ubicada en el distrito de Cerro Azul, Provincia de San Vicente de Cañete, Departamento de Lima, tramo Cerro Azul, San Juan de Ihuanco-San Juan de Roldan (00+00 al 10+550), el cual responde al problema habitual de transitabilidad de vehículos en el acceso de la población del distrito Cerro Azul conexas con San Juan de Ihuanco y el Centro Poblado de San Juan de Roldan, por la falta de mejoramiento y rehabilitación de vías de comunicación el cual afecta directamente a la población con respecto a los mercados de consumo y servicios básicos

La finalidad de la presente investigación es el de rehabilitar y mejorar la carretera que inicia desde el distrito de Cerro Azul, pasa por el C. P. de San Juan de Ihuanco y termina en el C.P. San Juan de Roldan y determinar las necesidades técnicas que carece la vía, así como las obras de arte y drenaje para que la vía tenga una buena condición de transitabilidad y garantizar la seguridad vial.

El presente trabajo de investigación comprende aspectos de interpretación geológica y geotécnica el cual nos conlleva que la vía está emplazada en un material coluvioaluvial, de tipo arena limosa, este, favorable para la construcción de estructuras de obras de arte, también los afloramientos rocosos pertenecientes a la super unidad Jecuan (Ks-j), son favorables y estables para poder realizar un corte y replanteo a lo largo del camino vecinal. (Landa, 1993)



## 1.1 IDENTIFICACION DEL PROBLEMA

El presente estudio geológico geotécnico se basa principalmente a las especificaciones técnicas para caminos vecinales; con la finalidad de determinar las características geotécnicas del terreno de fundación con fines de cimentación en obras de arte, (MTC, 2013)

De acuerdo con la infraestructura óptima de una vía proporciona una base esencial para el funcionamiento y movimiento económico a nivel nacional, lo cual genera un bien común en la economía, por lo que realizar un mantenimiento de una carretera o cualquier tipo de vía es imprescindible para aumentar más beneficio a la población. (Cárdenas, 2002)

Sin embargo, en el país existen vías sin mantenimiento debido a la falta de exigencias de las autoridades competentes, las cuales se encuentran en estado crítico e inaccesibles, por consecuencia estas demandan y generan un déficit económico, social, ambiental y cultural de la región, (Garber & Lester, 2005)

Además, el estudio permitirá dar una solución global a la mejora de las carreteras de las regiones agrícolas de la zona de estudio y determinará la estabilidad y calidad del macizo rocoso y los suelos que componen la geología del eje de la carretera, además de servir de información geológica para futuros proyectos de ingeniería (Lester, 2005).

La presente investigación evaluación geotécnico del terreno de fundación para la rehabilitación y mejoramiento del camino vecinal San Juan de Ihuanco – Roldan, región Lima.”, es determinar las características geotécnicas del terreno de fundación con fines de cimentación para fines de obras de arte



## **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El Presente trabajo de investigación no cuenta con estudios de ingenieras, por tanto, enfrenta un problema de evaluación geológica, geotécnica y mecánica de suelos, por la variación de la litología en el tramo de estudio, geomorfología, las posibles zonas críticas juega un rol importante que a consecuencia de ello se pueden producir gastos económicos afectando a la seguridad vial durante la vida útil del camino vecinal San Juan de Ihuanco – Roldan, región Lima.

## **1.3 FORMULACION DEL PROBLEMA**

Considerando el problema de transitabilidad que enfrenta el área de interés se plantea lo siguiente:

### **1.3.1 Problema General**

¿De qué manera la evaluación geotécnica del terreno de fundación influirá en la rehabilitación y mejoramiento del camino vecinal San Juan de Ihuanco - Roldan, Región Lima?

### **1.3.2 Problemas Específicos**

¿Existirá alternativas de solución al problema de transitabilidad del camino vecinal San Juan de Ihuanco - Roldan, distrito Cerro Azul, provincia de Cañete región Lima?

¿De qué manera la evaluación geotécnica de terreno de fundación influirá en las obras de arte del camino vecinal San Juan de Ihuanco - Roldan distrito Cerro Azul, provincia de Cañete región Lima?



## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 Objetivo General**

Determinar las características geológicas y geotécnicas del terreno de fundación del camino vecinal San Juan de Ihuanco – Roldan, distrito Cerro Azul, provincia de Cañete, región Lima.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

Evaluar las características geológicas para rehabilitación y mejoramiento del camino vecinal San Juan de Ihuanco – Roldan, distrito Cerro Azul, provincia de Cañete, región Lima.

Evaluar las características geotécnicas de terreno de fundación con fines de cimentación del camino vecinal San Juan de Ihuanco – Roldan, distrito Cerro Azul, provincia de Cañete, región Lima.

## **1.5 JUSTIFICACION DEL PROBLEMA**

El presente trabajo de investigación permitirá realizar y dar solución integral en el mejoramiento de las vías de comunicación de los pueblos y regiones agrícolas en la zona de estudio, prolongando la transitabilidad de la vía, así el presente estudio servirá de mucho para los futuros proyectos de ingeniería.

No existen estudios geotécnicos específicos de la carretera “San Juan de Ihuanco – Roldan, distrito Cerro Azul, Provincia de Cañete, Departamento de Lima.”, así como el estudio de suelos y rocas.

Es indispensable contar con una vía adecuada para el tránsito de vehículos motorizados y por lo mismo de la población ya que depende de ello el desarrollo sostenible tanto económico, ambiental y social de las poblaciones existentes.



## **1.6 HIPÓTESIS**

### **1.6.1 Hipótesis General**

La evaluación geológica y geotécnica del terreno de fundación con fines de cimentación para obras de arte influye significativamente en la rehabilitación y mejoramiento del camino vecinal San Juan de Ihuanco – Roldan, distrito Cerro Azul, Provincia de Cañete Departamento de Lima.

## **1.7 IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACION**

La presente investigación es crucial porque permitirá identificar la estabilidad y el calibre del suelo de cimentación y del macizo rocoso que conforman la geología en el eje de la carretera, así como aportar una solución integral para mejorar la transitabilidad de las carreteras en las comarcas agrícolas de la zona de estudio (Boza, 2018). También servirá como información geológica y geotécnica para próximos proyectos de ingeniería.

## **1.8 LIMITACIONES**

El presente trabajo está limitado a la zona de trabajo y los resultados solo serán aplicativos a la zona de estudio.



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1 ANTECEDENTES

##### 2.1.1 Antecedentes Locales

Salazar & Landa (1993), realizaron Estudio Geológico de los Cuadrángulos de Mala, Lunahuaná, Tupe, Canayca; Chincha, Tantara y Castrovirreyna” Donde desarrolló el levantamiento geológico y estructural incluyendo el área de estudio.

Alvarado, (2011), Según el estudio del programa de apoyo a la gestión integral del riesgo de desastres naturales a nivel urbano, ATDM/MD-11383-PE, en su componente I: evaluación de riesgos en zonas urbanas; estudio complementario de las condiciones de riesgo de desastres en la ciudad de Chincha. Determina desde el punto lito estratigráfico, está cubierto por sedimentos aluviales recientes, constituido por gravas de origen ígneo, mal surtidas, mezcladas con arena y arcilla con limo, bajo la forma de cieno por las avenidas del Rio Chincha. Material predomina en todo el valle de Chincha, su espesor vario de 100 a 200 m.

El estudio “Geología de los Cuadrángulos de Mala, Lunahuana, Tupe, Conayca, Tantara y Castrovirreyna” Boletín N° 44, hojas 26-j, 26-k, 26-m, 27-k, 27-i, 27-m, Lima – Perú, según, (Salazar & Landa, 1993).

##### 2.1.2 Antecedentes Nacionales

Adin, (2016), Presento su tesis “Análisis comparativo en la determinación de la capacidad admisible por métodos de Terzagui y Meyerhof, para el diseño de cimentaciones superficiales según las características del suelo de Inquipata del



distrito de Anta”, Lo cual concluye que la capacidad admisible obtenida por Terzagui brinda mayor seguridad estructural que la del método de Meyerhof.

Boza, (2018), presento su tesis “Evaluación Geotécnica en el Mejoramiento de la Carretera Departamental Palca-Tapo-Ricran-Yauli-Jauja-Región Junín” el cual concluye que la ESTACIÓN GEOMECÁNICA EGM -01 (Km. 8+200): taludes rocosos de 25 metros de altura máxima en secuencias de lutitas y areniscas foliadas duras grises en paquetes de 10 cm. a 60 cm. Dirección de 144 foliación 30°, buzamiento 60°NW en promedio. Presencia de 2 familias principales de fracturamiento con tendencia a la verticalidad.

Cañi & Gomez, (2018), Presento su tesis “ Propuesta técnica para cimentaciones de viviendas ubicadas en el sector VII del Distrito de Alto Alianza – Tacna - 2018”. Lo cual concluye que los resultados permiten proponer una cimentación superficial del tipo de zapata aislada y zapata combinada las cuales cumplen con los criterios de verificación correspondientes, tomando como referencia la capacidad admisible más crítica. Presenta suelos de carácter friccionante (SW Y SM).

### **2.1.3 Antecedentes Internacionales**

Guía práctica para el cálculo de capacidad de carga en cimentaciones superficiales, losas de cimentación, pilotes y pilas perforadas. Lo cual concluye que una buena extracción y tallado de muestra de suelo para el ensayo triaxial y el corte directo permite obtener resultados confiables para determinar la capacidad de carga y observar el comportamiento del mismo en estado natural. Las ecuaciones de Meyerhof, Hansen y Vesic para cimentaciones superficiales proporcionan la mayoría de veces resultados muy cercanos entre sí. Dependiendo



de la ecuación de capacidad de carga utilizada, el factor de seguridad varía en función de la cantidad de datos disponibles y utilizados, a mayor cantidad de datos utilizados, el factor de seguridad debe disminuir. (Patzan, 2009).

## 2.2 MARCO GEOLOGICO

### 2.2.1 Geomorfología Regional

Los rasgos geomorfológicos, están estrechamente controlados por las estructuras resultantes de los procesos tectónicos recientes, por el tipo de litología, así como por la intensidad con que actúan los procesos geodinámicos externos. Estos últimos incluyen el clima como factor importante de los procesos de meteorización que se ha encargado de darle la configuración actual del relieve del área de estudio. (Salazar & Landa, 1993).

El área de estudio por ubicarse cerca de la costa peruana presenta relieves suaves que se prolongan hasta los inicios de los cerros que conforman el batolito de la costa, siendo por ello que se distinguen tres unidades geomorfológicas definidas; originadas a consecuencia de las erupciones volcánicas y a levantamiento de los andes (orogenia peruana) donde posteriormente por ciclos erosivos se llegan a precisar las siguientes unidades: Quebradas, Valles longitudinales, colinas y lomadas. Ver anexo 7. Plano Geomorfológico Regional.

#### a) **Quebradas**

Esta unidad geomorfológica comprende los depósitos que se han formado como consecuencia de la erosión de las rocas existentes en la zona. Éstas se caracterizan por pendientes empinadas de cerros ondulados y morfología escarpada, ubicados en el borde de los afloramientos rocosos característicos de la zona.



**Figura 1:** Vista panorámico de una quebrada en el área de estudio

**b) Valles Longitudinales**

Esta unidad geomorfológica se extiende por todo el valle de Ihuanco y se encuentra compuesta por depósitos de material aluvial en los que se han formado extensos campos de cultivo característicos de la zona. Asimismo, el valle está separado por cadenas de lomadas y montañas paralelas que destacan por su altitud y morfología escarpada.



**Figura 2:** Vista panorámico del Valle de Ihuanco

### c) Colinas y Lomadas

En el tramo intermedio de la carretera podemos apreciar colinas y lomadas de pendientes suaves y escarpadas, y ligeramente onduladas. Las altitudes varían desde los 15 m.s.n.m. hasta 430 m.s.n.m. Las colinas y lomadas están conformados por rocas ígneas plutónicas.



*Figura 3: Vista panorámico de colinas y montañas del área de estudio*

#### 2.2.2 Litoestratigrafía Regional

Las unidades que afloran dentro del cuadrángulo de Lunahuaná tienen edades que van desde el cretáceo hasta el cuaternario. El área de estudio casi en su totalidad comprende formaciones que son parte del Mesozoico y en gran parte del Cenozoico. Estas formaciones son la Formación Quilmana caracterizada por rocas volcánicas andesíticas de coloración gris verdosa, la Súper unidad Jecuan conformada por rocas ígneas plutónicas y depósitos aluviales, eólicos y coluvio-aluviales del cuaternario. Ver anexo 7. Plano Geológico Regional.

A continuación, se presenta la tabla N° 1, cuadro de litoestratigráfico.



**Tabla 1.**  
*Cuadro de unidades Litoestratigraficas*

<b>Eratema</b>	<b>Sistema</b>	<b>Serie</b>	<b>Unidades Litoestratigrafias</b>	
<b>CENOZOICO</b>	<b>CUATERNARIO</b>	Holoceno	Depósitos Eólicos	Qh-e
			Deposito Aluvial	Qh-al
			Deposito Coluvial	Qh-co
<b>MEZOSOICO</b>	<b>CRETACEO</b>	Superior	Formación Quilmana	Kis-q
			Unidad Jecuan	Ks-j/di
		Inferior	Formación Chilca	Kis-c

Fuente: INGEMMET, Carta geológico del cuadrángulo de Lunahuaná, 1964-1970.

### 2.2.3 Geología Estructural

La geología estructural ha desempeñado un rol importante en el desarrollo de la morfología actual y en la de épocas pasadas, lo cual está evidenciado por discordancias orogénicas y epirogénicas. Los mismos que fueron afectados por eventos tectónicos.

La etapa final del ciclo tectónico andino estuvo relacionada a movimientos epirogenéticos que influyeron en la formación de la cadena andina actual y que se iniciaron durante el plioceno inferior en la zona oriental del área de estudio. Sobre estas superficies se emplazaron los materiales intrusivos Jecuan y los volcánicos de la formación Quilmana. Esta tectónica reciente se asocia con un gran magmatismo relacionado a los centros volcánicos cercanos. (Salazar & Landa, 1993).



#### **2.2.4 Geodinámica externa**

La subducción de las placas de Nazca y la placa sudamericana son causantes de la actividad sísmica y actividad volcánica en nuestro territorio nacional, y están sujetos a procesos geodinámicos externos como: Deslizamientos, Derrumbes, Huaycos, Inundaciones, Aluviones, ect. (INGEMMET, 1993).

Por otra parte, juega un rol muy importante el factor climatológico que afecta directamente a la superficie, por las variaciones de temperatura, precipitaciones, humedad, y altitud.

También las constantes modificaciones de la morfología del relieve terrestre son causadas por el intenso intemperismo y/o meteorización, estos son físicos, químicos, y biológicos originando inestabilidades en masas rocosas y en los depósitos inconsolidados.

Estos fenómenos modifican la geomorfología del relieve terrestre, y condicionan a los diferentes proyectos constructivos.

En el área de estudio la geodinámica externa está condicionados por los siguientes factores:

##### **Asentamiento**

Es originado por la pérdida de resistencia en la base, por la constatada erosión de riberas, los agentes climáticos son desastrosos en temporadas de fuertes avenidas.



## **Deslizamiento**

Un corrimiento de tierras se define como un movimiento descendente de una masa de suelo o roca que se produce sobre todo a lo largo de la superficie de una falla o de una zona estrecha en la que se produce una importante deformación por cizallamiento (PMA: GCA, 2007).

Varnes (1978), Según el sistema de clasificación, los tipos de deslizamientos incluyen tanto los traslacionales como los rotacionales en función de la forma de la superficie de falla por la que se desplaza el material; los deslizamientos traslacionales propiamente dichos pueden ser planificados o eminentes.

## **Movimiento en masas**

Son desplazamientos del terreno por la gravedad generada de acuerdo a la pendiente donde este asentado, bajo la influencia de los diversos factores como son el agua, los movimientos sísmicos, cargas excesivas, excavaciones y construcciones entre otros. Estos movimientos producen cambios considerables en el terreno como hundimientos e incluyen desprendimiento de grandes cantidades de suelo y/o roca. (PMA: GCA, 2007).

