

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Geológica

“ESTUDIO GEOMECÁNICO-GEOTÉCNICO PARA  
EL DISEÑO DE ESTABILIDAD DE TALUDES,  
ENTRE LA PROGRESIVA DEL 07+580 AL KM  
08+970, DE LA CARRETERA CHOROPAMPA-  
ASUNCIÓN, SECTOR SALABAMBA,  
CAJAMARCA-2021”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Geólogo

Autores:

Bach. Jean Carlo Guevara Mendoza

Bach. Oscar Jhancarlos Vigo Casanova

Asesor:

Ing. M. Sc. Daniel Alejandro Alva Huamán

Cajamarca - Perú

2021

# INDICE

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURA .....</b>	<b>7</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>12</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>13</b>
<b>.1. Realidad problemática.....</b>	<b>13</b>
<b>.2. Formulación del problema .....</b>	<b>17</b>
<b>.3. Objetivos .....</b>	<b>17</b>
<b>.4. Hipótesis .....</b>	<b>17</b>
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA .....</b>	<b>18</b>
<b>2.1. Tipo de investigación .....</b>	<b>18</b>
<b>2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos).....</b>	<b>18</b>
<b>2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos .....</b>	<b>18</b>
<b>2.4. Procedimiento .....</b>	<b>19</b>
<b>2.5. Aspectos Generales.....</b>	<b>20</b>
2.5.1. <i>Ubicación.....</i>	<i>20</i>
2.5.2. <i>Clima.....</i>	<i>21</i>
2.5.3. <i>Geología local.....</i>	<i>22</i>
2.5.3.1. <i>Formación Farrat (Ki-Fa).....</i>	<i>23</i>
2.5.3.2. <i>Formación Inca (Ki-in).....</i>	<i>24</i>
2.5.3.3. <i>Formación Chulec (Ki-Chu) .....</i>	<i>26</i>
2.5.3.4. <i>Depósitos Cuaternarios – Aluvial (Qh/al) .....</i>	<i>29</i>
2.5.3.5. <i>Depósitos Cuaternarios – Coluvial (Qh/co) .....</i>	<i>29</i>
2.5.4. <i>Análisis Estructural.....</i>	<i>30</i>
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS .....</b>	<b>35</b>
<b>3.1. CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA.....</b>	<b>35</b>
3.1.1. <i>Estación Geomecánica N°01.....</i>	<i>35</i>
3.1.2. <i>Estación Geomecánica N°02.....</i>	<i>36</i>
3.1.3. <i>Estación Geomecánica N°03.....</i>	<i>40</i>
3.1.4. <i>Estación Geomecánica N°04.....</i>	<i>41</i>
3.1.5. <i>Estación Geomecánica N°05.....</i>	<i>42</i>
3.1.6. <i>Estación Geomecánica N°06.....</i>	<i>46</i>
3.1.7. <i>Estación Geomecánica N°07.....</i>	<i>50</i>
3.1.9. <i>Estación Geomecánica N°09.....</i>	<i>52</i>
3.1.10. <i>Estación Geomecánica N°11.....</i>	<i>56</i>
3.1.11. <i>Estación Geomecánica N°12.....</i>	<i>57</i>
3.1.12. <i>Estación Geomecánica N°13.....</i>	<i>58</i>
3.1.13. <i>Estación Geomecánica N°14.....</i>	<i>59</i>
3.1.14. <i>Estación Geomecánica N°15.....</i>	<i>60</i>
3.1.15. <i>Estación Geomecánica N°16.....</i>	<i>61</i>
3.1.16. <i>Estación Geomecánica N°17.....</i>	<i>62</i>
3.1.17. <i>Estación Geomecánica N°18.....</i>	<i>63</i>

