

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



**TESIS**

**ANÁLISIS GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO DE TALUDES Y LADERAS EN LA  
EXPANSIÓN URBANA DEL CENTRO POBLADO FRUTILLO BAJO, DISTRITO  
DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC, DEPARTAMENTO  
CAJAMARCA**

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

**AUTOR:**

**Bach. Carranza Leiva, Edwar Elí**

**ASESOR:**

**Dr. Rodríguez Cruzado, Segundo Reinaldo**

**CAJAMARCA - PERÚ**

**2024**

## CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

### - FACULTAD DE INGENIERÍA -

- Investigador:** Edwar Elí Carranza Leiva  
**DNI:** 72478449  
**Escuela Profesional:** Ingeniería Geológica
- Asesor:** Dr. Segundo Reinaldo Rodríguez Cruzado  
**Facultad:** Ingeniería
- Grado académico o título profesional**  
 Bachiller       Título profesional       Segunda especialidad  
 Maestro       Doctor
- Tipo de Investigación:**  
 Tesis       Trabajo de investigación       Trabajo de suficiencia profesional  
 Trabajo académico
- Título de Trabajo de Investigación:** "ANÁLISIS GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO DE TALUDES Y LADERAS EN LA EXPANSIÓN URBANA DEL CENTRO POBLADO FRUTILLO BAJO, DISTRITO DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC, DEPARTAMENTO CAJAMARCA"
- Fecha de evaluación:** 09/03/2024
- Software antiplagio:**       TURNITIN       URKUND (OURIGINAL) (\*)
- Porcentaje de Informe de Similitud:** 6%
- Código Documento:** oid:3117:338745202
- Resultado de la Evaluación de Similitud:**  
 APROBADO     PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 01/06/2024

|  |   |
|--|---|
|   |  <p>Firmado digitalmente por:<br/>FERNANDEZ LEON Yvonne<br/>Katherine FAU 20148258601 soft<br/>Motivo: Soy el autor del documento<br/>Fecha: 01/06/2024 19:17:50-0500</p> |
| <hr/> <p><b>FIRMA DEL ASESOR</b></p> <p><b>Nombres y Apellidos</b><br/><b>Dr. Segundo Reinaldo Rodríguez Cruzado</b></p> <p><b>DNI: 26722961</b></p> | <hr/> <p><b>UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI</b></p>  |

\* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de investigación está dedicado con mucho amor y cariño a mi madre María Elizabeth, mujer maravillosa y valiente, por el apoyo inconmensurable y el sacrificio incondicional, durante la travesía de mi vida personal y profesional.

A mis abuelitos Marcial Leiva y Victoria Marlo, los mejores; por traer sabiduría, respeto, arte y alegría a mi vida. Por acogerme como un hijo más y formarme en el camino del bien.

A mi tío Roger Alex, mi padre Marcial, mi hermano Jhan Marco, mi hermano Jherin Omar y mi hermana Leydi, quienes me apoyaron en cada una de mis metas, y al a ves, representan en mi vida, enseñanza y motivación.

A mis amigos y compañeros por las anécdotas compartidas, el respeto y consideración mutua.

*Edwar Carranza.*

## **AGRADECIMIENTO**

Le doy gracias a Dios por darme la vida y por permitirme estar junto a mi familia y amigos.

A mi Alma Mater: Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ingeniería, y en especial a la honorable Escuela Profesional de Ingeniería Geológica por la oportunidad de formar parte de su legado y convertirme en un profesional de la Ingeniería Geológica.

A mi asesor el Dr. Segundo Reinaldo Rodríguez Cruzado, por el tiempo dedicado, la guía técnica y profesional en la Ingeniería Geológica, brindados para la culminación de la presente tesis.

A todos mis maestros entre ellos el Dr. Zenón Quispe Mamani, Dr. Alejandro Lagos Manrique, MS.c. Roberto Gonzales Yana, MS.c. Víctor Arapa Vilca, Ing. Filadelfio Mejía Cruzado, Ing. Percy Luis Torres García.

Gracias a todos.

*Edwar Carranza.*

## ÍNDICE GENERAL

|   | Pág. |
|---|------|
| DEDICATORIA.....                                    | ii   |
| AGRADECIMIENTO.....                                 | iii  |
| ÍNDICE GENERAL.....                                 | iv   |
| ÍNDICE DE TABLAS.....                               | vii  |
| ÍNDICE DE FIGURAS.....                              | viii |
| ÍNDICE DE FOTOS.....                                | x    |
| LISTA DE ABREVIATURAS.....                          | xi   |
| RESUMEN.....  | xiii |
| ABSTRACT.....                                       | xiv  |
| <br>  |      |
| CAPÍTULO I.....                                     | 1    |
| INTRODUCCIÓN.....                                   | 1    |
| <br>  |      |
| CAPÍTULO II.....                                    | 3    |
| MARCO TEÓRICO.....                                  | 3    |
| 2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN..... | 3    |
| 2.1.1. Internacionales.....                         | 3    |
| 2.1.2. Nacionales.....                              | 4    |
| 2.1.3. Locales.....                                 | 4    |
| 2.2. BASES TEÓRICAS.....                            | 5    |
| 2.2.1. Geodinámica.....                             | 5    |
| 2.2.2. Laderas y taludes.....                       | 5    |
| 2.2.3. Deslizamientos.....                          | 7    |
| 2.2.4. Caracterización de los movimientos.....      | 12   |
| 2.2.5. Peligros e inestabilidad.....                | 15   |
| 2.2.6. Precipitación.....                           | 17   |
| 2.2.7. Sismicidad.....                              | 18   |
| 2.2.8. Mecánica de suelos.....                      | 19   |
| 2.2.9. Parámetros característicos del suelo.....    | 24   |
| 2.2.10. Análisis de Inestabilidad.....              | 25   |
| 2.2.11. Método del Límite de Equilibrio (MLE).....  | 25   |
| 2.2.12. Factor de Seguridad.....                    | 27   |

|   | Pág. |
|---|------|
| 2.2.13. Software Slide .....                                | 28   |
| 2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS .....                   | 28   |
| <br>  |      |
| CAPÍTULO III .....  | 29   |
| MATERIALES Y MÉTODOS.....                                   | 29   |
| 3.1. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....                    | 29   |
| 3.1.1. Geográfica .....                                     | 29   |
| 3.1.2. Política.....  | 29   |
| 3.1.3. Accesibilidad .....                                  | 29   |
| 3.1.4. Extensión .....                                      | 30   |
| 3.1.5. Clima y vegetación.....                              | 30   |
| 3.2. METODOLOGÍA .....                                      | 30   |
| 3.2.1. Tipo y diseño de la investigación .....              | 30   |
| 3.2.2. Población de estudio.....                            | 31   |
| 3.2.3. Muestra.....   | 31   |
| 3.2.4. Unidad de análisis .....                             | 31   |
| 3.2.5. Definición de variables.....                         | 31   |
| 3.2.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos..... | 31   |
| 3.3. FASES DE INVESTIGACIÓN.....                            | 34   |
| 3.3.1. Recopilación de Datos.....                           | 34   |
| 3.3.2. Fase de campo .....                                  | 34   |
| 3.3.3. Fase de análisis e interpretación .....              | 35   |
| 3.3.4. Elaboración del informe .....                        | 35   |
| 3.4. ESTRATIGRAFÍA.....                                     | 35   |
| 3.4.1. Formación Cajamarca (Ks-ca).....                     | 36   |
| 3.4.2. Formación Celendín (Ks-ce) .....                     | 37   |
| 3.4.3. Formación Chota (Pe-cho) .....                       | 39   |
| 3.4.4. Volcánico Huambos (Nm-hu) .....                      | 40   |
| 3.4.5. Depósitos Cuaternarios.....                          | 41   |
| 3.5. UNIDADES MORFOGENÉTICAS .....                          | 42   |
| 3.5.1. Planicies.....                                       | 43   |
| 3.5.2. Lomadas .....  | 44   |
| 3.5.3. Laderas .....  | 44   |

|   | Pág.   |
|---|--------|
| 3.5.4. Escarpas.....  | 44     |
| 3.6. GEOLOGIA ESTRUCTURAL.....  | 47     |
| 3.6.1. Plegamientos .....   | 47     |
| 3.6.2. Fallas .....   | 47     |
| 3.7. GEODINÁMICA .....  | 48     |
| 3.7.1. Deslizamiento N° 1 (Dz N° 1).....  | 48     |
| 3.7.2. Deslizamiento N° 2 (Dz N° 2).....  | 49     |
| 3.7.3. Paleodeslizamiento N° 3 (P-Dz N° 3).....   | 50     |
| 3.8. ANÁLISIS GEOMECÁNICO .....   | 55     |
| 3.9. HIDROLOGÍA.....  | 57     |
| 3.9.1. Transposición de datos de precipitaciones de la Estación Bambamarca a<br>la Zona Frutillo Bajo ..... | 57     |
| 3.9.2. Escurrimiento e Infiltración.....  | 63     |
| 3.10. SISMICIDAD.....   | 65     |
| 3.11. ANÁLISIS DE INESTABILIDAD.....  | 65     |
| 3.11.1. Análisis Estático .....   | 65     |
| 3.11.2. Análisis Seudoestático.....   | 73     |
| <br>CAPÍTULO IV .....   | <br>80 |
| ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....  | 80     |
| 4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS .....   | 80     |
| 4.2. CONTRASTACION DE LA HIPÓTESIS.....   | 86     |
| <br>CAPÍTULO V .....  | <br>87 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....  | 87     |
| 5.1. CONCLUSIONES.....  | 87     |
| 5.2. RECOMENDACIONES .....  | 88     |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....  | 89     |
| <br>ANEXOS.....   | <br>92 |
| A. ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS.....   | 92     |
| B. PLANOS TEMÁTICOS.....  | 92     |
| C. COLUMNA ESTRATIGRÁFICA LOCAL .....   | 92     |

## ÍNDICE DE TABLAS

|           | Pág.  |
|-----------|---|
| Tabla 1.  | Clasificación de velocidades y tipo de daños. .... 17   |
| Tabla 2.  | Valores del factor Z por Zona Sísmica en el territorio peruano. .... 19   |
| Tabla 3.  | Límites de separación de tamaño de suelo..... 20  |
| Tabla 4.  | Sistema unificado de clasificación de suelos..... 23  |
| Tabla 5.  | Parámetros característicos del suelo basados en ensayos granulométricos. .... 24  |
| Tabla 6.  | Métodos de análisis de inestabilidad de taludes. .... 27  |
| Tabla 7.  | Accesibilidad al área de estudio. .... 29   |
| Tabla 8.  | Coordenadas del área de estudio..... 30   |
| Tabla 9.  | Variables independientes y dependientes en la investigación. .... 31  |
| Tabla 10. | Registro de recolección de datos para deslizamientos..... 32  |
| Tabla 11. | Descripción macroscópica de rocas de la Formación Celendín - Marga..... 38  |
| Tabla 12. | Descripción macroscópica de rocas de la Formación Celendín - Arcillita. .... 38   |
| Tabla 13. | Descripción macroscópica de rocas de la Formación Chota. .... 39  |
| Tabla 14. | Descripción macroscópica de rocas del Volcánico Huambos. .... 41  |
| Tabla 15. | Clasificación para Unidades Morfogénicas en la zona de investigación. .... 46   |
| Tabla 16. | Registro de recolección de datos para el deslizamiento N° 1..... 52   |
| Tabla 17. | Registro de recolección de datos para el deslizamiento N° 2..... 53   |
| Tabla 18. | Registro de recolección de datos para el deslizamiento N° 3..... 54   |
| Tabla 19. | Ensayos de laboratorio realizados para cada estación geomecánica. .... 55   |
| Tabla 20. | Cálculo de capacidad portante admisible en el estudio de asentamiento y<br>deslizamiento en la ciudad de Bambamarca. .... 56  |
| Tabla 21. | Parámetros geomecánicos de los materiales en los puntos de control..... 57  |
| Tabla 22. | Cálculo del factor de transposición de precipitaciones..... 58  |
| Tabla 23. | Datos de precipitación recogidos en la Estación Bambamarca. .... 59   |
| Tabla 24. | Datos de precipitación transpuestos a la Zona Frutillo Bajo. .... 59  |
| Tabla 25. | Análisis estadístico de precipitación transpuestos y cálculo de la Línea de<br>Precipitación Referencial Conservadora..... 60 |
| Tabla 26. | Balance hidrológico. .... 64  |
| Tabla 27. | Factores de Seguridad en Condiciones Estáticas..... 72  |
| Tabla 28. | Factores de Seguridad en Condiciones Seudoestáticas..... 79   |
| Tabla 29. | Extensión de Unidades Morfogénicas en la zona de investigación. .... 80   |
| Tabla 30. | Principales características de los deslizamientos en la zona de estudio. .... 81  |
| Tabla 31. | Análisis de precipitación totalizado por ciclo..... 82  |
| Tabla 32. | Análisis de precipitación en los meses de Octubre a Abril..... 83   |
| Tabla 33. | Factores de Seguridad en Condiciones Estáticas y Seudoestáticas. .... 85  |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  | Pág. |
|--|------|
| Figura 1. Nomenclatura de taludes y laderas. ....  | 6    |
| Figura 2. Nomenclatura de las diferentes partes que conforman un deslizamiento. ....   | 9    |
| Figura 3. Dimensiones de los movimientos en masa. ....   | 10   |
| Figura 4. Deslizamiento rotacional en una ladera. ....   | 11   |
| Figura 5. Deslizamiento de traslación. ....  | 11   |
| Figura 6. Deslizamiento compuesto, que inicia en el suelo residual (menos resistente),<br>profundiza hasta el saprolito (más resistente) y sigue la discontinuidad. .... | 12   |
| Figura 7. Clasificación de movimientos de acuerdo al estado de actividad. ....   | 14   |
| Figura 8. Velocidad de acuerdo al tipo de movimiento. ....   | 17   |
| Figura 9. Zonificación sísmica del territorio peruano. ....  | 19   |
| Figura 10. Curva de distribución de tamaño de partícula. ....  | 21   |
| Figura 11. Límites de Atterberg. ....  | 21   |
| Figura 12. Carta de Plasticidad. ....  | 22   |
| Figura 13. Esquema general de fuerzas que actúan sobre una dovela en los métodos de<br>dovelas. ....   | 26   |
| Figura 14. Esquema general de fuerzas que actúan sobre las dovelas en el MLE. ....   | 26   |
| Figura 15. Clasificación para Unidades Morfogénicas. ....  | 43   |
| Figura 16. Representación de las curvas de precipitación anual mensualizadas<br>2017 - 2020. ....  | 61   |
| Figura 17. Representación de las curvas de precipitación anual mensualizadas<br>2020 - 2023. ....  | 62   |
| Figura 18. Sección Geológica AA´ en Tensiones Totales (TT). ....   | 66   |
| Figura 19. Sección Geológica BB´ en Tensiones Totales (TT). ....   | 66   |
| Figura 20. Sección Geológica CC´ en Tensiones Totales (TT). ....   | 67   |
| Figura 21. Sección Geológica DD´ en Tensiones Totales (TT). ....   | 67   |
| Figura 22. Sección Geológica AA´ en Tensiones Efectivas con Saturación Parcial<br>(TEsp). ....   | 68   |
| Figura 23. Sección Geológica BB´ en Tensiones Efectivas con Saturación Parcial<br>(TEsp). ....   | 68   |
| Figura 24. Sección Geológica CC´ en Tensiones Efectivas con Saturación Parcial<br>(TEsp). ....   | 69   |
| Figura 25. Sección Geológica DD´ en Tensiones Efectivas con Saturación Parcial<br>(TEsp). ....   | 69   |
| Figura 26. Sección Geológica AA´ en Tensiones Efectivas con Saturación Total (TEst). ....  | 70   |
| Figura 27. Sección Geológica BB´ en Tensiones Efectivas con Saturación Total (TEst). ....  | 70   |

|   | Pág. |
|---|------|
| Figura 28. Sección Geológica CC' en Tensiones Efectivas con Saturación Total (TEst). .....        | 71   |
| Figura 29. Sección Geológica DD' en Tensiones Efectivas con Saturación Total (TEst). .....        | 71   |
| Figura 30. Sección Geológica AA' en Tensiones Totales más Sismicidad (TT + S). .....              | 73   |
| Figura 31. Sección Geológica BB' en Tensiones Totales más Sismicidad (TT + S). .....              | 73   |
| Figura 32. Sección Geológica CC' en Tensiones Totales más Sismicidad (TT + S). .....              | 74   |
| Figura 33. Sección Geológica DD' en Tensiones Totales más Sismicidad (TT + S). .....              | 74   |
| Figura 34. Sección Geológica AA' en TE con Saturación Parcial más Sismicidad<br>(TEsp + S). ..... | 75   |
| Figura 35. Sección Geológica BB' en TE con Saturación Parcial más Sismicidad<br>(TEsp + S). ..... | 75   |
| Figura 36. Sección Geológica CC' en TE con Saturación Parcial más Sismicidad<br>(TEsp + S). ..... | 76   |
| Figura 37. Sección Geológica DD' en TE con Saturación Parcial más Sismicidad<br>(TEsp + S). ..... | 76   |
| Figura 38. Sección Geológica AA' en TE con Saturación Total más Sismicidad<br>(TEst + S). .....   | 77   |
| Figura 39. Sección Geológica BB' en TE con Saturación Total más Sismicidad<br>(TEst + S). .....   | 77   |
| Figura 40. Sección Geológica CC' en TE con Saturación Total más Sismicidad<br>(TEst + S). .....   | 78   |
| Figura 41. Sección Geológica DD' en TE con Saturación Total más Sismicidad<br>(TEst + S). .....   | 78   |

## ÍNDICE DE FOTOS

|   | Pág. |
|---|------|
| Foto 1. Laderas urbanas en el Centro Poblado Frutillo Bajo, en el distrito de Bambamarca. ....  | 7    |
| Foto 2. Afloramiento de las Formaciones Cajamarca, Celendín y el Volcánico Huambos, en la expansión urbana del distrito de Bambamarca. La foto de enfoque muestra una Toba Traquítica. .... | 36   |
| Foto 3. Estratos de caliza de la Formación Cajamarca. Azimut N353°/44°. (Este: 771751, Norte: 9259570).....   | 37   |
| Foto 4. Intercalación de margas y arcillitas altamente meteorizadas de la Formación Celendín. (Este: 772432, Norte: 9260368). ....  | 37   |
| Foto 5. Estratos de la Formación Chota, donde se observan areniscas y gravas sub redondeadas (Este: 774075, Norte: 9260326).....  | 40   |
| Foto 6. Afloramiento de tobas gris blanquecinas del Volcánico Huambos. ....   | 40   |
| Foto 7. Depósitos coluvio - aluviales en el Centro Poblado Frutillo Bajo (Este: 772671, Norte: 9259490).....  | 42   |
| Foto 8. Planicie en depósitos cuaternarios. (Este: 772750, Norte: 9260277). ....  | 43   |
| Foto 9. Lomada en depósitos cuaternarios, ubicada entre el Estadio Municipal y la carretera Bambamarca - Cajamarca. (Este: 772673, Norte: 9260085). ....                                    | 44   |
| Foto 10. Laderas en Zona de Expansión Urbana al S de la ciudad de Bambamarca, entre el Coso Taurino y el paradero El Tambo (Este: 773860, Norte: 9259904). ....                             | 45   |
| Foto 11. Escarpas en el Volcánico Huambos, se observa dos deslizamientos con dirección de flujo Oeste - Este, hacia el río Llaucano (Este: 774460, Norte: 9259402).....                     | 45   |
| Foto 12. Fallas normales en areniscas de la Formación Chota (Este: 774065, Norte: 9260325).....   | 48   |
| Foto 13. Deslizamiento rotacional progresivo y retrogresivo sobre el Volcánico Huambos. ....  | 49   |
| Foto 14. Deslizamiento rotacional sobre el Volcánico Huambos. ....  | 50   |
| Foto 15. Paleodeslizamiento rotacional sobre el Volcánico Huambos y viviendas construidas sobre el cuerpo principal del paleodeslizamiento. ....  | 51   |

## LISTA DE ABREVIATURAS

|                 |  |
|-----------------|--|
| <b>Auh</b>      | : Área de las Unidades Hidrográficas                               |
| <b>ASTM</b>     | : Sociedad Americana para Pruebas y Materiales                     |
| <b>c</b>        | : Cohesión   |
| <b>CL</b>       | : Arcilla mal gradada con arena                                    |
| <b>Dd</b>       | : Profundidad de la masa desplazada                                |
| <b>Dr</b>       | : Profundidad de la superficie falla                               |
| <b>Ds</b>       | : Desviación estándar  |
| <b>Dz N° 1</b>  | : Deslizamiento N° 1   |
| <b>Dz N° 2</b>  | : Deslizamiento N° 2   |
| <b>Dz N° 3</b>  | : Deslizamiento N° 3   |
| <b>Dz</b>       | : Deslizamiento  |
| <b>EG</b>       | : Estación Geomecánica   |
| <b>F</b>        | : Infiltración   |
| <b>FS</b>       | : Factor de seguridad con respecto a la resistencia                |
| <b>Ft</b>       | : Factor de Transposición  |
| <b>GPS</b>      | : Sistema de Posicionamiento Global                                |
| <b>H</b>        | : Altura   |
| <b>IAEG</b>     | : Asociación Internacional de Ingeniería Geología y Medio Ambiente |
| <b>INDECI</b>   | : Instituto Nacional de Defensa Civil                              |
| <b>INGEMMET</b> | : Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico                        |
| <b>kN</b>       | : Kilonewton   |
| <b>L</b>        | : Longitud total   |
| <b>Lc</b>       | : Longitud de la línea central                                     |
| <b>LL</b>       | : Límite líquido   |
| <b>LP</b>       | : Límite plástico  |
| <b>LPRC</b>     | : Línea de Precipitación Referencial Conservadora                  |
| <b>Lr</b>       | : Longitud de la superficie falla                                  |
| <b>MDE</b>      | : Modelo Digital de Elevaciones                                    |
| <b>mm</b>       | : Milímetros   |
| <b>MMC</b>      | : Millones de Metros Cúbicos                                       |
| <b>MVCS</b>     | : Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento               |
| <b>NE</b>       | : Noreste  |

|                 |  |
|-----------------|--|
| <b>O</b>        | : Oeste  |
| <b>Pág.</b>     | : Página   |
| <b>P-Dz</b>     | : Paleodeslizamiento   |
| <b>Pe</b>       | : Precipitación efectiva   |
| <b>PI</b>       | : Índice de Plasticidad  |
| <b>PP</b>       | : Precipitación total  |
| <b>RNE</b>      | : Reglamento Nacional de Edificaciones   |
| <b>SC - CM</b>  | : Arena limo arcillosa   |
| <b>SENAMHI</b>  | : Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú                                |
| <b>SO</b>       | : Suroeste   |
| <b>SUCS</b>     | : Sistema Unificado de Clasificación de Suelos   |
| <b>TEsp + S</b> | : Tensiones Efectivas con Saturación Parcial más Sismicidad                              |
| <b>TEsp</b>     | : Tensiones Efectivas con Saturación Parcial   |
| <b>TEst + S</b> | : Tensiones Efectivas con Saturación Total más Sismicidad                                |
| <b>TEst</b>     | : Tensiones Efectivas con Saturación Total   |
| <b>TT + S</b>   | : Tensiones Totales más Sismicidad   |
| <b>TT</b>       | : Tensiones Totales  |
| <b>UNESCO</b>   | : Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura         |
| <b>UTM</b>      | : Universal Transversal de Mercator  |
| <b>VF</b>       | : Volumen de infiltración  |
| <b>Wd</b>       | : Ancho de la masa desplazada  |
| <b>WGS - 84</b> | : World Geodetic System 1984 (Sistema Geodésico Mundial 1984)                            |
| <b>Wr</b>       | : Ancho de la superficie de falla  |
| $\gamma$        | : Peso específico seco   |
| $\gamma_{sat}$  | : Peso específico saturado   |
| $\tau_d$        | : Resistencia media del suelo al corte   |
| $\tau_f$        | : Esfuerzo cortante promedio desarrollado a lo largo de la superficie potencial de falla |
| $\phi$          | : Ángulo de Fricción interna   |

## RESUMEN

La investigación se desarrolló en la Zona de Expansión Urbana, en el Centro Poblado Frutillo Bajo, Distrito de Bambamarca; donde afloran las Formaciones Cajamarca, Celendín, Chota, el Volcánico Huambos, y depósitos cuaternarios coluvio - aluviales; formando laderas y taludes que se ven afectados por eventos geodinámicos, donde intervienen factores internos y externos. El objetivo fue realizar el análisis geológico - geotécnico de taludes y laderas en la expansión urbana; realizándose el cartografiado geológico, la clasificación de unidades morfogénicas, el análisis de parámetros geomecánicos, el análisis de precipitación, infiltración y sismicidad, y finalmente determinándose las condiciones de inestabilidad con el software Slide. Se calculó los Factores de Seguridad en las Secciones AA', BB', CC', y DD' en Condiciones Estáticas y Seudoestáticas; considerando para cada condición las Tensiones Totales (TT), Tensiones Efectivas con Saturación Parcial (TEsp) y Tensiones Efectivas con Saturación Total (TEst). Resultando que AA' y BB' son las secciones más estables con FS entre 1.145 - 2.427, siendo inestables únicamente en TEsp+S y TEst+S; CC' es inestable en TT+S, TEsp+S y TEst+S, con FS entre 0.480 - 0.937; y DD' es la sección más crítica, siendo inestable en TEst, TT+S, TEsp+S y TEst+S, con FS entre 0.386 - 0.750. El análisis de inestabilidad demuestra que la infiltración de aguas pluviales y la sismicidad son las variables detonantes que disminuyen la resistencia de los materiales en la cohesión y ángulo de fricción interna; y por lo tanto son responsables de la ocurrencia de deslizamientos.

**Palabras claves:** Deslizamiento rotacional, movimientos de masa, precipitación, infiltración, sismicidad, inestabilidad de laderas.

## ABSTRACT

The research was developed in the Urban Expansion Zone, in the Frutillo Bajo Village Center, District of Bambamarca; where the Cajamarca, Celendín and Chota Formations, the Huambos Volcanic, and Quaternary colluvial-alluvial deposits outcrop; forming slopes and slopes that are affected by geodynamic events, where internal and external factors intervene. The objective was to carry out the geological-geotechnical analysis of slopes and hillsides in the urban expansion; performing the geological mapping, the classification of morphogenetic units, the analysis of geomechanical parameters, the analysis of precipitation, infiltration and seismicity, and finally the instability conditions were determined with the Slide software. Safety Factors were calculated for Sections AA', BB', CC', and DD' in Static and Pseudo-Static Conditions; considering for each condition the Total Stresses (TT), Effective Stresses with Partial Saturation (TEsp) and Effective Stresses with Total Saturation (TEst). Resulting in AA' and BB' being the most stable sections with FS between 1.145 - 2.427, being unstable only in TEsp+S and TEst+S; CC' is unstable TT+S, TEsp+S and TEst+S, with FS between 0.480 - 0.937; and DD' is the most critical section, being unstable in TEst, TT+S, TEsp+S and TEst+S, with FS between 0.386 - 0.750. The instability analysis shows that rainwater infiltration and seismicity are the triggering variables that decrease the resistance of the materials in terms of cohesion and angle of internal friction; and therefore are responsible for the occurrence of landslides.

**Key words:** Rotational landslide, mass movements, precipitation, infiltration, seismicity, slope instability.

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

Los deslizamientos son uno de los procesos geológicos más destructivos que producen cambios en la morfología del terreno, daños ambientales y daños en obras de infraestructura económica. A estos procesos naturales, se suma la ocupación urbana en la morfología accidentada propia de la Cordillera Occidental de los Andes, donde las planicies no son suficientes espacialmente para el crecimiento urbano, dando lugar a urbanizaciones informales en lomadas y laderas, que representan un riesgo latente para las personas y la infraestructura.

La ciudad de Bambamarca, actualmente tiene crecimiento urbanístico en el Centro Poblado Frutillo Bajo y alrededores, donde la infraestructura económica se cimenta principalmente sobre el Volcánico Huambos, conformada por flujos piroclásticos de tobas andesíticas y traquíticas, y depósitos cuaternarios coluvio - aluviales, constituidos por gravas, arenas y arcillas. Se evidencian condiciones de inestabilidad en laderas y taludes debido a las condiciones de su conformación geológico - estructural; es decir, las características estructurales, morfogenéticas, geomecánicas y las condiciones climáticas; implicando el movimiento de sedimentos no consolidados, materiales sueltos y altamente meteorizados. En periodos estacionales donde se activan los agentes desencadenantes, como la precipitación, infiltración y la actividad sísmica, es probable la ocurrencia de movimientos en masa, causando impactos en la infraestructura económica, dando lugar a la pérdida de áreas para la expansión urbana.

Por lo que se formula la pregunta ¿La inestabilidad geotécnica de laderas y taludes en la Zona de Expansión Urbana del Centro Poblado Frutillo Bajo, del distrito de Bambamarca, se origina debido a los agentes desencadenantes como precipitación, infiltración y sismicidad?; por tanto, se plantea como hipótesis que estas variables de precipitación, infiltración y sismicidad alteran las condiciones morfogenéticas, geoestructurales, y geomecánicas; causando la inestabilidad geotécnica de laderas y taludes en Zonas de Expansión Urbana en el Centro Poblado Frutillo Bajo, distrito de Bambamarca.

La investigación se justifica en la importancia de llevar a cabo un análisis geológico - geotécnico de laderas y taludes en Zonas de Expansión Urbana en el Centro Poblado Frutillo Bajo; y proporcionar información técnica para las autoridades a nivel distrital, provincial y regional, con el fin de respaldar la formulación o actualización de políticas de ordenamiento territorial y expansión urbana. Esta información será fundamental para implementar medidas preventivas, como planes de contingencia ante desastres naturales, sistemas de alerta temprana, planes de gestión de riesgos y la elaboración de mapas de riesgos. Asimismo, este estudio sentará las bases para investigaciones futuras en geodinámica, evaluación del peligro y riesgo en Zonas de Expansión Urbana.

El objetivo principal es realizar el análisis geológico - geotécnico de laderas y taludes en Zonas de Expansión Urbana en el Centro Poblado Frutillo Bajo, distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, departamento Cajamarca. En ese sentido, se requiere cartografiar las unidades litomorfoestructurales en planos temáticos a partir de imágenes satelitales, identificar áreas críticas de inestabilidad geotécnica en suelos y rocas, realizar la caracterización geomecánica de las áreas críticas, analizar las variables de precipitación, infiltración y sismicidad, calcular los Factores de Seguridad en los puntos de control, y finalmente elaborar el plano de la zonificación geotécnica.

Como descripción de contenidos de los capítulos se tiene:

Capítulo I, corresponde a la Introducción, donde se describe un panorama general de los deslizamientos en la expansión urbana, se plantea, formula y describe el problema, la justificación, el alcance, el objetivo principal y los objetivos específicos. Capítulo II, corresponde al Marco Teórico, donde se presentan los antecedentes internacionales, nacionales y locales, las bases teóricas que servirán de apoyo en la investigación y finalmente se definen los términos básicos intervinientes. En el Capítulo III, materiales y métodos, se describe el contexto espacial y climático, los procedimientos, la metodología, la identificación de variables, las técnicas e instrumentos de recolección de datos y los equipos utilizados. En el capítulo IV, análisis y discusión de resultados, se discuten los antecedentes teóricos con los resultados de la investigación y se plantea la contrastación de hipótesis. Finalmente, en el capítulo V presentamos las conclusiones y recomendaciones de acuerdo a los objetivos inicialmente planteados.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **2.1.1. Internacionales**

Benavides (2019). En su investigación denominada: “Propuesta metodológica para la zonificación de peligrosidad por movimientos en masa en cuencas intramontanas: caso ciudad de Loja”; define la zonificación de peligrosidad considerando las variables: saturación, litología, pendientes, uso de suelo, densidad relativa, permeabilidad, estructuras geológicas y precipitación; mediante los sistemas de información geográfica y el álgebra de mapas.

Sequeira - Arguedas (2020). En su investigación: “Geología, geomorfología y ocurrencia de deslizamientos en la cuenca alta del Río Virilla, Costa Rica”; determina la susceptibilidad al deslizamiento y realiza la evaluación probabilística de estabilidad en la ladera, utilizando el método Mora - Vahrson modificado y Probabilistic Infinite Slope Analysis (PISA), considerando diversos escenarios sísmicos y de saturación de suelos. Así concluye que existe congruencia entre el mapa de zonificación ante amenazas geológicas y las zonas de mayor estabilidad en la cuenca; sin embargo, considera que pueden verse afectadas en el futuro, ante sismos cercanos y eventos hidrometeorológicos extraordinarios; además recomienda conservar la cobertura forestal para disminuir el potencial erosivo por escorrentía.

Jiménez (2017). En su investigación: “Habitando la ladera: Articulación espacial para la consolidación urbana, Manizales. Comuna 10 y centro”, explica las políticas, estrategias y el Plan de Ordenamiento Territorial, teniendo como base de desarrollo, la gestión del riesgo, los planes ambientales, la movilidad y el espacio público; todo esto, en el espacio físico conformado por laderas. Además, considera que la investigación geotécnica

es importante para la implementación de planes de contingencia, sistema de alerta temprano, planes de gestión del riesgo y mapas de riesgo.

### **2.1.2. Nacionales**

Medina y Gómez (2022). En el informe técnico: “Evaluación de peligro geológico por deslizamiento en el sector Lacsacocha. Distrito Huantar, provincia Huari, departamento Ancash”; concluyen que, los factores que condicionan la ocurrencia del deslizamiento corresponden a la litología, movimientos en masa antiguos y activos, topografía; sumado a la infiltración de agua acumuladas en periodos lluviosos, provocando sobresaturación y pérdida de cohesión; determinando que el deslizamiento se encuentra en proceso de activación y las áreas aledañas, se consideran como Zona Crítica y de Peligro Muy Alto.

Gómez (2017). En su investigación: “Evaluación geodinámica y modelamiento geotécnico del deslizamiento de madrigal - Arequipa”; analiza la inestabilidad del deslizamiento retrogresivo de tipo rotacional considerando investigaciones geotécnicas, y estudios geofísicos, por el método de elementos finitos en Condiciones Estáticas y Seudoestáticas, obteniendo factores de seguridad en promedio menores a 1, determinando la inestabilidad del 60% del área urbano - rural de Madrigal.

### **2.1.3. Locales**

Rodríguez (2016). En su investigación denominada: “Método de investigación geológico - geotécnico para el análisis de inestabilidad de laderas por deslizamientos zona Ronquillo - Corisorgona”; analiza el comportamiento geoestructural, morfogenético, geodinámico y geomecánico del macizo rocoso del Cretácico superior que presentan zonas inestables en la zona Ronquillo - Corisorgona.

Fuentes (2017). En su investigación: “Análisis geodinámico en los alrededores del poblado de Jesús”; realiza el análisis de inestabilidad en 9 puntos de control, considerando condiciones de estado normal, saturación 1, saturación 2, sismicidad máxima, y saturación 1 y sismicidad máxima, donde afirma que las variables detonantes son la precipitación y la sismicidad para la ocurrencia de los deslizamientos en rocas del Cretácico inferior.

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1. Geodinámica**

La geodinámica es una disciplina de las ciencias geológicas, que nos permite comprender como ocurren los fenómenos geodinámicos, cuáles son las causas y factores que los generan, las condiciones en que se desarrollan y los efectos sobre el planeta. Para explicar los factores que participan en el desarrollo de los fenómenos geodinámicos, la geodinámica se apoya en la geomorfología, hidrología, meteorología, tectónica, sedimentología, etc. La tierra desde sus inicios ha ido transformándose y evolucionando, debido a grandes fuerzas internas y externas. Las fuerzas internas dan lugar a los procesos geodinámicos endógenos, provocados por manifestaciones de la energía interna de la tierra, que crea nuevas estructuras y da origen a los fenómenos sísmicos, magmáticos y tectónicos; mientras que las fuerzas externas dan lugar a los procesos geodinámicos exógenos; éstos, están representados por fenómenos destructivos del relieve primigenio (deslizamientos, reptación de suelos, derrumbamientos, hundimientos y fenómenos de flujos hídricos), y ocurren por la interacción de la hidrosfera y/o atmósfera sobre la corteza terrestre, generando ciclos de erosión que desgastan y modelan la superficie, y ciclos de sedimentación que forman nuevas rocas. (Medina, 1991).

### **2.2.2. Laderas y taludes**

Suárez (2009), en su libro Deslizamientos - Volumen 1: Análisis Geotécnico, define: “Un talud o ladera como una masa de tierra que no es plana, sino que presenta una pendiente o cambios significativos de altura. En la literatura técnica se define como ladera cuando su conformación actual tuvo como origen un proceso natural, y talud cuando se conformó artificialmente”, criterio que se verifica en la Figura 1.

Considera que las laderas y/o taludes y sus procesos; además de ser estudiados por la geología, la geomorfología, la geotecnia, las ciencias del suelo, la hidrología, las ciencias forestales, etc.; tienen relación con otras disciplinas del conocimiento, tales como: la arquitectura, la planeación urbana, la ingeniería en todas sus especialidades, la agricultura, el turismo, entre otras; que consideran las laderas y/o taludes, sus efectos o implicaciones, dentro de su ámbito de estudio.

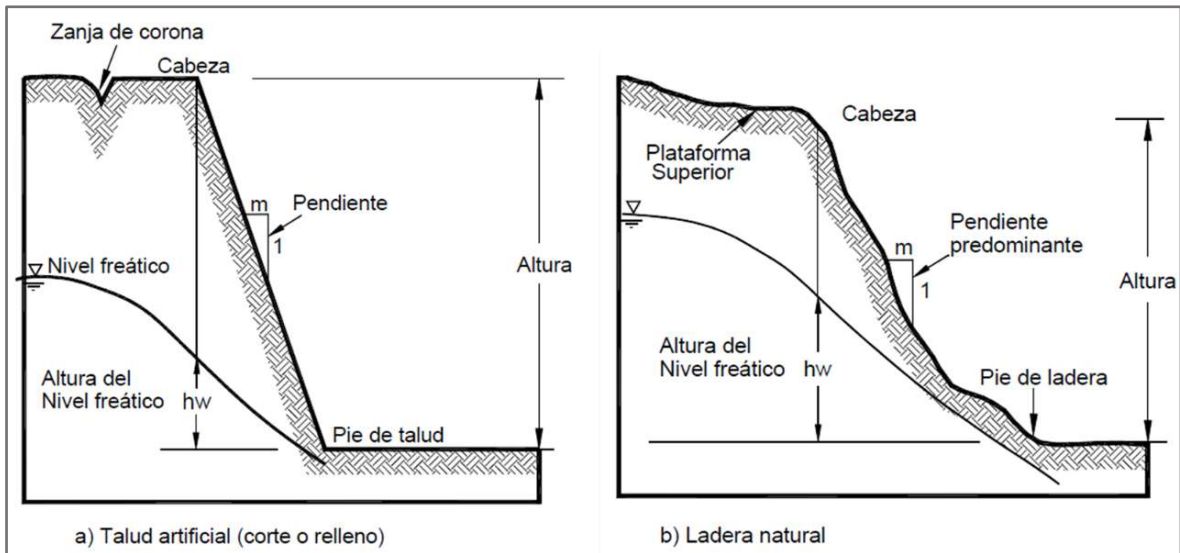


Figura 1. Nomenclatura de taludes y laderas.  
 Fuente: Tomado de Suárez, (2009).

Además, indica que: “las laderas o taludes que han permanecido estables por muchos años, pueden fallar debido a cambios topográficos, sísmicos, a los flujos de agua subterránea, a los cambios en la resistencia del suelo, la meteorización o a factores de tipo antrópico o natural que modifiquen su estado natural de estabilidad. Un talud estable puede convertirse en un deslizamiento”. En respuesta al probable problema, argumenta que los deslizamientos se pueden evitar, si se identifican a tiempo y si se realizan medidas de prevención o control.

#### 2.2.2.1. Laderas urbanas

Teniendo en cuenta que en la presente investigación, el área de estudio está conformada en gran parte por laderas, y que además es una Zona de Expansión Urbana; utilizamos el concepto de ladera urbana definido por Caballero (2011) en el estudio denominado: “El concepto de ladera urbana”, donde explica que una ladera urbana es: “la forma de ocupación del suelo sobre un accidente geográfico o una cadena de accidentes geográficos con declives, con un uso intensivo en vivienda, equipamiento urbano e infraestructura económica y social, susceptible de presentar movimientos de subsidencia o colapso por la incidencia y combinación de factores internos y externos, que constituye un riesgo de desastre para sus ocupantes y sus bienes de vida”

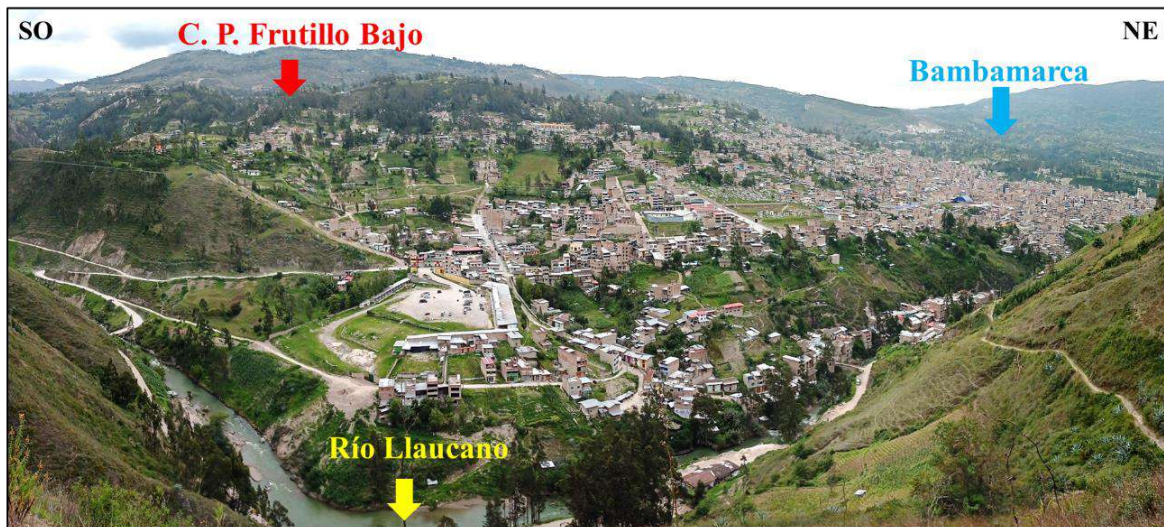


Foto 1. Laderas urbanas en el Centro Poblado Frutillo Bajo, en el distrito de Bambamarca.

### 2.2.3. Deslizamientos

Suárez (2009), argumenta que los movimientos ocurren generalmente a lo largo de las superficies de falla, por caída libre, movimientos en masa, erosión o flujos. Los fenómenos de inestabilidad incluyen, generalmente, una combinación de procesos erosionales y denudacionales interrelacionados entre sí y a menudo mezclados. Así, para definir a los deslizamientos cita a (Cruden 1991) indicando que: “los deslizamientos consisten en movimientos de masas de roca, residuos o tierra, hacia abajo de un talud”.

Chacón (2012), explica desde el punto de vista mecánico que los deslizamientos están relacionados con roturas del terreno dentro del dominio de comportamiento frágil de masas coherentes de suelos geotécnicos o macizos rocosos por el desplazamiento de la masa sobre una superficie plana, cilíndrica o compuesta, hacia la cara libre del talud o ladera, dando lugar a deslizamientos planares, rotacionales y compuestos.

Para poder comprender los tipos de deslizamientos es necesario conocer la nomenclatura para definir las partes principales y dimensiones de un deslizamiento típico. De acuerdo a lo anterior, para señalar las partes principales de un deslizamiento, se tendrá en cuenta las definidas por Suárez (2009), las cuáles se observan en la Figura 2, y se detallan a continuación:

**Cabeza.** Parte superior del material removido; sobre ésta se ubica la corona.

**Cima.** Es el punto más elevado de la cabeza y se ubica en el contacto entre el material removido y el escarpe principal.

**Corona.** Se refiere al material inalterado, ubicado sobre la cabeza, en la parte más alta del escarpe principal.

**Escarpe principal.** Superficie muy empinada proyectada hacia abajo, a partir de la corona, que se origina por el desplazamiento del material. La prolongación de esta superficie dentro del material da lugar a la superficie de la falla.

**Escarpe secundario.** Escarpes que se pueden formar por el desplazamiento diferencial dentro de la masa que se mueve.

**Superficie de falla.** Superficie que delimita el volumen removido y separa el material desplazado (por encima de la superficie de falla) y el material inalterado (por debajo de la superficie de falla. En algunos movimientos no se distingue la superficie de falla.

**Pie de la superficie de falla.** La línea que está conformada por la superficie original del terreno y la parte inferior de la superficie de falla.

**Base.** superficie cubierta por el material desplazado abajo del pie de falla.

**Punta o uña.** El punto del material desplazado más alejado de la cima.

**Cuerpo principal del deslizamiento.** Volumen de material desplazado sobre la superficie de falla.

**Superficie original del terreno.** La superficie que existía antes del fallamiento y desplazamiento del material.

**Costado o flanco.** Se refiere a un lado (derecho o izquierdo) del movimiento.

**Derecha e izquierda.** Se puede utilizar la orientación geográfica (Norte, Sur, Este, Oeste) para describir un deslizamiento; pero también se utilizan las palabras derecha e izquierda, con una perspectiva que va desde la corona hacia el pie.

Así también; Suárez (2009), utiliza la terminología recomendada por el IAEG (Asociación Internacional de Ingeniería Geología y Medio Ambiente), para designar las dimensiones de un deslizamiento, tal como se muestran en la Figura 3 y se describen a continuación:

**Ancho de la masa desplazada  $W_d$ .** Ancho máximo y perpendicular a la longitud  $L_d$ , de la masa desplazada.

**Ancho de la superficie de falla  $W_r$ .** Ancho máximo y perpendicular a la longitud  $L_r$ , entre los lados del deslizamiento.

**Longitud de la masa deslizada  $L_d$ .** Distancia mínima entre la cabeza y punta.

**Longitud de la superficie de falla  $L_r$ .** Distancia mínima desde la corona y el pie de la superficie de falla.

**Profundidad de la masa desplazada  $D_d$ .** Profundidad máxima y perpendicular al plano conformado por  $W_d$  y  $L_d$ , de la masa desplazada.

**Profundidad de la superficie de falla  $D_r$ .** Profundidad máxima y perpendicular a la superficie original del terreno, conformada por  $W_r$  y  $L_r$ .

**Longitud total  $L$ .** Distancia mínima del deslizamiento, que va desde la corona a la punta.

**Longitud de la línea central  $L_c$ .** Distancia del deslizamiento, que va desde la corona a la punta, a lo largo de los puntos ubicados sobre la superficie original y equidistantes de los bordes laterales o flancos.

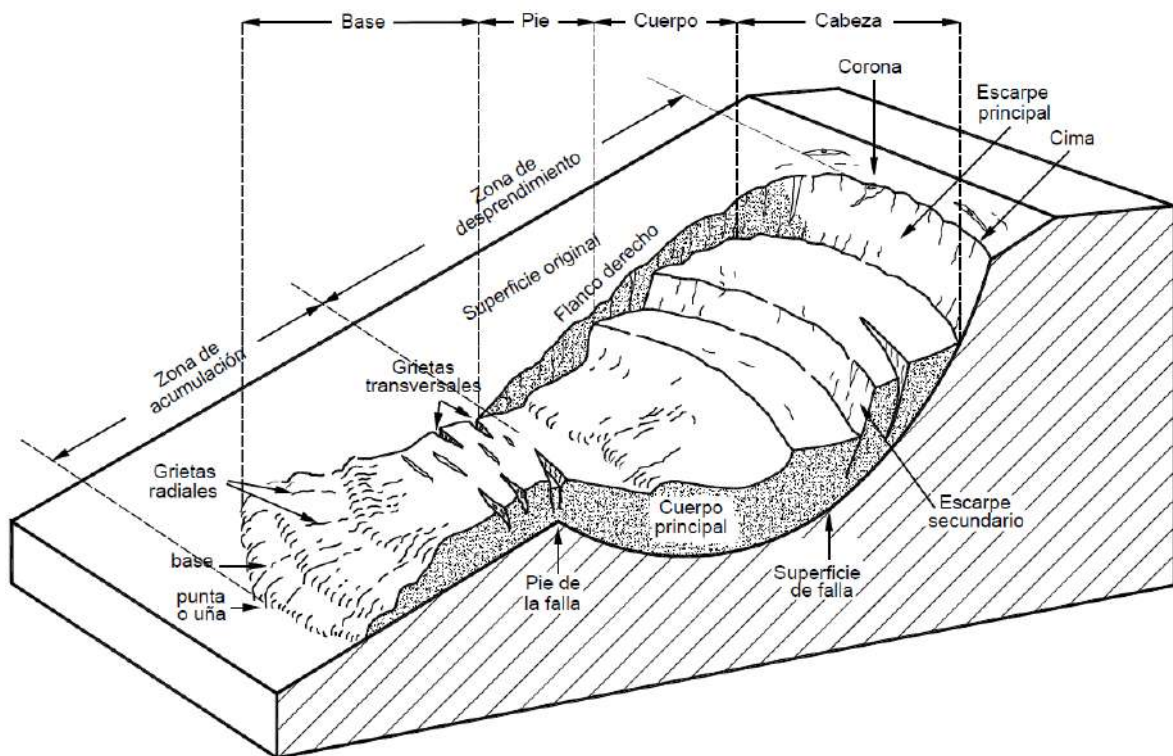


Figura 2. Nomenclatura de las diferentes partes que conforman un deslizamiento.

Fuente: Tomado de Suárez, (2009).

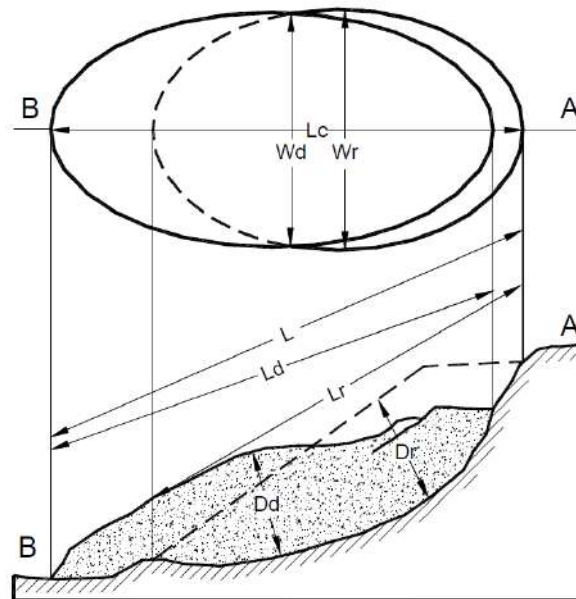


Figura 3. Dimensiones de los movimientos en masa.  
Fuente: Tomado de Suárez, (2009).

Los movimientos en masa se pueden dividir en deslizamientos rotacionales, deslizamientos traslacionales o planares y deslizamientos compuestos de rotación y traslación. Suárez (2009), considera que: “esta diferenciación es importante porque puede definir el sistema de análisis y el tipo de estabilización que se va a emplear”.

### 2.2.3.1. Deslizamiento Rotacional

Según Chacón (2012), en un deslizamiento rotacional, la superficie de falla viene determinada por la deformación de Formaciones homogéneas desde el punto de vista mecánico; es decir, si la resistencia de los materiales es invariable con la dirección del esfuerzo considerado, la rotura es igualmente isótropa y por lo tanto se dispone en la forma cilíndrica. Por otro lado, Suárez (2009) explica que: “en un desplazamiento rotacional, la superficie de falla es cóncava hacia arriba y el movimiento es rotacional con respecto al eje paralelo a la superficie y transversal al deslizamiento. El centro de giro se encuentra por encima del centro de gravedad del cuerpo del movimiento. Visto en planta, el deslizamiento de rotación posee una serie de agrietamientos concéntricos y cóncavos en la dirección del movimiento. El movimiento produce un área superior de hundimiento y otra inferior de deslizamiento, lo cual genera, comúnmente, flujos de materiales por debajo del pie del deslizamiento”.

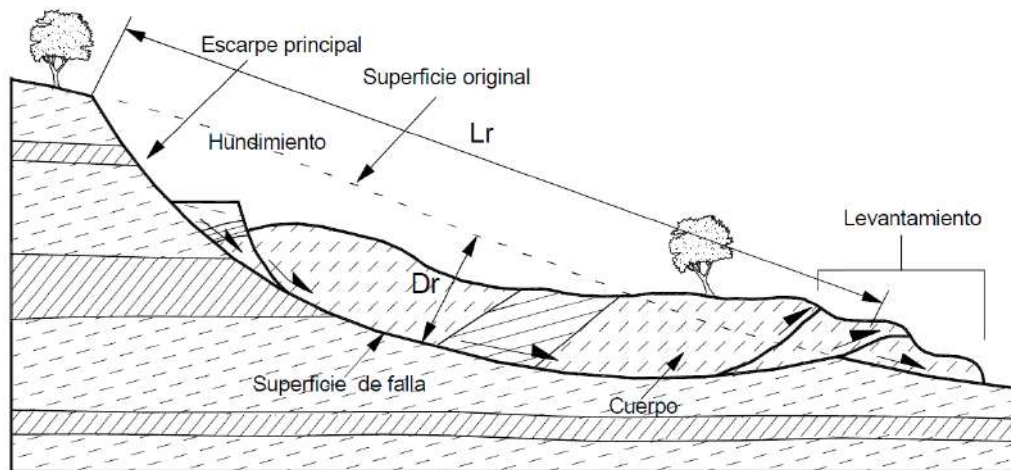


Figura 4. Deslizamiento rotacional en una ladera.  
Fuente: Tomado de Suárez, (2009).

### 2.2.3.2. Deslizamientos de Traslación

Suárez (2009), considera que: “en un desplazamiento de traslación, la masa se desliza hacia afuera o hacia abajo, a lo largo de una superficie más o menos plana o ligeramente ondulada y tiene muy poco o nada de movimiento de rotación o volteo”. Chacón (2012), explica que los deslizamientos de traslación se dan por la resistencia variable de las rocas, y que además la rotura será a través de las superficies menos resistentes.

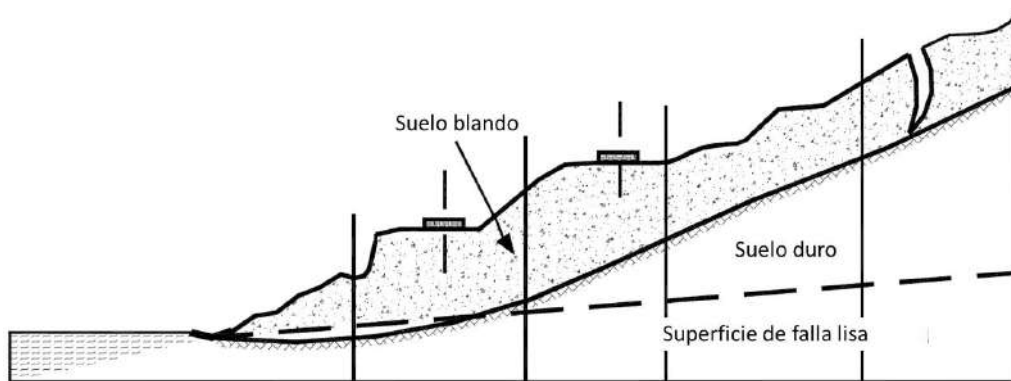


Figura 5. Deslizamiento de traslación.  
Fuente: Tomado de Suárez, (2009).

### 2.2.3.3. Deslizamientos Compuestos de Traslación y Rotación

Se consideran deslizamientos compuestos, cuando incluyen dentro del patrón de desplazamiento general, movimientos de traslación y de rotación. A estos movimientos

también se les pueden sumar hundimientos o extensiones laterales en forma conjunta. Suárez (2009).

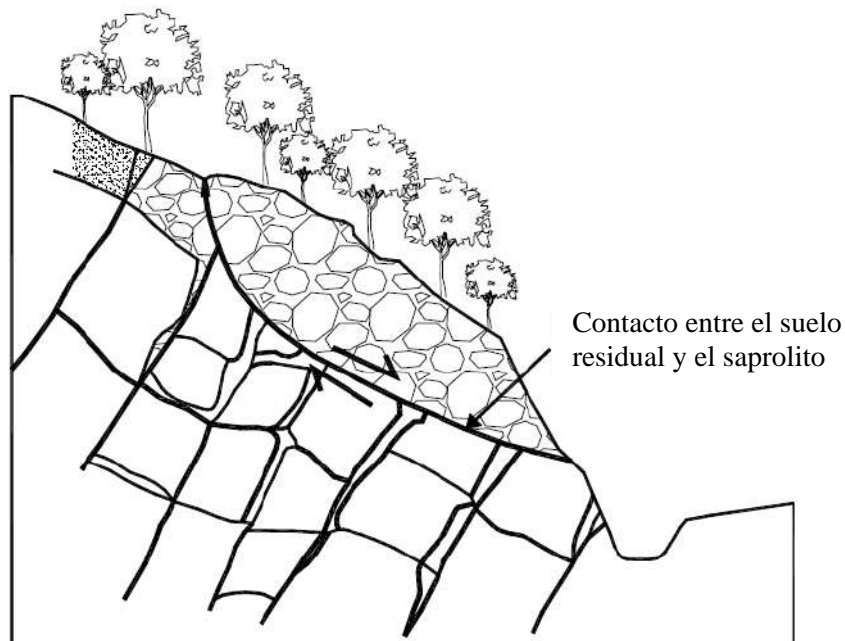


Figura 6. Deslizamiento compuesto, que inicia en el suelo residual (menos resistente), profundiza hasta el saprolito (más resistente) y sigue la discontinuidad.

Fuente: Tomado de Suárez, (2009).

#### 2.2.4. Caracterización de los movimientos

Suárez (2009), describe las características que tienen los movimientos con un patrón de desplazamiento general; respecto al tipo de material, humedad, estilo, estado de actividad y secuencia de repetición.

##### 2.2.4.1. Tipo de material

Se considera dos tipos de materiales que conforman las laderas y taludes.

*Rocas.* Referido a materiales duros y firmes que se encontraban en un lugar, previo a la iniciación del movimiento.

*Suelos.* Son materiales no consolidados resultado de los procesos de meteorización de rocas preexistentes, erosión, transporte y depositación de partículas (gravas, arenas, limos y arcillas).

#### 2.2.4.2. Humedad

*Seco.* No tiene indicios de humedad visible.

*Húmedo.* Contiene agua suficiente para comportarse como un sólido plástico, pero no como un líquido. No presenta agua corriente y libre.

*Mojado.* Contiene agua suficiente para comportarse en parte, como un líquido y presenta cantidades visibles de agua corriente y libre.

*Muy mojado.* Contiene suficiente agua para fluir como líquido, aún en pendientes bajas.

#### 2.2.4.3. Estilo

Referido a la aparición conjunta de diferentes tipos de movimiento en un deslizamiento.

*Complejo.* Es aquel que tiene al menos dos tipos de movimiento.

*Compuesto.* Es cuando ocurren simultáneamente varios tipos de movimiento en áreas diferentes de la masa desplazada.

*Múltiple.* Deslizamiento que muestra movimientos repetidos del mismo tipo, y que generalmente, va ampliando la superficie de falla.

*Sencillo.* Es aquel que tiene un solo tipo de movimiento.

#### 2.2.4.4. Estado de Actividad

*Activo.* Deslizamiento que tiene movimiento actualmente.

*Reactivado.* Es cuando se activa el movimiento en antiguas superficies de falla; es decir, después de haber estado inactivo.

*Suspendido.* Deslizamientos que, en los últimos ciclos estacionales han estado activos, pero que no se mueven en la actualidad.

*Inactivo.* Deslizamiento sin actividad durante varios ciclos estacionales.

*Dormido.* Deslizamiento inactivo; pero que, las causas del movimiento aparentemente están presentes.

*Abandonado.* Es cuando la causa del movimiento desaparece o deja de producirse. Por ejemplo, el caso de un río que cambió de curso y que estaba produciendo un deslizamiento.

*Estabilizado.* Movimiento suspendido por obras de ingeniería.

*Relicto.* Deslizamientos que ocurrieron probablemente hace miles de años.