## **Creeping**

Son movimientos lentos que se originan en las capas superiores de pendientes con suelos finos, el agua es el principal lubricante aumentando el peso consiguiente, todo este proceso causa la inestabilidad de las pendientes.



## **Caída de bloques**

El proceso de desprendimiento de un talud empinado a lo largo de una superficie causando el movimiento violento de bloques o fragmentos rocosos, esta masa desciende principalmente en caída libre por el aire, este fenómeno está asociado al fracturamiento por erosión química o mecánica intensa del macizo rocoso.

Tienen relevancia además a estos desprendimientos:

- Los taludes son de pendientes considerables.
- Movimientos sísmicos y la acción de la gravedad.
- Taludes empinados en las estructuras rocosas.
- Taludes socavados por erosión en la base.

## **Derrumbes**

Son flujos de caídas inmediatas del suelo o roca por pérdida de la resistencia al esfuerzo, se produce bajo ciertos factores:

- Por la infiltración del agua en el suelo causado de la precipitación pluvial.
- Erosión por socavamiento de la masa rocosa.
- Erosión diferencial de la base de los bancos sedimentarios o metamórficos.
- Erosión del talud inferior.
- Mucha acumulación de material excedente en el talud o cortes para construcción y obras de infraestructura.



## **Flujos**

Estos movimientos de masas, que pueden ser más o menos rápidos, son típicos de materiales no cohesivos mezclados con las precipitaciones y arrastrados a lo largo de un cauce por materiales heterométricos que van desde suelos finos hasta enormes trozos de granito (Aliaga Chavez Jesus, 2003).

Causas:

- Suelos inestables.
- Precipitaciones pluviales de gran intensidad
- Pendientes pronunciadas y laderas.
- Quebradas o cursos de agua donde existen materiales no consolidados y sin cohesión.

## **Inundaciones**

Es el proceso de desborde de ríos y/o conductos de canales en zonas inundables el cual produce remoción en las riberas de estas, las principales causales son:

- Intensa precipitación pluvial.
- Obstrucción del lecho del río y o canales desviando agua fuera de su curso normal.
- Acumulación constante de material excedente en el lecho del río o canal.



## **Erosión de riberas**

Se origina por las corrientes de agua que tiene lugar en los periodos de fuertes avenidas, el cual consiste en el socavamiento el pie del talud del lecho del rio dejando desgaste de dicho talud.

## **Erosión superficial**

Es el proceso de desgaste del relieve terrestre causado por el inminente desvío del lecho del rio, el cual también origina la erosión superficial que puede traducirse en problemas graves de sedimentación aguas abajo, así como la perdida de los taludes.

## **Factor de seguridad**

La tarea del ingeniero encargado es determinar el factor de seguridad. En general, el factor de seguridad se define como:

$$FS = \frac{Tf}{Td} \dots\dots\dots \text{Ec. 01}$$

Donde:

FS = Factor de Seguridad

Tf = resistencia media del suelo al corte

Td = esfuerzo cortante promedio desarrollado a lo largo de la superficie potencial de falla cohesión y fricción.

El factor de seguridad (FS) expresa la relación entre las fuerzas resistentes del terreno y las inestabilizadoras. Valores de FS superiores a 1 indican condiciones estables. Cuando FS=1 la ladera o el talud se encuentra en el punto de rotura.



### 2.2.5 Geodinámica interna

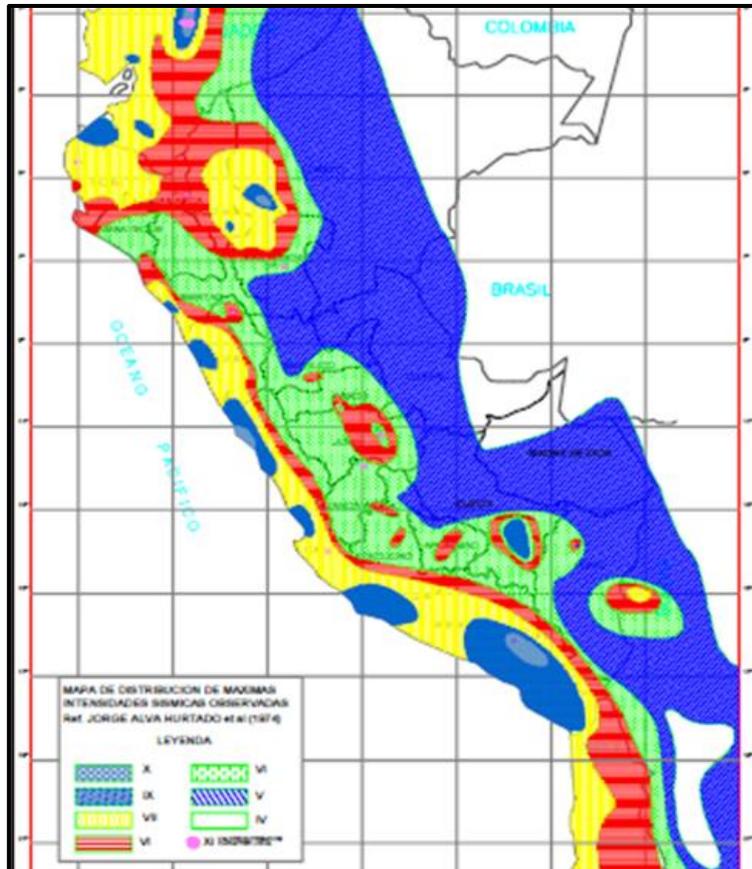
En el Perú, la placa oceánica de Nazca y la placa Continental Sudamericana con la interacción determinan la zona de subducción a lo largo de la costa del Perú, originando reajustes corticales y estos los eventos sísmicos.

Dentro del mapa de riesgos sísmicos del Instituto Geofísico del Perú podemos apreciar las zonas más vulnerables y zonas de gran magnitud catalogando mapa de riesgos sísmicos.

El presente estudio de peligro sísmico se elaboró tomando en cuenta las especificaciones del Manual de Puentes (MTC, 2018).

Dentro del área de interés, se han registrado movimientos sísmicos significativos presentando magnitudes menores a 5 en la escala de Richter, el sismo más próximo fue el ocurrido en 05 de Setiembre del 2019 teniendo como epicentro en la cercanía de Chimbote, Santa con una intensidad de 4,6 en la escala de Richter. Estos eventos son comunes, debiendo su origen a la subducción de la placa de Nazca con respecto a la placa sudamericana.

En la figura N° 4 y N° 5 se muestra el Mapa de Zonas Sísmicas de acuerdo a la norma peruana E0.30, donde se obtiene que los diseños estructurales deberán ser a sísmicas.

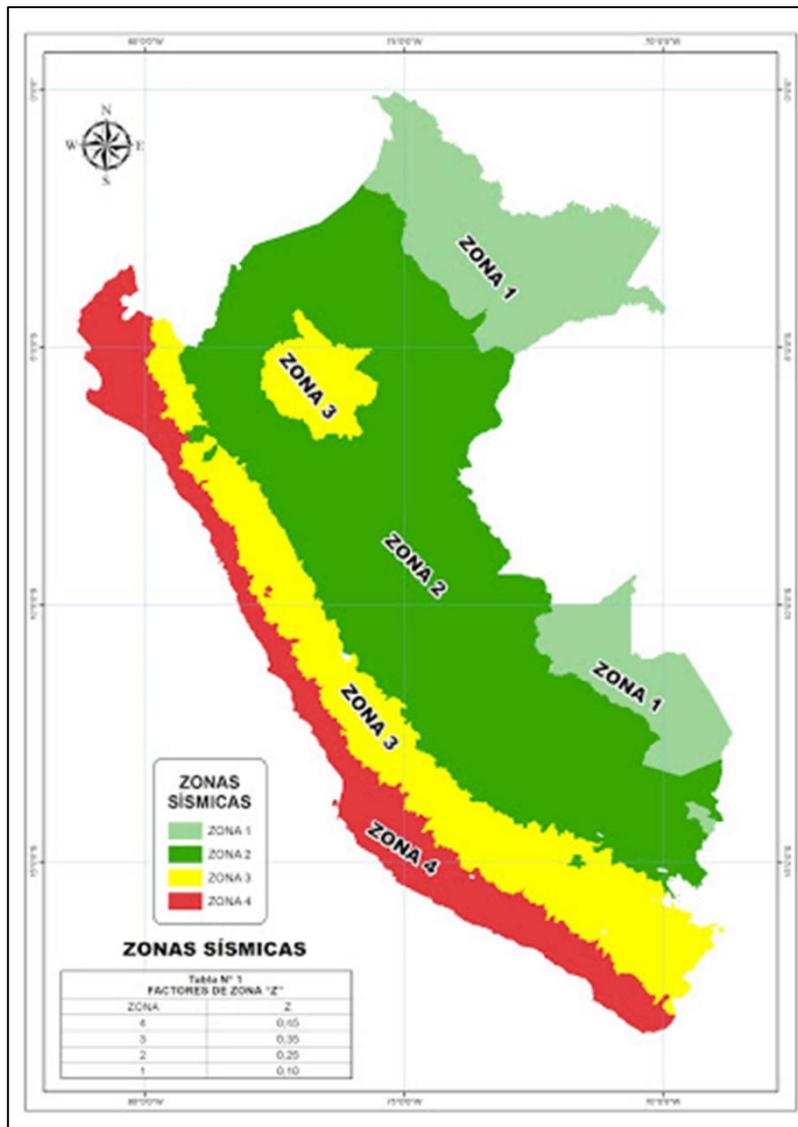


**Figura 4:** Mapa de intensidades sísmicas del Perú

*Fuente: CISMID*

De acuerdo a al nuevo mapa de zonificación sísmica del Perú, según la nueva norma Sismo Resistente (NTE E-030) y del Mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas observadas en el Perú, el cual se basó en isosistas de sismos peruanos y datos de intensidades puntuales de sismos históricos y sismos recientes; se concluye que el área de estudio dentro de la zona de alta sismicidad (zona 4), existiendo la posibilidad de que ocurra sismos de intensidades tan considerables como VIII y IX en escala de Mercalli Modificada. (Alva Hurtado, 1984),

**Figura 5:** Mapa de zonas sísmica del Perú



ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

Fuente: CISMID

### 2.3 MARCO GEOTECNICO

La exploración geotécnica incluye una amplia gama de actividades destinadas a determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo. La exploración y caracterización adecuada de los materiales es esencial para simular el comportamiento del suelo y la respuesta física. Cualquier proyecto de ingeniería en la fase de diseño requiere una investigación geotécnica completa para cumplir con los requisitos

reglamentarios, pero sobre todo para reducir las incertidumbres asociadas con el cambio de material. Ver anexo 1.1.

### 2.3.1 Estaciones Geomecánicas

El término "estación geomecánica" se refiere a un lugar o región de observación de un afloramiento rocoso donde se realiza un estudio sistemático del tipo de rocas, condiciones de alteración y otras características; El más significativo de estos detalles es el tipo y distribución de las rocas (familias); el valor de esta información radica en la capacidad de caracterizar cuantitativamente el macizo rocoso para realizar una evaluación objetiva de sus parámetros de resistencia y deformación (existen métodos analíticos con cierta base empírica que posibilitan el proceso, como el conocido método de Hoek y Brown) y, particularmente, en el caso de cortados y taludes, determinar la probabilidad de inestabilidad por movimientos que puedan producirse a favor de discontinuidades.



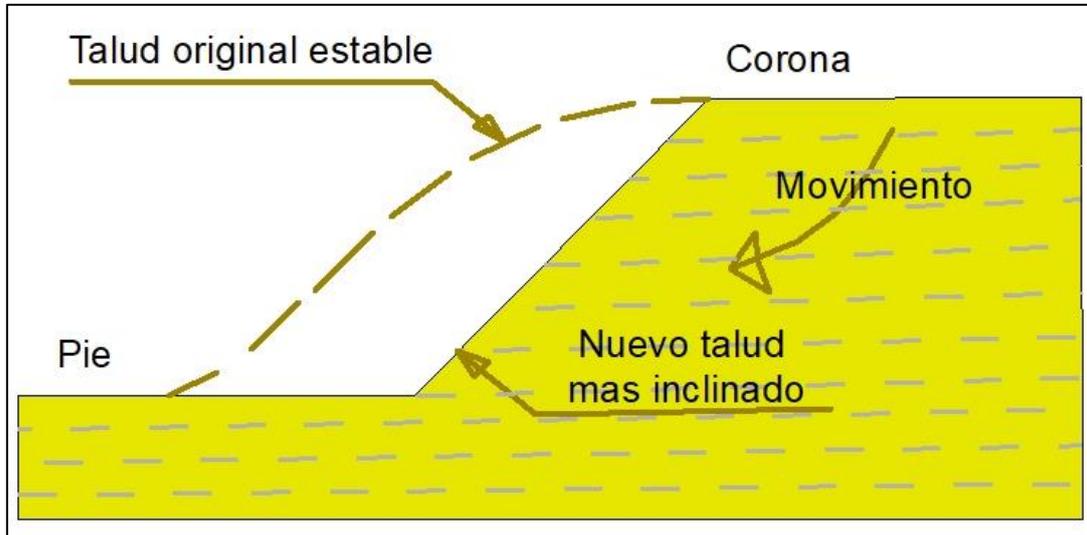
*Figura 6: Estación geomecánica en el área de estudio.*

## 2.4 ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES

El análisis de estabilidad de taludes es parte de la práctica geotécnica, para analizar las condiciones de estabilidad de taludes naturales, y la integridad y funcionalidad del diseño en taludes artificiales (Fig. 14). Existe una gran cantidad de métodos de análisis

de estabilidad, que dependen del propósito del análisis y del resultado deseado. Los principales objetivos del análisis de estabilidad de gradientes son:

- Determinar las condiciones de estabilidad del talud (si es estable o inestable y el margen de estabilidad).
- Investigar los mecanismos potenciales de falla (analizar cómo ocurre la falla)
- Determinar la sensibilidad o susceptibilidad de los taludes a diferentes mecanismos o factores detonantes (Efecto de las lluvias, sismos, etc.)
- Comparar la efectividad de las diferentes opciones de remediación o estabilización y su efecto sobre la estabilidad del talud.
- Diseñar los taludes óptimos en término de seguridad, confiabilidad y economía.



**Figura 7:** Análisis de un talud definido

#### 2.4.1 Ensayos en laboratorio

Con las muestras extraídas de las investigaciones geotécnicas efectuadas en el área de estudio se realizan diversos ensayos de laboratorio:



- Análisis granulométrico por tamizado ASTM D-422.MTC E 107.
- Limite Liquido ASTM D-4318, MTC E 110.
- Limite Plastico ASTM D-4318, MTC E 111.
- Contenido de Humedad ASTM D-2216 MTC E 108.
- Clasificación SUCS ASTM D-2487.
- Clasificación AASHTO M-154

### **ENSAYOS ESPECIALES**

- Corte directo.

Los ensayos deben ser ejecutados en laboratorios competentes que cuenten con:

- Personal calificado.
- Instalaciones que faciliten la correcta ejecución de los ensayos.
- Método y procedimiento apropiados para la realización de los ensayos, siguiendo las normas de ensayo del MTC o normas internacionales como ASTM o AASHTO, incluyendo técnicas estadísticas para el análisis de los datos de ensayo.
- Equipos debidamente calibrados, que garantice la exactitud o validez de los resultados de los ensayos. Antes del inicio de los ensayos o de la puesta en servicio del proveedor deben presentar los respectivos certificados de calibración de sus equipos, emitidos por laboratorio de calibración acreditación.
- Aseguramiento de los resultados de los ensayos.
- Informe de resultados de cada ensayo, presentado en forma de informe de ensayo o certificado de ensayo, que exprese el resultado de manera exacta, clara, sin



ambigüedades y objetivamente, de acuerdo a las instrucciones específicas de los métodos de ensayo.

#### 2.4.2 Sistema de Clasificación de Suelos (SUCS)

Para la clasificación de los suelos se utilizará el sistema representado en la Tabla N° 02. Desde una perspectiva geotécnica, esta categorización ayuda a delimitar los sectores homogéneos permitiendo la aproximación del comportamiento del suelo.