3.1.18.	<i>Estación Geomecánica N°19.....</i>	64
3.1.19.	<i>Estación Geomecánica N°20.....</i>	65
3.1.20.	<i>Estación Geomecánica N°21.....</i>	66
3.1.21.	<i>Estación Geomecánica N°22.....</i>	67
3.1.22.	<i>Estación Geomecánica N°23.....</i>	68
3.2.	<b>ESTACIONES SUELO .....</b>	69
3.2.1.	<i>Estación Suelo N°01.....</i>	69
3.2.2.	<i>Estación Suelo N°02.....</i>	69
3.2.3.	<i>Estación Suelo N° 03.....</i>	70
3.2.4.	<i>Estación Suelo N° 04.....</i>	71
3.2.5.	<i>Estación Suelo N° 05.....</i>	71
3.2.6.	<i>Estación Suelo N°06.....</i>	72
3.2.7.	<i>Estación Suelo N° 07.....</i>	73
3.3.	<b>RESUMEN DE TALUDES EN SUELO.....</b>	75
3.4.	<b>RESUMEN GEOMECÁNICO DE TALUDES EN ROCA.....</b>	76
3.5.	<b>ANÁLISIS DEL FACTOR DE SEGURIDAD DE LOS TALUDES ACTUALES EN CONDICIONES ESTÁTICAS .....</b>	77
3.6.	<b>ANÁLISIS DEL FACTOR DE SEGURIDAD APLICADO EL CONTROL DE ESTABILIDAD EN CONDICIONES ESTÁTICAS .....</b>	93
3.7.	<b>ANÁLISIS DEL FACTOR DE SEGURIDAD DE LOS TALUDES ACTUALES EN CONDICIONES SEUDOESTÁTICAS .....</b>	117
3.8.	<b>ANÁLISIS DEL FACTOR DE SEGURIDAD APLICADO EL CONTROL DE ESTABILIDAD EN CONDICIONES SEUDOESTÁTICAS .....</b>	133
	<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....</b>	<b>158</b>
4.1.	DISCUSIÓN .....	158
4.2.	CONCLUSIONES .....	1598
	<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>161</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>162</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Vértices de la zona de investigación.....	21
Tabla 2: Ubicación política de la zona de estudio .....	21
Tabla 3: Promedio de temperatura para Cajamarca-Asunción .....	21
Tabla 4: Mapeo geotécnico de la estación geomecánica N°01- talud N°03 .....	35
Tabla 5: Mapeo geotécnico de la estación geomecánica N°02- talud N°04 .....	36
Tabla 6: Mapeo geotécnico de la estación geomecánica N°03- talud N°05 .....	40
Tabla 7: Mapeo geotécnico de la estación geomecánica N°04- talud N°06 .....	41
Tabla 8: Mapeo geotécnico de la estación geomecánica N°05- talud N°07 .....	42
Tabla 9: Mapeo geotécnico de la estación geomecánica N°06 - talud N°08 .....	46
Tabla 10: Mapeo geotécnico de la estación geomecánica N°07- talud N°09 .....	50
Tabla 11: Mapeo geotécnico de la estación geomecánica N°08- talud N°11 .....	51
Tabla 12: Mapeo geotécnico de la estación geomecánica N°09 - talud N°12 .....	52
Tabla 13: Mapeo geotécnico de la estación geomecánica N°11- talud N°14 .....	56
Tabla 14: Mapeo geotécnico de la estación geomecánica N°12 - talud N°16 .....	57
Tabla 15: Mapeo geotécnico de la estación geomecánica N°13 - talud N°17 .....	58
Tabla 16: Mapeo geotécnico de la estación geomecánica N°14- talud N°19 .....	59
Tabla 17: Mapeo geotécnico de la estación geomecánica N°15 - talud N°20 .....	60
Tabla 18: Mapeo geotécnico de la estación geomecánica N°16- talud N°21 .....	61
Tabla 19: Mapeo geotécnico de la estación geomecánica N°17- talud N°22 .....	62
Tabla 20: Mapeo geotécnico de la estación geomecánica N°18- talud N°23 .....	63
Tabla 21: Mapeo geotécnico de la estación geomecánica N°19 - talud N°24 .....	64
Tabla 22: Mapeo geotécnico de la estación geomecánica N°20 - talud N°26 .....	65
Tabla 23: Mapeo geotécnico de la estación geomecánica N°21 - talud N°28 .....	66
Tabla 24: Mapeo geotécnico de la estación geomecánica N°22 - talud N°29 .....	67
Tabla 25: Mapeo geotécnico de la estación geomecánica N°23 - talud N°30 .....	68
Tabla 26: Dimensiones del talud N°01 .....	69
Tabla 27: Dimensiones del talud N°02 .....	69
Tabla 28: Dimensiones del talud N°03 .....	70
Tabla 29: Dimensiones del talud N°15 .....	71
Tabla 30: Dimensiones del talud N°18 .....	71
Tabla 31: Dimensiones del talud N°25 .....	72
Tabla 32: Dimensiones del talud N°27 .....	73
Tabla 33: Resumen de taludes en suelo .....	75
Tabla 34: Resumen geomecánico de la zona de investigación .....	76
Tabla 35: Resumen del factor de seguridad de taludes actuales en condiciones estáticas. ....	92
Tabla 36: Resumen del factor de seguridad aplicado el control de estabilidad en condiciones estáticas.....	116
Tabla 37: Resumen del factor de seguridad de taludes actuales en condiciones pseudoestáticas. ....	132
Tabla 38: Resumen de valores del factor se seguridad en condiciones pseudoestáticas, cuadro de volumen total corte y relleno .....	157
Tabla 39: Parámetros de clasificación y sus valores. Tomado de Fundamentos e Ingeniería de taludes (p.152), por P,R, Oyaguren & L,A, Mongue, 2014.....	163
Tabla 40: Determinación de la clase del macizo rocoso. Tomado de Fundamentos e Ingeniería de taludes (p.153), por P,R, Oyaguren & L,A, Mongue, 2014 .....	163
Tabla 41: Significado de las clases de macizos rocosos. Tomado de Fundamentos e Ingeniería de taludes (p.153), por P,R, Oyaguren & L,A, Mongue, 2014 .....	163
Tabla 42: . Ajuste de valores por las orientaciones de las juntas. Tomado de Fundamentos e Ingeniería de taludes (p.153), por P,R, Oyaguren & L,A, Mongue, 2014 .....	163
Tabla 43: Índice de resistencia geológica (GSI) para macizos rocosos fracturados. . Tomado de Fundamentos e Ingeniería de taludes (p.166), por P,R, Oyaguren & L,A, Mongue, 2014. To .....	164
Tabla 44: Factores de ajuste de la clasificación SMR. Tomado de La clasificación geomecánica SMR: aplicación experiencias y validación (p.396), por E, Montalar, 2001.....	164
Tabla 45: Clases de estabilidad según el SMR. Tomado de La clasificación geomecánica SMR: aplicación experiencias y validación (p.396), por E, Montalar, 2001 .....	164

## ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1: Representación del promedio de temperatura para Cajamarca – Asunción 2020 .....	22
Figura 2: Evidencia las formaciones geológicas presentes, del km 07+908 al km 08+428 .....	22
Figura 3: Evidencia de las formaciones geológicas presentes del km 08+428 al km 08+970 .....	23
Figura 4: Se observa estratos delgados de 10cm a 20cm y de mayor potencia de 60 cm a 90 cm, localizados en la progresiva del km 08+405 al km 08+428 .....	23
Figura 5: Se observa estratos de lutitas ferruginosas entre el km 08+241 al km 08+428 .....	24
Figura 6: Se observa estratos de la formación Inca entre el km 08+520 al 08+258.....	24
Figura 8: Se observa fósil BUCHOTRIGONIA, presente en la progresiva del 08+08+241 al km 08+428....	25
Figura 8: Se observa fósil BIBALVOS, presente en la progresiva del km 08+463 al km 08+558.....	25
Figura 9: Presencia de nódulos calcáreos oxidados, presente en la progresiva del km 08+520 al km 08+5558. ....	25
Figura 10: Estrato subverticales y delgados de lutitas intercalados con calizas y margas calcáreas, tomada entre el km 08+820 al km 08+890.....	26
Figura 11: Se observa fósil BIBALVOS, presente en la progresiva del km 08+463 al km 08+558.....	27
Figura 12: Presencia de KNEMICERAS SYRIACUM, en la Formación Chulec, tomada entre el km 08+757 al km 08+820.....	27
Figura 13: Presencia de fósil MYOPHORELLA, en los estratos de la formación Chulec, tomada entre el km 08+669 al km 08+733.....	27
Figura 14: Presencia de fósil TRIGONIA COSTATA, en los estratos de la Formación Chulec, tomada entre el km 08+024 al km 08+841 .....	28
Figura 15: Estratificación subvertical de estratos lutaseos de la formación Inca, presentes en el km 08+463 al km 08+558. Presentando un color rojizo-amarillento, manifiesta acción de limonitización .....	28
Figura 16: Presencia de biozona en las calizas de la Formación Chulec, tomada entre el km 07+908 al km 08+005.....	28
Figura 17: Presenta depósitos aluviales a la margen izquierda de la quebrada pencas, entre el km 07+ 700 al km 07+820.....	29
Figura 18: Ejemplo de suelo coluvial en la zona de estudio, entre las progresivas del km 08+005 al 08+024. ....	30
Figura 19: Muestra estriamiento de falla inversa, en el talud 4, en calizas de la Formación Chulec, con Dip 57 y Dip Direction 25 .....	31
Figura 20: Se observa escalones de falla inversa, en el talud 8, en calizas de Formación Chulec, con Dip 71 y Dip Direction 141 .....	31
Figura 21: Se observa fallamiento inverso en el eje del anticlinal con Dip 59 y Dip Direction 14, nótese los flancos de caliza de la Formación Chulec, entre los tramos del km 08+005 al km 08+041 .....	32
Figura 22: Se observa fallamiento inverso con Dip 56 y Dip Direction 40, presente en las calizas de la Formación Chulec, Talud 13 .....	32
Figura 23: Estriamiento de falla normal con Dip 82 y Dip Direction 192 en las calizas de la Formación Chulec, presente en el talud 16.....	33
Figura 24: Se evidencia fallamiento inverso en el eje del anticlinal con Dip 62 Y Dip Direction 188, de las calizas de la Formación Chulec. ....	33
Figura 25: Falla de cabalgamiento en el talud N°23.....	34
Figura 26: Análisis estereográfico utilizando como criterio el cono de fricción, la envolvente del talud y límites laterales de +-20, posible falla planar en el talud N°04 .....	37
Figura 27: Valores de ángulo de fricción y del talud N°04, con probabilidad de 0% de deslizamiento planar. ....	37
Figura 28: Análisis estereográfico, falla tipo cuña, utilizando como criterio el cono de fricción y el talud sin límites laterales, en el talud 4 .....	38
Figura 29: Valores de ángulo de fricción y del talud N°04, con probabilidad de 9.52% de deslizamiento en cuña. ....	38
Figura 30: Valores de ángulo de fricción y del talud N°04, con probabilidad de 71.43% de deslizamiento de falla por vuelco.....	39
Figura 31: Análisis estereográfico utilizando como criterio límites laterales de +-20 y la envolvente del talud N°04 .....	39
Figura 32: Valores de ángulo de fricción y del talud N°07, con probabilidad 0% de deslizamiento planar ...	43
Figura 33: Análisis estereográfico utilizando como criterio el cono de fricción, la envolvente del talud y límites laterales de +-20, posible falla planar en el talud N°07 .....	43