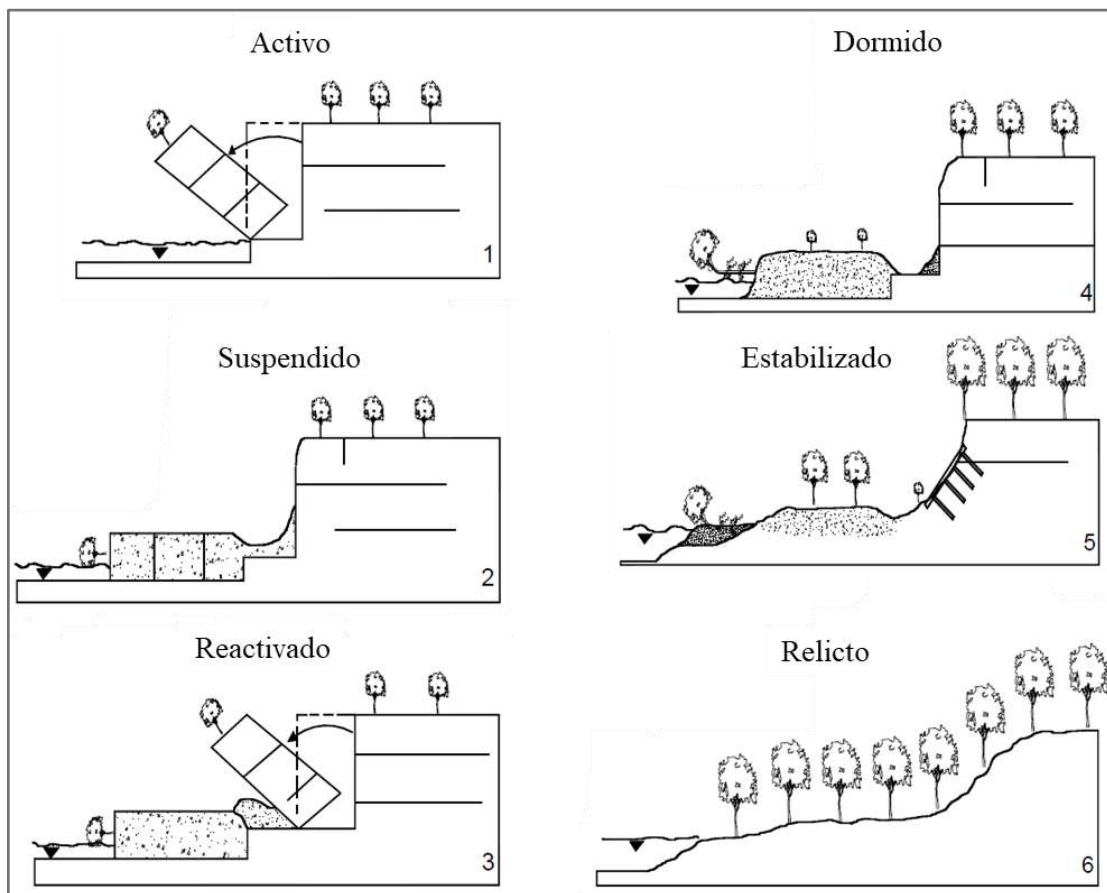


Figura 7. Clasificación de movimientos de acuerdo al estado de actividad.

Fuente: Tomado de Suárez (2009).

#### 2.2.4.5. Secuencia de Repetición

Se refiere a los movimientos que comienzan en un área local y progresan o se repiten en una determinada dirección.

*Progresivo.* La superficie de falla se extiende en la misma dirección del movimiento.

*Retrogresivo o sucesivo.* La superficie de falla se extiende en una dirección contraria al movimiento.

*Ampliándose.* La superficie de falla se extiende hacia una las márgenes laterales.

*Alargándose.* La superficie de falla se alarga sumando permanentemente volumen de material desplazado.

*Confinado.* Referido a los movimientos que tienen un escarpe visible, pero no es visible en el pie de la masa desplazada.

*Disminuyendo.* Referido a deslizamientos donde, al pasar del tiempo, el volumen de material disminuye.

### **2.2.5. Peligros e inestabilidad**

Santacana (2001) cita a Corominas (1992) e indica que la prevención es la mejor estrategia para reducir los impactos de los deslizamientos. En ese sentido, considera que el primer paso en la prevención del peligro que implica un deslizamiento, es la identificación y caracterización cartográfica, mediante la zonación del territorio, resultando mapas de susceptibilidad y peligrosidad, herramienta básica para la planificación del territorio, sobre todo, en zonas montañosas.

Rodríguez (2016) explica que: “el análisis del movimiento de las masas está ligado a los factores condicionantes y desencadenantes, variables que deben ser conocidas para evaluar el peligro de ocurrencia y las decisiones para mitigar o corregir el fenómeno”. Así también Santacana (2001) cita a Ferrer (1987) y precisa desde un punto de vista físico, que los deslizamientos se producen como resultado de los desequilibrios existentes entre las fuerzas que influyen en la inestabilidad de las laderas. Estas fuerzas conformadas por factores internos y externos, lo define de la siguiente manera:

#### **2.2.5.1. Factores internos**

Son los que condicionan los distintos tipos de deslizamiento, los modelos y mecanismos de rotura. Dentro de estos se encuentran:

*Características intrínsecas.* Relacionadas a su resistencia y las propiedades del material. Incluyen parámetros como la litología, textura (granulometría, cementación), consolidación, espesor de los materiales y parámetros estructurales relativos a planos de estratificación y de debilidad (diaclasas, fallas y fracturas).

*Características extrínsecas.* Asociadas a la morfología de la ladera (pendiente, disposición respecto a discontinuidades geológicas y la orientación) y condiciones ambientales (cambios estacionales de temperatura y tipo, y cambios en la vegetación). La pendiente del terreno, así como la morfología propia de la ladera es un factor y condicionante previo a partir del cual el resto de factores se combinarán influyendo en la inestabilidad.

#### 2.2.5.2. Factores externos

Son los que intervienen sobre el material y dan paso a modificaciones en las condiciones iniciales de las laderas (variaciones que ejercen en el estado de equilibrio), provocando o desencadenando las roturas (deslizamientos). Estos se dividen en tres acciones:

*La infiltración de agua.* Causa el incremento de la presión intersticial, reduciendo la resistencia de los materiales; influye en la variación del nivel freático; debiéndose principalmente a intensas precipitaciones.

*Las vibraciones.* Originadas por sismos que provocan aceleraciones en los materiales favoreciendo la rotura y la licuefacción.

*Las actividades humanas.* Referido a las cargas estáticas provocadas por construcciones de edificios, construcciones de taludes para vías de comunicación, que alteran el equilibrio de las laderas.

Desde la perspectiva de Suárez (2009), los peligros (poder destructivo) que representan los deslizamientos tienen relación con la velocidad del movimiento. Así explica que: “generalmente, la velocidad del movimiento es lenta al principio y puede aumentar (gradual o instantáneamente) de velocidad de acuerdo con el tipo de movimiento”, de acuerdo a la Figura 8. En ese sentido Chacón (2012), presenta la Clasificación de velocidades, propuesta por la Comisión del inventario mundial de movimientos de ladera de la UNESCO, la cual modifica agregando otras unidades (Ver Tabla 1) y en donde relaciona la velocidad con los tipos de daños que se pueden esperar en los elementos del territorio afectados.

Tabla 1. Clasificación de velocidades y tipo de daños.

| Clase | Descripción           | Intervalos (mm/seg)                        | Otras unidades        | Tipo de daños (resumido)                |
|-------|-----------------------|--|-----------------------|---|
| 1     | Extremadamente rápida | $> 5 \times 10^3$                          | $> 5$ m/s             | Dstrucción total de vidas y bienes      |
| 2     | Muy rápida            | $50 - 5 \times 10^3$                       | 3 m/min - 5 m/s       | Evacuación difícil. Daños irreparables  |
| 3     | Rápida                | 0.5 - 50                                   | 1.8 m/h - 3 m/min     | Evacuación posible. Daños irreparables  |
| 4     | Moderada              | $5 \times 10^{-3}$ - 0.5                   | 13 m/mes - 1.8 m/h    | Daños intensos a estructuras en la masa |
| 5     | Lenta                 | $50 \times 10^{-6}$ - $5 \times 10^{-3}$   | 1.6 m/año - 13 m/mes  | Frecuentes daños, reparación costosa    |
| 6     | Muy lenta             | $0.5 \times 10^{-6}$ - $50 \times 10^{-6}$ | 16 mm/año - 1.6 m/año | Daños escasos y/o reparables            |
| 7     | Extremadamente lenta  | $< 0.5 \times 10^{-6}$                     | $< 16$ mm/año         | Sin daños a estructuras adecuadas       |

Fuente: Tomado de Chacón, (2012).

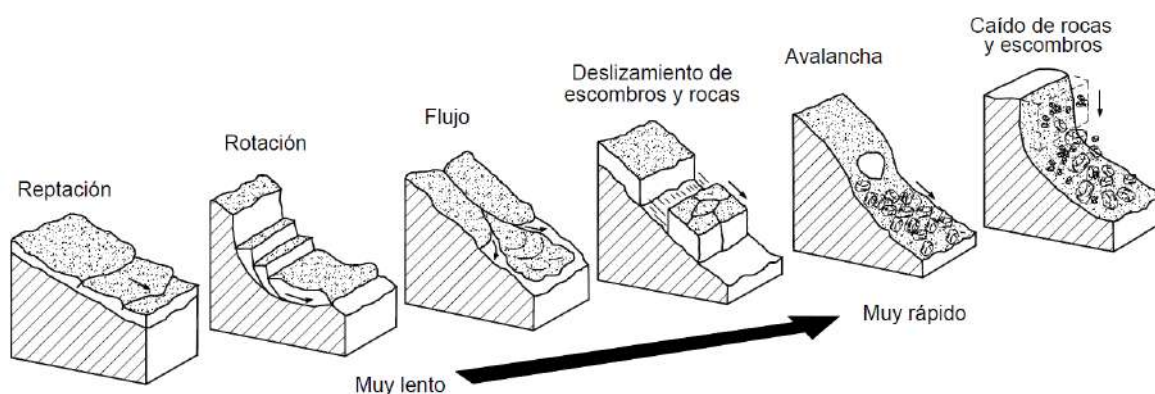


Figura 8. Velocidad de acuerdo al tipo de movimiento.

Fuente: Tomado de Suárez, (2009).

### 2.2.6. Precipitación

La precipitación constituye una variable dentro de los factores externos que actúan para provocar inestabilidad en laderas y taludes. Villón (2002), define que: “la precipitación, es toda forma de humedad que, originándose en las nubes, llega hasta la superficie del suelo, de acuerdo a esta definición la precipitación puede ser en forma de: lluvias, granizadas, garúas y nevadas”.

Además, para poder entender la incidencia de la precipitación como variable detonante es necesario cuantificar sus ocurrencias en el tiempo. Villón (2002), en su libro Hidrología expresó que: “la precipitación se mide en términos de la altura de lámina de agua, y se expresa comúnmente en milímetros (mm). Esta altura de lámina de agua, indica la altura del agua que se acumularía en una superficie horizontal, si la precipitación permaneciera donde cayó”.

Las estaciones pluviométricas se encargan de realizar el registro de precipitaciones haciendo uso de pluviómetros y pluviogramas. Para la presente investigación se utiliza la información de la Estación Meteorológica Bambamarca, incluyendo datos de precipitación desde enero del 2017.

La zona de estudio no cuenta con una estación meteorológica propia; por ello, es necesario realizar la Transposición de datos de precipitación, de la Estación Meteorológica Bambamarca a la zona Frutillo Bajo, utilizando la Ecuación de Oswald. (Ortiz, 2004 citado por Rodríguez, 2016).

Siguiendo la metodología de Rodríguez (2016), inicialmente se obtiene del Factor de Transposición de Oswald (Ft), el cual multiplica a cada valor de precipitación de la estación meteorológica, obteniéndose los nuevos valores de precipitación para el área de investigación.

### **2.2.7. Sismicidad**

De acuerdo al Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS, 2018), descrito en la Norma Técnica E.030, del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE); el territorio nacional se divide en cuatro zonas, basándose en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral, así como en la información neotectónica. De acuerdo a ello, a cada zona se asigna un factor Z, este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años. El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad.

Tabla 2. Valores del factor Z por Zona Sísmica en el territorio peruano.

| ZONA | FACTOR Z |
|------|----------|
| 1    | 0.10     |
| 2    | 0.25     |
| 3    | 0.35     |
| 4    | 0.45     |

Fuente: Obtenido del RNE, de la Norma Técnica E.030, modificada por el MVCS, (2018).

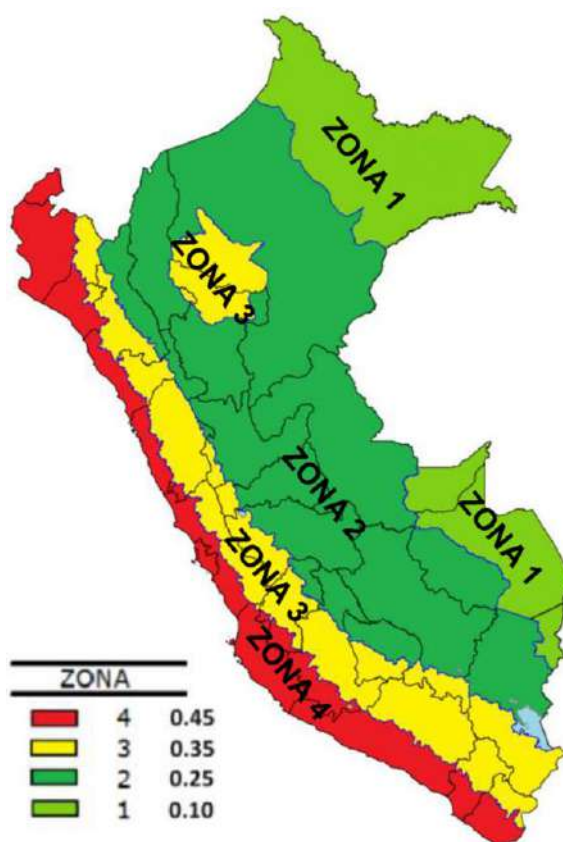


Figura 9. Zonificación sísmica del territorio peruano.  
Fuente: Tomado de MVCS - Norma Técnica E.030, (2018).

### 2.2.8. Mecánica de suelos

Los suelos están conformados con diferentes tamaños de partículas y composición química; en ese sentido, varias organizaciones han desarrollado límites de separación de tamaño de suelo; sin embargo, el Sistema unificado de clasificación de suelo (SUCS), es casi universalmente aceptado y ha sido adoptado por la Sociedad Americana para Pruebas y

Materiales (ASTM). Así, Das (2013) explica que, dependiendo del tamaño predominante de las partículas, los suelos son generalmente llamados grava, arena, limo o arcilla.

**Las gravas.** Referido a fragmentos de rocas conformadas por partículas de cuarzo, feldespato y otros minerales.

**Las arenas.** Conformadas principalmente por granos de cuarzo y feldespato; pero también puede haber otros minerales.

**Los limos.** Conformados por fracciones microscópicas de cuarzo muy finos y minerales micáceos en forma laminar.

**Las arcillas.** Son minerales microscópicos y submicroscópicos de arcilla y otros minerales, conformadas por partículas en forma de láminas (micas).

Tabla 3. Límites de separación de tamaño de suelo.

| Nombre de la organización                           | Tamaño de grano (mm) |              |                                    |         |
|---|----------------------|--------------|------------------------------------|---------|
|   | Grava                | Arena        | Limo                               | Arcilla |
| Sistema Unificado de Clasificación de suelos (SUCS) | 76.2 a 4.75          | 4.75 a 0.075 | Finos (Limos y arcillas)<br><0.075 |         |

Fuente: Tomado de Das, (2013).

#### 2.2.8.1. Análisis Mecánico de Suelos

Se refiere a la determinación de los diferentes tamaños de partículas presentes en un suelo, expresados como un porcentaje del peso seco total (o masa). Según Das (2013), se realiza el Análisis de tamiz para tamaños de partículas mayores de 0.075 mm de diámetro, y Análisis de hidrómetro para tamaños de partículas menores a 0.075. Estos análisis nos permiten obtener los porcentajes de grava, arena, limo y partículas de tamaño de arcilla presentes en un suelo (Curva de distribución de tamaño de partícula). (Ver Figura 10).

#### 2.2.8.2. Consistencia del Suelo

Los suelos tienen un comportamiento diferente, en función al porcentaje de humedad que presenten, es decir, si el contenido de humedad es muy bajo, el suelo se comporta más como un sólido quebradizo; pero cuando el contenido de humedad es muy

alto, el suelo y el agua pueden fluir como un líquido. Por ello Das (2013), explica la consistencia de suelos de grano fino con diferentes contenidos de humedad, desarrollada por Albert Mauritz Atterberg (1990), donde define: el límite líquido, límite plástico y límite de contracción. (Ver Figura 11).

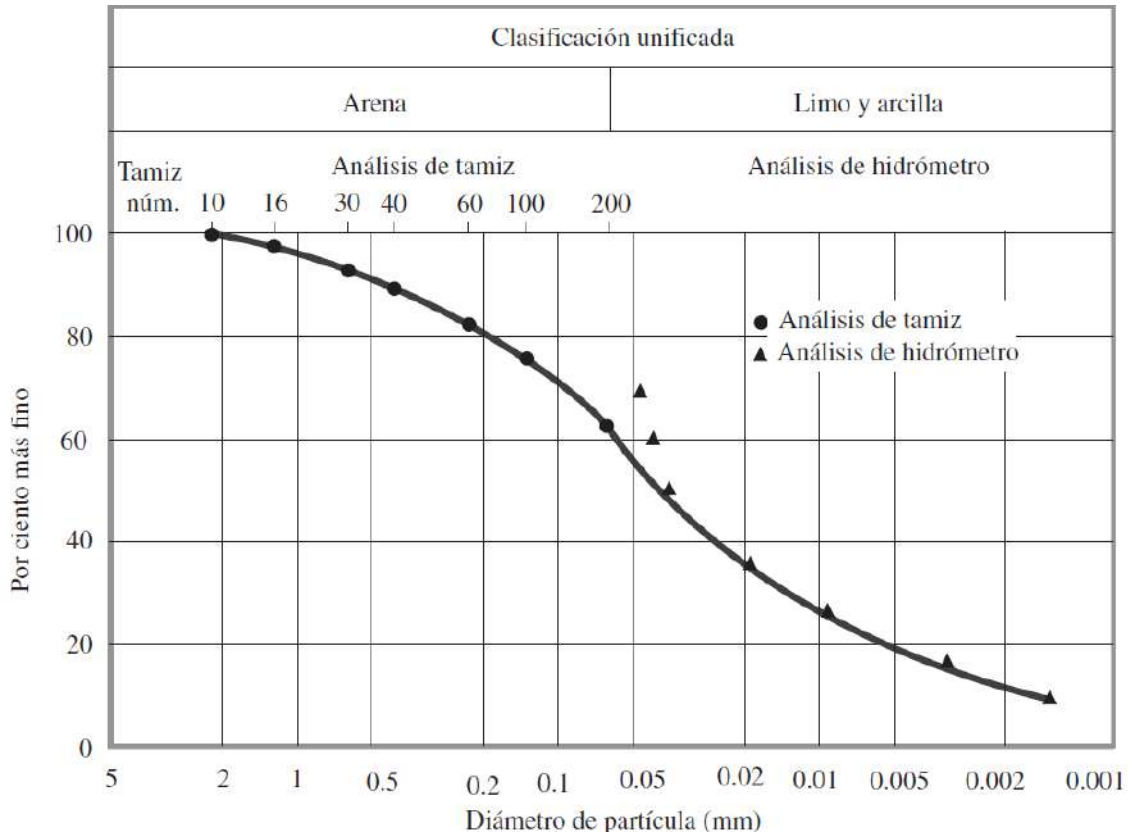


Figura 10. Curva de distribución de tamaño de partícula.  
Fuente: Tomado de Das, (2013).

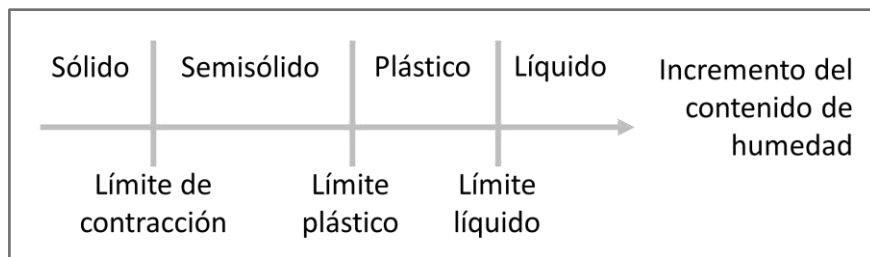


Figura 11. Límites de Atterberg.  
Fuente: Tomado de Das, (2013).

Asimismo, presenta y explica la Carta de plasticidad, desarrollada por Casagrande (1932), donde relaciona el índice de plasticidad con el límite líquido.

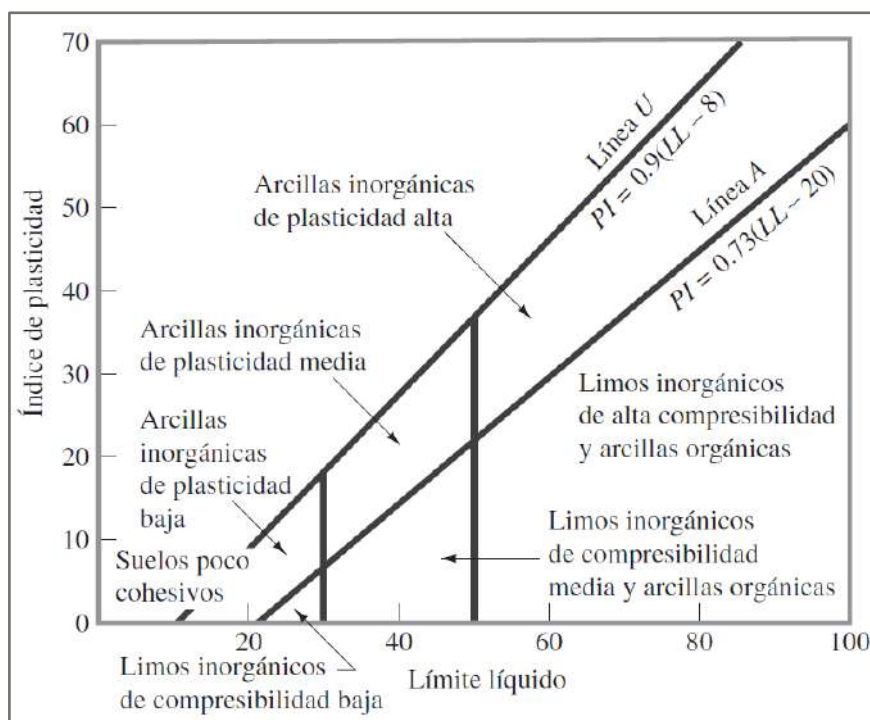


Figura 12. Carta de Plasticidad.  
Fuente: Tomado de Das, (2013).

### 2.2.8.3. Clasificación de los suelos (SUCS)

En el Perú, según la Norma Técnica Peruana 339.134 (1999), para fines de ingeniería, recomienda utilizar el Sistema unificado de clasificación de suelo (SUCS). En ese sentido, Das (2013), en su libro Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, agrupa los suelos en dos grandes categorías (Ver Tabla 4) y se mencionan a continuación:

**Suelos de grano grueso.** Conformados por grava y arena, y que a través del tamiz núm. 200 pasa menos de 50%. La simbología de grupo comienza con G o S. S para la arena o suelo arenoso y G para el suelo de grava o grava.

**Suelos de grano fino.** Aquellos que pasa el 50% o más por el tamiz núm. 200. La simbología de grupo comienza con un prefijo de M, que es sinónimo de limo inorgánico, C para la arcilla inorgánica y O para limos orgánicos y arcillas; se utiliza Pt para la turba, lodo y otros suelos altamente orgánicos.

Además, agrega los símbolos W (bien clasificado), P (mal clasificado), L (baja plasticidad) y H (alta plasticidad), que se utilizan para la clasificación de suelos.

Tabla 4. Sistema unificado de clasificación de suelos.

| Criterio para la asignación de símbolos de grupo                          |  |                                 | Símbolos de Grupo   |    |    |
|---|--|---------------------------------|---|----|----|
| <b>Suelos de grano grueso</b><br>Más de 50% retenido en el tamiz núm. 200 | <b>Gravas</b><br>Más de 50% de fracción gruesa retenida en el tamiz núm. 4 | Gravas limpias                  | $C_u \geq 4$ y $1 \leq C_c \leq 3^c$  | GW |    |
|   |  | Menos de 5% finos <sup>a</sup>  | $C_u < 4$ y/o $1 > C_c > 3^c$   | GP |    |
|   |  | Gravas con finos                | $PI < 4$  | GM |    |
|   |  | Más de 12% finos <sup>a,d</sup> | $PI > 7$  | GC |    |
|   | <b>Arenas</b><br>50% o más de la fracción gruesa pasa tamiz núm. 4         | Arenas limpias                  | $C_u \geq 6$ y $1 \leq C_c \leq 3^c$  | SW |    |
|   |  | Menos de 5% finos <sup>b</sup>  | $C_u < 1$ y/o $1 > C_c > 3^c$   | SP |    |
|   |  | Arenas con finos                | $PI < 4$  | SM |    |
|   |  | Más de 12% finos <sup>b,d</sup> | $PI > 7$  | SC |    |
| <b>Suelos de grano fino</b><br>50% o más pasa a través del tamiz núm. 200 | <b>Limos y arcillas</b><br>Límite líquido menor que 50                     | Inorgánico                      | $PI > 7$  | CL |    |
|   |  | Orgánico                        | $\frac{\text{Límite líquido: secado}}{\text{Límite líquido: no secado}} < 0.75$ | ML |    |
|   | <b>Limos y arcillas</b><br>Límite líquido 50 o más                         | Inorgánico                      | Gráficos $PI$ en o por encima de la línea "A"                                   |    | CH |
|   |  |                                 | Gráficos $PI$ por debajo de la línea "A"  |    | MH |
|   |  | Orgánico                        | $\frac{\text{Límite líquido: secado}}{\text{Límite líquido: no secado}} < 0.75$ |    | OH |
|   |  |                                 |   |    |    |
| Suelos altamente orgánicos  | Materia orgánica principalmente, color oscuro y orgánico                   |                                 |   | Pt |    |

Fuente: Tomado de Das, (2013).

<sup>a</sup>Gravas con 5 a 12% de finos requieren símbolos dobles: GW-GM, GW-GC, GP-GM, GP-GC.

<sup>b</sup>Arenas con 5 a 12% de finos requieren símbolos dobles: SW-SM, SW-SC, SP-SM, SP-SC.

$${}^c C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} ; C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} \times D_{10}}$$

<sup>d</sup>Si  $4 \leq PI \leq 7$ , se usa doble símbolo GC-GM o SC-SM.

<sup>e</sup>Si  $4 \leq PI \leq 7$ , se usa doble símbolo CL-ML.

## 2.2.9. Parámetros característicos del suelo

Tabla 5. Parámetros característicos del suelo basados en ensayos granulométricos.

| TIPO DE SUELO   | Granulometría |        | Límites de Atterberg |     |    | Peso específico |                | Humedad natural | Proctor normal |     | Deformabilidad |                                      | Resistencia al corte |      |            | Permeabilidad |
|---|---------------|--------|----------------------|-----|----|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-----|----------------|--------------------------------------|----------------------|------|------------|---------------|
|   | < 0.06        | < 2.00 | (fracción < 0.04 mm) |     |    | $\gamma$        | $\gamma_{sum}$ | w               | D.Sec          | wpN | Es=EO          | ( $\sigma/\sigma_{sat}$ ) $\epsilon$ | $\psi$               | C    | $\Theta^p$ | k             |
|   | mm            | mm     | wL                   | wP  | Ip | T/m3            | T/m3           | %               | T/m3           | %   | kp/cm2         | $\dot{\alpha}$                       | °                    | T/m2 | m/s        |               |
| Grava   | <5            | <60    | -                    | -   | -  | 1.6             | 0.95           | 5               | 1.7            | 8   | 400            | 0.6                                  | 34                   | -    | 32         | 2.00E-01      |
|   |               |        | -                    | -   | -  | 1.9             | 1.05           | 2               | 1.9            | 5   | 900            | 0.4                                  | 42                   | -    | 35         | 1.00E-02      |
| Grava arenosa con pocos finos   | <5            | <60    | -                    | -   | -  | 2.1             | 1.15           | 7               | 2              | 7   | 400            | 0.7                                  | 35                   | -    | 32         | 1.00E-02      |
|   |               |        | -                    | -   | -  | 2.3             | 1.35           | 13              | 2.25           | 4   | 1100           | 0.5                                  | 45                   | -    | 35         | 1.00E-06      |
| Grava arenosa con finos limosos o arcillosos que no altera la estructura granular | 8             | <60    | 20                   | 16  | 4  | 2.1             | 1.15           | 9               | 2.1            | 7   | 400            | 0.7                                  | 35                   | 1    | 32         | 1.00E-09      |
|   |               |        | 15                   | 25  | 25 | 2.4             | 1.45           | 3               | 2.35           | 3   | 1200           | 0.5                                  | 43                   | 0    | 35         | 1.00E-08      |
| Mezcla de gravas y arenas envueltas por finos                                     | 20            | <60    | 20                   | 16  | 4  | 2               | 1.05           | 13              | 1.9            | 10  | 150            | 0.9                                  | 28                   | 3    | 22         | 1.00E-09      |
|   |               |        | 40                   | 25  | 30 | 2.25            | 1.3            | 5               | 2.2            | 5   | 400            | 0.7                                  | 35                   | 0.5  | 30         | 1.00E-11      |
| Arena uniforme fina   | <5            | <100   | -                    | -   | -  | 1.6             | 0.95           | 22              | 1.6            | 15  | 150            | 0.75                                 | 32                   | -    | 30         | 2.00E-04      |
|   |               |        | -                    | -   | -  | 1.9             | 1.1            | 8               | 1.75           | 10  | 300            | 0.6                                  | 40                   | -    | 22         | 1.00E-03      |
| Arena uniforme gruesa   | <5            | <100   | -                    | -   | -  | 1.6             | 0.95           | 16              | 1.6            | 13  | 250            | 0.7                                  | 34                   | -    | 30         | 5.00E-03      |
|   |               |        | -                    | -   | -  | 1.9             | 1.1            | 8               | 1.75           | 8   | 700            | 0.55                                 | 52                   | -    | 34         | 2.00E-04      |
| Arena bien graduada y arena con grava   | <5            | <100   | -                    | -   | -  | 1.8             | 1              | 11              | 1.9            | 10  | 200            | 0.7                                  | 33                   | -    | 32         | 5.00E-04      |
|   |               |        | -                    | -   | -  | 2.1             | 1.2            | 5               | 2.15           | 6   | 600            | 0.55                                 | 41                   | -    | 34         | 2.00E-03      |
| Arena con finos que no alteran la estructura granular                             | 8             | >60    | 20                   | 16  | 4  | 2.9             | 1.05           | 15              | 2              | 13  | 150            | 0.8                                  | 32                   | 1    | 30         | 1.00E-03      |
|   |               |        | 15                   | 25  | 25 | 2.25            | 0.3            | 4               | 2.2            | 7   | 500            | 0.65                                 | 40                   | 0    | 32         | 1.00E-07      |
| Arena con finos que alteran la estructura granular                                | 20            | >60    | 20                   | 16  | 4  | 1.8             | 0.9            | 20              | 1.7            | 18  | 50             | 0.9                                  | 25                   | 5    | 22         | 1.00E-07      |
|   |               |        | 40                   | 30  | 30 | 2.15            | 1.1            | 8               | 2              | 12  | 250            | 0.75                                 | 32                   | 1    | 30         | 1.00E-10      |
| Limo poco plástico  | >50           | >80    | 25                   | 20  | 4  | 1.75            | 0.95           | 28              | 1.6            | 22  | 40             | 0.8                                  | 28                   | 2    | 25         | 1.00E-04      |
|   |               |        | 35                   | 28  | 11 | 2.25            | 1.1            | 15              | 1.8            | 15  | 110            | 0.6                                  | 35                   | 0.5  | 30         | 5.00E-06      |
| Limo de plasticidad media a alta  | >80           | >100   | 35                   | 22  | 7  | 1.7             | 0.85           | 35              | 1.55           | 23  | 30             | 0.9                                  | 25                   | 3    | 22         | 2.00E-05      |
|   |               |        | 50                   | 25  | 20 | 2               | 1.05           | 2               | 1.75           | 16  | 70             | 0.7                                  | 33                   | 1    | 29         | 2.00E-06      |
| Arcilla de baja plasticidad   | >80           | 100    | 25                   | 15  | 7  | 1.9             | 0.95           | 28              | 1.65           | 20  | 20             | 1                                    | 24                   | 6    | 20         | 1.00E-07      |
|   |               |        | 35                   | 22  | 16 | 2.2             | 1.2            | 14              | 1.85           | 14  | 50             | 0.9                                  | 32                   | 1.5  | 28         | 2.00E-09      |
| Arcilla de plasticidad media  | >90           | 100    | 40                   | 18  | 16 | 1.8             | 0.85           | 38              | 1.55           | 23  | 10             | 1                                    | 20                   | 8    | 10         | 5.00E-06      |
|   |               |        | 50                   | 25  | 28 | 2.1             | 1.1            | 18              | 1.75           | 17  | 30             | 0.95                                 | 30                   | 2    | 20         | 1.00E-10      |
| Arcilla de alta plasticidad   | 100           | 100    | 60                   | 20  | 33 | 1.65            | 0.7            | 55              | 1.45           | 27  | 6              | 1                                    | 17                   | 10   | 6          | 1.00E-09      |
|   |               |        | 85                   | 35  | 55 | 2.2             | 1              | 20              | 1.65           | 20  | 20             | 1                                    | 27                   | 3    | 15         | 1.00E-11      |
| Limo o arcilla orgánicos  | >80           | 100    | 45                   | 30  | 10 | 1.55            | 0.55           | 60              | 1.45           | 27  | 5              | 1                                    | 20                   | 7    | 15         | 1.00E-09      |
|   |               |        | 70                   | 45  | 30 | 1.9             | 0.9            | 30              | 1.7            | 18  | 20             | 0.8                                  | 26                   | 2    | 22         | 1.00E-11      |
| Turba   | -             | -      | -                    | -   | -  | 1.04            | 0.04           | 800             | -              | -   | 3              | 1                                    | 25                   | 1.5  | -          | 0.00E+00      |
|   |               |        | -                    | -   | -  | 1.3             | 0.3            | 100             | -              | -   | 8              | 1                                    | 30                   | 0.5  | -          | 1.00E-09      |
| Fango   | -             | -      | 100                  | 30  | 50 | 1.25            | 0.25           | 200             | -              | -   | 4              | 1                                    | 22                   | 2    | -          | 1.00E-07      |
|   |               |        | -                    | 250 | 80 | 170             | 1.6            | 0.6             | 50             | -   | -              | 15                                   | 0.9                  | 28   | 0.5        | -             |

Fuente: Tomado de Rodríguez, (1993).

### **2.2.10. Análisis de Inestabilidad**

En una Zona de Expansión Urbana, conformada por laderas, generalmente se tiene que cortar el terreno para cimentar la infraestructura económica. En tal sentido Vallejo (2015) indica que el análisis de inestabilidad permite el diseño de taludes, con un factor de seguridad adecuado y acorde con su funcionalidad. También advierte problemas de inestabilidad en taludes y/o laderas; y con ello, las medidas de corrección o estabilización adecuadas para evitar nuevos movimientos.

Vallejo (2015) afirma que: “los métodos de análisis de inestabilidad se basan en un planteamiento físico - matemático en el que intervienen las fuerzas estabilizadoras y desestabilizadoras que actúan sobre el talud y que determinan su comportamiento y condiciones de inestabilidad”. En la presente investigación se utilizan los Métodos de Equilibrio Límite, definido como un método determinístico, que consiste en seleccionar los parámetros físicos y resistentes que controlan el comportamiento del material, y a partir de ellos y de las leyes de comportamiento adecuadas, definir la inestabilidad o el factor de seguridad del talud.

### **2.2.11. Método del Límite de Equilibrio (MLE)**

Suárez (2009), argumenta que este análisis de inestabilidad consiste en determinar si existe suficiente resistencia en los suelos del talud para soportar los esfuerzos de cortante que tienden a causar la falla o deslizamiento. Este método supone que, a lo largo de la superficie de falla teórica, las fuerzas actuantes y resistentes, son iguales y equivalentes a un Factor de Seguridad de 1; además, Vallejo (2015), indica que este método se basa en el criterio de rotura de Mohr - Coulomb y la definición de un Factor de Seguridad.

Los autores coinciden en afirmar que el análisis de inestabilidad se puede realizar estudiando directamente la totalidad de la longitud de la superficie de falla o dividiendo la masa deslizada en tajadas o dovelas. Así, existen distintos métodos de límite de equilibrio que comparten criterios como, la comparación de las fuerzas o momentos resistentes y actuantes sobre una determinada superficie de falla; y discrepan respecto al tipo de superficie de falla y la forma cómo actúan internamente las fuerzas sobre la superficie de falla.

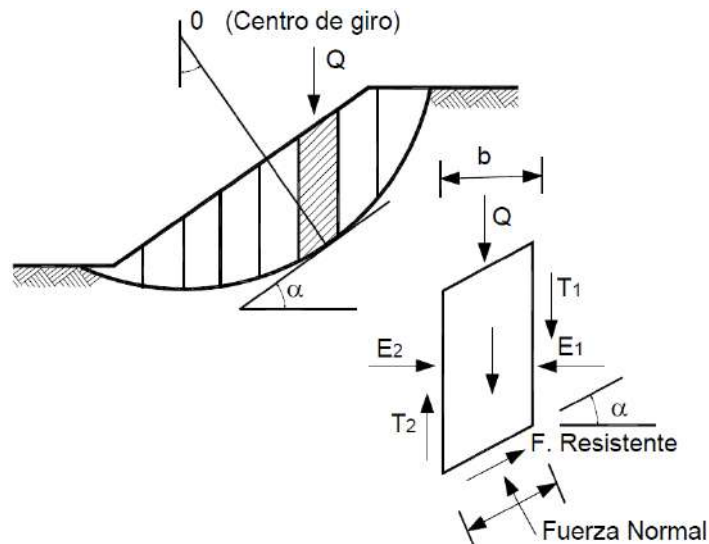


Figura 13. Esquema general de fuerzas que actúan sobre una dovela en los métodos de dovelas. Fuente: Tomado de Suárez, (2009).

Suárez (2009) argumenta que, los diversos métodos que utilizan dovelas, tienen diferencias, respecto a las fuerzas que actúan sobre las paredes laterales de éstas; algunos no tienen en cuenta las fuerzas entre dovelas; otros suponen la existencia de las fuerzas laterales entre dovelas; pero las más precisas son las que utilizan una función para calcular las fuerzas entre dovelas.

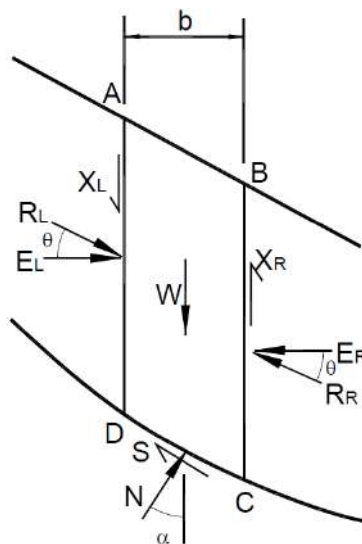


Figura 14. Esquema general de fuerzas que actúan sobre las dovelas en el MLE. Fuente: Tomado de Suárez (2009).

Además, define que las fuerzas que actúan sobre una dovela, en forma general y de acuerdo a la Figura 14, están dadas por:

- La fuerza de gravedad o peso(W), la cual se puede descomponer en una tangente y una normal a la superficie de falla.
- Las fuerzas resistentes de cohesión y fricción (S) que actúan en forma tangente a la superficie de falla
- Las fuerzas de presión de tierra y cortante en las paredes entre dovelas ( $R_L$ ,  $R_R$ ) y sus componentes normales y tangenciales ( $E_L$ ,  $E_R$ ,  $X_L$ ,  $X_R$ ).

Los métodos de límite de equilibrio, que se considera en la presente investigación son: Bishop (1955), Janbú (1954), Morgenstern y Price (1965) y Spencer (1967).

Tabla 6. Métodos de análisis de inestabilidad de taludes.

| Método                            | Superficies de Falla | Equilibrio         | Características  |
|-----------------------------------|----------------------|--------------------|--|
| <b>Bishop simplificado (1955)</b> | Circulares           | Momentos           | Asume que todas las fuerzas de cortante, entre dovelas, son cero.                              |
| <b>Janbú Corregido (1968)</b>     | Cualquier Forma      | Fuerzas            | Asume que no hay fuerza de cortante entre dovelas.   |
| <b>Spencer (1967)</b>             | Cualquier Forma      | Momentos y fuerzas | La inclinación de las fuerzas laterales es las mismas para cada tajada, pero son desconocidas. |
| <b>Morgenstern y Price (1965)</b> | Cualquier Forma      | Momentos y fuerzas | Las fuerzas entre dovelas, se asume, que varían de acuerdo con una función arbitraria.         |

Fuente: Tomado y modificado de Suárez, (2009).

### 2.2.12. Factor de Seguridad

Das (2013), define al factor de seguridad como la relación entre la resistencia media del suelo al corte (cohesión y la fricción) y el esfuerzo cortante promedio desarrollado a lo largo de la superficie potencial de falla. Así, en forma general define:

$$FS = \frac{\tau_d}{\tau_f}$$

FS = factor de seguridad con respecto a la resistencia

$\tau_d$  = resistencia media del suelo al corte

$\tau_f$  = esfuerzo cortante promedio desarrollado en la superficie potencial de falla

### 2.2.13. Software Slide

Programa 2D de estabilidad de taludes con la metodología límite de equilibrio para evaluar el factor de seguridad o la probabilidad de falla, de superficies de rotura circulares y no circulares, en suelo o roca de mala calidad. Slide analiza la inestabilidad de las superficies de deslizamiento utilizando divisiones verticales (dovelas). (Rocscience, 2016).

## 2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

**Litología.** Ciencia que estudia el origen, evolución y clasificación de las rocas. (Dávila 2011).

**Hidrología.** Es la ciencia que estudia el comportamiento de las aguas y las leyes que rigen dichos comportamientos tales como permeabilidad, presiones hidrostáticas, movimientos de las aguas superficiales, marinas y subterráneas. También estudia sus propiedades físicas y químicas. (Dávila 2011).

**Infiltración.** La relación entre las lluvias fuertes y los deslizamientos, es una realidad muy conocida y estudiada. Sin embargo, el análisis es complejo en lo relacionado con los volúmenes e intensidades de lluvias que se requieren para generar un deslizamiento de gran magnitud o una gran cantidad de deslizamientos. (Suárez 2009).

**Presión de Poros.** Consiste en la presión en el agua dentro de los poros de suelo y se identifica con la letra  $\mu$ . La presión de poros disminuye los esfuerzos normales efectivos entre las partículas, trata de separarlas y disminuye la resistencia a la fricción. (Suárez 2009).

**Esfuerzo Efectivo.** Teniendo en cuenta una masa de suelo saturada compuesta por dos fases distintas: el esqueleto de partículas y los poros entre partículas llenos de agua. Ante la presencia de esfuerzos aplicados al suelo, solamente los esfuerzos ejercidos por el esqueleto, se conocen como esfuerzos efectivos. Están dados por la diferencia entre el esfuerzo total y la presión de poros. (Suárez 2009).

**Esfuerzo Total.** Definido como la suma de todas las fuerzas, incluyendo aquellas transmitidas a través de contactos entre partículas, aquellas transmitidas a través de la presión de poros en el agua (divididas por el área total) e incluyendo el área de sólidos y el área de vacíos. (Suárez 2009).

## CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1.1. Geográfica

Se encuentra ubicada en la cordillera occidental de los Andes, al Norte de la ciudad de Cajamarca y al Suroeste de la ciudad de Bambamarca; pertenece a la carta 14 - f (Chota), cuadrante - I, de la zona 17 S, de la carta geológica nacional, en el Sistema UTM.

#### 3.1.2. Política

Políticamente, se ubica en la Región Cajamarca, Provincia de Hualgayoc y Distrito de Bambamarca; en el Centro Poblado Frutillo Bajo (Ver Anexo B, P-1, Plano de Ubicación).

#### 3.1.3. Accesibilidad

El acceso principal es por la carretera asfaltada Cajamarca - Bambamarca, hasta la altura del cruce al Centro Poblado Frutillo Bajo y continuando por la trocha carrozable que va hacia la Nueva Plaza Pecuaria y alrededores (Ver Anexo B, P-2, Plano de Imagen Satelital).

Tabla 7. Accesibilidad al área de estudio.

| Tramo | Tipo de vía         | Distancia (km) | Tiempo (min) |
|-------|---------------------|----------------|--------------|
| 1     | Carretera asfaltada | 110            | 210          |
| 2     | Trocha carrozable   | 3              | 10           |

### 3.1.4. Extensión

La extensión es de aproximadamente 6.10 km<sup>2</sup>. (Ver Anexo B, P-2, Plano de Imagen Satelital) y está delimitado por coordenadas del sistema UTM, Datum WGS - 84, según la siguiente tabla:

Tabla 8. Coordenadas del área de estudio.

| VÉRTICES       | ESTE   | NORTE   |
|----------------|--------|---------|
| V <sub>1</sub> | 771902 | 9260823 |
| V <sub>2</sub> | 774796 | 9260830 |
| V <sub>3</sub> | 774324 | 9258741 |
| V <sub>4</sub> | 771349 | 9258749 |

### 3.1.5. Clima y vegetación

Para el distrito de Bambamarca se definen dos tipos de clima; el clima de tipo semiseco, templado y húmedo durante todo el año, con acumulados anuales de lluvias que pueden alcanzar valores desde los 700 mm hasta los 2000 mm aproximadamente; y también, el clima de tipo lluvioso, templado y con otoño e invierno seco (abril - setiembre), con acumulados anuales de precipitación que varían desde los 700 mm hasta los 1500 mm aproximadamente. (SENAMHI, 2021).

La cobertura vegetal está caracterizada por sembríos y pastizales en su mayoría. Los árboles presentes generalmente en linderos, están conformados por eucaliptos, pinos, sauces, alisos, entre otros.

## 3.2. METODOLOGÍA

### 3.2.1. Tipo y diseño de la investigación

La investigación es de tipo no experimental y transversal en el tiempo; y el diseño de investigación es de carácter descriptivo, correlacional y explicativo. El método de investigación es deductivo - inductivo. Así, a partir de la observación directa en campo y el

análisis documental, se describen las características geológicas, morfogénicas, geomecánicas y geotécnicas; se correlacionan con las variables hidrológicas y de sismicidad, que inciden sobre los materiales geológicos (suelo y/o roca), para finalmente explicar las probabilidades de ocurrencia de un deslizamiento en laderas y/o taludes.

### 3.2.2. Población de estudio

Laderas y taludes en la Zona de Expansión Urbana, en el Centro Poblado Frutillo Bajo, distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, departamento Cajamarca.

### 3.2.3. Muestra

Puntos de control en laderas y taludes en zonas críticas.

### 3.2.4. Unidad de análisis

Geoformas, geoestructuras y condiciones geomecánicas, precipitación, infiltración y sismicidad.

### 3.2.5. Definición de variables

Tabla 9. Variables independientes y dependientes en la investigación.

| VARIABLES INDEPENDIENTES<br>CAUSA | VARIABLE DEPENDIENTE<br>EFECTO     |
|-----------------------------------|------------------------------------|
| Precipitación                     | Inestabilidad de taludes y laderas |
| Infiltración                      |                                    |
| Sismicidad                        |                                    |

### 3.2.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Observación directa y toma de información en el Registro de recolección de datos para deslizamientos; donde se considera información de la ubicación espacial, las dimensiones, tipo, material y causas de los deslizamientos. Además, se utilizan otros

instrumentos como: planos, picota, flexómetro, cámara fotográfica lupa, lápiz de dureza, protactor, lápiz, lapicero, bolsas de muestreo, entre otros.

Tabla 10. Registro de recolección de datos para deslizamientos.

| DESPLAZAMIENTO                          |  |                                     |   |                                  |                                      |                            |                                   |
|---|--|-------------------------------------|---|----------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| Código                                  |  | Coordenada Este                     |   | Coordenada Norte                 |                                      | Cota                       |                                   |
| DIMENSIONES (m)                         |  |                                     |   |                                  |                                      |                            |                                   |
| Ancho de la masa desplazada (Wd)        | Ancho de la superficie de falla (Wr)                 | Longitud de la masa desplazada (Ld) | Longitud de la superficie de falla (Lr) | Prof. de la masa desplazada (Dd) | Prof. de la superficie de falla (Dr) | Longitud total (L)         | Longitud de la línea central (Lc) |
|   |  |                                     |   |                                  |                                      |                            |                                   |
| MOVIMIENTO                              |  |                                     |   |                                  |                                      |                            |                                   |
| Material                                |  |                                     |   | Tipo                             |                                      |                            |                                   |
| Roca                                    |  | Suelo                               |   | Deslizamiento Rotacional         |                                      | Deslizamiento Traslacional |                                   |
|   |  |                                     |   |                                  |                                      |                            |                                   |
| CAUSAS DEL MOVIMIENTO                   |  |                                     |   |                                  |                                      |                            |                                   |
| Condicionante                           | Evento   |                                     |   | Detonante                        | Estado de la Actividad               |                            |                                   |
|   | Lluvias  |                                     |   |                                  | Activo                               |                            |                                   |
|   | Gravedad   |                                     |   |                                  | Reactivado                           |                            |                                   |
|   | Vibración artificial (explosiones, sismicidad, otro) |                                     |   |                                  | Suspendido                           |                            |                                   |
|   | Minería  |                                     |   |                                  | Inactivo                             |                            |                                   |
|   | Socavación del pie del talud por corriente de agua   |                                     |   |                                  | Dormido                              |                            |                                   |
|   | Excavación del pie del talud                         |                                     |   |                                  | Abandonado                           |                            |                                   |
|   | Carga en la corona                                   |                                     |   |                                  | Estabilizado                         |                            |                                   |
|   | Sismicidad   |                                     |   |                                  | Relicto                              |                            |                                   |
|   | Erosión subterránea                                  |                                     |   |                                  | Secuencia de Repetición              |                            |                                   |
|   | Irrigación   |                                     |   |                                  | Progresivo                           |                            |                                   |
|   | Mantenimiento deficiente del sistema de drenaje      |                                     |   |                                  | Retrogresivo                         |                            |                                   |
|   | Escape de aguas de tubería                           |                                     |   |                                  | Ampliándose                          |                            |                                   |
|   | Material meteorizado                                 |                                     |   |                                  | Alargándose                          |                            |                                   |
|   | Material fisurado o agrietado                        |                                     |   |                                  | Confinado                            |                            |                                   |
|   | Deforestación o ausencia de vegetación               |                                     |   |                                  | Disminuyendo                         |                            |                                   |
| HUMEDAD                                 |  |                                     |   |                                  |                                      |                            |                                   |
| Seco                                    |  | Húmedo                              |   | Mojado                           |                                      | Muy mojado                 |                                   |
|   |  |                                     |   |                                  |                                      |                            |                                   |
| ESTILO DEL EVENTO                       |  |                                     |   | IMPORTANCIA                      |                                      |                            |                                   |
| Complejo                                |  |                                     |   | Muy alta                         |                                      |                            |                                   |
| Compuesto                               |  |                                     |   | Alta                             |                                      |                            |                                   |
| Múltiple                                |  |                                     |   | Media                            |                                      |                            |                                   |
| Sencillo                                |  |                                     |   | Baja                             |                                      |                            |                                   |
| UNIDAD MORFOGENÉTICA Y ÁNGULO DE REPOSO |  |                                     |   |                                  |                                      |                            |                                   |
| Planicie                                |  | Lomada                              |   | Ladera                           |                                      | Escarpa                    |                                   |
| 0° - 8°                                 |  | 8° - 20°                            |   | 20° - 50°                        |                                      | > 50°                      |                                   |
|   |  |                                     |   |                                  |                                      |                            |                                   |

Fuente: Tomado y modificado de Suárez, (2009) y Rodríguez, (2016).

### 3.2.6.1. Instrumentos de procesamiento de Datos

Con la información documental y de campo se realizará el análisis geológico - geotécnico de laderas y taludes de la zona de investigación, utilizando los softwares:

*Microsoft Office 2022.* Para el procesamiento de datos de precipitación y para la elaboración de la presente investigación.

*Software AutoCAD. 2022.* Para la generación de la columna estratigráfica y las secciones geológicas.

*Software ArcGis 10.3.* Para la elaboración de planos temáticos.

*Slide v.5.0.* Para el cálculo de los factores de seguridad.

*Google Earth, y SASPlanet.* Softwares de libre acceso, para la obtención de imágenes satelitales.

### 3.2.6.2. Equipos y Materiales

*Planos Temáticos proyectados en el sistema UTM y Datum WGS-84.* Utilizado para plasmar los datos geológicos obtenidos en campo. Por la extensión del área, se utilizó a diferentes escalas.

*Brújula Brunton.* Para la toma de azimut, buzamiento e inclinación de los estratos, fallas y estructuras geológicas.

*GPS Garmin - GPSMAP 64x.* Para la toma de coordenadas y cotas en los puntos de control.

*Laptop MSI, RAM 8GB.* Para el procesamiento de datos y elaboración de la presente investigación.

*Picota marca Estwing mango largo.* Necesaria para extraer muestras de roca.

*Bolsas de muestreo y codificadores.* Para el almacenamiento de las muestras seleccionadas y su identificación.

*Libreta de Campo.* Para apuntes y toma de datos en campo.

*Lápiz rayador.* Utilizada para identificar minerales por medio su dureza relativa.

*Lupa de 20X.* Utilizada para visualizar los minerales (cristales), matriz volcánica, tamaño de grano y texturas.

### **3.3. FASES DE INVESTIGACIÓN**

Las fases que se utilizaron están organizadas de acuerdo a las presentadas por Rodríguez (2016), y consta de cuatro fases que se desarrollaran sistemáticamente y se interconectan una con otra de forma dinámica.

#### **3.3.1. Recopilación de Datos**

##### 3.3.1.1. Recopilación de información existente.

Se inicia con la búsqueda y recopilación de información en grados académicos, estudios, libros y papers relacionados con la inestabilidad de laderas y taludes. Se realiza los planos temáticos (plano topográfico y geológico preliminar), sobre los cuales se hizo la cartografía y toma de datos.

##### 3.3.1.2. Reconocimiento de campo.

Consiste en el reconocimiento del lugar en su totalidad, con el fin de visualizar el problema y saber cada aspecto a estudiar y analizar.

#### **3.3.2. Fase de campo**

##### 3.3.2.1. Exploración.

En esta etapa se utiliza los planos temáticos, equipos, herramientas y el instrumento de recopilación de datos denominado registro geológico - geotécnico, de Rodríguez (2016). Así, esta información permita determinar las características geológicas, morfogenéticas, geomecánicas y geotécnicas del área de estudio. Se identifican las estaciones geodinámicas que serán analizadas.

##### 3.3.2.2. Muestreo.

Se procede a extraer muestras en las estaciones geodinámicas para la determinación de las características geomecánicas del terreno.

### **3.3.3. Fase de análisis e interpretación**

#### **3.3.3.1. Análisis de los datos de precipitación y determinación de coeficiente sísmico.**

Utilizando la fórmula de Ortiz (2004):  $F_t = H/H_1$  se calcula el factor de transposición para realizar la transposición de datos desde de la Estación Meteorológica Bambamarca hacia la zona Frutillo Bajo. En esta etapa también se calcula el coeficiente de aceleración sísmica horizontal, a partir de la zona sísmica y su factor Z, definido por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento - Norma Técnica E.030 (2018).

#### **3.3.3.2. Modelación del deslizamiento.**

Con el software Slide v. 7.0. se realiza la modelación correspondiente a fin de analizar la inestabilidad de la ladera y/o talud, en Condiciones Estáticas y Seudoestáticas, teniendo en cuenta parámetros geomecánicos, hidrológicos y de sismicidad, obtenidos en las fases anteriores.

### **3.3.4. Elaboración del informe**

Como resultado de las etapas anteriores, se realiza el informe final en el que se presenta el análisis geológico - geotécnico de taludes y laderas en la expansión urbana del Centro Poblado Frutillo Bajo, distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, departamento Cajamarca.

## **3.4. ESTRATIGRAFÍA**

De acuerdo al Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET, 2013) y verificado en la fase de campo, la estratigrafía está constituida por una secuencia sedimentaria del Cretácico superior, conformada por las Formaciones Cajamarca (Ks-ca), Formación Celendín (Ks-ce) y la Formación Chota (Pe-cho); pero principalmente, afloran rocas del Volcánico Huambos (Nm-hu) del periodo Neógeno y edad Mioceno. Suprayacendo a las Formaciones Sedimentarias y el Volcánico Huambos, se encuentran los depósitos cuaternarios de edad reciente (Ver Foto 2 y Anexo C, P-10, Columna Estratigráfica Local).

La expansión urbana se desarrolla principalmente sobre depósitos aluviales (Qh-al) y coluvio - aluviales (Qh-co/al), que cubren gran parte de la Formación Chota y el Volcánico Huambos; pero cabe mencionar que, los depósitos cuaternarios tienen un espesor muy variable, que va desde 10 cm hasta decenas de metros. (Ver Anexo B, P-04, Plano Geológico).

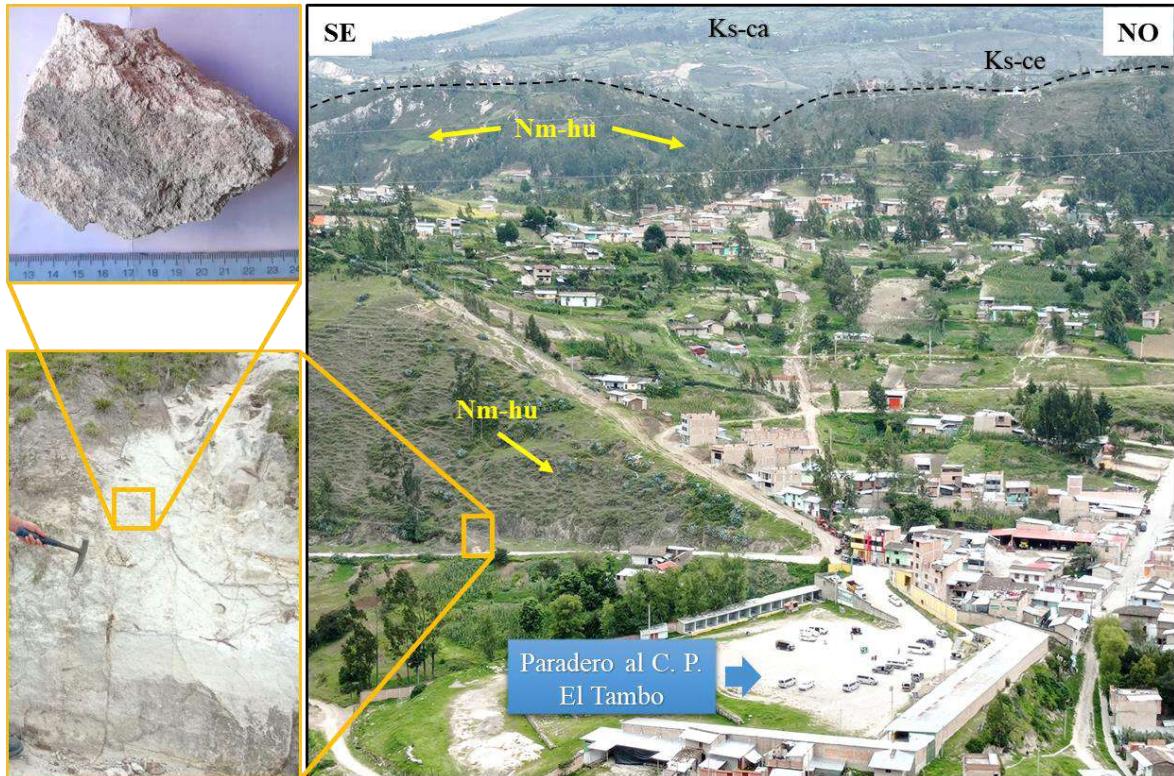


Foto 2. Afloramiento de las Formaciones Cajamarca, Celendín y el Volcánico Huambos, en la expansión urbana del distrito de Bambamarca. La foto de enfoque muestra una Toba Traquítica. Ver Descripción macroscópica de muestra en la Tabla 14.

### 3.4.1. Formación Cajamarca (Ks-ca)

Está conformada principalmente de calizas gris oscuras, intemperiza a tonos blanquecinos o gris claros, en estratos de 0.2 a 0.5 m.; su espesor promedio es de 300 m. Aflora en la parte alta y en los taludes de la carretera Bambamarca - Cajamarca.

La Formación Cajamarca tiene una litología bastante uniforme, forma escarpas o lomos prominentes que comúnmente carecen de vegetación. La Formación está limitada por contactos concordantes con la Formación Celendín en la parte superior y con el Grupo Quilquiñán en la base. (Wilson, 1984). (Ver Foto 3).



Foto 3. Estratos de caliza de la Formación Cajamarca. Azimut N353°/44°.  
(Este: 771751, Norte: 9259570).

### 3.4.2. Formación Celendín (Ks-ce)

Está compuesta por capas delgadas de caliza nodular arcillosa de 2 a 5 cm, intercaladas con niveles de margas y arcillitas fosilíferas de color amarillento (predominan sobre las calizas). Su espesor promedio es de 150 m. (Ver Foto 4).

La Formación suprayace concordante a la Formación Cajamarca y el contacto superior es una discordancia paralela sobre la cual yacen los conglomerados y areniscas de la Formación Chota. (Wilson, 1984).



Foto 4. Intercalación de margas y arcillitas altamente meteorizadas de la Formación Celendín.  
(Este: 772432, Norte: 9260368). Ver Descripción macroscópica en la Tablas 11 y 12.