**Tabla 2.**  
*Clasificación de suelos AASHTO - SUCS*

<b>Clasificación de Suelos AASHTO AASHTO M-145</b>	<b>Clasificación de Suelos SUCS ASTM – D-2487</b>
<b>A-1-a</b>	GW, GP, GM, SW, SP, SM
<b>A-1-b</b>	GM, GP, SM, SP
<b>A-2</b>	GM, GC, SM, SC
<b>A-3</b>	SP
<b>A-4</b>	CL, ML
<b>A-5</b>	ML, MH, CH
<b>A-6</b>	CL, CH
<b>A-7</b>	OH, MH, CH

Fuente: Manual de carreteras R.D. N° 10-14-MTC/14.

**Tabla 3.**  
*Clasificación SUCS*



Tipo de Suelo	Prefijo	Subgrupo	Sufijo
Grava	G	Bien Gradada	W
Arena	S	Pobrementemente Gradada	P
Limo	M	Limoso	M
Arcilla	C	Arcilloso	C
Orgánico	O	Limite liquido alto	L
Turba	Pt	Limite liquido bajo	H

Fuente: Manual de carreteras R.D. N° 10-14-MTC/14.

### 2.4.3 Análisis Granulométrico

El análisis granulométrico de un suelo tiene por finalidad determinar la proporción de sus diferentes elementos constituyentes, clasificación en función de su tamaño.

Representa la distribución de los tamaños que posee el agregado mediante el tamizado según especificaciones técnicas (ensayo MTC E 107). A partir de la cual estimar, con mayor o menor aproximación, las de mas propiedades que pudieran interesar.

**Tabla 4.**  
*Clasificación de suelos según tamaño de partículas.*

Tipo de Material	Tamaño de las Partículas
Grava	75 mm - 4.75 mm
Arena	Arena Gruesa: 4.75mm - 2.00mm
	Arena Media: 2.00mm - 0.425mm
	Arena Fina: 0.425mm - 0.075mm
Material Fino	Limo 0.075mm - 0.005mm
	Arcilla Menor a 0.005 mm

Fuente: Manual de ensayos de materiales - MTC E 107, 2013.



#### 2.4.4 Límite de Atterberg

Los límites de Atterberg identifican los tres estados de consistencia que puede presentar un suelo en función de su nivel de humedad: líquido, plástico o sólido. Definen los límites que se correlacionan con la sensibilidad del comportamiento de un suelo en relación con su contenido de humedad (agua). Estos límites de Atterberg, que miden la cohesión del suelo, son el límite líquido (LL, determinado por el ensayo MTC E 110), el límite plástico (LP) y el límite de contracción (LC, determinado por el ensayo MTC E 112).

Límite Líquido (LL), cuando el suelo pasa del estado semilíquido a un estado plástico y puede moldearse.

Límite Plástico (LP), cuando el suelo pasa de un estado plástico a un estado semisólido y se rompe.

Límite de Contracción (retracción), cuando el suelo pasa de un estado semisólido a un estado sólido y deja de contraerse al perder humedad.

Además del LL y del LP, una característica a tener es el índice de plasticidad IP (ensayo MTC E 111) que se define como la diferencia entre LL y LP:

$$IP = LL - LP \dots\dots\dots Ec. 02$$

El índice de plasticidad indica la magnitud de intervalo de humedades en el cual el suelo posee consistencia plástica y permite clasificar bastante bien el suelo, un IP grande corresponde a un suelo muy arcilloso; por el contrario, un IP pequeño es característico de un suelo poco arcilloso. En tal sentido, el suelo en relación a su índice de plasticidad puede clasificarse según lo siguiente:



**Tabla 5.**  
*Clasificación de suelos según índice de plasticidad.*

Índice de plasticidad	Plasticidad	Característica
$IP > 20$	Alta	Suelos muy Arcillosos
$IP \leq 20$	Media	Suelos arcillosos
$IP > 7$	Baja	Suelos poco arcillosos plasticidad
$IP < 7$		
$IP = 0$	No plástico (NP)	suelos exentos de arcilla

Fuente: Manual de carreteras R.D. N° 10-14-MTC/14.

#### 2.4.5 Contenido de humedad

Otra característica importante de los suelos es su humedad natural; puesto que la resistencia de los suelos de subrasante, en especial de los finos, se encuentran directamente asociada con las condiciones de humedad y densidad que estos suelos presenten.

La determinación de la humedad natural (ensayo MTC E 108) permitirá comparar con la humedad óptima que se obtendrá en los ensayos Proctor para obtener el CBR del suelo. Si la humedad natural resulta igual o inferior a la humedad óptima, el proyectista propondrá la compactación normal del suelo y el aporte de cantidad conveniente de agua.

#### 2.4.6 Peso Volumétrico

El peso volumétrico en estado natural del suelo o peso específico de la masa de suelo, es la relación entre el peso del mismo y el volumen que ocupa.

$$m = \frac{Wm}{Vm} \dots \dots \dots Ec. 03$$

Dónde: Wm: es la masa del suelo.

Vm: es el volumen total de la muestra del suelo.



#### **2.4.7 Corte Directo**

La prueba de corte directo es un método utilizado para determinar las propiedades de los materiales bajo cargas compuestas, como las fuerzas de cohesión y los ángulos de fricción internos, para determinar la falla por tensión de un material.

La cohesión y el ángulo de fricción es una parte importante de la clasificación mecánica del suelo y, por lo tanto, se considera factores específicos para su resistencia.

#### **2.4.8 Carga Puntual**

La prueba de carga puntual se utiliza para determinar la resistencia a la compresión simple.

fragmentos irregulares de roca, núcleos de perforación o bloques cilíndricos, índice de resistencia a la carga puntual ( $I_s$ ), por lo que la presión aplicada se convierta a un valor UCS aproximado, basado en el diámetro de la muestra. El proceso consiste en romper una muestra entre dos puntas cónicas de metal operado por una máquina de prensa.

- Concebir una idea general de la roca en cuanto a su litología y estructuras.
- Identificar las muestras.
- Medir las dimensiones de la muestra.
- Dependiendo del tipo de muestra, se sitúa el testigo entre las puntas cónicas de la máquina, resguardando que se cumplan las configuraciones de carga y requerimientos de forma del testigo.



- Se recubre la máquina con una bolsa resistente cuyo fin será el de evitar que al momento de fallar la roca no salten fragmentos y dañen a personas u objetos de alrededor.
- Una persona se encarga de medir la presión a la cual está siendo sometida la muestra mediante un manómetro conectado directamente a la prensa hidráulica.
- Una segunda persona será la encargada de ir aumentando paulatinamente la presión en la prensa hidráulica.
- Una vez falle el testigo se retira y se analizan las condiciones y modo de ruptura

#### **2.4.9 Propiedades Físicas**

Peña, E., Lizarralde, R., & Zabala, M. (2005). La roca y otros materiales de roca utilizados en la construcción son materiales heterogéneos caracterizados por diversas diferencias en composición, textura y estructura. Este cambio significa que las propiedades de los materiales, que determinan su campo de aplicación, también pueden cambiar. Así, la adecuación de un material para un propósito concreto, tanto desde el punto de vista constructivo-ornamental como restaurador, debe basarse en determinadas propiedades que deben, a su vez, ser fácilmente medibles en el laboratorio.

Las propiedades de los materiales se clasifican generalmente como físicas, químicas y mecánicas, aunque en el campo de la construcción/ornamentación/restauración también pueden incluirse las propiedades relacionadas con su trabajabilidad. Obviamente, la lista de



propiedades medibles en una sustancia es bastante larga. Por ello, en este estudio se presentan las cuestiones que, a nuestro juicio, resultan más relevantes. Las propiedades físicas incluyen densidad, porosidad, permeabilidad a líquidos y gases, capacidad calorífica, conductividad térmica y expansión, etc. Las propiedades químicas pueden incluir resistencia a soluciones y reacciones ácidas y alcalinas debido a la presencia de sales. Las propiedades mecánicas incluyen la resistencia a la compresión, la tensión, la flexión, la resistencia al impacto y la penetración de otro cuerpo y otras acciones involucradas en la generación de fuerza, como la cristalización del hielo y la sal dentro del sistema poroso del material y el cambio del efecto volumétrico debido al cambio de temperatura.

#### a) **Determinación de los parámetros de resistencia**

Los parámetros de resistencia del material involucrado en la determinación de la capacidad admisible, es decir, el ángulo de fricción interna ( $\Phi$ ) y la cohesión ( $c$ ), han sido determinados a partir de ensayos de corte directo. En total se efectuaron dos ensayos de corte directo a los dos tipos de suelos más comunes presentes en la vía. A partir de estos resultados, se asignaron estratégicamente estos valores a las demás estructuras para el cálculo correspondiente de las capacidades portantes.

#### b) **Cálculo de la capacidad admisible**

Se realizaron los cálculos de la capacidad admisible del terreno para una cimentación superficial.

La capacidad de carga se ha analizado usando la fórmula de Terzaghi y Peck (1967) con los parámetros de Vesic (1973).

$$q_u = S_c C N_c + S_\gamma \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma + S_q \gamma D_f N_q \quad ; \quad q_{ad} = \frac{q_u}{F_s}$$



$$S_{\gamma} = 1 - 0,4 \left( \frac{B}{L} \right); \quad S_q = 1 + tg \phi \left( \frac{B}{L} \right); \quad S_c = 1 + \left( \frac{N_q}{N_c} \right) \times \left( \frac{B}{L} \right)$$

Ecuación.....04

Dónde:

$q_u$  = capacidad última de carga

$q_{ad}$  = capacidad admisible de carga

$F_s$  = factor de seguridad = 3

$\gamma$  = peso unitario del suelo

$B$  = ancho de la cimentación

$L$  = longitud de la cimentación

$c$  = cohesión

$D_f$  = profundidad de cimentación

$N_c, N_{\gamma}, N_q$  = parámetros de capacidad portante en función de  $\phi$

$S_c, S_{\gamma}, S_q$  = factores de forma (Vesic, 1979),

$\Phi$  = ángulo de fricción

## 2.5 CLASIFICACION DE MATERIALES

Para la clasificación de materiales de la vía, se desarrolló primero un programa de trabajo de gabinete, el cual consistió en la revisión de información de los planos topográficos en planta y sección, también del estudio de geología se verificaron los planos geológicos locales. Se realizó un recorrido a lo largo de la carretera con la finalidad de constatar la litología y los materiales existentes: material suelto, roca suelta y roca fija.

### 2.5.1 Materiales sueltos (MS)

Se clasifica como material suelto a todos los suelos cuales quiera que sea su origen (residual, transportado y antrópico) en cualquier estado y cuya remoción requiere el empleo de maquinarias y/o mano de obra. No requiere previamente ser



aflojado mediante el uso moderado de explosivos. Comprende, además, la excavación y remoción de la capa vegetal y de otros materiales blandos, orgánicos y objetables, en las áreas donde se hayan de realizar las excavaciones de la explanación y terraplenes.

Para la clasificación inicial de estos materiales se consideró en primer lugar la clasificación de materiales presentado en el estudio geológico geotécnico. Cuando en un sector de suelos se localicen bloques aislados de roca de orden mínimo de 3 m de diámetro a más que no puedan ser removidos con el uso de maquinarias y que necesariamente deban ser reducidos a un menor tamaño para su movilización con el uso de martillos rompedores o en todo caso el uso de explosivos en pequeñas cargas, se consideró el volumen de esos bloques como material de roca suelta. Asimismo, se realizó el acumulado del volumen fragmentado en cada progresiva y se estableció el volumen final considerado en el metrado.

### **2.5.2 Rocas Seltas (RS)**

Se clasificó como roca suelta a aquellos tipos de roca facturada, a muy fracturada, rocas alteradas a muy alteradas, rocas estratificadas de origen sedimentarias y/o metamórficas con estratificación delgada menores de 0.15m de espesor, rocas de origen sedimentarias y/o metamórficas de constitución mayormente arcillosa, limosa y cualquier otro material de difícil excavación que requiere previamente ser aflojado mediante el uso moderado y/o de pequeñas cargas controladas de “explosivos”.

En los casos en que el material suelto se encontró con cierta compacidad hasta el grado de cementación por sales minerales como carbonatos, sulfatos y/o



silicatos y en donde es necesario el uso de maquinaria u otro mecanismo de ripado o martillo rompedor mediante equipo pesado con la utilización de equipos de movimientos de tierra con ripper, se recomienda realizar una evaluación técnica económica entre la supervisión y el contratista para considerar si lo consideran como material de roca suelta.

### **2.5.3 Roca Fija (RF)**

Se clasifica como rocas fijas a todo tipo de macizo rocoso conformado por afloramientos de roca de origen intrusivo, volcánico, sedimentario y/o metamórfico que, debido a su cementación y consolidación requieren para su extracción de voladuras, por ningún motivo se debe considerar el sistema de plasteos ni otro sistema similar. (Bieniawski, Z. T. 1989).

### **2.5.4 Evaluación geomecánica**

Implica en el estudio geológico del comportamiento y caracterización del macizo rocoso, indicar también que los avances modernos se refieren a sismología, mecánica de suelos continuos, mecánica discontinua y fenómenos de transporte. (Bieniawski, Z. T. 1989).

### **Clasificación RMR**

Esta clasificación se emplea para la caracterización de los macizos rocosos que se expresa por medio del índice de calidad RMR (Rock mass Rating) que varía de 0 a 100. Se considera los siguientes parámetros geomecánicos.

- Grado de fracturación en términos del RQD
- Resistencia uniaxial
- Espacio y condiciones de discontinuidades



- Orientación de las discontinuidades

**Tabla 6.**  
*INDICE RMR*

<b>Valoración SMR</b>	<b>0-20</b>	<b>21-40</b>	<b>41-60</b>	<b>61-80</b>	<b>81-100</b>
<b>Descripción SMR</b>	Muy Mala	Mala	Regular	Buena	Muy Buena
<b>Descripción del grado de estabilidad</b>	Critico	Inestable	Parcialmente Estable	Estable	Totalmente Estable

*Fuente: Bieniawski, 1989.*

### **Clasificación RQD**

Considere el grado de fracturación, medido por el índice RQD y la clasificación del macizo rocoso de acuerdo con diferentes niveles de calidad (índice de calidad de roca).

**Tabla 7.**  
*INDICE RQD*

<b>Clase</b>	<b>Calidad</b>	<b>Valoración RMR</b>
<b>I</b>	Muy Buena	100 - 81
<b>II</b>	Buena	80 - 61
<b>III</b>	Regular	60 - 41
<b>IV</b>	Mala	40 - 21
<b>V</b>	Muy Mala	≤ 20

*Fuente: D.U. Deere, 1964.*

### **2.5.5 Riesgos geológicos**

El concepto de "movimientos en masa" se refiere a la caída hacia abajo de una masa de tierra, detritos o rocas debido a la fuerza de la gravedad. Estos movimientos son procesos geológicos que implican la eliminación de masas de roca o depósitos de diferentes orígenes y niveles de cohesión por la acción de la gravedad. (PMA: GCA, 2007)



Estos movimientos se producen en la zona como resultado de factores como lluvias extremadamente intensas, terremotos y la modificación del terreno natural a través de la construcción de carreteras, infraestructuras agrícolas, entre otros. Los factores que influyen en estos movimientos incluyen la calidad de la roca, la permeabilidad de algunas formaciones geológicas, la pendiente de la tierra, la cobertura vegetal, entre otros.

Se ha observado la presencia de movimientos en masa en el área de análisis, específicamente en forma de un deslizamiento antiguo que ha sufrido reactivaciones y la reptación del suelo.

### **Deslizamiento**

Un deslizamiento se produce cuando una masa de roca o suelo se mueve cuesta abajo principalmente a lo largo de una superficie de falla o una zona estrecha donde hay una gran deformación cortante (PMA: GCA, 2007). En la clasificación de Varnes (1978), los deslizamientos se dividen en dos categorías según la forma de la superficie de falla: traslacional y rotacional. Los deslizamientos traslacionales se subdividen a su vez en dos tipos: planares y en cuña.

### **Movimiento Sísmico**

Consideramos sismos a los temblores o terremotos que se presentan con movimientos vibratorios, rápidos y violentos de la superficie terrestre, provocados por perturbaciones en el interior de la tierra.