Figura 34: : Análisis estereográfico utilizando como criterio el cono de fricción y el talud N°07 sin límites laterales.....	44
Figura 35: Valores de ángulo de fricción y del talud N°07, con probabilidad de 8.33% de deslizamiento en cuña. ....	44
Figura 36: Valores de ángulo de fricción y del talud, con probabilidad de 0.00% de deslizamiento por vuelco en el talud N°07.....	45
Figura 37: Análisis estereográfico utilizando como criterio límites laterales de +- 20 y la envolvente del talud N°07 .....	45
Figura 38: Análisis estereográfico utilizando como criterio el cono de fricción, la envolvente del talud N°08 y límites laterales de +-20, posible falla planar en el talud N°08 .....	47
Figura 39: Valores de ángulo de fricción y del talud N°08, con probabilidad de 0.00% de deslizamiento planar. ....	47
Figura 40: Análisis estereográfico utilizando como criterio el cono de fricción y el talud N°08, sin límites laterales.....	48
Figura 41: Valores de ángulo de fricción y del talud N°08, con probabilidad de 2.21% de deslizamiento en cuña. ....	48
Figura 42: Valores de ángulo de fricción y del talud N°08, con probabilidad de 50.00% de deslizamiento por vuelco en la familia J2.....	49
Figura 43: Análisis estereográfico utilizando como criterio límites laterales de +- 20 y la envolvente del talud N°08 .....	49
Figura 44: Valores de ángulo de fricción y del talud N°13, con probabilidad de 0.00% de deslizamiento planar. ....	53
Figura 45: Análisis estereográfico utilizando como criterio el cono de fricción, la envolvente del talud N°08 y límites laterales de +-20, posible falla planar en el talud N°13 .....	53
Figura 46: Valores de ángulo de fricción y del talud N°13, con probabilidad de 11.11% deslizamiento en cuña. ....	54
Figura 47: Análisis estereográfico utilizando como criterio el cono de fricción y el talud N°13, sin límites laterales.....	54
Figura 48: Análisis estereográfico utilizando como criterio límites laterales de +- 20 y la envolvente del talud N°13 .....	55
Figura 49: Valores de ángulo de fricción y del talud N°13, con probabilidad de 33.33% deslizamiento por vuelco .....	55
Figura 50: Estación suelo N°01 – talud N°01.....	69
Figura 51: Estación suelo N°02 - talud N°02 .....	70
Figura 52: Estación suelo N°03 – talud N°10.....	70
Figura 53: Estación suelo N°04 – talud N°15.....	71
Figura 54: Estación suelo N°04 – talud N°15.....	72
Figura 55: Estación suelo N°06 – talud N°25.....	73
Figura 56: Estación suelo N°07 – talud N°27.....	74
Figura 57: Cálculo del factor de seguridad del Talud N°01 en condición estática. ....	77
Figura 58: Cálculo del factor de seguridad del Talud N°02 en condición estática. ....	77
Figura 59: Cálculo del factor de seguridad del Talud N°03, en condición estática. ....	78
Figura 60: Cálculo del factor de seguridad del Talud N°04, en condición estática. ....	78
Figura 61: Cálculo del factor de seguridad del Talud N°05, en condición estática. ....	79
Figura 62: Cálculo del factor de seguridad del Talud N°06, en condición estática. ....	79
Figura 63: Cálculo del factor de seguridad del Talud N°07, en condición estática. ....	80
Figura 64: Cálculo del factor de seguridad del Talud N°08, en condición estática. ....	80
Figura 65: Cálculo del factor de seguridad del Talud N°09, en condición estática. ....	81
Figura 66: Cálculo del factor de seguridad del Talud N°10, en condición estática. ....	81
Figura 67: Cálculo del factor de seguridad del Talud N°11, en condición estática. ....	82
Figura 68: Cálculo del factor de seguridad del Talud N°12, en condición estática. ....	82
Figura 69: Cálculo del factor de seguridad del Talud N°13, en condición estática. ....	83
Figura 70: Cálculo del factor de seguridad del Talud N°14, en condición estática. ....	83
Figura 71: Cálculo del factor de seguridad del Talud N°15, en condición estática. ....	84
Figura 72: Cálculo del factor de seguridad del Talud N°16, en condición estática. ....	84
Figura 73: Cálculo del factor de seguridad del Talud N°17, en condición estática. ....	85
Figura 74: Cálculo del factor de seguridad del Talud N°18, en condición estática. ....	85
Figura 75: Cálculo del factor de seguridad del Talud N°19, en condición estática. ....	86
Figura 76: Cálculo del factor de seguridad del Talud N°20, en condición estática. ....	86
Figura 77: Cálculo del factor de seguridad del Talud N°21, en condición estática. ....	87