Tabla 11. Descripción macroscópica de rocas de la Formación Celendín - Marga.



| CARACTERÍSTICAS   |  |
|---|--|
| Color sup. intemperizada: Gris parduzco<br>Color sup. fresca: Amarillento<br>Brillo: Opaco<br>Dureza: 3<br>Raya: Blanca<br>Fractura: Irregular<br>Espesor de estratos: 0.15-0.30 m.<br>Presencia de fósiles: No<br>Reacción con HCl: Sí |  |
| Nombre de la Roca   |  |
| Marga   |  |

Tabla 12. Descripción macroscópica de rocas de la Formación Celendín - Arcillita.


| CARACTERÍSTICAS   |  |
|---|--|
| Color sup. intemperizada:<br>Gris parduzco<br>Color sup. fresca: Gris<br>Brillo: Opaco<br>Dureza: 3<br>Raya: Blanca<br>Fractura: Irregular<br>Espesor de estratos: 0.03-0.10 m.<br>Presencia de fósiles: No<br>Reacción con HCl: No |  |
| Nombre de la Roca   |  |
| Arcillita   |  |

### 3.4.3. Formación Chota (Pe-cho)

La Formación Chota yace, con discordancia paralela, sobre capas correspondientes a las Formaciones Cajamarca y Celendín. La Formación Chota está limitada en la parte superior por discordancia angular con el Volcánico Huambos. (Wilson, 1984).

Está conformada por areniscas arcósicas y conglomerados. En algunos lugares consta de flujos piroclásticos redepositados con líticos sub - redondeados de color gris blanquecinos y oscuros, con lentes conglomerádicos y niveles de tobas riolíticas de cristales cuarzo redondeado. (INGEMMET, 2013).

Tabla 13. Descripción macroscópica de rocas de la Formación Chota.

|  |                       |   |
|--|-----------------------|---|
| I. ASPECTOS GENERALES                            |                       |  |
| Color de sup. intemperizada:<br>Gris blanquecino |                       |   |
| Color de sup. fresca: Gris claro                 |                       |   |
| Brillo: Terroso                                  |                       |   |
| Dureza: 2  |                       |   |
| Porosidad: Presenta                              |                       |   |
| Reacción con HCl: No reacciona                   |                       |   |
| II. TEXTURA Y ESTRUCTURA                         |                       | III. COMPOSICIÓN (%)  |
| Tamaño de grano: Arena (0.075-4.75mm)            |                       | Fragmentos de Roca: Gravas sub redondeadas  |
| Esfericidad                                      | Grado: Esférico       | Matriz: Arcilla 5%, Limo 10 %, Arena 65%.   |
|  | Coefficiente: 4.5     | Pirita: -   |
| Redondez   | Grado: sub redondeado | Óxidos de Hierro: 5%  |
|  | Coefficiente: 3.5     | Óxidos de Manganeso:  |
| Cementante y/o matriz: Matriz                    |                       | Fósiles: -  |
| Fábrica: Clástica                                |                       | Otros: 15% de Fragmentos de roca  |
| Nombre de la roca: Arcosa Lítica                 |                       |   |

Fuente: Tomado y modificado del formato de clasificación de rocas detríticas de Arapa, (2016).

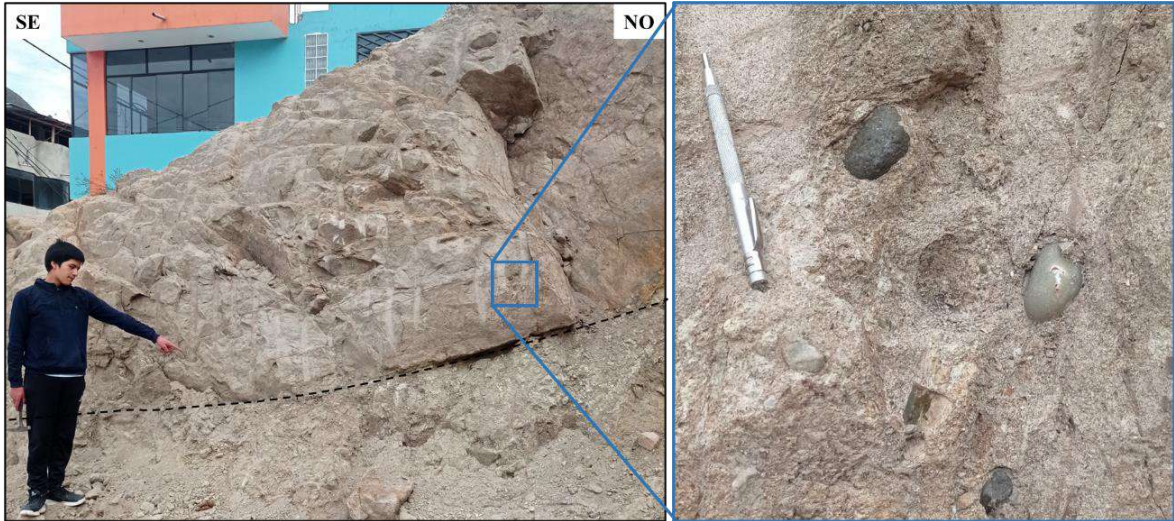


Foto 5. Estratos de la Formación Chota, donde se observan areniscas y gravas sub redondeadas (Este: 774075, Norte: 9260326).


#### 3.4.4. Volcánico Huambos (Nm-hu)

Conformada por flujos piroclásticos de tobas andesíticas y traquíticas gris blanquecinas a amarillentas, con abundantes cristales y fragmentos líticos, afaníticos y porfiríticos. Tiene un espesor aprox. de 150 m. (INGEMMET, 2013). Aflora en mayor proporción a las formaciones Cajamarca, Celendín y Chota; así también debido a su contenido de arcillas, limos y arenas, se encuentran varias canteras y hornos donde se elaboran ladrillos artesanales. Ver Anexo C, P-10, Columna Estratigráfica Local.



Foto 6. Afloramiento de tobas gris blanquecinas del Volcánico Huambos.

Tabla 14. Descripción macroscópica de rocas del Volcánico Huambos.

| Toba Traquítica   | Descripción   |
|---|---|
|  | <p style="text-align: center;">Aspectos Generales</p> <p>Color en sup. intemperizada: Gris oscura<br/>Color en sup. fresca: Gris blanquecina</p>  |
|   | <p style="text-align: center;">Textura</p> <p>Grado de cristalización: Merocristalina<br/>Tamaño de los cristales: Fanerítica<br/>Forma de los cristales: Anhedrales</p>  |
|   | <p style="text-align: center;">Composición mineralógica</p> <p><i>Minerales primarios</i></p> <p>Cuarzo: 3%<br/>Plagioclasa: 17%<br/>Feldspatos: 25%</p> <p><i>Minerales secundarios</i></p> <p>Horblenda: 5%<br/>Matriz: 55%</p> |

### 3.4.5. Depósitos Cuaternarios

Son sedimentos de cobertura, conformados por diversos materiales geológicos, generalmente no consolidados. Es el resultado de la acumulación de sedimentos en las depresiones del terreno, provocados por la actividad fluvial o gravedad. Se distribuyen de forma irregular suprayacendo a las Formaciones Cajamarca, Celendín, Chota y Volcánico Huambos.

#### 3.4.5.1. Depósitos Aluviales (Qh-al)

Depósitos que se forman por materiales transportados y depositados por el agua, suelen ubicarse en superficies topográficas amplias y quebradas. Tienen mayor espesor que los depósitos coluviales y forman terrazas más desarrolladas. Están compuestos por detritos mal clasificados conformados por gravas, arenas y arcillas, englobados en una matriz arenosa y/o arcillosa. La ciudad de Bambamarca, está cimentada en gran parte en este tipo de depósitos.

#### 3.4.5.2. Depósitos Coluvio - aluviales (Qh-co/al)

Depósitos que se forman por materiales transportados y depositados por el agua (aluviales) y gravedad (coluviales), conformados por gravas, arenas y arcillas, englobados en una matriz arenosa y/o arcillosa. Así, estos depósitos presentan tanto material de origen coluvial como aluvial, con intercalaciones no muy claras entre estos; por lo tanto, se agrupa en un solo, denominado depósito coluvio - aluvial. (Ver Foto 7).

#### 3.4.5.3. Depósitos Fluviales (Qh-fl)

Están conformados por materiales con bastante transporte, con clastos redondeados a sub redondeados. Estos depósitos están conformados por arenas, limos y gravas dispuestas en forma subhorizontal. Estos depósitos se encuentran distribuidos a lo largo del cauce del río Llaucano, formando terrazas fluviales.

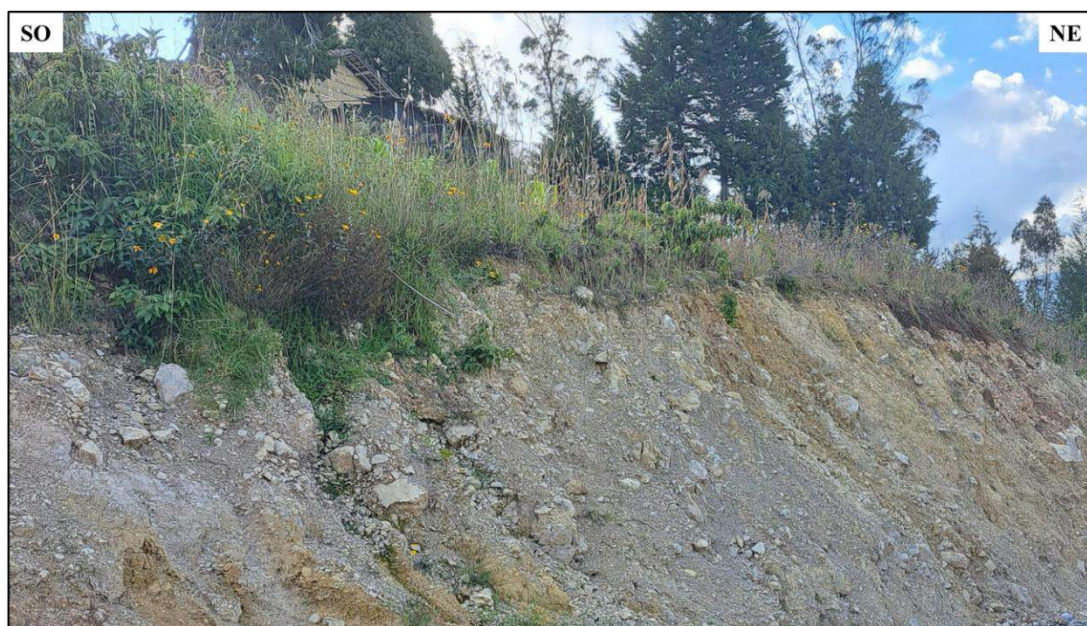


Foto 7. Depósitos coluvio - aluviales en el talud de la trocha carrozable al Centro Poblado Frutillo Bajo (Este: 772671, Norte: 9259490).

### 3.5. UNIDADES MORFOGENÉTICAS

Teniendo en cuenta que el área de estudio es relativamente pequeña, para clasificar las geoformas o unidades morfo genéticas, se utilizan los conceptos y la tabla de clasificación para unidades morfológicas (Ver Figura 15), establecida por Rodríguez (2016), dónde

considera planicies, lomadas, laderas y escarpas. (Ver Anexo B, P-05, Plano de Unidades Morfogenéticas).

| TIPO DE RELIEVE           | GEOMETRÍA | LITOLOGÍA                 | ORIGEN                                 | EDAD DE LA LITOLOGÍA |       |      |
|---------------------------|-----------|---------------------------|--|----------------------|-------|------|
|                           |           |                           |  | PERIODO              | ÉPOCA | EDAD |
| UNIDAD MORFOGENÉTICA (UM) | PENDIENTE | ASOCIADA A SU COMPOSICIÓN | ASOCIADO AL EVENTO O PROCESO GEOLÓGICO |                      |       |      |
| Planicies                 | 0° - 8°   |                           |  |                      |       |      |
| Lomadas                   | 8° - 20°  |                           |  |                      |       |      |
| Laderas                   | 20° - 50° |                           |  |                      |       |      |
| Escarpas                  | > 50°     |                           |  |                      |       |      |

Figura 15. Clasificación para Unidades Morfogenéticas.  
Fuente: Tomado de Rodríguez (2016).

### 3.5.1. Planicies

Se denomina planicie a una superficie bastante homogénea, con un rango de pendientes de 0° a 8°, poco cambiante en su morfología, ligeramente ondulada, poca erosión actual y fácil de manejar para actividades agrícolas y ganaderas. Comprende áreas distribuidas en el cauce de ríos y quebradas, relacionadas con los depósitos fluviales y coluviales principalmente; pero puede encontrarse en cualquier lugar del área de estudio.



Foto 8. Planicie en depósitos cuaternarios. (Este: 772750, Norte: 9260277).

### 3.5.2. Lomadas

Las lomadas o colinas, se definen como pequeñas elevaciones homogéneas, de pendientes suaves, con geoformas de tendencia cómica. Su rango de inclinación está entre  $8^\circ$  y  $20^\circ$ , y sirven parcialmente como terrenos de pastoreo, agricultura y ganadería. Estas geoformas se encuentran en gran parte del área de estudio, principalmente entre la carretera Bambamarca - Cajamarca y el estadio municipal El Frutillo.

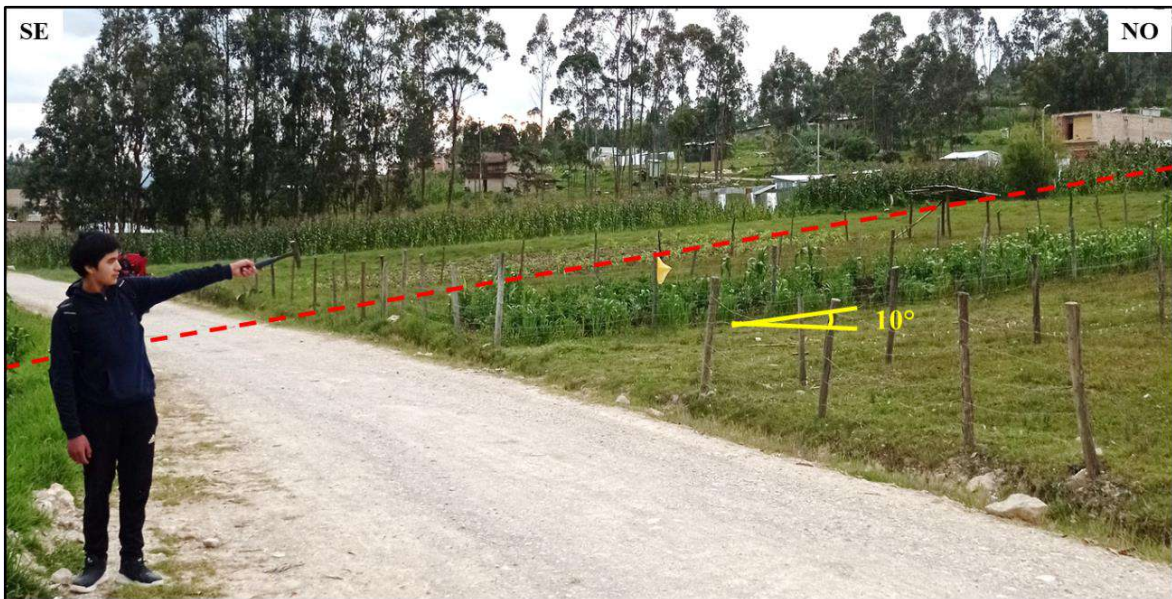


Foto 9. Lomada en depósitos cuaternarios, ubicada entre el Estadio Municipal y la carretera Bambamarca - Cajamarca. (Este: 772673, Norte: 9260085).

### 3.5.3. Laderas

Referido a superficies inclinadas, con pendientes de  $20^\circ$  a  $50^\circ$  y pueden afectar a cualquier tipo de litología. Se encuentran principalmente en el Volcánico Huambos; pero abarcan parcialmente todas las Formaciones geológicas. (Ver Foto 10).

### 3.5.4. Escarpas

Se define como fuerte desnivel entre dos puntos o dos superficies no necesariamente planas, con un intervalo de inclinación mayor a  $50^\circ$ . Con esta pendiente hay mayor tendencia a la inestabilidad, produciéndose deslizamientos; pero, principalmente volteos y derrumbes. En la zona de estudio hay pocas escarpas, tal como se muestra en el

Anexo B, Plano de Unidades Morfogénicas (P-05), evidenciándose principalmente en la margen izquierda y derecha del río Llaucano. (Ver Foto 11).



Foto 10. Laderas en Zona de Expansión Urbana al S de la ciudad de Bambamarca, entre el Coso Taurino y el paradero El Tambo (Este: 773860, Norte: 9259904).

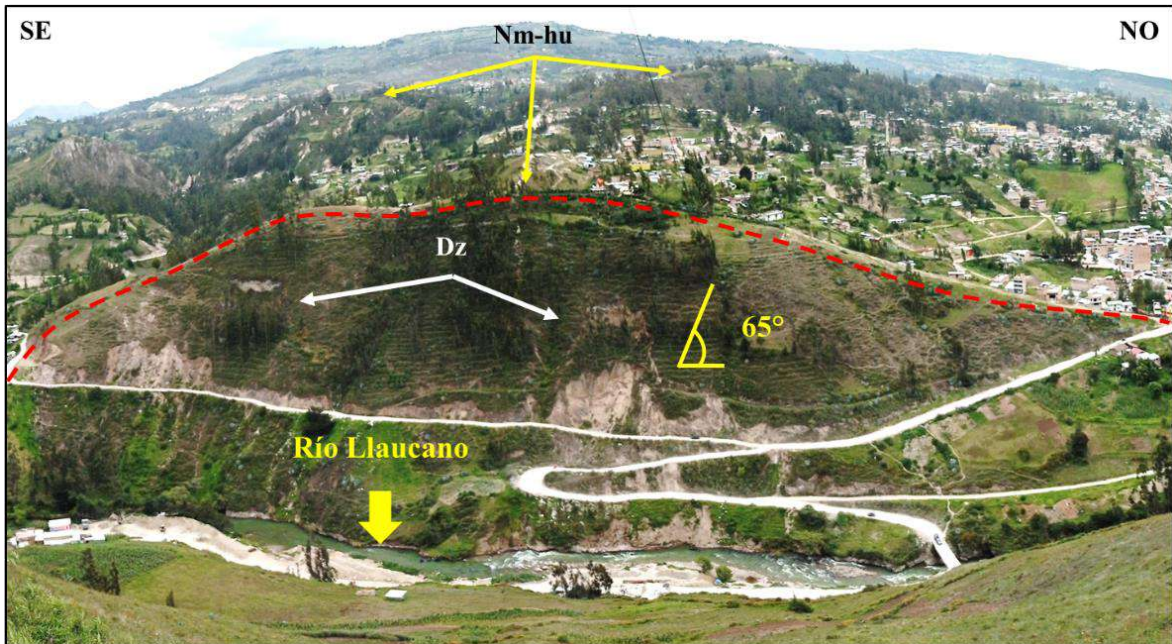


Foto 11. Escarpas en el Volcánico Huambos, se observa dos deslizamientos con dirección de flujo Oeste - Este, hacia el río Llaucano (Este: 774460, Norte: 9259402).

Finalmente, se presenta la tabla de Clasificación para Unidades Morfogenéticas, donde la Edad, Época y Periodo de la litología se describe de acuerdo a las unidades geocronológicas presentadas por Herrera (2012).

Tabla 15. Clasificación para Unidades Morfogenéticas en la zona de investigación.

| <b>Tipo de relieve</b>                      | <b>Geometría</b>             | <b>Litología</b>                 | <b>Origen</b>                                 | <b>Edad de la litología</b> |              |   |
|---|------------------------------|----------------------------------|---|-----------------------------|--------------|---|
| <b>Unidad morfogenética (UM)</b>            | <b>Pendiente (°)</b>         | <b>Asociada a su composición</b> | <b>Asociado al evento o proceso geológico</b> | <b>Periodo</b>              | <b>Época</b> | <b>Edad</b>   |
| Planicies<br>Lomadas                        | 0-8<br>8-20                  | Depósitos<br>Co-al, Al.          | Transportados                                 | Cuaternario                 | Holoceno     | Versiliano  |
| Planicies<br>Lomadas<br>Laderas<br>Escarpas | 0-8<br>8-20<br>20-50<br>> 50 | Volcánico Huambos                | Volcánico                                     | Neógeno                     | Mioceno      | Tortoniano<br>Serravaliano<br>Langhiano   |
| Planicies<br>Lomadas<br>Laderas             | 0-8<br>8-20<br>20-50         | Formación Chota                  | Sedimentario                                  | Paleógeno                   | Paleoceno    | Thanetiano<br>Selandiano<br>Daniano<br>Maastrichtiano<br>Campaniano<br>Santoniano |
| Planicies<br>Lomadas<br>Laderas             | 0-8<br>8-20<br>20-50         | Formación Celendín               | Sedimentario                                  | Cretácico                   | Superior     | Santoniano<br>Coniaciano  |
| Planicies<br>Lomadas<br>Laderas<br>Escarpas | 0-8<br>8-20<br>20-50<br>> 50 | Formación Cajamarca              | Sedimentario                                  | Cretácico                   | Superior     | Turoniano   |

Fuente: Tomado y modificado de Rodríguez, (2016). Data del tesista.

### **3.6. GEOLOGIA ESTRUCTURAL**

La geología estructural regional está controlada por plegamientos y fallamientos que forman cuencas intermontañas con dirección NO-SE, NE-SO y N-S; que se originaron por esfuerzos tectónicos compresivos durante procesos orogénicos. Según el INGEMMET y la verificación en campo, las estructuras más importantes son las fallas inversas y plegamientos con dirección NO-SE, que afectan a las Formaciones Sedimentarias circundantes al área de investigación. Así el drenaje y los valles están controlados por direcciones NO-SE; pero también por direcciones NE-SO, como es el caso del río Llaucano. La intersección de los ríos Llaucano (NE-SO) y el río Maygasbamba (NO-SE) delimitan el depósito coluvio - aluvial, donde se ubica la ciudad de Bambamarca.

#### **3.6.1. Plegamientos**

La expansión urbana al SO de la ciudad de Bambamarca se desarrolla sobre el flanco derecho (con vista al NO) del anticlinal regional NO-SE, con el eje de la charnela ubicada al SO de la ciudad de Bambamarca; además está cubierta por depósitos cuaternarios. En taludes ubicados en el Centro Poblado Frutillo Bajo, en la carretera Bambamarca - Cajamarca se encuentran estratos de la Formación Cajamarca, que tienen una orientación de NO-SE y buzamientos que varían de 40° - 44°.

#### **3.6.2. Fallas**

La zona de estudio está dominada por fallas regionales; así al NE está la falla normal NO-SE con una extensión de 6.6 km, al NO esta la falla inversa NO-SE con una extensión de 2.2 km. En ese panorama se confirma el dominio estructural NO-SE, evidenciándose en fallas locales, desarrolladas principalmente en las Formaciones Carbonatadas y la Formación Chota.

En la calle Prolongación Leguía de la ciudad de Bambamarca, se muestra un talud de 3 metros de altura (Típico corte de nivelación al costado de la calle para cimentar infraestructura) conformada por areniscas de la Formación Chota, se encuentran fallas normales con azimut 355°/60°, ver Foto 12.

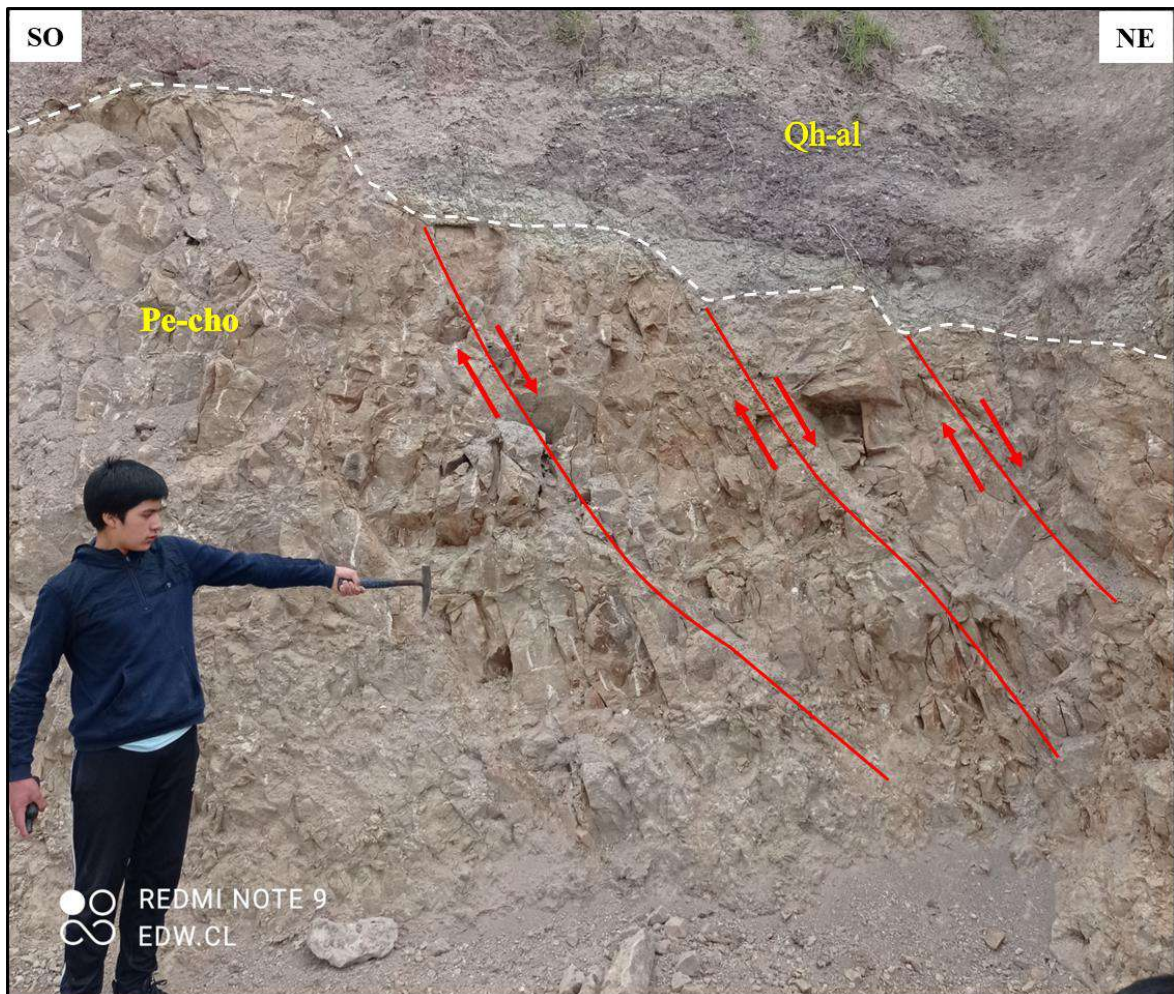


Foto 12. Fallas normales en areniscas de la Formación Chota (Este: 774065, Norte: 9260325).

### 3.7. GEODINÁMICA

Se evidencian dos deslizamientos (Dz) y un paleodeslizamientos (P-Dz), que tienen una dirección de desplazamiento NO-SE, de corona al pie (Ver Anexo B, P-07, Plano Geodinámico).

#### 3.7.1. Deslizamiento N° 1 (Dz N° 1)

Evento originado sobre el Volcánico Huambos, ubicado al SO de la ciudad de Bambamarca, en el km 10 de la carretera que va al poblado de Chilcapampa y pasa a pocos m. de la corona del deslizamiento, se puede apreciar el escarpe principal de 20 m. aprox. y escarpes retrogresivos secundarios menores, presenta una rotura cilíndrica, típica de los deslizamientos rotacionales, la longitud total es de 200 m aprox., el ancho de la superficie

de falla es de 250 m. aprox., el pie de falla da a la quebrada Chilcapampa, donde parte del cuerpo principal ha sido erosionado. El deslizamiento rotacional retrogresivo con dirección NO-SE, se encuentra reactivado y es de clase 5 (lento), con un movimiento que va desde 1.6 m/año - 13 m/mes, en la Clasificación de velocidades propuesta por la Comisión del inventario mundial de movimientos de ladera de la UNESCO y modificada por Chacón (2012). (Ver Tabla 16).



Foto 13. Deslizamiento rotacional progresivo y retrogresivo sobre el Volcánico Huambos.

### 3.7.2. Deslizamiento N° 2 (Dz N° 2)

Evento originado sobre el Volcánico Huambos, ubicado al S de la ciudad de Bambamarca, a la margen izquierda del río Llaucano, se evidencia un deslizamiento de tipo rotacional con un escarpe principal de 7 m. aprox., la longitud total es de 135 m aprox., el ancho de la superficie de falla es de 65 m. aprox., el pie de falla da a la carretera que va al distrito de Llaucán, además la carretera a Chilcapampa corta entre el cuerpo y el pie del Deslizamiento. La dirección del movimiento, de cabeza a pie, es de NO-SE, se encuentra reactivado y es de clase 5 (lento), con un movimiento que va desde 1.6 m/año - 13 m/mes. (Ver Tabla 17).

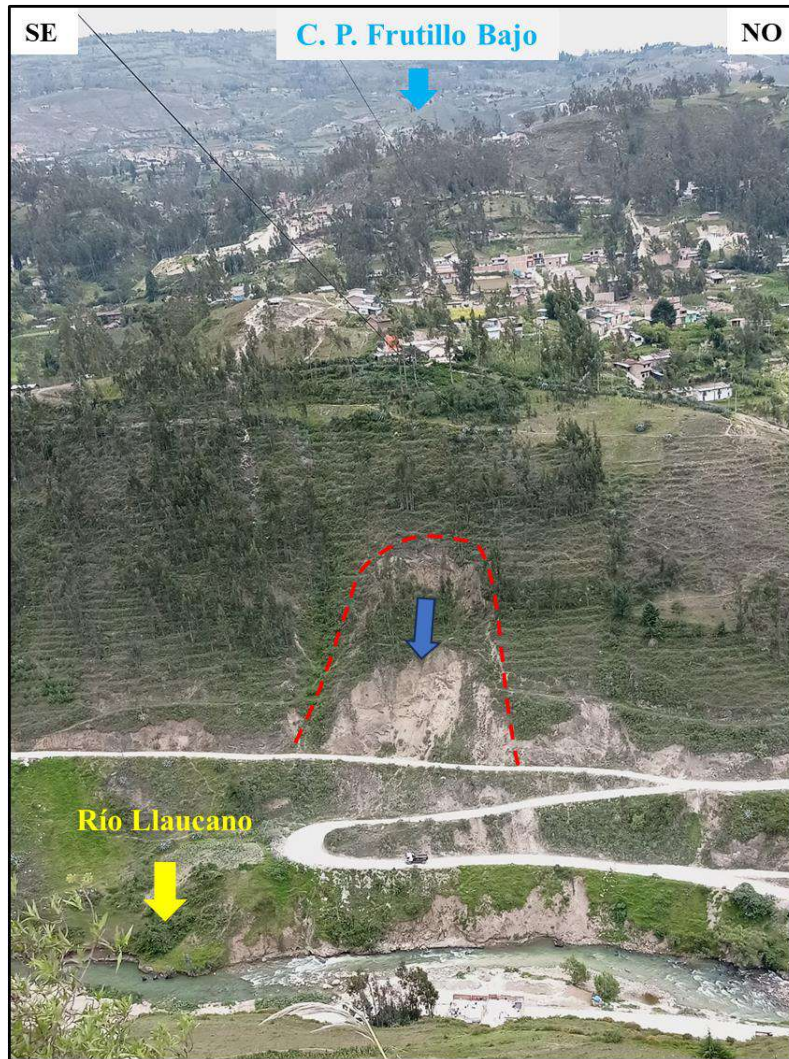


Foto 14. Deslizamiento rotacional sobre el Volcánico Huambos.

### 3.7.3. Paleodeslizamiento N° 3 (P-Dz N° 3)

Evento originado sobre el Volcánico Huambos, ubicado al S de la ciudad de Bambamarca, a la margen izquierda del río Llaucano, se evidencia un P-Dz de tipo rotacional, con una longitud total de 630 m aprox., un ancho de la superficie de falla equivalente a 420 m. aprox.; además se evidencia que, en la base del P-Dz se ha formado un cono coluvio - aluvial producto del material desplazado y la posterior acumulación de materiales. El movimiento del Paleodeslizamiento es en dirección NO-SE, y es de clase 7 (extremadamente lento), con un movimiento que va desde <16 m/año, sin afectación a las infraestructuras existentes. (Ver Tabla 18).



Foto 15. Paleodeslizamiento rotacional sobre el Volcánico Huambos y viviendas construidas sobre el cuerpo principal del paleodeslizamiento.

De acuerdo a la descripción del Dz N° 1, Dz N° 2 y P-Dz N° 3, donde los dos primeros ocurrieron recientemente (Sin fecha exacta), se evidencia que la geodinámica es intensa en la zona de investigación, y se desarrolla principalmente en el Volcánico Huambos; conformado por flujos piroclásticos de tobas andesíticas y traquíticas, altamente meteorizadas.

Tabla 16. Registro de recolección de datos para el deslizamiento N° 1.

| DESLIZAMIENTO                           |  |                                     |   |                                  |                                      |                            |                                   |
|---|--|-------------------------------------|---|----------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| Código                                  | Dz N° 1  | Coordenada Este                     | 773364                                  | Coordenada Norte                 | 9259024                              | Cota                       | 2622 msnm                         |
| DIMENSIONES (m)                         |  |                                     |   |                                  |                                      |                            |                                   |
| Ancho de la masa desplazada (Wd)        | Ancho de la superficie de falla (Wr)                 | Longitud de la masa desplazada (Ld) | Longitud de la superficie de falla (Lr) | Prof. de la masa desplazada (Dd) | Prof. de la superficie de falla (Dr) | Longitud total (L)         | Longitud de la línea central (Lc) |
| 240                                     | 250  | 170                                 | 180                                     | 35                               | 25                                   | 200                        | 140                               |
| MOVIMIENTO                              |  |                                     |   |                                  |                                      |                            |                                   |
| Material                                |  |                                     |   | Tipo                             |                                      |                            |                                   |
| Roca                                    |  | Suelo                               |   | Deslizamiento Rotacional         |                                      | Deslizamiento Traslacional |                                   |
|   |  | X                                   |   | X                                |                                      |                            |                                   |
| CAUSAS DEL MOVIMIENTO                   |  |                                     |   |                                  |                                      |                            |                                   |
| Condicionante                           | Evento   |                                     |   | Detonante                        | Estado de la Actividad               |                            |                                   |
|   | Lluvias  |                                     |   | X                                | Activo                               |                            |                                   |
| X                                       | Gravedad   |                                     |   |                                  | Reactivado                           |                            |                                   |
|   | Vibración artificial (explosiones, sismicidad, otro) |                                     |   |                                  | Suspendido                           |                            |                                   |
|   | Minería  |                                     |   |                                  | Inactivo                             |                            |                                   |
| X                                       | Socavación del pie del talud por corriente de agua   |                                     |   |                                  | Dormido                              |                            |                                   |
|   | Excavación del pie del talud                         |                                     |   |                                  | Abandonado                           |                            |                                   |
|   | Carga en la corona                                   |                                     |   |                                  | Estabilizado                         |                            |                                   |
|   | Sismicidad   |                                     |   | X                                | Relicto                              |                            |                                   |
|   | Erosión subterránea                                  |                                     |   |                                  | Secuencia de Repetición              |                            |                                   |
|   | Irrigación   |                                     |   |                                  | Progresivo                           |                            | X                                 |
|   | Mantenimiento deficiente del sistema de drenaje      |                                     |   |                                  | Retrogresivo                         |                            |                                   |
|   | Escape de aguas de tubería                           |                                     |   |                                  | Ampliándose                          |                            |                                   |
|   | Material meteorizado                                 |                                     |   |                                  | Alargándose                          |                            |                                   |
|   | Material fisurado o agrietado                        |                                     |   |                                  | Confinado                            |                            |                                   |
|   | Deforestación o ausencia de vegetación               |                                     |   |                                  | Disminuyendo                         |                            |                                   |
| HUMEDAD                                 |  |                                     |   |                                  |                                      |                            |                                   |
| Seco                                    |  | Húmedo                              |   | Mojado                           |                                      | Muy mojado                 |                                   |
|   |  |                                     |   | X                                |                                      |                            |                                   |
| ESTILO DEL EVENTO                       |  |                                     |   | IMPORTANCIA                      |                                      |                            |                                   |
| Complejo                                |  |                                     |   | Muy alta                         |                                      |                            |                                   |
| Compuesto                               |  | X                                   |   | Alta                             |                                      |                            |                                   |
| Múltiple                                |  |                                     |   | Media                            |                                      |                            |                                   |
| Sencillo                                |  |                                     |   | Baja                             |                                      |                            |                                   |
| UNIDAD MORFOGENÉTICA Y ÁNGULO DE REPOSO |  |                                     |   |                                  |                                      |                            |                                   |
| Planicie                                |  | Lomada                              |   | Ladera                           |                                      | Escarpa                    |                                   |
| 0° - 8°                                 |  | 8° - 20°                            |   | 20° - 50°                        |                                      | > 50°                      |                                   |
|   |  |                                     |   | X                                |                                      |                            |                                   |

Fuente: Tomado y modificado de Suárez, (2009) y Rodríguez, (2016). Data del tesista.

Tabla 17. Registro de recolección de datos para el deslizamiento N° 2.

| DESPLAZAMIENTO                          |  |                                     |   |                                  |                                      |                            |                                   |
|---|--|-------------------------------------|---|----------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| Código                                  | Dz N° 2  | Coordenada Este                     | 774126                                  | Coordenada Norte                 | 9259445                              | Cota                       | 2550 msnm                         |
| DIMENSIONES (m)                         |  |                                     |   |                                  |                                      |                            |                                   |
| Ancho de la masa desplazada (Wd)        | Ancho de la superficie de falla (Wr)                 | Longitud de la masa desplazada (Ld) | Longitud de la superficie de falla (Lr) | Prof. de la masa desplazada (Dd) | Prof. de la superficie de falla (Dr) | Longitud total (L)         | Longitud de la línea central (Lc) |
| 65                                      | 53   | 128                                 | 100                                     | 15                               | 13                                   | 135                        | 114                               |
| MOVIMIENTO                              |  |                                     |   |                                  |                                      |                            |                                   |
| Material                                |  |                                     |   | Tipo                             |                                      |                            |                                   |
| Roca                                    |  | Suelo                               |   | Deslizamiento Rotacional         |                                      | Deslizamiento Traslacional |                                   |
|   |  | X                                   |   | X                                |                                      |                            |                                   |
| CAUSAS DEL MOVIMIENTO                   |  |                                     |   |                                  |                                      |                            |                                   |
| Condicionante                           | Evento   |                                     |   | Detonante                        | Estado de la Actividad               |                            |                                   |
|   | Lluvias  |                                     |   | X                                | Activo                               |                            |                                   |
| X                                       | Gravedad   |                                     |   |                                  | Reactivado                           |                            |                                   |
|   | Vibración artificial (explosiones, sismicidad, otro) |                                     |   |                                  | Suspendido                           |                            |                                   |
|   | Minería  |                                     |   |                                  | Inactivo                             |                            |                                   |
| X                                       | Socavación del pie del talud por corriente de agua   |                                     |   |                                  | Dormido                              |                            |                                   |
|   | Excavación del pie del talud                         |                                     |   |                                  | Abandonado                           |                            |                                   |
|   | Carga en la corona                                   |                                     |   |                                  | Estabilizado                         |                            |                                   |
|   | Sismicidad   |                                     |   | X                                | Relicto                              |                            |                                   |
|   | Erosión subterránea                                  |                                     |   |                                  | Secuencia de Repetición              |                            |                                   |
|   | Irrigación   |                                     |   |                                  | Progresivo                           |                            |                                   |
|   | Mantenimiento deficiente del sistema de drenaje      |                                     |   |                                  | Retrogresivo                         |                            |                                   |
|   | Escape de aguas de tubería                           |                                     |   |                                  | Ampliándose                          |                            |                                   |
|   | Material meteorizado                                 |                                     |   |                                  | Alargándose                          |                            |                                   |
|   | Material fisurado o agrietado                        |                                     |   |                                  | Confinado                            |                            |                                   |
|   | Deforestación o ausencia de vegetación               |                                     |   |                                  | Disminuyendo                         |                            |                                   |
| HUMEDAD                                 |  |                                     |   |                                  |                                      |                            |                                   |
| Seco                                    |  | Húmedo                              |   | Mojado                           |                                      | Muy mojado                 |                                   |
|   |  | X                                   |   |                                  |                                      |                            |                                   |
| ESTILO DEL EVENTO                       |  |                                     |   | IMPORTANCIA                      |                                      |                            |                                   |
| Complejo                                |  |                                     |   | Muy alta                         |                                      |                            |                                   |
| Compuesto                               |  | X                                   |   | Alta                             |                                      |                            |                                   |
| Múltiple                                |  |                                     |   | Media                            |                                      |                            |                                   |
| Sencillo                                |  |                                     |   | Baja                             |                                      |                            |                                   |
| UNIDAD MORFOGENÉTICA Y ÁNGULO DE REPOSO |  |                                     |   |                                  |                                      |                            |                                   |
| Planicie                                |  | Lomada                              |   | Ladera                           |                                      | Escarpa                    |                                   |
| 0° - 8°                                 |  | 8° - 20°                            |   | 20° - 50°                        |                                      | > 50°                      |                                   |
|   |  |                                     |   |                                  |                                      | X                          |                                   |

Fuente: Tomado y modificado de Suárez, (2009) y Rodríguez, (2016). Data del tesista.

Tabla 18. Registro de recolección de datos para el deslizamiento N° 3.

| DESLIZAMIENTO                           |  |                                    |   |                                  |                                      |                            |                                   |
|---|--|------------------------------------|---|----------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| Código                                  | Dz N° 3  | Coordenada Este                    | 773994                                  | Coordenada Norte                 | 9259761                              | Cota                       | 2589 msnm                         |
| DIMENSIONES (m)                         |  |                                    |   |                                  |                                      |                            |                                   |
| Ancho de la masa desplazada (Wd)        | Ancho de la superficie de falla (Wr)                 | Longitud de la masa deslizada (Ld) | Longitud de la superficie de falla (Lr) | Prof. de la masa desplazada (Dd) | Prof. de la superficie de falla (Dr) | Longitud total (L)         | Longitud de la línea central (Lc) |
| 420                                     | 270  | 430                                | 480                                     | 70                               | 80                                   | 630                        | 600                               |
| MOVIMIENTO                              |  |                                    |   |                                  |                                      |                            |                                   |
| Material                                |  |                                    |   | Tipo                             |                                      |                            |                                   |
| Roca                                    |  | Suelo                              |   | Deslizamiento Rotacional         |                                      | Deslizamiento Traslacional |                                   |
|   |  | X                                  |   | X                                |                                      |                            |                                   |
| CAUSAS DEL MOVIMIENTO                   |  |                                    |   |                                  |                                      |                            |                                   |
| Condicionante                           | Evento   |                                    |   | Detonante                        | Estado de la Actividad               |                            |                                   |
|   | Lluvias  |                                    |   | X                                | Activo                               |                            |                                   |
| X                                       | Gravedad   |                                    |   |                                  | Reactivado                           |                            |                                   |
|   | Vibración artificial (explosiones, sismicidad, otro) |                                    |   |                                  | Suspendido                           |                            |                                   |
|   | Minería  |                                    |   |                                  | Inactivo                             |                            |                                   |
| X                                       | Socavación del pie del talud por corriente de agua   |                                    |   |                                  | Dormido                              |                            |                                   |
|   | Excavación del pie del talud                         |                                    |   |                                  | Abandonado                           |                            |                                   |
|   | Carga en la corona                                   |                                    |   |                                  | Estabilizado                         |                            |                                   |
|   | Sismicidad   |                                    |   | X                                | Relicto                              |                            | X                                 |
|   | Erosión subterránea                                  |                                    |   |                                  | Secuencia de Repetición              |                            |                                   |
|   | Irrigación   |                                    |   |                                  | Progresivo                           |                            |                                   |
|   | Mantenimiento deficiente del sistema de drenaje      |                                    |   |                                  | Retrogresivo                         |                            |                                   |
|   | Escape de aguas de tubería                           |                                    |   |                                  | Ampliándose                          |                            |                                   |
| X                                       | Material meteorizado                                 |                                    |   |                                  | Alargándose                          |                            |                                   |
|   | Material fisurado o agrietado                        |                                    |   |                                  | Confinado                            |                            |                                   |
|   | Deforestación o ausencia de vegetación               |                                    |   |                                  | Disminuyendo                         |                            | X                                 |
| HUMEDAD                                 |  |                                    |   |                                  |                                      |                            |                                   |
| Seco                                    |  | Húmedo                             |   | Mojado                           |                                      | Muy mojado                 |                                   |
|   |  | X                                  |   |                                  |                                      |                            |                                   |
| ESTILO DEL EVENTO                       |  |                                    |   | IMPORTANCIA                      |                                      |                            |                                   |
| Complejo                                |  |                                    |   | Muy alta                         |                                      | X                          |                                   |
| Compuesto                               |  | X                                  |   | Alta                             |                                      |                            |                                   |
| Múltiple                                |  |                                    |   | Media                            |                                      |                            |                                   |
| Sencillo                                |  |                                    |   | Baja                             |                                      |                            |                                   |
| UNIDAD MORFOGENÉTICA Y ÁNGULO DE REPOSO |  |                                    |   |                                  |                                      |                            |                                   |
| Planicie                                |  | Lomada                             |   | Ladera                           |                                      | Escarpa                    |                                   |
| 0° - 8°                                 |  | 8° - 20°                           |   | 20° - 50°                        |                                      | > 50°                      |                                   |
|   |  | X                                  |   |                                  |                                      |                            |                                   |

Fuente: Tomado y modificado de Suárez, (2009) y Rodríguez, (2016). Data del tesista.

### 3.8. ANÁLISIS GEOMECÁNICO

Las zonas consideradas como posibles áreas inestables por deslizamientos están seleccionadas a conveniencia del tesista; y considerando principalmente los factores internos, donde las características intrínsecas y extrínsecas (litología, morfología y pendiente), sugieren zonas de probables deslizamientos que afecten la expansión urbana.

Se ubicó 4 estaciones geomecánicas (EG), una EG por cada posible área inestable por deslizamiento, donde se reconocieron superficialmente depósitos cuaternarios, que van desde los pocos centímetros hasta decenas de metros; y debajo, tobas y traquitas gris blanquecinas a amarillentas, con decenas de metros de espesor. Las muestras se enviaron al laboratorio del Grupo INGESA SAC, para un estudio de suelos, donde se determinó el contenido de humedad, gravedad específica, límites de Atterberg (LL, LP e PI), análisis granulométrico y el ensayo de corte directo. (Ver Anexo A).

Tabla 19. Ensayos de laboratorio realizados para cada estación geomecánica.

| ENSAYOS DE LABORATORIO        |                            | Und.                    | EG - 1       | EG - 2       | EG - 3       | EG - 4       |
|-------------------------------|----------------------------|-------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%)      |                            | %                       | 10.67        | 20.21        | 11.68        | 19.76        |
| GRANULOMETRÍA                 | %GRAVA                     | %                       | 1.28         | 1.7          | 1.21         | 1.32         |
|                               | %ARENA                     | %                       | 78.4         | 18.27        | 80.63        | 18.22        |
|                               | %FINOS                     | %                       | 20.32        | 80.04        | 18.16        | 80.46        |
| LÍMITE LÍQUIDO (LL)           |                            | -                       | 18           | 33           | 18           | 34           |
| LÍMITE PLÁSTICO (LP)          |                            | -                       | 13           | 18           | 13           | 18           |
| ÍNDICE DE PLASTICIDAD (PI)    |                            | -                       | 5            | 15           | 5            | 16           |
| GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SUELOS |                            | <b>kN/m<sup>3</sup></b> | <b>19.16</b> | <b>18.93</b> | <b>19.34</b> | <b>18.73</b> |
| CLASIFICACIÓN SUCS            |                            | -                       | SC-SM        | CL           | SC-SM        | CL           |
| CLASIFICACIÓN AASHTO          |                            | -                       | A-2-4(0)     | A-7-6(20)    | A-2-4(0)     | A-7-6(20)    |
| CORTE DIRECTO                 | COHESIÓN                   | <b>kN/m<sup>2</sup></b> | <b>7.85</b>  | <b>33.34</b> | <b>6.86</b>  | <b>21.57</b> |
|                               | ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA | °                       | <b>25.77</b> | <b>22.58</b> | <b>25.59</b> | <b>16.58</b> |

Además, Rodríguez (2006), realiza el Estudio de Asentamiento y Deslizamiento en la ciudad de Bambamarca, donde a partir de 22 calicatas se obtiene el cálculo de capacidad portante admisible, que se muestran en la Tabla 20. Es preciso mencionar que estos datos fueron utilizados por el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI, 2014) en el informe técnico denominado: “Mapas de peligros, vulnerabilidad y riesgos, plan de usos del suelo ante desastres, proyectos y medidas de mitigación de la ciudad de Bambamarca y Centro Poblado Llaucán”.

Tabla 20. Cálculo de capacidad portante admisible en el estudio de asentamiento y deslizamiento en la ciudad de Bambamarca.

| Zapata Mínima = 1.50 mts. |      |       |       |           |                       |                  |                             |             |       |                    |                 |                 |      | Df = 1.50 mts Zapata Míni. = 1.50 |          |          |        |  |
|---------------------------|------|-------|-------|-----------|-----------------------|------------------|-----------------------------|-------------|-------|--------------------|-----------------|-----------------|------|-----------------------------------|----------|----------|--------|--|
| CALIC.                    | EST. | PROF. | NF    | SUCS LAB. | Hs(m) Espesor Estrato | kN / m3          |                             | Fi = $\phi$ | C     | kN / m2            |                 |                 | H    | Qa = Carga Admisible kN / m2      |          |          |        |  |
|                           |      |       |       |           |                       | P.U.V. Peso Esp. | P.U.V.(Sat) Peso Especifico |             |       | Cu Coh. No Drenada | Ey Modulo Elást | Ed Mod. Edomet. |      | HANSEN                            | TERZAGHI | MEYERHOF | VESIC  |  |
| C-01                      | E1   | 15.00 |       | GC        | 3.50                  | 19.12            | 20.60                       | 36.00       | 0.00  | 0.00               | 49033.20        | 0.00            | 0.25 | 184.58                            | 648.51   | 284.89   | 284.33 |  |
| C-02                      | E1   | -3.50 |       | OL        | 3.50                  | 19.12            | 20.10                       | 23.00       | 9.81  | 0.00               | 4412.99         | 4903.32         | 0.50 | 63.19                             | 219.13   | 103.53   | 97.87  |  |
| C-03                      | E1   | -2.10 |       | OL        | 2.10                  | 17.65            | 18.60                       | 20.00       | 9.81  | 0.00               | 0.00            | 2451.66         | 0.50 | 42.43                             | 138.59   | 69.71    | 64.78  |  |
|                           | E2   | -4.20 |       | GC        | 4.20                  | 19.12            | 20.60                       | 36.00       | 0.00  | 0.00               | 49033.20        | 0.00            | 0.25 | 184.58                            | 648.51   | 284.89   | 284.33 |  |
| C-04                      | E1   | -1.70 | -1.70 | OL        | 1.70                  | 17.65            | 18.60                       | 20.00       | 9.81  | 0.00               | 0.00            | 2451.66         | 0.50 | 42.43                             | 138.59   | 69.71    | 64.78  |  |
|                           | E2   | -2.80 | -2.30 | CL        | 1.10                  | 20.59            | 21.60                       | 24.00       | 34.32 | 0.00               | 14709.90        | 15690.60        | 0.50 | 128.51                            | 439.55   | 219.55   | 195.24 |  |
| C-05                      | E1   | -1.60 |       | CH        | 1.60                  | 17.65            | 18.60                       | 20.00       | 9.81  | 0.00               | 0.00            | 2451.66         | 0.50 | 42.43                             | 138.59   | 69.71    | 64.78  |  |
|                           | E2   | -3.60 | -3.50 | CL        | 2.00                  | 20.59            | 21.60                       | 24.00       | 34.32 | 0.00               | 14709.90        | 15690.60        | 0.50 | 121.53                            | 419.24   | 208.90   | 186.00 |  |
| C-06                      | E1   | 4.50  |       | GC        | 4.50                  | 18.63            | 19.60                       | 33.00       | 0.00  | 0.00               | 19613.30        | 0.00            | 0.30 | 123.16                            | 419.42   | 180.34   | 189.16 |  |
| C-07                      | E1   | -3.50 | -2.60 | SC        | 3.50                  | 18.63            | 19.60                       | 33.00       | 0.00  | 0.00               | 19613.00        | 0.00            | 0.30 | 122.73                            | 417.07   | 180.02   | 188.26 |  |
| C-08                      | E1   | -3.50 | -1.30 | SC        | 3.50                  | 18.63            | 19.60                       | 33.00       | 0.00  | 0.00               | 19613.00        | 0.00            | 0.30 | 106.32                            | 343.98   | 162.36   | 158.41 |  |
| C-09                      | E1   | -0.50 |       |           |                       |                  |                             |             |       |                    |                 |                 |      |                                   |          |          |        |  |
|                           | E2   | -3.50 |       | SM        | 3.00                  | 18.63            | 19.60                       | 33.00       | 0.00  | 0.00               | 19613.30        | 0.00            | 0.30 | 124.05                            | 422.05   | 181.78   | 190.42 |  |
| C-11                      | E1   | -1.70 |       | CL        | 1.70                  | 17.65            | 18.60                       | 20.00       | 9.81  | 0.00               | 0.00            | 2451.66         | 0.50 | 42.43                             | 138.59   | 69.71    | 64.78  |  |
|                           | E2   | -3.70 |       | SC        | 2.00                  | 18.63            | 19.60                       | 33.00       | 0.00  | 0.00               | 19613.30        | 0.00            | 0.30 | 141.72                            | 477.96   | 223.14   | 214.34 |  |
| C-12                      | E1   | 6.00  |       | GM-GC     | 3.20                  | 19.12            | 20.60                       | 36.00       | 0.00  | 0.00               | 49033.20        | 0.00            | 0.25 | 184.58                            | 648.51   | 284.89   | 284.33 |  |
| C-13                      | E1   | 10.00 |       | GM-GC     | 3.20                  | 19.12            | 20.60                       | 36.00       | 0.00  | 0.00               | 49033.20        | 0.00            | 0.25 | 184.58                            | 648.51   | 284.89   | 284.33 |  |
| C-14                      | E1   | -1.90 |       | OL        | 1.90                  | 17.65            | 18.60                       | 20.00       | 9.81  | 0.00               | 0.00            | 2451.66         | 0.50 | 42.43                             | 138.59   | 69.71    | 64.78  |  |
|                           | E2   | -3.50 |       | CL        | 1.60                  | 20.59            | 21.60                       | 24.00       | 34.32 | 0.00               | 14709.90        | 15690.60        | 0.50 | 113.06                            | 391.14   | 193.63   | 172.86 |  |
| C-15                      | E1   | -2.30 |       | CL        | 2.30                  | 17.65            | 18.60                       | 20.00       | 9.81  | 0.00               | 0.00            | 2451.66         | 0.50 | 42.43                             | 138.59   | 69.71    | 64.78  |  |
|                           | E2   | -3.50 |       | CL        | 1.20                  | 20.59            | 21.60                       | 24.00       | 34.32 | 0.00               | 14709.90        | 15690.60        | 0.50 | 148.80                            | 500.14   | 251.41   | 224.52 |  |
| C-16                      | E1   | -3.50 | -2.70 | CL        | 3.50                  | 20.59            | 21.60                       | 24.00       | 34.32 | 0.00               | 14709.90        | 15690.60        | 0.50 | 148.80                            | 500.14   | 251.41   | 224.52 |  |
| C-17                      | E1   | -3.10 | -1.50 | CL        | 3.10                  | 20.59            | 21.60                       | 24.00       | 34.32 | 0.00               | 14709.90        | 15690.60        | 0.50 | 146.08                            | 484.99   | 251.31   | 218.18 |  |
| C-18                      | E1   | -1.50 |       | OL        | 1.50                  | 19.12            | 20.10                       | 23.00       | 9.81  | 0.00               | 4412.99         | 4903.32         | 0.50 | 63.01                             | 217.98   | 103.53   | 97.42  |  |
|                           | E2   | -3.50 | -2.30 | CL        | 2.00                  | 20.59            | 21.60                       | 24.00       | 34.32 | 0.00               | 14709.90        | 15690.60        | 0.50 | 145.06                            | 490.33   | 246.75   | 219.13 |  |
| C-19                      | E1   | -0.20 |       |           |                       |                  |                             |             |       |                    |                 |                 |      |                                   |          |          |        |  |
|                           | E2   | -1.70 |       | CH        | 1.70                  | 20.59            | 21.60                       | 25.00       | 29.42 | 0.00               | 0.00            | 7845.32         | 0.50 | 146.01                            | 491.34   | 246.24   | 220.07 |  |
|                           | E3   | -3.50 |       | CL        | 1.80                  | 20.59            | 21.60                       | 24.00       | 34.32 | 0.00               | 14709.90        | 15690.60        | 0.50 | 148.38                            | 498.86   | 250.66   | 223.83 |  |
| C-20                      | E1   | -3.50 | -2.90 | ML        | 3.50                  | 20.59            | 21.60                       | 25.00       | 29.42 | 0.00               | 0.00            | 7845.32         | 0.50 | 146.01                            | 421.34   | 246.24   | 220.07 |  |
| C-21                      | E1   | -3.60 |       | SC        | 3.60                  | 18.63            | 19.60                       | 33.00       | 0.00  | 0.00               | 19613.00        | 0.00            | 0.30 | 123.16                            | 419.42   | 180.34   | 189.16 |  |
| C-22                      | E1   | -2.40 | -1.70 | OL        | 2.40                  | 19.12            | 20.10                       | 23.00       | 10.00 | 0.00               | 4412.99         | 4903.32         | 0.50 | 61.73                             | 210.09   | 103.52   | 94.35  |  |

Fuente: Tomado de Rodríguez, (2006).

Finalmente, los parámetros geomecánicos de peso específico seco ( $\gamma$ ), peso específico saturado ( $\gamma_{sat}$ ), cohesión ( $c$ ) y ángulo de fricción interna ( $\phi$ ), que se utilizan en el software Slide para el cálculo del Factor de Seguridad, están definidos de acuerdo a los resultados obtenidos en el laboratorio de análisis de suelos; y en concordancia a los resultados obtenidos por Rodríguez (2006). (Ver Anexo A).

Tabla 21. Parámetros geomecánicos de los materiales en los puntos de control.

| Material | Clasificación SUCS | Nombre del grupo              | $\gamma$          | $\gamma_{sat}$    | $c$               | $\phi$ |
|----------|--------------------|-------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------|
|          |                    |                               | kN/m <sup>3</sup> | kN/m <sup>3</sup> | kN/m <sup>2</sup> | °      |
| EG - 1   | SC - SM            | Arena limo arcillosa          | 19.16             | 20.21             | 7.85              | 25.77  |
| EG - 2   | CL                 | Arcilla mal gradada con arena | 18.93             | 19.98             | 33.34             | 22.58  |
| EG - 3   | SC - SM            | Arena limo arcillosa          | 19.34             | 20.39             | 6.86              | 25.59  |
| EG - 4   | CL                 | Arcilla mal gradada con arena | 18.73             | 19.78             | 21.57             | 16.58  |

### 3.9. HIDROLOGÍA

Se obtuvo la información de precipitaciones entre el año 2017 y 2023 de la Estación Meteorológica Bambamarca (estación meteorológica más cercana a la zona de investigación), la información fue analizada y recalculada para la zona de investigación (Frutillo Bajo) mediante la fórmula de transposición de datos de Ortiz (2004).

#### 3.9.1. Transposición de datos de precipitaciones de la Estación Bambamarca a la Zona Frutillo Bajo

Los datos de precipitación recogidos en la Estación Bambamarca (ver Tabla 23) corresponden a una altitud de 2495.00 msnm (H1); éstos deben ser transpuestos hacia la zona Frutillo Bajo, según la Ecuación de Oswald, cuya altitud media ha sido calculada en 2792.87 msnm (H), resultado del promedio ponderado de las altitudes medias de cada unidad hidrográfica. (Ver Anexo B, P-06, Plano de Unidades Hidrográficas).

Siguiendo la metodología de Rodríguez (2016), inicialmente se obtiene el Factor de Transposición, cuyo valor es  $F_t = 1.12$ , tal como se muestran los cálculos en la Tabla 22; así, este factor multiplica a cada valor de precipitación de la Estación Bambamarca, para obtener los nuevos valores de precipitación para la zona Frutillo Bajo (Ver Tabla 24).

La ecuación de transposición de las precipitaciones se expresa como:

$$PP = \frac{H}{H1} * PP1$$

PP = Precipitación a la Altitud H

PP1 = Precipitación a la Altitud H1

H = Altitud Media de la Cuenca o la Zona a Trasponer

H1 = Altitud de la Estación de Origen

Tabla 22. Cálculo del factor de transposición de precipitaciones.

| <b>CÁLCULO DEL FACTOR DE TRANSPOSICIÓN DE PRECIPITACIONES</b> |   |             |             |      |
|---|---|-------------|-------------|------|
| <b>Estación Bambamarca - a la Zona Frutillo Bajo</b>          |   |             |             |      |
| <b>Ecuación de Oswald</b>                                     |   |             |             |      |
| <b>Zona Frutillo Bajo</b>                                     | Precipitación a la altitud <b>H</b>     | <b>PP</b>   | 72.52       | mm   |
| <b>Estación Bambamarca</b>                                    | Precipitación a la altitud <b>H1</b>    | <b>PP1</b>  | 64.79       | mm   |
| <b>Zona Frutillo Bajo</b>                                     | Altitud media de la Zona Frutillo Bajo  | <b>H</b>    | 2792.87     | msnm |
| <b>Estación Bambamarca</b>                                    | Altitud media de la Estación Bambamarca | <b>H1</b>   | 2495.00     | msnm |
| <b>Factor de Transposición</b>                                | <b>Ft:</b>                              | <b>H/H1</b> | <b>1.12</b> |      |

Los datos de las precipitaciones transpuestas se graficaron utilizando el Software Excel por años y meses, teniendo en cuenta el criterio definido por Rodríguez (2016), donde sugiere un ordenamiento que muestra la mejor tendencia de los meses lluviosos hacia el centro de la curva, es decir, iniciar con los meses de pocas lluvias (junio año anterior) pasando por los meses lluviosos, hasta finalizar con los meses poco lluviosos (mayo del año posterior). (Ver Figuras 16 y 17).