Es la liberación de energía causado por la fricción de dos placas tectónicas, la placa oceánica y la placa continental, su intensidad varía de acuerdo al nivel freático del área.

**Alcantarilla:** las alcantarillas son tuberías cortas que se utilizan para el drenaje en las intersecciones de los arroyos, ríos y quebradas con las redes de transporte, como las carreteras y los caminos; las alcantarillas son estructuras más pequeñas que los puentes y, por lo tanto, hay muchas más de ellas. Están diseñadas para operar bajo flujo permanente gradualmente variado (Rodríguez, 2016).

**Asentamiento:** Cuando una cimentación transmite cargas al suelo, esto puede causar deformaciones en el suelo que se manifiestan como asentamientos, desplazamientos horizontales y giros de la estructura; si estos movimientos son excesivos, pueden provocar la aparición de fisuras y agrietamientos (García, 2014).

**Buzamiento:** Angulo que forma el plano de un estrato, o de una serie de estratos geológico, con el plano del horizonte; generalmente se evalúa en grados, y se caracteriza por su dirección con relación a los puntos cardinales; cuando el buzamiento es mayor que la vertical, las capas están invertidas (Peña & Zabala, 2005).

**Capacidad admisible:** La capacidad admisible es la resistencia que ejerce una carga con respecto a una estructura dada, y se determina eligiendo la menor capacidad portante y capacidad admisible por asentamiento para una determinada geometría de cimentación y una profundidad dada (Peña & Zabala, 2005).

**Cimentación de estructuras:** La cimentación es un grupo de elementos estructurales y su misión es transmitir las cargas de construcción o elementos apoyados de este al suelo distribuyéndolas de forma que no superen su presión admisible ni produzcan cargas sonables. Debido a que la resistencia del suelo es, generalmente, menor que la de



los pilares o muros que soportará, el área de contacto entre el suelo y la cimentación será proporcionalmente más grande que los elementos soportados (Peña & Zabala, 2005).

**Corte:** Es la excavación que se realiza en el terreno de conformidad al trazo de la carretera o camino; los cortes pueden efectuarse a media ladera (Peña & Zabala, 2005).

**Depósitos aluviales:** Son materiales que son transportadas y depositadas por el agua. Con un tamaño que va desde cantos rodados hasta grava gruesa, cantos y bloques estos suelos o rocas tienen bordes redondeados y se extienden como una capa mineral sedimentaria y son muy variables; Este material está muy desarrollado en los depósitos de climas tropicales, ocupando los fondos de ríos, llanuras, terrazas, etc; Sus propiedades están relacionadas con el tamaño de los granos, y su continuidad es irregular, es por eso que estos sedimentos contienen un alto porcentaje de materia orgánica en un ambiente particular y este limo aluvial es un recurso para materiales de construcción (Peña & Zabala, 2005).

**Depósitos coluviales:** Son producto de la alteración y la separación in situ de formaciones rocosas a lo largo de las laderas. Generalmente, están conformados por bloques angulares inestables de grava (cantos rodados y bloques) que son transportados por la gravedad y el agua en forma de escombros. Tienen una matriz de limoarcillas y arcillas y su espesor no suele superar los 5 metros (Peña & Zabala, 2005).

**Estratos:** Los estratos son capas horizontales superpuestas formadas por la acumulación de sedimentos de diferente génesis y espesor variable, según el ambiente de sedimentación del terreno de fundación (Perrin & Zwahlen, 2003).

**Excavación:** La excavación es el proceso de remover materiales del terreno, en forma manual o mecánica, para generar un hueco, con fines principalmente de ingeniería. (Peña & Zabala, 2005).



**Investigación geotécnica:** La investigación geotécnica es el conjunto de trabajos necesarios para caracterizar los materiales del subsuelo en proyectos de construcción de infraestructuras, como puentes, carreteras, obras de arte, entre otros (Holtz & Kovacs, 1981).

**Macizo rocoso:** El macizo rocoso se define como un conjunto de matriz rocosa y discontinuidades, con un comportamiento heterogéneo y normalmente anisótropo, por lo que la descripción y clasificación física y mecánica es de gran importancia en la ingeniería. (Bieniawski 1989).

**Muestreo:** Es el proceso de selección de una determinada cantidad compuesta de materiales y/o población, para luego realizar un análisis puntual y hallar sus propiedades físicos, químicos y biológicos.

**Muro de contención:** Los muros de contención se utilizan para detener masas de suelo u otros materiales sueltos manteniendo pendientes que naturalmente no pueden conservar. Estas condiciones se presentan cuando el ancho de una excavación, corte o terraplén está restringido por condiciones de propiedad, utilización de la estructura o economía. Por ejemplo, en la construcción de vías férreas o de carreteras, el ancho de servidumbre de la vía es fijo y el corte o terraplén debe estar contenido dentro de este ancho. De manera similar, los muros de los sótanos de edificios deben ubicarse dentro de los límites de la propiedad y contener el suelo alrededor del sótano (Peña & Zabala, 2005).

**Muro de mampostería:** En pocas palabras, es un sistema constructivo en el que los muros del edificio realizan la función estructural, utilizando bloques, ladrillos o piedras, de tal manera que se vuelven autoportantes (Peña & Zabala, 2005).

**Pontón:** Los pontones aseguran la continuidad en el recorrido de la vía, son un factor importante para garantizar la transitabilidad de la carretera, de ahí se deriva la



importancia de preservar su vida útil y la necesidad de una política de mantenimiento o reparación oportuna; por ello es necesario evaluar el estado actual de los puentes o pontones que se ubiquen sobre el tramo de la carretera a conservar (Peña & Zabala, 2005).

**Persistencia:** Es la extensión del tamaño de una discontinuidad y determina la estabilidad del bloque del macizo rocoso (Peña & Zabala, 2005).

**Relleno:** Son los materiales y/o minerales que se encuentran en las cavidades de las discontinuidades y determinan si es competente o no la masa rocosa (Peña & Zabala, 2005).

**Resistencia:** La resistencia al corte de un suelo es directamente proporcional a la seguridad de la estructura que se apoya sobre él, en cuanto mayor es el esfuerzo cortante que puede resistir el suelo más segura será la estructura. Se busca conocer dos aspectos primordiales, la resistencia flexionante y la resistencia cohesiva (Peña & Zabala, 2005).

**RMR:** Es un sistema de clasificación geomecánica que permite hacer una clasificación de un macizo rocoso 'in situ'. Se utiliza usualmente en la construcción de túneles, de taludes y de cimentaciones. Consta de un índice de calidad RMR (Rock Mass Rating), independiente de la estructura, y de un factor de corrección (Peña & Zabala, 2005).

**Rugosidad:** Se refiere a la superficie de la discontinuidad, cuanto menos rugosa la discontinuidad la roca será menos competente (Peña & Zabala, 2005).

**Talud:** Se llama talud a la inclinación que se da a las tierras para que se sostengan las unas a las otras.

**Trincheras:** Excavación cuya longitud es mucho mayor que su ancho o su profundidad (Peña & Zabala, 2005).



## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 MATERIALES Y EQUIPOS

Para el desarrollo de la siguiente investigación se utilizó los siguientes materiales y equipos (Ver tabla n°08)

##### Tabla 8

*Tabla de equipos y materiales.*

RECURSOS	DESCRIPCIÓN
INFRAESTRUCTURA	Oficinas, laboratorios
EQUIPOS	GPS, Brújula, cámara fotográfica, computadora, equipos de laboratorio en general.
HERRAMIENTAS	Pala, Pico, flexómetro de 5 m.
MATERIALES	Bolsas de muestreo, pizarra, útiles de escritorio.
PERSONAL	Geólogo y muestreros
TRANSPORTE	Camioneta
GABINETE	ArcGIS 10.5, Global Mapper, SAS Planet, Excel, Word, Google Earth, AutoCAD.

#### 3.2 METODOLIGIA

La metodología empleada en el presente estudio es de tipo cualitativo y cuantitativo, para lo cual se consideró diferentes etapas durante el proceso de investigación.

##### 3.2.1 Metodología de investigación

- Recopilación de información de trabajos anteriores.



- recolección de datos con trabajos de exploración geotécnica con calicatas y estación geomecánica (Registro litológico, ensayos de campo y muestreo)
- Mapeo geológico regional y local.
- Ensayo de laboratorio para ensayos espaciales y estándar.
- análisis y procesamiento de datos utilizando programas adecuados.
- Elaboración de informe de resultados de acuerdo a los objetivos del presente proyecto.

### 3.2.2 Población y muestra

- **Población:** Está constituido por habitantes y viviendas asentadas en las zonas de Ihuanco y Roldan con una población aproximado de 5,730 personas. Nuestra área de interés de estudio básicamente se encuentra en el eje del valle de Ihuanco.
- **Muestra:** Se realizaron 03 estaciones geomecánicas y 03 calicatas con fines de cimentación para obras de arte, se obtuvieron muestras siguiendo la norma E.050 de suelos y cimentaciones y el manual de ensayos de materiales (ME-2017).

### 3.2.3 Técnicas de laboratorio

Se han ejecutado ensayos físicos y mecánicos en laboratorio de mecánica de suelos bajo las normas ASTM (American Society For Testing Materials) Asociación Americana para en Ensayos y Materiales y la norma Técnica Peruana NTP.



**Tabla 9.**  
*Clasificación de suelos AASHTO – SUCS para obras de arte*

<b>Clasificación de Suelos AASHTO AASHTO M-145</b>	<b>Clasificación de Suelos SUCS ASTM – D-2487</b>
<b>A-1-a</b>	GW, GP, GM, SW, SP, SM
<b>A-1-b</b>	GM, GP, SM, SP
<b>A-2</b>	GM, GC, SM, SC
<b>A-3</b>	SP
<b>A-4</b>	CL, ML
<b>A-5</b>	ML, MH, CH
<b>A-6</b>	CL, CH
<b>A-7</b>	OH, MH, CH

Fuente: Manual de carretas R.D. N° 10-14-MTC/14.

**Tabla 10.**  
*Clasificación SUCS para obras de arte en la zona de interes*

<b>Tipo de Suelo</b>	<b>Prefijo</b>	<b>Subgrupo</b>	<b>Sufijo</b>
<b>Grava</b>	<b>G</b>	<b>Bien Gradada</b>	<b>W</b>
<b>Arena</b>	<b>S</b>	<b>Pobremente Gradada</b>	<b>P</b>
<b>Limo</b>	<b>M</b>	<b>Limoso</b>	<b>M</b>
<b>Arcilla</b>	<b>C</b>	<b>Arcilloso</b>	<b>C</b>
<b>Orgánico</b>	<b>O</b>	<b>Limite liquido alto</b>	<b>L</b>
<b>Turba</b>	<b>Pt</b>	<b>Limite liquido bajo</b>	<b>H</b>

Fuente: ASTM – D-2487. 1987

el análisis granulométrico de un suelo tiene por finalidad determinar la proporción de sus diferentes elementos constituyentes, clasificación en función de su tamaño.

Representa la distribución de los tamaños que posee el agregado mediante el tamizado según especificaciones técnicas (ensayo MTC E 107). A partir de la



cual estimar, con mayor o menor aproximación, las de más propiedades que pudieran interesar.

**Tabla 11.**

*Clasificación de suelos según tamaño de partículas.*

Tipo de Material		Tamaño de las Partículas
Grava		75 mm - 4.75 mm
Arena		Arena Gruesa: 4.75mm - 2.00mm
		Arena Media: 2.00mm - 0.425mm
		Arena Fina: 0.425mm - 0.075mm
Material Fino	Limo	0.075mm - 0.005mm
	Arcilla	Menor a 0.005 mm

Fuente: Manual de ensayos de materiales - MTC E 107, 2013.

### 3.2.4 Técnicas de Gabinete

La roca y otros materiales de roca utilizados en la construcción son materiales heterogéneos caracterizados por diversas diferencias en composición, textura y estructura. Este cambio significa que las propiedades de los materiales, que determinan su campo de aplicación, también pueden cambiar. Así, la adecuación de un material para un propósito concreto, tanto desde el punto de vista constructivo-ornamental como restaurador, debe basarse en determinadas propiedades que deben, a su vez, ser fácilmente medibles en el laboratorio.

Las propiedades de los materiales se clasifican generalmente como físicas, químicas y mecánicas, aunque en el campo de la construcción/ornamentación/restauración también pueden incluirse las propiedades relacionadas con su trabajabilidad. Obviamente, la lista de propiedades medibles en una sustancia es bastante larga. Por ello, en este estudio se presentan las cuestiones que, a nuestro juicio, resultan más relevantes. Las



propiedades físicas incluyen densidad, porosidad, permeabilidad a líquidos y gases, capacidad calorífica, conductividad térmica y expansión, etc. Las propiedades químicas pueden incluir resistencia a soluciones y reacciones ácidas y alcalinas debido a la presencia de sales. Las propiedades mecánicas incluyen la resistencia a la compresión, la tensión, la flexión, la resistencia al impacto y la penetración de otro cuerpo y otras acciones involucradas en la generación de fuerza, como la cristalización del hielo y la sal dentro del sistema poroso del material y el cambio del efecto volumétrico debido al cambio de temperatura.

**Tabla 12**  
*Parámetros de cimentación*

Progresiva	Estructura	SUCS	Df (m)	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Cohesión (kg/cm <sup>2</sup> )	Angulo de Fricción (°)
<b>Km 0+190 - Km 0+230</b>	Muro de contención	CL	5.1	1.76	0.11	14.6
<b>Km 0+230 - Km 0+250</b>	Muro de contención	CL	5.1	1.76	0.11	14.6
<b>Km 0+250 - Km 0+310</b>	Muro de contención	CL	2.6	1.76	0.11	14.6
<b>Km 0+310 - Km 0+390</b>	Muro de contención	CL	5.1	1.76	0.11	14.6
<b>Km 0+390 - Km 0+430</b>	Muro de contención	CL	2.6	1.76	0.11	14.6
<b>Km 0+430 - Km 0+450</b>	Muro de contención	CL	5.1	1.76	0.11	14.6
<b>Km 0+450 - Km 0+530</b>	Muro de contención	CL	2.6	1.76	0.11	14.6
<b>Km 0+530 - Km 0+550</b>	Muro de contención	CL	5.1	1.76	0.11	14.6
<b>Km 0+550 - Km 0+750</b>	Muro de contención	CL	2.6	1.76	0.11	14.6
<b>Km 2+825 - Km 2+835</b>	Muro de contención	SM	2.6	2.04	0.01	28.0
<b>Km 1+040 - Km 1+060</b>	Muro de Mampostería	SM	2.0	2.04	0.01	28.0
<b>Km 5+665 - Km 5+675</b>	Muro de Mampostería	SM	2.0	2.04	0.01	28.0
<b>Km 7+745 - Km 5+795</b>	Muro de Mampostería	SM	2.0	2.04	0.01	28.0
<b>Km 5+805 - Km 5+930</b>	Muro de Mampostería	SM	2.0	2.04	0.01	28.0
<b>Km 5+945 - Km 5+975</b>	Muro de Mampostería	SM	2.0	2.04	0.01	28.0
<b>Km 6+150 - Km 6+165</b>	Muro de Mampostería	SM	2.0	2.04	0.01	28.0
<b>Km 6+205 - Km 6+215</b>	Muro de Mampostería	SM	2.0	2.04	0.01	28.0
<b>Km 6+525 - Km 6+545</b>	Muro de Mampostería	SM	2.0	2.04	0.01	28.0
<b>Km 6+610 - Km 6+810</b>	Muro de Mampostería	SM	2.0	2.04	0.01	28.0
<b>Km 0+140</b>	Alcantarilla	CL	1.3	1.76	0.11	14.6
<b>Km 0+770</b>	Alcantarilla	CL	0.8	1.76	0.11	14.6
<b>Km 5+340</b>	Alcantarilla	SM	1.0	2.04	0.01	28.0
<b>Km 8+540</b>	Alcantarilla	SM	1.0	2.04	0.01	28.0
<b>Km 2+060</b>	Pontón	SM	2.0	2.04	0.01	28.0