Figura 78: Cálculo del factor de seguridad del Talud N°22, en condición estática. ....	87
Figura 79: Cálculo del factor de seguridad del Talud N°23, en condición estática. ....	88
Figura 80: Cálculo del factor de seguridad del Talud N°24, en condición estática. ....	88
Figura 81: Cálculo del factor de seguridad del Talud N°25, en condición estática. ....	89
Figura 82: Cálculo del factor de seguridad del Talud N°26, en condición estática. ....	89
Figura 83: Cálculo del factor de seguridad del Talud N°27, en condición estática. ....	90
Figura 84: Cálculo del factor de seguridad del Talud N°28, en condición estática. ....	90
Figura 85: Cálculo del factor de seguridad del Talud N°29, en condición estática. ....	91
Figura 86: Cálculo del factor de seguridad del Talud N°30, en condición estática. ....	91
Figura 87: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°1 aplicado el control de estabilidad. en condición estática. ....	93
Figura 88: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°2 aplicado el control de estabilidad. en condición estática. ....	94
Figura 89: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°3 aplicado el control de estabilidad. en condición estática. ....	95
Figura 90: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°4 aplicado el control de estabilidad, en condición estática. ....	96
Figura 91: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°06 aplicado el control de estabilidad, en condición estática. ....	97
Figura 92: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°09 aplicado el control de estabilidad, en condición estática. ....	98
Figura 93: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°10 aplicado el control de estabilidad, en condición estática. ....	99
Figura 94: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°11 aplicado el control de estabilidad, en condición estática. ....	100
Figura 95: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°13 aplicado el control de estabilidad en condición estática. ....	101
Figura 96: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°14 aplicado el control de estabilidad, en condición estática. ....	102
Figura 97: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°15 aplicado el control de estabilidad, en condición estática. ....	103
Figura 98: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°16 aplicado el control de estabilidad, en condición estática. ....	104
Figura 99: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°17 aplicado el control de estabilidad, en condición estática. ....	105
Figura 100: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°18 aplicado el control de estabilidad, en condición estática. ....	106
Figura 101: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°19 aplicado el control de estabilidad, en condición estática. ....	107
Figura 102: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°22 aplicado el control de estabilidad, en condición estática. ....	108
Figura 103: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°23 aplicado el control de estabilidad, en condición estática. ....	109
Figura 104: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°24 aplicado el control de estabilidad, en condición estática. ....	110
Figura 105: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°25 aplicado el control de estabilidad, en condición estática. ....	111
Figura 106: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°26 aplicado el control de estabilidad, en condición estática. ....	112
Figura 107: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°27 aplicado el control de estabilidad, en condición estática. ....	113
Figura 108: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°28 aplicado el control de estabilidad, en condición estática. ....	114
Figura 109: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°30 aplicado el control de estabilidad. ....	115
Figura 110: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°01 en condición seudoestáticas. ....	117
Figura 111: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°02 en condición seudoestáticas. ....	117
Figura 112: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°03 en condición seudoestáticas. ....	118
Figura 113: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°04 en condición seudoestáticas. ....	118
Figura 114: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°05 en condición seudoestáticas. ....	119
Figura 115: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°06 en condición seudoestáticas. ....	119