Se utiliza una Línea de Precipitación Referencial Conservadora (LPRC), cuyo valor está conformado por el promedio de precipitaciones anuales 2017 - 2023 ( $X = 72.53$  mm), más la desviación estándar de dichos promedios ( $Ds = 15.18$  mm), totalizando 87.70 mm, valor que corresponde a Línea de Precipitación Referencial. Por razones de manipulación de datos, lecturas con probabilidad de error, se castigó con el 15% de error estadístico, obteniéndose el valor 100.86 mm que corresponde a la LPRC, línea celeste en los gráficos de las curvas de precipitación anual mensualizadas en las Figuras 16 y 17.

Tabla 23. Datos de precipitación recogidos en la Estación Bambamarca.

| <b>PRECIPITACIÓN DE LA ESTACIÓN BAMBAMARCA DEL PERIODO 2017 - 2023</b> |                     |       |        |           |         |           |           |                      |         |        |       |        |
|--|---------------------|-------|--------|-----------|---------|-----------|-----------|----------------------|---------|--------|-------|--------|
| <b>CICLOS DE PRECIPITACIÓN</b>   | <b>AÑO ANTERIOR</b> |       |        |           |         |           |           | <b>AÑO POSTERIOR</b> |         |        |       |        |
|  | Junio               | Julio | Agosto | Setiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre | Enero                | Febrero | Marzo  | Abril | Mayo   |
| Precipitación: 2016 - 2017   |                     |       |        |           |         |           |           | 126.70               | 61.00   | 198.10 | 83.60 | 70.10  |
| Precipitación: 2017 - 2018   | 0.00                | 0.00  | 19.10  | 44.30     | 132.70  | 60.40     | 54.60     | 73.10                | 92.40   | 44.50  | 83.80 | 104.00 |
| Precipitación: 2018 - 2019   | 15.50               | 8.40  | 1.40   | 4.50      | 103.00  | 144.30    | 41.20     | 31.60                | 80.40   | 163.90 | 75.90 | 55.20  |
| Precipitación: 2019 - 2020   | 9.60                | 12.80 | 0.60   | 8.60      | 101.40  | 111.50    | 102.20    | 34.40                | 19.50   | 56.60  | 90.50 | 29.40  |
| Precipitación: 2020 - 2021   | 8.00                | 65.00 | 10.20  | 103.50    | 28.50   | 93.80     | 168.20    | 61.20                | 73.20   | 15.10  | 31.20 | 49.50  |
| Precipitación: 2021 - 2022   | 15.30               | 2.90  | 41.10  | 30.60     | 182.10  | 137.30    | 117.80    | 58.20                | 146.40  | 189.10 | 71.90 | 21.20  |
| Precipitación: 2022 - 2023   | 57.00               | 5.50  | 25.20  | 32.90     | 121.50  | 12.40     | 76.90     | 134.90               | 114.20  | 198.20 | 92.80 | 60.80  |

Tabla 24. Datos de precipitación transpuestos a la Zona Frutillo Bajo.

| <b>TRANSPOSICIÓN DE PRECIPITACIÓN DE LA ESTACIÓN BAMBAMARCA A LA ZONA FRUTILLO BAJO</b> |                     |       |        |           |         |           |           |                      |         |        |        |        |
|---|---------------------|-------|--------|-----------|---------|-----------|-----------|----------------------|---------|--------|--------|--------|
| <b>Periodo 2017 - 2023</b>  |                     |       |        |           |         |           |           |                      |         |        |        |        |
| <b>CICLOS DE PRECIPITACIÓN</b>  | <b>AÑO ANTERIOR</b> |       |        |           |         |           |           | <b>AÑO POSTERIOR</b> |         |        |        |        |
|   | Junio               | Julio | Agosto | Setiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre | Enero                | Febrero | Marzo  | Abril  | Mayo   |
| Precipitación: 2016 - 2017  |                     |       |        |           |         |           |           | 141.83               | 68.28   | 221.75 | 93.58  | 78.47  |
| Precipitación: 2017 - 2018  | 0.00                | 0.00  | 21.38  | 49.59     | 148.54  | 67.61     | 61.12     | 81.83                | 103.43  | 49.81  | 93.80  | 116.42 |
| Precipitación: 2018 - 2019  | 17.35               | 9.40  | 1.57   | 5.04      | 115.30  | 161.53    | 46.12     | 35.37                | 90.00   | 183.47 | 84.96  | 61.79  |
| Precipitación: 2019 - 2020  | 10.75               | 14.33 | 0.67   | 9.63      | 113.51  | 124.81    | 114.40    | 38.51                | 21.83   | 63.36  | 101.30 | 32.91  |
| Precipitación: 2020 - 2021  | 8.96                | 72.76 | 11.42  | 115.86    | 31.90   | 105.00    | 188.28    | 68.51                | 81.94   | 16.90  | 34.92  | 55.41  |
| Precipitación: 2021 - 2022  | 17.13               | 3.25  | 46.01  | 34.25     | 203.84  | 153.69    | 131.86    | 65.15                | 163.88  | 211.68 | 80.48  | 23.73  |
| Precipitación: 2022 - 2023  | 63.80               | 6.16  | 28.21  | 36.83     | 136.01  | 13.88     | 86.08     | 151.01               | 127.83  | 221.86 | 103.88 | 68.06  |

Tabla 25. Análisis estadístico de precipitación transpuestos y cálculo de la Línea de Precipitación Referencial Conservadora.

| TRANSPOSICIÓN DE PRECIPITACIÓN ESTACIÓN BAMBAMARCA A ZONA FRUTILLO BAJO |              |       |        |           |         |           |           |               |         |        |        |        |                          | TOTAL PP<br>POR<br>CICLO  | PROMEDIO<br>PP<br>MENSUAL |
|---|--------------|-------|--------|-----------|---------|-----------|-----------|---------------|---------|--------|--------|--------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| De Estación Bambamarca - Periodo 2017 - 2023                            |              |       |        |           |         |           |           |               |         |        |        |        |                          |                           |                           |
| CICLOS DE PRECIPITACIÓN   | AÑO ANTERIOR |       |        |           |         |           |           | AÑO POSTERIOR |         |        |        |        | TOTAL PP<br>POR<br>CICLO | PROMEDIO<br>PP<br>MENSUAL |                           |
|   | Junio        | Julio | Agosto | Setiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre | Enero         | Febrero | Marzo  | Abril  | Mayo   |                          |                           |                           |
| Precipitación: 2016 - 2017  |              |       |        |           |         |           |           | 141.83        | 68.28   | 221.75 | 93.58  | 78.47  | <b>603.91</b>            | <b>120.78</b>             |                           |
| Precipitación: 2017 - 2018  | 0.00         | 0.00  | 21.38  | 49.59     | 148.54  | 67.61     | 61.12     | 81.83         | 103.43  | 49.81  | 93.80  | 116.42 | <b>793.53</b>            | <b>66.13</b>              |                           |
| Precipitación: 2018 - 2019  | 17.35        | 9.40  | 1.57   | 5.04      | 115.30  | 161.53    | 46.12     | 35.37         | 90.00   | 183.47 | 84.96  | 61.79  | <b>811.89</b>            | <b>67.66</b>              |                           |
| Precipitación: 2019 - 2020  | 10.75        | 14.33 | 0.67   | 9.63      | 113.51  | 124.81    | 114.40    | 38.51         | 21.83   | 63.36  | 101.30 | 32.91  | <b>646.00</b>            | <b>53.83</b>              |                           |
| Precipitación: 2020 - 2021  | 8.96         | 72.76 | 11.42  | 115.86    | 31.90   | 105.00    | 188.28    | 68.51         | 81.94   | 16.90  | 34.92  | 55.41  | <b>791.85</b>            | <b>65.99</b>              |                           |
| Precipitación: 2021 - 2022  | 17.13        | 3.25  | 46.01  | 34.25     | 203.84  | 153.69    | 131.86    | 65.15         | 163.88  | 211.68 | 80.48  | 23.73  | <b>1134.95</b>           | <b>94.58</b>              |                           |
| Precipitación: 2022 - 2023  | 63.80        | 6.16  | 28.21  | 36.83     | 136.01  | 13.88     | 86.08     | 151.01        | 127.83  | 221.86 | 103.88 | 68.06  | <b>1043.60</b>           | <b>86.97</b>              |                           |

| ESTADÍSTICA 2017 - 2023         | AÑO ANTERIOR |       |        |           |         |           |           | AÑO POSTERIOR |         |        |        |        | TOTAL PP<br>POR<br>CICLO | PROMEDIO<br>PP<br>MENSUAL |
|---------------------------------|--------------|-------|--------|-----------|---------|-----------|-----------|---------------|---------|--------|--------|--------|--------------------------|---------------------------|
|                                 | Junio        | Julio | Agosto | Setiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre | Enero         | Febrero | Marzo  | Abril  | Mayo   |                          |                           |
| <b>Promedio (X)</b>             | 19.66        | 17.65 | 18.21  | 41.87     | 124.85  | 104.42    | 104.64    | 83.17         | 93.88   | 138.40 | 84.71  | 62.40  | 870.30                   | 72.53                     |
| <b>Mediana</b>                  | 13.94        | 7.78  | 16.40  | 35.54     | 125.65  | 114.90    | 100.24    | 68.51         | 90.00   | 183.47 | 93.58  | 61.79  | 802.71                   | 66.89                     |
| <b>Desviación Estándar (Ds)</b> | 22.54        | 27.45 | 17.40  | 40.03     | 56.19   | 55.96     | 51.95     | 46.30         | 45.00   | 90.88  | 23.45  | 30.61  | 182.12                   | 15.18                     |
| <b>Mínimo</b>                   | 0.00         | 0.00  | 0.67   | 5.04      | 31.90   | 13.88     | 46.12     | 35.37         | 21.83   | 16.90  | 34.92  | 23.73  | 646.00                   | 53.83                     |
| <b>Máximo</b>                   | 63.80        | 72.76 | 46.01  | 115.86    | 203.84  | 161.53    | 188.28    | 151.01        | 163.88  | 221.86 | 103.88 | 116.42 | 1134.95                  | 94.58                     |

Línea de Precipitación Referencial Conservadora (LPRC) = Promedio (X) + DS \* 15%

**LPRC = 100.86**

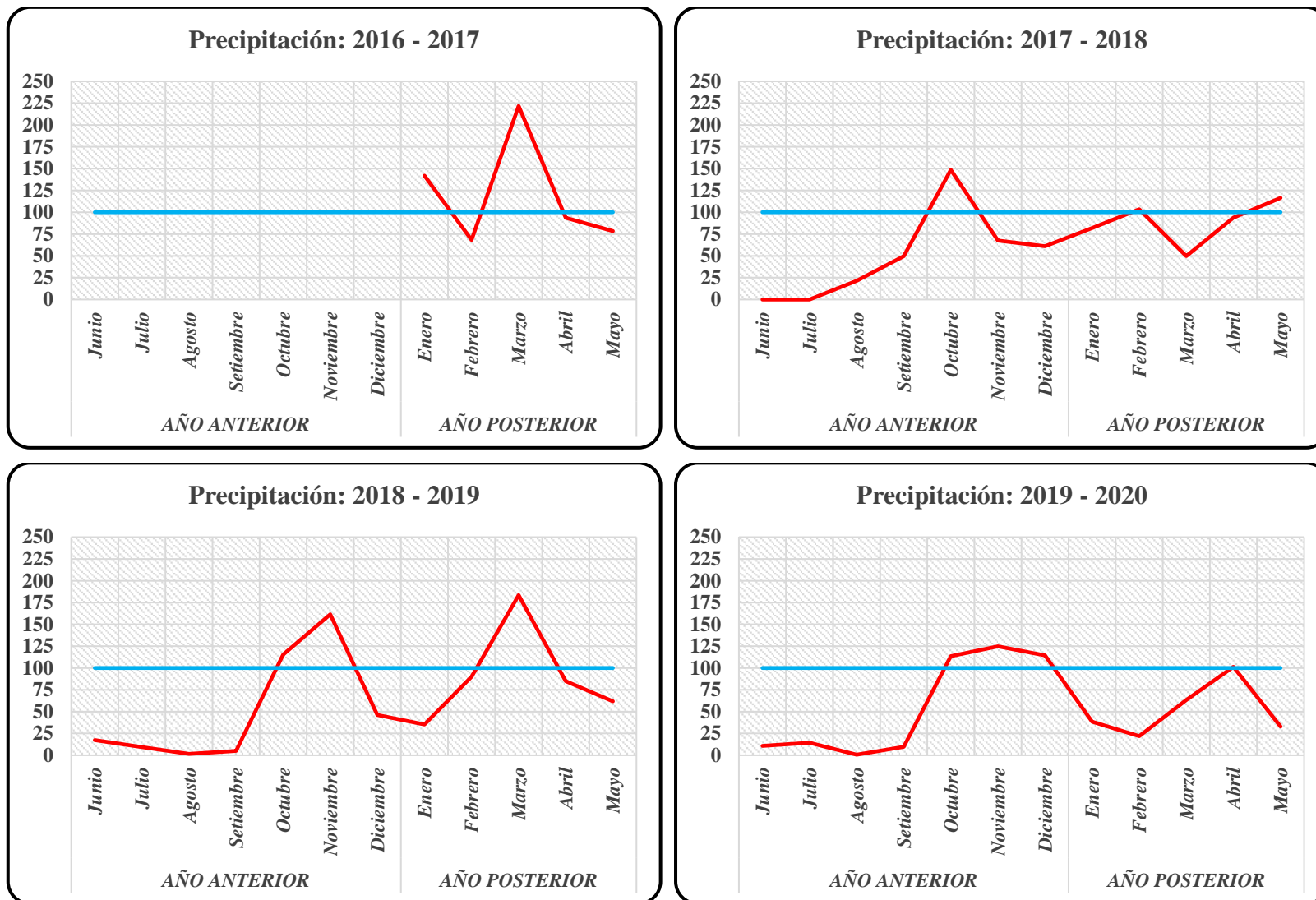


Figura 16. Representación de las curvas de precipitación anual mensualizadas 2017 - 2020.

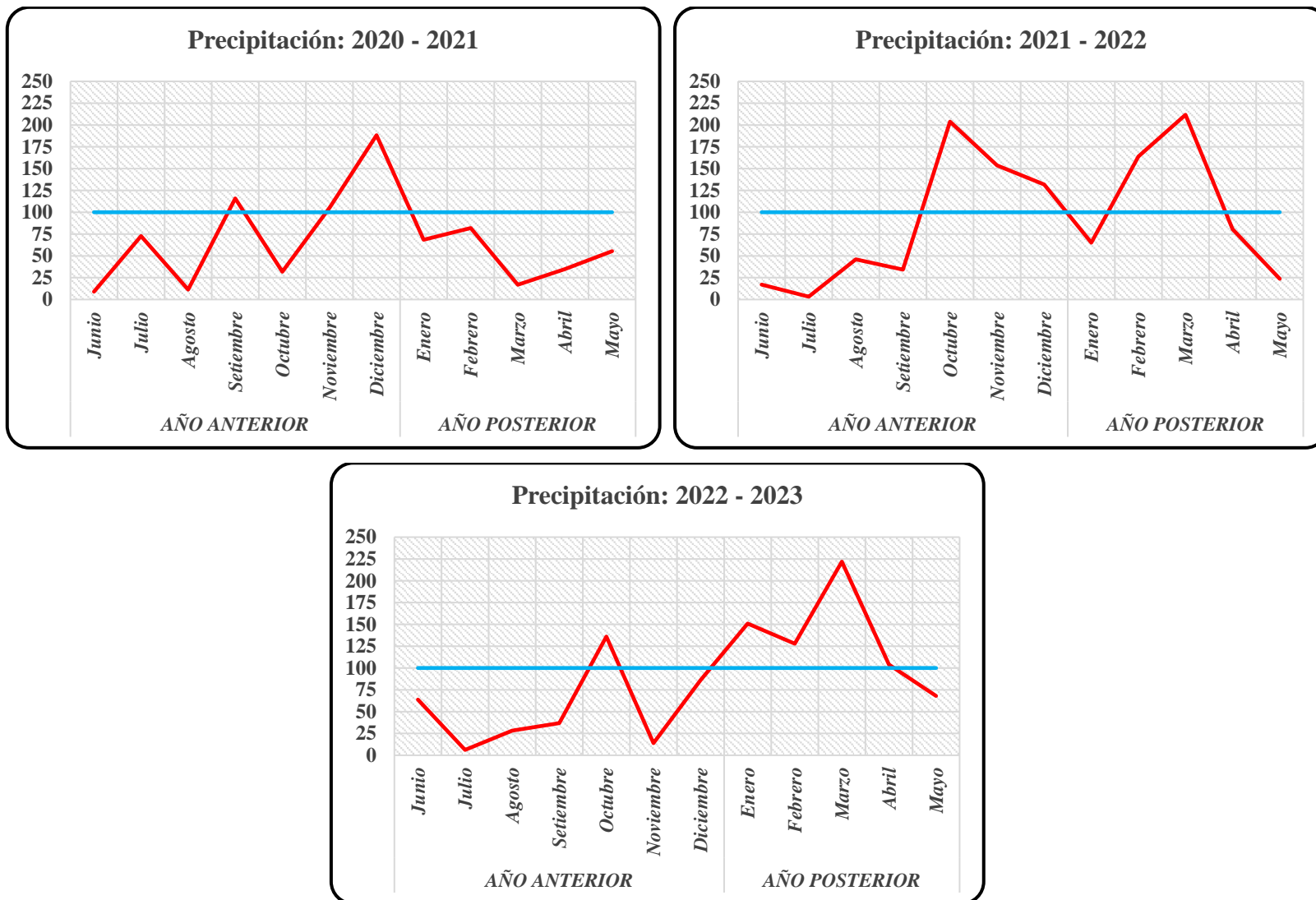


Figura 17. Representación de las curvas de precipitación anual mensualizadas 2020 - 2023.

### 3.9.2. Esguerrimiento e Infiltración

De acuerdo a Rodríguez (2016), la infiltración es la variable externa más importante que afecta los parámetros geomecánicos, como la resistencia de suelos y rocas, estos son la cohesión y el ángulo de fricción interna; así cuando el agua ingresa por la porosidad primaria y secundaria, afecta la resistencia de los materiales y es probablemente la responsable de los eventos geodinámicos. En tal sentido es necesario obtener el Coeficiente de Infiltración, el cual tiene correlación con los datos de infiltración (F), precipitación total (PP), precipitación efectiva o esguerrimiento (Pe) y los volúmenes de infiltración (VF).

$$PP = Pe + F$$

PP = Precipitación Total

Pe = Precipitación Efectiva o Esguerrimiento

F = Infiltración

El Coeficiente de Esguerrimiento o Coeficiente de Escoerrentía es igual a:

$$C = Pe / PP = 0.65$$

C = 0.65, valor aceptado por Rodríguez (2016), considerado para suelos arcillosos y franco arcillosos limosos; por lo tanto, el Coeficiente de Infiltración es:

$$Ci = 1 - C = 0.35$$

El balance hidrológico se realizó de acuerdo al procedimiento de cálculo de Rodríguez (2016), donde se utiliza la precipitación total por ciclo, es decir el acumulado de precipitación desde Junio del año anterior hasta Mayo del año posterior. Así, se obtiene el volumen de escoerrentía por ciclo de precipitación multiplicando el valor del coeficiente de escoerrentía (0.65) por la precipitación total por ciclo. El cálculo para obtener el volumen de infiltración concluye, restando la precipitación total por ciclo menos el volumen de escoerrentía por ciclo de precipitación. (Ver Tabla 26).

Finalmente, el volumen de infiltración (VF) en las unidades hidrográficas es de 18.95 MMC (100% del VF), y la infiltración en la zona de estudio Frutillo Bajo es de 9.91 MMC, que representa el 52.31 % del total del volumen de infiltración.

Tabla 26. Balance hidrológico.

| BALANCE HIDROLÓGICO             |   |                      |                       |                                       |                  |                  |                              |                             |                                |        |
|---------------------------------|---|----------------------|-----------------------|---------------------------------------|------------------|------------------|------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|--------|
| UNIDADES HIDROGRÁFICAS          |   |                      |                       |                                       |                  |                  |                              |                             |                                |        |
| CICLOS DE PRECIPITACIÓN EN AÑOS | NÚMERO DE AÑOS POR CICLO                  | 1                    | 2                     | 3=1*2                                 | 4=1-3 en mm      | 5=4/1000 en m    | 6=5*Auh en m3                | 7=6/1000000 en MMC          | 8=(7/18.95)*100                |        |
|                                 |   | PP                   | C                     | Pe                                    | F                | F                | VF                           | VF                          | %                              |        |
|                                 |   | C = Pe / PP          |                       | Pe = C * PP                           | F = PP - Pe      | F = PP - Pe      | VF = F * Auh                 | VF = F * Auh                | %                              |        |
|                                 |   | mm                   | mm                    |                                       | mm               | m                | m3                           | MMC                         | %                              |        |
|                                 |   | PRECIPIT. TOTAL (PP) | COEF. ESCORRENTIA (C) | PRECIP. EFECTIVA O ESCURRIMIENTO (Pe) | INFILTRACIÓN (F) | INFILTRACIÓN (F) | VOLUMEN DE INFILTRACIÓN (VF) | VOLUMEN DE INFILTRACIÓN (F) | %PARCIAL DE LA PRECIPIT. TOTAL |        |
| 2017-2018                       | 1   | 793.5                | 0.65                  | 515.8                                 | 277.7            | 0.28             | 2879613.9                    | 2.9                         | 15.20                          |        |
| 2018-2019                       | 1   | 811.9                | 0.65                  | 527.7                                 | 284.2            | 0.28             | 2946232.2                    | 2.9                         | 15.55                          |        |
| 2019-2020                       | 1   | 646.0                | 0.65                  | 419.9                                 | 226.1            | 0.23             | 2344230.8                    | 2.3                         | 12.37                          |        |
| 2020-2021                       | 1   | 791.9                | 0.65                  | 514.7                                 | 277.1            | 0.28             | 2873520.8                    | 2.9                         | 15.16                          |        |
| 2021-2022                       | 1   | 1134.9               | 0.65                  | 737.7                                 | 397.2            | 0.40             | 4118550.7                    | 4.1                         | 21.73                          |        |
| 2022-2023                       | 1   | 1043.6               | 0.65                  | 678.3                                 | 365.3            | 0.37             | 3787084.3                    | 3.8                         | 19.99                          |        |
|                                 | 6   | 5221.82              | 0.65                  | 3394.18                               | 1827.64          | 1.83             | 18949232.74                  | 18.95                       | 100.00                         |        |
| Auh                             | ÁREA DE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS en Km2 |                      |                       |                                       | 10.37            |                  |                              |                             | 18.95                          | 100.00 |
|                                 | ÁREA DE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS en m2  |                      |                       |                                       | 10368156.40      |                  |                              |                             |                                |        |
| Ainvest                         | ÁREA DE INVESTIGACIÓN (Km2)               |                      |                       |                                       | 5.42             |                  |                              |                             | 9.91                           | 52.31  |

Fuente: Tomado y modificado de Rodríguez, (2016). Data del tesista.

### **3.10. SISMICIDAD**

De acuerdo MVCS (2018), descrito en la Norma Técnica E.030, del Reglamento Nacional de Edificaciones; el área de investigación se encuentra en la zona sísmica 2, a la cual se asigna un factor  $Z = 0.25$ , este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años. Así también INDECI (2014), realiza el cálculo del coeficiente sísmico para el diseño de taludes empleando el Método Seudoestático, donde recomienda utilizar un coeficiente sísmico horizontal  $K_h = 0.75 * Z$ . En ese sentido el coeficiente sísmico horizontal que se utiliza en el software Slide, para el cálculo del Factor de Seguridad mediante el Método Seudoestático es  $K_h = 0.1875$ .

### **3.11. ANÁLISIS DE INESTABILIDAD**

Para el análisis de inestabilidad se ha determinado los parámetros geomecánicos ( $\gamma$ ,  $\gamma_{sat}$ ,  $c$ ,  $\phi$ ) de los materiales intervinientes, la topografía para cada Sección Geológica y el coeficiente sísmico horizontal ( $K_h$ ).

Se ha considerado un tipo de falla rotacional y entre todos los círculos de falla probables que determina el programa Slide, se consideró el círculo de falla que representa la condición más real de un probable deslizamiento. Los Factores de Seguridad se obtuvieron según los métodos de: Bishop Simplificado, Janbú Corregido, Spencer y Morgenstern y Price, para cada una de las condiciones siguientes.

#### **3.11.1. Análisis Estático**

En estas condiciones no se considera el coeficiente sísmico horizontal ( $K_h$ ). Se analiza en Tensiones Totales (TT), Tensiones Efectivas con Saturación Parcial (TEsp) y Tensiones Efectivas con Saturación Total (TEst).

En las Figuras 18, 19, 20 y 21 se presenta la modelación por Análisis Estático en Tensiones Totales (TT) de las Secciones Geológicas AA', BB', CC' y DD'.

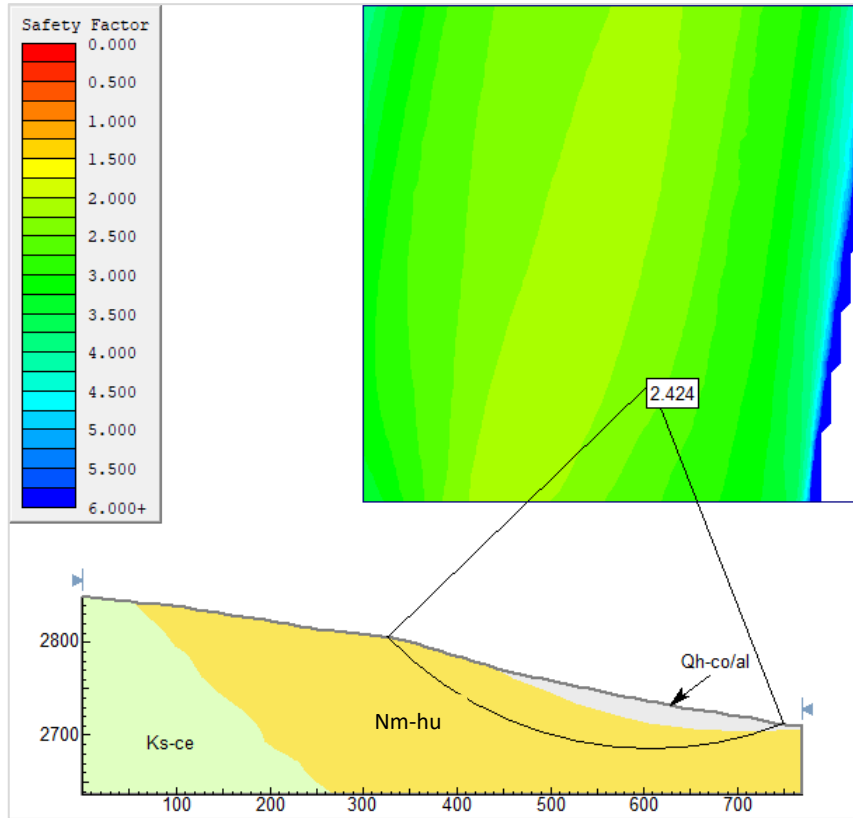


Figura 18. Sección Geológica AA' en Tensiones Totales (TT).

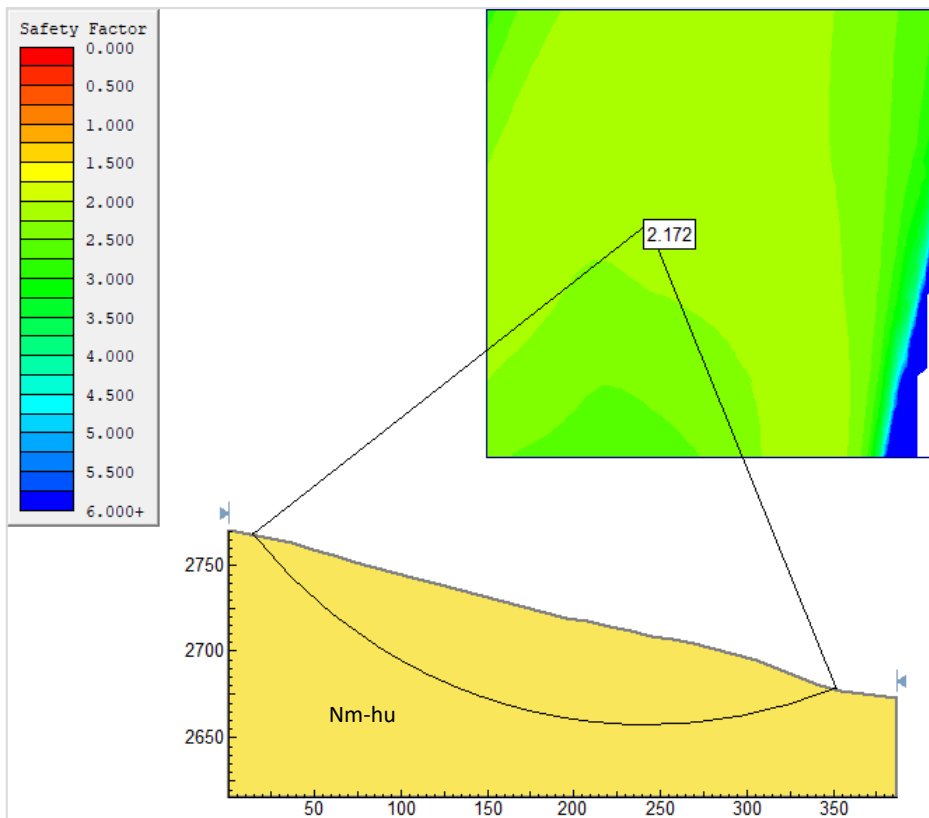


Figura 19. Sección Geológica BB' en Tensiones Totales (TT).

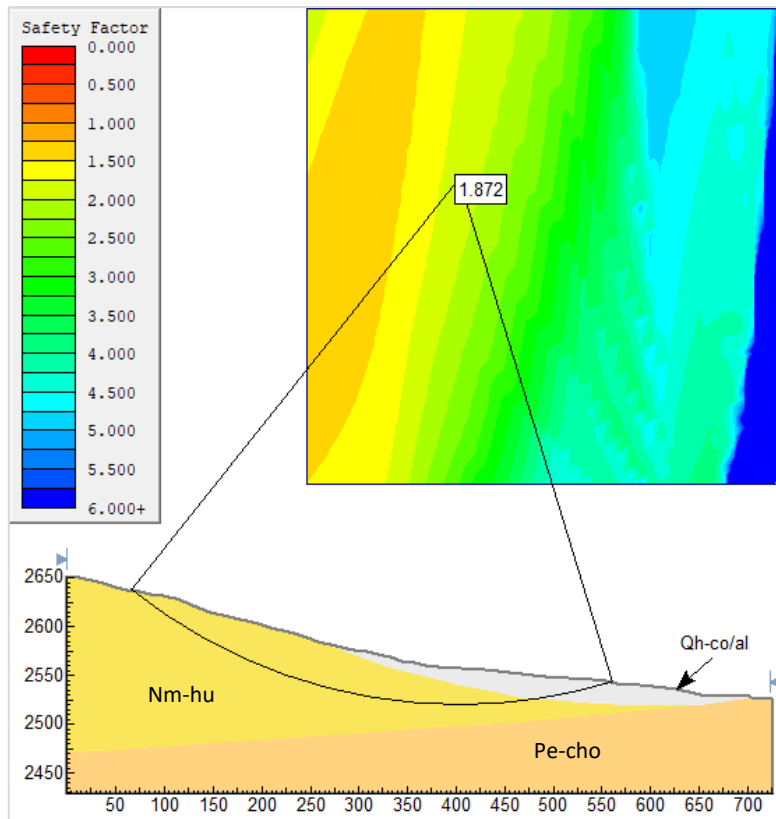


Figura 20. Sección Geológica CC' en Tensiones Totales (TT).

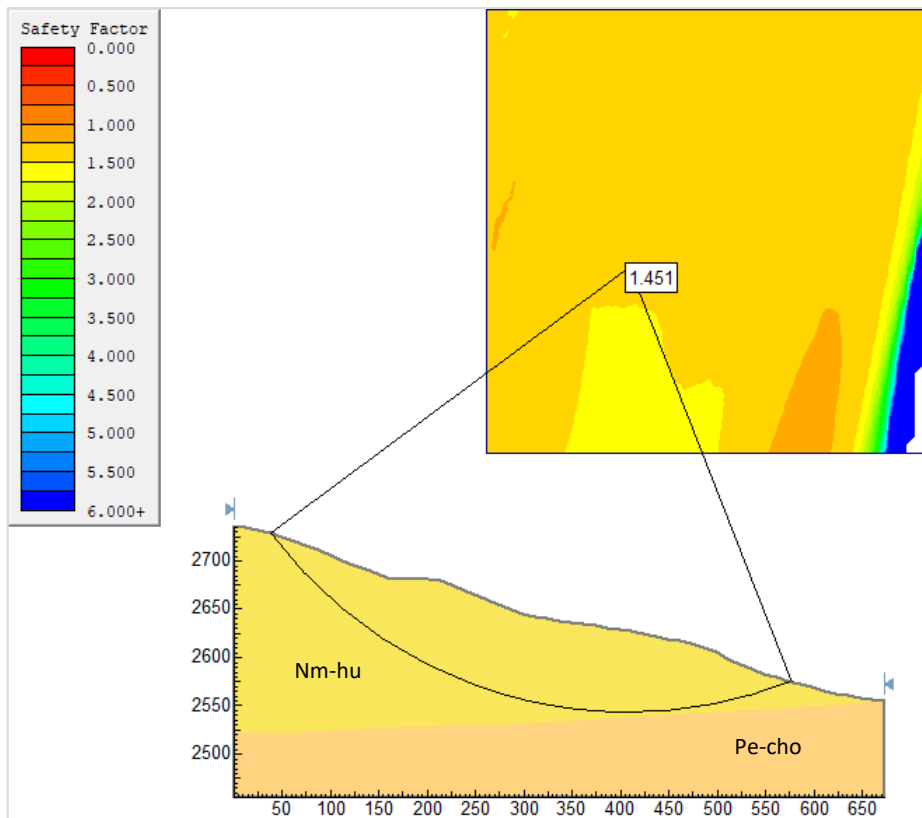


Figura 21. Sección Geológica DD' en Tensiones Totales (TT).

En las Figuras 22, 23, 24 y 25 se presenta la modelación por Análisis Estático en Tensiones Efectivas con Saturación Parcial (TEsp) de AA', BB', CC' y DD'.

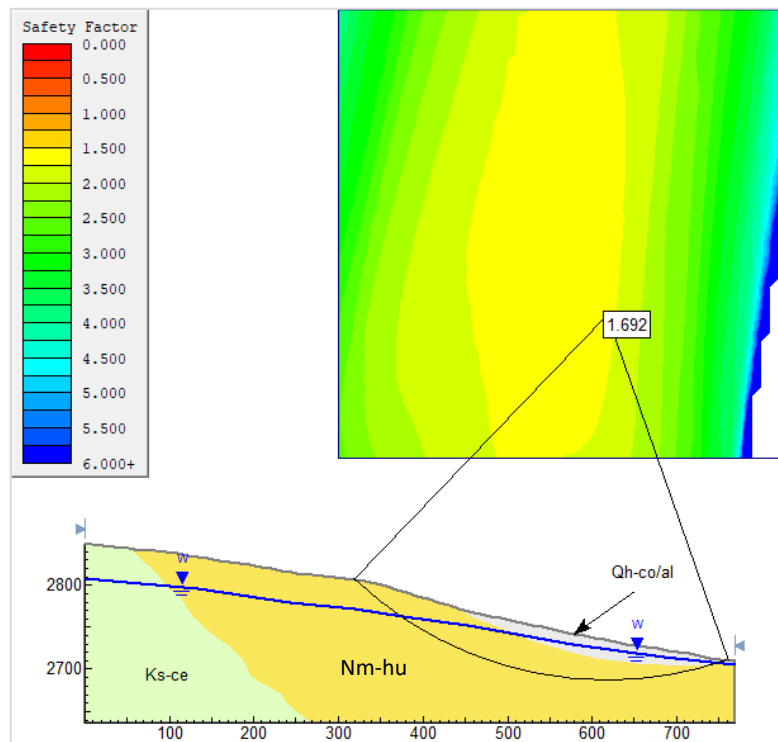


Figura 22. Sección Geológica AA' en Tensiones Efectivas con Saturación Parcial (TEsp).

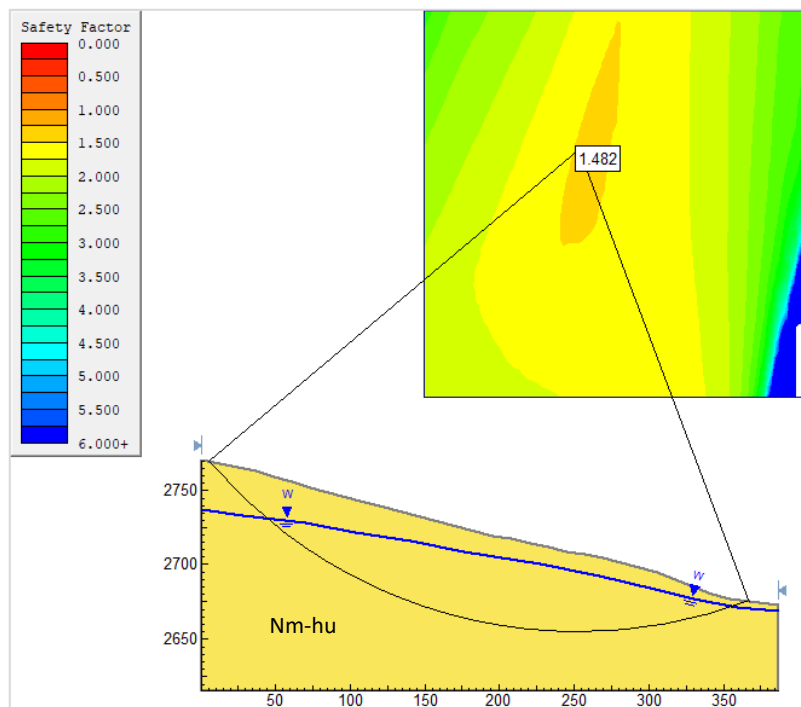


Figura 23. Sección Geológica BB' en Tensiones Efectivas con Saturación Parcial (TEsp).

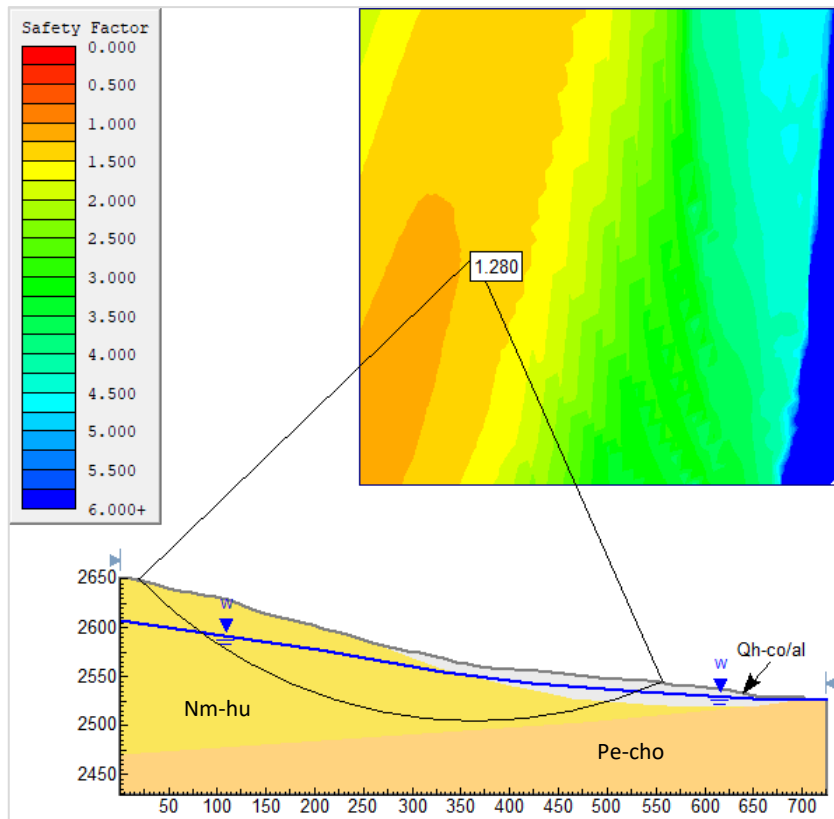


Figura 24. Sección Geológica CC' en Tensiones Efectivas con Saturación Parcial (TEsp).

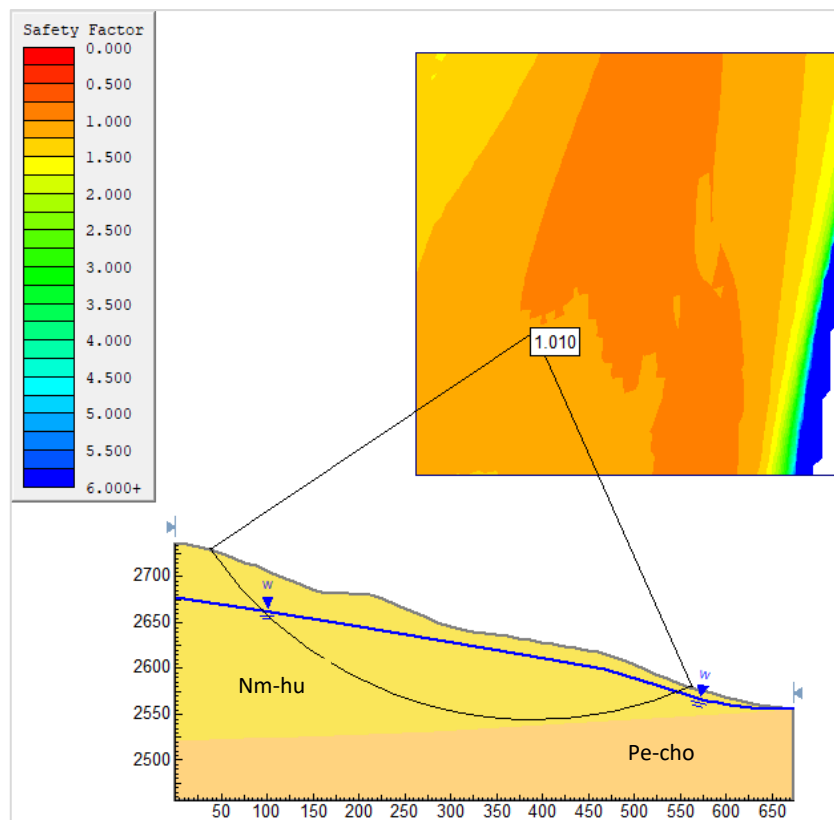


Figura 25. Sección Geológica DD' en Tensiones Efectivas con Saturación Parcial (TEsp).

En las figuras 26, 27, 28 y 29, se presenta la modelación por Análisis Estático en Tensiones Efectivas con Saturación Total (TEst) de AA', BB', CC' y DD'.

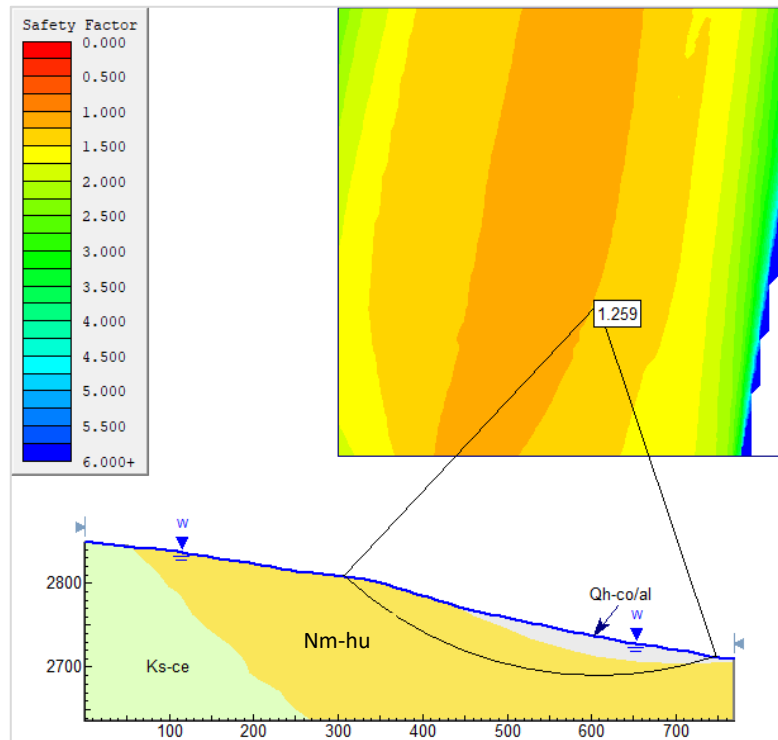


Figura 26. Sección Geológica AA' en Tensiones Efectivas con Saturación Total (TEst).

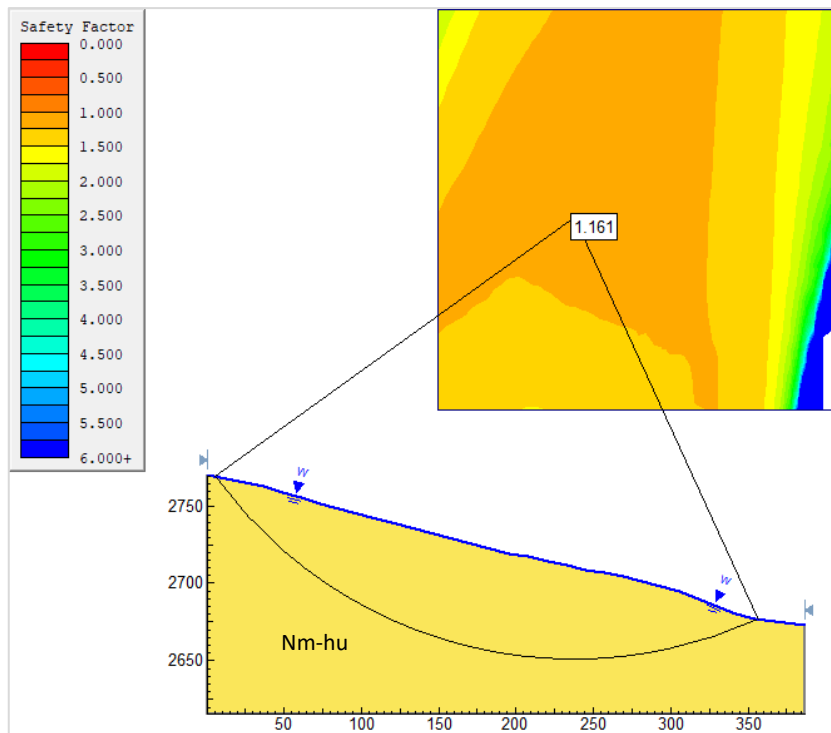


Figura 27. Sección Geológica BB' en Tensiones Efectivas con Saturación Total (TEst).

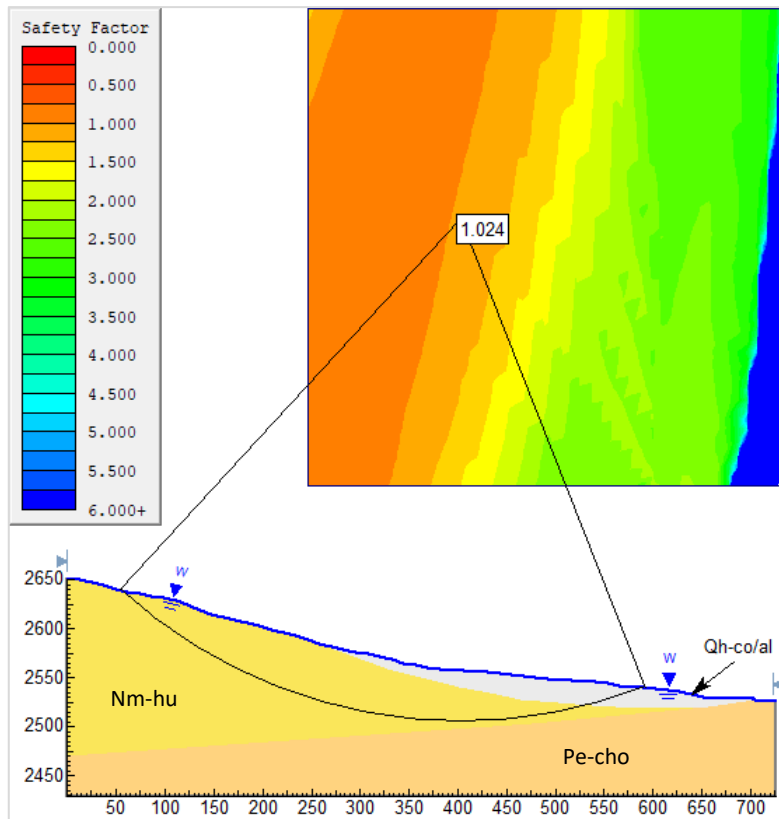


Figura 28. Sección Geológica CC' en Tensiones Efectivas con Saturación Total (TEst).

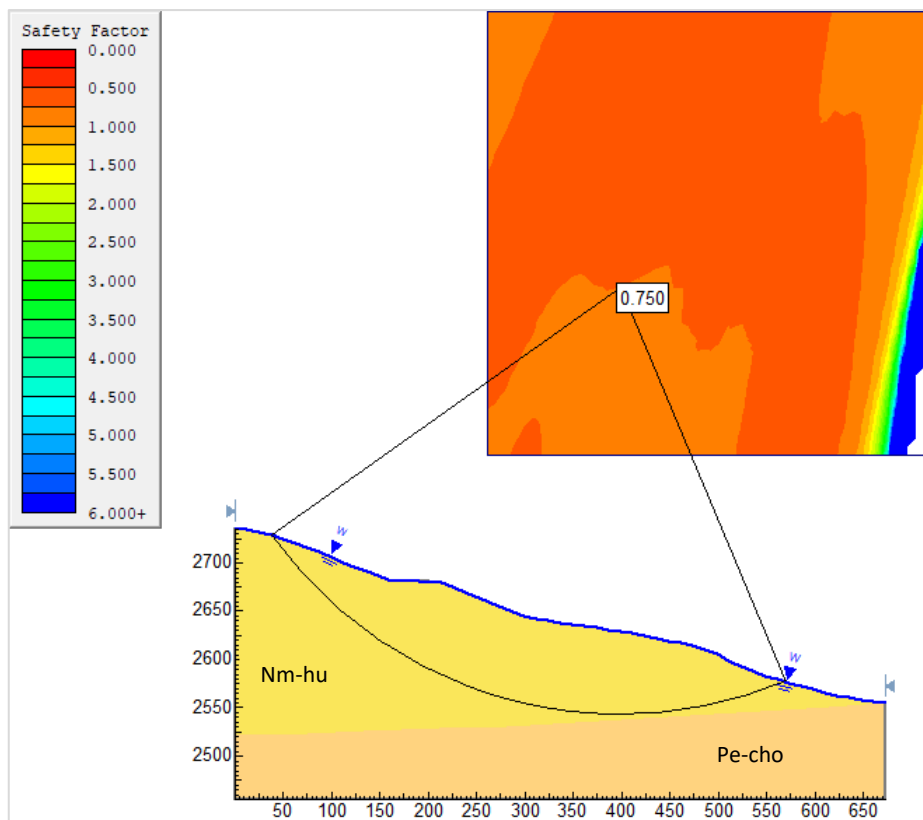


Figura 29. Sección Geológica DD' en Tensiones Efectivas con Saturación Total (TEst).

Tabla 27. Factores de Seguridad en Condiciones Estáticas.

| Sección Geológica | Condiciones Estáticas | Tipo de Suelo | $\gamma$          | $\gamma_{sat}$    | $c$               | $\phi$ | Factor de Seguridad según los Métodos: |                 |         |                     |
|-------------------|-----------------------|---------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------|--|-----------------|---------|---------------------|
|                   |                       |               | kN/m <sup>3</sup> | kN/m <sup>3</sup> | kN/m <sup>2</sup> | °      | Bishop Simplificado                    | Jambu Corregido | Spencer | Morgenstern y Price |
| AA´               | TT                    | SC - SM       | 19.16             | -                 | 7.85              | 25.77  | 2.427                                  | 2.391           | 2.427   | 2.424               |
|                   | TEsp                  |               | 19.16             | 20.21             | 7.85              | 25.77  | 1.695                                  | 1.695           | 1.696   | 1.692               |
|                   | TEst                  |               | 19.16             | 20.21             | 7.85              | 25.77  | 1.260                                  | 1.244           | 1.262   | 1.259               |
| BB´               | TT                    | CL            | 18.93             | -                 | 33.34             | 22.58  | 2.175                                  | 2.107           | 2.174   | 2.172               |
|                   | TEsp                  |               | 18.93             | 19.98             | 33.34             | 22.58  | 1.484                                  | 1.469           | 1.484   | 1.482               |
|                   | TEst                  |               | 18.93             | 19.98             | 33.34             | 22.58  | 1.160                                  | 1.111           | 1.163   | 1.161               |
| CC´               | TT                    | SC - SM       | 19.34             | -                 | 6.86              | 25.59  | 1.872                                  | 1.869           | 1.875   | 1.872               |
|                   | TEsp                  |               | 19.34             | 20.39             | 6.86              | 25.59  | 1.276                                  | 1.269           | 1.286   | 1.280               |
|                   | TEst                  |               | 19.34             | 20.39             | 6.86              | 25.59  | 1.020                                  | 1.007           | 1.028   | 1.024               |
| DD´               | TT                    | CL            | 18.73             | -                 | 21.57             | 16.58  | 1.452                                  | 1.409           | 1.451   | 1.451               |
|                   | TEsp                  |               | 18.73             | 19.78             | 21.57             | 16.58  | 1.007                                  | 0.978           | 1.010   | 1.010               |
|                   | TEst                  |               | 18.73             | 19.78             | 21.57             | 16.58  | 0.747                                  | 0.715           | 0.748   | 0.750               |

En las Secciones Geológicas AA´, BB´ y CC´, los FS oscilan entre 1.007 - 2.427, indicando estabilidad en Tensiones Totales (TT), Tensiones Efectivas con Saturación Parcial (TEsp) y Tensiones Efectivas con Saturación Total (TEst). La Sección Geológica DD´ presenta valores estables para Tensiones Totales (TT), con un FS > 1.4; pero en Tensiones Efectivas con Saturación Parcial (TEsp) y Tensiones Efectivas con Saturación Total (TEst), resultan valores críticos donde los FS < 1, significando que en ese escenario se produciría la inestabilidad de laderas y taludes. (Ver Tabla 27).

### 3.11.2. Análisis Seudoestático

En estas condiciones se considera el coeficiente sísmico horizontal  $K_h = 0.1875$ . Se analiza en Tensiones Totales (TT), Tensiones Efectivas con Saturación Parcial (TEsp) y Tensiones Efectivas con Saturación Total (TEst).

En las Figuras 30, 31, 32 y 33 se presenta la modelación por Análisis Seudoestático en Tensiones Totales más Sismicidad (TT + S) de AA', BB', CC' y DD'.

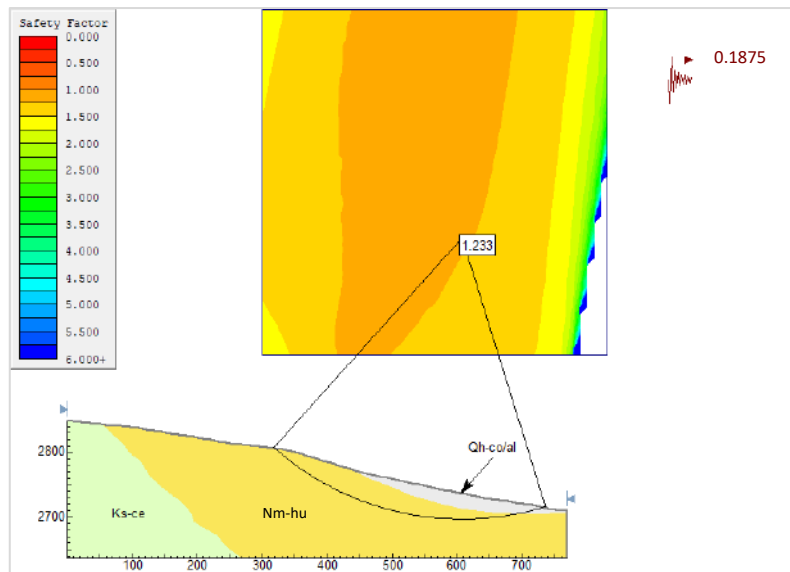


Figura 30. Sección Geológica AA' en Tensiones Totales más Sismicidad (TT + S).

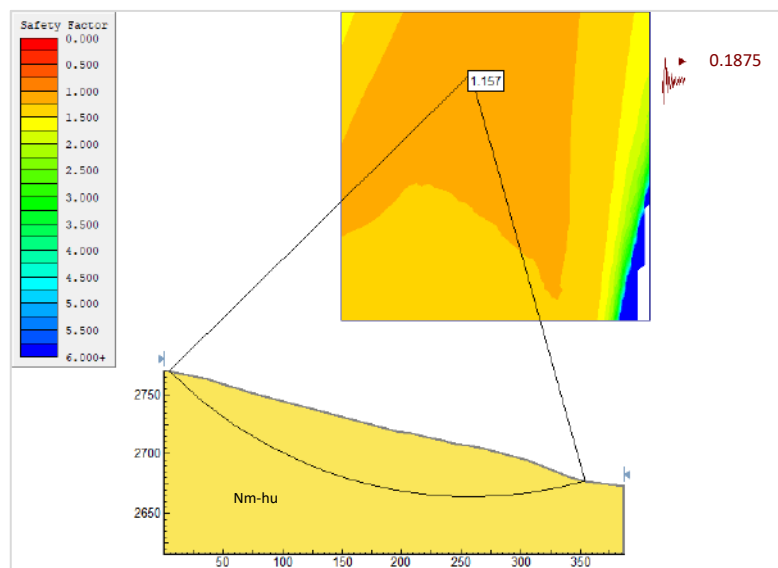


Figura 31. Sección Geológica BB' en Tensiones Totales más Sismicidad (TT + S).

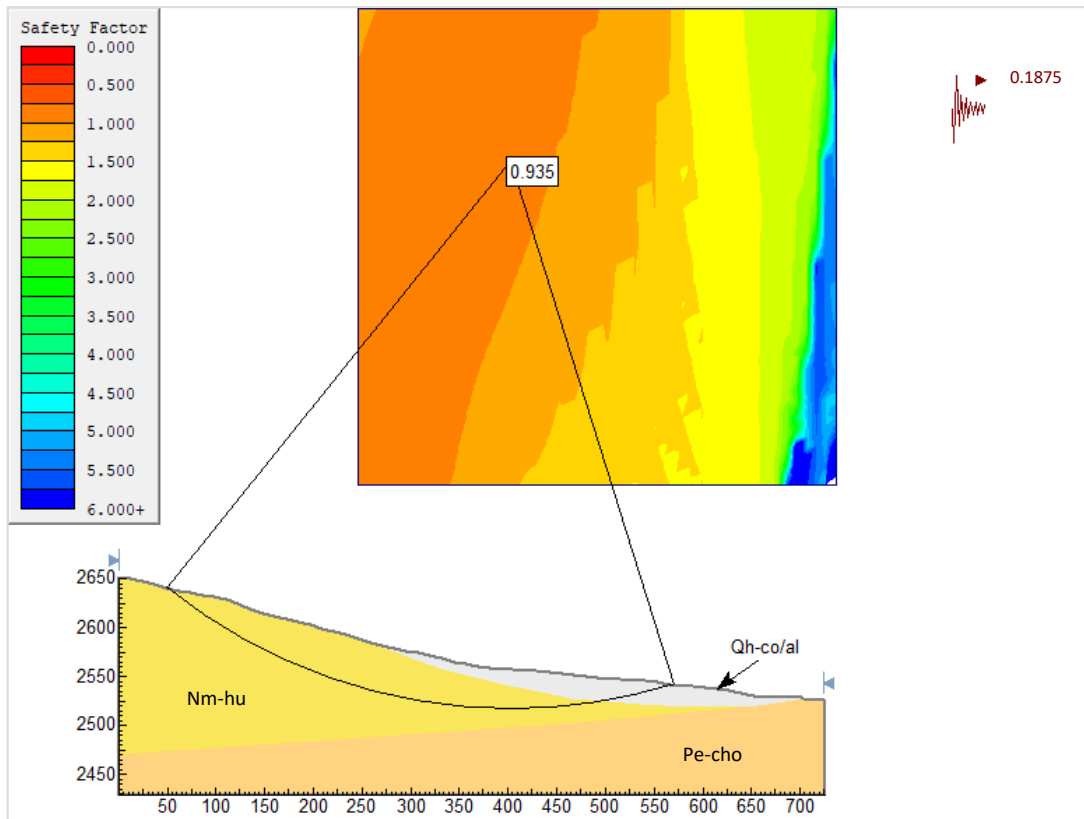


Figura 32. Sección Geológica CC' en Tensiones Totales más Sismicidad (TT + S).