**Tabla 13.**  
*Cálculo de Capacidad admisible por asentamiento*

Progresiva	Estructura	SUCS	Cimentación	D.F. (m)	Ancho (m)	Largo (m)	$\mu$	E (kg/cm <sup>2</sup> )	Q adm (kg/cm <sup>2</sup> )	Si (cm)
<b>Km 0+190 - Km 0+230</b>	Muro de contención	CL	Superficial	5.1	3.4	5.0	0.40	200	1,5	2,12
<b>Km 0+230 - Km 0+250</b>	Muro de contención	CL	Superficial	5.1	3.4	5.0	0.40	200	1,5	2,12
<b>Km 0+250 - Km 0+310</b>	Muro de contención	CL	Superficial	2.6	1.7	5.0	0.40	200	1,0	1,06
<b>Km 0+310 - Km 0+390</b>	Muro de contención	CL	Superficial	5.1	3.4	5.0	0.40	200	1,5	2,12
<b>Km 0+390 - Km 0+430</b>	Muro de contención	CL	Superficial	2.6	1.7	5.0	0.40	200	1,0	1,06
<b>Km 0+430 - Km 0+450</b>	Muro de contención	CL	Superficial	5.1	3.4	5.0	0.40	200	1,5	2,12
<b>Km 0+450 - Km 0+530</b>	Muro de contención	CL	Superficial	2.6	1.7	5.0	0.40	200	1,0	1,06
<b>Km 0+530 - Km 0+550</b>	Muro de contención	CL	Superficial	5.1	3.4	5.0	0.40	200	1,5	2,12
<b>Km 0+550 - Km 0+750</b>	Muro de contención	CL	Superficial	2.6	1.7	5.0	0.40	200	1,0	1,06
<b>Km 2+825 - Km 2+835</b>	Muro de contención	SM	Superficial	2.6	1.7	5.0	0.25	200	2,4	2,45
<b>Km 1+040 - Km 1+060</b>	Muro de Mampostería	SM	Superficial	2.0	1.3	5.0	0.25	200	1,9	1,78
<b>Km 5+665 - Km 5+675</b>	Muro de Mampostería	SM	Superficial	2.0	1.3	5.0	0.25	200	2,0	1,88
<b>Km 7+745 - Km 5+795</b>	Muro de Mampostería	SM	Superficial	2.0	1.3	5.0	0.25	200	2,0	1,88
<b>Km 5+805 - Km 5+930</b>	Muro de Mampostería	SM	Superficial	2.0	1.3	5.0	0.25	200	2,0	1,88
<b>Km 5+945 - Km 5+975</b>	Muro de Mampostería	SM	Superficial	2.0	1.3	5.0	0.25	200	2,0	1,88
<b>Km 6+150 - Km 6+165</b>	Muro de Mampostería	SM	Superficial	2.0	1.3	5.0	0.25	200	2,0	1,88
<b>Km 6+205 - Km 6+215</b>	Muro de Mampostería	SM	Superficial	2.0	1.3	5.0	0.25	200	2,0	1,88
<b>Km 6+525 - Km 6+545</b>	Muro de Mampostería	SM	Superficial	2.0	1.3	5.0	0.25	200	2,0	1,88
<b>Km 6+610 - Km 6+810</b>	Muro de Mampostería	SM	Superficial	2.0	1.3	5.0	0.25	200	2,0	1,88
<b>Km 0+140</b>	Alcantarilla	CL	Superficial	1.3	0.5	8.3	0.40	200	1,1	0,81
<b>Km 0+770</b>	Alcantarilla	CL	Superficial	0.8	0.5	7.3	0.40	200	0,8	0,57
<b>Km 5+340</b>	Alcantarilla	SM	Superficial	1.0	0.5	6.1	0.25	200	1,2	0,84
<b>Km 8+540</b>	Alcantarilla	SM	Superficial	1.0	0.5	9.1	0.25	200	1,1	0,94
<b>Km 2+060</b>	Pontón	SM	Superficial	2.0	2.0	6.7	0.25	200	2,1	2,41

Por la tanto es preferible llevarlo a una profundidad mínima  $D_f = 1.0$  m. y un ancho de cimentación de 0.5 m. en alcantarillas y 1.3 m. en muros de contención. Con estos valores no se espera problemas por asentamiento, ya que están por debajo de lo permisible.

### **Clasificación de Bieniawski Rock Mass Rating (RMR):**

El valor del RMR describe numéricamente la calidad del macizo rocoso en base a los siguientes parámetros:



- a) Resistencia de la matriz rocosa.
- b) Índice de calidad de macizo rocoso (RQD)
- c) Espaciamiento de discontinuidades
- d) Condiciones de las discontinuidades (juntas)
- e) Condiciones del agua

Para la validación del RMR, se califica a las rocas por clase y calidad, el cual se detalla en el la tabla N° 14 siguiente:

**Tabla 14.**  
*Validación RMR*

Clase	Calidad	Valoración RMR
<b>I</b>	Muy Buena	100 - 81
<b>II</b>	Buena	80 - 61
<b>III</b>	Regular	60 - 41
<b>IV</b>	Mala	40 - 21
<b>V</b>	Muy Mala	≤ 20

Fuente: Bieniawski, 1989

El resultado de la clasificación geomecánica de Bieniawski (RMR) de las estaciones geomecánicas se muestra en el Anexo 3.1 y se resumen en la tabla N° 15.

**Tabla 15.**  
*Resumen de la clasificación geomecánica de Bieniawski (RMR)*

Ubicación	Estación Geomecánica	Litología	RMR Básico	RMR Ajustado	Calidad del Macizo
<b>Km 7+680</b>	EG-1	Ígnea Intrusiva	69	64	Buena
<b>KM 2+010</b>	EG-2	Ígnea Intrusiva	69	61	Buena
<b>Km 1+120</b>	EG-3	Ígnea Intrusiva	59	54	Regular

De los resultados obtenidos se concluye que, si bien, existen algunas rocas de mejor calidad en la zona, en promedio las rocas intrusivas evaluadas se clasifican como tipo II y III, es decir se trata de rocas con calidad regular y buena.



Para el estudio se ha determinado el valor de SMR en las 3 estaciones geomecánicas realizadas, los que se resumen en la tabla N° 26 (ver anexo 5):

**Tabla 16.**  
*Condición de estabilidad SMR*

Estación Geomecánica	Litología	RMRbasico	SMR	Estabilidad (SMR)
EG-1	Diorita	69	28	Inestable (*)
EG-2	Diorita	69	71	Estable
EG-3	Diorita	59	69	Estable

Para concluir con la clasificación de materiales se elaboró un cuadro de clasificación de materiales, el cual se presenta a continuación:

**Tabla 17.**  
*Clasificación de materiales del Km 0+000 al Km 10+550*

Progresiva (km)		Litología	Clasificación de Materiales			Talud a Adoptar
De	A		MS %	RS%	RF%	
0+000	0+085	Estructura de concreto, intercambio vial				-
0+085	0+750	Dep. coluvio-aluvial	100			1:3
0+750	1+000	Dep. coluvio-aluvial	100			1:3
1+000	1+075	Afloramiento de roca fracturada	30	70		1:4
1+075	1+460	Dep. coluvio-aluvial	70	30		1:4
1+460	2+050	Dep. coluvio-aluvial	100			1:3
2+050	2+350	Dep. coluvio-aluvial	100			1:3
2+350	3+120	Dep. coluvio-aluvial	100			1:3
3+120	3+170	Dep. coluvio-aluvial	100			1:3
3+170	3+220	Dep. coluvio-aluvial	100			1:3
3+220	3+390	Dep. coluvio-aluvial	100			1:3
3+390	4+040	Dep. coluvio-aluvial	100			1:3
4+040	4+260	Dep. coluvio-aluvial	100			1:3
4+260	5+240	Dep. coluvio-aluvial	100			1:3
5+240	5+290	Dep. coluvio-aluvial	100			1:3
5+290	5+430	Dep. coluvio-aluvial	100			1:3
5+430	5+560	Dep. coluvio-aluvial	100			1:3
5+560	5+660	Dep. coluvio-aluvial	100			1:3
5+660	5+800	Dep. coluvio-aluvial	100			1:3
5+800	5+860	Afloramiento de roca fracturada	40	60		1:4
5+860	5+910	Dep. coluvio-aluvial	100			1:3
5+910	6+020	Dep. coluvio-aluvial	100			1:3
6+020	6+150	Dep. coluvio-aluvial	100			1:3
6+150	6+300	Dep. coluvio-aluvial	100			1:3
6+300	6+470	Dep. coluvio-aluvial	100			1:3
6+470	6+640	Dep. coluvio-aluvial	70	30		1:3
6+640	6+700	Dep. coluvio-aluvial	80	20		1:3
6+700	6+820	Dep. coluvio-aluvial	50	30	20	1:3
6+820	7+110	Dep. coluvio-aluvial	100	0	0	1:3
7+110	7+220	Dep. coluvio-aluvial	60	20	20	1:3
7+220	7+640	Dep. coluvio-aluvial	100	0	0	1:3
7+640	7+740	Afloramiento de roca fracturada	20	40	40	1:3
7+740	8+300	Dep. coluvio-aluvial	100	0	0	1:3
8+300	8+550	Dep. coluvio-aluvial	60	20	20	1:3
8+550	8+680	Afloramiento de roca fracturada	20	40	40	1:4
8+680	10+550	Dep. coluvio-aluvial	100			1:3



## CAPÍTULO IV

### CARACTERIZACION DEL AREA DE ESTUDIO

#### 4.1 UBICACIÓN DEL AREA DE INTERES

##### 4.1.1 Ubicación Política

Políticamente el área de estudio se encuentra localizado en el distrito Cerro Azul, Provincia de San Vicente de Cañete, perteneciente al departamento de Lima. En el Km. 132 de la Panamericana Sur (Punto inicial progresiva 00+000) y abarca los poblados de San Juan de Ihuanco y el poblado de San Juan de Roldan (punto final progresiva 10+550), sobre los 05 y 110 m.s.n.m. LIMITES: por el norte con el distrito de Asia, por el sur con San Luis, por el Este con el Distrito de Quilmanà y por el Oeste con el océano pacifico.

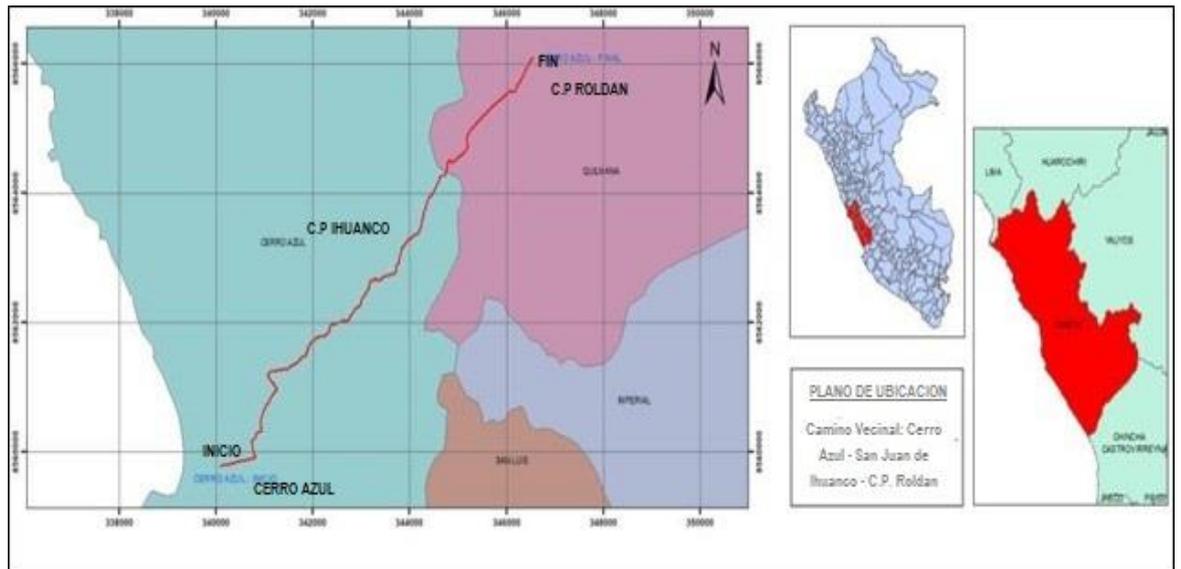
##### 4.1.2 Ubicación Geográfica

El área de estudio se encuentra ubicado geográficamente con las siguientes coordenadas UTM:

**Tabla 18.**

*Coordenadas UTM del área de estudio*

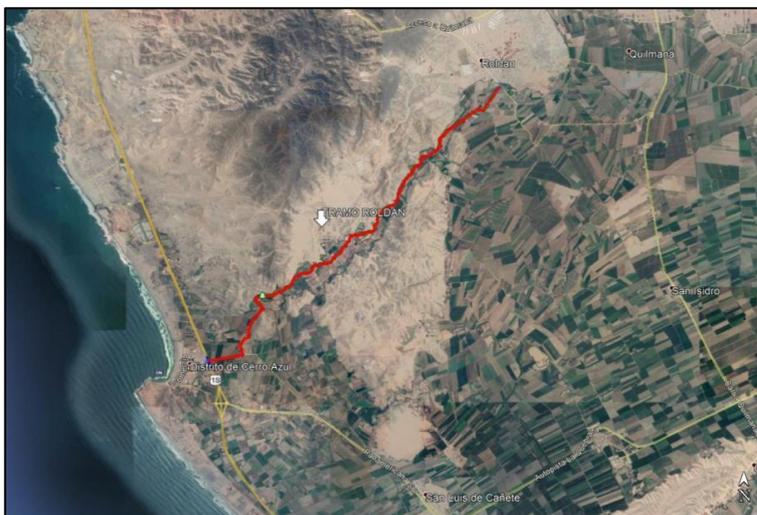
<b>Progresiva</b>	<b>Este</b>	<b>Norte</b>	<b>Progresiva</b>	<b>Este</b>	<b>Norte</b>
<b>00+000</b>	340048	8559746	<b>10+550</b>	346521	8566088



**Figura 8:** Ubicación del área de estudio

#### 4.2 ACCESO

Al área de estudio se accede desde la ciudad de Lima mediante el siguiente recorrido: Lima – Cañete – Cerro Azul (asfaltada): mediante la carretera de la panamericana Sur, con una distancia de 143 km.



**Figura 9:** Ruta de acceso a la marea de estudio.

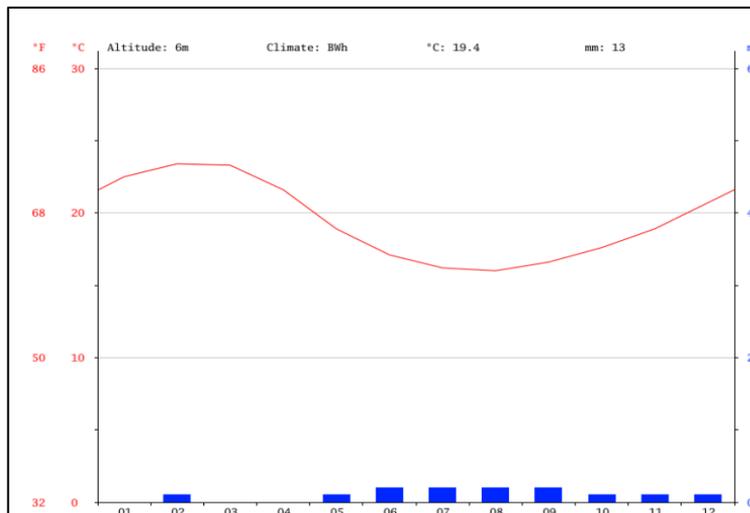
Fuente: Google Earth.

#### 4.3 CLIMA

El área de estudio este situado en el valle de Ihuanco, Posee un clima subtropical templado, por lo que no presenta precipitaciones, salvo algunas garuas ocasionales, hecho

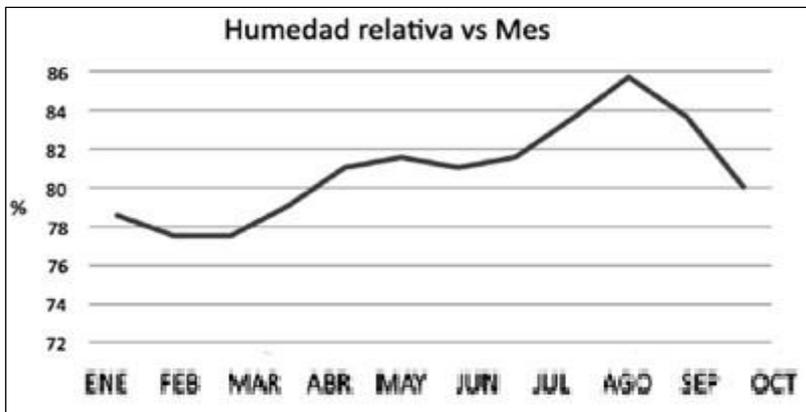
que lo convierte en sumamente árido. Este clima está estrechamente ligado a la presencia de la corriente peruana de Humboldt en toda la costa central. Por otro lado, el cielo costeño se cubre de densas nubes durante la mayor parte del año, lo cual contribuye a disminuir más aun la radiación solar.

La temperatura promedio en verano es de 19.4 °C, y en invierno de 14 °C, alcanzando la máxima temperatura de 25 °C. La humedad relativa es considerablemente alta, 79% en verano y 85% en invierno. Solo en verano hay precipitaciones pluviales en forma de garúa. Los vientos predominantes son de Sur a Oeste con una velocidad media anual de 6 m/s.



**Figura 10.** Clima variable del área de interés.

Fuente: SENAMHI



**Figura 11:** Humedad relativa vs mes

Fuente: SENAMHI

## CAPÍTULO V

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 5.1 PRESENTACION DE RESULTADOS

##### 5.1.1 Investigaciones Geológicas

##### Geología Local

La geología local tiene por objetivo conocer la morfología, la Litoestratigrafía y la geodinámica externa a lo largo de la carretera en estudio. Ver Anexo 7.3. Plano Geológico Local. A continuación, se analiza la vía según estos parámetros:

**Tabla 19.**  
*Geología local del área de estudio*

PROGRESIVA (KM)		DISTANCI A (m)	TIPO DE MATERIAL LITOLÓGIA
DE	A		
0+000	0+100	100	Se aprecia material antrópico
0+100	1+050	1+050	Se observan depósitos coluvio-aluviales compuestos por arena arcillosa de matriz limosa de color marrón oscuro, con una capa variable de cobertura vegetal propios del lugar. Asimismo, los depósitos de relleno en su mayoría son utilizados como campos de cultivo.
1+050	2+050	1000	En el lado derecho de la carretera se observa el afloramiento rocoso de la súper unidad Jecuan (kS-J-), conformadas de rocas intrusivas dioritas y granodioritas fracturadas. En el lado izquierdo de la vía se aprecian depósitos coluvio-aluviales compuestas de arenas limosas, esta presenta una capa de cobertura vegetal característico de la zona.
2+050	3+100	1050	En ambos lados de la carretera se observan depósitos coluvio-aluviales compuestos de arenas limosas, los cuales se extienden a lo largo del valle Ihuanco. La capa de cobertura vegetal y campos de cultivo son característicos de la zona.
3+100	3+400	300	En el lado izquierdo de la vía se identifica el afloramiento rocoso de la súper unidad Jecuan (Kis-j/di), compuesta de rocas ígneas diorita fracturada, cubierto por depósitos cuaternarios. En la margen derecha de la vía se aprecia los depósitos coluvio-aluviales conformados de arenas limosas cubiertos por vegetación típico de la zona.
3+400	4+000	600	En ambos lados de la carretera se observan depósitos coluvio-aluviales conformados por limos y arenas cubiertas por material de cobertura vegetal típica de la zona.
4+000	4+250	250	En el lado derecho de la carretera se extiende los depósitos coluvio-aluviales conformados por arenas limosas. En el lado izquierdo de la vía se observa el afloramiento rocoso de la súper unidad Jecuan (Ki-j/di) conformado por rocas ígneas (Dioritas y granodioritas).
4+250	5+440	1190	En ambos lados de la carretera, se observan depósitos coluvio-aluviales conformados por arenas líasas, cubiertos por capa de cobertura vegetal.
5+440	5+800	360	Se aprecia en el lado Izquierdo de la carretera el afloramiento rocoso de la súper unidad Jecuan (Ki-j/di) conformado por rocas ígneas (dioritas y granodioritas). Al lado derecho se observa depósitos coluvio-aluviales conformados por arenas limosas cubierto por ligera vegetación.
5+800	5+930	130	Se observa en ambos lados de la vía, depósitos coluvioaluviales conformados por arenas limosas, cubierto por cobertura vegetal.
5+930	7+830	1900	Se identifican en el lado Izquierdo de la carretera el afloramiento rocoso de la súper unida Jecuan (Ki-j/di) conformado por rocas ígneas (dioritas y granodioritas). El lado derecho de la vía está conformado por depósitos coluvio-aluviales.
7+830	8+300	470	En ambos lados de la vía, observan depósitos coluvioaluviales compuestos de arenas limosas, con una capa irregular de 0.20 a 0.50m de cobertura vegetal característicos del lugar.
8+300	8+680	380	Se identifican en el lado Izquierdo de la carretera el afloramiento rocoso de la súper unidad Jecuan (Ki-j/di) conformado por rocas ígneas (dioritas y granodioritas). En lado derecho se aprecian los depósitos coluvioaluviales conformados por arenas limosas.
8+680	10+550	1870	En ambos lados de la vía, se aprecia depósitos coluvioaluviales conformados por arenas limosas, la cobertura vegetal es característico de la zona, así como los campos extensos de cultivo que conforman el valle de Ihuanco.



### 5.1.2 Investigaciones Geotécnicas

- **Calicatas**

Las excavaciones se realizaron de forma manual. En cada una de las excavaciones se llevó a cabo una detallada descripción de los tipos de suelo encontrados. Así mismo, se tomaron muestras inalteradas representativas que fueron etiquetadas y almacenadas en bolsas de muestreo, para luego ser enviados al laboratorio de geomecánica de suelos.

A continuación, en la tabla N° 20 se presentan el cuadro resumen de las excavaciones con fines de cimentación para obras de arte. en el Anexo 1.1 el registro de Calicatas.

**Tabla 20.**

*Resumen de Investigaciones geotécnicas*

TRAMO	PROGRESIVA	CALICATA	PROFUNDIDAD	COORDENADAS	
				E	N
<b>Cerro Azul - San</b>	0+125	T-1	3,00	340177	8559801
<b>Juan de Ihuanco</b>	0+350	T-2	3,00	340387	8559843
<b>- Roldan</b>	1+060	T-3	1,50	340743	8560194

- **Estaciones geomecánicas**

Se realizaron 3 estaciones geomecánicas en afloramientos rocosos representativos. En ellas se llevó a cabo una detallada caracterización del macizo rocoso. Así mismo, se tomaron muestras alteradas representativas para su evaluación, a continuación, se presenta en la tabla N° 21 que detalla las ubicaciones de las estaciones:



**Tabla 21.**  
*Ubicación de estaciones geomecánicas*

TRAMO	PROGRESIVA	Ubicación	PROFUNDIDAD	COORDENADAS	
				E	N
Cerro	7+700	EG-1	Supeficial	344716	8564268
Azul - San	2+040	EG-2	Supeficial	341217	8560939
Juan de Ihuanco - Roldan	1+120	EG-3	Supeficial	340804	8560227

### 5.1.3 Ensayos de Laboratorio

Durante el desarrollo de la exploración geotécnica de campo se obtuvieron muestras alteradas representativas, los cuales fueron ensayados en el laboratorio de geomecánica de suelos. Ver Anexo 2. Ensayo de Laboratorio.

#### 5.1.3.1 Ensayos en suelos

A lo largo del desarrollo de la investigación geotécnica de campo se recogieron muestras representativas sin modificar de las zanjas, que se examinaron en el laboratorio de geomecánica de suelos.

Para realizar todas las pruebas de laboratorio se utilizaron los protocolos de los nuevos métodos de ensayo de ASTM International. El anexo 2 presenta los resultados de las pruebas.

A continuación, se presenta la descripción de los ensayos realizados:

#### a) Ensayos estándar

La Tabla N° 22 presenta un resumen de las calidades índice de los suelos examinados en términos de granulometría, restricciones de consistencia y contenido de humedad. Ver Anexo 2.1 Ensayos Estándar.

**Tabla 22.***Resumen clasificación SUCS con fines de cimentación.*

Calicata	Muestra	Prof. (m)	Granulometría (%)			C.H. (%)	Límites (%)			Clasificación SUCS
			Grav a	Aren a	Fino s		L.L.	L.P.	I.P.	
C-1	M-1	0,50 - 3,00	NP	25.6	74.4	24.5	25, 4	14, 2	11, 2	CL
C-3	M-1	0,30 - 1,50	NP	56.4	43.6	18	18	NP	NP	SM

**b) Ensayos de peso volumétrico**

Se realizó siguiendo los procedimientos de la norma ASTM D-2937. Se envió al laboratorio de geomecánica de suelos, 2 muestras de suelo para realizar el ensayo de peso volumétrico, las cuales se presentan en la tabla N° 23 y los certificados se presentan en el anexo 2.2 ensayos especiales.

**Tabla 23.***Resumen peso volumétrico*

Ubicación	Calicata	Muestra	Prof. (m)	SUCS	Ensayo inmersión en agua	
					Densidad suelo húmedo (g/cm <sup>3</sup> )	Densidad suelo seco (g/cm <sup>3</sup> )
0+125	T-1	M-1	0,50- 3,00	CL	1,76	1,42
1+060	T-3	M-1	0,30- 1,50	SM	2,04	1,72

**c) Ensayos de corte directo**

Para determinar los parámetros de resistencia (c y) del suelo, las muestras inalteradas tomadas de las zanjas se trataron de acuerdo con la norma ASTM D 3080.

Ahora las dos muestras de suelo se presentan en la tabla N° 24 y sus certificados se muestran en el anexo 2.2.

**Tabla 24.***Resumen de Corte Directo*

Ubicación	Calicata	Muestra	Prof. (m)	SUCS	Esfuerzos totales		Densidad Humeda (g/cm <sup>3</sup> )
					c (kg/cm <sup>2</sup> )	$\phi$ (°)	
0+125	T-1	M-1	0,50-3,00	CL	0,11	14,6	1,76
1+060	T-3	M-1	0,30-1,50	SM	0,01	28	2,03

### 5.1.3.2 Ensayos en rocas

#### a) Ensayo de carga puntual

Se realizaron 3 ensayos de carga puntual en muestras de rocas obtenidas, con la finalidad de obtener su resistencia a la compresión no confinada. Este ensayo se desarrolló siguiendo los procedimientos de la norma ASTM D-5731, en términos de la resistencia a la compresión no confinada ( $\sigma_c$ ) y de la resistencia de la roca.

Los resultados de este ensayo se resumen en la tabla N° 25, cuyos certificados se presentan en el Anexo 3,1.

**Tabla 25.***Resumen de Carga Puntual*

Ubicación	Estación Geomecánica	Muestra	Litología	Prof. (m)	Carga Puntual		Grado de Dureza
					Is (Mpa)	$\sigma_c$ (Mpa)	
7+680	EG-1	M-1	Diorita	Superficie	8,55	205	R5
2+010	EG-2	M-1	Diorita	Superficie	7,45	179	R5
1+120	EG-3	M-1	Diorita	Superficie	6,56	158	R5

#### b) Propiedades Físicas

Con las muestras de roca extraída, se ejecutaron los ensayos respectivos para determinar las propiedades físicas de la roca intacta como, por ejemplo: gravedad específica, absorción (ASTM C-9783) y densidad



de la roca (ASTM D-2937), siguiendo las normas recomendadas para el ensayo. La tabla N<sup>a</sup> 26 muestra los resultados obtenidos.

**Tabla 26.**

*Resumen de Propiedades Físicas*

Ubicación	Estación Geomecánica	Muestra	Densidad de Roca (gr/cm <sup>3</sup> )	Absorción (%)	Porosidad (%)	GEP (gr/cm <sup>3</sup> )
7+680	EG-1	M-1	2,77	0,05	0,05	2,78

#### 5.1.4 Análisis de cimentación

##### 5.1.4.1 Análisis de cimentación en suelos

Se han establecido niveles mínimos de cimentación para garantizar un soporte y confinamiento adecuados, teniendo en cuenta las características geotécnicas de los suelos descubiertas en las investigaciones de campo y laboratorio, las dimensiones típicas de las estructuras proyectadas y los niveles de carga impuestos por estas últimas. En la tabla N<sup>o</sup> 27 se indican las profundidades de cimentación recomendadas.

**Tabla 27.**  
*Profundidad mínima de cimentación*

Progresiva	Estructura	SUCS	Df (m)	Cimentación	Ancho (m)	Largo (m)
<b>Km 0+190 - Km 0+230</b>	Muro de contención	CL	5.1	Superficial	3.4	5.0
<b>Km 0+230 - Km 0+250</b>	Muro de contención	CL	5.1	Superficial	3.4	5.0
<b>Km 0+250 - Km 0+310</b>	Muro de contención	CL	2.6	Superficial	1.7	5.0
<b>Km 0+310 - Km 0+390</b>	Muro de contención	CL	5.1	Superficial	3.4	5.0
<b>Km 0+390 - Km 0+430</b>	Muro de contención	CL	2.6	Superficial	1.7	5.0
<b>Km 0+430 - Km 0+450</b>	Muro de contención	CL	5.1	Superficial	3.4	5.0
<b>Km 0+450 - Km 0+530</b>	Muro de contención	CL	2.6	Superficial	1.7	5.0
<b>Km 0+530 - Km 0+550</b>	Muro de contención	CL	5.1	Superficial	3.4	5.0
<b>Km 0+550 - Km 0+750</b>	Muro de contención	CL	2.6	Superficial	1.7	5.0
<b>Km 2+825 - Km 2+835</b>	Muro de contención	SM	2.6	Superficial	1.7	5.0
<b>Km 1+040 - Km 1+060</b>	Muro de Mampostería	SM	2.0	Superficial	1.3	5.0
<b>Km 5+665 - Km 5+675</b>	Muro de Mampostería	SM	2.0	Superficial	1.3	5.0
<b>Km 7+745 - Km 5+795</b>	Muro de Mampostería	SM	2.0	Superficial	1.3	5.0
<b>Km 5+805 - Km 5+930</b>	Muro de Mampostería	SM	2.0	Superficial	1.3	5.0
<b>Km 5+945 - Km 5+975</b>	Muro de Mampostería	SM	2.0	Superficial	1.3	5.0
<b>Km 6+150 - Km 6+165</b>	Muro de Mampostería	SM	2.0	Superficial	1.3	5.0
<b>Km 6+205 - Km 6+215</b>	Muro de Mampostería	SM	2.0	Superficial	1.3	5.0
<b>Km 6+525 - Km 6+545</b>	Muro de Mampostería	SM	2.0	Superficial	1.3	5.0
<b>Km 6+610 - Km 6+810</b>	Muro de Mampostería	SM	2.0	Superficial	1.3	5.0
<b>Km 0+140</b>	Alcantarilla	CL	1.3	Superficial	0.5	8.3
<b>Km 0+770</b>	Alcantarilla	CL	0.8	Superficial	0.5	7.3
<b>Km 5+340</b>	Alcantarilla	SM	1.0	Superficial	0.5	6.1
<b>Km 8+540</b>	Alcantarilla	SM	1.0	Superficial	0.5	9.1
<b>Km 2+060</b>	Pontón	SM	2.0	Superficial	2.0	6.7

#### 5.1.4.2 Determinación de parámetros de resistencia

La capacidad permitida del suelo se determinó utilizando los siguientes valores de resistencia; para más información, véase la tabla N°

28.

**Tabla 28.**  
*Parámetros de cimentación*

Progresiva	Estructura	SUCS	Df (m)	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Cohesión (kg/cm <sup>2</sup> )	Angulo de Fricción (°)
<b>Km 0+190 - Km 0+230</b>	Muro de contención	CL	5.1	1.76	0.11	14.6
<b>Km 0+230 - Km 0+250</b>	Muro de contención	CL	5.1	1.76	0.11	14.6
<b>Km 0+250 - Km 0+310</b>	Muro de contención	CL	2.6	1.76	0.11	14.6
<b>Km 0+310 - Km 0+390</b>	Muro de contención	CL	5.1	1.76	0.11	14.6
<b>Km 0+390 - Km 0+430</b>	Muro de contención	CL	2.6	1.76	0.11	14.6
<b>Km 0+430 - Km 0+450</b>	Muro de contención	CL	5.1	1.76	0.11	14.6
<b>Km 0+450 - Km 0+530</b>	Muro de contención	CL	2.6	1.76	0.11	14.6
<b>Km 0+530 - Km 0+550</b>	Muro de contención	CL	5.1	1.76	0.11	14.6
<b>Km 0+550 - Km 0+750</b>	Muro de contención	CL	2.6	1.76	0.11	14.6
<b>Km 2+825 - Km 2+835</b>	Muro de contención	SM	2.6	2.04	0.01	28.0
<b>Km 1+040 - Km 1+060</b>	Muro de Mampostería	SM	2.0	2.04	0.01	28.0
<b>Km 5+665 - Km 5+675</b>	Muro de Mampostería	SM	2.0	2.04	0.01	28.0
<b>Km 7+745 - Km 5+795</b>	Muro de Mampostería	SM	2.0	2.04	0.01	28.0
<b>Km 5+805 - Km 5+930</b>	Muro de Mampostería	SM	2.0	2.04	0.01	28.0
<b>Km 5+945 - Km 5+975</b>	Muro de Mampostería	SM	2.0	2.04	0.01	28.0
<b>Km 6+150 - Km 6+165</b>	Muro de Mampostería	SM	2.0	2.04	0.01	28.0
<b>Km 6+205 - Km 6+215</b>	Muro de Mampostería	SM	2.0	2.04	0.01	28.0
<b>Km 6+525 - Km 6+545</b>	Muro de Mampostería	SM	2.0	2.04	0.01	28.0
<b>Km 6+610 - Km 6+810</b>	Muro de Mampostería	SM	2.0	2.04	0.01	28.0
<b>Km 0+140</b>	Alcantarilla	CL	1.3	1.76	0.11	14.6
<b>Km 0+770</b>	Alcantarilla	CL	0.8	1.76	0.11	14.6
<b>Km 5+340</b>	Alcantarilla	SM	1.0	2.04	0.01	28.0
<b>Km 8+540</b>	Alcantarilla	SM	1.0	2.04	0.01	28.0
<b>Km 2+060</b>	Pontón	SM	2.0	2.04	0.01	28.0

### 5.1.4.3 Determinación de capacidad admisible

Se realizaron los cálculos de la capacidad admisible del terreno para una cimentación superficial.

#### Capacidad admisible por resistencia

La capacidad de carga se ha analizado usando la fórmula de Terzaghi y Peck (1967) con los parámetros de Vesic (1973).



Tomando en cuenta estos criterios se obtienen los siguientes

resultados:

**Tabla 29.**  
*Cálculo de Capacidad admisible por resistencia*

Progresiva	Estructura	SUCS	Df (m)	Cimentación	Ancho (m)	Largo (m)	Q ult (kg/cm <sup>2</sup> )	Q adm (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>Km 0+190 - Km 0+230</b>	Muro de contención	CL	5.1	Superficial	3.4	5.0	4,5	1,5
<b>Km 0+230 - Km 0+250</b>	Muro de contención	CL	5.1	Superficial	3.4	5.0	4,5	1,5
<b>Km 0+250 - Km 0+310</b>	Muro de contención	CL	2.6	Superficial	1.7	5.0	3,0	1,0
<b>Km 0+310 - Km 0+390</b>	Muro de contención	CL	5.1	Superficial	3.4	5.0	4,5	1,5
<b>Km 0+390 - Km 0+430</b>	Muro de contención	CL	2.6	Superficial	1.7	5.0	3,0	1,0
<b>Km 0+430 - Km 0+450</b>	Muro de contención	CL	5.1	Superficial	3.4	5.0	4,5	1,5
<b>Km 0+450 - Km 0+530</b>	Muro de contención	CL	2.6	Superficial	1.7	5.0	3,0	1,0
<b>Km 0+530 - Km 0+550</b>	Muro de contención	CL	5.1	Superficial	3.4	5.0	4,5	1,5
<b>Km 0+550 - Km 0+750</b>	Muro de contención	CL	2.6	Superficial	1.7	5.0	3,0	1,0
<b>Km 2+825 - Km 2+835</b>	Muro de contención	SM	2.6	Superficial	1.7	5.0	7,8	2,6
<b>Km 1+040 - Km 1+060</b>	Muro de Mampostería	SM	2.0	Superficial	1.3	5.0	5,8	1,9
<b>Km 5+665 - Km 5+675</b>	Muro de Mampostería	SM	2.0	Superficial	1.3	5.0	6,0	2,0
<b>Km 7+745 - Km 5+795</b>	Muro de Mampostería	SM	2.0	Superficial	1.3	5.0	6,0	2,0
<b>Km 5+805 - Km 5+930</b>	Muro de Mampostería	SM	2.0	Superficial	1.3	5.0	6,0	2,0
<b>Km 5+945 - Km 5+975</b>	Muro de Mampostería	SM	2.0	Superficial	1.3	5.0	6,0	2,0
<b>Km 6+150 - Km 6+165</b>	Muro de Mampostería	SM	2.0	Superficial	1.3	5.0	6,0	2,0
<b>Km 6+205 - Km 6+215</b>	Muro de Mampostería	SM	2.0	Superficial	1.3	5.0	6,0	2,0
<b>Km 6+525 - Km 6+545</b>	Muro de Mampostería	SM	2.0	Superficial	1.3	5.0	6,0	2,0
<b>Km 6+610 - Km 6+810</b>	Muro de Mampostería	SM	2.0	Superficial	1.3	5.0	6,0	2,0
<b>Km 0+140</b>	Alcantarilla	CL	1.3	Superficial	0.5	8.3	3,2	1,1
<b>Km 0+770</b>	Alcantarilla	CL	0.8	Superficial	0.5	7.3	2,4	0,8
<b>Km 5+340</b>	Alcantarilla	SM	1.0	Superficial	0.5	6.1	3,5	1,2
<b>Km 8+540</b>	Alcantarilla	SM	1.0	Superficial	0.5	9.1	3,4	1,1
<b>Km 2+060</b>	Pontón	SM	2.0	Superficial	2.0	6.7	6,3	2,1

$$\emptyset = 14.06^\circ$$

$$C = 0.11 \text{ kg/cm}^2$$

$$Y = 1.76$$

$$Df = 5.1 \text{ m.}$$

$$q_{ult} = 6.0 \text{ kg/cm}^2$$

$$F.S. = 3.00$$

$$Q_{ad} = 2.0 \text{ kg/cm}^2$$

#### 5.1.4.4 Capacidad admisible por asentamiento

Se ha adoptado el criterio de limitar el asentamiento de la cimentación a 2,5 cm, por el tipo de cimentación existente.

Teniendo en cuenta la metodología del asentamiento y los parámetros considerados, se obtuvieron los siguientes resultados, los cuales se presentan en el anexo 4 y se resumen en la tabla N° 30.

**Tabla 30.**

*Cálculo de Capacidad admisible por asentamiento*

Progresiva	Estructura	SUCS	Cimentación	D.F. (m)	Ancho (m)	Largo (m)	$\mu$	E (kg/cm <sup>2</sup> )	Q adm (kg/cm <sup>2</sup> )	Si (cm)
Km 0+190 - Km 0+230	Muro de contención	CL	Superficial	5.1	3.4	5.0	0.40	200	1,5	2,12
Km 0+230 - Km 0+250	Muro de contención	CL	Superficial	5.1	3.4	5.0	0.40	200	1,5	2,12
Km 0+250 - Km 0+310	Muro de contención	CL	Superficial	2.6	1.7	5.0	0.40	200	1,0	1,06
Km 0+310 - Km 0+390	Muro de contención	CL	Superficial	5.1	3.4	5.0	0.40	200	1,5	2,12
Km 0+390 - Km 0+430	Muro de contención	CL	Superficial	2.6	1.7	5.0	0.40	200	1,0	1,06
Km 0+430 - Km 0+450	Muro de contención	CL	Superficial	5.1	3.4	5.0	0.40	200	1,5	2,12
Km 0+450 - Km 0+530	Muro de contención	CL	Superficial	2.6	1.7	5.0	0.40	200	1,0	1,06
Km 0+530 - Km 0+550	Muro de contención	CL	Superficial	5.1	3.4	5.0	0.40	200	1,5	2,12
Km 0+550 - Km 0+750	Muro de contención	CL	Superficial	2.6	1.7	5.0	0.40	200	1,0	1,06
Km 2+825 - Km 2+835	Muro de contención	SM	Superficial	2.6	1.7	5.0	0.25	200	2,4	2,45
Km 1+040 - Km 1+060	Muro de Mampostería	SM	Superficial	2.0	1.3	5.0	0.25	200	1,9	1,78
Km 5+665 - Km 5+675	Muro de Mampostería	SM	Superficial	2.0	1.3	5.0	0.25	200	2,0	1,88
Km 7+745 - Km 5+795	Muro de Mampostería	SM	Superficial	2.0	1.3	5.0	0.25	200	2,0	1,88
Km 5+805 - Km 5+930	Muro de Mampostería	SM	Superficial	2.0	1.3	5.0	0.25	200	2,0	1,88
Km 5+945 - Km 5+975	Muro de Mampostería	SM	Superficial	2.0	1.3	5.0	0.25	200	2,0	1,88
Km 6+150 - Km 6+165	Muro de Mampostería	SM	Superficial	2.0	1.3	5.0	0.25	200	2,0	1,88
Km 6+205 - Km 6+215	Muro de Mampostería	SM	Superficial	2.0	1.3	5.0	0.25	200	2,0	1,88
Km 6+525 - Km 6+545	Muro de Mampostería	SM	Superficial	2.0	1.3	5.0	0.25	200	2,0	1,88
Km 6+610 - Km 6+810	Muro de Mampostería	SM	Superficial	2.0	1.3	5.0	0.25	200	2,0	1,88
Km 0+140	Alcantarilla	CL	Superficial	1.3	0.5	8.3	0.40	200	1,1	0,81
Km 0+770	Alcantarilla	CL	Superficial	0.8	0.5	7.3	0.40	200	0,8	0,57
Km 5+340	Alcantarilla	SM	Superficial	1.0	0.5	6.1	0.25	200	1,2	0,84
Km 8+540	Alcantarilla	SM	Superficial	1.0	0.5	9.1	0.25	200	1,1	0,94
Km 2+060	Pontón	SM	Superficial	2.0	2.0	6.7	0.25	200	2,1	2,41

Por la tanto es preferible llevarlo a una profundidad mínima  $D_f = 1.0$  m. y un ancho de cimentación de 0.5 m. en alcantarillas y 1.3 m. en muros de contención. Con estos valores no se espera problemas por asentamiento, ya que están por debajo de lo permisible.



### 5.1.5 Evaluación Geomecánica

El resultado de la clasificación geomecánica de Bieniawski (RMR) de las estaciones geomecánicas se muestra en el Anexo 3.1 y se resumen en la tabla N° 31.

**Tabla 31.**

*Resumen de la clasificación geomecánica de Bieniawski (RMR)*

Ubicación	Estación Geomecánica	Litología	RMR Básico	RMR Ajustado	Calidad del Macizo
<b>Km 7+680</b>	EG-1	Ígnea Intrusiva	69	64	Buena
<b>KM 2+010</b>	EG-2	Ígnea Intrusiva	69	61	Buena
<b>Km 1+120</b>	EG-3	Ígnea Intrusiva	59	54	Regular

#### 5.1.5.1 Análisis de discontinuidades

El programa informático Dips se utilizó para examinar los datos recogidos sobre el terreno acerca del buzamiento y la dirección de buzamiento, con el fin de determinar la orientación principal de las fracturas e interpretar la dirección de las presiones tectónicas. La orientación de las juntas se establece para cada uno de los diversos escenarios en los que se ha construido una estación geomecánica, y los resultados se muestran en un diagrama de rosas que muestra la orientación, la amplitud y la preponderancia de las estructuras geológicas ver el Anexo 3.2 Diagrama de rosetas. A continuación, se describe cada estación:

En la EG-1, se identificaron 3 discontinuidades principales Fam. 1: 78/120, Fam. 2: 72/179, Fam. 3: 47/112, de acuerdo al diagrama de rosetas la familia principal tiene una orientación NE-SW, y las familias secundarias tienen una orientación E-W Ver Anexo 3.2.



En la EG-2, se identificaron 3 discontinuidades principales Fam. 1: 73/245, Fam. 2: 71/332, Fam. 3: 23/15, de acuerdo al diagrama de rosetas la familia principal y una familia secundaria tienen una orientación NW-SE, mientras que la otra familia secundaria tiene una orientación NE-SW. Ver Anexo 3.2.

En la EG-3, se identificaron 3 discontinuidades principales Fam. 1: 79/291, Fam. 2: 56/350, Fam. 3: 17/10, de acuerdo al diagrama de rosetas la familia principal tiene una orientación NE-SW, una familia secundaria tiene una orientación E-W y la otra familia secundaria tiene una orientación NW-SE. Ver Anexo 3.2.

En la tabla N° 32 se muestra el resumen de las principales familias determinadas por cada estación geomecánica.

**Tabla 32.**  
*Análisis de discontinuidades*

Ubicación	Estación Geomecánica	Familias Principales
<b>Km 7+680</b>	EG-1	F-1: 78/120
		F-2: 72/179
		F-3: 47/112
<b>KM 2+010</b>	EG-2	F-1: 73/245
		F-2: 71/331
		F-3: 23/15
<b>Km 1+120</b>	EG-3	F-1: 79/291
		F-2: 56/350
		F-3: 17/10

Las salidas del programa como el diagrama de rosetas, concentración de familias y planos de diaclasas, se encuentran en el Anexo 3.2.



### 5.1.6 Análisis de estabilidad de taludes

Para el análisis de estabilidad de los taludes de la carretera, se ha definido primero el relieve del terreno, segundo los parámetros geotécnicos del material que conforma el talud y, por último, se realiza los cálculos de estabilidad del talud. Ver anexo 5.

#### 5.1.6.1 Estabilidad de taludes de roca

Para el estudio se ha determinado el valor de SMR en las 3 estaciones geomecánicas realizadas, los que se resumen en la tabla N° 33 (ver anexo 5):

**Tabla 33.**  
*Condición de estabilidad SMR*

<b>Estación Geomecánica</b>	<b>Litología</b>	<b>RMRbasico</b>	<b>SMR</b>	<b>Estabilidad (SMR)</b>
<b>EG-1</b>	Diorita	69	28	Inestable (*)
<b>EG-2</b>	Diorita	69	71	Estable
<b>EG-3</b>	Diorita	59	69	Estable

#### a) **Determinación de fallas del macizo rocoso**

En el estudio se determinaron fallas por rotura en las 3 estaciones geomecánicas haciendo uso del programa DIPS vers. 6.0, (ver análisis de discontinuidades tabla n° 34), llegando a determinar rotura en familias principales, ya sea por intersección o por ángulo crítico, ver Anexo 3.2.



**Tabla 34.**  
*Análisis del macizo rocoso*

Ubicación	Estación Geomecánica	Familias Principales	Familias que producen fallas		
			Falla Planar	Falla por Cuña	Falla por Volteo
<b>Km 7+680</b>	EG-1	F-1: 78/120	F-2		-
		F-2: 72/179		F-1/F-2	
		F-3: 47/112		F-2/F-3	
<b>Km 2+010</b>	EG-2	F-1: 73/245	F-2		-
		F-2: 71/331		F-1/F-2	
		F-3: 23/15		F-2/F-3	
<b>Km 1+120</b>	EG-3	F-1: 79/291	F-2		-
		F-2: 56/350		F-1/F-2	
		F-3: 17/10			

### 5.1.7 Clasificación de Materiales

Se realizó una clasificación a lo largo de la carretera del Km 0+000 al Km 10+550 del camino vecinal San Juan de Ihuanco - Roldan.

Para concluir con la clasificación de materiales se elaboró un cuadro de clasificación de materiales, el cual se presenta a continuación:



**Tabla 35.**  
*Clasificación de materiales del Km 0+000 al Km 10+550*

Progresiva (km)		Litología	Clasificación de Materiales			Talud a Adoptar
De	A		MS %	RS%	RF%	
<b>0+000</b>	0+085	Estructura de concreto, intercambio vial				-
<b>0+085</b>	0+750	Dep. coluvio-aluvial	100			1:3
<b>0+750</b>	1+000	Dep. coluvio-aluvial	100			1:3
<b>1+000</b>	1+075	Afloramiento de roca fracturada	30	70		1:4
<b>1+075</b>	1+460	Dep. coluvio-aluvial	70	30		1:4
<b>1+460</b>	2+050	Dep. coluvio-aluvial	100			1:3
<b>2+050</b>	2+350	Dep. coluvio-aluvial	100			1:3
<b>2+350</b>	3+120	Dep. coluvio-aluvial	100			1:3
<b>3+120</b>	3+170	Dep. coluvio-aluvial	100			1:3
<b>3+170</b>	3+220	Dep. coluvio-aluvial	100			1:3
<b>3+220</b>	3+390	Dep. coluvio-aluvial	100			1:3
<b>3+390</b>	4+040	Dep. coluvio-aluvial	100			1:3
<b>4+040</b>	4+260	Dep. coluvio-aluvial	100			1:3
<b>4+260</b>	5+240	Dep. coluvio-aluvial	100			1:3
<b>5+240</b>	5+290	Dep. coluvio-aluvial	100			1:3
<b>5+290</b>	5+430	Dep. coluvio-aluvial	100			1:3
<b>5+430</b>	5+560	Dep. coluvio-aluvial	100			1:3
<b>5+560</b>	5+660	Dep. coluvio-aluvial	100			1:3
<b>5+660</b>	5+800	Dep. coluvio-aluvial	100			1:3
<b>5+800</b>	5+860	Afloramiento de roca fracturada	40	60		1:4
<b>5+860</b>	5+910	Dep. coluvio-aluvial	100			1:3
<b>5+910</b>	6+020	Dep. coluvio-aluvial	100			1:3
<b>6+020</b>	6+150	Dep. coluvio-aluvial	100			1:3
<b>6+150</b>	6+300	Dep. coluvio-aluvial	100			1:3
<b>6+300</b>	6+470	Dep. coluvio-aluvial	100			1:3
<b>6+470</b>	6+640	Dep. coluvio-aluvial	70	30		1:3
<b>6+640</b>	6+700	Dep. coluvio-aluvial	80	20		1:3
<b>6+700</b>	6+820	Dep. coluvio-aluvial	50	30	20	1:3
<b>6+820</b>	7+110	Dep. coluvio-aluvial	100	0	0	1:3
<b>7+110</b>	7+220	Dep. coluvio-aluvial	60	20	20	1:3
<b>7+220</b>	7+640	Dep. coluvio-aluvial	100	0	0	1:3
<b>7+640</b>	7+740	Afloramiento de roca fracturada	20	40	40	1:3
<b>7+740</b>	8+300	Dep. coluvio-aluvial	100	0	0	1:3
<b>8+300</b>	8+550	Dep. coluvio-aluvial	60	20	20	1:3
<b>8+550</b>	8+680	Afloramiento de roca fracturada	20	40	40	1:4
<b>8+680</b>	10+550	Dep. coluvio-aluvial	100			1:3

## 5.2 DISCUSION

Considerando la geología local del área de interés, se observan depósitos coluvio-aluviales (Q-co/al) compuestos por arena arcillosa de matriz limosa de color marrón



oscuro, con una capa variable de cobertura vegetal propios del lugar, así mismo en su mayoría son utilizados como campos de cultivo. También se observan afloramientos rocosos de la unidad Jecuan (Ks-j), conformadas de rocas ígneas plutónicas considerablemente fracturados.

En base a los diferentes ensayos realizado en laboratorio, en el ámbito del área de estudio se determinó que: Dentro de la calicata C-1 en el primer estrato de 0.00 m. a 3.00 m. se aprecia una Arena Arcillosa (CL-SM) de baja plasticidad de color pardo oscuro ligeramente húmedo con presencia de material orgánico. De acuerdo al resultado de las densidades de suelo en promedio es de  $1,8 \text{ g/cm}^3$ , típicos de suelos areno-arcillosos, y el grado de compactación obtenida según la densidad de suelo seco es de  $1,42 \text{ g/cm}^3$  y  $1,72 \text{ g/cm}^3$  propios de un suelo arenoso.

Para el análisis de cimentación de las estructuras proyectadas, se ha definido primero la profundidad de cimentación, segundo los parámetros de resistencia del terreno de fundación y, por último, se realiza los cálculos de acuerdo con las dimensiones preliminares de la cimentación, según sea el caso. NORMA E 0.50 (Suelos y cimentaciones).

Según los resultados obtenidos en laboratorio y de acuerdo a la tabla N° 20, los valores de la capacidad admisible arrojan por encima de  $1.0 \text{ kg/cm}^2$ , el cual es favorable para la construcción de una cimentación superficial ya sea de cimentación corrida y/o zapatas aisladas conectadas mediante vigas de cimentación para obras de arte (Muros de contención, muros de mampostería, alcantarillas y pontones).

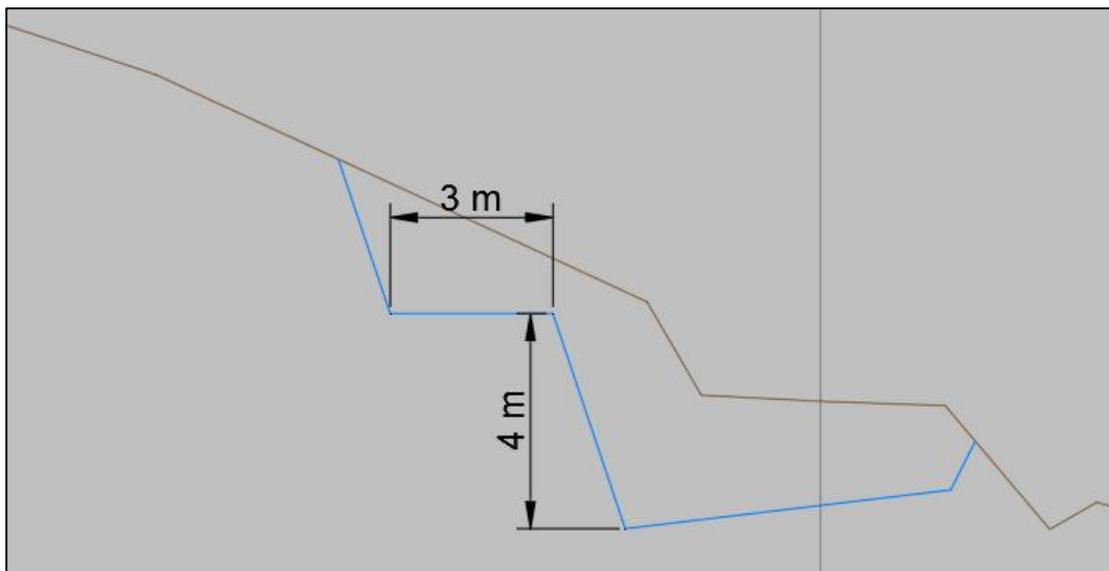
Según la norma E 050: de determina de acuerdo a las propiedades físicas de suelo, valores de la capacidad portante de estos, los cuales varían entre  $1.0$  a  $2.9 \text{ kg/cm}^2$  a

profundidades superiores a 3.50 m. favorables para una construcción de cimientos corridos y/o zapatas aisladas.

De los resultados obtenidos para estabilidad de taludes, si bien, existen algunas rocas de mejor calidad en la zona, las rocas intrusivas evaluadas se clasifican como tipo II y III, es decir se trata de rocas con calidad regular y buena.

Luego de realizar el análisis de fallas por rotura, se identificaron fallas planares y fallas por cuña en las 3 estaciones geomecánicas. Se recomienda un perfilado y desquinche selectivo para controlar los desprendimientos de rocas.

Si bien, la estabilidad en la estación EG-1 dio como resultado un valor considerado como “Inestable”, la altura del talud actual en esta zona es menor a 5 m, se recomienda construir un talud de pendiente 1:3 con dos alturas, con la primera altura de 4 m, y con una banqueta de 3 m de ancho. En la siguiente imagen se observa el talud propuesto en esta zona.



**Figura 12:** Detalle de talud con banquetas en km 7+670 - km 7+705



## V. CONCLUSIONES

**PRIMERA:** De acuerdo con el estudio geológico el camino vecinal se emplaza sobre depósitos coluvio-aluviales (Q-co/al) compuestos por arena arcillosa de matriz limosa de color marrón oscuro, con una capa variable de cobertura vegetal propios del lugar, en su mayoría son utilizados como campos de cultivo. También se observan afloramientos rocosos de la unidad Jecuan (Ks-j), conformadas de rocas ígneas plutónicas considerados estables.

**SEGUNDA:** De acuerdo al estudio geotécnico con fines de cimentación para obras de arte, se determinó que el suelo es de tipo Arena limosa y Arena arcillosa (SM y CL) con densidades variables de 1,76 a 2,04 g/cm<sup>3</sup> respectivamente, la capacidad admisible de suelo determinados por método Terzagui y Perck es de 1.5 kg/cm<sup>2</sup> para muros de contención con una profundidad de desplante (Df) de 5.1 m, para muros de mampostería 2.0 kg/cm<sup>2</sup> con Df de 2.0 m, cm<sup>2</sup> para alcantarillas 1.1 kg/ con un Df de 0.8m y para pontones 2.1 kg/cm<sup>2</sup> con Df de 2.0m. los cuales son apropiados para la construcción de una cimentación corrido y/o zapatas aisladas y de la evaluación geomecánica las rocas intrusivas evaluadas se clasifican como tipo II y III, es decir se trata de rocas con calidad regular y buena con una valoración de RMR de 69 y 59 respectivamente.



## VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda elaborar mapas de zonificación geológica geotécnica en un ámbito mayor del área de estudio que permita que muestren suelos de características similares para una gestión de uso de suelos.
- Se recomienda caracterizar el área de influencia directa por donde se emplaza el camino vecinal en temporadas de avenidas, con la finalidad de ver el comportamiento del terreno de fundación.
- Se recomienda realizar un estudio de cantera para la construcción y mejoramiento del camino vecinal.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adin, T. (2016). Análisis comparativo en la determinación de la capacidad admisible por los métodos disponibles de Terzagui y Meyerhof, para cimentaciones superficiales según las características del suelo de Inquipata del Distrito de Anta. (Tesis). Universidad Andina Del Cusco, Cusco.
- Alva Hurtado, (1984). DISTRIBUCIÓN DE MÁXIMAS INTENSIDADES SÍSMICAS OBSERVADAS EN EL PERÚ. Lima – Peru.
- Aliaga Chávez, Manuel Jesús. (2003). Tesis “Estudio geológico-geotécnico para la rehabilitación de la carretera Corral Quemado-Río Nieva, tramo 1: Puerto Naranjitos-Pedro Ruiz”. Lima – Peru.
- Alvarado, S. E. (2011). Estudio complementario de las condiciones de riesgo de desastres en la ciudad de Chincha. INDECI, Chincha.
- Bieniawski, Z. T. (1989). Engineering rock mass classifications: a complete manual for engineers and geologists in mining, civil, and petroleum engineering. John Wiley & Sons.
- Boza, Roy Wilder. (2018). Evaluación geotécnica en el mejoramiento de la carretera departamental Palca - Tapo - Ricran – Yauli - Jauja - Región Junín. Repositorio Institucional UNDAC.
- Cañi, G. G., & Gomez, J. V. (2018). Propuesta técnica para cimentaciones de vivienda ubicadas en el sector VII del Distrito de Alto Alianza. (Tesis). Universidad Privada de Tacna, Tacna.
- CISMID, 1986. Centro Peruano - Japones de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres. <http://www.cismid.uni.edu.pe/>
- Deere, D U (1964). "Technical description of rock cores", Rock Mechanics Engineering Geology, 1 (16-22).
- García, J. (2014). Comportamiento de cimentaciones superficiales. Revista de Ingeniería Civil, 28, 65-72.
- GARBER Nicholas & Hoel Lester, (2005), “Ingeniería de Tránsito y de Carreteras”, 3ra Edición, Universidad de Virginia, Thomson Editores S.A. de C.V., México.
- Holtz, R. D., & Kovacs, W. D. (1981). An introduction to geotechnical engineering. Prentice Hall.



- INGEMMET. (1993). Geología de los cuadrángulos de Mala, Lunahuaná, Tupe, Conayca, Chíncha, Tantara y Castrovirreyna. Lima: Boletín N°44.
- Manual de carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos (2014). Editorial Macro R.D. N° 10-14-MTC/14.
- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES DEL PERU (MTC), (2013). “Especificaciones Técnicas Generales Para Construcción de Carreteras EG-2013”, Lima – Peru.
- MTC (2018). Dirección Regional de Caminos y Ferrocarriles, MANUAL DE CARRTERAS MANTENIMIENTO O CONSERVACION NACIONAL, Lima – Perú.
- Patzan Nick, J. E. (2009). Guía práctica para el cálculo de capacidad de carga en cimentaciones superficiales, losas de cimentación, pilotes y pilas perforadas. (Guía). Universidad de San Carlos De Guatemala, Guatemala.
- Perrin, J., Jeannin, P.-Y., Cornaton, F., & Zwahlen, F. (2003). Atlas des tranches de terrain en Suisse. Office fédéral de topographie, swisstopo.
- Peña, E., Lizarralde, R., & Zabala, M. (2005). Ingeniería Geotécnica. Fundamentos y aplicaciones en la ingeniería civil. Pearson Educación.
- PMA: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007). Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Publicación Geológica Multinacional, n.4. Santiago: Servicio Nacional de Geología y Minería, 432 p.
- Rodríguez, A. (2016). Diseño y construcción de alcantarillas. Revista de Investigación Académica, 19, 45-56.
- SENAMHI, (2019). <https://www.senamhi.gob.pe/?&p=estaciones>. Perú.
- Terzaghi, K. (1965). Rock defects and loads on tunnel support. Rock Mechanics in Engineering Practice, 33-43.
- Umberto Salazar y Cesar Landa T. (1993), “Geología de los Cuadrángulos de Mala, Lunahuana, Tupe, Conayca, Tantara y Castrovirreyna” Boletín N° 44, hojas 26-j, 26-k, 26-m, 27-k, 27-i, 27-m, INGEMMET, Lima - Perú.
- Varnes, D.J. 1978: “Slope movement tyoes and processes”. In: Landslides analysis and control. Special Report 176: 11-33 pp.
- Vesic A. (1973) Analisis de Capacidad de Carga para Cimentaciones Superficiales.



## ANEXOS



## DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Yarel Omar Gutiérrez Gutiérrez  
identificado con DNI 70761722 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLOGICA

, informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación para la obtención de  Grado

Título Profesional denominado:

"EVALUACIÓN GEOTECNICA DEL TERRENO DE FUNDACION PARA LA REHABILITACION Y

MEJORAMIENTO DEL COMIND VECINAL SAN JUAN DE HUANCLO - ROLDAN, REGION LIMA

" Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 17 de Julio del 2023



FIRMA (obligatoria)



Huella



## AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Yosel Osner Gutierrez Gutierrez  
identificado con DNI 70761722 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

, informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación para la obtención de  Grado  
 Título Profesional denominado:

"EVALUACION GEOTECNICA DEL TERRENO DE FUNDACION PARA LA REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DEL CMINO  
VEUNOL SAN JUAN DE HUANCOC - ROLDAN, REGION LIMO."

" Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

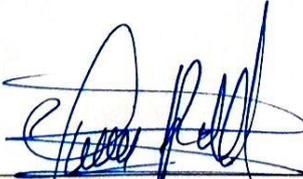
En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 17 de Julio del 2023

  
FIRMA (obligatoria)



Huella