Figura 116: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°06 7 condición pseudoestáticas.....	120
Figura 117: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°08 en condición pseudoestáticas.....	120
Figura 118: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°09 en condición pseudoestáticas.....	121
Figura 119: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°10 en condición pseudoestáticas.....	121
Figura 120: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°11 en condición pseudoestáticas.....	122
Figura 121: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°12 en condición pseudoestáticas.....	122
Figura 122: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°13 en condición pseudoestáticas.....	123
Figura 123: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°14 en condición pseudoestáticas.....	123
Figura 124: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°15 en condición pseudoestáticas.....	124
Figura 125: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°16 en condición pseudoestáticas.....	124
Figura 126: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°17 en condición pseudoestáticas.....	125
Figura 127: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°18 en condición pseudoestáticas.....	125
Figura 128: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°19 en condición pseudoestáticas.....	126
Figura 129: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°20 en condición pseudoestáticas.....	126
Figura 130: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°21 en condición pseudoestáticas.....	127
Figura 131: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°22 en condición pseudoestáticas.....	127
Figura 132: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°23 en condición pseudoestáticas.....	128
Figura 133: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°24 en condición pseudoestáticas.....	128
Figura 134: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°25 en condición pseudoestáticas.....	129
Figura 135: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°26 en condición pseudoestáticas.....	129
Figura 136: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°27 en condición pseudoestáticas.....	130
Figura 137: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°28 en condición pseudoestáticas.....	130
Figura 138: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°29 en condición pseudoestáticas.....	131
Figura 139: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°29 en condición pseudoestáticas.....	131
Figura 140: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°01 aplicado el control de estabilidad, en condición pseudoestática.....	133
Figura 141: Corte de material en el talud N°01, material a cortar color rojo.....	133
Figura 142: Corte de material en el talud N°02, material a cortar color rojo.....	134
Figura 143: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°02 aplicado el control de estabilidad, en condición pseudoestática.....	134
Figura 144: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°03 aplicado el control de estabilidad, en condición pseudoestática.....	135
Figura 145: Corte de material en el talud N°03, material a cortar color rojo.....	135
Figura 146: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°04 aplicado el control de estabilidad, en condición pseudoestática.....	136
Figura 147: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°06 aplicado el control de estabilidad, en condición pseudoestática.....	137
Figura 148: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°09 aplicado el control de estabilidad, en condición pseudoestática.....	137
Figura 149: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°10 aplicado el control de estabilidad, en condición pseudoestática.....	138
Figura 150: Corte de material en el talud N°10, material a cortar color rojo y material de relleno color verde.....	138
Figura 151: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°11 aplicado el control de estabilidad, en condición pseudoestática.....	139
Figura 152: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°13 aplicado el control de estabilidad, en condición pseudoestática.....	140
Figura 153: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°12 aplicado el control de estabilidad, en condición pseudoestática.....	140
Figura 154: Corte de material en el talud N°14, material a cortar color rojo.....	141
Figura 155: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°14 aplicado el control de estabilidad, en condición pseudoestática.....	141
Figura 156: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°15 aplicado el control de estabilidad, en condición pseudoestática.....	142
Figura 157: Corte de material en el talud N°15, material a cortar color rojo.....	142
Figura 158: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°16 aplicado el control de estabilidad, en condición pseudoestática.....	143
Figura 159: Corte de material en el talud N°16, material a cortar color rojo.....	143
Figura 160: Corte de material en el talud N°17, material a cortar color rojo.....	144