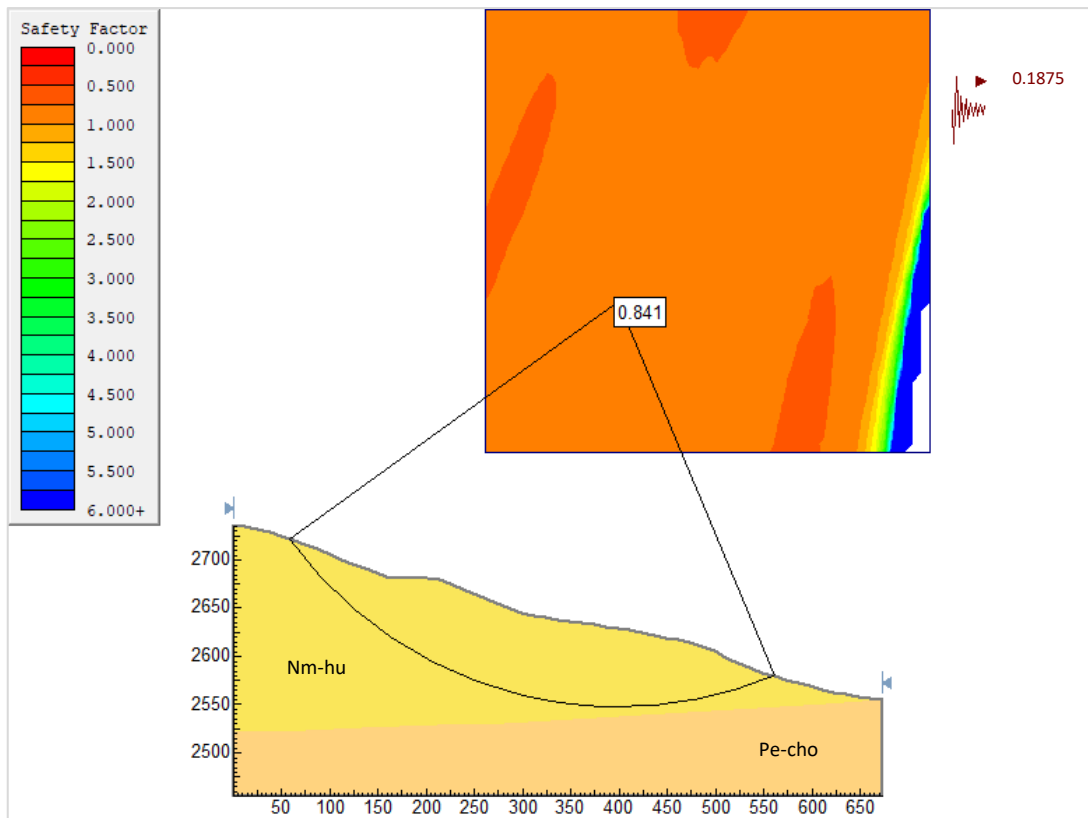


Figura 33. Sección Geológica DD' en Tensiones Totales más Sismicidad (TT + S).

En las figuras 34, 35, 36 y 37, se presenta la modelación por Análisis Seudoestático en TT con Saturación Parcial más Sismicidad de AA', BB', CC' y DD'.

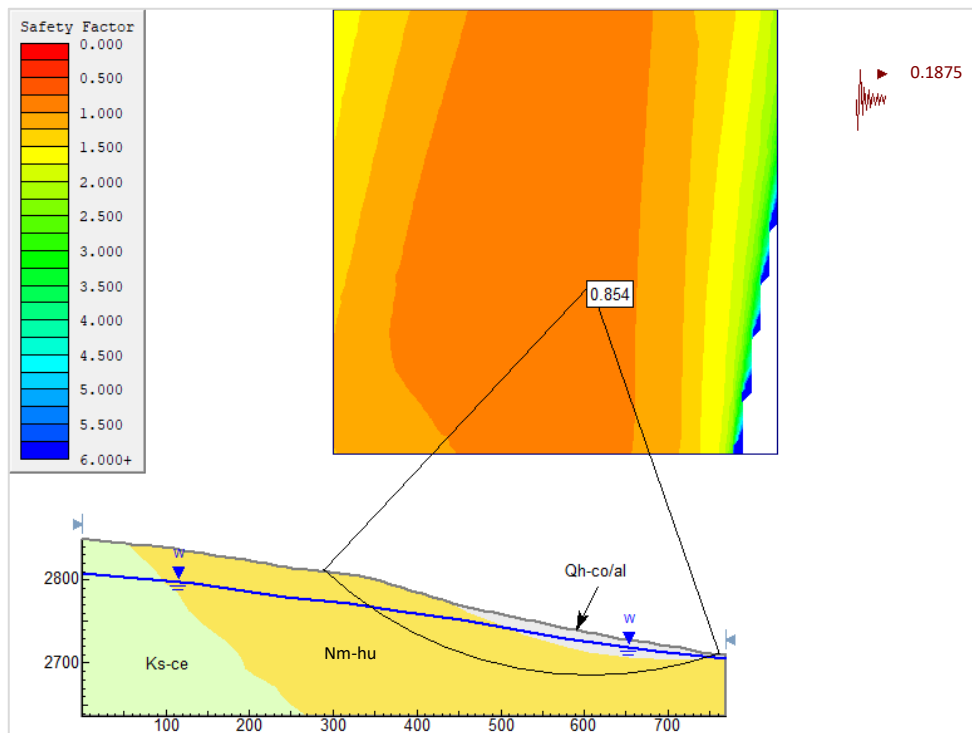


Figura 34. Sección Geológica AA' en TE con Saturación Parcial más Sismicidad (TEsp + S).

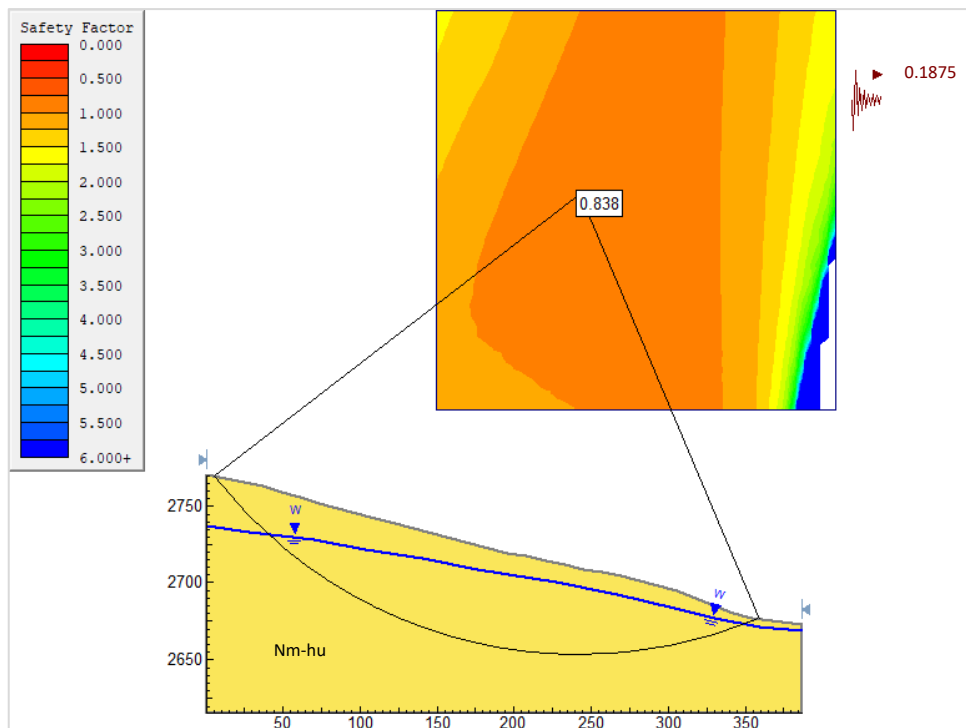


Figura 35. Sección Geológica BB' en TE con Saturación Parcial más Sismicidad (TEsp + S).

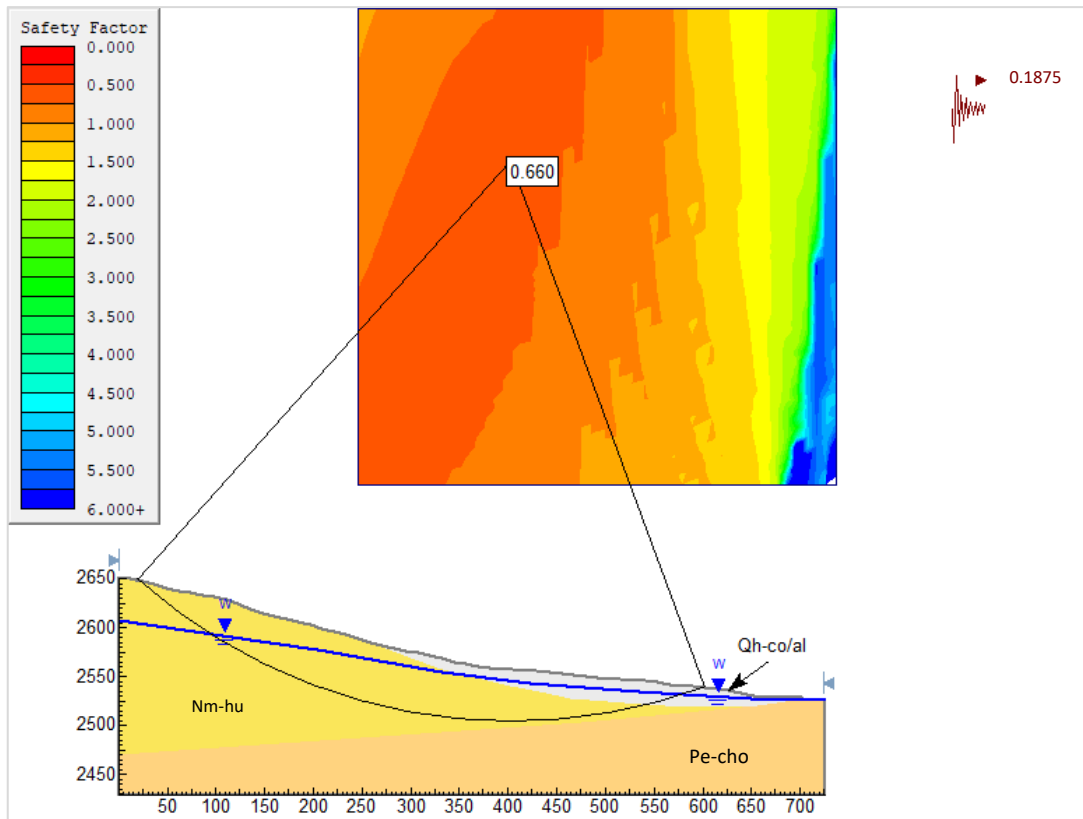


Figura 36. Sección Geológica CC' en TE con Saturación Parcial más Sismicidad (TEsp + S).

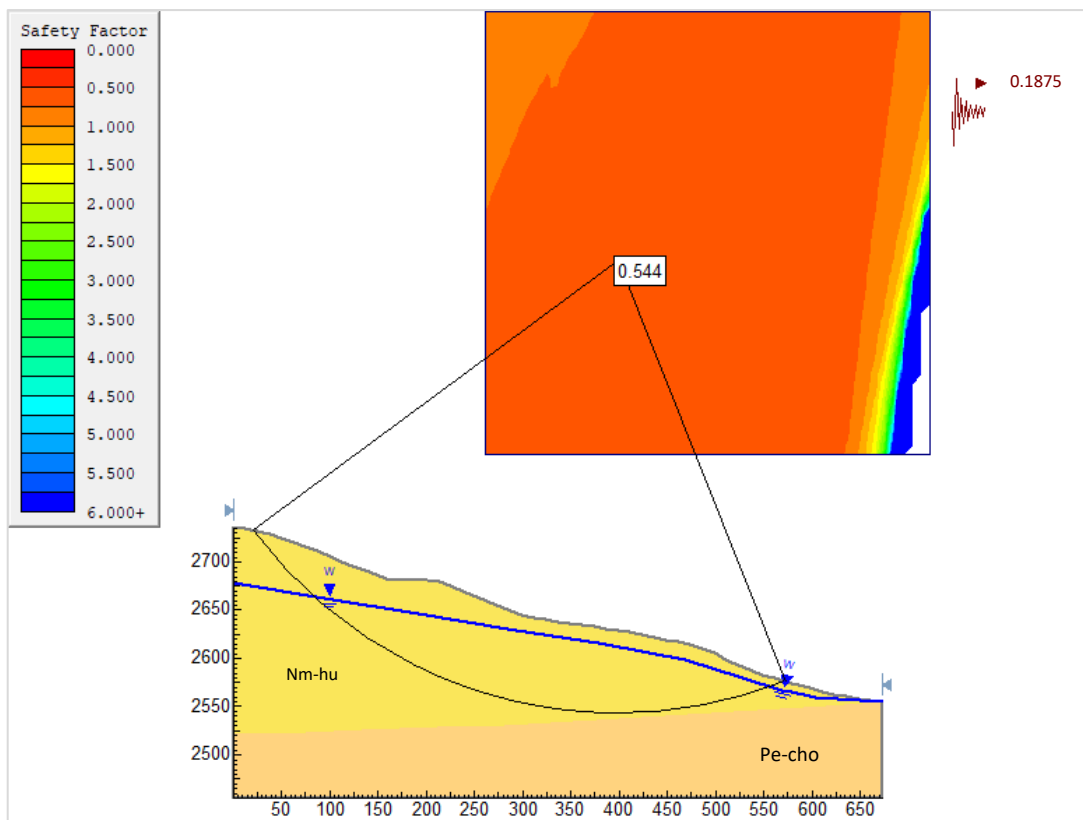


Figura 37. Sección Geológica DD' en TE con Saturación Parcial más Sismicidad (TEsp + S).

En las figuras 38, 39, 40 y 41, se visualiza la modelación por Análisis Seudoestático en TE con Saturación Total más Sismicidad de AA', BB', CC' y DD'.

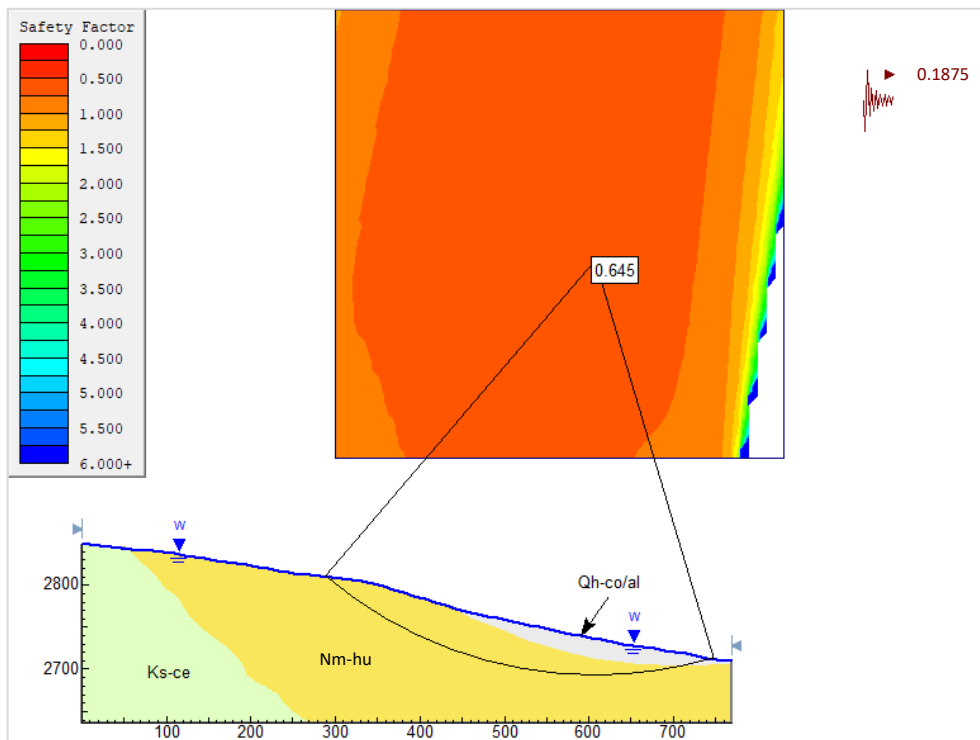


Figura 38. Sección Geológica AA' en TE con Saturación Total más Sismicidad (TEst + S).

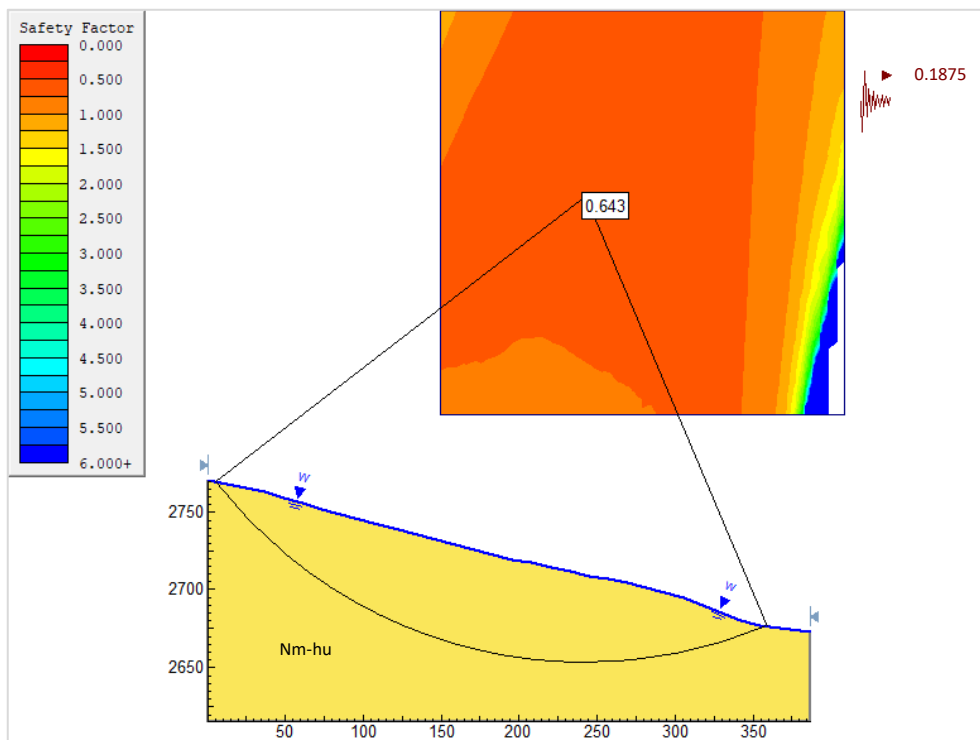


Figura 39. Sección Geológica BB' en TE con Saturación Total más Sismicidad (TEst + S).

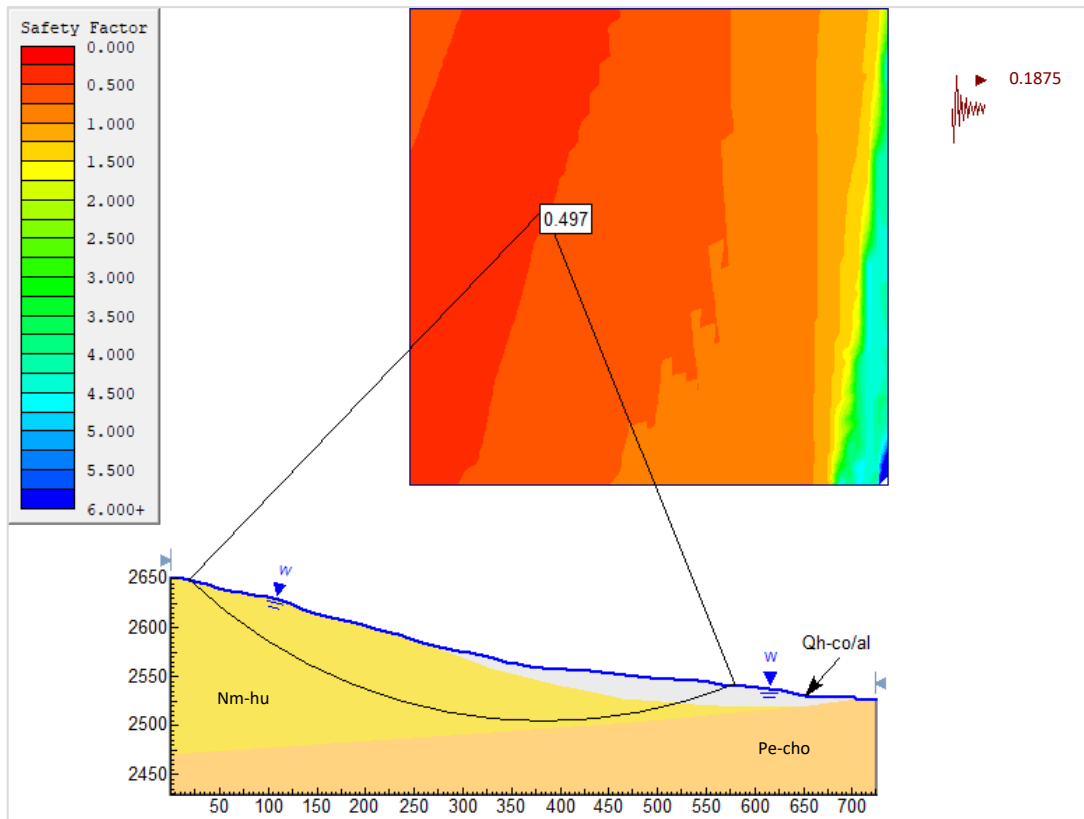


Figura 40. Sección Geológica CC' en TE con Saturación Total más Sismicidad (TEst + S).

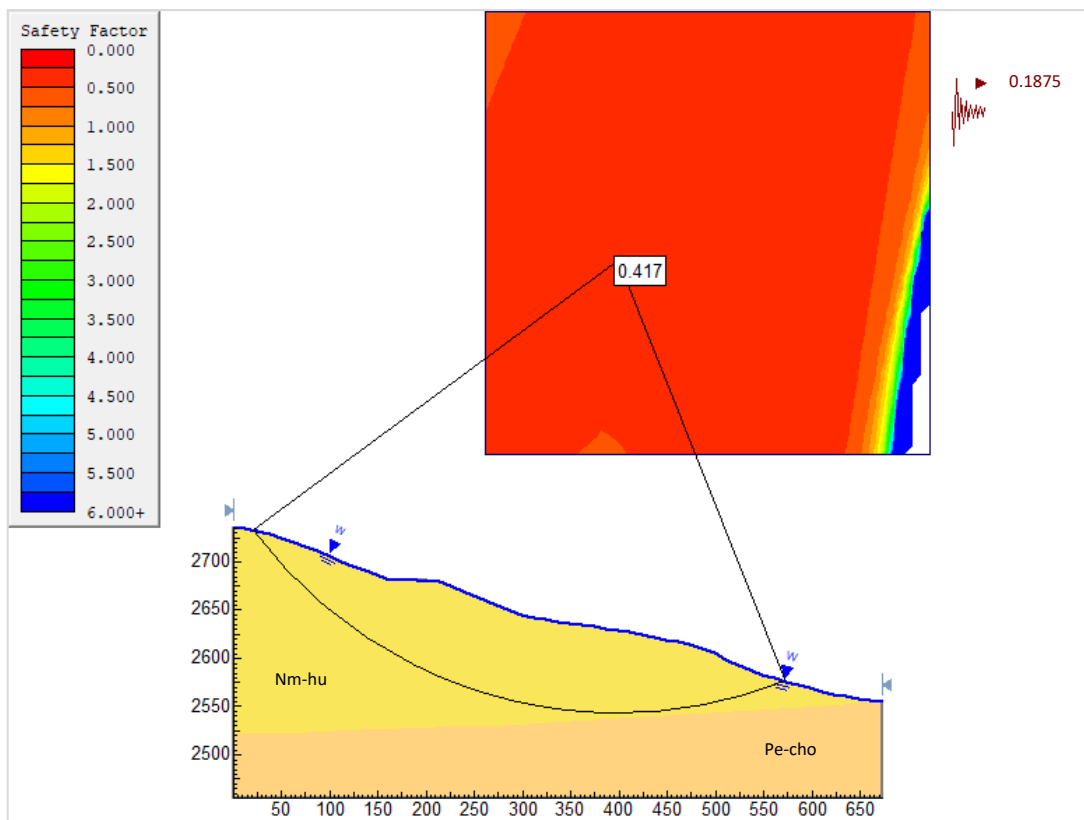


Figura 41. Sección Geológica DD' en TE con Saturación Total más Sismicidad (TEst + S).

Tabla 28. Factores de Seguridad en Condiciones Seudoestáticas.

| Sección Geológica | Condiciones Seudoestáticas | Tipo de suelo | $\gamma$          | $\gamma_{sat}$    | $c$               | $\phi$ | Coeficiente de sismicidad<br>Kh | Factor de Seguridad según los Métodos: |                 |         |                     |
|-------------------|----------------------------|---------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------|---------------------------------|--|-----------------|---------|---------------------|
|                   |                            |               | kN/m <sup>3</sup> | kN/m <sup>3</sup> | kN/m <sup>2</sup> | °      |                                 | Bishop Simplificado                    | Jambu Corregido | Spencer | Morgenstern y Price |
| AA'               | TT + S                     | SC - SM       | 19.16             | -                 | 7.85              | 25.77  | 0.1875                          | 1.232                                  | 1.226           | 1.233   | 1.233               |
|                   | TEsp + S                   |               | 19.16             | 20.21             | 7.85              | 25.77  | 0.1875                          | 0.848                                  | 0.847           | 0.854   | 0.854               |
|                   | TEst + S                   |               | 19.16             | 20.21             | 7.85              | 25.77  | 0.1875                          | 0.636                                  | 0.631           | 0.646   | 0.645               |
| BB'               | TT + S                     | CL            | 18.93             | -                 | 33.34             | 22.58  | 0.1875                          | 1.158                                  | 1.145           | 1.162   | 1.157               |
|                   | TEsp + S                   |               | 18.93             | 19.98             | 33.34             | 22.58  | 0.1875                          | 0.825                                  | 0.802           | 0.839   | 0.838               |
|                   | TEst + S                   |               | 18.93             | 19.98             | 33.34             | 22.58  | 0.1875                          | 0.629                                  | 0.602           | 0.644   | 0.643               |
| CC'               | TT + S                     | SC - SM       | 19.34             | -                 | 6.86              | 25.59  | 0.1875                          | 0.932                                  | 0.931           | 0.937   | 0.935               |
|                   | TEsp + S                   |               | 19.34             | 20.39             | 6.86              | 25.59  | 0.1875                          | 0.655                                  | 0.659           | 0.668   | 0.660               |
|                   | TEst + S                   |               | 19.34             | 20.39             | 6.86              | 25.59  | 0.1875                          | 0.484                                  | 0.480           | 0.511   | 0.497               |
| DD'               | TT + S                     | CL            | 18.73             | -                 | 21.57             | 16.58  | 0.1875                          | 0.838                                  | 0.807           | 0.841   | 0.841               |
|                   | TEsp + S                   |               | 18.73             | 19.78             | 21.57             | 16.58  | 0.1875                          | 0.539                                  | 0.525           | 0.548   | 0.544               |
|                   | TEst + S                   |               | 18.73             | 19.78             | 21.57             | 16.58  | 0.1875                          | 0.404                                  | 0.386           | 0.422   | 0.417               |

El Análisis Seudoestático presenta en general valores críticos para la estabilidad, donde los FS oscilan entre 0.386 - 1.233. En Tensiones Totales más Sismicidad (TT+S) solo las Secciones Geológicas AA', BB' son estables presentando FS > 1. En Tensiones Efectivas con Saturación Parcial más Sismicidad (TEsp+S) y Tensiones Efectivas con Saturación Total más Sismicidad (TEst+S), resultan valores críticos donde los FS < 1, significando que, de ocurrir ese escenario en AA', BB', CC' y DD', se produciría la inestabilidad de laderas y taludes. (Ver Tabla 28).

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS

La estratigrafía del área de estudio está constituida por una secuencia sedimentaria, conformada por las Formaciones Cajamarca (Ks-ca), Celendín (Ks-ce) y Chota (Pe-cho), y el Volcánico Huambos (Nm-hu); todas estas cubiertas en gran extensión por depósitos cuaternarios de edad reciente.

La expansión urbana se desarrolla en mayor extensión sobre el Volcánico Huambos, conformada por flujos piroclásticos de tobas andesíticas y traquíticas gris blanquecinos a amarillento, y sobre gravas, arenas, limos y arcillas de los depósitos cuaternarios.

Considerando que el área de investigación es de 6.10 Km<sup>2</sup>, se clasificaron las geoformas o unidades morfo genéticas de acuerdo a los conceptos y la tabla de clasificación para unidades morfo genéticas, establecida por Rodríguez (2016). Así resultan las áreas, 1.60 Km<sup>2</sup> correspondiente a planicies (26.15 %), 2.19 Km<sup>2</sup> correspondiente a lomadas (35.83 %), 2.18 Km<sup>2</sup> correspondiente a laderas (35.68 %) y 0.14 Km<sup>2</sup> correspondiente a escarpas (2.34 %). (Ver Anexo B, P-05, Plano de Unidades Morfo genéticas).

Tabla 29. Extensión de Unidades Morfo genéticas en la zona de investigación.

| UNIDADES MORFOGENÉTICAS |                |                         |          |
|-------------------------|----------------|-------------------------|----------|
| Nombre                  | Pendientes (°) | Área (Km <sup>2</sup> ) | Área (%) |
| Planicies               | 0° - 8°        | 1.60                    | 26.15    |
| Lomadas                 | 20° - 50°      | 2.19                    | 35.83    |
| Laderas                 | 20° - 50°      | 2.18                    | 35.68    |
| Escarpas                | > 50°          | 0.14                    | 2.34     |
| Total                   |                | 6.10                    | 100      |

La geología estructural regional está controlada por plegamientos y fallamientos que forman cuencas intermontañas con dirección NO-SE, NE-SO y N-S. Las estructuras más importantes son las fallas inversas y plegamientos con dirección NO-SE; así el área de investigación conforma parte del flanco derecho (con vista al NO) de un anticlinal regional NO-SE. Así mismo, el dominio estructural en el drenaje y la morfología de los valles están controlados por direcciones NO-SE; pero también por direcciones NE-SO, como es el caso del río Llaucano.

Existen eventos geodinámicos dentro de la zona de investigación que se encuentran muy cerca de la Zona de Expansión Urbana. Se evidencian 3 deslizamientos (Dz) que tienen una dirección de desplazamiento (de corona al pie) concordante al dominio estructural NO-SE; así el Dz N° 1, Dz N° 2 y el Dz N° 3 han ocurrido sobre flujos piroclásticos de tobas andesíticas y traquíticas blanquecinas del Volcánico Huambos. (Ver Anexo B, P-07, Plano Geodinámico).

Tabla 30. Principales características de los deslizamientos en la zona de estudio.

| Dz  | Dimensiones        |                                  | Estado de la actividad | Secuencia de repetición  | Clasificación de velocidades |                      |                      |                                      |
|-----|--------------------|----------------------------------|------------------------|--------------------------|------------------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------------|
|     | Longitud total (L) | Ancho de la masa desplazada (Wd) |                        |                          | Clase                        | Descripción          | Intervalos           | Tipo de daños                        |
| N°1 | 200 m              | 240 m                            | Reactivado             | Progresivo, retrogresivo | 5                            | Lento                | 1.6 m/año - 13 m/mes | Frecuentes daños, reparación costosa |
| N°2 | 135 m              | 65 m                             | Reactivado             | Progresivo               | 5                            | Lento                | 1.6 m/año - 13 m/mes | Frecuentes daños, reparación costosa |
| N°3 | 630 m              | 420 m                            | Relicto                | Disminuyendo             | 7                            | Extremadamente lento | <16 mm/año           | Sin daños a estructuras adecuadas    |

Fuente: Tomado y modificado de Chacón, (2012). Data del tesista.

Se consideró 4 estaciones geomecánicas (EG) y en cada posible área inestable por deslizamiento, se trazaron las Secciones Geológicas AA', BB', CC', y DD', que están sobre litologías altamente meteorizadas del Volcánico Huambos y los depósitos coluvio - aluviales. El criterio para la ubicación de las EG y las Secciones Geológicas fueron principalmente los factores internos, que abarcan las características intrínsecas y extrínsecas

(litología, morfología y pendiente); además se tuvo en cuenta la probable afectación del área de expansión urbana.

El análisis granulométrico se determinó en el laboratorio de suelos y están definidos en la Tabla 19, resultando según la clasificación SUCS, para la EG-N° 1 y EG-N° 3, suelos tipo SC-SM (Arena limo arcillosa), y para la EG-N° 2 y EG-N° 4, suelos tipo CL (Arcilla mal gradada con arena). (Ver Anexo A).

Se analizó la data de precipitaciones entre el año 2017 y 2023, que inicialmente se traspuso de la Estación Meteorológica Bambamarca a la zona de investigación (Frutillo Bajo), según la Ecuación de Oswald y siguiendo la metodología de Rodríguez (2016).

El ordenamiento de los datos de precipitación sugerido por Rodríguez (2016), muestra la mejor tendencia de los meses lluviosos hacia el centro de la curva, y los meses de pocas lluvias en los extremos de la curva; demás se utiliza una Línea de Precipitación Referencial Conservadora (LPRC), cuyo valor calculado es de 100.86 mm, y es la que nos ayuda a visualizar y correlacionar los ciclos de precipitación. Así tenemos que el ciclo 2021-2022, con 1134.95 mm/año, y el ciclo 2022 - 2023 con 1043.60 mm/año, son los ciclos más lluviosos. Finalmente se obtuvo la precipitación mensual promedio equivalente a 72.53 mm, y la precipitación anual promedio igual a 870.30 mm.

Tabla 31. Análisis de precipitación totalizado por ciclo.

| CICLOS DE PRECIPITACIÓN | AÑO ANTERIOR      | AÑO POSTERIOR    | Total PP por ciclo | Promedio PP mensual |
|-------------------------|-------------------|------------------|--------------------|---------------------|
|                         | Junio - Diciembre | Enero - Mayo     |                    |                     |
| PP: 2016 - 2017         | -                 | 603.91           | 603.91             | 120.78              |
| PP: 2017 - 2018         | 348.24            | 445.29           | 793.53             | 66.13               |
| PP: 2018 - 2019         | 356.30            | 455.59           | 811.89             | 67.66               |
| PP: 2019 - 2020         | 388.09            | 257.91           | 646.00             | 53.83               |
| PP: 2020 - 2021         | 534.17            | 257.68           | 791.85             | 65.99               |
| PP: 2021 - 2022         | 590.03            | 544.92           | 1134.95            | 94.58               |
| PP: 2022 - 2023         | 370.96            | 672.64           | 1043.60            | 86.97               |
|                         |                   | <b>Promedio:</b> | 870.30             | 72.53               |

La precipitación en la zona de investigación tiene dos épocas bien definidas, Octubre - Abril con 82.47 %, donde está la mayor cantidad de precipitación, y Mayo - Septiembre con 17.53 %, considerada la época de tendencia seca. De acuerdo a la Representación de las Curvas de Precipitación Anual Mensualizadas 2017 - 2023, se observa que en todos los ciclos de precipitación al menos un mes supera la LPRC, esto nos indica que la ocurrencia de lluvias intensas y prolongadas son frecuentes en determinados meses estacionales (Octubre - Abril); en ese sentido se calculó la precipitación acumulada en los meses de Octubre - Abril, determinando que más del 75 % de la precipitación total ocurren en estos meses, con excepción del ciclo 2020 - 2021, donde la mayor cantidad de precipitación está de Septiembre - Marzo.

Tabla 32. Análisis de precipitación en los meses de Octubre a Abril.

| <b>Ciclos de Precipitación</b> | <b>Total PP por Ciclo</b> | <b>PP Octubre - Abril</b> | <b>% PP Octubre - Abril</b> |
|--------------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| Precipitación: 2016 - 2017     | 603.91                    | 525.44                    | 87.01 %                     |
| Precipitación: 2017 - 2018     | 793.53                    | 606.15                    | 76.39 %                     |
| Precipitación: 2018 - 2019     | 811.89                    | 716.74                    | 88.28 %                     |
| Precipitación: 2019 - 2020     | 646.00                    | 577.71                    | 89.43 %                     |
| Precipitación: 2020 - 2021     | 791.85                    | 527.45                    | 66.61 %                     |
| Precipitación: 2021 - 2022     | 1134.95                   | 1010.58                   | 89.04 %                     |
| Precipitación: 2022 - 2023     | 1043.60                   | 840.55                    | 80.54 %                     |
| Suma:                          | 5825.73                   | 4804.63                   | 82.47 %                     |

La infiltración es la variable externa que afecta la resistencia de las rocas y suelos (cohesión y ángulo de fricción interna), cuando ingresa por la porosidad primaria y secundaria. Se consideró un Coeficiente de Infiltración de 0.35, el cual se correlaciona con la precipitación total (PP), precipitación efectiva o escurrimiento (Pe) y los volúmenes de infiltración (VF). Según el procedimiento de cálculo de Rodríguez (2016), se realizó el balance hidrológico, donde el volumen de infiltración en las unidades hidrográficas es de 18.95 MMC, y la infiltración en la zona de estudio es de 9.91 MMC, que representa el 52.31 % del total del volumen de infiltración. (Ver Tabla 26).

Para el análisis de inestabilidad se utilizaron los parámetros geomecánicos de peso específico seco ( $\gamma$ ), peso específico saturado ( $\gamma_{sat}$ ), cohesión (c) y ángulo de fricción interna ( $\phi$ ); obtenidos en el laboratorio de análisis de suelos y definidos en la Tabla 21. Además, se

modeló en el software AutoCad la topografía y contactos geológicos para cada Sección Geológica; finalmente se considera el coeficiente de sismicidad horizontal  $K_h = 0.1875$ , correspondiente al 75% de la aceleración máxima horizontal (Zona 2) de la Zona Sísmica del territorio Peruano.

Los Factores de Seguridad se obtuvieron según los métodos de: Bishop Simplificado, Janbú Corregido, Spencer y Morgenstern - Price, presumiendo un tipo de falla rotacional y además represente la condición más real de un probable deslizamiento. Así el análisis de inestabilidad se realiza en Condiciones Estáticas y Seudoestáticas; considerando en cada condición las Tensiones Totales (TT), Tensiones Efectivas con Saturación Parcial (TEsp) y Tensiones Efectivas con Saturación Total (TEst).

En la Tabla 33, se agrupa los Factores de Seguridad obtenidos en Condiciones Estáticas y Seudoestáticas; incluyendo para cada condición las Tensiones Totales (TT), Tensiones Efectivas con Saturación Parcial (TEsp) y Tensiones Efectivas con Saturación Total (TEst), para las Secciones Geológicas AA', BB', CC' y DD'.

De acuerdo con los FS que se muestran en la Tabla 33, AA' y BB' son las secciones más estables, con FS que van de 1.145 - 2.427; presentando inestabilidad solo en Condiciones Seudoestáticas de Tensiones Efectivas con Saturación Parcial (TEsp) y Tensiones Efectivas con Saturación Total (TEst), con FS de 0.602 - 0.854.

La sección CC' es estable en Condiciones Estáticas (TT, TEsp, TEst), con FS que van de 1.007 - 1.875; y es inestable en Condiciones Seudoestáticas (TT, TEsp, TEst), con FS de 0.480 - 0.937.

La sección DD' es la sección más crítica a la ocurrencia de un deslizamiento, con FS que van de 0.386 - 0.750; siendo estable sólo en Condiciones Estáticas de Tensiones Totales (TT) y Tensiones Efectivas con Saturación Parcial (TEsp), con FS de 1.007 - 1.452.

Tabla 33. Factores de Seguridad en Condiciones Estáticas y Seudoestáticas.

| Sección Geológica | Condiciones    | Tipo de suelo | $\gamma$          | $\gamma_{sat}$    | $c$               | $\phi$ | Kh     | Factor de Seguridad según los Métodos: |                 |         |                      |
|-------------------|----------------|---------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------|--------|--|-----------------|---------|----------------------|
|                   |                |               | kN/m <sup>3</sup> | kN/m <sup>3</sup> | kN/m <sup>2</sup> | °      |        | Bishop Simplificado                    | Jambu Corregido | Spencer | Morguenstern y Price |
| AA'               | Estáticas      | TT            | 19.16             | -                 | 7.85              | 25.57  | -      | 2.427                                  | 2.391           | 2.427   | 2.424                |
|                   |                | TEsp          | 19.16             | 20.21             | 7.85              | 25.57  | -      | 1.695                                  | 1.695           | 1.696   | 1.692                |
|                   |                | TEst          | 19.16             | 20.21             | 7.85              | 25.57  | -      | 1.260                                  | 1.244           | 1.262   | 1.259                |
|                   | Seudoestáticas | TT + S        | 19.16             | -                 | 7.85              | 25.57  | 0.1875 | 1.232                                  | 1.226           | 1.233   | 1.233                |
|                   |                | TEsp + S      | 19.16             | 20.21             | 7.85              | 25.57  | 0.1875 | 0.848                                  | 0.847           | 0.854   | 0.854                |
|                   |                | TEst + S      | 19.16             | 20.21             | 7.85              | 25.57  | 0.1875 | 0.636                                  | 0.631           | 0.646   | 0.645                |
| BB'               | Estáticas      | TT            | 18.93             | -                 | 33.34             | 22.58  | -      | 2.175                                  | 2.107           | 2.174   | 2.172                |
|                   |                | TEsp          | 18.93             | 19.98             | 33.34             | 22.58  | -      | 1.484                                  | 1.469           | 1.484   | 1.482                |
|                   |                | TEst          | 18.93             | 19.98             | 33.34             | 22.58  | -      | 1.160                                  | 1.111           | 1.163   | 1.161                |
|                   | Seudoestáticas | TT + S        | 18.93             | -                 | 33.34             | 22.58  | 0.1875 | 1.158                                  | 1.145           | 1.162   | 1.157                |
|                   |                | TEsp + S      | 18.93             | 19.98             | 33.34             | 22.58  | 0.1875 | 0.825                                  | 0.802           | 0.839   | 0.838                |
|                   |                | TEst + S      | 18.93             | 19.98             | 33.34             | 22.58  | 0.1875 | 0.629                                  | 0.602           | 0.644   | 0.643                |
| CC'               | Estáticas      | TT            | 19.34             | -                 | 6.86              | 25.59  | -      | 1.872                                  | 1.869           | 1.875   | 1.872                |
|                   |                | TEsp          | 19.34             | 20.39             | 6.86              | 25.59  | -      | 1.276                                  | 1.269           | 1.286   | 1.280                |
|                   |                | TEst          | 19.34             | 20.39             | 6.86              | 25.59  | -      | 1.020                                  | 1.007           | 1.028   | 1.024                |
|                   | Seudoestáticas | TT + S        | 19.34             | -                 | 6.86              | 25.59  | 0.1875 | 0.932                                  | 0.931           | 0.937   | 0.935                |
|                   |                | TEsp + S      | 19.34             | 20.39             | 6.86              | 25.59  | 0.1875 | 0.655                                  | 0.659           | 0.668   | 0.660                |
|                   |                | TEst + S      | 19.34             | 20.39             | 6.86              | 25.59  | 0.1875 | 0.484                                  | 0.480           | 0.511   | 0.497                |
| DD'               | Estáticas      | TT            | 18.73             | -                 | 21.57             | 16.58  | -      | 1.452                                  | 1.409           | 1.451   | 1.451                |
|                   |                | TEsp          | 18.73             | 19.78             | 21.57             | 16.58  | -      | 1.007                                  | 0.978           | 1.010   | 1.010                |
|                   |                | TEst          | 18.73             | 19.78             | 21.57             | 16.58  | -      | 0.747                                  | 0.715           | 0.748   | 0.750                |
|                   | Seudoestáticas | TT + S        | 18.73             | -                 | 21.57             | 16.58  | 0.1875 | 0.838                                  | 0.807           | 0.841   | 0.841                |
|                   |                | TEsp + S      | 18.73             | 19.78             | 21.57             | 16.58  | 0.1875 | 0.539                                  | 0.525           | 0.548   | 0.544                |
|                   |                | TEst + S      | 18.73             | 19.78             | 21.57             | 16.58  | 0.1875 | 0.404                                  | 0.386           | 0.422   | 0.417                |

## **4.2. CONTRASTACION DE LA HIPÓTESIS**

Con la investigación se demostró que la inestabilidad en laderas y taludes de la expansión urbana del Centro Poblado Frutillo Bajo, distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, departamento Cajamarca, es provocada por los agentes desencadenantes de precipitación, infiltración y sismicidad, que alteran las condiciones morfogenéticas, geoestructurales, y geomecánicas; disminuyendo los parámetros de resistencia de las rocas, en la cohesión y el ángulo de fricción interna; causando la inestabilidad geotécnica de laderas y taludes principalmente en Condiciones Seudoestáticas de Tensiones Totales (TT), Tensiones Efectivas con Saturación Parcial (TEsp) y Tensiones Efectivas con Saturación Total (TEst). De esta manera hemos contrastado la hipótesis propuesta en el proyecto de investigación.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1. CONCLUSIONES**

Se realizó el cartografiado geológico y la secuencia estratigráfica de las Formaciones Sedimentarias y Volcánicas, determinando que los deslizamientos rotacionales se desarrollan en laderas y escarpas, que conforman el Volcánico Huambos y los depósitos coluvio - aluviales.

En la Zona de Expansión Urbana, se determinó 4 áreas críticas de probable inestabilidad geotécnica, considerando una Sección Geológica (AA', BB', CC' y DD') y una estación geomecánica (EG-N° 1, EG-N° 2, EG-N° 3, EG-N° 4) por cada área de análisis geotécnico.

El análisis granulométrico determinó de acuerdo a la clasificación SUCS, para la EG-N° 1 y EG-N° 3, suelos tipo SC-SM (Arena limo arcillosa), y para la EG-N° 2 y EG-N° 4, suelos tipo CL (Arcilla mal gradada con arena); con sus correspondientes parámetros geomecánicos de peso específico seco ( $\gamma$ ), peso específico saturado ( $\gamma_{sat}$ ), cohesión ( $c$ ) y ángulo de fricción interna ( $\phi$ ), obtenidos en el laboratorio de análisis de suelos y definidos en la Tabla 21.

El volumen de infiltración estimado es de 9.91 MMC, que representa el 52.31 % del total del volumen de infiltración. El coeficiente de sismicidad horizontal que se utilizó en el software Slide es  $K_h = 0.1875$ .

De acuerdo a los factores de seguridad obtenidos en los resultados, la inestabilidad es analizada en 6 escenarios probables para cada Sección Geológica; donde AA' y BB' son las secciones más estables con FS entre 1.145 - 2.427, siendo inestables únicamente en 2 escenarios probables (TEsp+S y TEst+S); CC' es inestable en 3 escenarios probables (TT+S, TEsp+S y TEst+S), con FS entre 0.480 - 0.937; y DD' es la sección más crítica, siendo

inestable en 4 escenarios probables (TEst, TT+S, TEsp+S y TEst+S), con FS entre 0.386 - 0.750.

Se realizó la zonificación geotécnica, donde se ha cartografiado los cuatro probables deslizamientos de tipo rotacional en la Zona de Expansión Urbana del distrito de Bambamarca.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

En el distrito de Bambamarca, en la Zona de Expansión Urbana, a las autoridades distritales, provinciales y regionales, se recomienda:

Ejecutar un sistema de control y monitoreo geotécnico, en puntos críticos de laderas y taludes, con la finalidad de hacer el seguimiento a movimientos del terreno y anticipar la ocurrencia de deslizamientos que afecten la infraestructura económica.

Realizar estudios geofísicos, para determinar la profundidad y fluctuación del nivel freático en el sector para estimar la inestabilidad de laderas y taludes con mayor precisión.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arapa, V. 2016. Formato de clasificación de rocas detríticas. Petrología sedimentaria, Documento PS-P-15.01-02. UNC - 2016.
- Benavides, M. 2019. Propuesta metodológica para la zonificación de peligrosidad por movimientos en masa en cuencas intramontanas: caso Ciudad de Loja. Tesis de Maestría en Prevención y Gestión de Riesgos. Instituto de Altos Estudios Nacionales La Universidad de Posgrado del Estado. Quito, Ecuador. 41p.
- Caballero, E. 2011. El concepto de ladera urbana. Costa Rica. 18p.
- Chacón, J. 2012. Movimientos de ladera: clasificación, descripción y evolución espacial y temporal. Asociación de Geología aplicada a la Ingeniería. Argentina. 17p.
- Comisión de reglamentos técnicos y comerciales. 1999. SUELOS. Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS). Norma 339.134. Lima. 32p.
- Das, B. 2013. Fundamentos de ingeniería geotécnica. CENGACE, México. 658p.
- Dávila, J. 2011. Diccionario geológico. INGEMMET, Lima. 901p.
- Estación Meteorológica Bambamarca. 2023. Data de Precipitaciones 2017 - 2023. Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca - Perú.
- Fuentes, L. 2017. Análisis geodinámico de las zonas inestables en los alrededores del poblado de Jesús. Tesis de título en Ingeniería. UNC, Perú. 119p.
- Gómez, J. 2017. Evaluación geodinámica y modelamiento geotécnico del deslizamiento de madrigal - Arequipa. Tesis magister en Geología. UNMSM. Perú. 201p.
- González, L. 2015. Ingeniería Geológica. Madrid - España. Editorial Pearson Educación. 738p.

- INDECI. 2014. Mapas de peligros, vulnerabilidad y riesgos, plan de usos del suelo ante desastres, proyectos y medidas de mitigación de la ciudad de Bambamarca y Centro Poblado Llaucán. Cajamarca, Perú. 147p.
- INGEMMET. 2013. Mapa Geológico del Cuadrángulo de Chota, Escala 1: 50 000, Hoja 14 - F, Cuadrante - I. Lima.
- Jiménez, S. 2017. Habitando la ladera: Articulación espacial para la consolidación urbana, Manizales. Comuna 10 y centro. Tesis de Ingeniería. Pontificia Universidad Javeriana Facultad de Arquitectura y Diseño. Bogotá, Colombia. 71p.
- Medina, J. 1991. Fenómenos geodinámicos, estudio y medidas de tratamiento. Tecnología Intermedia ITDG. Perú. 49p.
- Medina, L. y Gómez, H. 2022. Evaluación de peligro geológico por deslizamiento en el sector Lacsacocha. Distrito Huantar, provincia Huari, departamento Ancash. Informe Técnico. INGEMMET, Lima. 38p.
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. 2018. Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica Peruana E.030, Diseño Sismoresistente. Lima - Perú. 32p.
- Rodríguez, R. 2016. Método de investigación geológico - geotécnico para el análisis de inestabilidad de laderas por deslizamientos zona Ronquillo - Corisorgona. Tesis de maestría en Geología. UNMSM, Perú. 151p.
- Santacana, N. 2001. Análisis de la susceptibilidad del terreno a la Formación de Deslizamientos Superficiales y Grandes Deslizamientos mediante el Uso de Sistemas de Información Geográfica. Aplicación a la Cuenca del Río Llobregat. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Catalunya. 183p.
- SENAMHI. 2023. Climas del Perú - Mapa de Clasificación Climática Nacional. Perú. 70p.

- Sequeira - Arguedas, J. 2020. Geología, geomorfología y ocurrencia de deslizamientos en la cuenca alta del Río Virilla, Costa Rica. *Revista Geográfica de América Central* (66): 313-339p.
- Suárez, J. 2009. *Deslizamientos. Análisis Geotécnico*. Publicaciones UIS. Colombia. 607p.
- Villón, M. 2002. *Hidrología*. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Agrícola, Comité Regional de Recursos Hidráulicos. 217p.
- Wilson, J. 1984. Boletín N° 38, serie A, Carta Geológica Nacional. Geología de los cuadrángulos: Jayanca (13d), Incahuasi (13e), Cutervo (13f) Chiclayo (14d), Chongoyape (14e), Chota (14f), Celendín (14g), Pacasmayo (15d) y Chepén (15e). INGEMMET, Perú. 121p.

## ANEXOS

### A. ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

### B. PLANOS TEMÁTICOS

|  |      |
|--|------|
| Plano de Ubicación .....                         | P-01 |
| Plano de Imagen Satelital .....                  | P-02 |
| Plano de Modelo Digital de Elevaciones MDE ..... | P-03 |
| Plano Geológico .....                            | P-04 |
| Plano de Unidades Morfogenéticas .....           | P-05 |
| Plano de Unidades Hidrográficas .....            | P-06 |
| Plano Geodinámico .....                          | P-07 |
| Plano Geotécnico .....                           | P-08 |
| Plano de Sección Geológica EE' .....             | P-09 |

### C. COLUMNA ESTRATIGRÁFICA LOCAL

|                                    |      |
|------------------------------------|------|
| Columna Estratigráfica Local ..... | P-10 |
|------------------------------------|------|

## ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

### TESIS:

“ANÁLISIS GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO DE TALUDES Y LADERAS  
EN LA EXPANSIÓN URBANA DEL CENTRO POBLADO FRUTILLO  
BAJO, DISTRITO DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC,  
DEPARTAMENTO CAJAMARCA”.

### SOLICITANTE:

BACH. EDWAR ELÍ CARRANZA LEIVA

### UBICACIÓN:

DISTRITO DE BAMBAMARCA - PROVINCIA DE  
HUALGAYOC - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.

|             |                    |
|-------------|--------------------|
| CODIGO      | : LGI-INF-204-2023 |
| AREA        | : LABORATORIO      |
| RESPONSABLE | : PRSA             |
| APROBADO    | : GG               |
| FECHA:      | : OCTUBRE, 2023    |

GRUPO INGESA S.A.C.

  
Juan Carlos Vargas Cubas  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 144541

CAJAMARCA, OCTUBRE DEL 2023.



# ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

|             |                    |
|-------------|--------------------|
| CODIGO      | : LGI-INF-204-2023 |
| AREA        | : LABORATORIO      |
| RESPONSABLE | : PRSA             |
| APROBADO    | : GG               |
| FECHA:      | : OCTUBRE, 2023    |

## CONTENIDO

- DATOS GENERALES
- INFORME TÉCNICO
- ANEXO N°01: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS
- ANEXO N°02: PERFIL ESTRATIGRÁFICO



GRUPO INGESA S.A.C.

*Juan Carlos Vargas Cubas*  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 144541



# ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

|             |                    |
|-------------|--------------------|
| CODIGO      | : LGI-INF-204-2023 |
| AREA        | : LABORATORIO      |
| RESPONSABLE | : PRSA             |
| APROBADO    | : GG               |
| FECHA:      | : OCTUBRE, 2023    |

# DATOS GENERALES

GRUPO INGESA S.A.C.

  
Juan Carlos Vargas Cubus  
INGENIERO CIVIL  
CIF N° 144541



# ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

|             |                    |
|-------------|--------------------|
| CODIGO      | : LGI-INF-204-2023 |
| AREA        | : LABORATORIO      |
| RESPONSABLE | : PRSA             |
| APROBADO    | : GG               |
| FECHA:      | : OCTUBRE, 2023    |

## DATOS GENERALES LGI – INF – 204 – 2023

### I. DATOS DEL CLIENTE

NOMBRE DEL CLIENTE : BACH. EDWAR ELÍ CARRANZA LEIVA

### II. DATOS DEL PROYECTO

NOMBRE DEL PROYECTO : " ANÁLISIS GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO DE TALUDES Y LADERAS EN LA EXPANSIÓN URBANA DEL CENTRO POBLADO FRUTILLO BAJO, DISTRITO DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC, DEPARTAMENTO CAJAMARCA"

UBICACIÓN : BAMBAMARCA – HUALGAYOC – CAJAMARCA.

### III. NOTAS:

1. El presente informe de ensayos solo puede ser difundido en su totalidad y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la aprobación escrita del laboratorio de GRUPO INGESA SAC.
2. Informes sin firma y sello carecen de validez.
3. Grupo INGESA SAC no ha participado en la toma de muestras, el muestreo ha sido realizado por el CLIENTE. Se almacena contramuestra por un periodo de 15 días.
4. Los resultados corresponden a los ensayos realizados en laboratorio por el personal del Laboratorio de Grupo INGESA SAC.

GRUPO INGESA S.A.C.

Juan Carlos Vargas Cubus  
INGENIERO CIVIL  
CIP Nº 144541



# ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

|             |                    |
|-------------|--------------------|
| CODIGO      | : LGI-INF-204-2023 |
| AREA        | : LABORATORIO      |
| RESPONSABLE | : PRSA             |
| APROBADO    | : GG               |
| FECHA:      | : OCTUBRE, 2023    |

# INFORME TÉCNICO



GRUPO INCNSA S.A.C.  
  
Juan Carlos Vargas Cubas  
INGENIERO CIVIL  
CIF N° 144541

## INFORME TÉCNICO

### 1.0. GENERALIDADES

#### 1.1 Objetivo del Informe

El presente informe tiene por finalidad dar a conocer al BACH. EDWAR ELÍ CARRANZA LEIVA, el estudio de mecánica de suelos con fines para la tesis: **“ANÁLISIS GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO DE TALUDES Y LADERAS EN LA EXPANSIÓN URBANA DEL CENTRO POBLADO FRUTILLO BAJO, DISTRITO DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC, DEPARTAMENTO CAJAMARCA”**, para lo cual se realizaron ensayos de laboratorio acorde con las especificaciones técnicas y la normatividad vigente, en base a los cuales se estableció las conclusiones y recomendaciones respectivas.

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

- Reconocimiento del Terreno.
- Excavación de Calicatas.
- Ejecución de Ensayos de Laboratorio.
- Evaluación de los Trabajos de Campo y Laboratorio.
- Perfiles Estratigráficos.
- Análisis de la Capacidad de Carga Admisible.
- Conclusiones y Recomendaciones.

#### 1.2 Normatividad

El presente trabajo de consultoría está en concordancia con las siguientes normativas:

- Norma Técnica E.030 “Diseño sismo resistente”.
- Norma Técnica E.050 “Suelos y Cimentaciones”.
- ASTM y NTP (Referentes a los ensayos de mecánica de suelos).

### 2.0. UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA EN ESTUDIO

El terreno destinado para la tesis: **“ANÁLISIS GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO DE TALUDES Y LADERAS EN LA EXPANSIÓN URBANA DEL CENTRO POBLADO FRUTILLO BAJO, DISTRITO DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC, DEPARTAMENTO CAJAMARCA”** se encuentra ubicado en:

- **Región:** Cajamarca.
- **Provincia:** Hualgayoc.
- **Distrito:** Bambamarca.

## 2.1. Macro localización:



**UBICACIÓN DEPARTAMENTAL**  
DEPARTAMENTO CAJAMARCA



**UBICACIÓN PROVINCIAL**  
PROVINCIA DE HUALGAYOC

## 2.2. Micro localización:



**UBICACIÓN DE LAS CALICATAS**

INGESA S.A.C.

Juan Carlos Vargas Cubas  
INGENIERO CIVIL  
CIF N° 144541

### 3.0. TRABAJOS DE CAMPO

#### 3.1. Trabajos de Campo

El trabajo de campo fue realizado por el cliente, realizando cuatro calicatas y extrayendo el material de la misma el cual fue ingresado al laboratorio de Grupo INGESA.

Los análisis de laboratorio del material se han realizado con la finalidad certificar que la capacidad portante del material en estudio se encuentra dentro de las exigencias de las Especificaciones Técnicas.

#### 4.0. ENSAYOS DE LABORATORIO REALIZADOS:

Para la ejecución de los ensayos de laboratorio se tuvo en cuenta las Normas A.S.T.M. y N.T.P, de manera de poder determinar las características del material en estudio. Los ensayos realizados conforme constan en el **INFORME DE LABORATORIO** fueron los siguientes:

- Contenido de Humedad
- Análisis granulométrico
- Clasificación de Suelos
- Límite líquido
- Límite plástico
- Densidad húmeda
- Ensayo de Corte Directo

Los resultados de los ensayos mencionados se muestran a continuación, los mismos que se adjuntan en el Anexo N° 01.

### 5.0. PERFIL ESTRATIGRÁFICO

#### 5.1. Descripción del Perfil Estratigráfico

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

- Calicata C-01, Esta calicata presenta un único estrato color marrón y gris oscuro, constituido por un 1.28 % de grava, un 78.40 % de arena y un 20.32 % de limos y arcillas.
- Calicata C-02, Esta calicata presenta un único estrato color amarillento, crema y rojizo constituido por un 1.70 % de grava, un 18.27 % de arena y un 80.04 % de limos y arcillas.
- Calicata C-03, Esta calicata presenta un único estrato color marrón, crema y naranja constituido por un 1.21 % de grava, un 80.63 % de arena y un 18.16 % de limos y arcillas.
- Calicata C-04, Esta calicata presenta un único estrato color gris blanquecino constituido por un 1.32 % de grava, un 18.22 % de arena y un 80.46 % de limos y arcillas.

El perfil estratigráfico de la calicata se adjunta en el del presente informe anexo N°02.