Figura 161: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°17 aplicado el control de estabilidad, en condición pseudoestática.....	144
Figura 162: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°18 aplicado el control de estabilidad, en condición pseudoestática.....	145
Figura 163: Corte de material en el talud N°18, material a cortar color rojo y material a rellenar de color verde. ....	145
Figura 164: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°19 aplicado el control de estabilidad, en condición pseudoestática.....	146
Figura 165: Corte de material en el talud N°19, material a rellenar de color verde.....	146
Figura 166: Corte de material en el talud N°19, material a cortar color rojo.....	147
Figura 167: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°20 aplicado el control de estabilidad, en condición pseudoestática.....	147
Figura 168: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°22 aplicado el control de estabilidad en condición pseudoestática.....	148
Figura 169: Corte de material en el talud N°23, material a cortar color rojo.....	148
Figura 170: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°23 aplicado el control de estabilidad en condición pseudoestática.....	149
Figura 171: Corte de material en el talud N°24, material a cortar color rojo.....	149
Figura 172: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°24 aplicado el control de estabilidad en condición pseudoestática.....	150
Figura 173: Corte de material en el talud N°25, material a cortar color rojo.....	150
Figura 174: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°25 aplicado el control de estabilidad en condición pseudoestática.....	151
Figura 175: Corte de material en el talud N°25, material a cortar color rojo.....	151
Figura 176: Corte de material en el talud N°27, material a cortar color rojo.....	152
Figura 177: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°26 aplicado el control de estabilidad en condición pseudoestática.....	152
Figura 178: Corte de material en el talud N°28, material a cortar color rojo y material a rellenar color verde. ....	153
Figura 179: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°27 aplicado el control de estabilidad en condición pseudoestática.....	153
Figura 180: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°28 aplicado el control de estabilidad en condición pseudoestática.....	154
Figura 181: Corte de material en el talud N°29, material a cortar color rojo.....	154
Figura 182: Corte de material en el talud N°30, material a cortar color rojo.....	155
Figura 183: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°29 aplicado el control de estabilidad en condición pseudoestática.....	155
Figura 184: Cálculo del factor de seguridad en el talud N°30 aplicado el control de estabilidad en condición pseudoestática.....	156
Figura 185: Formato de mapeo geotécnico para las estaciones geomecánicas. Fuente: Propia. ....	162
Figura 186: Mapeo geomecánico para estaciones que presentan tipos de falla (cuña, vuelco o planar).....	165
Figura 187: Mapeo geomecánico resumido para cada estación.....	166
Figura 188: Clasificación de suelos en campo.....	167
Figura 189: Plano de ubicación Salabamba.....	168
Figura 190: Plano de pendientes, sector salabamba.....	169
Figura 191: Plano geológico-estructural del sector Salabamba.....	170
Figura 192: Plano geomecánico del sector Salabamba.....	171
Figura 193: Plano de vulnerabilidad del sector Salabamba en condiciones estáticas.....	172
Figura 194: Plano con control de riesgos del sector Salabamba en condiciones estáticas.....	173
Figura 195: Plano de vulnerabilidad del sector Salabamba en condiciones pseudoestáticas.....	174
Figura 196: Plano con control de riesgos del sector Salabamba en condiciones pseudoestáticas.....	175