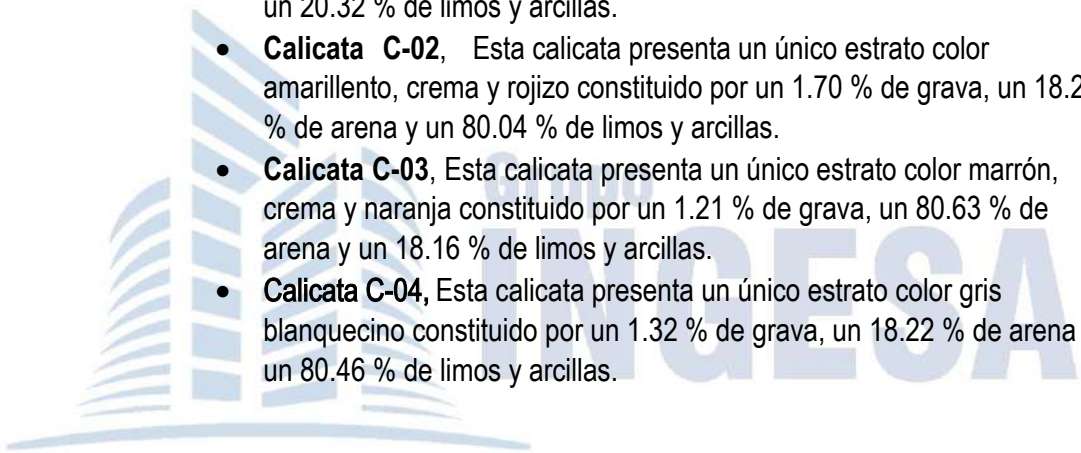
GRUPO INGESA S.A.C.

Juan Carlos Vargas Cubas  
INGENIERO CIVIL  
44541

## 7.0. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En función a los resultados de los ensayos de laboratorio, establecemos las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- El terreno en estudio, se encuentra ubicado en el Distrito de Bambamarca, Provincia de Hualgayoc, Departamento de Cajamarca.
- El subsuelo del terreno donde se realizará la tesis: **“ANÁLISIS GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO DE TALUDES Y LADERAS EN LA EXPANSIÓN URBANA DEL CENTRO POBLADO FRUTILLO BAJO, DISTRITO DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC, DEPARTAMENTO CAJAMARCA”** está constituido por:
  - **Calicata C-01**, Esta calicata presenta un único estrato color marrón y gris oscuro, constituido por un 1.28 % de grava, un 78.40 % de arena y un 20.32 % de limos y arcillas.
  - **Calicata C-02**, Esta calicata presenta un único estrato color amarillento, crema y rojizo constituido por un 1.70 % de grava, un 18.27 % de arena y un 80.04 % de limos y arcillas.
  - **Calicata C-03**, Esta calicata presenta un único estrato color marrón, crema y naranja constituido por un 1.21 % de grava, un 80.63 % de arena y un 18.16 % de limos y arcillas.
  - **Calicata C-04**, Esta calicata presenta un único estrato color gris blanquecino constituido por un 1.32 % de grava, un 18.22 % de arena y un 80.46 % de limos y arcillas.





# ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

|             |                    |
|-------------|--------------------|
| CODIGO      | : LGI-INF-204-2023 |
| AREA        | : LABORATORIO      |
| RESPONSABLE | : PRSA             |
| APROBADO    | : GG               |
| FECHA:      | : OCTUBRE, 2023    |

## ANEXO N°1 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS

GRUPO INGESA S.A.C.

Juan Carlos Vargas Cubas  
INGENIERO CIVIL  
CIF N° 144541



# ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

|             |                    |
|-------------|--------------------|
| CODIGO      | : LGI-INF-204-2023 |
| AREA        | : LABORATORIO      |
| RESPONSABLE | : PRSA             |
| APROBADO    | : GG               |
| FECHA:      | : OCTUBRE, 2023    |

## INFORMACIÓN GENERAL

|           |  |         |       |
|-----------|--|---------|-------|
| TESIS     | :"ANÁLISIS GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO DE TALUDES Y LADERAS EN LA EXPANSIÓN URBANA DEL CENTRO POBLADO FRUTILLO BAJO, DISTRITO DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC, DEPARTAMENTO CAJAMARCA". |         |       |
| UBICACIÓN | : DISTRITO DE BAMBAMARCA - PROVINCIA DE HUALGAYOC - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.  |         |       |
| TESISTA   | : BACH. EDWAR ELÍ CARRANZA LEIVA   |         |       |
| CALICATA  | : C-01   | MUESTRA | : M-1 |

## RESUMEN DE LOS ENSAYOS REALIZADOS

**MATERIAL : SUELO EXTRAIDO DE CALICATA C-1**

### 1.00 ENSAYOS ESTANDAR

| ENSAYO                        | UND.   | M-1      |
|-------------------------------|--------|----------|
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%)      | %      | 10.67    |
| GRANULOMETRIA                 | %GRAVA | 1.28     |
|                               | %ARENA | 78.40    |
|                               | %FINOS | 20.32    |
| LIMITE LIQUIDO                | -      | 18.00    |
| LIMITE PLASTICO               | -      | 13.00    |
| INDICE DE PLASTICIDAD         | -      | 5.00     |
| GRAVEDAD ESPECIFICA DE SUELOS | g/cm3  | 1.954    |
| CLASIFICACION SUCS            | -      | SC-SM    |
| CLASIFICACION AASHTO          | -      | A-2-4(0) |

### 2.00 ENSAYOS ESPECIALES

|               |                            |        |       |
|---------------|----------------------------|--------|-------|
| CORTE DIRECTO | COHESIÓN                   | kg/cm2 | 0.08  |
|               | ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA | °      | 25.77 |

GRUPO INGESA S.A.C.  
Juan Carlos Vargas Cubas  
INGENIERO CIVIL  
14541



# ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

|             |                    |
|-------------|--------------------|
| CODIGO      | : LGI-INF-204-2023 |
| AREA        | : LABORATORIO      |
| RESPONSABLE | : PRSA             |
| APROBADO    | : GG               |
| FECHA:      | : OCTUBRE, 2023    |

## INFORMACIÓN GENERAL

|           |  |         |       |
|-----------|--|---------|-------|
| TESIS     | :"ANÁLISIS GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO DE TALUDES Y LADERAS EN LA EXPANSIÓN URBANA DEL CENTRO POBLADO FRUTILLO BAJO, DISTRITO DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC, DEPARTAMENTO CAJAMARCA". |         |       |
| UBICACIÓN | : DISTRITO DE BAMBAMARCA - PROVINCIA DE HUALGAYOC - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.  |         |       |
| TESISTA   | : BACH. EDWAR ELÍ CARRANZA LEIVA   |         |       |
| CALICATA  | : C-01   | MUESTRA | : M-1 |

## CONTENIDO DE HUMEDAD A.S.T.M. D 2216 / MTC E - 108

MATERIAL : SUELO EXTRAIDO DE CALICATA C-1

1.00 CONTENIDO DE HUMEDAD (%) (A.S.T.M.D -2216 / E-108)

| Ítem                 | Descripción                           | Und. | E-1     |
|----------------------|---------------------------------------|------|---------|
| 1.01                 | Peso del Recipiente                   | g    | 103.65  |
| 1.02                 | Peso del Recipiente + muestra Humedad | g    | 1532.26 |
| 1.03                 | Peso del Recipiente + muestra seca    | g    | 1384.56 |
| Contenido de Humedad |                                       | W %  | 10.67   |

GRUPO INGESA S.A.C.  
  
Juan Carlos Vargas Cubas  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 144541



# ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

|             |                    |
|-------------|--------------------|
| CODIGO      | : LGI-INF-204-2023 |
| AREA        | : LABORATORIO      |
| RESPONSABLE | : PRSA             |
| APROBADO    | : GG               |
| FECHA:      | : OCTUBRE, 2023    |

## INFORMACIÓN GENERAL

|           |  |         |       |
|-----------|--|---------|-------|
| TESIS     | :"ANÁLISIS GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO DE TALUDES Y LADERAS EN LA EXPANSIÓN URBANA DEL CENTRO POBLADO FRUTILLO BAJO, DISTRITO DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC, DEPARTAMENTO CAJAMARCA". |         |       |
| UBICACIÓN | : DISTRITO DE BAMBAMARCA - PROVINCIA DE HUALGAYOC - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.  |         |       |
| TESISTA   | : BACH. EDWAR ELÍ CARRANZA LEIVA   |         |       |
| CALICATA  | : C-01   | MUESTRA | : M-1 |

## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO A.S.T.M. D 422 / MTC E - 107

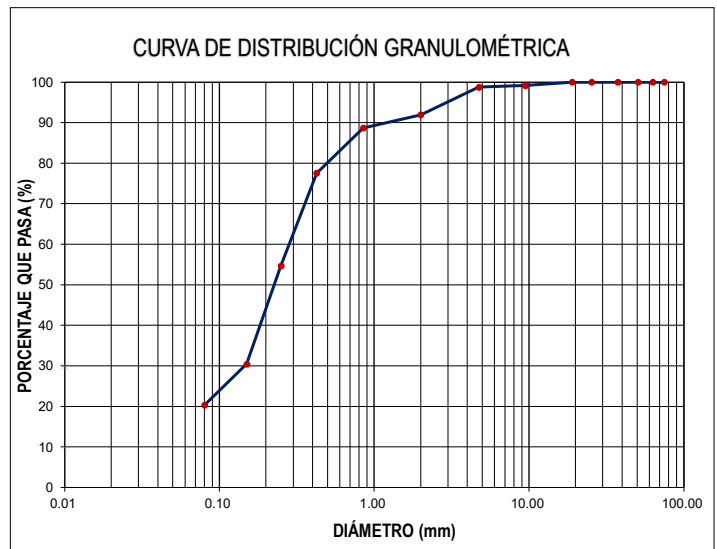
MATERIAL : SUELO EXTRAIDO DE CALICATA C-1

### 1.00 GRANULOMETRIA (MTC E-107 / A.S.T.M.D - 422)

| CONDICIONES DE LA MUESTRA TOTAL    |         | PORCENTAJE DE GRAVA, ARENAS Y FINOS |       | % TOTAL |
|------------------------------------|---------|-------------------------------------|-------|---------|
| TEMPERATURA DE SECADO              | 110° C  | GRAVA (%):                          | 1.28  | 100.00  |
| PESO TOTAL MUESTRA SECA (g)        | 1000.00 | ARENA GRUESA (%):                   | 21.19 |         |
| PESO TOTAL MUESTRA SECA < N° 4 (g) | 987.20  | ARENA FINA (%):                     | 57.21 |         |
| PESO TOTAL MUESTRA SECA > N° 4 (g) | 12.80   | FINOS (%):                          | 20.32 |         |
| PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA (g)      | 1000.00 |                                     |       |         |

| ANÁLISIS FRACCIÓN GRUESA |                           |                             |                                   |                                     |                        |
|--------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|------------------------|
| N°                       | Tamiz<br>Abertura<br>(mm) | Peso<br>Retenido<br>Parcial | Porcentaje<br>Retenido<br>Parcial | Porcentaje<br>Retenido<br>Acumulado | Porcentaje<br>Que Pasa |
|                          |                           |                             |                                   |                                     |                        |
| 2 ½"                     | 63.50                     | 0.00                        | 0.00                              | 0.00                                | 100.00                 |
| 2"                       | 50.80                     | 0.00                        | 0.00                              | 0.00                                | 100.00                 |
| 1 ½"                     | 38.10                     | 0.00                        | 0.00                              | 0.00                                | 100.00                 |
| 1"                       | 25.40                     | 0.00                        | 0.00                              | 0.00                                | 100.00                 |
| ¾"                       | 19.05                     | 0.00                        | 0.00                              | 0.00                                | 100.00                 |
| 3/8"                     | 9.52                      | 8.60                        | 0.86                              | 0.86                                | 99.14                  |
| N° 4                     | 4.75                      | 4.20                        | 0.42                              | 1.28                                | 98.72                  |
| TOTAL                    | WG =                      | 12.80                       |                                   |                                     |                        |

| ANÁLISIS FRACCIÓN FINA            |      |        |       |       |        |
|-----------------------------------|------|--------|-------|-------|--------|
| CORRECCIÓN DE MUESTRA CUARTEADA : |      |        |       |       | 0.1974 |
| PESO SECO FRACCIÓN FINA :         |      |        |       |       | 500.00 |
| N° 10                             | 2.00 | 34.50  | 6.81  | 8.09  | 91.91  |
| N° 20                             | 0.85 | 16.40  | 3.24  | 11.33 | 88.67  |
| N° 40                             | 0.43 | 56.40  | 11.14 | 22.47 | 77.53  |
| N° 60                             | 0.25 | 115.70 | 22.84 | 45.31 | 54.69  |
| N° 140                            | 0.15 | 122.90 | 24.27 | 69.57 | 30.43  |
| N° 200                            | 0.08 | 51.20  | 10.11 | 79.68 | 20.32  |
| Cazoleta                          | --   | --     | --    | --    | --     |
| TOTAL                             |      |        |       |       |        |



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

### 2.00 OBSERVACIONES

- DE ACUERDO AL SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS), EL SUELO SE CLASIFICA COMO UN **SC-SM**, MIENTRAS QUE DE ACUERDO A LA ASOCIACIÓN AMERICANA DE OFICIALES DE CARRETERAS ESTATALES Y TRANSPORTES (AASHTO) EL SUELO SE CLASIFICA COMO UN **A-2-4(0)**

GRUPO INGESA S.A.C.  
Juan Carlos Vargas Cubas  
INGENIERO CIVIL  
CIF N° 144541

## INFORMACIÓN GENERAL

|                  |  |                |       |
|------------------|--|----------------|-------|
| <b>TESIS</b>     | :"ANÁLISIS GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO DE TALUDES Y LADERAS EN LA EXPANSIÓN URBANA DEL CENTRO POBLADO FRUTILLO BAJO, DISTRITO DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC, DEPARTAMENTO CAJAMARCA". |                |       |
| <b>UBICACIÓN</b> | : DISTRITO DE BAMBAMARCA - PROVINCIA DE HUALGAYOC - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.  |                |       |
| <b>TESISTA</b>   | : BACH. EDWAR ELÍ CARRANZA LEIVA   |                |       |
| <b>CALICATA</b>  | : C-01   | <b>MUESTRA</b> | : M-1 |

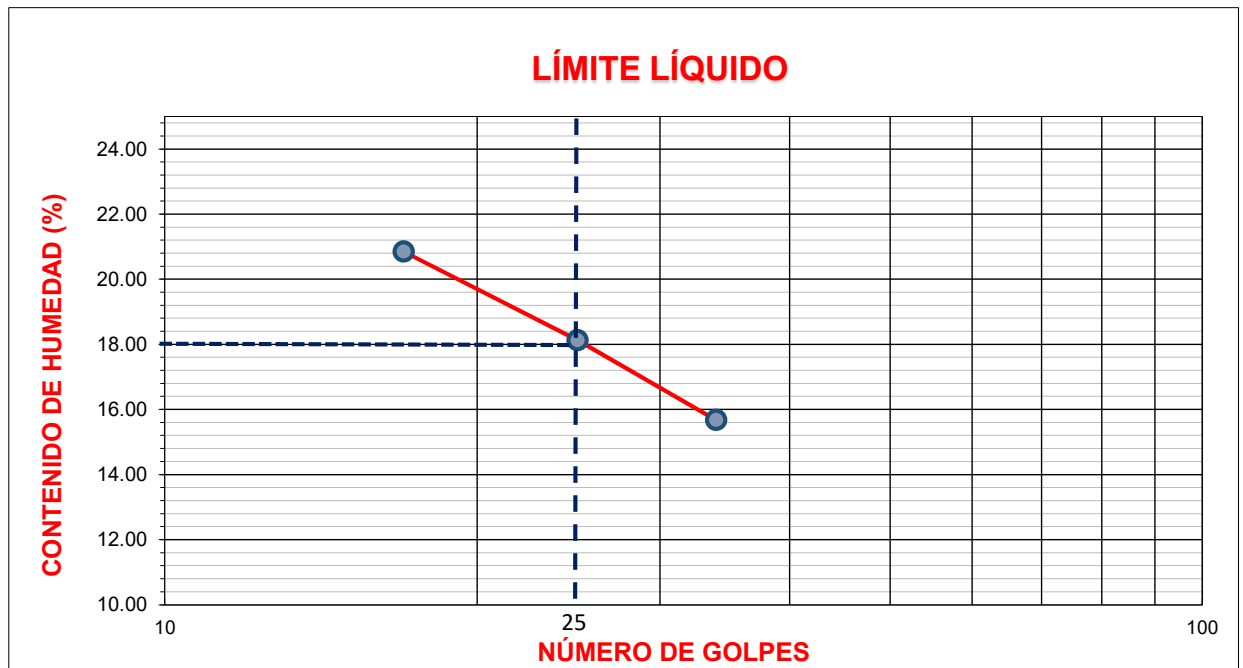
## LÍMITES DE ATTERBERG A.S.T.M. D 4318 / MTC E-110 / MTC E - 111

**MATERIAL** : SUELO EXTRAIDO DE CALICATA C-1

### 1.00 LÍMITES DE ATTERBERG (ASTM D -4318 / MTC E-110/ MTC E-111)

|                                  |                                       |                                    |          |
|----------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|----------|
| <b>PREPARACIÓN DE LA MUESTRA</b> | Preparación Húmeda                    | <b>EQUIPO PARA LÍMITE PLÁSTICO</b> | Manual   |
|                                  | Tamizado por lavado en el tamiz N° 40 | <b>EQUIPO PARA LÍMITE LÍQUIDO</b>  | Manual   |
|                                  | Preparación con agua destilada        | <b>RANURADOR</b>                   | Plástico |

| LÍMITES DE CONSISTENCIA        | LÍMITE LÍQUIDO |       |       | LÍMITE PLÁSTICO |                 |              |
|--------------------------------|----------------|-------|-------|-----------------|-----------------|--------------|
|                                | TARA N°        | 1     | 2     | 3               | 4               | 5            |
| W. Tara+ W. Muestra Húmeda (g) |                | 30.55 | 30.52 | 30.23           | 31.41           | 25.50        |
| W. Tara+ W. Muestra Seca (g)   |                | 27.10 | 27.45 | 27.52           | 29.66           | 23.74        |
| W. Agua (g)                    |                | 3.45  | 3.07  | 2.71            | 1.75            | 1.76         |
| W. Tara (g)                    |                | 10.55 | 10.51 | 10.23           | 16.40           | 10.50        |
| W. Muestra Seca (g)            |                | 16.55 | 16.94 | 17.29           | 13.26           | 13.24        |
| Contenido de Humedad (%)       |                | 20.85 | 18.12 | 15.67           | 13.20           | 13.29        |
| N.GOLPES                       |                | 17    | 25    | 34              | <b>PROMEDIO</b> | <b>13.25</b> |



|                       |       |                        |       |                              |      |
|-----------------------|-------|------------------------|-------|------------------------------|------|
| <b>LÍMITE LIQUIDO</b> | 18.00 | <b>LÍMITE PLÁSTICO</b> | 13.00 | <b>ÍNDICE DE PLASTICIDAD</b> | 5.00 |
|-----------------------|-------|------------------------|-------|------------------------------|------|

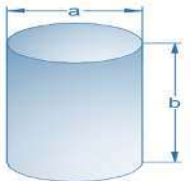
|             |                    |
|-------------|--------------------|
| CODIGO      | : LGI-INF-204-2023 |
| AREA        | : LABORATORIO      |
| RESPONSABLE | : PRSA             |
| APROBADO    | : GG               |
| FECHA:      | : OCTUBRE, 2023    |

## INFORMACIÓN GENERAL

|                  |  |                |       |
|------------------|--|----------------|-------|
| <b>TESIS</b>     | :"ANÁLISIS GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO DE TALUDES Y LADERAS EN LA EXPANSIÓN URBANA DEL CENTRO POBLADO FRUTILLO BAJO, DISTRITO DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC, DEPARTAMENTO CAJAMARCA". |                |       |
| <b>UBICACIÓN</b> | : DISTRITO DE BAMBAMARCA - PROVINCIA DE HUALGAYOC - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.  |                |       |
| <b>TESISTA</b>   | : BACH. EDWAR ELÍ CARRANZA LEIVA   |                |       |
| <b>CALICATA</b>  | : C-01   | <b>MUESTRA</b> | : M-1 |

## DENSIDAD NATURAL

**MATERIAL** : SUELO EXTRAIDO DE CALICATA C-1

| DENSIDAD NATURAL   |  |               |
|--|--|---------------|
| PROPIEDADES  | MOLDE METÁLICO                               |               |
|  | Peso del molde (Wc)<br>(g)                   | 215.12        |
|  | Diámetro (a) (cm)                            | 10.16         |
|  | Altura (b) (cm)                              | 10.00         |
|  | Volumen del molde<br>(Vc) (cm <sup>3</sup> ) | <b>810.73</b> |
| Peso de la muestra + Peso del molde<br>(Wh+c) (g)                                  | <b>1799.60</b>                               |               |
| Peso de la muestra (Wh) (g)  | 1584.5                                       |               |
| <b>Dh (g/cm<sup>3</sup>)</b>   | <b>1.954</b>                                 |               |



# ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

|             |                    |
|-------------|--------------------|
| CODIGO      | : LGI-INF-204-2023 |
| AREA        | : LABORATORIO      |
| RESPONSABLE | : PRSA             |
| APROBADO    | : GG               |
| FECHA:      | : OCTUBRE, 2023    |

## INFORMACIÓN GENERAL

|           |  |         |       |
|-----------|--|---------|-------|
| TESIS     | :"ANÁLISIS GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO DE TALUDES Y LADERAS EN LA EXPANSIÓN URBANA DEL CENTRO POBLADO FRUTILLO BAJO, DISTRITO DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC, DEPARTAMENTO CAJAMARCA". |         |       |
| UBICACIÓN | : DISTRITO DE BAMBAMARCA - PROVINCIA DE HUALGAYOC - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.  |         |       |
| TESISTA   | : BACH. EDWAR ELÍ CARRANZA LEIVA   |         |       |
| CALICATA  | : C-01   | MUESTRA | : M-1 |

## ENSAYO DE CORTE DIRECTO ESTÁNDAR EN SUELOS A.S.T.M. D 3080 / NTP 339.171 / MTC E-123

MATERIAL : SUELO EXTRAIDO DE CALICATA C-1

| ESTADO DE LA MUESTRA                  | REMOLDEADA              | MOLDE                                    | CIRCULAR                |  |                         |  |
|---------------------------------------|-------------------------|--|-------------------------|--|-------------------------|--|
| ETAPA DE APLICACIÓN DE CARGA          |                         |  |                         |  |                         |  |
| ESFUERZO NORMAL (kg/cm <sup>2</sup> ) | 0.50 Kg/cm <sup>2</sup> |  | 1.00 Kg/cm <sup>2</sup> |  | 2.00 Kg/cm <sup>2</sup> |  |
| VELOCIDAD ENSAYO (mm/min)             | 0.050                   |  | 0.050                   |  | 0.050                   |  |
| PESO MUESTRA (g)                      | 117.27                  |  | 117.27                  |  | 117.26                  |  |
| DEFORMACION FINAL (mm)                | -0.162                  |  | -0.329                  |  | -0.684                  |  |
| ETAPA                                 | INICIAL                 | FINAL                                    | INICIAL                 | FINAL                                    | INICIAL                 | FINAL                                    |
| ALTURA (cm)                           | 2.02                    | 2.00                                     | 2.02                    | 1.99                                     | 2.02                    | 1.95                                     |
| DIÁMETRO (cm)                         | 6.15                    | 6.15                                     | 6.15                    | 6.15                                     | 6.15                    | 6.15                                     |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%)              | 9.41                    | 12.49                                    | 9.40                    | 11.95                                    | 9.40                    | 11.37                                    |
| DENSIDAD HÚMEDA (g/cm <sup>3</sup> )  | 1.954                   | 1.970                                    | 1.954                   | 1.987                                    | 1.954                   | 2.023                                    |
| DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL (mm)        | 0.50 Kg/cm <sup>2</sup> |  | 1.00 Kg/cm <sup>2</sup> |  | 2.00 Kg/cm <sup>2</sup> |  |
|                                       | CARGA (N)               | ESFUERZO DE CORTE (Kg /cm <sup>2</sup> ) | CARGA (N)               | ESFUERZO DE CORTE (Kg /cm <sup>2</sup> ) | CARGA (N)               | ESFUERZO DE CORTE (Kg /cm <sup>2</sup> ) |
| 0.000                                 | 0.00                    | 0.00                                     | 0.00                    | 0.00                                     | 0.00                    | 0.00                                     |
| 0.100                                 | 3.78                    | 0.01                                     | 6.59                    | 0.02                                     | 12.40                   | 0.04                                     |
| 0.200                                 | 9.32                    | 0.03                                     | 16.26                   | 0.06                                     | 30.61                   | 0.11                                     |
| 0.300                                 | 15.46                   | 0.05                                     | 26.97                   | 0.09                                     | 50.76                   | 0.17                                     |
| 0.400                                 | 21.36                   | 0.07                                     | 37.26                   | 0.13                                     | 70.13                   | 0.24                                     |
| 0.500                                 | 28.68                   | 0.10                                     | 50.03                   | 0.17                                     | 94.16                   | 0.32                                     |
| 1.000                                 | 47.08                   | 0.16                                     | 82.14                   | 0.28                                     | 154.60                  | 0.53                                     |
| 1.500                                 | 63.25                   | 0.22                                     | 110.35                  | 0.38                                     | 207.69                  | 0.71                                     |
| 2.000                                 | 71.16                   | 0.24                                     | 124.14                  | 0.43                                     | 233.65                  | 0.80                                     |
| 2.500                                 | 77.77                   | 0.27                                     | 135.67                  | 0.47                                     | 255.35                  | 0.88                                     |
| 3.000                                 | 81.90                   | 0.28                                     | 142.87                  | 0.49                                     | 268.91                  | 0.92                                     |
| 3.500                                 | 86.03                   | 0.30                                     | 150.08                  | 0.52                                     | 282.47                  | 0.97                                     |
| 4.000                                 | 90.16                   | 0.31                                     | 157.29                  | 0.54                                     | 296.03                  | 1.02                                     |
| 4.500                                 | 92.40                   | 0.32                                     | 161.20                  | 0.55                                     | 303.39                  | 1.04                                     |
| 5.000                                 | 92.40                   | 0.32                                     | 161.20                  | 0.55                                     | 303.39                  | 1.04                                     |
| 5.500                                 | 92.40                   | 0.32                                     | 161.20                  | 0.55                                     | 303.39                  | 1.04                                     |
| 6.000                                 | 92.40                   | 0.32                                     | 161.20                  | 0.55                                     | 303.40                  | 1.04                                     |

GRUPO INGESA S.A.C.  
Juan Carlos Vargas Cubas  
INGENIERO CIVIL  
1541



# ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

|             |                    |
|-------------|--------------------|
| CODIGO      | : LGI-INF-204-2023 |
| AREA        | : LABORATORIO      |
| RESPONSABLE | : PRSA             |
| APROBADO    | : GG               |
| FECHA:      | : OCTUBRE, 2023    |

## INFORMACIÓN GENERAL

|                  |  |                |       |
|------------------|--|----------------|-------|
| <b>TESIS</b>     | :"ANÁLISIS GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO DE TALUDES Y LADERAS EN LA EXPANSIÓN URBANA DEL CENTRO POBLADO FRUTILLO BAJO, DISTRITO DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC, DEPARTAMENTO CAJAMARCA". |                |       |
| <b>UBICACIÓN</b> | : DISTRITO DE BAMBAMARCA - PROVINCIA DE HUALGAYOC - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.  |                |       |
| <b>TESISTA</b>   | : BACH. EDWAR ELÍ CARRANZA LEIVA   |                |       |
| <b>CALICATA</b>  | : C-01   | <b>MUESTRA</b> | : M-1 |

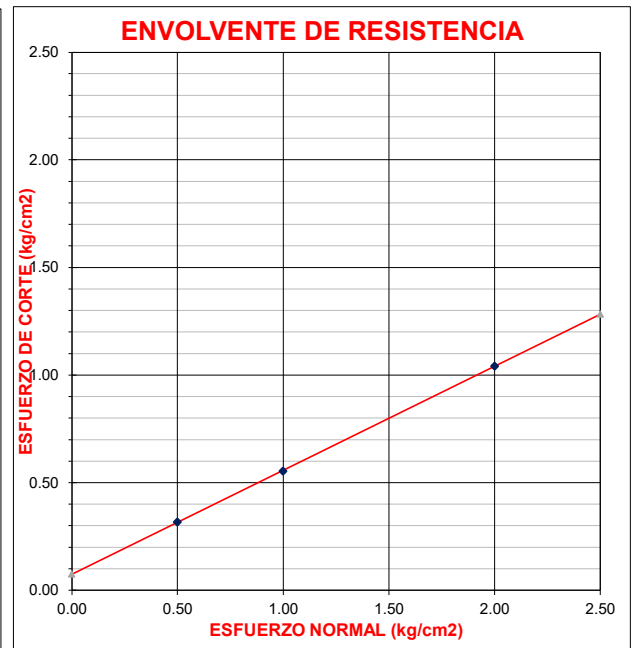
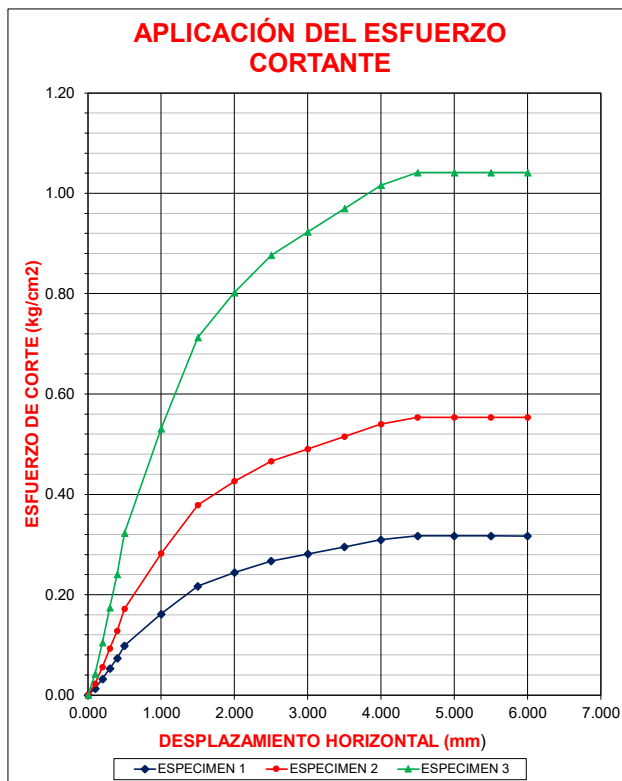
## ENSAYO DE CORTE DIRECTO ESTÁNDAR EN SUELOS A.S.T.M. D 3080 / NTP 339.171 / MTC E-123

**MATERIAL** : SUELO EXTRAIDO DE CALICATA C-1

|                             |            |              |          |
|-----------------------------|------------|--------------|----------|
| <b>ESTADO DE LA MUESTRA</b> | REMOLDEADA | <b>MOLDE</b> | CIRCULAR |
|-----------------------------|------------|--------------|----------|

### ETAPA DE APLICACIÓN DE CARGA

|  |                         |                         |                         |
|--|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| <b>ESFUERZO NORMAL (kg/cm<sup>2</sup>)</b> | 0.50 Kg/cm <sup>2</sup> | 1.00 Kg/cm <sup>2</sup> | 2.00 Kg/cm <sup>2</sup> |
| <b>VELOCIDAD ENSAYO (mm/min)</b>           | 0.050                   | 0.050                   | 0.050                   |
| <b>PESO MUESTRA (g)</b>                    | 117.27                  | 117.27                  | 117.26                  |



| ESPECIMEN | ESFUERZO NORMAL (kg/cm <sup>2</sup> ) | ESFUERZO DE CORTE (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-----------|---------------------------------------|---|
| 1         | 0.50                                  | 0.32                                    |
| 2         | 1.00                                  | 0.55                                    |
| 3         | 2.00                                  | 1.04                                    |

### PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE

COHESIÓN = 0.08 kg/cm<sup>2</sup>  
 ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA = 25.77 °

GRUPO INGESA S.A.C.  
 Juan Carlos Vargas Cubus  
 INGENIERO CIVIL  
 10541



# ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

|             |                    |
|-------------|--------------------|
| CODIGO      | : LGI-INF-204-2023 |
| AREA        | : LABORATORIO      |
| RESPONSABLE | : PRSA             |
| APROBADO    | : GG               |
| FECHA:      | : OCTUBRE, 2023    |

## INFORMACIÓN GENERAL

|           |  |         |       |
|-----------|--|---------|-------|
| TESIS     | :"ANÁLISIS GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO DE TALUDES Y LADERAS EN LA EXPANSIÓN URBANA DEL CENTRO POBLADO FRUTILLO BAJO, DISTRITO DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC, DEPARTAMENTO CAJAMARCA". |         |       |
| UBICACIÓN | : DISTRITO DE BAMBAMARCA - PROVINCIA DE HUALGAYOC - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.  |         |       |
| TESISTA   | : BACH. EDWAR ELÍ CARRANZA LEIVA   |         |       |
| CALICATA  | : C-02   | MUESTRA | : M-2 |

## RESUMEN DE LOS ENSAYOS REALIZADOS

**MATERIAL : SUELO EXTRAIDO DE CALICATA C-2**

### 1.00 ENSAYOS ESTANDAR

| ENSAYO                   | UND.    | M-2   |
|--------------------------|---------|-------|
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | %       | 20.21 |
| GRANULOMETRIA            | % GRAVA | 1.70  |
|                          | % ARENA | 18.27 |
|                          | % FINOS | 80.04 |
| LIMITE LIQUIDO           | -       | 33.00 |
| LIMITE PLASTICO          | -       | 18.00 |
| INDICE DE PLASTICIDAD    | -       | 15.00 |
| DENSIDAD NATURAL         | g/cm3   | 1.93  |

|                      |   |           |
|----------------------|---|-----------|
| CLASIFICACION SUCS   | - | CL        |
| CLASIFICACION AASHTO | - | A-7-6(20) |

### 2.00 ENSAYOS ESPECIALES

|                            |        |       |
|----------------------------|--------|-------|
| COHESIÓN                   | kg/cm2 | 0.34  |
| ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA | °      | 22.58 |

GRUPO INGESA S.A.C.  
  
Juan Carlos Vargas Cubas  
INGENIERO CIVIL  
CIF N° 144541



# ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

|             |                    |
|-------------|--------------------|
| CODIGO      | : LGI-INF-204-2023 |
| AREA        | : LABORATORIO      |
| RESPONSABLE | : PRSA             |
| APROBADO    | : GG               |
| FECHA:      | : OCTUBRE, 2023    |

## INFORMACIÓN GENERAL

|           |  |         |       |
|-----------|--|---------|-------|
| TESIS     | :"ANÁLISIS GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO DE TALUDES Y LADERAS EN LA EXPANSIÓN URBANA DEL CENTRO POBLADO FRUTILLO BAJO, DISTRITO DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC, DEPARTAMENTO CAJAMARCA". |         |       |
| UBICACIÓN | : DISTRITO DE BAMBAMARCA - PROVINCIA DE HUALGAYOC - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.  |         |       |
| TESISTA   | : BACH. EDWAR ELÍ CARRANZA LEIVA   |         |       |
| CALICATA  | : C-02   | MUESTRA | : M-2 |

## CONTENIDO DE HUMEDAD A.S.T.M. C 566 / NTP 339.185

MATERIAL : SUELO EXTRAIDO DE CALICATA C-2

| CONTENIDO DE HUMEDAD           |        |
|--------------------------------|--------|
| N° de Tara                     | T-12   |
| W. Tara (g)                    | 105.40 |
| W.Tara + W. Muestra Húmeda (g) | 744.90 |
| W.Tara + W. Muestra Seca (g)   | 637.40 |
| W. Agua (g)                    | 107.50 |
| W. Muestra Seca (g)            | 532.00 |
| Contenido de Humedad (%)       | 20.21  |

GRUPO INGESA S.A.C.  
  
Juan Carlos Vargas Cubas  
INGENIERO CIVIL  
CIF N° 144541



# ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

|             |                    |
|-------------|--------------------|
| CODIGO      | : LGI-INF-204-2023 |
| AREA        | : LABORATORIO      |
| RESPONSABLE | : PRSA             |
| APROBADO    | : GG               |
| FECHA:      | : OCTUBRE, 2023    |

## INFORMACIÓN GENERAL

|           |  |         |       |
|-----------|--|---------|-------|
| TESIS     | :"ANÁLISIS GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO DE TALUDES Y LADERAS EN LA EXPANSIÓN URBANA DEL CENTRO POBLADO FRUTILLO BAJO, DISTRITO DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC, DEPARTAMENTO CAJAMARCA". |         |       |
| UBICACIÓN | : DISTRITO DE BAMBAMARCA - PROVINCIA DE HUALGAYOC - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.  |         |       |
| TESISTA   | : BACH. EDWAR ELÍ CARRANZA LEIVA   |         |       |
| CALICATA  | : C-02   | MUESTRA | : M-2 |

## ANÁLISIS GRANULOMETRICO A.S.T.M. D 422 / NTP 339.128

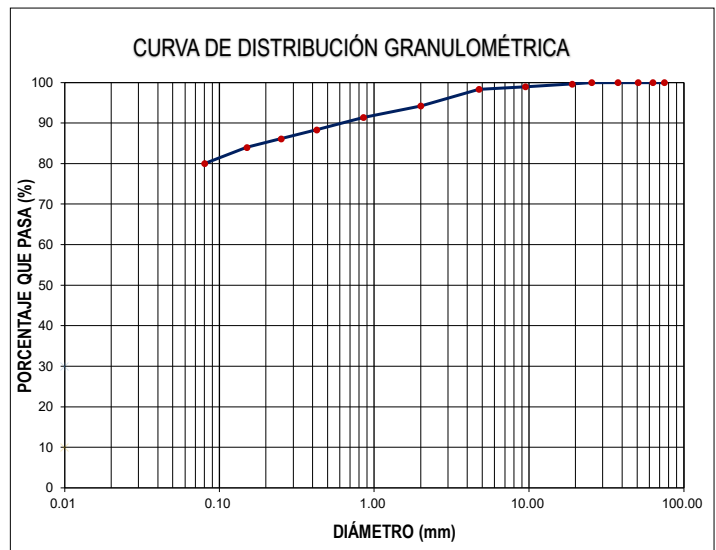
MATERIAL : SUELO EXTRAIDO DE CALICATA C-2

### 1.00 GRANULOMETRIA (NTP 339.128 / A.S.T.M.D - 422)

| CONDICIONES DE LA MUESTRA TOTAL    |         |                                     |       |
|------------------------------------|---------|-------------------------------------|-------|
| TEMPERATURA DE SECADO              | 110° C  | PORCENTAJE DE GRAVA, ARENAS Y FINOS |       |
| PESO TOTAL MUESTRA SECA (g)        | 1000.00 | GRAVA (%):                          | 1.70  |
| PESO TOTAL MUESTRA SECA < N° 4 (g) | 983.05  | ARENA GRUESA (%):                   | 9.98  |
| PESO TOTAL MUESTRA SECA > N° 4 (g) | 16.95   | ARENA FINA (%):                     | 8.29  |
| PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA (g)      | 1042.84 | FINOS (%):                          | 80.04 |
|                                    |         | <b>100.01</b>                       |       |

| ANÁLISIS FRACCIÓN GRUESA |               |                       |                             |                               |                     |
|--------------------------|---------------|-----------------------|-----------------------------|-------------------------------|---------------------|
| N°                       | Tamiz         | Peso Retenido Parcial | Porcentaje Retenido Parcial | Porcentaje Retenido Acumulado | Porcentaje Que Pasa |
|                          | Abertura (mm) |                       |                             |                               |                     |
| 3"                       | 76.20         | 0.00                  | 0.00                        | 0.00                          | 100.00              |
| 2 ½"                     | 63.50         | 0.00                  | 0.00                        | 0.00                          | 100.00              |
| 2"                       | 50.80         | 0.00                  | 0.00                        | 0.00                          | 100.00              |
| 1 ½"                     | 38.10         | 0.00                  | 0.00                        | 0.00                          | 100.00              |
| 1"                       | 25.40         | 0.00                  | 0.00                        | 0.00                          | 100.00              |
| ¾"                       | 19.05         | 4.00                  | 0.40                        | 0.40                          | 99.60               |
| 3/8"                     | 9.52          | 6.50                  | 0.65                        | 1.05                          | 98.95               |
| N°4                      | 4.75          | 6.45                  | 0.65                        | 1.70                          | <b>98.31</b>        |
| TOTAL                    | W G =         | 16.95                 |                             |                               |                     |

| ANÁLISIS FRACCIÓN FINA            |      |       |      |       |              |
|-----------------------------------|------|-------|------|-------|--------------|
| CORRECCIÓN DE MUESTRA CUARTEADA : |      |       |      |       | 0.3277       |
| PESO SECO FRACCIÓN FINA :         |      |       |      |       | 300.00       |
| N 10                              | 2.00 | 12.50 | 4.10 | 5.79  | 94.21        |
| N 20                              | 0.85 | 8.75  | 2.87 | 8.66  | 91.34        |
| N 40                              | 0.43 | 9.20  | 3.01 | 11.67 | 88.33        |
| N 60                              | 0.25 | 6.80  | 2.23 | 13.90 | 86.10        |
| N 100                             | 0.15 | 6.50  | 2.13 | 16.03 | 83.97        |
| N 200                             | 0.08 | 12.00 | 3.93 | 19.96 | <b>80.04</b> |
| Cazoleta                          | --   | --    | --   | --    | --           |
| TOTAL                             |      |       |      |       |              |



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

### 2.00 OBSERVACIONES

- DE ACUERDO AL SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS) , EL SUELO SE CLASIFICA COMO UN **CL**, MIENTRAS QUE DE ACUERDO AL LA ASOCIACIÓN AMERICANA DE OFICIALES DE CARRETERAS ESTATALES Y TRANSPORTES (AASHTO) EL SUELO SE CLASIFICA COMO UN A-7-6(20)

GRUPO INGESA S.A.C.  
  
 Juan Carlos Vargas Cubas  
 INGENIERO CIVIL  
 CIF. N° 144541



# ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

|             |                    |
|-------------|--------------------|
| CODIGO      | : LGI-INF-204-2023 |
| AREA        | : LABORATORIO      |
| RESPONSABLE | : PRSA             |
| APROBADO    | : GG               |
| FECHA:      | : OCTUBRE, 2023    |

| INFORMACIÓN GENERAL |  |         |       |
|---------------------|--|---------|-------|
| TESIS               | :"ANÁLISIS GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO DE TALUDES Y LADERAS EN LA EXPANSIÓN URBANA DEL CENTRO POBLADO FRUTILLO BAJO, DISTRITO DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC, DEPARTAMENTO CAJAMARCA". |         |       |
| UBICACIÓN           | : DISTRITO DE BAMBAMARCA - PROVINCIA DE HUALGAYOC - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.  |         |       |
| TESISTA             | : BACH. EDWAR ELÍ CARRANZA LEIVA   |         |       |
| CALICATA            | : C-02   | MUESTRA | : M-2 |

## LÍMITES DE ATTERBERG A.S.T.M. D 4318 / NTP 339.129

MATERIAL : SUELO EXTRAIDO DE CALICATA C-2

### 1.00 LÍMITES DE ATTERBERG - ASTM D - 4318 / NTP 339.129

|                           |                                       |                             |          |
|---------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|----------|
| PREPARACIÓN DE LA MUESTRA | Preparación Húmeda                    | EQUIPO PARA LÍMITE PLÁSTICO | Manual   |
|                           | Tamizado por lavado en el tamiz N° 40 | EQUIPO PARA LÍMITE LÍQUIDO  | Manual   |
|                           | Preparación con agua destilada        | RANURADOR                   | Plástico |

| LÍMITES DE CONSISTENCIA        | LÍMITE LÍQUIDO |       |       | LÍMITE PLÁSTICO |          |       |
|--------------------------------|----------------|-------|-------|-----------------|----------|-------|
|                                | TARA N°        | 1     | 2     | 3               | 4        | 5     |
| W. Tara+ W. Muestra Húmeda (g) |                | 32.09 | 32.08 | 32.03           | 26.73    | 26.71 |
| W. Tara+ W. Muestra Seca (g)   |                | 26.27 | 26.65 | 27.17           | 24.31    | 24.29 |
| W. Agua (g)                    |                | 5.82  | 5.43  | 4.85            | 2.43     | 2.43  |
| W. Tara (g)                    |                | 10.56 | 10.55 | 10.51           | 10.46    | 10.43 |
| W. Muestra Seca (g)            |                | 15.71 | 16.10 | 16.66           | 13.85    | 13.86 |
| Contenido de Humedad (%)       |                | 37.03 | 33.72 | 29.11           | 17.52    | 17.50 |
| N.GOLPES                       |                | 20    | 24    | 30              | PROMEDIO | 17.51 |



|                |       |                 |       |                       |       |
|----------------|-------|-----------------|-------|-----------------------|-------|
| LÍMITE LIQUIDO | 33.00 | LÍMITE PLÁSTICO | 18.00 | ÍNDICE DE PLASTICIDAD | 15.00 |
|----------------|-------|-----------------|-------|-----------------------|-------|

GRUPO INGESA S.A.C.

Juan Carlos Vargas Cubus  
INGENIERO CIVIL

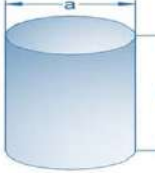
|             |                    |
|-------------|--------------------|
| CODIGO      | : LGI-INF-204-2023 |
| AREA        | : LABORATORIO      |
| RESPONSABLE | : PRSA             |
| APROBADO    | : GG               |
| FECHA:      | : OCTUBRE, 2023    |

## INFORMACIÓN GENERAL

|                  |  |                |       |
|------------------|--|----------------|-------|
| <b>TESIS</b>     | :"ANÁLISIS GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO DE TALUDES Y LADERAS EN LA EXPANSIÓN URBANA DEL CENTRO POBLADO FRUTILLO BAJO, DISTRITO DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC, DEPARTAMENTO CAJAMARCA". |                |       |
| <b>UBICACIÓN</b> | : DISTRITO DE BAMBAMARCA - PROVINCIA DE HUALGAYOC - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.  |                |       |
| <b>TESISTA</b>   | : BACH. EDWAR ELÍ CARRANZA LEIVA   |                |       |
| <b>CALICATA</b>  | : C-02   | <b>MUESTRA</b> | : M-2 |

## DENSIDAD NATURAL

**MATERIAL** : SUELO EXTRAIDO DE CALICATA C-2

| DENSIDAD NATURAL   |  |                |
|--|--|----------------|
| PROPIEDADES  | MOLDE METÁLICO                               |                |
|  | Peso del molde (Wc)<br>(g)                   | 215.12         |
|  | Diámetro (a) (cm)                            | 10.16          |
|  | Altura (b) (cm)                              | 10.00          |
|  | Volumen del molde<br>(Vc) (cm <sup>3</sup> ) | <b>810.73</b>  |
| Peso de la muestra + Peso del molde<br>(Wh+c) (g)                                  |  | <b>1780.01</b> |
| Peso de la muestra (Wh) (g)  |  | 1564.9         |
| <b>Dh (g/cm<sup>3</sup>)</b>   |  | <b>1.930</b>   |

GRUPO INGESA S.A.C.  
  
 Juan Carlos Vargas Cubus  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP Nº 144541



# ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

|             |                    |
|-------------|--------------------|
| CODIGO      | : LGI-INF-204-2023 |
| AREA        | : LABORATORIO      |
| RESPONSABLE | : PRSA             |
| APROBADO    | : GG               |
| FECHA:      | : OCTUBRE, 2023    |

## INFORMACIÓN GENERAL

|           |  |         |       |
|-----------|--|---------|-------|
| TESIS     | :"ANÁLISIS GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO DE TALUDES Y LADERAS EN LA EXPANSIÓN URBANA DEL CENTRO POBLADO FRUTILLO BAJO, DISTRITO DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC, DEPARTAMENTO CAJAMARCA". |         |       |
| UBICACIÓN | : DISTRITO DE BAMBAMARCA - PROVINCIA DE HUALGAYOC - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.  |         |       |
| TESISTA   | : BACH. EDWAR ELÍ CARRANZA LEIVA   |         |       |
| CALICATA  | : C-02   | MUESTRA | : M-2 |

## ENSAYO DE CORTE DIRECTO ESTÁNDAR EN SUELOS

A.S.T.M. D 3080 / NTP 339.171 / MTC E-123

MATERIAL : SUELO EXTRAIDO DE CALICATA C-2

|                      |            |       |          |
|----------------------|------------|-------|----------|
| ESTADO DE LA MUESTRA | REMOLDEADA | MOLDE | CIRCULAR |
|----------------------|------------|-------|----------|

### ETAPA DE APLICACIÓN DE CARGA

| ESFUERZO NORMAL (kg/cm <sup>2</sup> ) | 0.50 Kg/cm <sup>2</sup>   |  | 1.00 Kg/cm <sup>2</sup> |  | 2.00 Kg/cm <sup>2</sup> |  |
|---------------------------------------|---------------------------|--|-------------------------|--|-------------------------|--|
|                                       | VELOCIDAD ENSAYO (mm/min) | 0.050                                    | 0.050                   | 0.050                                    | 0.050                   | 0.050                                    |
| PESO MUESTRA (g)                      | 115                       |  | 114.9                   |  | 114.95                  |  |
| DEFORMACION FINAL (mm)                | -0.3                      |  | -0.53                   |  | -0.82                   |  |
| ETAPA                                 | INICIAL                   | FINAL                                    | INICIAL                 | FINAL                                    | INICIAL                 | FINAL                                    |
| ALTURA (cm)                           | 2.02                      | 1.99                                     | 2.02                    | 1.97                                     | 2.02                    | 1.94                                     |
| DIÁMETRO (cm)                         | 6.15                      | 6.15                                     | 6.15                    | 6.15                                     | 6.15                    | 6.15                                     |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%)              | 20.21                     | 22.25                                    | 20.22                   | 21.80                                    | 20.12                   | 21.00                                    |
| DENSIDAD HÚMEDA (g/cm <sup>3</sup> )  | 1.916                     | 1.945                                    | 1.915                   | 1.966                                    | 1.916                   | 1.997                                    |
| DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL (mm)        | 0.50 Kg/cm <sup>2</sup>   |  | 1.00 Kg/cm <sup>2</sup> |  | 2.00 Kg/cm <sup>2</sup> |  |
|                                       | CARGA (N)                 | ESFUERZO DE CORTE (Kg /cm <sup>2</sup> ) | CARGA (N)               | ESFUERZO DE CORTE (Kg /cm <sup>2</sup> ) | CARGA (N)               | ESFUERZO DE CORTE (Kg /cm <sup>2</sup> ) |
| 0.000                                 | 0.00                      | 0.00                                     | 0.00                    | 0.00                                     | 0.00                    | 0.00                                     |
| 0.100                                 | 6.48                      | 0.02                                     | 9.00                    | 0.03                                     | 14.32                   | 0.05                                     |
| 0.200                                 | 16.00                     | 0.05                                     | 22.22                   | 0.08                                     | 35.35                   | 0.12                                     |
| 0.300                                 | 26.54                     | 0.09                                     | 36.84                   | 0.13                                     | 58.61                   | 0.20                                     |
| 0.400                                 | 36.67                     | 0.13                                     | 50.90                   | 0.17                                     | 80.99                   | 0.28                                     |
| 0.500                                 | 49.23                     | 0.17                                     | 68.33                   | 0.23                                     | 108.73                  | 0.37                                     |
| 1.000                                 | 80.83                     | 0.28                                     | 112.20                  | 0.39                                     | 178.53                  | 0.61                                     |
| 1.500                                 | 108.59                    | 0.37                                     | 150.73                  | 0.52                                     | 239.82                  | 0.82                                     |
| 2.000                                 | 122.16                    | 0.42                                     | 169.57                  | 0.58                                     | 269.80                  | 0.93                                     |
| 2.500                                 | 133.51                    | 0.46                                     | 185.32                  | 0.64                                     | 294.86                  | 1.01                                     |
| 3.000                                 | 140.60                    | 0.48                                     | 195.16                  | 0.67                                     | 310.52                  | 1.07                                     |
| 3.500                                 | 147.69                    | 0.51                                     | 205.00                  | 0.70                                     | 326.18                  | 1.12                                     |
| 4.000                                 | 154.78                    | 0.53                                     | 214.84                  | 0.74                                     | 330.00                  | 1.13                                     |
| 4.500                                 | 158.63                    | 0.54                                     | 218.30                  | 0.75                                     | 340.35                  | 1.17                                     |
| 5.000                                 | 158.63                    | 0.54                                     | 218.30                  | 0.75                                     | 340.35                  | 1.17                                     |
| 5.500                                 | 158.63                    | 0.54                                     | 218.30                  | 0.75                                     | 340.35                  | 1.17                                     |
| 6.000                                 | 158.63                    | 0.54                                     | 218.30                  | 0.75                                     | 340.35                  | 1.17                                     |

GRUPO INGESA S.A.C.

Juan Carlos Vargas Cubas  
INGENIERO CIVIL  
CIF N° 144541



# ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

|             |                    |
|-------------|--------------------|
| CODIGO      | : LGI-INF-204-2023 |
| AREA        | : LABORATORIO      |
| RESPONSABLE | : PRSA             |
| APROBADO    | : GG               |
| FECHA:      | : OCTUBRE, 2023    |

## INFORMACIÓN GENERAL

|           |  |         |       |
|-----------|--|---------|-------|
| TESIS     | :"ANÁLISIS GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO DE TALUDES Y LADERAS EN LA EXPANSIÓN URBANA DEL CENTRO POBLADO FRUTILLO BAJO, DISTRITO DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC, DEPARTAMENTO CAJAMARCA". |         |       |
| UBICACIÓN | : DISTRITO DE BAMBAMARCA - PROVINCIA DE HUALGAYOC - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.  |         |       |
| TESISTA   | : BACH. EDWAR ELÍ CARRANZA LEIVA   |         |       |
| CALICATA  | : C-02   | MUESTRA | : M-2 |

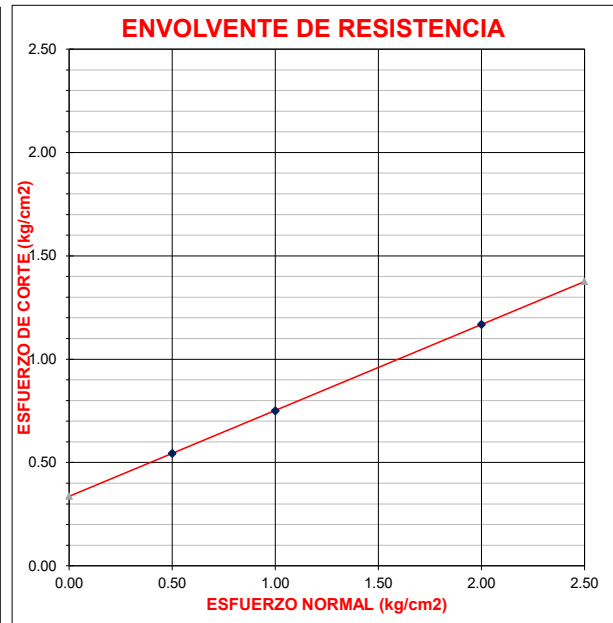
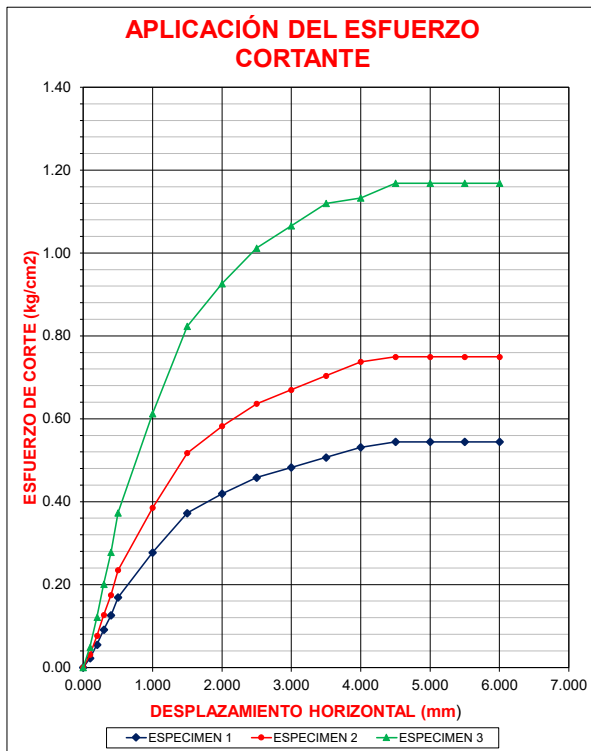
## ENSAYO DE CORTE DIRECTO ESTÁNDAR EN SUELOS A.S.T.M. D 3080 / NTP 339.171 / MTC E-123

MATERIAL : SUELO EXTRAIDO DE CALICATA C-2

|                      |            |       |          |
|----------------------|------------|-------|----------|
| ESTADO DE LA MUESTRA | REMOLDEADA | MOLDE | CIRCULAR |
|----------------------|------------|-------|----------|

### ETAPA DE APLICACIÓN DE CARGA

|                                       |                         |                         |                         |
|---------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| ESFUERZO NORMAL (kg/cm <sup>2</sup> ) | 0.50 Kg/cm <sup>2</sup> | 1.00 Kg/cm <sup>2</sup> | 2.00 Kg/cm <sup>2</sup> |
| VELOCIDAD ENSAYO (mm/min)             | 0.050                   | 0.050                   | 0.050                   |
| PESO MUESTRA (g)                      | 115                     | 114.9                   | 114.95                  |



| ESPECIMEN | ESFUERZO NORMAL (kg/cm <sup>2</sup> ) | ESFUERZO DE CORTE (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-----------|---------------------------------------|---|
| 1         | 0.50                                  | 0.54                                    |
| 2         | 1.00                                  | 0.75                                    |
| 3         | 2.00                                  | 1.17                                    |

### PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE

COHESIÓN = 0.34 kg/cm<sup>2</sup>  
 ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA = 22.58 °

GRUPO INGESA S.A.C.  
 Juan Carlos Vargas Cubus  
 INGENIERO CIVIL  
 CIF. N° 144541



# ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

|             |                    |
|-------------|--------------------|
| CODIGO      | : LGI-INF-204-2023 |
| AREA        | : LABORATORIO      |
| RESPONSABLE | : PRSA             |
| APROBADO    | : GG               |
| FECHA:      | : OCTUBRE, 2023    |

## INFORMACIÓN GENERAL

|           |  |         |       |
|-----------|--|---------|-------|
| TESIS     | :"ANÁLISIS GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO DE TALUDES Y LADERAS EN LA EXPANSIÓN URBANA DEL CENTRO POBLADO FRUTILLO BAJO, DISTRITO DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC, DEPARTAMENTO CAJAMARCA". |         |       |
| UBICACIÓN | : DISTRITO DE BAMBAMARCA - PROVINCIA DE HUALGAYOC - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.  |         |       |
| TESISTA   | : BACH. EDWAR ELÍ CARRANZA LEIVA   |         |       |
| CALICATA  | : C-03   | MUESTRA | : M-3 |

## RESUMEN DE LOS ENSAYOS REALIZADOS

**MATERIAL : SUELO EXTRAIDO DE CALICATA C-3**

### 1.00 ENSAYOS ESTANDAR

| ENSAYO                        | UND.   | M-3      |
|-------------------------------|--------|----------|
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%)      | %      | 11.68    |
| GRANULOMETRIA                 | %GRAVA | 1.21     |
|                               | %ARENA | 80.63    |
|                               | %FINOS | 18.16    |
| LIMITE LIQUIDO                | -      | 18.00    |
| LIMITE PLASTICO               | -      | 13.00    |
| INDICE DE PLASTICIDAD         | -      | 5.00     |
| GRAVEDAD ESPECIFICA DE SUELOS | g/cm3  | 1.972    |
| CLASIFICACION SUCS            | -      | SC-SM    |
| CLASIFICACION AASHTO          | -      | A-2-4(0) |

### 2.00 ENSAYOS ESPECIALES

|               |                            |        |       |
|---------------|----------------------------|--------|-------|
| CORTE DIRECTO | COHESIÓN                   | kg/cm2 | 0.07  |
|               | ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA | °      | 25.59 |

GRUPO INGESA S.A.C.  
Juan Carlos Vargas Cubas  
INGENIERO CIVIL  
14541



# ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

|             |                    |
|-------------|--------------------|
| CODIGO      | : LGI-INF-204-2023 |
| AREA        | : LABORATORIO      |
| RESPONSABLE | : PRSA             |
| APROBADO    | : GG               |
| FECHA:      | : OCTUBRE, 2023    |

## INFORMACIÓN GENERAL

|           |  |         |       |
|-----------|--|---------|-------|
| TESIS     | :"ANÁLISIS GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO DE TALUDES Y LADERAS EN LA EXPANSIÓN URBANA DEL CENTRO POBLADO FRUTILLO BAJO, DISTRITO DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC, DEPARTAMENTO CAJAMARCA". |         |       |
| UBICACIÓN | : DISTRITO DE BAMBAMARCA - PROVINCIA DE HUALGAYOC - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.  |         |       |
| TESISTA   | : BACH. EDWAR ELÍ CARRANZA LEIVA   |         |       |
| CALICATA  | : C-03   | MUESTRA | : M-3 |

## CONTENIDO DE HUMEDAD A.S.T.M. D 2216 / MTC E - 108

MATERIAL : SUELO EXTRAIDO DE CALICATA C-3

1.00 CONTENIDO DE HUMEDAD (%) (A.S.T.M.D -2216 / E-108)

| Ítem                 | Descripción                          | Und. | E-1     |
|----------------------|--------------------------------------|------|---------|
| 1.01                 | Peso del Recipiente                  | g    | 103.65  |
| 1.02                 | Peso del Recipiente + muestra Humeda | g    | 1576.23 |
| 1.03                 | Peso del Recipiente + muestra seca   | g    | 1411.11 |
| Contenido de Humedad |                                      | W %  | 11.68   |

GRUPO INGESA S.A.C.  
  
Juan Carlos Vargas Cubas  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 144541



# ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

|             |                    |
|-------------|--------------------|
| CODIGO      | : LGI-INF-204-2023 |
| AREA        | : LABORATORIO      |
| RESPONSABLE | : PRSA             |
| APROBADO    | : GG               |
| FECHA:      | : OCTUBRE, 2023    |

## INFORMACIÓN GENERAL

|           |  |         |       |
|-----------|--|---------|-------|
| TESIS     | :"ANÁLISIS GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO DE TALUDES Y LADERAS EN LA EXPANSIÓN URBANA DEL CENTRO POBLADO FRUTILLO BAJO, DISTRITO DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC, DEPARTAMENTO CAJAMARCA". |         |       |
| UBICACIÓN | : DISTRITO DE BAMBAMARCA - PROVINCIA DE HUALGAYOC - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.  |         |       |
| TESISTA   | : BACH. EDWAR ELÍ CARRANZA LEIVA   |         |       |
| CALICATA  | : C-03   | MUESTRA | : M-3 |

## ANÁLISIS GRANULOMETRICO A.S.T.M. D 422 / MTC E - 107

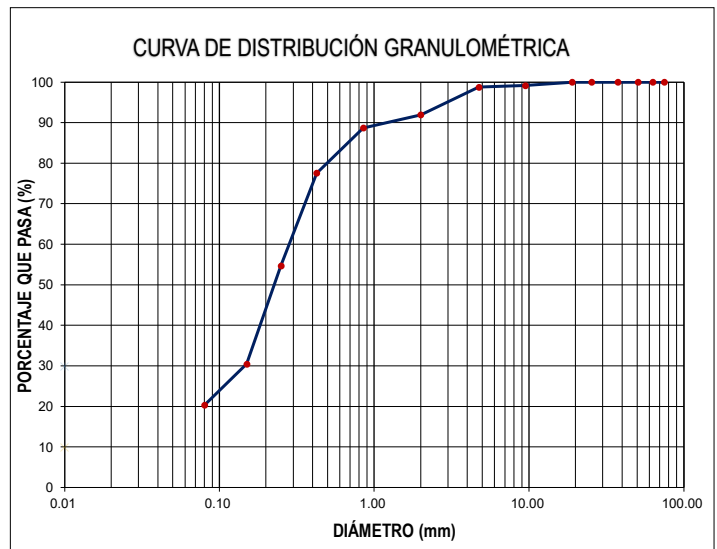
MATERIAL : SUELO EXTRAIDO DE CALICATA C-3

### 1.00 GRANULOMETRIA (MTC E-107 / A.S.T.M.D - 422)

| CONDICIONES DE LA MUESTRA TOTAL    |         | PORCENTAJE DE GRAVA, ARENAS Y FINOS |       | % TOTAL |
|------------------------------------|---------|-------------------------------------|-------|---------|
| TEMPERATURA DE SECADO              | 110° C  | GRAVA (%):                          | 1.21  | 100.00  |
| PESO TOTAL MUESTRA SECA (g)        | 1000.00 | ARENA GRUESA (%):                   | 20.84 |         |
| PESO TOTAL MUESTRA SECA < N° 4 (g) | 987.90  | ARENA FINA (%):                     | 59.79 |         |
| PESO TOTAL MUESTRA SECA > N° 4 (g) | 12.10   | FINOS (%):                          | 18.16 |         |
| PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA (g)      | 1000.00 |                                     |       |         |

| ANÁLISIS FRACCIÓN GRUESA |                           |                             |                                   |                                     |                        |
|--------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|------------------------|
| N°                       | Tamiz<br>Abertura<br>(mm) | Peso<br>Retenido<br>Parcial | Porcentaje<br>Retenido<br>Parcial | Porcentaje<br>Retenido<br>Acumulado | Porcentaje<br>Que Pasa |
|                          |                           |                             |                                   |                                     |                        |
| 2 1/2"                   | 63.50                     | 0.00                        | 0.00                              | 0.00                                | 100.00                 |
| 2"                       | 50.80                     | 0.00                        | 0.00                              | 0.00                                | 100.00                 |
| 1 1/2"                   | 38.10                     | 0.00                        | 0.00                              | 0.00                                | 100.00                 |
| 1"                       | 25.40                     | 0.00                        | 0.00                              | 0.00                                | 100.00                 |
| 3/4"                     | 19.05                     | 1.70                        | 0.17                              | 0.17                                | 99.83                  |
| 3/8"                     | 9.52                      | 7.50                        | 0.75                              | 0.92                                | 99.08                  |
| N° 4                     | 4.75                      | 2.90                        | 0.29                              | 1.21                                | 98.79                  |
| TOTAL                    | W G =                     | 12.10                       |                                   |                                     |                        |

| ANÁLISIS FRACCIÓN FINA            |      |        |       |       |        |
|-----------------------------------|------|--------|-------|-------|--------|
| CORRECCIÓN DE MUESTRA CUARTEADA : |      |        |       |       | 0.1846 |
| PESO SECO FRACCIÓN FINA :         |      |        |       |       | 500.00 |
| N° 10                             | 2.00 | 33.20  | 6.56  | 7.77  | 92.23  |
| N° 20                             | 0.85 | 17.50  | 3.46  | 11.23 | 88.77  |
| N° 40                             | 0.43 | 54.80  | 10.83 | 22.05 | 77.95  |
| N° 60                             | 0.25 | 131.30 | 25.94 | 48.00 | 52.00  |
| N° 140                            | 0.15 | 115.70 | 22.86 | 70.86 | 29.14  |
| N° 200                            | 0.08 | 55.60  | 10.99 | 81.84 | 18.16  |
| Cazoleta                          | --   | --     | --    | --    | --     |
| TOTAL                             |      |        |       |       |        |



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

### 2.00 OBSERVACIONES

- DE ACUERDO AL SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS) , EL SUELO SE CLASIFICA COMO UN **GM-GC**, MIENTRAS QUE DE ACUERDO AL LA ASOCIACIÓN AMERICANA DE OFICIALES DE CARRETERAS ESTATALES Y TRANSPORTES (AASHTO) EL SUELO SE CLASIFICA COMO UN **A-2-4(0)**

GRUPO INGESA S.A.C.  
  
 Juan Carlos Vargas Cubus  
 INGENIERO CIVIL  
 CIF N° 144541

## INFORMACIÓN GENERAL

|                  |  |                |       |
|------------------|--|----------------|-------|
| <b>TESIS</b>     | :"ANÁLISIS GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO DE TALUDES Y LADERAS EN LA EXPANSIÓN URBANA DEL CENTRO POBLADO FRUTILLO BAJO, DISTRITO DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC, DEPARTAMENTO CAJAMARCA". |                |       |
| <b>UBICACIÓN</b> | : DISTRITO DE BAMBAMARCA - PROVINCIA DE HUALGAYOC - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.  |                |       |
| <b>TESISTA</b>   | : BACH. EDWAR ELÍ CARRANZA LEIVA   |                |       |
| <b>CALICATA</b>  | : C-03   | <b>MUESTRA</b> | : M-3 |

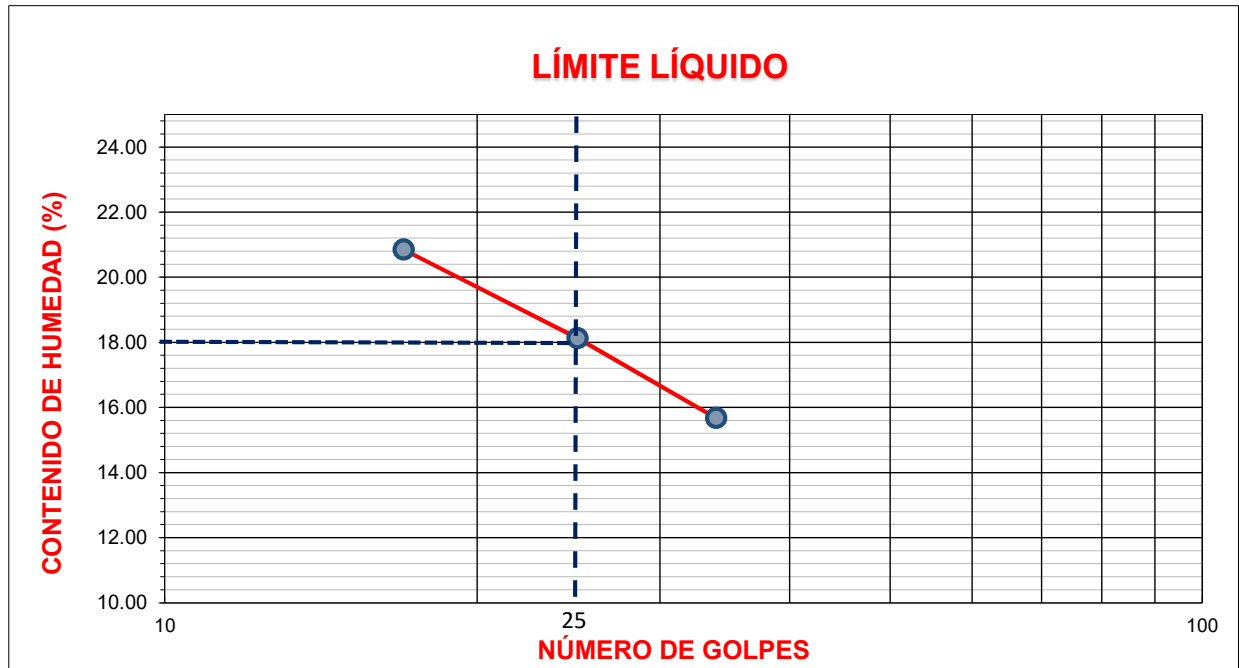
## LÍMITES DE ATTERBERG A.S.T.M. D 4318 / MTC E-110 / MTC E - 111

**MATERIAL** : SUELO EXTRAIDO DE CALICATA C-3

### 1.00 LÍMITES DE ATTERBERG (ASTM D -4318 / MTC E-110/ MTC E-111)

|                                  |                                       |                                    |          |
|----------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|----------|
| <b>PREPARACIÓN DE LA MUESTRA</b> | Preparación Húmeda                    | <b>EQUIPO PARA LÍMITE PLÁSTICO</b> | Manual   |
|                                  | Tamizado por lavado en el tamiz N° 40 | <b>EQUIPO PARA LÍMITE LÍQUIDO</b>  | Manual   |
|                                  | Preparación con agua destilada        | <b>RANURADOR</b>                   | Plástico |

| LÍMITES DE CONSISTENCIA        | LÍMITE LÍQUIDO |       |       | LÍMITE PLÁSTICO |                 |              |
|--------------------------------|----------------|-------|-------|-----------------|-----------------|--------------|
|                                | TARA N°        | 1     | 2     | 3               | 4               | 5            |
| W. Tara+ W. Muestra Húmeda (g) |                | 30.55 | 30.52 | 30.23           | 31.41           | 25.50        |
| W. Tara+ W. Muestra Seca (g)   |                | 27.10 | 27.45 | 27.52           | 29.66           | 23.74        |
| W. Agua (g)                    |                | 3.45  | 3.07  | 2.71            | 1.75            | 1.76         |
| W. Tara (g)                    |                | 10.55 | 10.51 | 10.23           | 16.40           | 10.50        |
| W. Muestra Seca (g)            |                | 16.55 | 16.94 | 17.29           | 13.26           | 13.24        |
| Contenido de Humedad (%)       |                | 20.85 | 18.12 | 15.67           | 13.20           | 13.29        |
| N.GOLPES                       |                | 17    | 25    | 34              | <b>PROMEDIO</b> | <b>13.25</b> |



|                       |       |                        |       |                              |      |
|-----------------------|-------|------------------------|-------|------------------------------|------|
| <b>LÍMITE LIQUIDO</b> | 18.00 | <b>LÍMITE PLÁSTICO</b> | 13.00 | <b>ÍNDICE DE PLASTICIDAD</b> | 5.00 |
|-----------------------|-------|------------------------|-------|------------------------------|------|

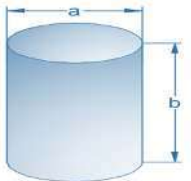
|             |                    |
|-------------|--------------------|
| CODIGO      | : LGI-INF-204-2023 |
| AREA        | : LABORATORIO      |
| RESPONSABLE | : PRSA             |
| APROBADO    | : GG               |
| FECHA:      | : OCTUBRE, 2023    |

## INFORMACIÓN GENERAL

|                  |  |                |       |
|------------------|--|----------------|-------|
| <b>TESIS</b>     | :"ANÁLISIS GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO DE TALUDES Y LADERAS EN LA EXPANSIÓN URBANA DEL CENTRO POBLADO FRUTILLO BAJO, DISTRITO DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC, DEPARTAMENTO CAJAMARCA". |                |       |
| <b>UBICACIÓN</b> | : DISTRITO DE BAMBAMARCA - PROVINCIA DE HUALGAYOC - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.  |                |       |
| <b>TESISTA</b>   | : BACH. EDWAR ELÍ CARRANZA LEIVA   |                |       |
| <b>CALICATA</b>  | : C-03   | <b>MUESTRA</b> | : M-3 |

## DENSIDAD NATURAL

**MATERIAL** : SUELO EXTRAIDO DE CALICATA C-3

| DENSIDAD NATURAL   |  |               |
|--|--|---------------|
| PROPIEDADES  | MOLDE METÁLICO                               |               |
|  | Peso del molde (Wc)<br>(g)                   | 215.12        |
|  | Diámetro (a) (cm)                            | 10.16         |
|  | Altura (b) (cm)                              | 10.00         |
|  | Volumen del molde<br>(Vc) (cm <sup>3</sup> ) | <b>810.73</b> |
| Peso de la muestra + Peso del molde<br>(Wh+c) (g)                                  | <b>1813.65</b>                               |               |
| Peso de la muestra (Wh) (g)  | 1598.53                                      |               |
| <b>Dh (g/cm<sup>3</sup>)</b>   | <b>1.972</b>                                 |               |



# ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

|             |                    |
|-------------|--------------------|
| CODIGO      | : LGI-INF-204-2023 |
| AREA        | : LABORATORIO      |
| RESPONSABLE | : PRSA             |
| APROBADO    | : GG               |
| FECHA:      | : OCTUBRE, 2023    |

## INFORMACIÓN GENERAL

|           |  |         |       |
|-----------|--|---------|-------|
| TESIS     | :"ANÁLISIS GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO DE TALUDES Y LADERAS EN LA EXPANSIÓN URBANA DEL CENTRO POBLADO FRUTILLO BAJO, DISTRITO DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC, DEPARTAMENTO CAJAMARCA". |         |       |
| UBICACIÓN | : DISTRITO DE BAMBAMARCA - PROVINCIA DE HUALGAYOC - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.  |         |       |
| TESISTA   | : BACH. EDWAR ELÍ CARRANZA LEIVA   |         |       |
| CALICATA  | : C-03   | MUESTRA | : M-3 |

## ENSAYO DE CORTE DIRECTO ESTÁNDAR EN SUELOS A.S.T.M. D 3080 / NTP 339.171 / MTC E-123

MATERIAL : SUELO EXTRAIDO DE CALICATA C-3

| ESTADO DE LA MUESTRA                  | REMOLDEADA              | MOLDE                                    | CIRCULAR                |  |                         |  |
|---------------------------------------|-------------------------|--|-------------------------|--|-------------------------|--|
| ETAPA DE APLICACIÓN DE CARGA          |                         |  |                         |  |                         |  |
| ESFUERZO NORMAL (kg/cm <sup>2</sup> ) | 0.50 Kg/cm <sup>2</sup> |  | 1.00 Kg/cm <sup>2</sup> |  | 2.00 Kg/cm <sup>2</sup> |  |
| VELOCIDAD ENSAYO (mm/min)             | 0.050                   |  | 0.050                   |  | 0.050                   |  |
| PESO MUESTRA (g)                      | 117.27                  |  | 117.27                  |  | 117.26                  |  |
| DEFORMACION FINAL (mm)                | -0.162                  |  | -0.329                  |  | -0.684                  |  |
| ETAPA                                 | INICIAL                 | FINAL                                    | INICIAL                 | FINAL                                    | INICIAL                 | FINAL                                    |
| ALTURA (cm)                           | 2.02                    | 2.00                                     | 2.02                    | 1.99                                     | 2.02                    | 1.95                                     |
| DIÁMETRO (cm)                         | 6.15                    | 6.15                                     | 6.15                    | 6.15                                     | 6.15                    | 6.15                                     |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%)              | 9.41                    | 12.49                                    | 9.40                    | 11.95                                    | 9.40                    | 11.37                                    |
| DENSIDAD HÚMEDA (g/cm <sup>3</sup> )  | 1.954                   | 1.970                                    | 1.954                   | 1.987                                    | 1.954                   | 2.023                                    |
| DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL (mm)        | 0.50 Kg/cm <sup>2</sup> |  | 1.00 Kg/cm <sup>2</sup> |  | 2.00 Kg/cm <sup>2</sup> |  |
|                                       | CARGA (N)               | ESFUERZO DE CORTE (Kg /cm <sup>2</sup> ) | CARGA (N)               | ESFUERZO DE CORTE (Kg /cm <sup>2</sup> ) | CARGA (N)               | ESFUERZO DE CORTE (Kg /cm <sup>2</sup> ) |
| 0.000                                 | 0.00                    | 0.00                                     | 0.00                    | 0.00                                     | 0.00                    | 0.00                                     |
| 0.100                                 | 3.78                    | 0.01                                     | 6.59                    | 0.02                                     | 12.40                   | 0.04                                     |
| 0.200                                 | 9.32                    | 0.03                                     | 16.26                   | 0.06                                     | 30.61                   | 0.11                                     |
| 0.300                                 | 15.46                   | 0.05                                     | 26.97                   | 0.09                                     | 50.76                   | 0.17                                     |
| 0.400                                 | 21.36                   | 0.07                                     | 37.26                   | 0.13                                     | 70.13                   | 0.24                                     |
| 0.500                                 | 28.68                   | 0.10                                     | 50.03                   | 0.17                                     | 94.16                   | 0.32                                     |
| 1.000                                 | 47.08                   | 0.16                                     | 82.14                   | 0.28                                     | 154.60                  | 0.53                                     |
| 1.500                                 | 63.25                   | 0.22                                     | 110.35                  | 0.38                                     | 207.69                  | 0.71                                     |
| 2.000                                 | 71.16                   | 0.24                                     | 124.14                  | 0.43                                     | 233.65                  | 0.80                                     |
| 2.500                                 | 77.77                   | 0.27                                     | 135.67                  | 0.47                                     | 255.35                  | 0.88                                     |
| 3.000                                 | 81.90                   | 0.28                                     | 142.87                  | 0.49                                     | 268.91                  | 0.92                                     |
| 3.500                                 | 86.03                   | 0.30                                     | 150.08                  | 0.52                                     | 282.47                  | 0.97                                     |
| 4.000                                 | 90.16                   | 0.31                                     | 157.29                  | 0.54                                     | 296.03                  | 1.02                                     |
| 4.500                                 | 92.40                   | 0.32                                     | 161.20                  | 0.55                                     | 303.39                  | 1.04                                     |
| 5.000                                 | 92.40                   | 0.32                                     | 161.20                  | 0.55                                     | 303.39                  | 1.04                                     |
| 5.500                                 | 92.40                   | 0.32                                     | 161.20                  | 0.55                                     | 303.39                  | 1.04                                     |
| 6.000                                 | 92.40                   | 0.32                                     | 161.20                  | 0.55                                     | 303.40                  | 1.04                                     |

GRUPO INGESA S.A.C.  
Juan Carlos Vargas Cubas  
INGENIERO CIVIL  
1541



# ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

|             |                    |
|-------------|--------------------|
| CODIGO      | : LGI-INF-204-2023 |
| AREA        | : LABORATORIO      |
| RESPONSABLE | : PRSA             |
| APROBADO    | : GG               |
| FECHA:      | : OCTUBRE, 2023    |

## INFORMACIÓN GENERAL

|                  |  |                |       |
|------------------|--|----------------|-------|
| <b>TESIS</b>     | :"ANÁLISIS GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO DE TALUDES Y LADERAS EN LA EXPANSIÓN URBANA DEL CENTRO POBLADO FRUTILLO BAJO, DISTRITO DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC, DEPARTAMENTO CAJAMARCA". |                |       |
| <b>UBICACIÓN</b> | : DISTRITO DE BAMBAMARCA - PROVINCIA DE HUALGAYOC - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.  |                |       |
| <b>TESISTA</b>   | : BACH. EDWAR ELÍ CARRANZA LEIVA   |                |       |
| <b>CALICATA</b>  | : C-03   | <b>MUESTRA</b> | : M-3 |

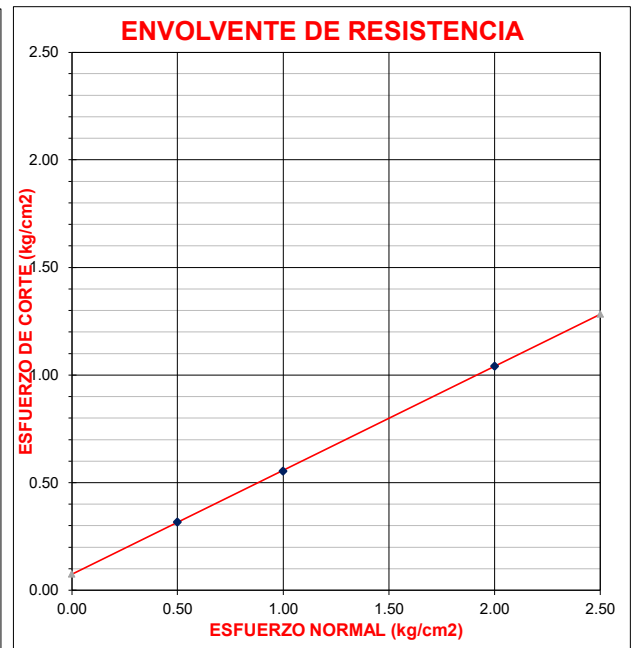
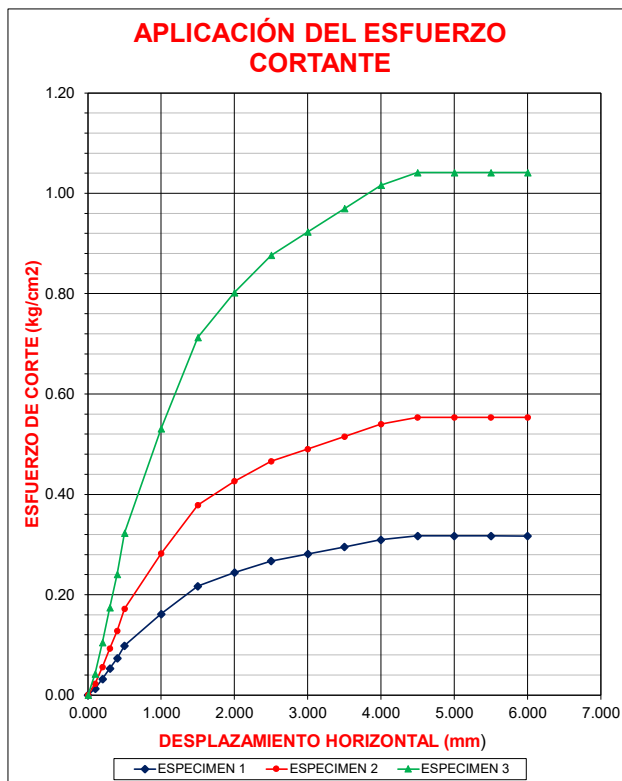
## ENSAYO DE CORTE DIRECTO ESTÁNDAR EN SUELOS A.S.T.M. D 3080 / NTP 339.171 / MTC E-123

**MATERIAL** : SUELO EXTRAIDO DE CALICATA C-3

|                             |            |              |          |
|-----------------------------|------------|--------------|----------|
| <b>ESTADO DE LA MUESTRA</b> | REMOLDEADA | <b>MOLDE</b> | CIRCULAR |
|-----------------------------|------------|--------------|----------|

### ETAPA DE APLICACIÓN DE CARGA

|  |                         |                         |                         |
|--|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| <b>ESFUERZO NORMAL (kg/cm<sup>2</sup>)</b> | 0.50 Kg/cm <sup>2</sup> | 1.00 Kg/cm <sup>2</sup> | 2.00 Kg/cm <sup>2</sup> |
| <b>VELOCIDAD ENSAYO (mm/min)</b>           | 0.050                   | 0.050                   | 0.050                   |
| <b>PESO MUESTRA (g)</b>                    | 117.27                  | 117.27                  | 117.26                  |



| ESPECIMEN | ESFUERZO NORMAL (kg/cm <sup>2</sup> ) | ESFUERZO DE CORTE (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-----------|---------------------------------------|---|
| 1         | 0.50                                  | 0.32                                    |
| 2         | 1.00                                  | 0.55                                    |
| 3         | 2.00                                  | 1.04                                    |

### PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE

COHESIÓN = 0.07 kg/cm<sup>2</sup>  
 ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA = 25.59 °

GRUPO INGESA S.A.C.  
 Juan Carlos Vargas Cubus  
 INGENIERO CIVIL  
 10541



# ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

|             |                    |
|-------------|--------------------|
| CODIGO      | : LGI-INF-204-2023 |
| AREA        | : LABORATORIO      |
| RESPONSABLE | : PRSA             |
| APROBADO    | : GG               |
| FECHA:      | : OCTUBRE, 2023    |

## INFORMACIÓN GENERAL

|           |  |         |       |
|-----------|--|---------|-------|
| TESIS     | :"ANÁLISIS GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO DE TALUDES Y LADERAS EN LA EXPANSIÓN URBANA DEL CENTRO POBLADO FRUTILLO BAJO, DISTRITO DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC, DEPARTAMENTO CAJAMARCA". |         |       |
| UBICACIÓN | : DISTRITO DE BAMBAMARCA - PROVINCIA DE HUALGAYOC - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.  |         |       |
| TESISTA   | : BACH. EDWAR ELÍ CARRANZA LEIVA   |         |       |
| CALICATA  | : C-04   | MUESTRA | : M-4 |

## RESUMEN DE LOS ENSAYOS REALIZADOS

**MATERIAL : SUELO EXTRAIDO DE CALICATA C-4**

### 1.00 ENSAYOS ESTANDAR

| ENSAYO                   | UND.              | M-4   |
|--------------------------|-------------------|-------|
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | %                 | 19.76 |
| GRANULOMETRIA            | %GRAVA            | 1.32  |
|                          | %ARENA            | 18.22 |
|                          | %FINOS            | 80.46 |
| LIMITE LIQUIDO           | -                 | 34.00 |
| LIMITE PLASTICO          | -                 | 18.00 |
| INDICE DE PLASTICIDAD    | -                 | 16.00 |
| DENSIDAD NATURAL         | g/cm <sup>3</sup> | 1.906 |

|                      |           |
|----------------------|-----------|
| CLASIFICACION SUCS   | CL        |
| CLASIFICACION AASHTO | A-7-6(20) |

### 2.00 ENSAYOS ESPECIALES

|                            |                    |       |
|----------------------------|--------------------|-------|
| COHESIÓN                   | kg/cm <sup>2</sup> | 0.22  |
| ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA | °                  | 16.58 |

GRUPO INGESA S.A.C.  
  
Juan Carlos Vargas Cubas  
INGENIERO CIVIL  
CIF N° 144541



# ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

|             |                    |
|-------------|--------------------|
| CODIGO      | : LGI-INF-204-2023 |
| AREA        | : LABORATORIO      |
| RESPONSABLE | : PRSA             |
| APROBADO    | : GG               |
| FECHA:      | : OCTUBRE, 2023    |

## INFORMACIÓN GENERAL

|                  |  |                |       |
|------------------|--|----------------|-------|
| <b>TESIS</b>     | :"ANÁLISIS GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO DE TALUDES Y LADERAS EN LA EXPANSIÓN URBANA DEL CENTRO POBLADO FRUTILLO BAJO, DISTRITO DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC, DEPARTAMENTO CAJAMARCA". |                |       |
| <b>UBICACIÓN</b> | : DISTRITO DE BAMBAMARCA - PROVINCIA DE HUALGAYOC - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.  |                |       |
| <b>TESISTA</b>   | : BACH. EDWAR ELÍ CARRANZA LEIVA   |                |       |
| <b>CALICATA</b>  | : C-04   | <b>MUESTRA</b> | : M-4 |

## CONTENIDO DE HUMEDAD A.S.T.M. C 566 / NTP 339.185

**MATERIAL** : SUELO EXTRAIDO DE CALICATA C-4

| CONTENIDO DE HUMEDAD            |        |
|---------------------------------|--------|
| Nº de Tara                      | T-12   |
| W. Tara (g)                     | 105.40 |
| W. Tara + W. Muestra Húmeda (g) | 720.00 |
| W. Tara + W. Muestra Seca (g)   | 618.60 |
| W. Agua (g)                     | 101.40 |
| W. Muestra Seca (g)             | 513.20 |
| Contenido de Humedad (%)        | 19.76  |

GRUPO INGESA S.A.C.

Juan Carlos Vargas Cubus  
INGENIERO CIVIL  
CIP Nº 144541



# ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

|             |                    |
|-------------|--------------------|
| CODIGO      | : LGI-INF-204-2023 |
| AREA        | : LABORATORIO      |
| RESPONSABLE | : PRSA             |
| APROBADO    | : GG               |
| FECHA:      | : OCTUBRE, 2023    |

## INFORMACIÓN GENERAL

|           |  |         |       |
|-----------|--|---------|-------|
| TESIS     | :"ANÁLISIS GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO DE TALUDES Y LADERAS EN LA EXPANSIÓN URBANA DEL CENTRO POBLADO FRUTILLO BAJO, DISTRITO DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC, DEPARTAMENTO CAJAMARCA". |         |       |
| UBICACIÓN | : DISTRITO DE BAMBAMARCA - PROVINCIA DE HUALGAYOC - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.  |         |       |
| TESISTA   | : BACH. EDWAR ELI CARRANZA LEIVA   |         |       |
| CALICATA  | : C-04   | MUESTRA | : M-4 |

## ANALISIS GRANULOMETRICO A.S.T.M. D 422 / NTP 339.128

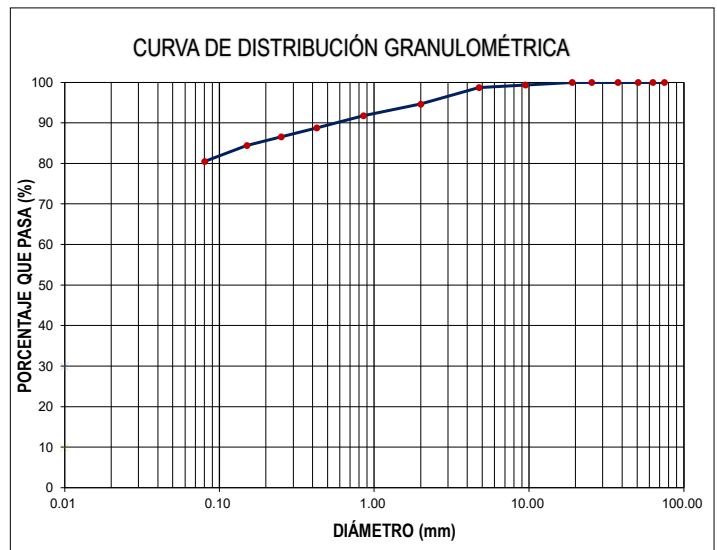
MATERIAL : SUELO EXTRAIDO DE CALICATA C-4

### 1.00 GRANULOMETRIA (NTP 339.128 / A.S.T.M.D - 422)

| CONDICIONES DE LA MUESTRA TOTAL    |         |                                     |       |
|------------------------------------|---------|-------------------------------------|-------|
| TEMPERATURA DE SECADO              | 110° C  | PORCENTAJE DE GRAVA, ARENAS Y FINOS |       |
| PESO TOTAL MUESTRA SECA (g)        | 1000.00 | GRAVA (%):                          | 1.32  |
| PESO TOTAL MUESTRA SECA < N° 4 (g) | 986.82  | ARENA GRUESA (%):                   | 9.93  |
| PESO TOTAL MUESTRA SECA > N° 4 (g) | 13.18   | ARENA FINA (%):                     | 8.29  |
| PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA (g)      | 1042.84 | FINOS (%):                          | 80.46 |
|                                    |         | <b>100.00</b>                       |       |

| ANÁLISIS FRACCIÓN GRUESA |                           |                             |                                   |                                     |                        |
|--------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|------------------------|
| N°                       | Tamiz<br>Abertura<br>(mm) | Peso<br>Retenido<br>Parcial | Porcentaje<br>Retenido<br>Parcial | Porcentaje<br>Retenido<br>Acumulado | Porcentaje<br>Que Pasa |
| 3"                       | 76.20                     | 0.00                        | 0.00                              | 0.00                                | 100.00                 |
| 2 1/2"                   | 63.50                     | 0.00                        | 0.00                              | 0.00                                | 100.00                 |
| 2"                       | 50.80                     | 0.00                        | 0.00                              | 0.00                                | 100.00                 |
| 1 1/2"                   | 38.10                     | 0.00                        | 0.00                              | 0.00                                | 100.00                 |
| 1"                       | 25.40                     | 0.00                        | 0.00                              | 0.00                                | 100.00                 |
| 3/4"                     | 19.05                     | 0.00                        | 0.00                              | 0.00                                | 100.00                 |
| 3/8"                     | 9.52                      | 6.75                        | 0.68                              | 0.68                                | 99.33                  |
| N°4                      | 4.75                      | 6.43                        | 0.64                              | 1.32                                | 98.68                  |
| TOTAL                    | W G =                     | 13.18                       |                                   |                                     |                        |

| ANÁLISIS FRACCIÓN FINA            |      |       |      |       |        |
|-----------------------------------|------|-------|------|-------|--------|
| CORRECCIÓN DE MUESTRA CUARTEADA : |      |       |      |       | 0.3289 |
| PESO SECO FRACCIÓN FINA :         |      |       |      |       | 300.00 |
| N 10                              | 2.00 | 12.37 | 4.07 | 5.39  | 94.61  |
| N 20                              | 0.85 | 8.68  | 2.86 | 8.24  | 91.76  |
| N 40                              | 0.43 | 9.15  | 3.01 | 11.25 | 88.75  |
| N 60                              | 0.25 | 6.76  | 2.22 | 13.48 | 86.52  |
| N 100                             | 0.15 | 6.49  | 2.13 | 15.61 | 84.39  |
| N 200                             | 0.08 | 11.96 | 3.93 | 19.54 | 80.46  |
| Cazoleta                          | --   | --    | --   | --    | --     |
| TOTAL                             |      |       |      |       |        |



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

### 2.00 OBSERVACIONES

- DE ACUERDO AL SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS) , EL SUELO SE CLASIFICA COMO UN **CL**, MIENTRAS QUE DE ACUERDO AL LA ASOCIACIÓN AMERICANA DE OFICIALES DE CARRETERAS ESTATALES Y TRANSPORTES (AASHTO) EL SUELO SE CLASIFICA COMO UN **A-7-6(20)**

GRUPO INGESA S.A.C.  
Juan Carlos Vargas Cubas  
INGENIERO CIVIL  
N° 4541

## INFORMACIÓN GENERAL

|                  |  |                |       |
|------------------|--|----------------|-------|
| <b>TESIS</b>     | :"ANÁLISIS GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO DE TALUDES Y LADERAS EN LA EXPANSIÓN URBANA DEL CENTRO POBLADO FRUTILLO BAJO, DISTRITO DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC, DEPARTAMENTO CAJAMARCA". |                |       |
| <b>UBICACIÓN</b> | : DISTRITO DE BAMBAMARCA - PROVINCIA DE HUALGAYOC - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.  |                |       |
| <b>TESISTA</b>   | : BACH. EDWAR ELÍ CARRANZA LEIVA   |                |       |
| <b>CALICATA</b>  | : C-04   | <b>MUESTRA</b> | : M-4 |

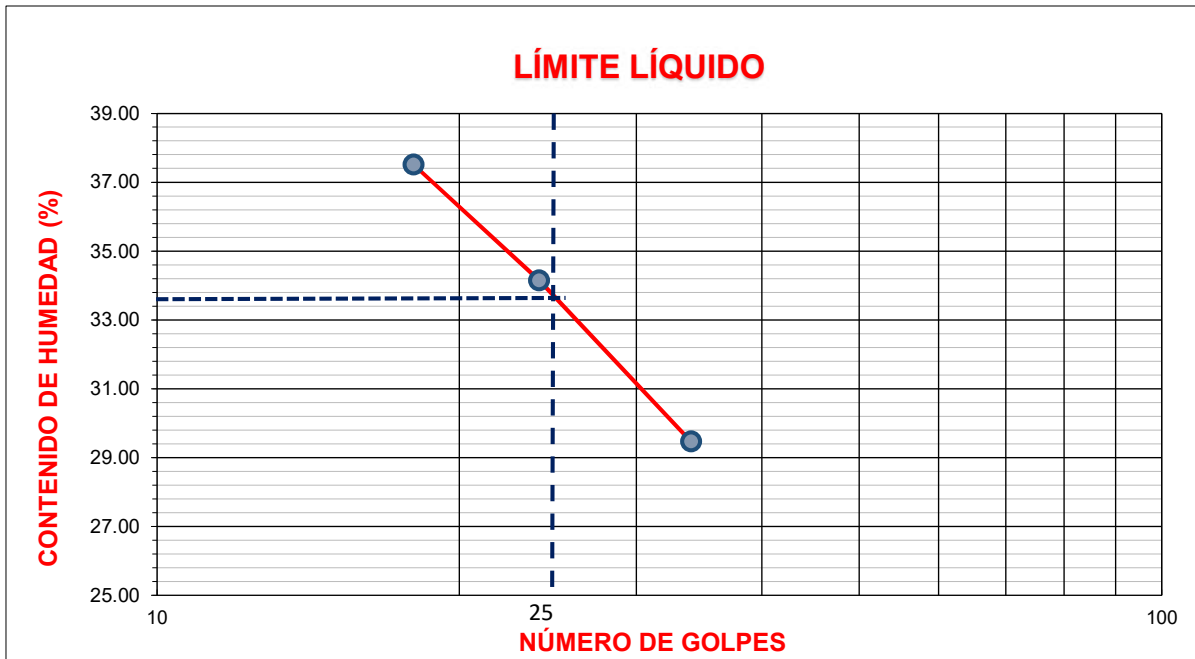
## LÍMITES DE ATTERBERG A.S.T.M. D 4318 / NTP 339.129

**MATERIAL** : SUELO EXTRAIDO DE CALICATA C-4

### 1.00 LÍMITES DE ATTERBERG - ASTM D - 4318 / NTP 339.129

|                                  |                                       |                                    |          |
|----------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|----------|
| <b>PREPARACIÓN DE LA MUESTRA</b> | Preparación Húmeda                    | <b>EQUIPO PARA LÍMITE PLÁSTICO</b> | Manual   |
|                                  | Tamizado por lavado en el tamiz N° 40 | <b>EQUIPO PARA LÍMITE LÍQUIDO</b>  | Manual   |
|                                  | Preparación con agua destilada        | <b>RANURADOR</b>                   | Plástico |

| LÍMITES DE CONSISTENCIA        | LÍMITE LÍQUIDO |              |              | LÍMITE PLÁSTICO |              |
|--------------------------------|----------------|--------------|--------------|-----------------|--------------|
| TARA N°                        | 1              | 2            | 3            | 4               | 5            |
| W. Tara+ W. Muestra Húmeda (g) | <b>31.48</b>   | <b>31.47</b> | <b>31.42</b> | <b>26.22</b>    | <b>26.20</b> |
| W. Tara+ W. Muestra Seca (g)   | <b>25.77</b>   | <b>26.14</b> | <b>26.66</b> | <b>23.84</b>    | <b>23.82</b> |
| W. Agua (g)                    | 5.71           | 5.33         | 4.76         | 2.38            | 2.38         |
| W. Tara (g)                    | <b>10.56</b>   | <b>10.55</b> | <b>10.51</b> | <b>10.46</b>    | <b>10.43</b> |
| W. Muestra Seca (g)            | 15.21          | 15.59        | 16.15        | 13.38           | 13.39        |
| Contenido de Humedad (%)       | 37.51          | 34.15        | 29.47        | 17.78           | 17.76        |
| N.GOLPES                       | <b>18</b>      | <b>24</b>    | <b>34</b>    | <b>PROMEDIO</b> | <b>17.77</b> |



|                       |       |                        |       |                              |       |
|-----------------------|-------|------------------------|-------|------------------------------|-------|
| <b>LÍMITE LIQUIDO</b> | 34.00 | <b>LÍMITE PLÁSTICO</b> | 18.00 | <b>ÍNDICE DE PLASTICIDAD</b> | 16.00 |
|-----------------------|-------|------------------------|-------|------------------------------|-------|

GRUPO INGESA S.A.C.

  
 Juan Carlos Vargas Cubus  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 14541

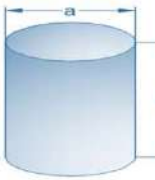
|             |                    |
|-------------|--------------------|
| CODIGO      | : LGI-INF-204-2023 |
| AREA        | : LABORATORIO      |
| RESPONSABLE | : PRSA             |
| APROBADO    | : GG               |
| FECHA:      | : OCTUBRE, 2023    |

## INFORMACIÓN GENERAL

|                  |  |                |       |
|------------------|--|----------------|-------|
| <b>TESIS</b>     | :"ANÁLISIS GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO DE TALUDES Y LADERAS EN LA EXPANSIÓN URBANA DEL CENTRO POBLADO FRUTILLO BAJO, DISTRITO DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC, DEPARTAMENTO CAJAMARCA". |                |       |
| <b>UBICACIÓN</b> | : DISTRITO DE BAMBAMARCA - PROVINCIA DE HUALGAYOC - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.  |                |       |
| <b>TESISTA</b>   | : BACH. EDWAR ELÍ CARRANZA LEIVA   |                |       |
| <b>CALICATA</b>  | : C-04   | <b>MUESTRA</b> | : M-4 |

## DENSIDAD NATURAL

**MATERIAL** : SUELO EXTRAIDO DE CALICATA C-4

| DENSIDAD NATURAL   |   |               |
|--|---|---------------|
| PROPIEDADES  | MOLDE METÁLICO                            |               |
|  | Peso del molde (Wc) (g)                   | 215.12        |
|  | Diámetro (a) (cm)                         | 10.16         |
|  | Altura (b) (cm)                           | 10.00         |
|  | Volumen del molde (Vc) (cm <sup>3</sup> ) | <b>810.73</b> |
| Peso de la muestra + Peso del molde (Wh+c) (g)                                     | <b>1760.50</b>                            |               |
| Peso de la muestra (Wh) (g)  | 1545.4                                    |               |
| <b>Dh (g/cm<sup>3</sup>)</b>   | <b>1.906</b>                              |               |



# ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

|             |                    |
|-------------|--------------------|
| CODIGO      | : LGI-INF-204-2023 |
| AREA        | : LABORATORIO      |
| RESPONSABLE | : PRSA             |
| APROBADO    | : GG               |
| FECHA:      | : OCTUBRE, 2023    |

## INFORMACIÓN GENERAL

|           |  |         |       |
|-----------|--|---------|-------|
| TESIS     | :"ANÁLISIS GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO DE TALUDES Y LADERAS EN LA EXPANSIÓN URBANA DEL CENTRO POBLADO FRUTILLO BAJO, DISTRITO DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC, DEPARTAMENTO CAJAMARCA". |         |       |
| UBICACIÓN | : DISTRITO DE BAMBAMARCA - PROVINCIA DE HUALGAYOC - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.  |         |       |
| TESISTA   | : BACH. EDWAR ELÍ CARRANZA LEIVA   |         |       |
| CALICATA  | : C-04   | MUESTRA | : M-4 |

## ENSAYO DE CORTE DIRECTO ESTÁNDAR EN SUELOS A.S.T.M. D 3080 / NTP 339.171 / MTC E-123

MATERIAL : SUELO EXTRAIDO DE CALICATA C-4

|                      |            |       |          |
|----------------------|------------|-------|----------|
| ESTADO DE LA MUESTRA | REMOLDEADA | MOLDE | CIRCULAR |
|----------------------|------------|-------|----------|

### ETAPA DE APLICACIÓN DE CARGA

| ESFUERZO NORMAL (kg/cm <sup>2</sup> ) | 0.50 Kg/cm <sup>2</sup> |  | 1.00 Kg/cm <sup>2</sup> |  | 2.00 Kg/cm <sup>2</sup> |  |
|---------------------------------------|-------------------------|--|-------------------------|--|-------------------------|--|
| VELOCIDAD ENSAYO (mm/min)             | 0.050                   |  | 0.050                   |  | 0.050                   |  |
| PESO MUESTRA (g)                      | 114.85                  |  | 114.8                   |  | 114.83                  |  |
| DEFORMACION FINAL (mm)                | -0.45                   |  | -0.62                   |  | -0.86                   |  |
| ETAPA                                 | INICIAL                 | FINAL                                    | INICIAL                 | FINAL                                    | INICIAL                 | FINAL                                    |
| ALTURA (cm)                           | 2.02                    | 1.98                                     | 2.02                    | 1.96                                     | 2.02                    | 1.93                                     |
| DIÁMETRO (cm)                         | 6.15                    | 6.15                                     | 6.15                    | 6.15                                     | 6.15                    | 6.15                                     |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%)              | 19.76                   | 21.35                                    | 19.74                   | 20.78                                    | 19.71                   | 20.00                                    |
| DENSIDAD HÚMEDA (g/cm <sup>3</sup> )  | 1.914                   | 1.958                                    | 1.913                   | 1.974                                    | 1.914                   | 1.999                                    |
| DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL (mm)        | 0.50 Kg/cm <sup>2</sup> |  | 1.00 Kg/cm <sup>2</sup> |  | 2.00 Kg/cm <sup>2</sup> |  |
|                                       | CARGA (N)               | ESFUERZO DE CORTE (Kg /cm <sup>2</sup> ) | CARGA (N)               | ESFUERZO DE CORTE (Kg /cm <sup>2</sup> ) | CARGA (N)               | ESFUERZO DE CORTE (Kg /cm <sup>2</sup> ) |
| 0.000                                 | 0.00                    | 0.00                                     | 0.00                    | 0.00                                     | 0.00                    | 0.00                                     |
| 0.100                                 | 4.40                    | 0.02                                     | 6.11                    | 0.02                                     | 9.72                    | 0.03                                     |
| 0.200                                 | 10.86                   | 0.04                                     | 15.08                   | 0.05                                     | 23.99                   | 0.08                                     |
| 0.300                                 | 18.01                   | 0.06                                     | 25.00                   | 0.09                                     | 39.78                   | 0.14                                     |
| 0.400                                 | 24.88                   | 0.09                                     | 34.54                   | 0.12                                     | 54.96                   | 0.19                                     |
| 0.500                                 | 33.41                   | 0.11                                     | 46.37                   | 0.16                                     | 73.78                   | 0.25                                     |
| 1.000                                 | 54.85                   | 0.19                                     | 76.14                   | 0.26                                     | 121.15                  | 0.42                                     |
| 1.500                                 | 73.69                   | 0.25                                     | 102.29                  | 0.35                                     | 162.75                  | 0.56                                     |
| 2.000                                 | 82.90                   | 0.28                                     | 115.07                  | 0.40                                     | 183.09                  | 0.63                                     |
| 2.500                                 | 90.60                   | 0.31                                     | 125.76                  | 0.43                                     | 200.09                  | 0.69                                     |
| 3.000                                 | 95.41                   | 0.33                                     | 132.44                  | 0.45                                     | 210.72                  | 0.72                                     |
| 3.500                                 | 100.22                  | 0.34                                     | 139.12                  | 0.48                                     | 221.35                  | 0.76                                     |
| 4.000                                 | 105.04                  | 0.36                                     | 145.80                  | 0.50                                     | 231.98                  | 0.80                                     |
| 4.500                                 | 107.65                  | 0.37                                     | 149.42                  | 0.51                                     | 237.74                  | 0.82                                     |
| 5.000                                 | 107.65                  | 0.37                                     | 149.42                  | 0.51                                     | 237.74                  | 0.82                                     |
| 5.500                                 | 107.65                  | 0.37                                     | 149.42                  | 0.51                                     | 237.74                  | 0.82                                     |
| 6.000                                 | 107.65                  | 0.37                                     | 149.43                  | 0.51                                     | 237.75                  | 0.82                                     |

GRUPO INGESA S.A.C.  
  
 Juan Carlos Vargas Cubus  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 144541

|             |                    |
|-------------|--------------------|
| CODIGO      | : LGI-INF-204-2023 |
| AREA        | : LABORATORIO      |
| RESPONSABLE | : PRSA             |
| APROBADO    | : GG               |
| FECHA:      | : OCTUBRE, 2023    |

### INFORMACIÓN GENERAL

|           |  |         |       |
|-----------|--|---------|-------|
| TESIS     | :"ANÁLISIS GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO DE TALUDES Y LADERAS EN LA EXPANSIÓN URBANA DEL CENTRO POBLADO FRUTILLO BAJO, DISTRITO DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC, DEPARTAMENTO CAJAMARCA". |         |       |
| UBICACIÓN | : DISTRITO DE BAMBAMARCA - PROVINCIA DE HUALGAYOC - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.  |         |       |
| TESISTA   | : BACH. EDWAR ELÍ CARRANZA LEIVA   |         |       |
| CALICATA  | : C-04   | MUESTRA | : M-4 |

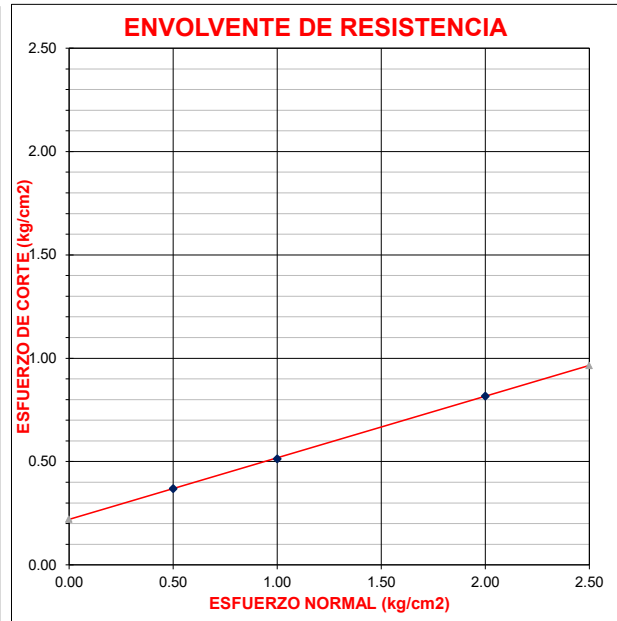
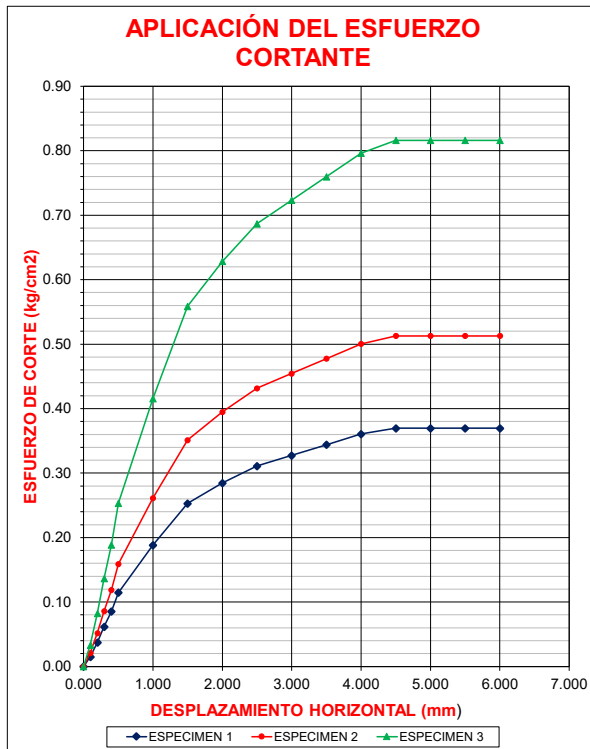
### ENSAYO DE CORTE DIRECTO ESTÁNDAR EN SUELOS A.S.T.M. D 3080 / NTP 339.171 / MTC E-123

**MATERIAL** : SUELO EXTRAIDO DE CALICATA C-4

|                      |            |       |          |
|----------------------|------------|-------|----------|
| ESTADO DE LA MUESTRA | REMOLDEADA | MOLDE | CIRCULAR |
|----------------------|------------|-------|----------|

#### ETAPA DE APLICACIÓN DE CARGA

|                                       |                         |                         |                         |
|---------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| ESFUERZO NORMAL (kg/cm <sup>2</sup> ) | 0.50 Kg/cm <sup>2</sup> | 1.00 Kg/cm <sup>2</sup> | 2.00 Kg/cm <sup>2</sup> |
| VELOCIDAD ENSAYO (mm/min)             | 0.050                   | 0.050                   | 0.050                   |
| PESO MUESTRA (g)                      | 114.85                  | 114.8                   | 114.83                  |



| ESPECIMEN | ESFUERZO NORMAL (kg/cm <sup>2</sup> ) | ESFUERZO DE CORTE (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-----------|---------------------------------------|---|
| 1         | 0.50                                  | 0.37                                    |
| 2         | 1.00                                  | 0.51                                    |
| 3         | 2.00                                  | 0.82                                    |

#### PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE

COHESIÓN = 0.22 kg/cm<sup>2</sup>  
 ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA = 16.58 °



# ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

|             |                    |
|-------------|--------------------|
| CODIGO      | : LGI-INF-204-2023 |
| AREA        | : LABORATORIO      |
| RESPONSABLE | : PRSA             |
| APROBADO    | : GG               |
| FECHA:      | : OCTUBRE, 2023    |

## ANEXO N°2 PERFIL ESTRATIGRAFICO

GRUPO INGESA S.A.C.

*Juan Carlos Vargas Cubas*  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 144541



# ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

|             |                    |
|-------------|--------------------|
| CODIGO      | : LGI-INF-204-2023 |
| AREA        | : LABORATORIO      |
| RESPONSABLE | : PRSA             |
| APROBADO    | : GG               |
| FECHA:      | : OCTUBRE, 2023    |

## INFORMACIÓN GENERAL

|           |  |         |        |
|-----------|--|---------|--------|
| TESIS     | : "ANÁLISIS GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO DE TALUDES Y LADERAS EN LA EXPANSIÓN URBANA DEL CENTRO POBLADO FRUTILLO BAJO, DISTRITO DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC, DEPARTAMENTO CAJAMARCA" |         |        |
| UBICACIÓN | : DISTRITO DE BAMBAMARCA - PROVINCIA DE HUALGAYOC - DEPARTAMENTO CAJAMARCA   |         |        |
| TESISTA   | : BACH. CARRANZA LEIVA, EDWAR ELI  |         |        |
| CALICATA  | : C-01   | MUESTRA | : M-01 |

## PERFIL ESTRATIGRAFICO

| Profundidad (m) | Muestra | DESCRIPCIÓN  | CLASIFICACION | SIMBOLO GRAFICO |
|-----------------|---------|--|---------------|-----------------|
| 0.00            | M-01    | Suelo con grava arcillosa-limosa, color marron, crema y naranja, constituido por un 1.28 % de grava, un 78.40 % de arena gruesa a fina y un 20.32 % de limos y arcillas. No se encontro nivel freatico hasta la profundidad explorada. | SUCS          |                 |
|                 |         |  | SC-SM         |                 |
|                 |         |  | AASHTO        |                 |
| 1.50            |         |  | A-2-4(0)      |                 |



|                 |     |
|-----------------|-----|
| TIPO DE MUESTRA | MAS |
|-----------------|-----|

|                |      |
|----------------|------|
| IDENTIFICACION | M-01 |
|----------------|------|

|                      |       |
|----------------------|-------|
| TAMANO DE LA MUESTRA | 30 KG |
|----------------------|-------|

|                   |        |
|-------------------|--------|
| METODO EXCAVACION | MANUAL |
|-------------------|--------|

|                  |            |
|------------------|------------|
| FECHA EXCAVACION | 15/09/2023 |
|------------------|------------|

|           |         |
|-----------|---------|
| UBICACIÓN |         |
| NORTE     | 9259582 |
| ESTE      | 772531  |

GRUPO INGESA S.A.C.

Juan Carlos Vargas Cubas  
Ingeniero Civil  
CIP N° 144541



# ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

|             |                    |
|-------------|--------------------|
| CODIGO      | : LGI-INF-204-2023 |
| AREA        | : LABORATORIO      |
| RESPONSABLE | : PRSA             |
| APROBADO    | : GG               |
| FECHA:      | : OCTUBRE, 2023    |

## INFORMACIÓN GENERAL

|           |  |         |        |
|-----------|--|---------|--------|
| TESIS     | : "ANÁLISIS GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO DE TALUDES Y LADERAS EN LA EXPANSIÓN URBANA DEL CENTRO POBLADO FRUTILLO BAJO, DISTRITO DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC, DEPARTAMENTO CAJAMARCA" |         |        |
| UBICACIÓN | : DISTRITO DE BAMBAMARCA - PROVINCIA DE HUALGAYOC - DEPARTAMENTO CAJAMARCA   |         |        |
| TESISTA   | : BACH. CARRANZA LEIVA, EDWAR ELI  |         |        |
| CALICATA  | : C-02   | MUESTRA | : M-02 |

## PERFIL ESTRATIGRAFICO

| Profundidad (m) | Muestra | DESCRIPCIÓN   | CLASIFICACION | SIMBOLO GRAFICO |
|-----------------|---------|---|---------------|-----------------|
| 0.00            | M-02    | Suelo arcilloso de baja plasticidad, color crema a rojizo, con presencia de tobas volcanicas alteradas, constituido por un 1.70 % de grava, un 18.27 % de arena gruesa a fina y un 80.04 % de limos y arcillas. No se encontro nivel freatico hasta la profundidad explorada. | SUCS          |                 |
|                 |         |   | CL            |                 |
|                 |         |   | AASHTO        |                 |
| 1.50            |         |   | A-7-6(20)     |                 |



|                 |     |
|-----------------|-----|
| TIPO DE MUESTRA | MAS |
|-----------------|-----|

|                |      |
|----------------|------|
| IDENTIFICACION | M-02 |
|----------------|------|

|                      |       |
|----------------------|-------|
| TAMAÑO DE LA MUESTRA | 30 KG |
|----------------------|-------|

|                   |        |
|-------------------|--------|
| METODO EXCAVACION | MANUAL |
|-------------------|--------|

|                  |            |
|------------------|------------|
| FECHA EXCAVACION | 15/09/2023 |
|------------------|------------|

|           |         |
|-----------|---------|
| UBICACIÓN |         |
| NORTE     | 9260372 |
| ESTE      | 772945  |

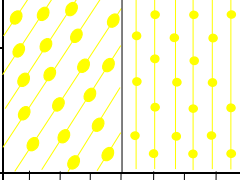
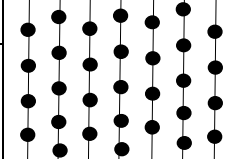
GRUPO INGESA S.A.C.  
  
 Juan Carlos Vargas Cubas  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP Nº 144541

|             |                    |
|-------------|--------------------|
| CODIGO      | : LGI-INF-204-2023 |
| AREA        | : LABORATORIO      |
| RESPONSABLE | : PRSA             |
| APROBADO    | : GG               |
| FECHA:      | : OCTUBRE, 2023    |

## INFORMACIÓN GENERAL

|                  |  |                |        |
|------------------|--|----------------|--------|
| <b>TESIS</b>     | : "ANÁLISIS GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO DE TALUDES Y LADERAS EN LA EXPANSIÓN URBANA DEL CENTRO POBLADO FRUTILLO BAJO, DISTRITO DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC, DEPARTAMENTO CAJAMARCA" |                |        |
| <b>UBICACIÓN</b> | : DISTRITO DE BAMBAMARCA - PROVINCIA DE HUALGAYOC - DEPARTAMENTO CAJAMARCA   |                |        |
| <b>TESISTA</b>   | : BACH. CARRANZA LEIVA, EDWAR ELI  |                |        |
| <b>CALICATA</b>  | : C-03   | <b>MUESTRA</b> | : M-03 |

## PERFIL ESTRATIGRAFICO

| Profundidad (m) | Muestra | DESCRIPCIÓN  | CLASIFICACION | SIMBOLO GRAFICO   |
|-----------------|---------|--|---------------|---|
| 0.00            | M-03    | Suelo con grava arcillosa-limosa, color marrón, crema y naranja, constituido por un 1.21 % de grava, un 80.63 % de arena gruesa a fina y un 18.16 % de limos y arcillas. No se encontró nivel freático hasta la profundidad explorada. | SUCS          |   |
|                 |         |  | SC-SM         |   |
|                 |         |  | AASHTO        |  |
| 1.50            |         |  | A-2-4(0)      |   |



|                 |     |
|-----------------|-----|
| TIPO DE MUESTRA | MAS |
|-----------------|-----|

|                |      |
|----------------|------|
| IDENTIFICACION | M-03 |
|----------------|------|

|                      |       |
|----------------------|-------|
| TAMANO DE LA MUESTRA | 30 KG |
|----------------------|-------|

|                   |        |
|-------------------|--------|
| METODO EXCAVACION | MANUAL |
|-------------------|--------|

|                  |            |
|------------------|------------|
| FECHA EXCAVACION | 15/09/2023 |
|------------------|------------|

|           |         |
|-----------|---------|
| UBICACIÓN |         |
| NORTE     | 9259716 |
| ESTE      | 773992  |

GRUPO INGESA S.A.C.

Juan Carlos Vargas Cubas  
Ingeniero Civil  
CIP N° 144541



# ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

|             |                    |
|-------------|--------------------|
| CODIGO      | : LGI-INF-204-2023 |
| AREA        | : LABORATORIO      |
| RESPONSABLE | : PRSA             |
| APROBADO    | : GG               |
| FECHA:      | : OCTUBRE, 2023    |

## INFORMACIÓN GENERAL

|                  |  |                |        |
|------------------|--|----------------|--------|
| <b>TESIS</b>     | : "ANÁLISIS GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO DE TALUDES Y LADERAS EN LA EXPANSIÓN URBANA DEL CENTRO POBLADO FRUTILLO BAJO, DISTRITO DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC, DEPARTAMENTO CAJAMARCA" |                |        |
| <b>UBICACIÓN</b> | : DISTRITO DE BAMBAMARCA - PROVINCIA DE HUALGAYOC - DEPARTAMENTO CAJAMARCA   |                |        |
| <b>TESISTA</b>   | : BACH. CARRANZA LEIVA, EDWAR ELI  |                |        |
| <b>CALICATA</b>  | : C-04   | <b>MUESTRA</b> | : M-04 |

## PERFIL ESTRATIGRAFICO

| Profundidad (m) | Muestra | DESCRIPCIÓN   | CLASIFICACION | SIMBOLO GRAFICO |
|-----------------|---------|---|---------------|-----------------|
| 0.00            | M-04    | Suelo arcilloso de alta plasticidad, color gris blanquecino, con presencia de tobas volcanicas con fenocristales, constituido por un 1.32 % de grava, un 18.22 % de arena gruesa a fina y un 80.46 % de limos y arcillas. No se encontro nivel freatico hasta la profundidad explorada. | <b>SUCS</b>   |                 |
|                 |         |   | CL            |                 |
|                 |         |   | <b>AASHTO</b> |                 |
| 1.50            |         |   | A-7-6(20)     |                 |



|                 |     |
|-----------------|-----|
| TIPO DE MUESTRA | MAS |
|-----------------|-----|

|                |      |
|----------------|------|
| IDENTIFICACION | M-04 |
|----------------|------|

|                      |       |
|----------------------|-------|
| TAMANO DE LA MUESTRA | 30 KG |
|----------------------|-------|

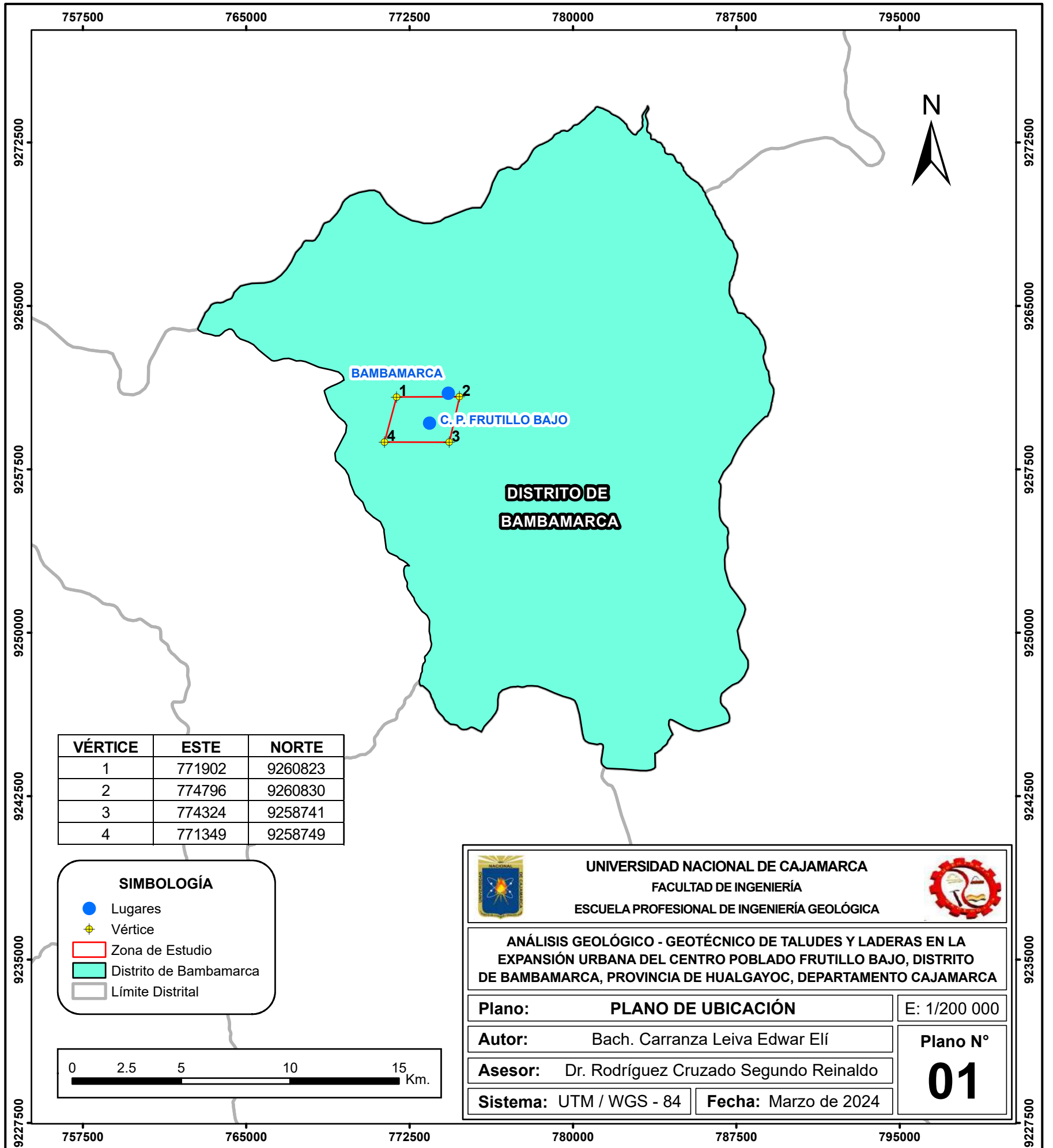
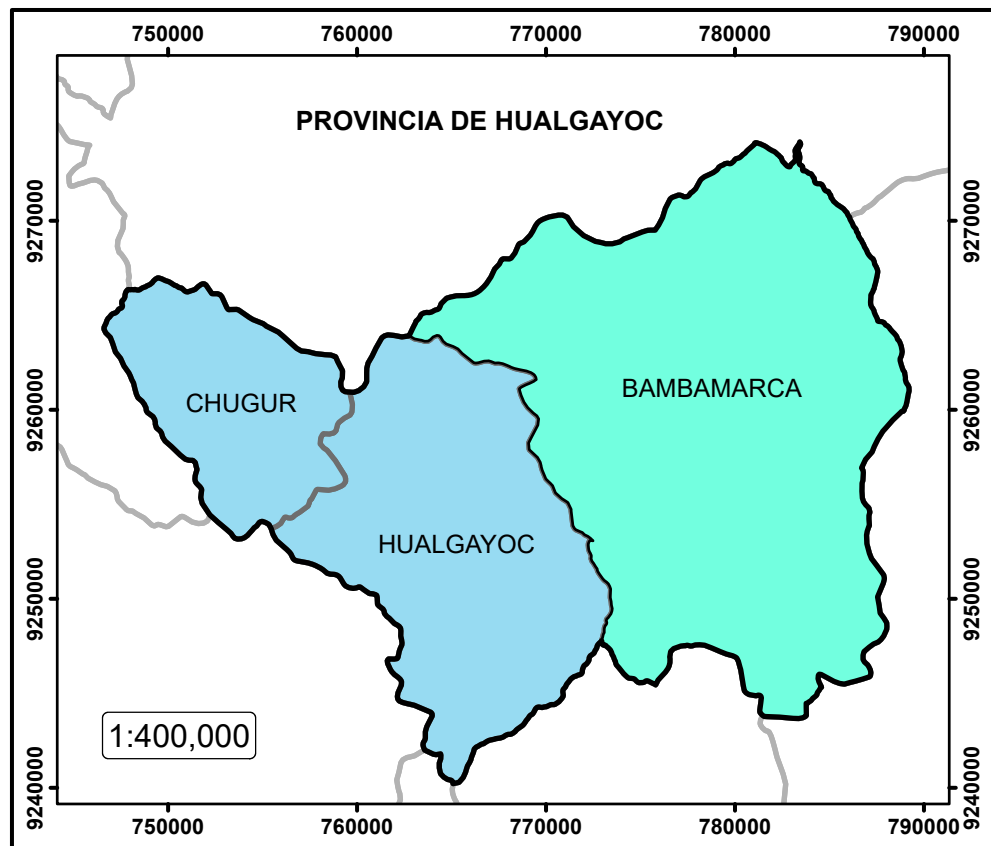
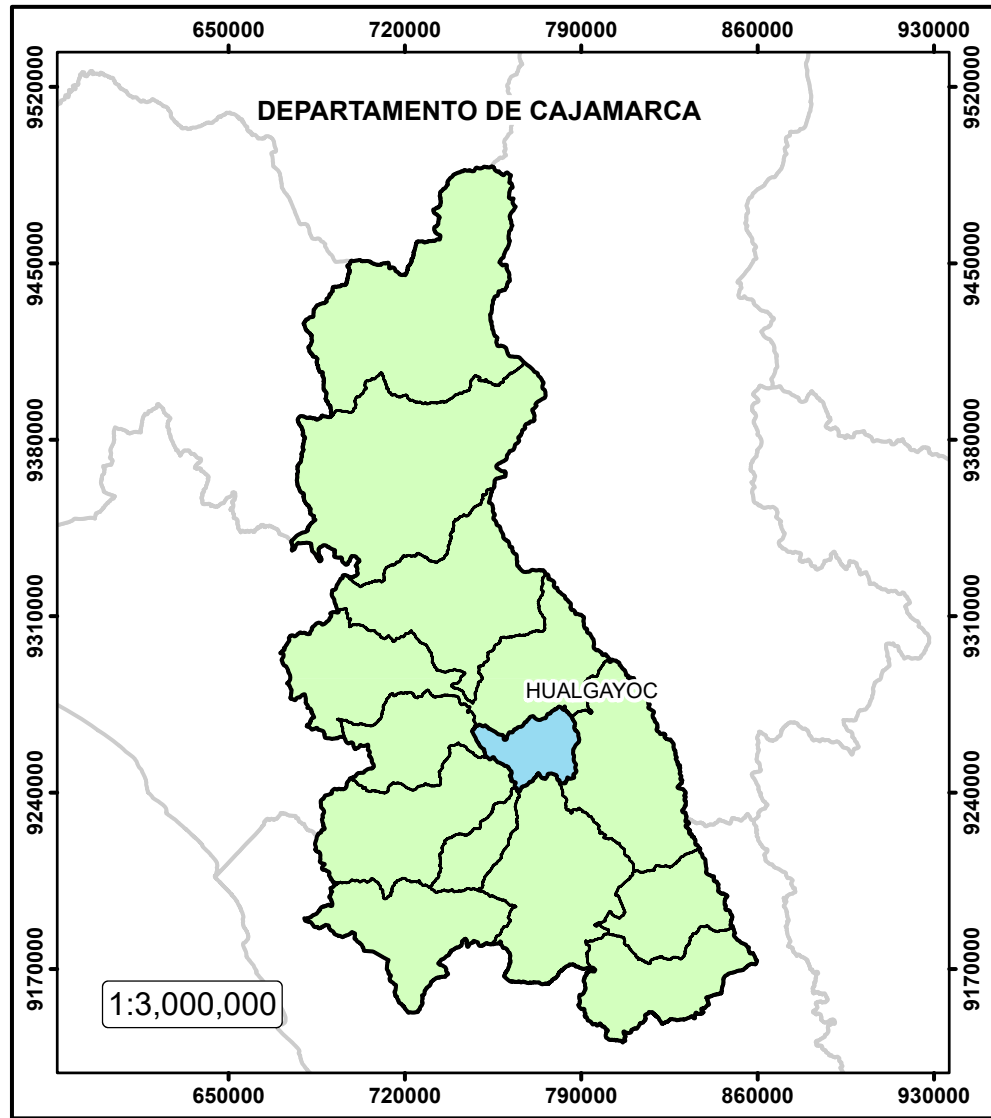
|                   |        |
|-------------------|--------|
| METODO EXCAVACION | MANUAL |
|-------------------|--------|

|                  |            |
|------------------|------------|
| FECHA EXCAVACION | 15/09/2023 |
|------------------|------------|

|           |         |
|-----------|---------|
| UBICACIÓN |         |
| NORTE     | 9259540 |
| ESTE      | 773413  |

GRUPO INGESA S.A.C.

Juan Carlos Vargas Cubas  
CIVIL  
CIP N° 144541





770500 771000 771500 772000 772500 773000 773500 774000 774500 775000 775500

9261000 9260500 9260000 9259500 9259000 9258500

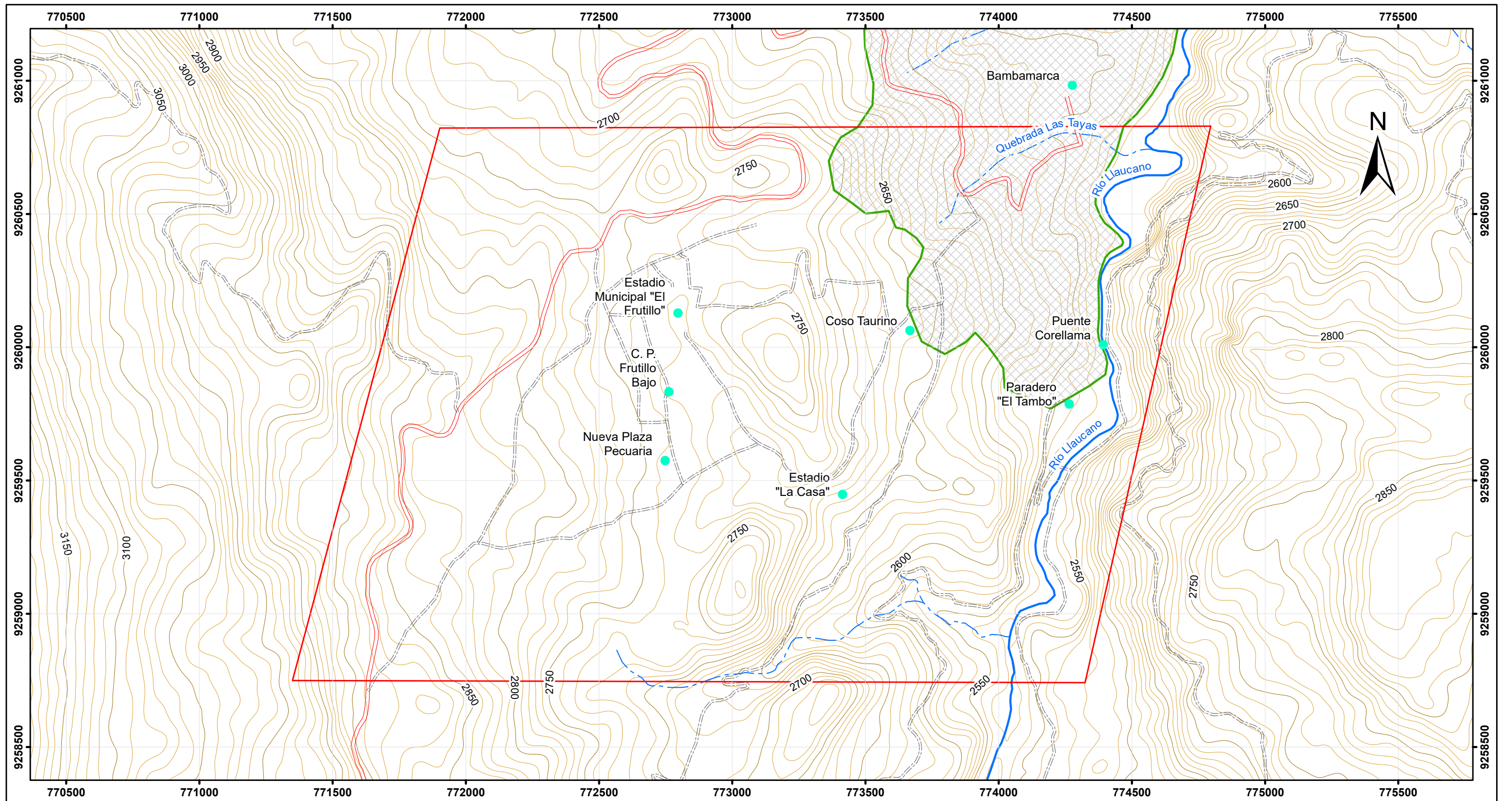
**SIMBOLOGÍA**

|  |                 |  |                   |
|--|-----------------|--|-------------------|
|  | Lugares         |  | ACCESO            |
|  | Vértice         |  | Asfaltada         |
|  | Área de Estudio |  | Trocha Carrosable |



| VÉRTICE | ESTE   | NORTE   |
|---------|--------|---------|
| 1       | 771902 | 9260823 |
| 2       | 774796 | 9260830 |
| 3       | 774324 | 9258741 |
| 4       | 771349 | 9258749 |

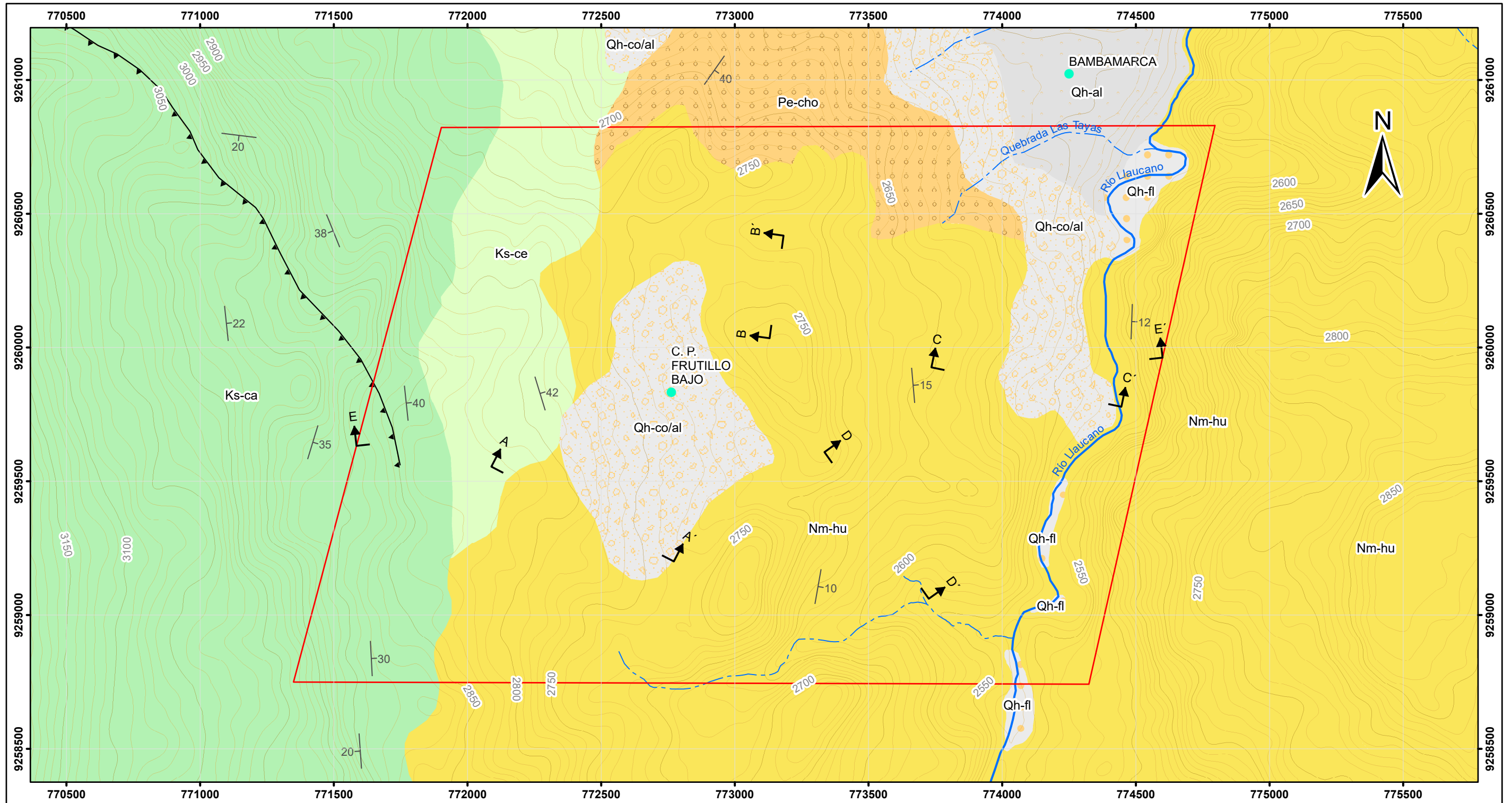


|   |  |                              |
|---|--|------------------------------|
| <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b><br>FACULTAD DE INGENIERÍA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA   |  |                              |
| <b>ANÁLISIS GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO DE TALUDES Y LADERAS EN LA EXPANSIÓN URBANA DEL CENTRO POBLADO FRUTILLO BAJO, DISTRITO DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC, DEPARTAMENTO CAJAMARCA</b> |  |                              |
| <b>Plano:</b>   | <b>PLANO - IMAGEN SATELITAL</b>        | E: 1/15 000                  |
| <b>Autor:</b>   | Bach. Carranza Leiva Edwar Elí         |                              |
| <b>Asesor:</b>  | Dr. Rodríguez Cruzado Segundo Reinaldo |                              |
| <b>Sistema:</b>   | UTM / WGS - 84                         | <b>Fecha:</b> Marzo de 2024  |
|   |  | <b>Plano N°</b><br><b>02</b> |



| LEYENDA                |                |                   |                 |
|------------------------|----------------|-------------------|-----------------|
| <b>CURVAS DE NIVEL</b> | <b>DRENAJE</b> | <b>ACCESO</b>     | <b>Lugares</b>  |
| Primarias              | Río Llaucano   | Vía Asfaltada     | Lugares         |
| Secundarias            | Quebradas      | Trocha Carrosable | Área de Estudio |
|                        |                |                   | Casco Urbano    |

|   |  |   |
|---|--|---|
|  <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b><br>FACULTAD DE INGENIERÍA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA |  |  |
| <b>ANÁLISIS GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO DE TALUDES Y LADERAS EN LA EXPANSIÓN URBANA DEL CENTRO POBLADO FRUTILLO BAJO, DISTRITO DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC, DEPARTAMENTO CAJAMARCA</b>             |  |   |
| <b>Plano:</b>   | <b>MODELO DIGITAL DE ELEVACIONES</b>   | E: 1/15 000   |
| <b>Autor:</b>   | Bach. Carranza Leiva Edwar Elí         |   |
| <b>Asesor:</b>  | Dr. Rodríguez Cruzado Segundo Reinaldo |   |
| <b>Sistema:</b>   | UTM / WGS - 84                         | <b>Fecha:</b> Marzo de 2024   |
|   |  | <b>Plano N°</b><br><b>03</b>  |



**LEYENDA**

|  |   |  |                              |
|--|---|--|------------------------------|
|  | Qh-fl<br>Cuaternario fluvial            |  | Pe-cho<br>Formación Chota    |
|  | Qh-co/al<br>Cuaternario coluvio aluvial |  | Ks-ce<br>Formación Celendín  |
|  | Qh-al<br>Cuaternario aluvial            |  | Ks-ca<br>Formación Cajamarca |
|  | Nm-hu<br>Volcánico Huambos              |  |                              |

**SIMBOLOGÍA**

|  |                   |  |                 |  |             |
|--|-------------------|--|-----------------|--|-------------|
|  | Sección Geológica |  | Zona de Estudio |  | Lugares     |
|  | Falla Inversa     |  | Río Llaucano    |  | Primarias   |
|  | Buzamiento        |  | Quebradas       |  | Secundarias |



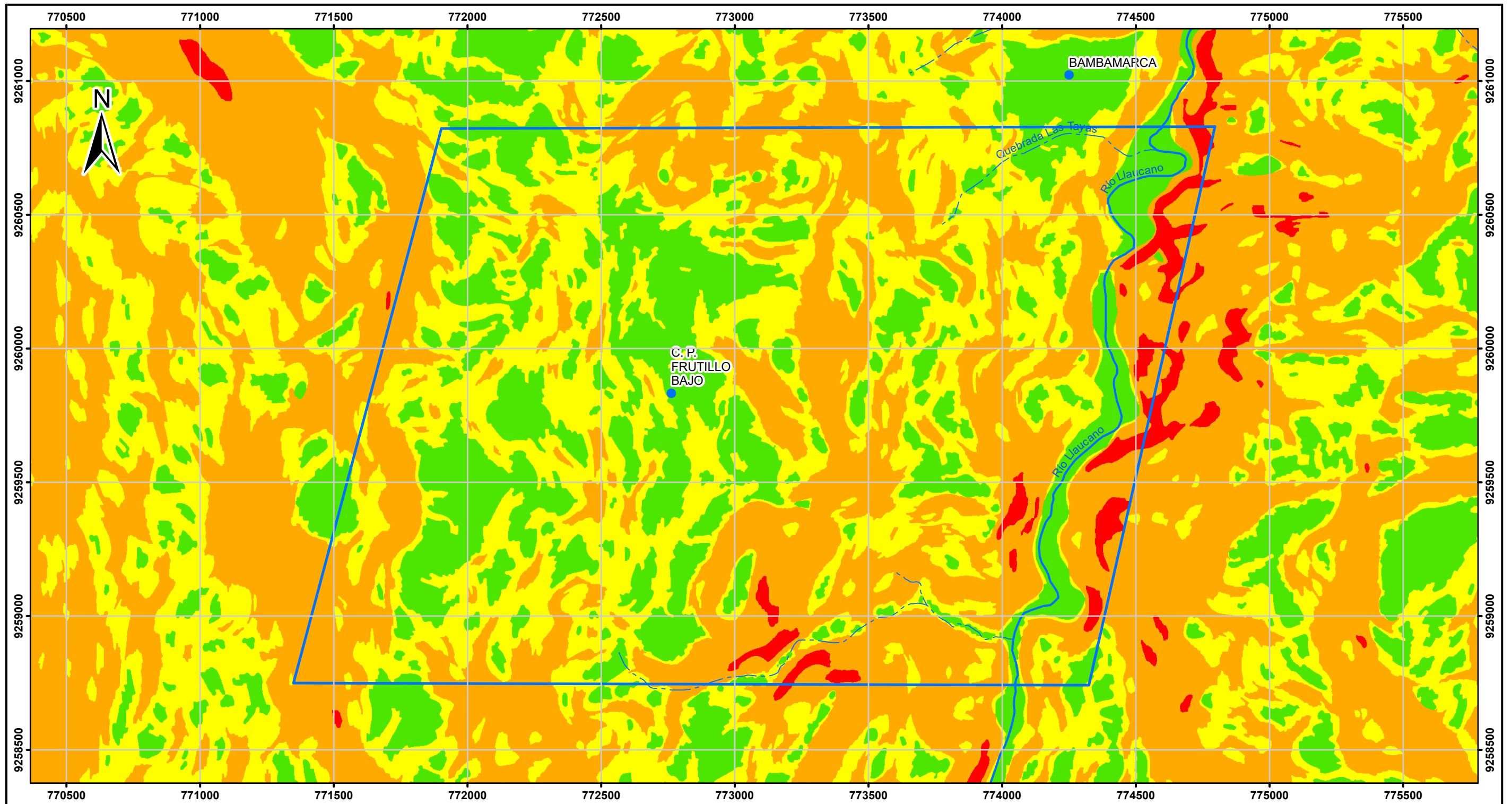
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



---

**ANÁLISIS GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO DE TALUDES Y LADERAS EN LA EXPANSIÓN URBANA DEL CENTRO POBLADO FRUTILLO BAJO, DISTRITO DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC, DEPARTAMENTO CAJAMARCA**

|   |                              |
|---|------------------------------|
| <b>Plano:</b> PLANO GEOLÓGICO - ESTRUCTURAL           | E: 1/15 000                  |
| <b>Autor:</b> Bach. Carranza Leiva Edwar Elí          | <b>Plano N°</b><br><b>04</b> |
| <b>Asesor:</b> Dr. Rodríguez Cruzado Segundo Reinaldo |                              |
| <b>Sistema:</b> UTM / WGS - 84                        | <b>Fecha:</b> Marzo de 2024  |



**LEYENDA**

|  |                    |  |                    |
|--|--------------------|--|--------------------|
|  | Planicie (0° - 8°) |  | Ladera (20° - 50°) |
|  | Lomada (8° - 20°)  |  | Escarpa (>50°)     |

**SIMBOLOGÍA**

|  |                 |
|--|-----------------|
|  | Lugares         |
|  | Río Llaucano    |
|  | Quebradas       |
|  | Área de Estudio |

**UNIDADES MORFOGENÉTICAS**

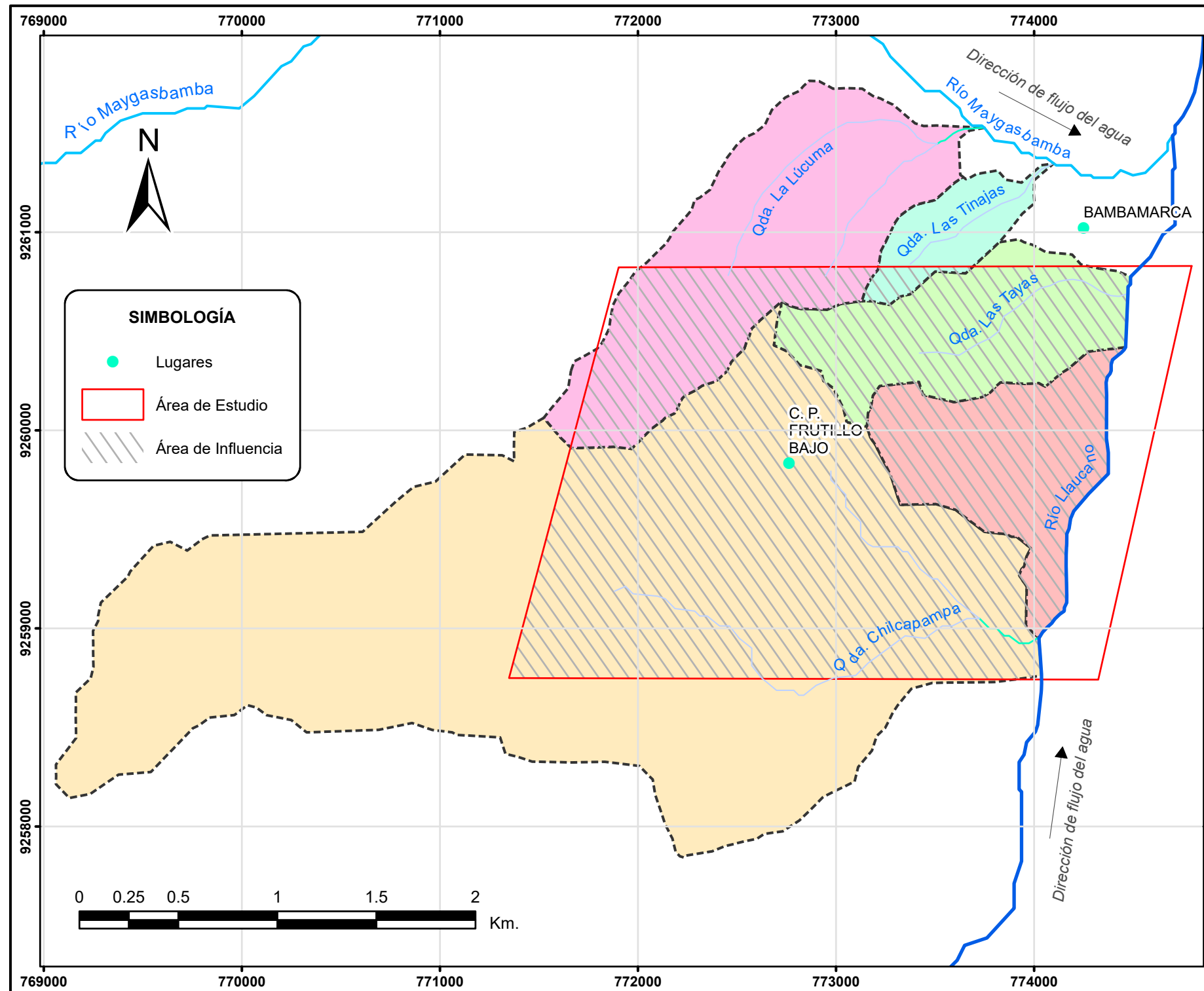
| Nombre    | Pendientes (°) | Área (Km2) | Área (%) |
|-----------|----------------|------------|----------|
| Planicies | 0° - 8°        | 1.60       | 26.15    |
| Lomadas   | 20° - 50°      | 2.19       | 35.83    |
| Laderas   | 20° - 50°      | 2.18       | 35.68    |
| Escarpas  | > 50°          | 0.14       | 2.34     |
| Total     |                | 6.10       | 100      |

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

---

**ANÁLISIS GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO DE TALUDES Y LADERAS EN LA EXPANSIÓN URBANA DEL CENTRO POBLADO FRUTILLO BAJO, DISTRITO DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC, DEPARTAMENTO CAJAMARCA**

|   |                             |
|---|-----------------------------|
| <b>Plano:</b> PLANO DE UNIDADES MORFOGENÉTICAS        | E: 1/15 000                 |
| <b>Autor:</b> Bach. Carranza Leiva Edwar Elí          | <b>Plano N°<br/>05</b>      |
| <b>Asesor:</b> Dr. Rodríguez Cruzado Segundo Reinaldo |                             |
| <b>Sistema:</b> UTM / WGS - 84                        | <b>Fecha:</b> Marzo de 2024 |



**CÁLCULO DE ALTITUD MEDIA PARA EL ÁREA DE INVESTIGACIÓN**

Las altitudes medias de cada Unidad Hidrográfica se han calculado según el criterio de Villón (2002), que consiste en dividir la Unidad Hidrográfica en áreas parciales (Si) y calcular su respectiva altitud media parcial (hi). Entonces la altitud media queda definida por:

$$H = \frac{\sum(hi \times Si)}{A}$$

- H** Altitud media de la Unidad Hidrográfica
- hi** Altitud media de cada área parcial comprendida entre las curvas de nivel
- Si** Área parcial entre curvas de nivel
- A** Superficie total de la Unidad Hidrográfica

|                         | Altitud Media (Hi) | Área (m2)  |
|-------------------------|--------------------|------------|
| Microcuenca Chilcapampa | 2919.78            | 6693139.02 |
| Microcuenca Las Tayas   | 2642.67            | 914158.12  |
| Microcuenca La Lúcumá   | 2631.42            | 1590201.46 |
| Microcuenca Las Tinajas | 2726.48            | 296929.09  |
| Intercuenca             | 2622.38            | 873728.71  |

|                         | Altitud Media (Hi) | Área de Influencia (m2) Ai |
|-------------------------|--------------------|----------------------------|
| Microcuenca Chilcapampa | 2919.78            | 3013228.33                 |
| Microcuenca Las Tayas   | 2642.67            | 866775.56                  |
| Microcuenca La Lúcumá   | 2631.42            | 618681.88                  |
| Microcuenca Las Tinajas | 2726.48            | 51045.12                   |
| Intercuenca             | 2622.38            | 873728.71                  |
|                         |                    | 5423459.60                 |

|   |                |
|---|----------------|
| <b>ALTITUD MEDIA - ÁREA DE INVESTIGACIÓN</b><br>$\sum(Hi \cdot Ai) / \sum Ai$ | <b>2792.87</b> |
|---|----------------|

**LEYENDA**

**UNIDADES HIDROGRÁFICAS**

- MICROCUENCA CHILCAPAMPA
- MICROCUENCA LAS TAYAS
- MICROCUENCA LA LÚCUMA
- MICROCUENCA LAS TINAJAS
- INTERCUENCA

**ORDEN DE DRENAJE**

- 1
- 2
- 3
- 4

| UNIDAD      | Nº DE ORDEN | ÁREA (Km2)  |
|-------------|-------------|-------------|
| Microcuenca | 1, 2, 3     | 10 - 100    |
| Subcuenca   | 4, 5        | 100 - 700   |
| Cuenca      | 6, 7 ó más  | Mayor a 700 |

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

**ANÁLISIS GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO DE TALUDES Y LADERAS EN LA EXPANSIÓN URBANA DEL CENTRO POBLADO FRUTILLO BAJO, DISTRITO DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC, DEPARTAMENTO CAJAMARCA**

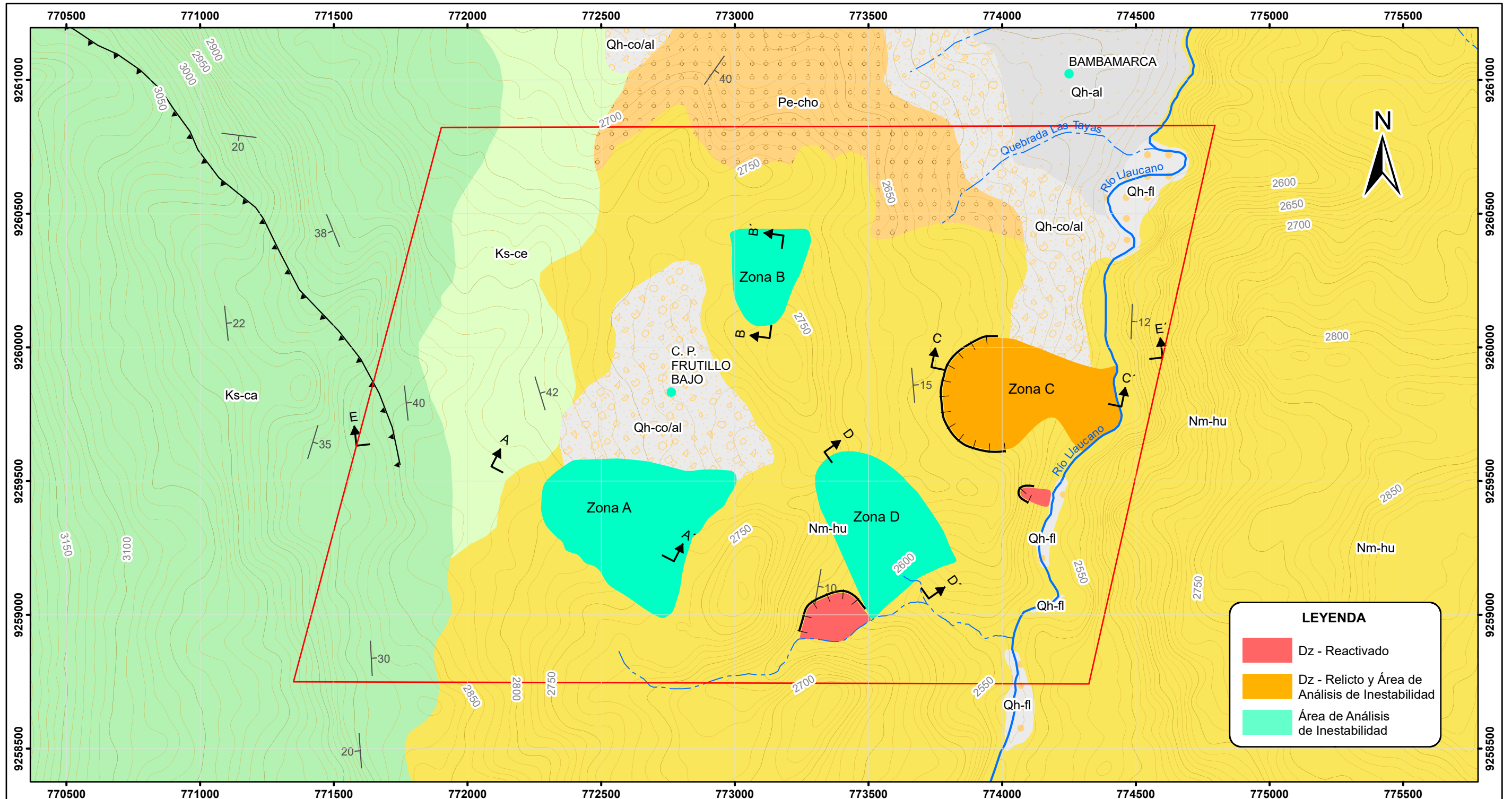
**Plano:** UNIDADES HIDROGRÁFICAS      E: 1/25 000

**Autor:** Bach. Carranza Leiva Edwar Elí

**Asesor:** Dr. Rodríguez Cruzado Segundo Reinaldo

**Sistema:** UTM / WGS - 84      **Fecha:** Marzo de 2024

**Plano Nº**  
**06**



**LEYENDA**

- Dz - Reactivado
- Dz - Relicto y Área de Análisis de Inestabilidad
- Área de Análisis de Inestabilidad



**GEOLOGÍA**

|  |   |  |                              |
|--|---|--|------------------------------|
|  | Qh-fl<br>Cuaternario fluvial            |  | Pe-cho<br>Formación Chota    |
|  | Qh-co/al<br>Cuaternario coluvio aluvial |  | Ks-ce<br>Formación Celendín  |
|  | Qh-al<br>Cuaternario aluvial            |  | Ks-ca<br>Formación Cajamarca |
|  | Nm-hu<br>Volcánico Huambos              |  |                              |

**SIMBOLOGÍA**

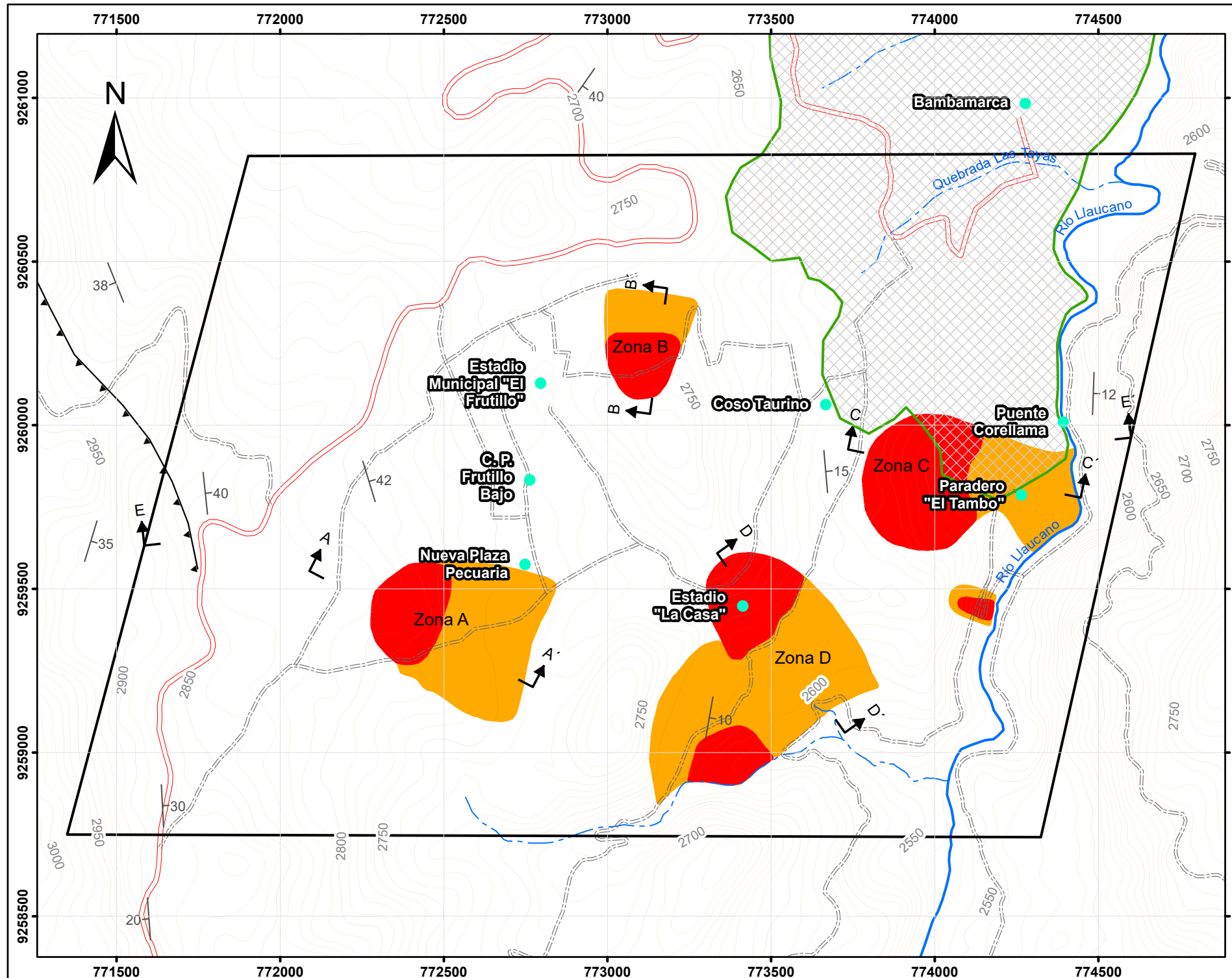
|  |                   |                |                 |  |                 |
|--|-------------------|----------------|-----------------|--|-----------------|
|  | Sección Geológica |                | Zona de Estudio |  | Escarpes        |
|  | Falla Inversa     | <b>DRENAJE</b> |                 |  | CURVAS DE NIVEL |
|  | Buzamiento        |                | Río Llaucano    |  | Primarias       |
|  |                   |                | Quebradas       |  | Secundarias     |

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

**ANÁLISIS GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO DE TALUDES Y LADERAS EN LA EXPANSIÓN URBANA DEL CENTRO POBLADO FRUTILLO BAJO, DISTRITO DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC, DEPARTAMENTO CAJAMARCA**

|                 |  |                             |
|-----------------|--|-----------------------------|
| <b>Plano:</b>   | <b>PLANO GEODINÁMICO</b>               | E: 1/15 000                 |
| <b>Autor:</b>   | Bach. Carranza Leiva Edwar Elí         |                             |
| <b>Asesor:</b>  | Dr. Rodríguez Cruzado Segundo Reinaldo |                             |
| <b>Sistema:</b> | UTM / WGS - 84                         | <b>Fecha:</b> Marzo de 2024 |

Plano N°  
07



**SIMBOLOGÍA**

|                   |                 |                        |                   |
|-------------------|-----------------|------------------------|-------------------|
| Sección Geológica | Zona de Estudio | Escarpes               | LUGARES           |
| Falla Inversa     | <b>DRENAJE</b>  | <b>CURVAS DE NIVEL</b> | <b>ACCESO</b>     |
| Buzamiento        | Río Llaucano    | Primarias              | Vía Asfaltada     |
|                   | Quebradas       | Secundarias            | Trocha Carrosable |

**LEYENDA**

|                        |
|------------------------|
| Zona Crítica           |
| Zona Altamente Crítica |

**CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD – SECCIÓN GEOLÓGICA A - A'**

| Método              | Condiciones Estáticas |       |       | Condiciones Seudoestáticas |        |        |
|---------------------|-----------------------|-------|-------|----------------------------|--------|--------|
|                     | TT                    | TEsp  | TEst  | TT+S                       | TEsp+S | TEst+S |
| Bishop Simplificado | 2.427                 | 1.695 | 1.260 | 1.232                      | 0.848  | 0.636  |
| Jambu Corregido     | 2.391                 | 1.695 | 1.244 | 1.226                      | 0.847  | 0.631  |
| Spencer             | 2.427                 | 1.696 | 1.262 | 1.233                      | 0.854  | 0.646  |
| Morgenstern - Price | 2.424                 | 1.692 | 1.259 | 1.233                      | 0.854  | 0.645  |

**CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD – SECCIÓN GEOLÓGICA B - B'**

| Método              | Condiciones Estáticas |       |       | Condiciones Seudoestáticas |        |        |
|---------------------|-----------------------|-------|-------|----------------------------|--------|--------|
|                     | TT                    | TEsp  | TEst  | TT+S                       | TEsp+S | TEst+S |
| Bishop Simplificado | 2.175                 | 1.484 | 1.160 | 1.158                      | 0.825  | 0.629  |
| Jambu Corregido     | 2.107                 | 1.469 | 1.111 | 1.145                      | 0.802  | 0.602  |
| Spencer             | 2.174                 | 1.484 | 1.163 | 1.162                      | 0.839  | 0.644  |
| Morgenstern - Price | 2.172                 | 1.482 | 1.161 | 1.157                      | 0.838  | 0.643  |

**CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD – SECCIÓN GEOLÓGICA C - C'**

| Método              | Condiciones Estáticas |       |       | Condiciones Seudoestáticas |        |        |
|---------------------|-----------------------|-------|-------|----------------------------|--------|--------|
|                     | TT                    | TEsp  | TEst  | TT+S                       | TEsp+S | TEst+S |
| Bishop Simplificado | 1.872                 | 1.276 | 1.020 | 0.932                      | 0.655  | 0.484  |
| Jambu Corregido     | 1.869                 | 1.269 | 1.007 | 0.931                      | 0.659  | 0.480  |
| Spencer             | 1.875                 | 1.286 | 1.028 | 0.937                      | 0.668  | 0.511  |
| Morgenstern - Price | 1.872                 | 1.280 | 1.024 | 0.935                      | 0.660  | 0.497  |

**CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD – SECCIÓN GEOLÓGICA D - D'**

| Método              | Condiciones Estáticas |       |       | Condiciones Seudoestáticas |        |        |
|---------------------|-----------------------|-------|-------|----------------------------|--------|--------|
|                     | TT                    | TEsp  | TEst  | TT+S                       | TEsp+S | TEst+S |
| Bishop Simplificado | 1.452                 | 1.007 | 0.747 | 0.838                      | 0.539  | 0.404  |
| Jambu Corregido     | 1.409                 | 0.978 | 0.715 | 0.807                      | 0.525  | 0.386  |
| Spencer             | 1.451                 | 1.010 | 0.748 | 0.841                      | 0.548  | 0.422  |
| Morgenstern - Price | 1.451                 | 1.010 | 0.750 | 0.841                      | 0.544  | 0.417  |

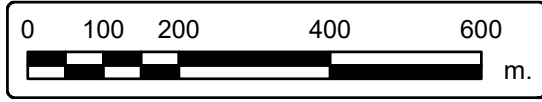
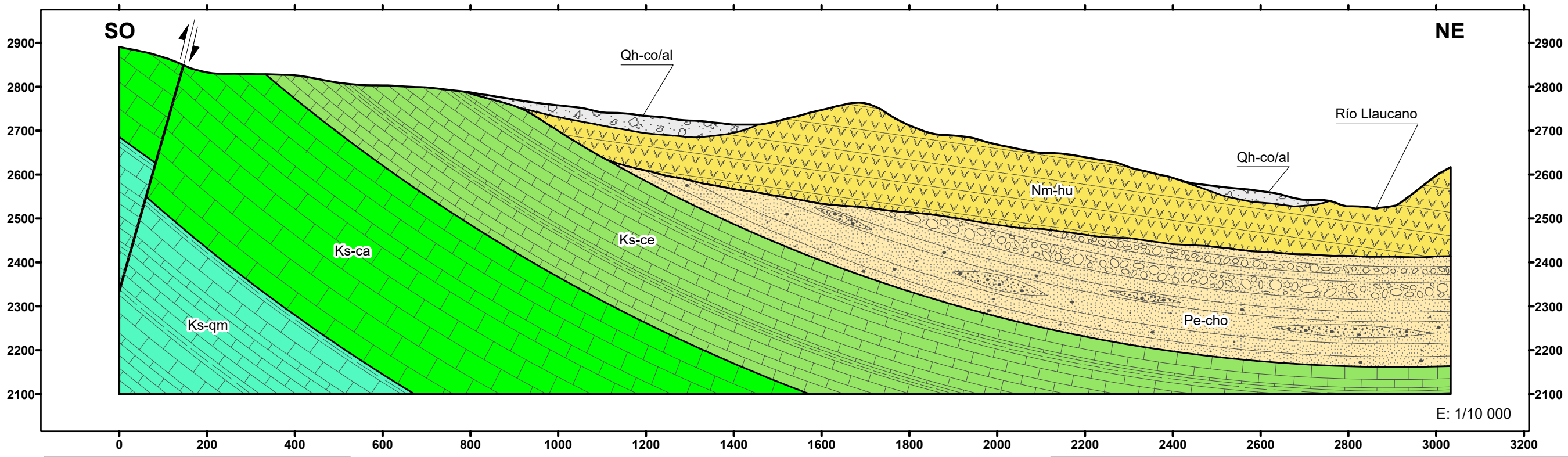
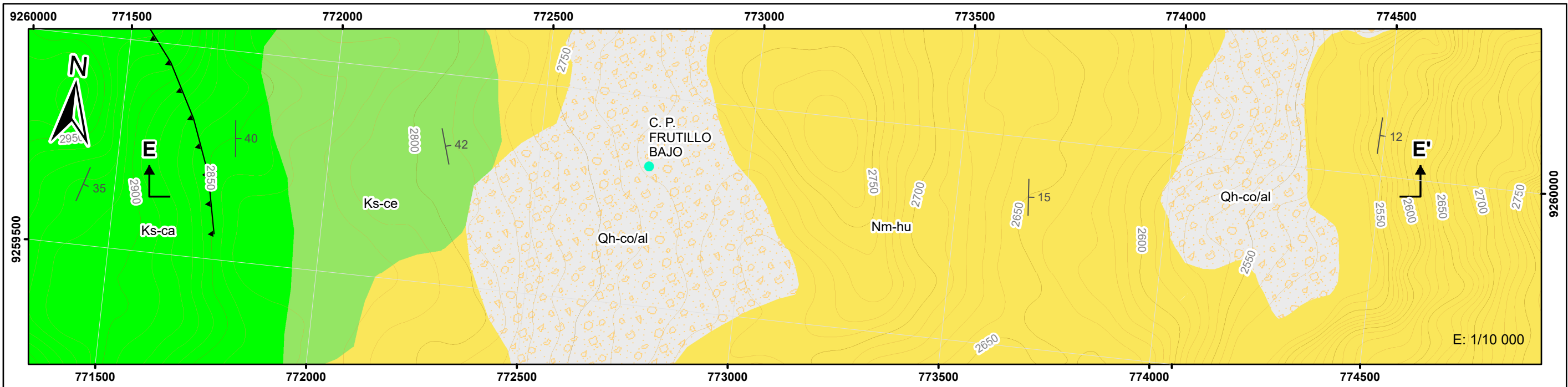
**LEYENDA DE TABLAS DEL CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD**

| Inestable Absoluto | Inestable Absoluto | Estable Relativo | Estable Temporal | Estable Permanente |
|--------------------|--------------------|------------------|------------------|--------------------|
| FS, 0.0 - 0.5      | FS, 0.5 - 1.0      | FS, 1.0 - 1.25   | FS, 1.25 - 1.5   | FS > 1.5           |

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

**ANÁLISIS GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO DE TALUDES Y LADERAS EN LA EXPANSIÓN URBANA DEL CENTRO POBLADO FRUTILLO BAJO, DISTRITO DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC, DEPARTAMENTO CAJAMARCA**

|   |                             |
|---|-----------------------------|
| <b>Plano:</b> PLANO GEOTÉCNICO                        | E: 1/15 000                 |
| <b>Autor:</b> Bach. Carranza Leiva Edwar Elí          | <b>Plano N°</b> 08          |
| <b>Asesor:</b> Dr. Rodríguez Cruzado Segundo Reinaldo |                             |
| <b>Sistema:</b> UTM / WGS - 84                        | <b>Fecha:</b> Marzo de 2024 |



| LEYENDA |                                      |
|---------|--------------------------------------|
|         | Qh-fl Cuaternario fluvial            |
|         | Qh-co/al Cuaternario coluvio aluvial |
|         | Qh-al Cuaternario aluvial            |
|         | Nm-hu Volcánico Huambos              |
|         | Pe-cho Formación Chota               |
|         | Ks-ce Formación Celendín             |
|         | Ks-ca Formación Cajamarca            |
|         | Ks-qm Grupo Quilquiñan, Mujarrún     |

| SIMBOLOGÍA Y ESTRUCTURAS ESTRATIGRÁFICAS |                         |  |                                 |                        |             |
|--|-------------------------|--|---------------------------------|------------------------|-------------|
|  | Buzamiento              |  | Arcillitas                      |                        | Lugares     |
|  | Falla Inversa (Planta)  |  | Calizas                         | <b>CURVAS DE NIVEL</b> |             |
|  | Falla Inversa (Sección) |  | Conglomerados                   |                        | Primarias   |
|  | Areniscas               |  | Gravas, arenas limos y arcillas |                        | Secundarias |
|  |                         |  | Lentas                          |                        |             |
|  |                         |  | Conglomerádicos                 |                        |             |

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

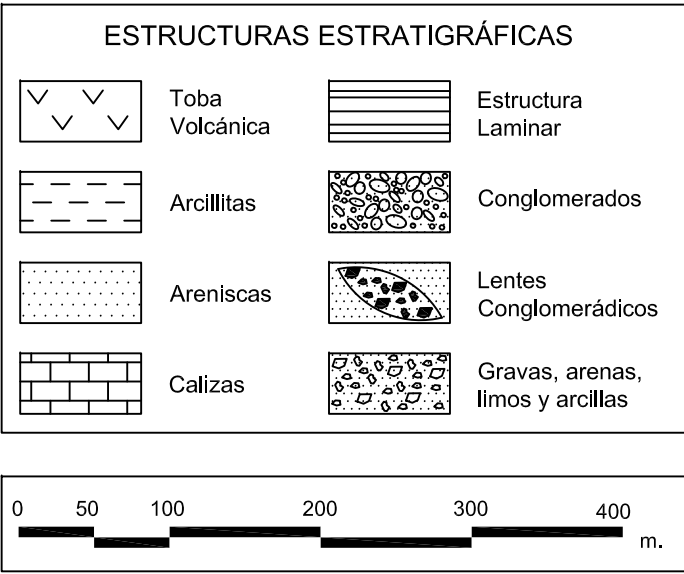
---

**ANÁLISIS GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO DE TALUDES Y LADERAS EN LA EXPANSIÓN URBANA DEL CENTRO POBLADO FRUTILLO BAJO, DISTRITO DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC, DEPARTAMENTO CAJAMARCA**

|                 |  |                             |
|-----------------|--|-----------------------------|
| <b>Plano:</b>   | <b>SECCIÓN GEOLÓGICA EE'</b>           | E: 1/10 000                 |
| <b>Autor:</b>   | Bach. Carranza Leiva Edwar Elí         |                             |
| <b>Asesor:</b>  | Dr. Rodríguez Cruzado Segundo Reinaldo |                             |
| <b>Sistema:</b> | UTM / WGS - 84                         | <b>Fecha:</b> Marzo de 2024 |

**Plano N°**  
**09**

| Era        | Sistema     | Serie     | Piso         | Unidad Estratigráfica  | Espesor Aprox. (m) | Litología | Descripción  |  |   |
|------------|-------------|-----------|--------------|------------------------|--------------------|-----------|--|--|---|
| Cenozoico  | Cuaternario | Holoceno  | Versiliano   | Depositos Cuaternarios | 50 - 100           |           | Depósitos aluviales, depósitos coluvio-aluviales y depósitos fluviales.  |  |   |
|            |             |           |              | Discordancia Erosiva   |                    |           |  |  |   |
|            | Neógeno     | Mioceno   | Tortoniano   | Volcánico Huambos      | 200 - 250          |           | (a)  | Conformada por flujos piroclásticos de tobas andesíticas y traquíticas gris blanquecinas a amarillentas, con abundantes cristales y fragmentos líticos, afaníticos y porfiríticos. |   |
|            |             |           | Serravaliano |                        |                    |           |  |  |   |
|            |             |           | Langhiano    |                        |                    |           |  |  |   |
|            | Paleógeno   | Paleoceno | Thanetiano   | Formación Chota        | 150 - 200          |           | Discordancia Angular   | Areniscas arcósicas y conglomerados. Flujos piroclásticos redepositados con líticos subredondeados de color gris blanquecinos, con lentes conglomerádicos.                         |   |
|            |             |           | Selandiano   |                        |                    |           |  |  |   |
|            |             |           | Daniano      |                        |                    |           |  |  |   |
|            | Mesozoico   | Cretácico | Superior     | Maastrichtiano         | Formación Celendín | 100 - 150 |  | Discordancia Paralela  | Compuesta por capas delgadas de caliza nodular arcillosa de 2 a 5 cm, intercaladas con niveles de margas y a arcillitas fosilíferas de color amarillento. |
|            |             |           |              | Campaniano             |                    |           |  |  |   |
| Santoniano |             |           |              | Formación Cajamarca    | 200 - 250          |           | Conformada principalmente de calizas gris oscuras, intemperiza a tonos blanquecinos o gris claros, está en estratos de 0.2 a 0.5 m. Aflora al SO del C. P. Frutillo Bajo, en taludes de la carretera Bambamarca - Cajamarca. |  |   |
| Coniaciano |             |           |              |                        |                    |           |  |  |   |
| Turoniano  |             |           |              |                        |                    |           |  |  |   |



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

---

ANÁLISIS GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO DE TALUDES Y LADERAS EN LA EXPANSIÓN URBANA DEL CENTRO POBLADO FRUTILLO BAJO, DISTRITO DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC, DEPARTAMENTO CAJAMARCA

---

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA - C.P. FRUTILLO BAJO

---

|  |    |
|--|----|
| Elaborado por: Bach. Carranza Leiva, Edwar Elí                     | 10 |
| Asesor: Dr. Rodríguez Cruzado, Segundo Reinaldo                    |    |
| Fecha: Junio de 2024 <span style="float: right;">E: 1/5 000</span> |    |

Fuente: Tomado y modificado de Herrera (2012).