## RESUMEN

La presente investigación se centra en el estudio geomecánico-geotécnico para el diseño de estabilidad de taludes, entre la progresiva del km 07+580 al km 08+970, de la carretera Choropampa-Asunción, sector Salabamba, Cajamarca 2021, ubicada al sur Oeste de la ciudad de Cajamarca, conformada por las Formaciones: Inca, Chulec y Farrat pertenecientes al Mesozoico del cretáceo inferior del Grupo Goyllarisquizga, además de evidenciar estructuras fuertemente disturbadas, fósiles, fallamientos, plegamientos y alto fracturamiento. Se establecieron 30 taludes para el análisis geomecánico-geotécnico, los taludes de roca tuvieron una calificación de 30.47 en RMR siendo de clase V calidad malo y promedio de 49.9 en GSI indicando una condición media, así también se evidencia en 4 estaciones, fallas de tipo cuña y vuelco con un SMR promedio de 44.25; los taludes tipo suelo se identificó dos tipos, el aluvial, formado por areniscas con limos, y el coluvial, formado por gravas, margas y escasas areniscas, estos 30 taludes presentan un alto grado de erosión debido a la acción antrópica y altas precipitaciones de la zona. Se hizo el análisis de estabilidad basados en el factor de seguridad y ayudados del software Slide V6 y Autocad 2019, se determinó que en condiciones estáticas hay 16 taludes tipo roca y los taludes suelos todos inestables, mientras que en condiciones pseudoestáticas con factor sísmico de 0.35, 19 taludes tipo roca y los taludes en suelo son inestables, los controles a realizar es el aplicar el método de terraceo para algunos taludes, corte y relleno de material, construyendo bermas cada una con ángulo de inclinación, ancho y altura diferente, para otros taludes anclajes de diferente longitud y capacidad de carga, en algunas estaciones una mezcla de los dos métodos (terraceo y anclajes), además de aplicar distribución de fuerzas en algunas bermas y realizar captación de niveles de agua e instalación de drenajes para evitar la filtración en el talud, siendo la zona de estudio, área de alta vulnerabilidad para la población.

**Palabras clave:** RMR, GSI, SMR, estabilidad, macizo rocoso.

## **NOTA DE ACCESO**

**No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales.**

## REFERENCIAS

- Álvarez, J. N. (2014). Fallas Presentadas en la Construcción de Carreteras Asfaltadas. *Tesis de Maestría*. Universidad de Piura, Piura.
- Gonzales de Vallejo, L. (2002). *Ingeniería Geológica*. Madrid, España: PEARSON EDUCACIÓN, S.A.
- Montalar, E. (2016). La clasificación geomecánica SMR: aplicación, experiencias y validación. *ResearchGate*, 393-404.
- Neyra, A., Rodríguez, M., Vargas, R., Flores, J., Zambrano, A., & Montero, A. (2015). *Mapa de susceptibilidad física del Perú: Zonas propensas a inundaciones y deslizamientos en la costa y sierra frente a la ocurrencia de eventos hidrometeorológicos extremos*. Lima: Ministerio del Ambiente.
- Núñez, A., & Sanchez, I. (2016). Riesgo a deslizamiento en taludes del sistema vial Lampa-Pariahuanca, Huancayo. *Tesis de pregrado*. Universidad del Centro del Perú, Huancay.
- Ocón, V. (2015). Evaluación geotécnica de inestabilidad de taludes en la carretera Hualgayoc-Apan Alto. *Tesis de pregrado*. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca.
- Padilla, D., Triguero, R., Aguilar, J., & Lopes, R. (2020). *Investigación en salud y desarrollo*. Universidad de Almería. España: Universidad de Almería.
- Ramirez, P., & Alejano, L. (2004). *Mecánica de Rocas: Fundamentos e Ingeniería de Taludes*. Madrid: España.
- Rodríguez, V., & Pérez, C. (2007). Tipos de estudio en el enfoque de investigación cuantitativa. *Redalyc*, 4, 35-38.
- Svetlana, M. (2005). Estabilidad de taludes en macizos rocosos con criterios de rotura no lineales y leyes de fluencia no asociada. *Tesis Doctoral*. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- Zavala, B., & Barrantes, R. (2007). *Zonas críticas por peligros geológicos y geohidrológicos en la región Cajamarca*. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalurgico.