

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



**Análisis comparativo de estabilidad de taludes mediante las ecuaciones de equilibrio límite: método de morgenstern-price, spencer, sarma**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL**

**AUTOR**

**Edgar Alonso Becerra Carrillo**

**ASESOR**

**Merino Roncero Juan**

<https://orcid.org/0000-0002-5753-7664>

**Chiclayo, 2024**

**Análisis comparativo de estabilidad de taludes mediante las  
ecuaciones de equilibrio límite: método de morgenstern-price,  
spencer, sarma**

PRESENTADA POR  
**Edgar Alonso Becerra Carrillo**

A la Facultad de Ingeniería de la  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
para optar el título de

**INGENIERO CIVIL**

APROBADA POR

Ángel Alberto Lorren Palomino  
PRESIDENTE

Segundo Guillermo Carranza Cieza  
SECRETARIO

Juan Merino Roncero  
VOCAL

## **Dedicatoria**

Dedico de manera especial a mis padres Guido y Liliana ellos fueron el principal cimiento para la construcción de mi vida personal, me formaron con reglas, responsabilidades y deseos de superación, me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos.

A mis hermanos Nayeli y Leonel que son personas que me han ofrecido amor y calidez de familia a la cual amo.

## **Agradecimientos**

Agradecer a dios por permitirme tener y disfrutar de mi familia, a mi familia por apoyarme incondicionalmente en la formación como ingeniero. A mis docentes en general, por sus diversas enseñanzas que servirán para el desarrollo continuo de mi carrera profesional y de mi vida diaria, por impulsarme a ir más allá y atreverme a cumplir muchas metas más, y a todos que aportaron con un granito de área en transcurso de las metas por cumplir con idea, ingenio e imaginación

## ANÁLISIS COMPARATIVO DE ESTABILIDAD DE TALUDES MEDIANTE LAS ECUACIONES DE EQUILIBRIO LÍMITE: METODO DE MORGENSTERN-PRICE, SPENCER, SARMA

### INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	2%
2	Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola Trabajo del estudiante	2%
3	<a href="https://core.ac.uk">core.ac.uk</a> Fuente de Internet	2%
4	<a href="https://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="https://tesis.usat.edu.pe">tesis.usat.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="https://repositorio.unh.edu.pe">repositorio.unh.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
7	<a href="https://www.slideshare.net">www.slideshare.net</a> Fuente de Internet	1%
8	<a href="https://repositorio.upn.edu.pe">repositorio.upn.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%

## Índice

<b>Resumen .....</b>	<b>19</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>20</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>21</b>
<b>Revisión de literatura.....</b>	<b>24</b>
<b>Bases teóricas .....</b>	<b>26</b>
<b>Materiales y Métodos .....</b>	<b>45</b>
<b>Resultados y Discusión.....</b>	<b>102</b>
<b>Discusiones .....</b>	<b>166</b>
<b>Conclusiones .....</b>	<b>167</b>
<b>Recomendaciones .....</b>	<b>169</b>
<b>Referencias.....</b>	<b>170</b>
<b>Anexos: .....</b>	<b>172</b>

## Lista de tablas

<b>Tabla 1.</b> Características de métodos de Análisis de Estabilidad de Taludes -----	29
<b>Tabla 2.</b> Valores de Cohesión y ángulo de fricción interna por tipo de roca. -----	32
<b>Tabla 3.</b> Clasificación con base a la resistencia de la roca -----	33
<b>Tabla 4.</b> Estimación de las resistencias medias de ciertas rocas según Bieniawski,197. -----	34
<b>Tabla 5.</b> Descripción del espaciado -----	38
<b>Tabla 6.</b> Descripción de la continuidad -----	38
<b>Tabla 7.</b> Descripción de la Abertura -----	39
<b>Tabla 8.</b> Descripción del relleno-----	40
<b>Tabla 9.</b> Clasificación con base a la resistencia de la roca. -----	40
<b>Tabla 10.</b> Parámetros de la clasificación RMR(Bienaiwsky). -----	41
<b>Tabla 11.</b> Categorías de la clasificación RMR (Bienaiwsky). -----	42
<b>Tabla 12.</b> Coordenadas UTM – GWS 84 de las Zonas estudiadas.-----	47
<b>Tabla 13.</b> Total, de muestras en el talud.-----	51
<b>Tabla 14.</b> Total, de Ensayos -----	52
<b>Tabla 15.</b> Operacionalización de variables-----	53
<b>Tabla 16.</b> Leyenda del estudio geológico-----	69
<b>Tabla 17.</b> Propiedades de la roca lutita-----	70
<b>Tabla 18.</b> valoración de la calidad del macizo rocoso-----	78
<b>Tabla 19.</b> Índice manual de resistencia de la roca (ISRM, 1978) -----	78
<b>Tabla 20.</b> Clasificación de RQD-----	80
<b>Tabla 21.</b> Parámetros de espaciamientos de discontinuidades-----	81
<b>Tabla 22.</b> Parámetro de Longitud de Discontinuidad -----	82
<b>Tabla 23.</b> Parámetros de Abertura -----	83
<b>Tabla 24.</b> Parámetros de Relleno-----	85
<b>Tabla 25.</b> Evaluación del grado de-----	86
<b>Tabla 26.</b> Clasificación según la alteración del macizo. rocoso-----	87

<b>Tabla 27.</b> Parámetros de flujo de aguas en las juntas-----	88
<b>Tabla 28.</b> Parámetros de familias de discontinuidades.-----	89
<b>Tabla 29.</b> Índice de rugosidad-----	90
<b>Tabla 30.</b> Índices de alteración de la junta -----	90
<b>Tabla 31.</b> Factores de reducción por la presencia de agua -----	91
<b>Tabla 32.</b> Factor de reducción por esfuerzos.-----	91
<b>Tabla 33.</b> Matriz de consistencia-----	98
Tabla 34. Promedio de compresión simple -----	109
<b>Tabla 35.</b> RQD, Zona 1 -----	109
<b>Tabla 36.</b> RQD, Zona 2 -----	110
<b>Tabla 37.</b> RQD, Zona 3 -----	111
<b>Tabla 38.</b> RQD, Zona 4 -----	111
<b>Tabla 39.</b> Clasificación según bieniawski , Zona 1 -----	112
<b>Tabla 40.</b> Clasificación según bieniawski, Zona 2-----	113
<b>Tabla 41.</b> Clasificación según bieniawski, Zona 3 -----	113
<b>Tabla 42.</b> Clasificación según bieniawski, Zona 4-----	114
<b>Tabla 43.</b> Clasificación según bieniawski, Zona 5-----	114
<b>Tabla 44.</b> Q Barton, Zona 1 -----	115
<b>Tabla 45.</b> Q Barton, Zona 2 -----	116
<b>Tabla 46.</b> Q de Barton, Zona 3-----	116
<b>Tabla 47.</b> Q de Barton, Zona 4-----	117
<b>Tabla 48.</b> Q de Barton, Zona 5-----	118
<b>Tabla 49.</b> Cuadro de resultados en zonas y perfiles topográficos-----	119
<b>Tabla 50.</b> Propiedades de rotura a talud de superficie seca -----	119
<b>Tabla 51.</b> Propiedades de rotura a 1m de suelo saturado -----	121
<b>Tabla 52.</b> Propiedades de Rotura Suelo Saturado-----	122
<b>Tabla 53.</b> Propiedades de Rotura del talud a superficie Seca-----	124

<b>Tabla 54.</b> Propiedades de rotura a 1m de suelo saturado -----	125
<b>Tabla 55.</b> Propiedades de rotura a Suelo Saturado-----	127
<b>Tabla 56.</b> Propiedades de rotura a Suelo Seco-----	128
<b>Tabla 57.</b> Propiedades de rotura a 1m de suelo saturado -----	130
<b>Tabla 58.</b> Propiedades de rotura a Suelo Seco-----	133
<b>Tabla 59.</b> Propiedades de rotura a 1m de suelo saturado -----	134
<b>Tabla 60.</b> Propiedades de rotura a Suelo Saturado a 1m-----	136
<b>Tabla 61.</b> Propiedades de rotura a Suelo Seco-----	137
<b>Tabla 62.</b> Propiedades de rotura a 1m de suelo saturado -----	139
<b>Tabla 63.</b> Propiedades de rotura a Suelo Saturado a 1m-----	140
<b>Tabla 64.</b> Propiedades de rotura a Suelo Seco-----	142
<b>Tabla 65.</b> Propiedades de rotura a 1m de suelo saturado -----	143
<b>Tabla 66.</b> Propiedades de rotura a Suelo Saturado a 1m-----	145
<b>Tabla 67.</b> Resultados de Factor de Seguridad Slide -----	147
<b>Tabla 68.</b> Factor de seguridad vs capa superficie de 1m de suelo saturado-----	148
<b>Tabla 69.</b> Factor de seguridad vs Talud superficie seco -----	149
<b>Tabla 70.</b> Factor de seguridad vs Nivel freático debido 1m del terreno natural-----	150
<b>Tabla 71.</b> Parámetros de Micropilote Perfil C -----	152
<b>Tabla 72.</b> Parámetros de micropilotes del Perfil E-----	154
<b>Tabla 73.</b> parámetros finales de micropilotes perfil E-----	154
<b>Tabla 74.</b> Parámetros de diseño del muro de contención. -----	161
<b>Tabla 75.</b> RMR 1-001 -----	192
<b>Tabla 76.</b> RMR 1-002 -----	192
<b>Tabla 77.</b> RMR 1-003 -----	193
<b>Tabla 78.</b> RMR 1-004 -----	193
<b>Tabla 79.</b> RMR 1-005 -----	194
<b>Tabla 80.</b> RMR 1-006 -----	194

<b>Tabla 81.</b> RMR 1-007 -----	195
<b>Tabla 82.</b> RMR 1-008 -----	195
<b>Tabla 83.</b> RMR 1-009 -----	196
<b>Tabla 84.</b> RMR 1-010 -----	196
<b>Tabla 85.</b> RMR 1-011 -----	196
<b>Tabla 86.</b> RMR 1-012 -----	197
<b>Tabla 87.</b> RMR 1-013 -----	197
<b>Tabla 88.</b> RMR 1-014 -----	197
<b>Tabla 89.</b> RMR 1-015 -----	198
<b>Tabla 90.</b> RMR 1-016 -----	198
<b>Tabla 91.</b> RMR 1-017 -----	198
<b>Tabla 92.</b> RMR 2-001 -----	199
<b>Tabla 93.</b> RMR 2-002 -----	199
<b>Tabla 94.</b> RMR 2-003 -----	200
<b>Tabla 95.</b> RMR 2-004 -----	200
<b>Tabla 96.</b> RMR 2-005 -----	201
<b>Tabla 97.</b> RMR 2-006 -----	201
<b>Tabla 98.</b> RMR 2-007 -----	202
<b>Tabla 99.</b> RMR 2-008 -----	202
<b>Tabla 100.</b> RMR 3-001-----	203
<b>Tabla 101.</b> RMR 3-002-----	203
<b>Tabla 102.</b> RMR 3-003-----	204
<b>Tabla 103.</b> RMR 3-004-----	204
<b>Tabla 104.</b> RMR 3-005-----	205
<b>Tabla 105.</b> RMR 3-006-----	205
<b>Tabla 106.</b> RMR 3-007-----	206
<b>Tabla 107.</b> RMR 3-008-----	206

<b>Tabla 108.</b> RMR 30-009	207
<b>Tabla 109.</b> RMR 3-010	207
<b>Tabla 110.</b> RMR 4-001	208
<b>Tabla 111.</b> RMR 4-002	208
<b>Tabla 112.</b> RMR 4-004	209
<b>Tabla 113.</b> RMR 4-004	209
<b>Tabla 114.</b> RMR 4-005	209
<b>Tabla 115.</b> RMR 4-006	210
<b>Tabla 116.</b> RMR 4-007	210
<b>Tabla 117.</b> RMR 4-008	211
<b>Tabla 118.</b> RMR 4-009	211
<b>Tabla 119.</b> RMR 4-010	212
<b>Tabla 120.</b> RMR 4-011	212
<b>Tabla 121.</b> RMR 4-012	213
<b>Tabla 122.</b> RMR 4-013	213
<b>Tabla 123.</b> RMR 4-014	214
<b>Tabla 124.</b> RMR 5-001	214
<b>Tabla 125.</b> RMR 5-002	215
<b>Tabla 126.</b> RMR 5-003	215
<b>Tabla 127.</b> RMR 5-004	216
<b>Tabla 128.</b> RMR 5-005	216
<b>Tabla 129.</b> RMR 5-006	217
<b>Tabla 130.</b> RMR 5-007	217

## Lista de Ilustraciones

<b>Ilustración 1.</b> Daños a estructuras públicas debido al desprendimientos del talud del cerro Chalpón .....	22
<b>Ilustración 2.</b> Vista general del deslizamiento en el cerro Chalpón.....	22
<b>Ilustración 3.</b> Vista general del deslizamiento en el cerro Chalpón.....	23
<b>Ilustración 4.</b> Geometría de un talud en una excavación minera .....	26
<b>Ilustración 5.</b> Clasificación de métodos de equilibrio límite .....	28
<b>Ilustración 6.</b> Deslizamiento en Dovelas .....	29
<b>Ilustración 7.</b> Representación de un plano en tres dimensiones. ....	31
<b>Ilustración 8.</b> Detalle de la celda para el ensayo Triaxial .....	33
<b>Ilustración 9.</b> Esquema que muestra gráficamente los parámetros para describir las discontinuidades en su relación con el macizo rocoso. ....	36
<b>Ilustración 10.</b> Parámetros de discontinuidades.....	37
<b>Ilustración 11.</b> Perfiles de Rugosidad .....	39
<b>Ilustración 12.</b> Proyección estereográfica de la esfera y falsilla de Wulff .....	42
<b>Ilustración 13.</b> a) Diagrama de círculos máximos (beta) y b) diagrama de polos (pi).....	43
<b>Ilustración 14.</b> Diagrama de densidad de polos: a) en proyección equiareal y en b) en proyección estereográfica (equiangular) .....	44
<b>Ilustración 15.</b> Tipos de roturas en macizos rocosos y su representación estereográfica. ....	44
<b>Ilustración 16.</b> Valores Mínimos Recomendados de Factor de seguridad.....	45
<b>Ilustración 17.</b> Cerro Chalpón, estudio del talud .....	46
<b>Ilustración 18.</b> Coordenadas UTM y Área aproximada del talud .....	46
<b>Ilustración 19.</b> Talud cerro Chalpón .....	47
<b>Ilustración 20.</b> Zona 1 .....	48
<b>Ilustración 21.</b> Zona 2 .....	48
<b>Ilustración 22.</b> Zona 3 .....	49
<b>Ilustración 23.</b> Zona 4 .....	50

<b>Ilustración 24.</b> Zona 5 .....	51
<b>Ilustración 25.</b> Software Slide.....	52
<b>Ilustración 26.</b> Esquema de localización del área de estudio.....	56
<b>Ilustración 27.</b> El tiempo por mes en Motupe, clima e hidrología.....	57
<b>Ilustración 28.</b> Perfil Longitudinal A-A.....	58
<b>Ilustración 29.</b> Perfil Longitudinal B-B .....	58
<b>Ilustración 30.</b> Perfil Longitudinal C-C .....	59
<b>Ilustración 31.</b> Perfil Longitudinal D-D.....	59
<b>Ilustración 32.</b> Perfil Longitudinal E-E .....	60
<b>Ilustración 33.</b> Perfil Longitudinal F-F .....	60
<b>Ilustración 34.</b> Proceso del muestreo .....	61
<b>Ilustración 35.</b> Peso de la muestra .....	62
<b>Ilustración 36.</b> Colocación al horno.....	62
<b>Ilustración 37.</b> Peso de la muestra seca.....	63
<b>Ilustración 38.</b> Peso de la muestra .....	64
<b>Ilustración 39.</b> Muestra sumergida .....	64
<b>Ilustración 40.</b> Peso de muestra seca .....	65
<b>Ilustración 41.</b> Extracción de diamantina .....	67
<b>Ilustración 42.</b> Ensayo triaxial de las muestras.....	68
<b>Ilustración 43.</b> Mapa geológico de estudio del talud, cuadrante 13d.....	68
<b>Ilustración 44.</b> Perfil y sección geológica del cuadrángulo de Jayanca (13d) .....	69
<b>Ilustración 45.</b> Capas del Grupo Salas, expuestas en la localidad Zapotal (Motupe).....	70
<b>Ilustración 46.</b> Subzona 1-001 .....	71
<b>Ilustración 47.</b> Subzona 1-001, dirección(a) y buzamiento (b) de la discontinuidad .....	72
<b>Ilustración 48.</b> Subzona 2- 001 .....	73
<b>Ilustración 49.</b> Subzona 2-001, dirección(a) y buzamiento (b) de la discontinuidad .....	73
<b>Ilustración 50.</b> SubZona 3-001 .....	74

<b>Ilustración 51.</b> SubZona 3-001, dirección(a) y buzamiento (b) de la discontinuidad.....	74
<b>Ilustración 52.</b> SubZona 4-001 .....	75
<b>Ilustración 53.</b> SubZona 4-001, dirección(a) y buzamiento (b) de la discontinuidad.....	75
<b>Ilustración 54.</b> SubZona 5-001 .....	76
<b>Ilustración 55.</b> SubZona 5-001, dirección(a) y buzamiento (b) de la discontinuidad.....	77
<b>Ilustración 56.</b> Número de familias de discontinuidades subZona 3-010.....	79
<b>Ilustración 57.</b> Zona 3 .....	79
<b>Ilustración 58.</b> Representación del número de familias mediante bloques diagramas .....	79
<b>Ilustración 59.</b> Espaciamiento de discontinuidad, SubZona 1-009(a),5-001(b).. .....	80
<b>Ilustración 60.</b> Longitud de discontinuidad, SubZona 1-0010(a),5-0018(b) .....	81
<b>Ilustración 61.</b> Abertura de Discontinuidades, SubZona 1-001 .....	82
<b>Ilustración 62.</b> Rugosidad de la E-4(a), E-5(b).....	83
<b>Ilustración 63.</b> Parámetros de rugosidad (JRC).....	84
<b>Ilustración 64.</b> a) relleno blando espesores mínimos, b) relleno duro espesores máximos ....	84
<b>Ilustración 65.</b> Meteorización del macizo rocoso de grado III, SubZona 3-001 .....	86
<b>Ilustración 66.</b> Meteorización del macizo rocoso grado III, Zona 4.....	86
<b>Ilustración 67.</b> Circulación de flujo de agua por la presencia de vegetación:(a) Zona 3, (b) Zona 4.....	87
<b>Ilustración 68.</b> Parámetros de la calidad de la roca.....	88
<b>Ilustración 69.</b> Pantalla del programa Slide, definición de layers para superficie de rotura ...	94
<b>Ilustración 70.</b> Pantalla del programa Slide, definición de materiales.....	94
<b>Ilustración 71.</b> Pantalla del programa Slide, definición de materiales en superficie de rotura	95
<b>Ilustración 72.</b> Pantalla del programa Slide, estadística para el retro análisis .....	95
<b>Ilustración 73.</b> Pantalla del programa Slide, ploteo de gráfica de phi vs factor de seguridad.	96
<b>Ilustración 74.</b> Pantalla del programa Slide, resultado del factor de seguridad después del retro análisis .....	96
<b>Ilustración 75.</b> Diagrama de distribución de Polos .....	106
<b>Ilustración 76.</b> Diagrama de contornos o frecuencias.....	107

<b>Ilustración 77.</b> Diagrama de falla en cuña .....	108
<b>Ilustración 78.</b> Diagrama de falla por vuelco directo (DIRECT TOPPLING) .....	108
<b>Ilustración 79.</b> Factor de Seguridad. ....	120
<b>Ilustración 80.</b> Retro análisis de gráfica de phi vs factor de seguridad “A” Superficie seco	120
<b>Ilustración 81.</b> Resultado Factor de Seguridad Capa Superficial a 1m .....	121
<b>Ilustración 82.</b> Retro análisis de gráfica de phi vs factor de seguridad-Perfil "A" Capa Superficial 1m .....	122
<b>Ilustración 83.</b> Factor de Seguridad Debajo 1m Terreno Natural.....	123
<b>Ilustración 84.</b> Retro análisis de gráfica de phi vs factor de seguridad "A" Debajo 1m terreno natural.....	123
<b>Ilustración 85.</b> Factor de Seguridad .....	124
<b>Ilustración 86.</b> Retro análisis de gráfica de phi vs factor de seguridad “B” Superficie seco.	125
<b>Ilustración 87.</b> Factor de Seguridad .....	126
<b>Ilustración 88.</b> Retro análisis de gráfica de phi vs factor de seguridad-perfil “C”capa superficial 1m.....	126
<b>Ilustración 89.</b> Factor de Seguridad .....	127
<b>Ilustración 90.</b> Retro análisis de gráfica de phi vs factor de seguridad nivel freático debajo 1m terreno natural.....	128
<b>Ilustración 91.</b> Factor de Seguridad perfil “C” .....	129
<b>Ilustración 92.</b> Retro análisis de gráfica de phi vs factor de seguridad -Perfil“C” Superficie seco.....	129
<b>Ilustración 93.</b> Factor de Seguridad perfil “C” .....	130
<b>Ilustración 94.</b> Retro análisis de gráfica de phi vs factor de seguridad- perfil “C” capa superficial 1m.....	131
<b>Ilustración 95.</b> Factor de Seguridad “C” .....	132
<b>Ilustración 96.</b> Factor de Seguridad perfil “D” .....	133
<b>Ilustración 97.</b> Retro análisis de gráfica de phi vs factor de seguridad-Perfil “D” Superficie seco.....	134
<b>Ilustración 98.</b> Factor de Seguridad perfil “D” .....	135
<b>Ilustración 99.</b> Retro análisis de gráfica de phi vs factor de seguridad -perfil “D” capa superficial 1m.....	135

<b>Ilustración 100.</b> Factor de Seguridad perfil “D” .....	136
<b>Ilustración 101.</b> Retro análisis de gráfica de phi vs factor de seguridad nivel freático debajo 1m terreno natural- perfil D.....	137
<b>Ilustración 102.</b> Factor de Seguridad perfil “E” .....	138
<b>Ilustración 103.</b> Retro análisis de gráfica de phi vs factor de seguridad-Perfil “E” Superficie seco.....	138
<b>Ilustración 104.</b> Factor de Seguridad perfil “E” .....	139
<b>Ilustración 105.</b> Retro análisis de gráfica de phi vs factor seguridad- perfil “E “capa superficial 1m.....	140
<b>Ilustración 106.</b> Fator de Seguridad perfil “E” .....	141
<b>Ilustración 107.</b> Retro análisis de gráfica de phi vs factor de seguridad nivel freático debajo 1m terreno natural- perfil “E” .....	141
<b>Ilustración 108.</b> Factor de Seguridad perfil “F” .....	142
<b>Ilustración 109.</b> Retro análisis de gráfica de phi vs factor de seguridad-Perfil “F” Superficie seco.....	143
<b>Ilustración 110.</b> Factor de Seguridad perfil “F”.....	144
<b>Ilustración 111.</b> Retro análisis de gráfica de phi vs factor seguridad- perfil “E “capa superficial 1m.....	144
<b>Ilustración 112.</b> Factor de Seguridad perfil “F” .....	145
<b>Ilustración 113.</b> Retro análisis de gráfica de phi vs factor de seguridad nivel freático debajo 1m terreno natural- perfil “F”.....	146
<b>Ilustración 114.</b> Factor de seguridad - capa superficial de 1m suelo saturado .....	148
<b>Ilustración 115.</b> Factor de Seguridad -Talud de superficie seca .....	149
<b>Ilustración 116.</b> Factor de seguridad - Nivel freático debajo 1m del terreno natural .....	150
<b>Ilustración 117.</b> Diseño de Micropilote Slide Perfil “C” .....	153
<b>Ilustración 118.</b> Diseño de micropilotes del perfil "E" .....	155
<b>Ilustración 119.</b> Muro de contención en el perfil "D".....	156
<b>Ilustración 120.</b> Solución con material de afirmado.....	157
<b>Ilustración 121.</b> Detalles del área de relleno con afirmado.....	158
<b>Ilustración 122.</b> Detalle de perfil “B” longitudinal con relleno de afirmado.....	158

<b>Ilustración 123.</b> Detalles de micropilote del perfil "C" .....	159
<b>Ilustración 124.</b> Detalle del muro de contención en el talud. ....	160
<b>Ilustración 125.</b> Detalle de acero de muro de contención.....	161
<b>Ilustración 126.</b> Detalles de los micropilotes del perfil "E" .....	162
<b>Ilustración 127.</b> Perfil longitudinal del "E" con micropilotes. ....	163
<b>Ilustración 128.</b> Estructura del cerro Chalpón antes de los desprendimientos.....	172
<b>Ilustración 129.</b> Daños a estructuras publicas debido al desprendimiento del talud del cerro Chalpón. ....	172
<b>Ilustración 130.</b> Topografía del Talud , Cerro Chalpón.....	173
<b>Ilustración 131.</b> ZONA 1-001.....	177
<b>Ilustración 132.</b> ZONA 1-002.....	177
<b>Ilustración 133.</b> ZONA 1-004.....	177
<b>Ilustración 134.</b> ZONA 1-003.....	177
<b>Ilustración 135.</b> ZONA 1-006.....	178
<b>Ilustración 136.</b> ZONA 1-005.....	178
<b>Ilustración 137.</b> ZONA 1-008.....	178
<b>Ilustración 138.</b> ZONA 1-007.....	178
<b>Ilustración 139.</b> ZONA 1-010.....	179
<b>Ilustración 140.</b> ESATCIÓN 1-009 .....	179
<b>Ilustración 141.</b> ZONA 1-012.....	179
<b>Ilustración 142.</b> ZONA 1-011 .....	179
<b>Ilustración 143.</b> ZONA 1-013 .....	180
<b>Ilustración 144.</b> ZONA 1-014.....	180
<b>Ilustración 145.</b> ESATCIÓN 1-015 .....	180
<b>Ilustración 146.</b> ZONA 1-016,1-017 .....	180
<b>Ilustración 147.</b> ZONA 2-001 .....	181
<b>Ilustración 148.</b> ZONA 2-002.....	181
<b>Ilustración 149.</b> ZONA 2-003 .....	181

<b>Ilustración 150.</b> ZONA 2-004 .....	181
<b>Ilustración 151.</b> ZONA 2-007 .....	182
<b>Ilustración 152.</b> ZONA 2-008 .....	182
<b>Ilustración 153.</b> ZONA 3-001 .....	183
<b>Ilustración 154.</b> ZONA 3-002 .....	183
<b>Ilustración 155.</b> ZONA 3-003 .....	183
<b>Ilustración 156.</b> ZONA 3-004 .....	183
<b>Ilustración 157.</b> ZONA 3-005 .....	184
<b>Ilustración 158.</b> ZONA 3-006 .....	184
<b>Ilustración 159.</b> ZONA 3-007 .....	184
<b>Ilustración 160.</b> ZONA 3-008 .....	184
<b>Ilustración 161.</b> ZONA 3-010 .....	185
<b>Ilustración 162.</b> ZONA 3-009 .....	185
<b>Ilustración 163.</b> ZONA 4-001 .....	186
<b>Ilustración 164.</b> ZONA 4-002 .....	186
<b>Ilustración 165.</b> ZONA 1-004 .....	186
<b>Ilustración 166.</b> ZONA 1-003 .....	186
<b>Ilustración 167.</b> ZONA 1-006 .....	187
<b>Ilustración 168.</b> ZONA 1-005 .....	187
<b>Ilustración 169.</b> ZONA 1-008 .....	187
<b>Ilustración 170.</b> ZONA 1-007 .....	187
<b>Ilustración 171.</b> ZONA 4-010 .....	188
<b>Ilustración 172.</b> ZONA 4-009 .....	188
<b>Ilustración 173.</b> ZONA 4-011 .....	188
<b>Ilustración 174.</b> ESATCIÓN 4-012 .....	188
<b>Ilustración 175.</b> ZONA 5-002 .....	190
<b>Ilustración 176.</b> ZONA 5-001 .....	190

<b>Ilustración 177.</b> ESATCIÓN 5-004 .....	190
<b>Ilustración 178.</b> ZONA 5-003.....	190
<b>Ilustración 179.</b> ZONA 5-005.....	191
<b>Ilustración 180.</b> ZONA 5-006.....	191
<b>Ilustración 181.</b> ZONA 5-007.....	191

## Resumen

Esta investigación tiene por finalidad Comparar las ecuaciones de equilibrio limite Morgenstern-Price, Spencer, Sarma aplicado a la estabilidad del talud del cerro Chalpón, distrito de Motupe y buscar una solución de estabilización del talud, el factor de seguridad del talud se obtendrá mediante el modelado en el software Slide, los datos que el software necesita son el perfil topográfico del talud, la cohesión, ángulo de fricción y peso específico de los materiales que lo conforman, para encontrar estos datos se debe hacer algunos ensayos de laboratorio cómo el ensayo de corte, el ensayo de peso específico y el ensayo de compresión de la roca.

Se clasifico el macizo rocoso mediante índices de Bieniawski (R.M.R) con índices desde 47% hasta 63% mientras índice de calidad “Q” (Q de Barton) oscilo entre 0.325 a 2.375.

Se elaboró 6 perfiles y cada perfil con 3 escenarios, de los cuales 4 perfiles tuvieron un factor de seguridad menor a 1.3, y se optó por las soluciones de estabilidad para el perfil “B” usar material de relleno (afirmado), para el perfil “C” se consideró 7 micropilotes de 5 m con diámetro de 13 cm distribuidos cada 1.5 m transversal y en el eje longitudinal estás distribuido cada 1 m, para perfil de “D” también necesita un muro de contención, y se debe rellenar como se muestra en el detalle con afirmado de las mismas características que el perfil C, para el perfil E se necesita 9 micropilotes de 13 cm de diámetro y 4 m de longitud y en el eje longitudinal estás distribuido cada 1 m, todos los micro pilotes serán clavados perpendicular al terreno.

La solución beneficiará a que no haya deslizamientos de rocas ni de terrenos, lo que hará mantener su forma del cerro, evitando así el movimiento de tierra o escombros debido a deslizamientos.

**Palabras clave:** Ecuaciones de equilibrio límite, Morgenstern-Price, Spencer, Sarma, pendientes, Factor de seguridad.

### Abstract

The purpose of this research is to compare the equations of limit equilibrium Morgenstern-Price, Spencer, Sarma applied to the stability of the slope of Chalpon hill, district of Motupe and to look for a solution of slope stabilization, the safety factor of the slope will be obtained by modeling in the Slide software, The data that the software needs are the topographic profile of the slope, the cohesion, friction angle and specific weight of the materials that conform it, to find these data some laboratory tests must be done how the shear test, the specific weight test and the rock compression test.

The rock massif was classified by means of Bieniawski indexes (R.M.R) with indexes from 47% to 63% while quality index "Q" (Barton's Q) ranged between 0.325 to 2.375.

Six profiles were elaborated and each profile with three scenarios, of which four profiles had a safety factor lower than 1.3, and stability solutions were chosen for profile "B" using backfill material, for profile "C" 7 micropiles of 5 m with a diameter of 13 cm were considered, distributed every 1.5 m transversely and in the axis of the profile "C". 5 m transverse and in the longitudinal axis you are distributed every 1 m, for profile "D" also needs a retaining wall, and should be filled as shown in the detail with affirmed of the same characteristics as profile C, for profile E is needed 9 micropiles of 13 cm in diameter and 4 m in length and in the longitudinal axis you are distributed every 1 m, all micro piles will be nailed perpendicular to the ground.

The solution will benefit that there will be no sliding of rocks or land, which will maintain the shape of the hill, thus avoiding the movement of earth or debris due to landslides.

**Keywords:** Limit equilibrium equations, Morgenstern-Price, Spencer, Sarma, slopes

## Introducción

Actualmente el cerro Chalpón presenta desprendimientos del talud ocasionando daño a las viviendas contiguas, además el cerro presenta un talud empinado, las situaciones meteorológicas como viento y lluvia ha generado erosión y abrasión al cerro lo que ocasiona estos desprendimientos y poco a poco generan la inestabilidad del talud.

Debido a toda la situación actual se elaboró la siguiente pregunta ¿Cuál método tiene mayor factor de seguridad que asegure la estabilidad del talud del cerro Chalpón cuando este análisis se realiza mediante las ecuaciones de equilibrio límite Morgenstern-Price, Spencer y Sarma?, para poder responder esta pregunta me haré un análisis del talud mediante el software Slide para verificar el grado de inestabilidad, actualmente el talud no se encuentra en movimiento pero eso no indica que sea un talud estable, se considera un talud estable cuando los factores de seguridad son mayores a 1.3, por lo tanto el objetivo principal será encontrar el factor de seguridad actual del talud mediante las ecuaciones de equilibrio límite Morgenstern-Price, Spencer, Sarma.

El factor de seguridad del talud se obtendrá mediante el modelado en el software Slide, los datos que el software necesita son el perfil topográfico del talud, la cohesión, ángulo de fricción y peso específico de los materiales que lo conforman. Para encontrar estos datos se debe hacer algunos ensayos de laboratorio como el ensayo de corte, el ensayo de peso específico y el ensayo de compresión de la roca mediante el esclerómetro.

El talud está compuesto por una roca o macizo rocoso y con materiales térreos, por ende, se recolectará datos de campo para analizar la calidad de la roca, estos serán procesados por el método de Bianowski y Q de Batrón.

Si el talud fuese estable con las 3 ecuaciones, teniendo en cuenta que durante el tiempo progresivamente el talud es erosionado llegara un punto donde será inestable donde el talud empieza a deslizarse o tener movimiento.

En el último año el cerro Chalpón ha tenido serios problemas con el desprendimiento de rocas y material pétreo lo que ocasiona daños a las viviendas contiguas, a infraestructuras públicas como vías peatonales, además se vio afectado la construcción del mirador que está debajo del cerro, a continuación, se muestra algunas fotos como evidencia de la situación actual.



*Ilustración 1. Daños a estructuras públicas debido al desprendimientos del talud del cerro Chalpón*

Los desprendimientos que se pueden apreciar son muy grandes de dimensiones que superan dos m<sup>3</sup>, esto es un peligro para población y para los niños que se encuentra estudiando dentro del colegio. Las situaciones meteorológicas como viento y lluvia han generado erosión y abrasión al cerro lo que ocasiona estos desprendimientos y poco a poco generan la inestabilidad del talud.



*Ilustración 2. Vista general del deslizamiento en el cerro Chalpón*



*Ilustración 3. Vista general del deslizamiento en el cerro Chalpón*

### **Justificación de la Investigación**

En el aspecto social, contribuirá para el estudio del proyecto del camino vecinal que se quiere ejecutar dentro del cerro el Chalpón.

En el aspecto económico, si los proyectos se llegan a ejecutar, aportará en mayor tránsito en el camino vecinal lo que ayuda a la compra y venta de productos, minorando su precio en el flete, además si se llega a ejecutar un proyecto de estabilidad del talud no habrá gastos en eliminación del terreno debido a deslizamientos.

En el aspecto ambiental, contribuye para proyectos de estabilización del talud, no habrá deslizamientos de rocas ni de terrenos, lo que hará mantener su forma del cerro, evitando así el movimiento de tierra o escombros debido a deslizamientos.

## **Objetivos**

### ***Objetivo general***

Comparar las ecuaciones de equilibrio limite Morgenstern-Price, Spencer, Sarma aplicado a la estabilidad del talud del cerro Chalpón, distrito de Motupe.

### ***Objetivos específicos***

- Clasificar el macizo rocoso mediante los índices de Bieniawski (R.M.R) y QBartón (índice de calidad “Q”).
- Medir la orientación del talud y las diaclasas mediante proyecciones estereográficas.
- Evaluar los factores de seguridad de la estabilidad del talud mediante la ecuación de equilibrio limite Morgenstern-Price
- Evaluar los factores de seguridad de la estabilidad del talud mediante la ecuación de equilibrio limite Spencer.
- Evaluar los factores de seguridad de la estabilidad del talud mediante la ecuación de equilibrio limite Sarma.
- Encontrar mediante retro análisis el ángulo residual ‘phi’ de las superficies de rotura, para un factor de seguridad muy próximo a 1.
- Proponer una estabilización del talud para un factor de seguridad mayor a 1.3 por los métodos Morgenstern-Price, Spencer y Sarma.
- Elaborar un análisis económico de las propuestas de solución.
- Elaborar los planos y especificaciones técnicas de la posible solución

### **Revisión de literatura**

Llano-Serna y Farias [1] en su artículo investigaron la posibilidad de usar el método de punto material para desarrollar proyectos geotécnicos cuasi estáticos de pequeñas deformaciones y algunos problemas dinámicos que pueden presentar distorsiones grandes, el método de elementos finitos tiene mucha dificultad en la solución de este tipo de proyectos que tienen grandes deformaciones, siendo el método de punto material un método nuevo concluyen que es conveniente verificar la confiabilidad.

Wang & Lin [2].se hizo un análisis de estabilidad mediante métodos finitos con estadísticas difusas, afirman que la estadística difusa en este tipo de problemas se basa en el método cuasi-estatico, puesto que analizan la estabilidad del talud cuando ocurre un sismo, analizaron diferentes fases del material desde la zona plástica pasando por la zona elasto-plastica y la zona elástica.

Aguilar & Zuñiga [3] investigaron el análisis comparativo de los métodos de equilibrio límite para laderas, afirman que el mayor factor de seguridad calculado fue por los métodos de las ecuaciones de Spencer, Morgenstern-Price y Bishop modificado, además los valores son parecidos entre sí, por otro lado, el menor factor de seguridad estuvo dado por los métodos de Janbu y Ordinario o Fellenius.

Chaparro, Castañeda y Sanchez [4], en Colombia las plantas más comunes son el Eucalipto y el Vetiver a estas se le realizaron análisis de estabilidad en diferentes tipos de suelos, variando el ángulo de inclinación también teniendo en cuenta el nivel freático. El método utilizado fue el equilibrio Límite bajo el criterio de Mohr - Coulomb, finalmente se concluyó que el Eucalipto es un buen estabilizador de taludes menos en pendientes altas, mientras que el vetiver no es efectivo en este caso.

Ucar y Belandria [5], investigaron que la inestabilidad de taludes y laderas por factores externos desencadenan desprendimiento de masa obstaculizando la carretera punto en esta investigación se procura determinar el factor de seguridad en una rotura circular considerándolos métodos de cálculo de variaciones, Bishop y el programa Slider. Se divide en ocho un talud con corte vertical de 13.86 m de altura lo que resulta que el factor de seguridad utilizando Diferentes métodos es lo mismo.

Lizeth Grattz, Diego Salazar y Rodríguez [6], la principal causa de la inestabilidad de taludes es la caída de rocas, ante ello se ha implementado el uso de sistemas de malla metálica con pernos y anclajes. En este trabajo se busca que este tipo de sistema funcione en macizos rocosos. x

[7] [7], en el presente trabajo se estudia la estabilidad de taludes con grava en sus diferentes aceleraciones utilizando el principio del método cuasi - estático y el software COMSOL. Resultando que la borrosidad de los criterios mecánicos y de la pendiente producirá la borrosidad del análisis de tensión desplazamiento y estabilidad.

Matias Juarez [8] , en Guatemala hay muchas erosiones de taludes, para ello se utilizó el sistema Vetiver bajo tres criterios: sistema Vetiver, sistema Vetiver en combinación con geotextil y con geomanta, dónde se dio como resultado que el talud es estable por lo que sus factores de seguridad fueron altos y también se pudo concluir que a menor coeficiente de permeabilidad del suelo es mejor la estabilidad.

Rosabal Domínguez, Oliva Álvarez y Candebat Sánchez [9], en este artículo se tiene por objetivo encontrar el factor de seguridad de un talud ubicado en el este de Cuba, para precisar su estabilidad se ha tomado en cuenta los métodos de talud infinito con y



### ***Material del talud***

El material que compone el talud son básicamente 3 o sus combinaciones, los macizos rocosos, material de relleno y suelo. El macizo rocoso siempre presentará roturas o discontinuidades antes del deslizamiento, los suelos son partículas granulares sólidas y los materiales de relleno son cúmulos de material de obras o actividades [12].

Según el manual de taludes de España los medios son:

#### ***Medio rocoso***

Es muy variable debido al origen además se considera un medio anisotrópico, según su origen puede ser: rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias, al mismo tiempo estas se dividen en subgrupos, otra característica principal para la estabilidad son las discontinuidades. en las discontinuidades del macizo rocoso se analiza el tipo y origen, distribución espacial, tamaño y continuidad, espaciado, rugosidad, presencia entre otros.

#### **Suelo**

La diferencia entre el suelo y el macizo rocoso es que éste está compuesto por partículas sólidas, sueltas, algo consolidadas, cementadas minerales encontrados en la naturaleza, contienen presión servicial debido a los poros. Los suelos tienen dos clasificaciones y los suelos transportados que son coluviones, aluviales y los suelos desarrollados in situ llamados eluviales. El suelo solo es un conjunto de partículas sólidas de diferentes densidades como

#### **Rellenos**

Es material diferente a la naturaleza del ambiente, usualmente son escombros e actividades u obras.

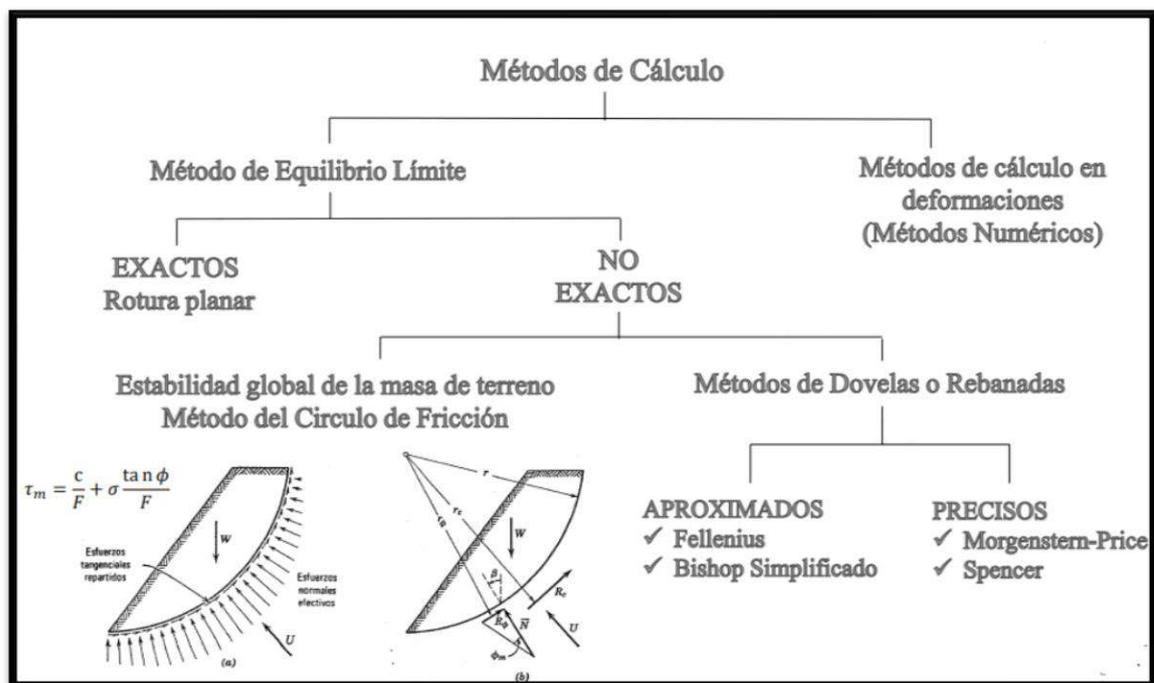
### ***Análisis de estabilidad de talud***

La estabilidad del talud depende de las características del medio, es muy importante la resistencia del material, el área de Falla, el factor de seguridad, la topografía del terreno entre otras. A lo largo de los años se ha ido estudiando el comportamiento de los deslizamientos o colapsos, de estos estudios se propusieron distintos métodos como son los métodos dinámicos, métodos numéricos y el método de equilibrio límite.

### *Análisis de equilibrio límite*

Este método obtiene el factor de seguridad mediante un método regresivo también llamado back análisis, para analizar mediante este método se debe determinar la resistencia cortante del medio, presión de poros, morfológica del talud y alguna otra propiedad geomecánica. Los métodos de análisis por equilibrio límite se basan principalmente en comparar los momentos resistentes o fuerzas actuantes sobre una superficie de falla, las fuerzas resistentes son aquellas fuerzas estabilizadoras y las fuerzas desestabilizadoras son todas aquellas que aportan al deslizamiento por ejemplo el peso del talud.

*Ilustración 5. Clasificación de métodos de equilibrio límite*

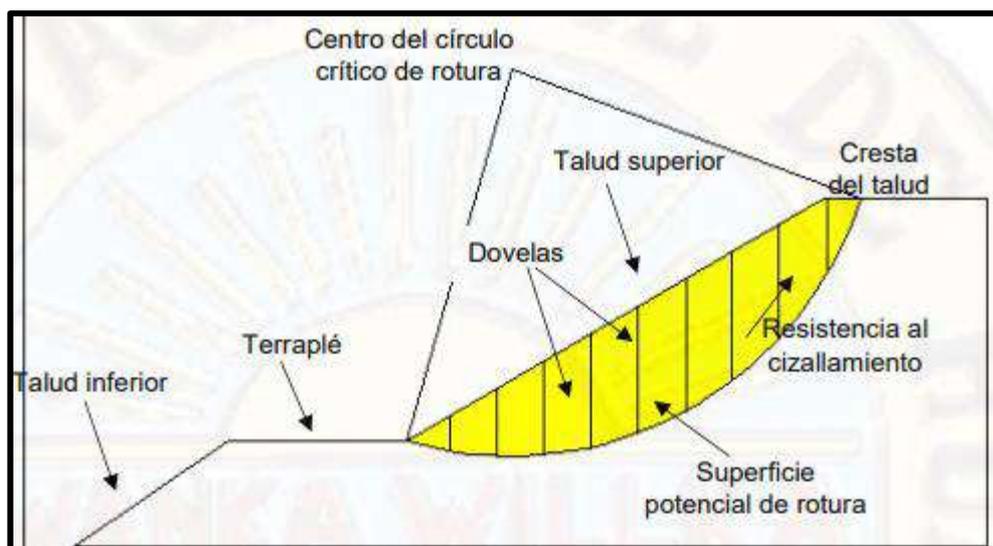


Fuente: Suarez (2009), "Deslizamientos"

**Tabla 1.** Características de métodos de Análisis de Estabilidad de Taludes

METODOS	SUPERFICIES DE FALLAS	EQUILIBRIO	CARACTERÍSTICAS
Morgenstern-Price	Cualquier forma	Momentos y fuerzas	La inclinación de las fuerzas laterales son las mismas para cada tajada, pero son desconocidas.
Spencer	Cualquier forma	Momentos y fuerzas	Las fuerzas entre dovelas, se asume, que varían de acuerdo con una función arbitraria.
Sarma	Cualquier forma	Momentos y fuerzas	Utiliza el método de las dovelas en el cálculo de la magnitud de un coeficiente sísmico requerido para producir la falla

Fuente: Suarez (2009), “Deslizamientos”

**Ilustración 6.** Deslizamiento en Dovelas

Fuente: SACKSCHEWSKI (2017), “Soluciones Para La Estabilidad De Taludes”

### ***Parámetros del equilibrio límite***

Según el autor Jaime Suarez Diaz [13]

#### **Pesos unitarios y presión de poros**

Se debe considerar tanto los pesos unitarios secos, peso unitario por encima de la capa freática, peso unitario saturado por debajo del nivel freático. Las presiones de poro son características de aguas del subsuelo estas presiones pueden analizarse según su origen:

##### *Superficie freática*

Es la línea de agua subterránea o llamada también nivel freático, la presión de poros se calcula según las condiciones del estado de régimen permanente, esta se calcula según el diagrama de las líneas equipotenciales.

##### *Datos piezométricos*

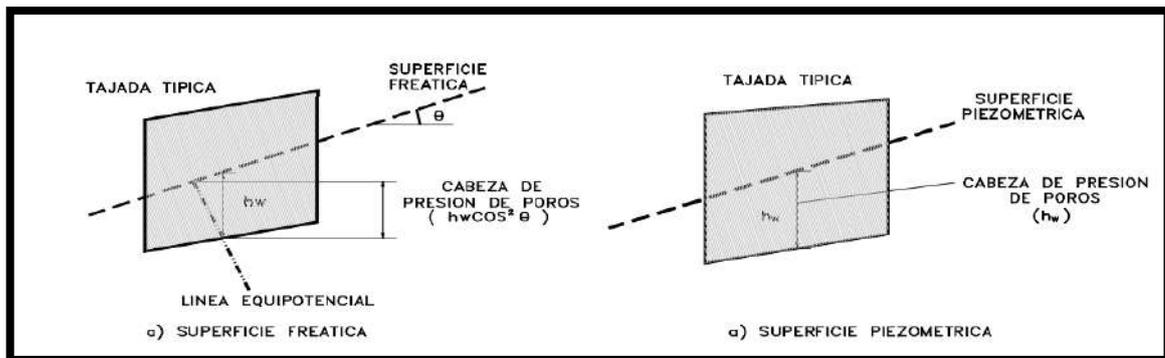
Los datos piezométricos son usualmente determinados mediante piezómetros, soluciones numéricas o redes de flujo, para el cálculo se utiliza diferencias finitas o también llamados elementos finitos, teniendo en cuenta siempre la confiabilidad del software con el que se trabaja.

##### *Relación de presión de poros.*

Es el cociente entre la presión de poros y el esfuerzo total vertical del suelo a una profundidad determinada, muchas veces el talud tiene diferentes presiones de poros dentro del área de influencia Es por ello que se suele dividir o particionar y calcular una relación de presión de poros por cada región.

##### *Superficie piezométrica*

Se debe tomar en cuenta que la superficie piezométrica no es lo mismo que la superficie freática además el cálculo de la presión de poros es distinto para ambas. En la superficie piezométrica la presión de poros es la distancia vertical entre la superficie piezométrica indicada y el punto.



*Fuente:* Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales, Jaime Suarez Diaz [13]

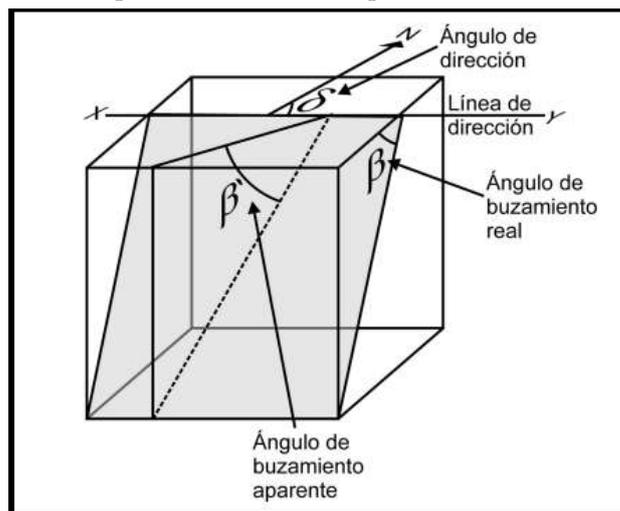
### ***Dirección del plano***

El ángulo de dirección se forma entre la línea horizontal de la discontinuidad y el norte geográfico. La forma de medición es con una brújula.

### ***Buzamiento real del plano***

Es el ángulo formado entre el plano horizontal con respecto a la dirección perpendicular del plano.

***Ilustración 7.*** Representación de un plano en tres dimensiones.



*Fuente:* Reduca (Geología). Serie Geología Estructural. ISSN: 1989-6557

### ***Propiedades de la roca***

#### ***Cohesión***

Es la característica que permite que las partículas del suelo se unan por fuerzas internas, las cuales varían según la cantidad de puntos de contacto que cada partícula tiene con sus vecinas. Como resultado, la cohesión aumenta con la finura de las partículas del suelo. (González de Vallejo, 2002).

### ***Ángulo de fricción interna***

El ángulo cuya tangente es la relación entre la fuerza que resiste el deslizamiento a lo largo de un plano y la fuerza normal aplicada sobre ese plano es lo que define la fricción interna de un suelo. González de Vallejo, (2002).

**Tabla 2.** Valores de Cohesión y ángulo de fricción interna por tipo de roca

roca	cohesión (Mpa)	Angulo de fricción
Andesita	28	45
Arenisca	Ago-35	30-50
Basalto	20-60	48-55
Caliza	May-40	35-50
Caliza margosa	01-Jun	30
Cuarsita	25-70	40-55
Diabasa	90-120	40-50
Diorita	15	50-55
Dolomía	22-60	25-35
Esquisto	20-15	20-30 25-30
Gabro	30	35
Gneiss	15-40	30-40
Granito	15-50	45-58
Grauvaca	06-Oct	45-50
Mármol	15-35	35-45
Lutita	Mar-35	12-25 40-60
Pizarra	10-50 <10	15-30 40-55
Toba	0,7	
Yeso		30

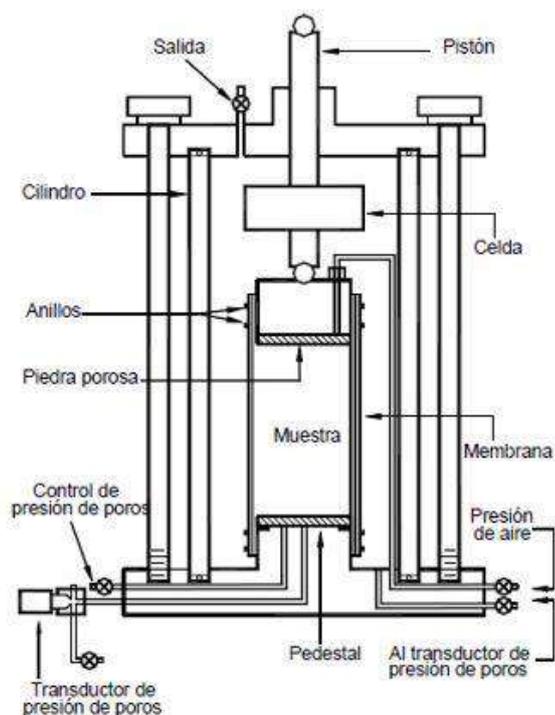
Fuente: Datos seleccionados a partir de Walthan (1999), Rahn (1986), Goodman (1989), Farmer (1968), Jiménez Salas y Justo Alpañés (1975)

### ***Ensayo triaxial***

Mediante este ensayo se determina los parámetros de cohesión y fricción de un suelo en estado: no consolidado, no drenado, consolidado no drenado y consolidado drenado.

El ensayo se realiza colocando una probeta cilíndrica, que tiene una relación de longitud/diámetro de 1 a 2 respectivamente, en una presión hidráulica constante vertical que va aumentando hasta alcanzar la rotura y paralelamente se va midiendo las deformaciones producidas en la probeta, para elaborar una gráfica de tensión Vs deformación.

Este proceso se repite varias veces en probetas con las mismas características con la diferencia de que la presión de confinamiento es diferente.



*Ilustración 8. Detalle de la celda para el ensayo Triaxial*

### ***Ensayo de compresión Uniaxial en roca***

Este ensayo mide la capacidad para soportar una carga vertical hasta el punto antes de presentar deformación o falla- [14]

***Tabla 3. Clasificación con base a la resistencia de la roca***

Resistencia a la compresión simple (Mpa)	Descripción
1 - 5	Muy blanda
5 - 25	Blanda
25 - 50	Moderadamente dura
50 - 100	Dura
100 - 250	Muy dura
> 250	Extremadamente dura

**Tabla 4.** Estimación de las resistencias medias de ciertas rocas según Bieniawski, 197.

Tipo de roca	Resistencia a compresión simple (MPa)		
	Mínima	Máxima	Media
Creta	1	2	1,5
Sal	15	29	22
Carbón	13	41	31
Limolita	25	38	32
Esquisto	31	70	43
Pizarra	33	150	70
Lutita	36	172	95
Arenisca	40	179	95
Marga	52	152	99
Mármol	60	140	112
Caliza	69	180	121
Dolomía	83	165	127
Andesita	127	138	128
Granito	153	233	188
Gneis	159	256	195
Basalto	168	359	252
Cuarcita	200	304	252
Dolerita	227	319	280
Gabro	290	326	298
Taconita	425	475	450
Silíce	587	683	635

Fuente: Ingeniería Geológica, Luis I Gonzales de Vallejo 2004, quién lo tomó de (ISRM, 1981).

### ***Peso específico***

Es la relación entre la densidad del material y la del agua, todos los materiales son porosos por lo tanto permite la entrada de agua en estos poros por ejemplo cuando hay precipitaciones, por lo tanto, se toma en cuenta el agua que contiene las partículas y el agua libre sobre la superficie del material húmedo que no entra en el cálculo del peso específico.

Continuación se muestra la fórmula para encontrar el peso específico:

$$\text{peso específico} = \frac{\text{Peso}}{\text{Volumen} * \text{peso específico del agua}}$$

### ***Grado de absorción***

Valor del porcentaje de humedad del material cuando todos sus poros están llenos de agua, pero su superficie se encuentra seca. Para el estudio de estabilidad de taludes es un factor importante puesto que cuando hay precipitaciones muy grandes los poros llegan a saturarse completamente y esto ocasiona un peso adicional por el agua absorbida por lo tanto en el análisis es muy importante.

A continuación, se muestra la fórmula para encontrar el porcentaje de absorción:

$$\% \text{ de absorción} = \frac{B - A}{A} * 100$$

Donde:

A (gr)=Peso de la muestra seca

B(gr)=Peso de la muestra saturada

### ***Porcentaje de humedad***

El porcentaje de humedad es el peso del agua que contiene el material de forma natural o en su estado natural sobre su peso seco. En el análisis de la estabilidad del talud se usará para aumentar el peso específico, puesto que el peso específico es solo de la muestra seca, pero ningún material es totalmente seco cuando se encuentra en la naturaleza o en un ambiente natural como por qué siempre hay una humedad ambiental.

A continuación, se muestra la fórmula para encontrar el porcentaje de humedad:

$$\% \text{ de humedad} = \frac{B - A}{A} * 100$$

Donde:

A (gr)=Peso de la muestra seca

B(gr)=Peso de la muestra húmeda

### ***Grado de saturación S<sub>s</sub>***

Es la probabilidad de encontrar agua en los poros del material o del suelo, el grado de saturación se encuentra en un rango de 0% a 100%, donde cero es la muestra totalmente seca es 100% es la muestra totalmente saturada.

Se define por la relación del volumen de agua sobre el volumen de vacíos como se muestra a continuación:

$$\% \text{ de humedad} = \frac{V_w}{V_v} * 100$$

Donde:

V<sub>w</sub> (cm<sup>3</sup>) = Volumen de agua

V<sub>v</sub>(cm<sup>3</sup>) = Volumen de vacíos

### ***Índice de poros***

Es el cociente entre el volumen que ocupan los poros y el volumen que ocupan las partículas sólidas.

A continuación, se muestra la fórmula del índice de poros:

$$e = \frac{V_v + V_w}{V_s}$$

Donde:

V<sub>s</sub> (cm<sup>3</sup>) = Volumen del suelo

$V_v(\text{cm}^3)$  = Volumen de vacíos

$V_w(\text{cm}^3)$  = Volumen de agua

### **Porosidad**

Es el porcentaje del volumen del suelo que no está ocupado por los sólidos o sea el espacio ocupado por el aire y el agua respecto al volumen total de la muestra que incluye volumen de agua, volumen de sólido y volumen de aire.

A continuación, se muestra la fórmula para la porosidad.

$$n = \frac{V_v + V_w}{V}$$

Donde:

$V_s(\text{cm}^3)$  = Volumen del suelo

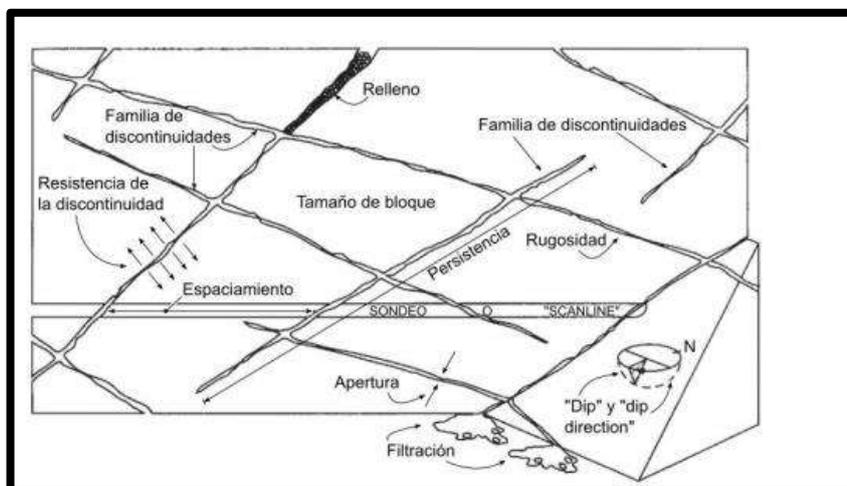
$V_w(\text{cm}^3)$  = Volumen de agua

$V(\text{cm}^3)$  = Volumen total de la muestra (incluye las tres fases)

### **Descripción De Las Discontinuidades**

González, 2004, sostiene que la discontinuidad determina las propiedades, la resistencia, la deformación y el comportamiento hidráulico de una roca maciza. El factor más crucial para evaluar la resistencia de macizos de roca dura fracturados es la resistencia al corte de las discontinuidades; para evaluar esta resistencia, también es necesario determinar las características y propiedades de las discontinuidades.

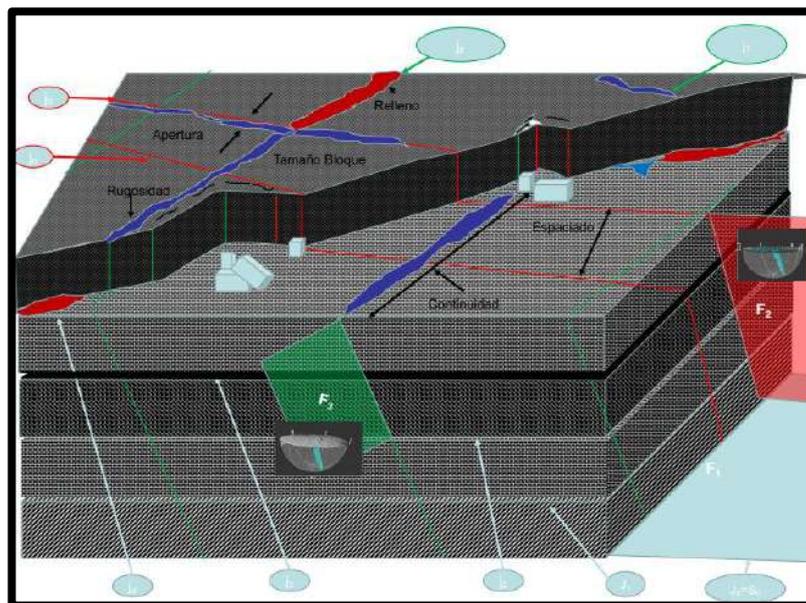
**Ilustración 9.** Esquema que muestra gráficamente los parámetros para describir las discontinuidades en su relación con el macizo rocoso.



Fuente: ENGINEERING ROCK MECHANICS Hudson y Harrison (1997).

Para cada familia de discontinuidad se realiza los siguientes parámetros son realizadas en campo.

*Ilustración 10. Parámetros de discontinuidades.*



Fuente: Dpto. de ciencias de la tierra y física de la materia condensada (CITIMAC)

- Orientación.

La dirección de la caída determina esto. Las mediciones se llevan a cabo mediante el uso de una brújula. La dirección de ocurrencia se mide en el sentido de las agujas del reloj hacia el norte y oscila entre 0 y 360 grados. Un inclinómetro con valores desde cero (capa horizontal) hasta 90 grados (capa vertical) se utilizó para medir la pendiente. La mayoría de las veces, los valores de pendiente y dirección de caída se escriben en este orden, indicando el tipo de discontinuidad al que corresponden.

- Espaciado

La distancia entre dos planos discontinuos de la misma familia, medidas en dirección perpendicular a los planos especificados, se conoce como espaciado.

Este valor es generalmente el promedio o rango modal de los valores medios de discontinuidad de la misma familia.

**Tabla 5.** Descripción del espaciado

Código	Espaciamiento	Descripción
1	< 20 mm	Extremadamente junto
2	20 – 60 mm	Muy junto
3	60 – 200 mm	Junto
4	200 – 600 mm	Moderadamente junto
5	600 – 2000 mm	Separado
6	2000 – 6000 mm	Muy separado
7	> 6000 mm	Extremadamente separado

Fuente: Ingeniería geológica, Luis I González de Vallejo 2004, (ISRM, 1981).

- Longitud de la Continuidad

Una cinta métrica se utiliza para medir la discontinuidad. Se debe medir la longitud a lo largo del rumbo y el buzamiento si el afloramiento permite la observación tridimensional de los planos de la discontinuidad. Las discontinuidades pueden terminar con una pausa adicional, y esto debe especificarse claramente en la descripción. Las familias más continuas son cruciales porque con frecuencia determinan el plano de falla del macizo rocoso.

**Tabla 6.** Descripción de la continuidad

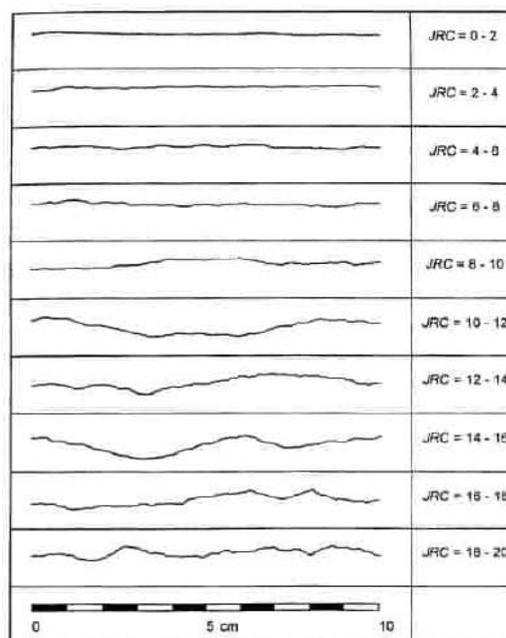
Descripción	Dimensión (m)
Muy baja continuidad	< 1
Baja continuidad	1-3
Continuidad media	3-10
Alta continuidad	10-20
muy alta continuidad	> 20

Fuente: Ingeniería geológica, Luis I González de Vallejo 2004, (ISRM, 1981).

- Rugosidad

La grieta se caracteriza por su rugosidad y ondulación. El objetivo principal de caracterizar y medir la rugosidad es estimar la resistencia al corte de los planos, que se puede estimar para discontinuidades sin cohesión utilizando datos de campo y expresiones de experiencia reales, como el espesor del relleno.

**Ilustración 11. Perfiles de Rugosidad**



Fuente: Fuente: Ingeniería geológica, Luis I González de Vallejo 2004, (ISRM, 1981).

- **Abertura.**

La distancia perpendicular que separa las paredes de la discontinuidad cuando no hay relleno se conoce como abertura.

**Tabla 7. Descripción de la Abertura**

DESCRIPCIÓN	ABERTURA
<b>MUY CERRADA</b>	< 0,1 mm
<b>CERRADA</b>	0,1-0,25 mm
<b>PARCIALMENTE ABIERTA</b>	0,25-0,5mm
<b>ABIERTA</b>	0,5-2,5 mm
<b>MODERADAMENTE ABIERTA</b>	2,5-10mm
<b>ANCHA</b>	>10 mm
<b>MUY ANCHA</b>	1-10 cm
<b>EXTREMADAMENTE ABIERTA</b>	10-100 cm
<b>CAVERNOSA</b>	>100 cm

Fuente: Ingeniería geológica, Luis I González de Vallejo 2004, (ISRM, 1981).

- Relleno.

Componentes que se hallan al interior de las discontinuidades

**Tabla 8. Descripción del relleno**

Código	Descripción
N	Sin relleno
ST	Limo
CL	Arcilla
CA	Calcita
PY	Pirita
SF	Sulfatos
QZ	Cuarzo
FG	Relleno ferruginoso

Fuente: Fuente: Ingeniería geológica, Luis I González de Vallejo 2004, (ISRM, 1981).

- Filtraciones

El flujo que circula a través de las discontinuidades es una fuente común de agua en las rocas.

**Tabla 9. Clasificación con base a la resistencia de la roca.**

Clase	Discontinuidades sin relleno	Discontinuidades con relleno
I	Junta muy plana y cerrada. Aparece seca y no parece posible que circule agua	Relleno muy consolidado y seco. No es posible el flujo de agua
II	Junta seca sin evidencia de flujo de agua.	Relleno húmedo pero sin agua libre.
III	Junta seca pero con evidencia de haber circulado agua.	Relleno mojado con goteo ocasional.
IV	Junta húmeda pero sin agua libre.	Relleno que muestra señales de lavado, flujo de agua continuo (estimar caudal en l/min).
V	Junta con resaca, ocasionalmente goteo pero sin flujo continuo.	Relleno localmente lavado, flujo considerable según canales preferentes (estimar caudal y presión)
VI	Junta con flujo continuo de agua (estimar el caudal en l/min. Y la presión)	Rellenos completamente lavados, presiones de agua elevadas.

Fuente: Fuente: Ingeniería geológica, Luis I González de Vallejo 2004, (ISRM, 1981).

### **Rock Quality Designation (RQD)**

El índice de calidad de la roca se llama así. Comprende el cálculo del RQD en función del número de fisuras por metro cúbico ( $J_v$  = Número Volumétrico Junto), que se encuentran al realizar el levantamiento litológico-estructural en un área o zona específica de la operación minera.  $RQD = 110 - (2.5) J_v$  Dónde:  $J_v$  = número de fisuras por metro cuadrado.

**Rock Mass Rating (RMR):** Clasificación geomecánica de bieniawski

Indica la calidad del macizo rocoso en cada dominio estructural utilizando los parámetros siguientes:

- Resistencia a compresión simple de la roca intacta
- RQD
- Espaciamiento de discontinuidades
- Condición de las discontinuidades
- Condiciones de agua subterránea
- Orientación de discontinuidades

**Tabla 10.** Parámetros de la clasificación RMR(Bienaiwsky).

1	Resist. De la Roca Inalterada	Ensayo de Carga Puntual	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa	<1 Mpa
		Compresión Simple	>250 Mpa	100-250 MPa	50-100 Mpa	25-50 Mpa			
		valor	15	12	7	4	2	1	0
2		RQD	90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	< 25%		
		Valor	20	17	13	8	3		
3		Espaciamiento de las discontinuidades	> 2m	0.6-2 m	0.2 - 0.6 m	6- 20 cm	< 6cm		
		valor	20	15	10	8	5		
4	Estado de las discontinuidades	Long. De la discontinuidad	< 1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m		
		Valor	6	4	2	1	0		
		Abertura	nada	< 0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	> 5mm		
		Valor	6	5	3	1	0		
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave		
		Valor	6	5	3	1	0		
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5mm	Relleno duro > 5mm	Relleno blando < 5mm	Relleno blando > 5mm		
		Valor	6	4	2	2	0		
Alteración	Inalterada	Ligeramente Alterada	Moderadamente Alterada	Muy Alterada	Descompuesta				
Valor	6	5	3	1	0				
5	Flujo de agua en las juntas	Relacio Pagua/Porin	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5		
		Condiciones Generales	Completamente secas	Ligeramente húmeda	Húmedas	Goteando	Agua Fluyendo		
		Valor	15	10	7	4	0		

Fuente: Bienaiwsky, 1989.

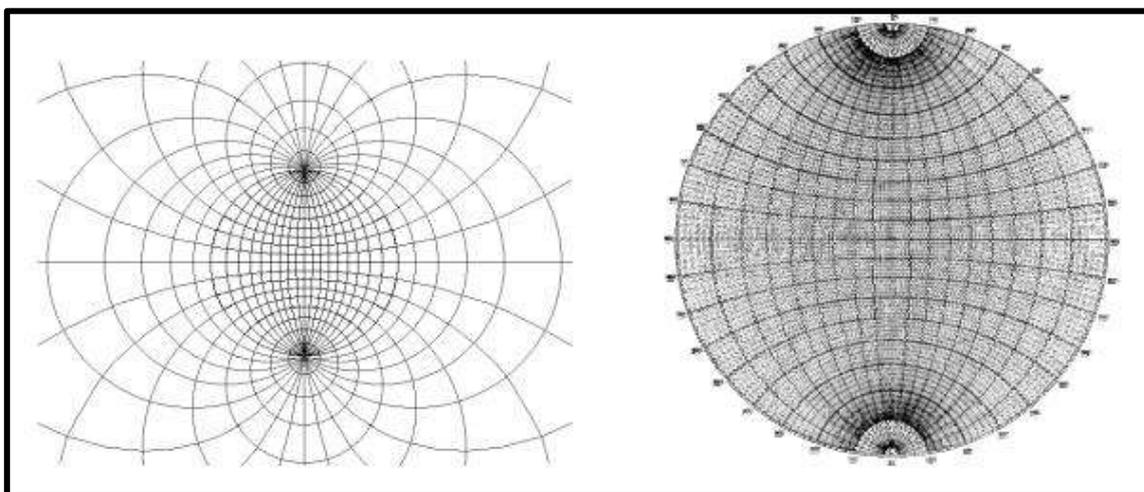
**Tabla 11.** Categorías de la clasificación RMR (Bienaiwsky).

<b>Clase</b>	<b>Calidad de la roca</b>	<b>RMR</b>			<b>Cohesión</b>	<b>Angulo de rozamiento</b>
<i>I</i>	Muy buena	81	-	100	> 4 kg/cm <sup>2</sup>	>45°
<i>II</i>	Buena	61	-	80	3-4 kg/cm <sup>2</sup>	35°-45°
<i>III</i>	Regular	41	-	60	2-3 kg/cm <sup>2</sup>	25°-35°
<i>IV</i>	Mala	21	-	40	1-2 kg/cm <sup>2</sup>	15°-25°
<i>V</i>	Muy mala	0	-	20	<1 kg/cm <sup>2</sup>	<15°

Fuente: Bienaiwsky, 1989.

### **Proyección estereográfica**

En la proyección estereográfica ecuatorial el plano de proyección pasa por el ecuador y el centro de proyección esta sobre la superficie de la esfera en una recta perpendicular a él. Este tipo de proyección define una inversión en el espacio que transforma los puntos de la esfera en puntos del plano. Además, presenta la ventaja de que la proyección de los círculos de la esfera se produce como círculos, lo que hace muy sencillo la construcción de la proyección (Ilustración 12).



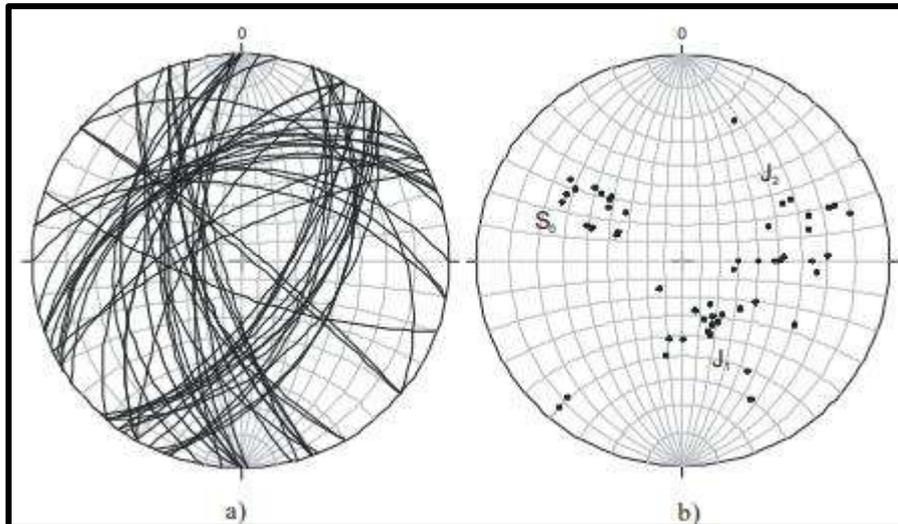
**Ilustración 12.** Proyección estereográfica de la esfera y falsilla de Wulff

- **Tipos de representaciones estereográficas**

Existen diversas formas de representación de los elementos planos y lineales en la proyección estereográfica. Todos ellos se llevan a cabo mediante el empleo de la falsilla de Wulff que se obtiene a partir de la proyección de los meridianos y paralelos de la esfera (Ilustración 12).

a) Diagrama de círculos máximos o diagrama beta

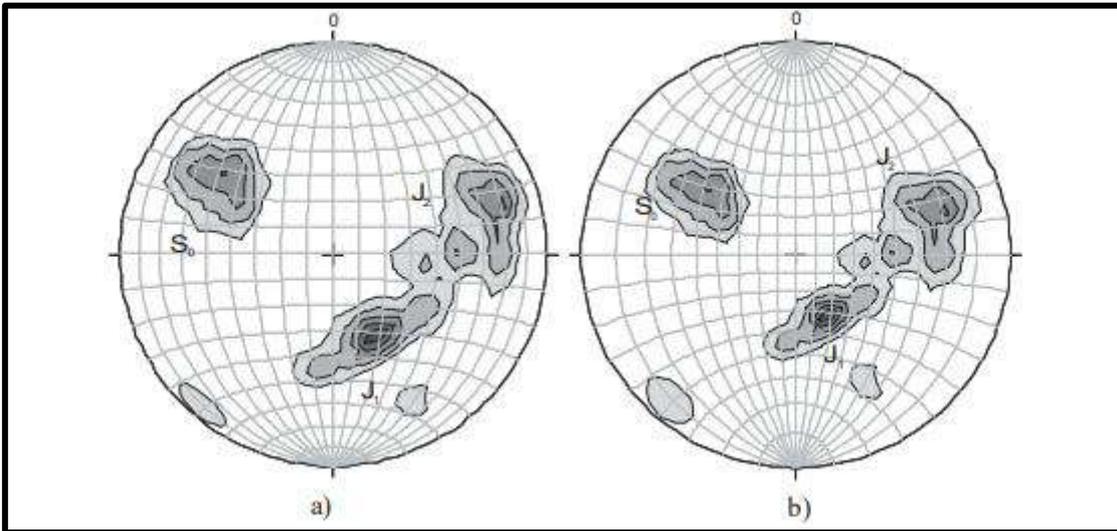
Se limita a representar elementos planos. Se obtiene proyectando el círculo máximo de la superficie plana en cuestión sobre el plano ecuatorial. La intersección del plano con la esfera está representada por este círculo máximo.



*Ilustración 13. a) Diagrama de círculos máximos (beta) y b) diagrama de polos (pi).*

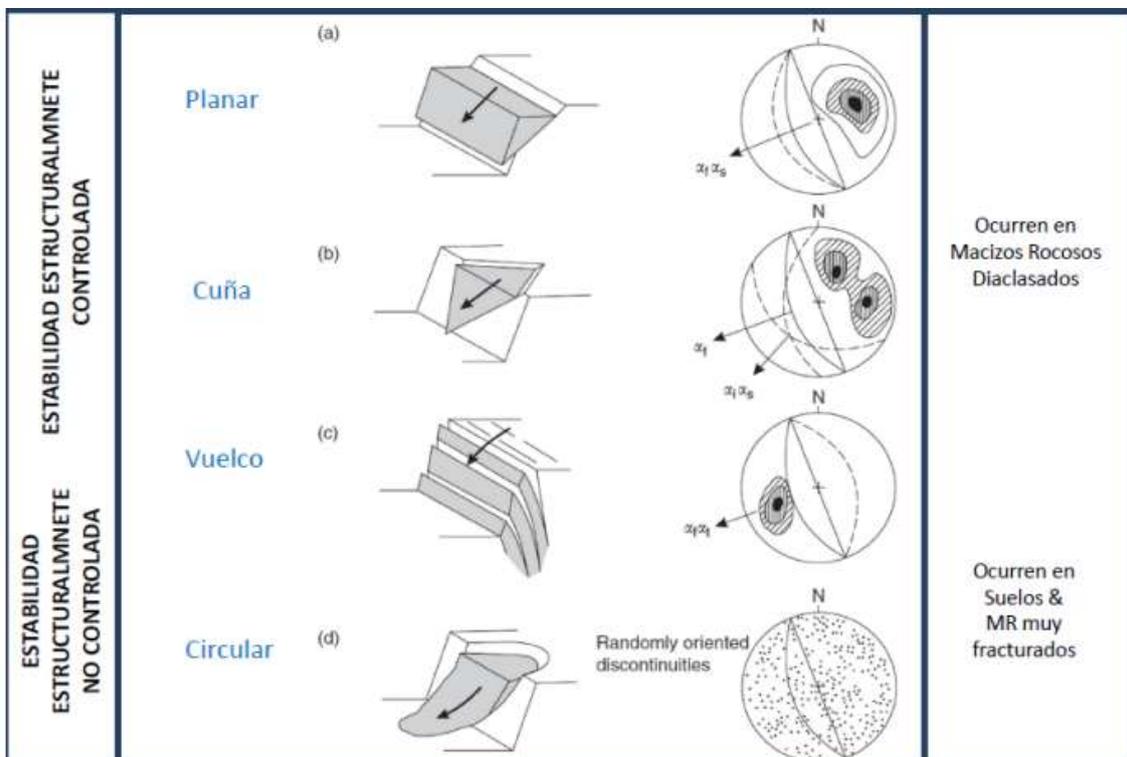
b) Diagrama de densidad de polos

La proyección estereográfica de un rasgo natural particular nunca es tan precisa como la proyección de líneas y planos teóricos porque representan irregularidades específicas, que en muchos casos no cumplen con el pensamiento teórico y puede haber errores de precisión. Esto da como resultado una dispersión que, dependiendo de su tamaño, puede o no hacer que el polo o el círculo máximo sean más fáciles de interpretar. Si este es el caso y hay una gran dispersión en los datos, es necesario utilizar el análisis estadístico de una muestra grande de datos para determinar la dirección y buzamiento dominantes (**Ilustración 14**).



*Ilustración 14.* Diagrama de densidad de polos: a) en proyección equiareal y en b) en proyección estereográfica (equiangular)

- **Análisis cinemático de roturas en roca**



*Ilustración 15.* Tipos de roturas en macizos rocosos y su representación estereográfica.

### *Factores De Seguridad Mínimos*

Según Norma Peruana CE 0.20 nos describe para solicitaciones estáticas se tendrá un factor de seguridad como mínimo de 1.50 y para solicitaciones sísmicas de 1.25.

### *Otros factores mínimos para construcción de una solución*

El análisis de estabilidad tiene la finalidad de establecer el grado de susceptibilidad al deslizamiento del talud a través de factores de seguridad.

*Ilustración 16. Valores Mínimos Recomendados de Factor de seguridad*

Costos y Consecuencias de la Falla de un Talud	Incertidumbre de las condiciones de análisis	
	Pequeña <sup>a</sup>	Grande <sup>b</sup>
Costo de reparación comparable al costo incremental para construir taludes diseñados de manera más conservadora.	1.25	1.5
Costo de reparación mucho mayor que el costo incremental para construir taludes diseñados de manera más conservadora.	1.5	2.0 ó >

Fuente: Duncan

### *Materiales y Métodos*

#### *Tipo de estudio y diseño de contrastación de hipótesis*

De acuerdo a la metodología para demostrar la hipótesis esta investigación es **no experimental descriptiva**, se detallará las familias de diaclasas, se describirá el macizo rocoso y el talud, esta investigación es no experimental porque no se probará relaciones causales directas entre dos variables o entre dos elementos, puesto que solo tiene una variable única.

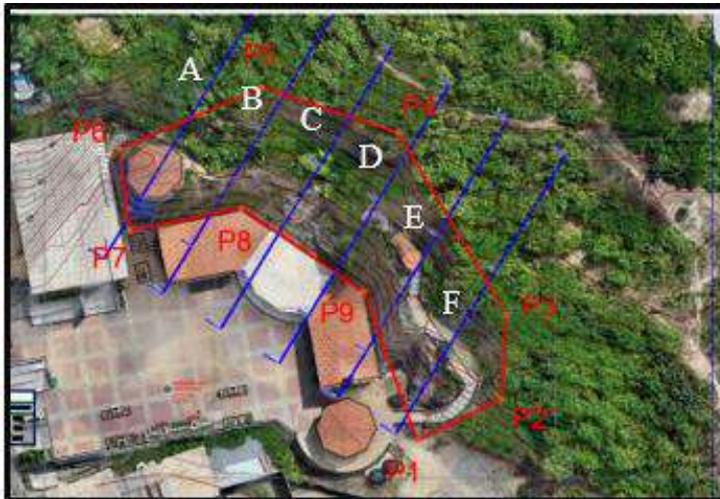
De acuerdo al tipo de datos analizados esta investigación **cuantitativa**, se obtendrá factores de seguridad. Que permitirá validar las hipótesis, contestar la pregunta de investigación y establecer patrones de comportamiento del talud.

#### *Población, muestra de estudio y muestreo*

**Población:** Cerro Chalpón, distrito de Motupe, de la provincia de Lambayeque, departamento de Lambayeque.

**Objeto de estudio:** Cerro Chalpón

*Ilustración 17. Cerro Chalpón, estudio del talud*



Fuente: Elaboración Propia

*Ilustración 18. Coordenadas UTM y Área aproximada del talud*

<b>CUADRO DE CONSTRUCCIÓN</b>					
VERTICE	LADO	DIST.	ANGULO	ESTE	NORTE
P1	P1-P2	13.77	83°0'6"	640279.662	9326355.441
P2	P2-P3	12.51	119°58'16"	640292.002	9326361.563
P3	P3-P4	31.22	145°48'14"	640292.784	9326374.046
P4	P4-P5	21.09	138°58'55"	640276.889	9326400.912
P5	P5-P6	22.76	138°11'30"	640256.879	9326407.558
P6	P6-P7	12.06	106°18'49"	640235.993	9326398.504
P7	P7-P8	16.78	85°49'33"	640237.488	9326386.54
P8	P8-P9	21.85	225°54'57"	640253.946	6326389.828
P9	P9-P1	23.29	215°59'41"	640271.93	9326377.413

Area: 1246.1 m<sup>2</sup>  
Perimetro: 175.33 ml

Fuente: Elaboración Propia

**Muestra:** el estudio de las zonas para la realización de la caracterización geomecánica de rocas.

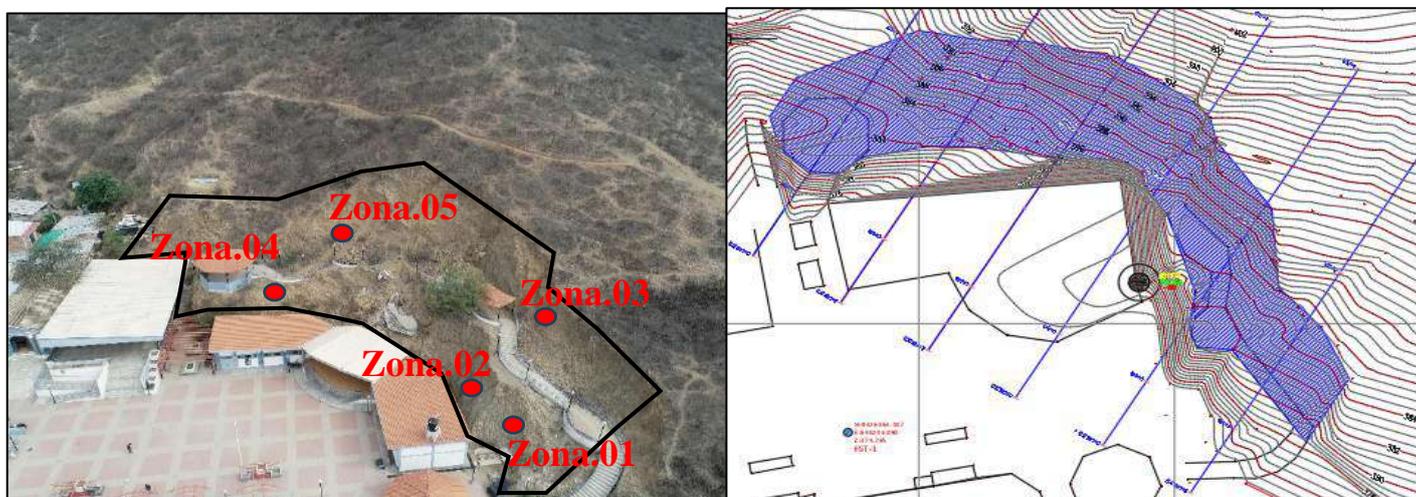
Se escogerá la muestra de manera discrecional, a criterio del investigador, se empezará por 5 muestras (Zonas) distribuidas uniformemente en el área del talud, si los resultados son homogéneos se mantendrá el número de muestras, y si fuera muy heterogéneo se ampliará el número de muestras.

**Tabla 12.** Coordenadas UTM – GWS 84 de las Zonas estudiadas.

ZONAS	NORTE	ESTE	ALTITUD(m)
1	9326361.7	640228.1	386.9
2	9326361.7	640228.1	390.3
3	9326369.5	640282.9	384.9
4	9326391.5	640238.6	386.3
5	9326394.1	640240.8	400

Fuente: Elaboración propia

**Ilustración 19.** Talud cerro Chalpón



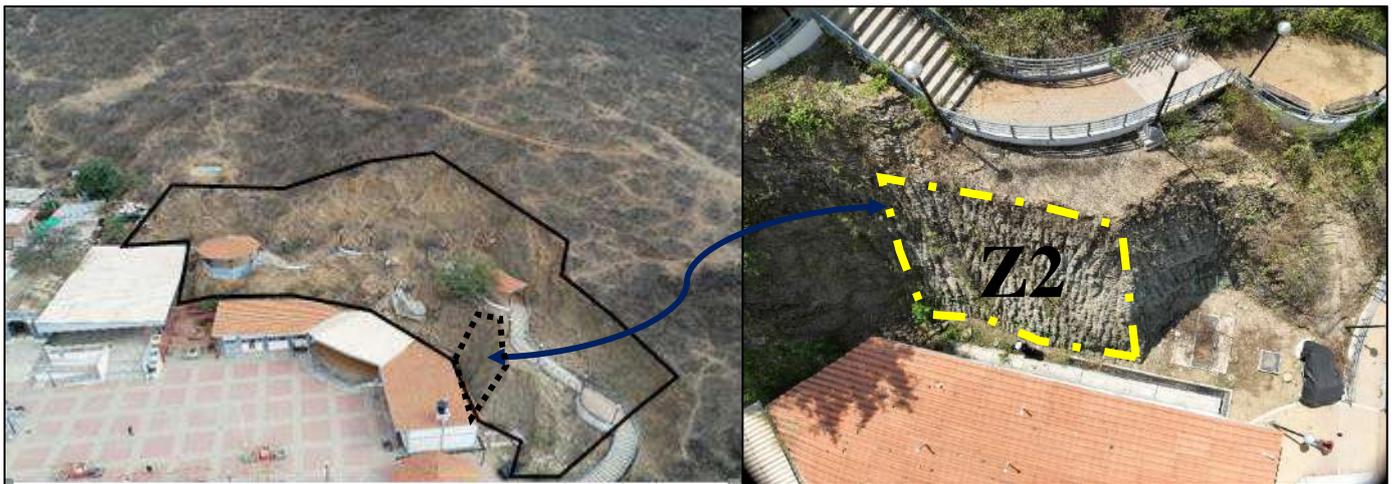
Fuente: Elaboración propia

ZONIFICACIÓN DEL TALUD

*Ilustración 20. Zona 1*

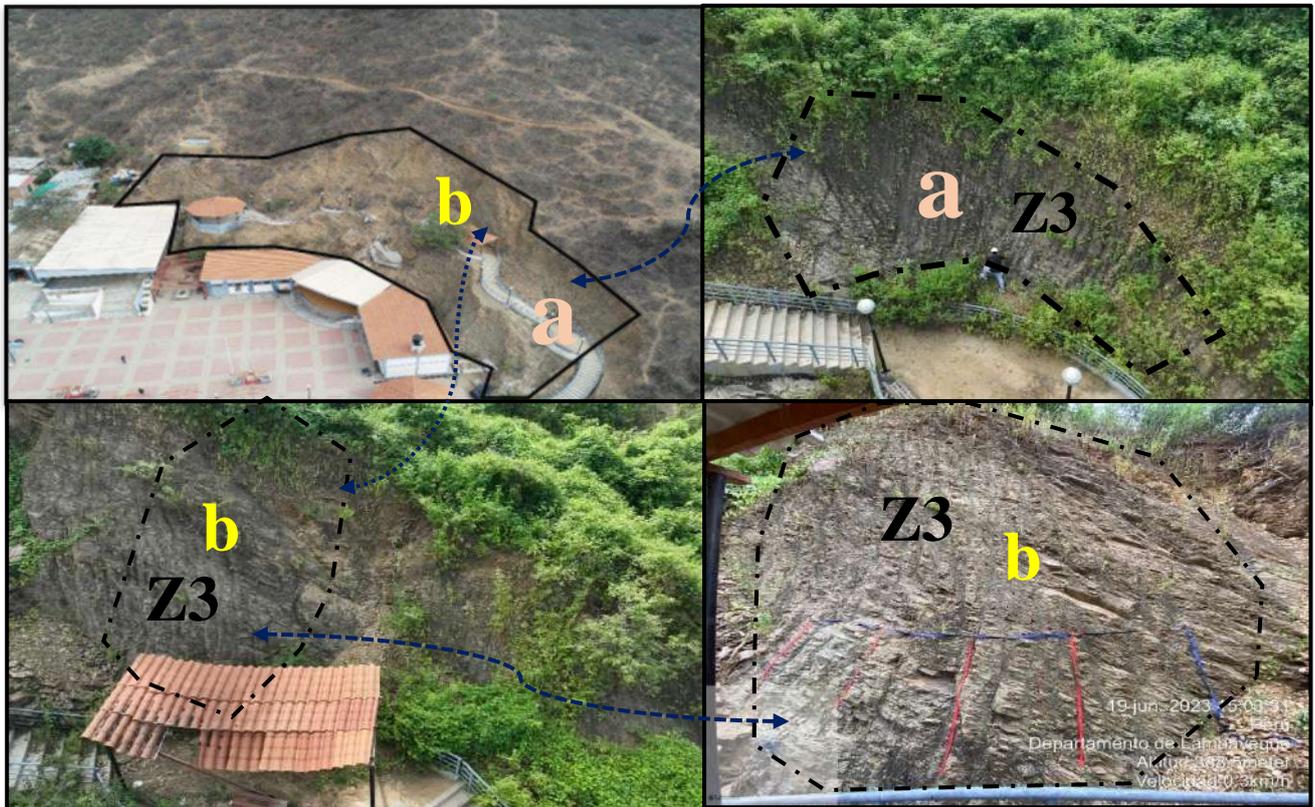


*Ilustración 21. Zona 2*



*Ilustración 22. Zona 3*

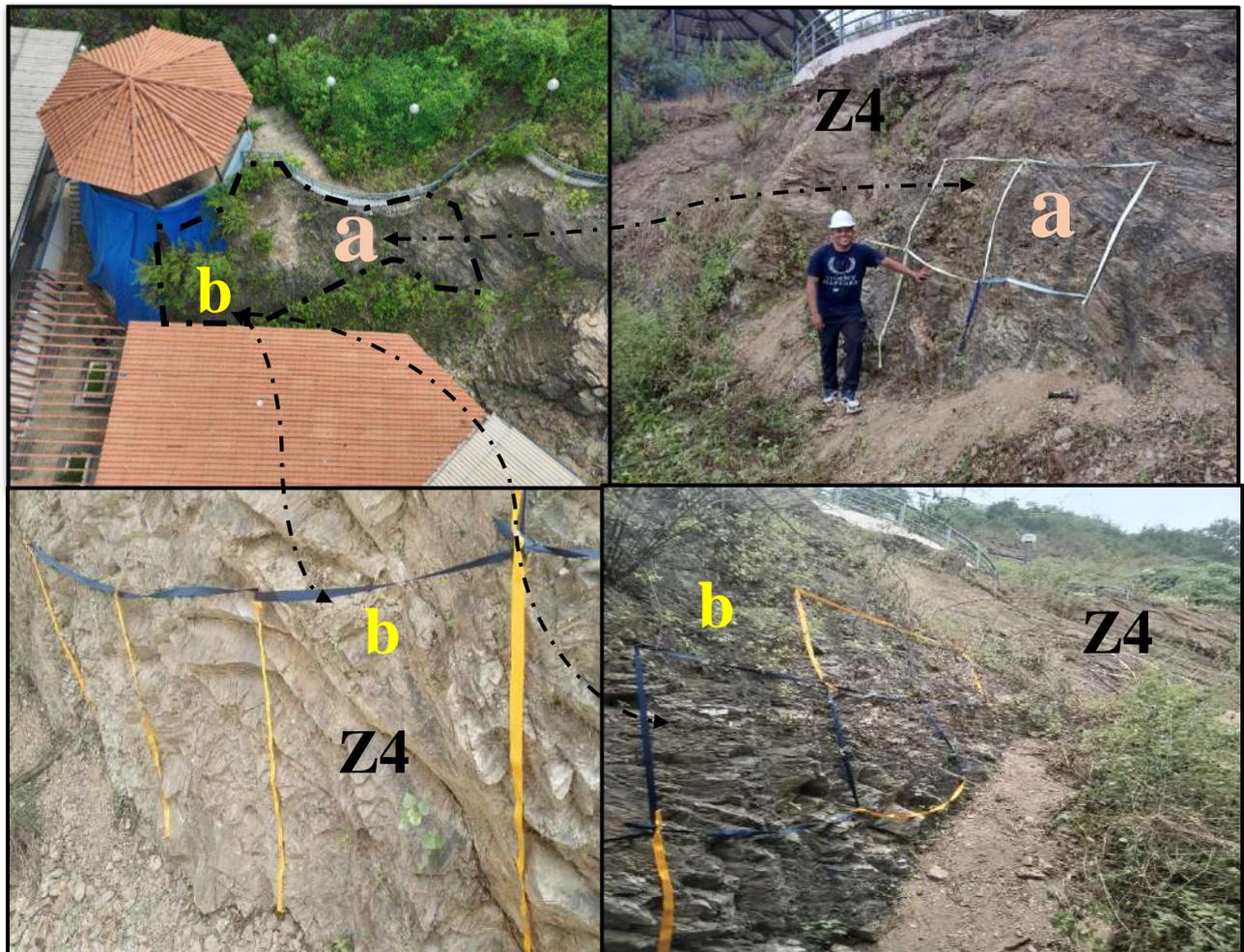
❖ se evaluó en dos partes la Zona 3



Fuente: Elaboración Propia

**Ilustración 23. Zona 4**

Se procedió la evaluación de la esta Zona en dos partes, que existió alteración del talud.



Fuente: Elaboración Propia

**Ilustración 24. Zona 5**



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 13. Total, de muestras en el talud.**

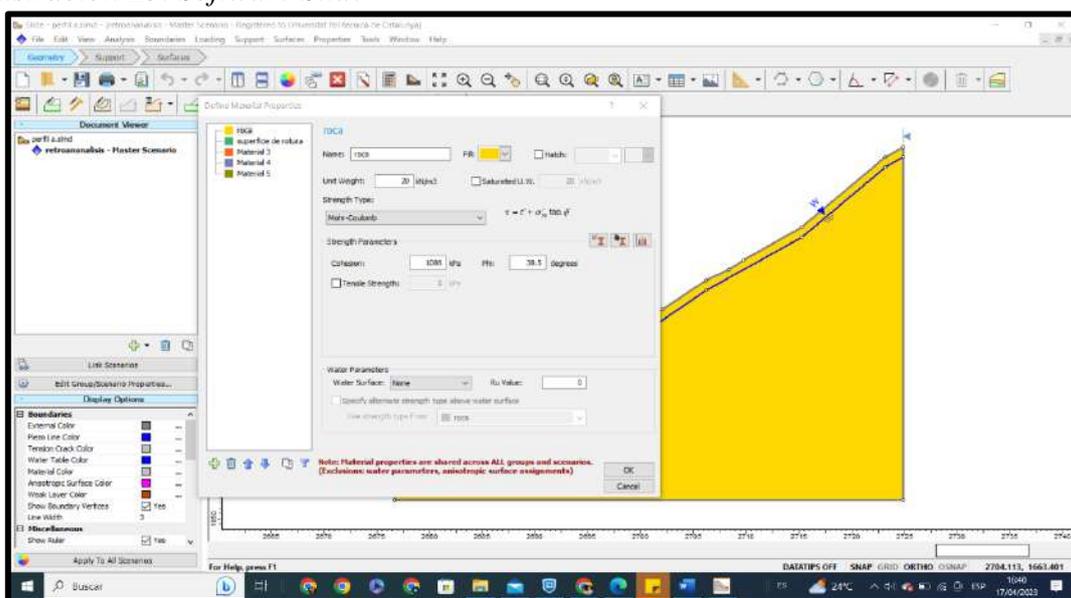
ZONA	NUMERO DE MUESTRA
Zona 1	17
Zona 2	8
Zona 3	10
Zona 4	14
Zona 5	7
TOTAL	56

Por lo tanto se elaborarán 56 puntos de muestro, donde se hará ensayos de mecanica de suelos, se medita el tamaño de diaclasas, la abertura de las juntas entre otras formas fisicas. Sin embargo algunos ensayos seran menores al tamaño de la muestra, tanto por el coste economico que implica y la obtencion de la muestra para el ensayo.

**Tabla 14. Total, de Ensayos**

ENSAYOS	Cantidad
Ensayo a Compresión Simple	3
Ensayo de compresión en suelo	3
ENSAYO DE peso especifico	3
TOTAL	9

A continuación se muestra los datos de entrada del programa SLIDE para justificar los ensayos que se realizaron.

**Ilustración 25. Software Slide**

Para cada material se pide el peso unitario, que se obtendrá mediante el ensayo de peso específico, la cohesión y el Angulo residual phi, que se obtiene ya sea del ensayo de corte directo o del ensayo triaxial para rocas, si es suelo sería el ensayo de corte directo para phi y el ensayo de compresión en suelo para la cohesión y mediante fórmulas se obtiene el resultado, además otro dato de entrada es si el suelo es saturado o no, en este caso es no saturado. Sin embargo, se variará los niveles freáticos para el caso de precipitaciones muy fuertes que humedecen el suelo lo que también es causa de colapso.

### **Hipótesis**

La aplicación de las ecuaciones de equilibrio límite por el método de Morgenstern-Price, tiene mayor factor de seguridad en la estabilidad del talud que por el método Spencer, Sarma.

### **Variables-Operacionalización**

Variable única

- FACTOR DE SEGURIDAD DEL TALUD

**Tabla 15.**Operacionalización de variables

VARIABLE UNICA	DIMENSIONES	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	TÉCNICA E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS
FACTOR DE SEGURIDAD DEL TALUD	1. Método de equilibrio limite mediante ecuaciones de morgenstern-price.	COHESIÓN	KPa	Ensayo de compresión
		ANGULO DE FRICCIÓN	Grados	Ensayo de corte directo
		PESO ESPECIFICO	KN/m3	Ensayo de Peso Específico-ASTM C127-88
		TOPOGRAFÍA	Área y altimetría	Estación total
	2. Método de equilibrio limite mediante ecuaciones de Spencer	COHESION	KPa	Ensayo de compresión
		ANGULO DE FRICCIÓN	Grados	Ensayo de corte directo
		PESO ESPECIFICO	KN/m3	Ensayo de Peso Específico-ASTM C127-88
		TOPOGRAFÍA	Área y altimetría	Estación total
	3. Método de equilibrio limite mediante ecuaciones de Sarma	COHESION	KPa	Ensayo de compresión
		ANGULO DE FRICCIÓN	Grados	Ensayo de corte directo

		PESO ESPECIFICO	KN/m <sup>3</sup>	Ensayo de Peso Específico-ASTM C127-88
		TOPOGRAFÍA	Área y altimetría	Estación total

### ***Técnicas***

Para esta investigación del RMR se utilizará como técnica la observación y experimentación, ya que esta técnica radica en el registro sistemático, válida y confiable de las conductas o circunstancias que se da en el estudio.

### ***Instrumentos***

El instrumento de recojo de información se utilizó los siguientes instrumentos:

Instrumento 1: Ficha de recolección de datos.

Instrumento 2: Libretas de campos estereográficos

Instrumento 3: Tizas de color.

Instrumento 4: Flexómetro

Instrumento 5: Peine de Barton

Instrumento 6: GPS

### ***Estrategia metodológica para la demostración de la hipótesis***

Para la demostración de la hipótesis, se realizarán los siguientes pasos:

- i. Recopilación de la información bibliográfica.
- ii. Recopilación de información en campo
- iii. Procesamiento de la información.
- iv. Análisis de la información.
- v. Obtención de resultados
- vi. Discusión de los resultados.
- vii. Elaboración de planos
- viii. Conclusiones y recomendaciones.

### ***Metodología e instrumentos***

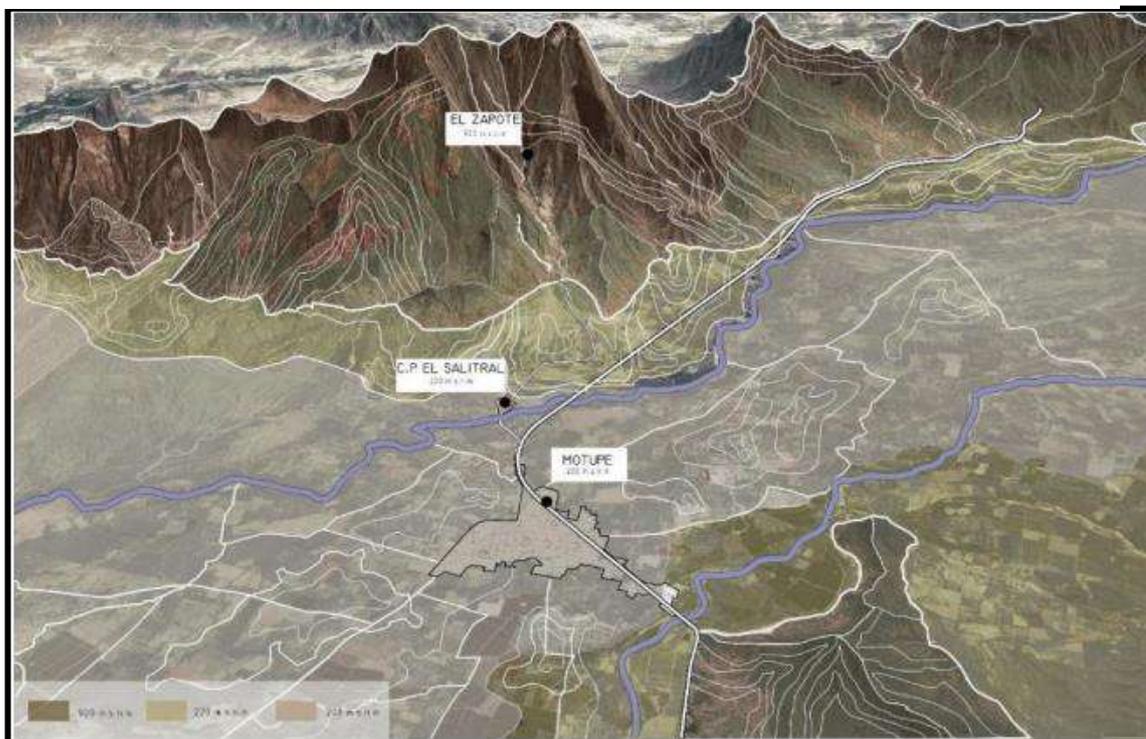
En el desarrollo de la tesis se elaboró siguiendo los lineamientos como los trabajos previos, estudio topográfico, estudio geológico entre otros.

## INFORMACIÓN EXISTENTE

### a) Localización Geográfica

Geográficamente el área de estudio se encuentra situada en el centro poblado el Zapote, distrito de Motupe, provincia de Lambayeque, Departamento de Lambayeque.

*Ilustración 26. Esquema de localización del área de estudio*



Fuente: INFRAESTRUCTURA TURÍSTICA EN EL CERRO CHALPÓN COMO SOPORTE AL DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES LOCALES, CAROLINA M. (2021)

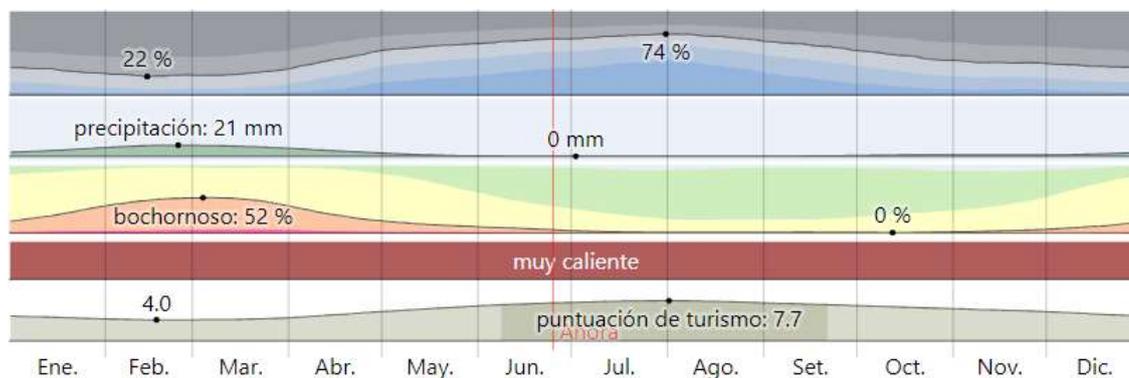
### Coordenadas geográficas

- Latitud: -6.15361
- Longitud: -79.7153
- Latitud: 6° 9' 13" sur
- Longitud: 79° 42' 55" oeste

## b) CLIMA E HIDROLOGÍA

La temperatura típicamente oscila entre 19 °C y 35 °C, y rara vez disminuye a menos de 17 °C o aumenta a más de 37 °C. Las precipitaciones son de 21 mm.

*Ilustración 27. El tiempo por mes en Motupe, clima e hidrología*



Fuente: SENAMHI

## c) Topografía

En un área de 3 kilómetros de Motupe, la tierra presenta una gran variación en la altitud, con un punto máximo de 266 metros y una altitud promedio de 137 metros sobre el nivel del mar. En una distancia de 16 kilómetros, se encuentran cambios significativos en la altitud (1,531 metros). Senamhi presenta fluctuaciones extremas de altitud en un radio de 80 kilómetros.

### **DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA BÁSICA**

Se basó en la observación directa para la toma de muestras de Zonas donde se proporcionó de forma sistemática y racional la toma de los datos necesarios y su interpretación, según recomienda la Sociedad Internacional de Mecánicas de Rocas (1980). Para su aplicación se efectuó una zonificación cuyas características sean similares o uniformes. (Manual de Taludes, Instituto Geológico y Minero de España (IGME) y la empresa Estudios y Proyectos Técnicos Industriales, S.A. (EPTISA).

### **ESTUDIO DE TOPOGRAFÍA**

Se hizo el levantamiento Topográfico con estación total LEYCA del cerro Chalpón, en la zona del talud de estudio se le hizo 6 perfiles o elevaciones: A-A, B-B, C-C, D-D, E-E y F-F que se muestra a continuación en las siguientes figuras. (Ver Anexo 02).

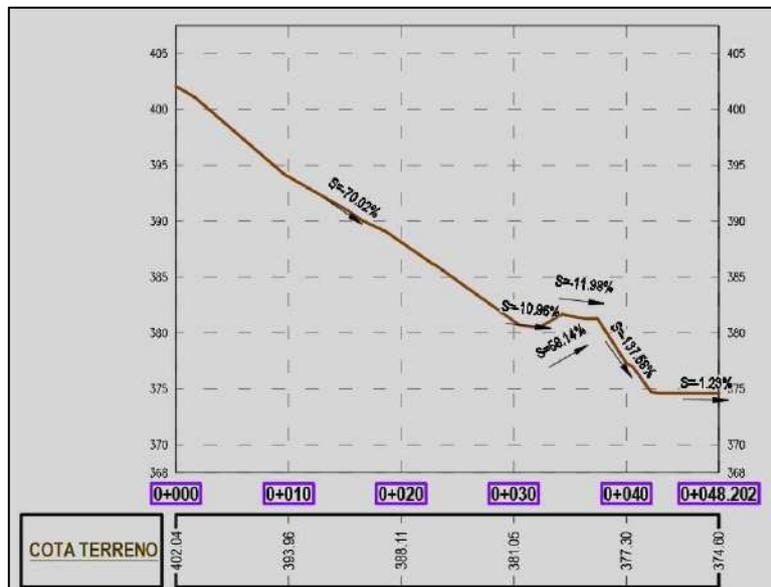


Ilustración 28. Perfil Longitudinal A-A

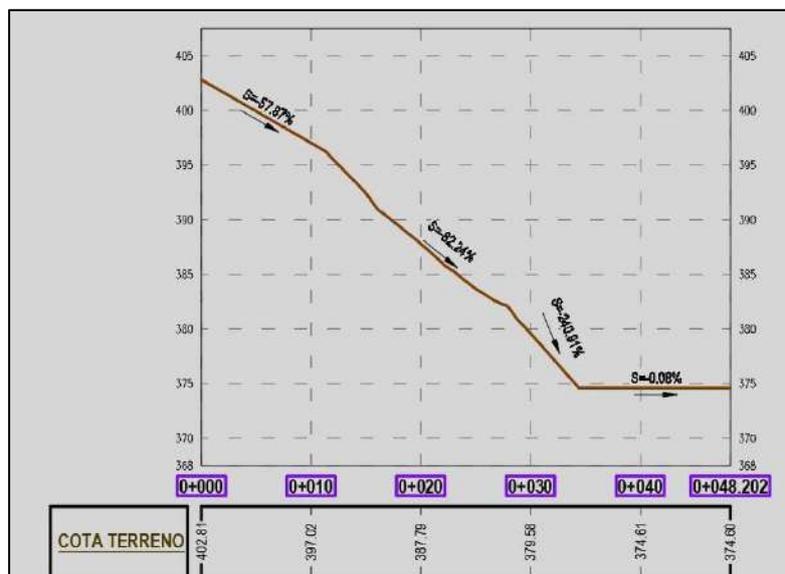


Ilustración 29. Perfil Longitudinal B-B

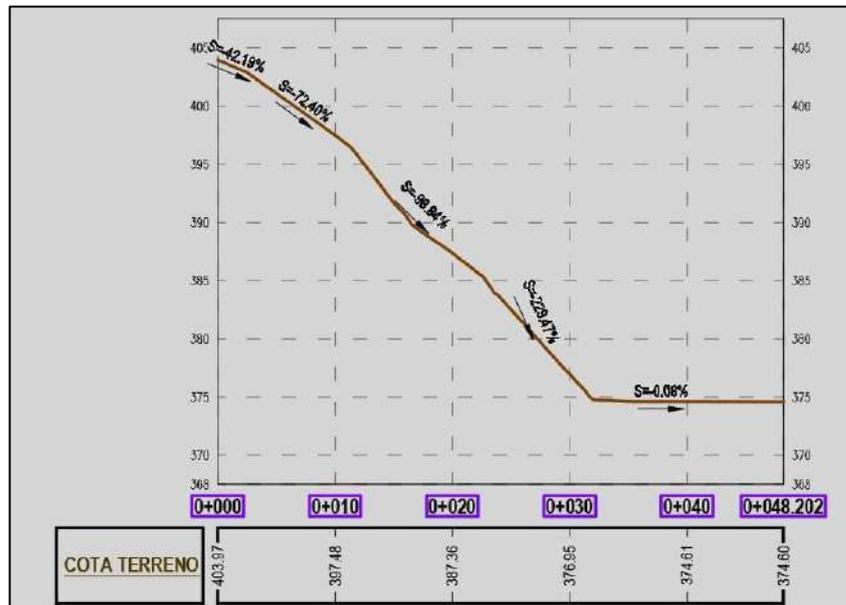


Ilustración 30. Perfil Longitudinal C-C

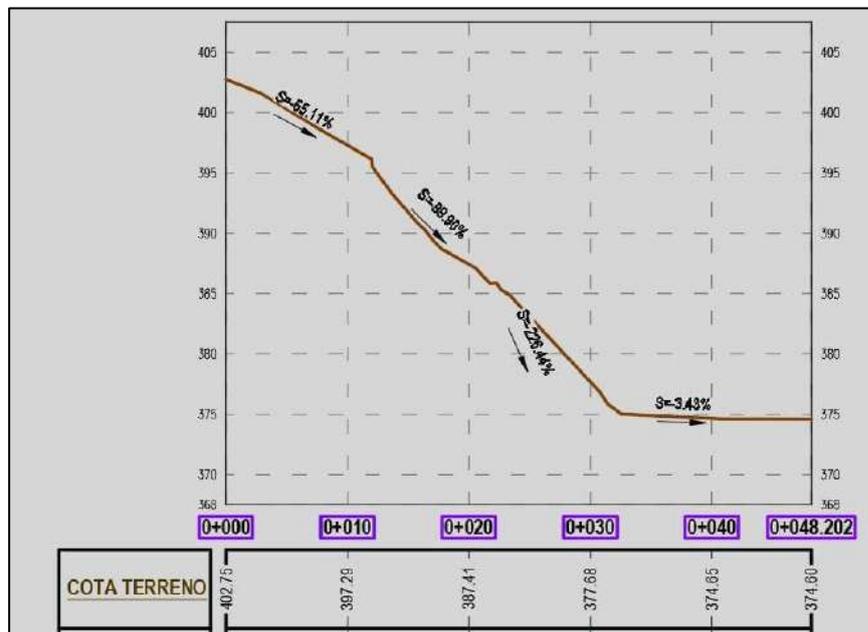
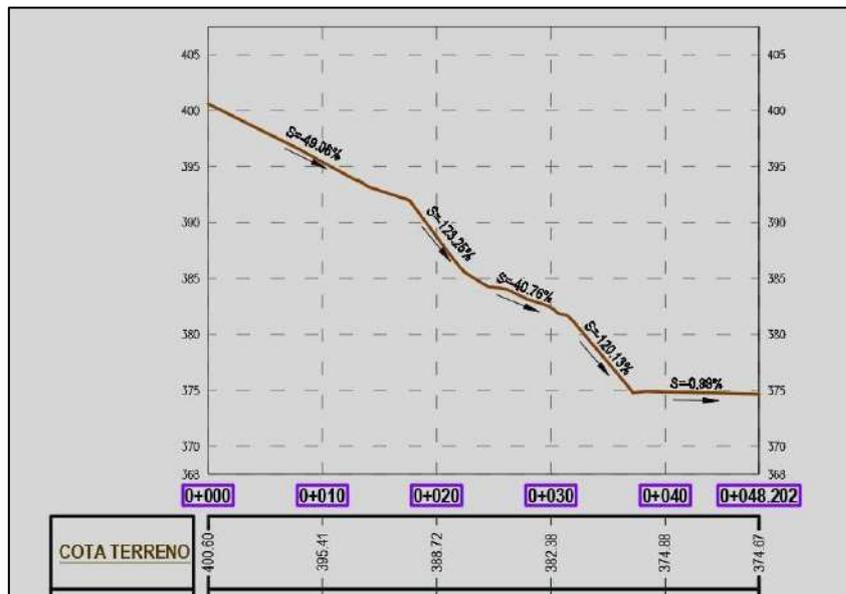
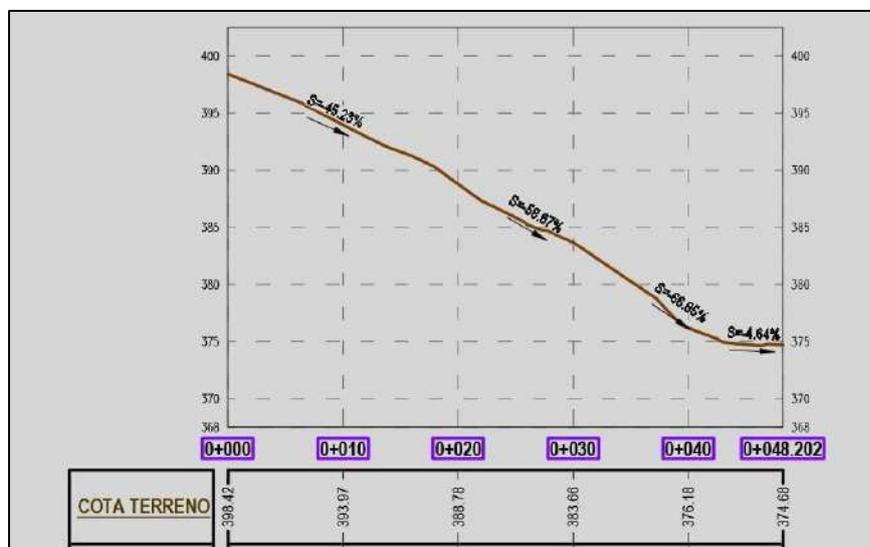


Ilustración 31. Perfil Longitudinal D-D



*Ilustración 32. Perfil Longitudinal E-E*



*Ilustración 33. Perfil Longitudinal F-F*

Estos perfiles topográficos serán usados en el análisis del Slide, dentro de los perfiles, se le dibujara las probables líneas de falla, así como también los probables niveles freáticos o niveles piezométricos en el peor de casos, que sería en una escorrentía.

A continuación, se muestra el perfil A-A con las líneas de falla dibujada y la línea piezométrica.

#### **Ensayos físicos y mecánicos:**

Para el análisis mediante el Slide necesitamos la cohesión y el Angulo residual phi, se obtiene ya sea del ensayo de corte directo o del ensayo triaxial para rocas, por lo tanto,

dentro del estudio se contempló el ensayo Compresión triaxial en rocas, hasta 3 cargas normales. ASTM D7012, también se necesita los pesos específicos del material.

Además, para el parámetro 1 del RMR, se necesita saber la resistencia de la roca intacta, por lo tanto, se sacarán diamantinas y se ensayara mediante la compresión simple.

Ensayos contemplados:

#### **Ensayo normalizado para contenido de humedad NTP 339.185:**

Equipos:

- Utiliza una balanza con sensibilidad de 0,1 gramos.
- Un contenedor adecuado para la muestra.
- Estufa con una temperatura de 110 °C.

Procedimiento:

- a) Se realizó el muestreo.

*Ilustración 34. Proceso del muestreo*



Fuente: Elaboración de la muestra

b) Se taro el recipiente y posteriormente la muestra se determinó dicho peso

*Ilustración 35. Peso de la muestra*



Fuente: Elaboración Propia

c) La muestra se colocó en una estufa y se secó durante un día an una temperatura de 110°C.

*Ilustración 36. Colocación al horno*



Fuente: Elaboración Propia

d) Luego se pesó la muestra seca pasado las 24 horas en el horno.

**Ilustración 37. Peso de la muestra seca**



Fuente: Elaboración Propia

Cálculos:

$$\%W = \frac{H}{MS} * 100$$

Donde:

H= Peso de muestra húmeda

MS = Peso de la muestra seca

%W= Porcentaje de humedad

### **Ensayo normalizado para la Absorción del agregado NTP 400.021**

Equipos:

- La balanza: tiene una capacidad de 5000 gramos y una capacidad de 0,1 gramos.
- La cesta: está hecha de malla de alambre.
- El depósito de agua se usa para sumergir la cesta en agua y para suspenderla en el centro de la escala.
- Horno: Con el tamaño adecuado, puede mantener una temperatura uniformemente elevada de 110 °C.

Procedimiento:

- a) Peso de la muestra antes de sumergirla por 24 horas.

*Ilustración 38. Peso de la muestra*



Fuente: Elaboración Propia

- b) Luego se procedió a sumergir la muestra en agua por 24 horas.

*Ilustración 39. Muestra sumergida*



Fuente: Elaboración propia

- c) Luego se procedió después las 24 horas el peso de muestra.

*Ilustración 40. Peso de muestra seca*



d) Luego se procedió en la colocación de la canastilla, donde la muestra se sumergió al recipiente con agua, donde posterior se calibra y se pesa la muestra.

- Absorción ( $Ab$ )

$$Ab(\%) = \frac{B - A}{A} * 100$$

Donde:

A = Peso de la muestra seca en gramos.

B = Peso de la muestra saturada en gramos.

Para ver el desarrollo de los resultados del ensayo de cada muestra ver **ANEXO 03**.

### **Ensayo Triaxial y Compresión Simple**

Para la elaboración de los ensayos se extrajo tres muestras del talud de 20x20x17cm (3 muestras ensayo triaxial, 3 muestras compresión simple), posteriormente se trasladó al laboratorio VICAT GETESTING SAC

#### ➤ **Compresión Simple**

La tensión de compresión máxima se define como la tensión necesaria para fracturar el núcleo cilíndrico. Este es quizás el procedimiento más intuitivo y sencillo para evaluar la durabilidad del material. En este trabajo se evaluará la resistencia de tres núcleos de cada litología, sometidos a esfuerzos axiales hasta la falla, se evaluará su estabilidad y se evaluarán las rocas.

#### **Procedimiento**

- Inicialmente la muestra se manipuló minuciosamente para evitar alteraciones, incluidos a cambios de sección transversal.
- Luego la muestra se procedió que tenga al menos debe tener al menos 52 mm de diámetro y la partícula de gran tamaño no debe superar 0.1 del diámetro de la muestra. La altura y el diámetro deben estar entre 2 a 3 cm.
- La muestra se coloca cuidadosamente en el centro de la placa inferior del aparato de carga para que la placa superior toque la muestra y el control se fija en cero.
- Además, se aplicó una fuerza de porcentaje de deformación axial de 1/2% a 2% por minuto. La relación de deformación debe ajustarse para que el tiempo de falla de la muestra no supere los 10 minutos.
- Se continúa cargando hasta que la fuerza disminuya con un aumento de la deformación hasta que alcance el 20% de 45.
- Una vez terminado el ensayo, el equipo se retira minuciosamente, se hace una descripción, se crea un esquema de falla y se determina la humedad de la muestra.

## ENSAYO TRIAXIAL

Este ensayo estudia la resistencia de la roca sometidas a un estado triaxial de tensiones

### Dimensiones de las probetas:

Diámetro: 100 mm

Altura: 200 mm

### **Preparación de la muestra para el ensayo:**

- a) Preparación de la muestra para la extracción de la diamantina de diámetro de 100mm y altura de 200mm.

*Ilustración 41. Extracción de diamantina*



- b) Por consiguiente, se procedió a elaborar los ensayos de compresión simple y triaxial.

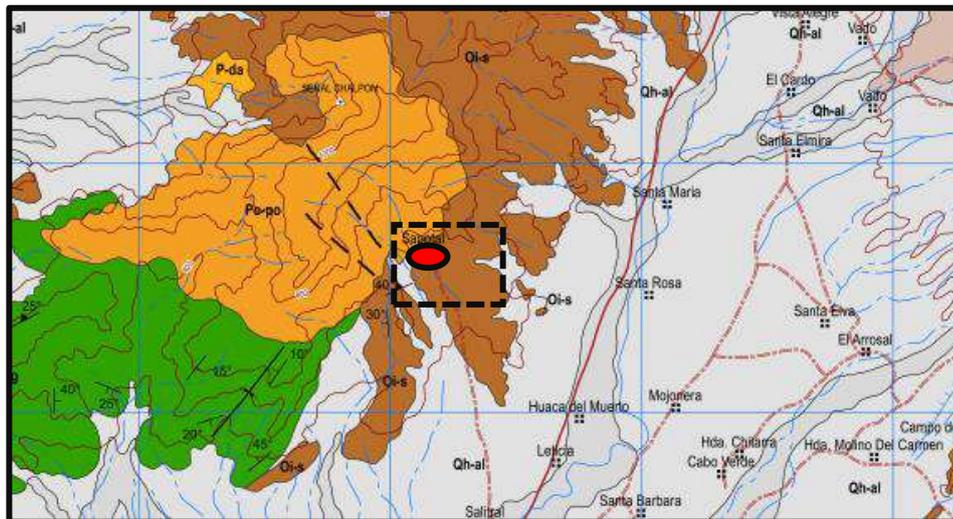


*Ilustración 42. Ensayo triaxial de las muestras.*

### **Elaboración de planos Geotécnicos y Perfiles geológicos**

Con la ayuda de las cartas nacionales del instituto de geología del Perú más la información recopilada en campo se plasmará los planos que ayudaran al entendimiento de los minerales que conforman al cerro el Chalpón.

*Ilustración 43. Mapa geológico de estudio del talud, cuadrante 13d.*

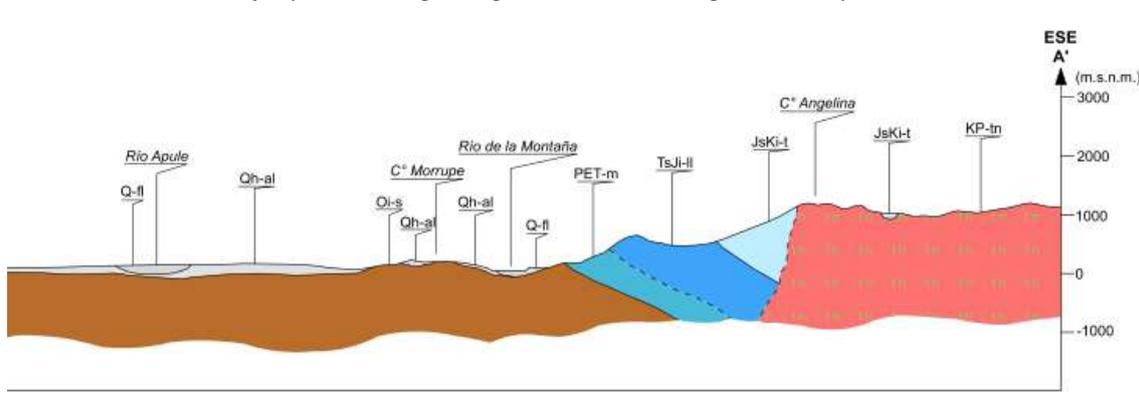


*Fuente: Instituto geológico minero y metalúrgico (INGEMMET)*

**Tabla 16.** Leyenda del estudio geológico

LEYENDA				
ERATEMA	SISTEMA	SERIE	EDAD	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS
PALEZOICO	ORDOVICICO	SUPERIO	443.4	Grupo Salas 
		MEDIO	458	
		INFERIOR	541	

Fuente: Instituto geológico minero y metalúrgico (INGEMMET)

**Ilustración 44.** Perfil y sección geológica del cuadrángulo de Jayanca (13d)

Fuente: Instituto geológico minero y metalúrgico (INGEMMET)

La Formación Salas consiste principalmente en filitas granulares y vellosas de color marrón y negruzco, en capas o en estratos delgados, que afloran en montículos bajos disecados. La mayoría de las cordilleras están formadas por material pelítico, pero casi todos los afloramientos contienen rocas de origen volcánico. Las vetas de cuarzo son bastante comunes en la Formación Salas. El cuarzo es de color blanco lechoso, de grano grueso y aparece como vetas de forma irregular, algunas de más de un metro de ancho y más de 100 metros de largo. El espesor de la Formación Salas no se puede medir porque es una estructura compleja.

Se espera que en esta zona alcance varios cientos de metros, pero no debería superar los 1.000 m. **Wilson J.J. (1984)**



*Ilustración 45. Capas del Grupo Salas, expuestas en la localidad Zapotal (Motupe).*

### Identificación del tipo de roca del talud

*Tabla 17. Propiedades de la roca lutita*

<b>CLASIFICACIÓN DE LA ROCA</b>	
LUTITA	
<b>TEXTURAS PRINCIPALES</b>	
textura pelítica, variopinta; es decir, integrada por detritos clásticos constituidos por partículas de los tamaños de la arcilla y del limo.	
<b>TIPO DE METAMORFISMO</b>	
Por metamorfismo se convierten en pizarras o en filitas	
<b>DESCRIPCIÓN MACROSCOPICA</b>	
tienen un color al intemperismo de pardo rojizo y al fresco son de color gris oscuro. Presenta una variación en su contenido de materia orgánica	
<b>DESCRIPCIÓN MICROSCOPICA</b>	<p>Roca compuesta por partículas de tamaño menor de 0.06 mm donde podemos encontrar las arcillas, Cuando no están muy compactadas se las denomina arcillas y se las reconoce fácilmente por su tacto suave, untuosidad y plasticidad al estar húmedas. Las limolitas poseen una composición semejante a las arcillitas, pero en ellas predominan los filosilicatos del grupo de las micas (ilita) y las partículas de cuarzo, calcedonia, y calcita. La distinción entre ambas es en ocasiones problemática, ya que suelen aparecer mezcladas (lutita).</p>

**Fuente:** *geotecniafacil.com*

### **Obtención de los planos estereográficos del talud**

Para la obtención de los puntos estereográficos se procedió en subdividirse(subzonas) al talud donde se realizó la toma de puntos.

Se toma datos de cada subzona su buzamiento y dirección de la discontinuidad.

### **ZONA 1**

Se aprecia abundante presencia de material coluvial, hacia el pie del macizo. En cuanto al afloramiento identificable, material se describe como una lutita, levemente alterada, con juntas de espaciamientos considerables que son se observa por las calizas formadas en las discontinuidades.

La zona 1 es un área que contiene subZonas, las subZonas que contiene son: 1-001, 1-002, 1-003, 1-004, 1-005, 1-006, 1-007, 1-008, 1-009, 1-010, 1-0011, 1-012, 1-013, 1-014, 1-015, 1-016, 1-017.

Se elaboro un panel fotográfico de toda la zona de la Zona 1, ver el **ANEXO 04**.

- En la recolección de datos tanto para los planos estereográficos como para el RMR, se tomó 1 m<sup>2</sup> de área, y se obtuvo la dirección y buzamiento de la discontinuidad.



*Ilustración 46. Subzona 1-001*



*Ilustración 47. Subzona 1-001, dirección(a) y buzamiento (b) de la discontinuidad*

## **ZONA 2**

La segunda zona se encuentra en la parte lateral de la Zona. Afloramiento rocoso es identificable lutitas gran alteración y foliación. Se aprecia una leve resistencia y gran tendencia a la fractura.

La zona 2 es un área que contine subzonas, que son: 2-001, 2-002, 2-003, 2-004, 2-005, 2-006, 2-007, 2-008.

Se elaboro un panel fotográfico de toda la zona 2, ver el **ANEXO 05**.

- En la recolección de datos tanto para los planos estereográficos como para el RMR, se tomó 1 m<sup>2</sup> de área, y se obtuvo la dirección y buzamiento de la discontinuidad.



*Ilustración 48. Subzona 2- 001*



**Ilustración 49.** Subzona 2-001, dirección(a) y buzamiento (b) de la discontinuidad

### **ZONA 3**

Zona situada en parte alta de trayecto. Roca observable en afloramiento vegetación, lutitas con alto grado de alteración, y juntas agrupables en tres familias, baja resistencia y fácil fracturación

La Zona 3 es un área que contine subZonas, las subZonas que contiene son: 3-001, 3-002, 3-003, 3-004, 3-005, 3-006, 3-007, 3-008, 3-009, 3-010.

Se elaboro un panel fotográfico de toda la zona de la Zona 3, ver el **ANEXO 06**.

- En la recolección de datos tanto para los planos estereográficos como para el RMR, se tomó 1 m<sup>2</sup> de área, y se obtuvo la dirección y buzamiento de la discontinuidad.



*Ilustración 50. SubZona 3-001*



*Ilustración 51. SubZona 3-001, dirección(a) y buzamiento (b) de la discontinuidad*

#### **ZONA 4**

Gran alteración y foliación demarcada en todo el afloramiento, juntas con menor abertura y mayor abertura. Resistencia baja con gran facilidad de fractura miento en sentido de foliación.

La Zona 4 es un área que contiene subZonas, las subZonas que contiene son: 4-001, 4-002, 4-003, 4-004, 4-005, 4-006, 4-007, 4-008, 4-009, 4-010, 4-011, 4-012, 4-013, 4-014.

Se elaboro un panel fotográfico de toda la zona de la Zona 4, ver el **ANEXO 07**.

- En la recolección de datos tanto para los planos estereográficos como para el RMR, se tomó 1 m<sup>2</sup> de área, y se obtuvo la dirección y buzamiento de la discontinuidad.



*Ilustración 52. SubZona 4-001*



*Ilustración 53. SubZona 4-001, dirección(a) y buzamiento (b) de la discontinuidad*

## **ZONA 5**

Roca identificada como lutita de gran alteración y fractura miento. Talud ha sido expuesto a trabajos previos. Macizo presenta una resistencia sobre la media a la observada en el resto del trayecto. Juntas mantienen uniones angulares.

La Zona 5 es un área que contine subzonas son: 5-001, 5-002, 5-003, 5-004, 5-005, 5-006, 4-007.

Se elaboro un panel fotográfico de toda la zona de la Zona 5, ver el **ANEXO 08**.

- Para la toma de los puntos se hizo por cada 1 m2 donde se tomará la dirección y buzamiento de la discontinuidad.



*Ilustración 54. SubZona 5-001*



*Ilustración 55. SubZona 5-001, dirección(a) y buzamiento (b) de la discontinuidad.*

### **Trabajo en campo para RMR y Qbarton**

Se examinó el índice de RMR y se clasificó por los siguientes factores:

- Resistencia uniaxial en la roca
- RQD [15] [13]
- Separación entre discontinuidades
- Longitud de discontinuidad
- Abertura
- Rugosidad
- Relleno
- Alteración
- Fluido de agua en las juntas

A continuación, se sumó todo esto para obtener el índice RMR. Se utilizaron cinco categorías para evaluar la calidad del macizo rocoso:

**Tabla 18.** valoración de la calidad del macizo rocoso

CLASE	CALIDAD DE ROCA	RMR		
I	Muy buena	81	-	100
II	Buena	61	-	80
III	Regular	41	-	60
IV	Mala	21	-	40
V	Muy mala	0	-	20

Fuente: Bienaiwsky, 1989

a) A continuación, se explicará cómo se calculó el RMR de las zonas estudiadas.

**b) RESISTENCIA DE LA ROCA INTACTA**

Se evaluó el parámetro con el ensayo de laboratorio de compresión simple donde se tomó tres muestras en diferentes zonas de estudio del talud, luego se procedió al promedio. Luego se procedió en que rango se encuentra la fuerza de resistencia y se da un valor (**Tabla 17**):

**Tabla 19.** Índice manual de resistencia de la roca (ISRM, 1978)

CLASIFICACIÓN	RANGO APROX. DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE (MPa)	VALOR
Roca extremadamente débil	0.25 – 1.00	0
Roca muy débil	1.0 – 5.0	1
Roca débil	5.0 – 25.0	2
Roca moderadamente resistente	25.0 – 50.0	4
Roca resistente	50.0 – 100.0	7
Roca muy resistente	100.0 – 250.0	10
Roca extremadamente resistente	>250.0	15

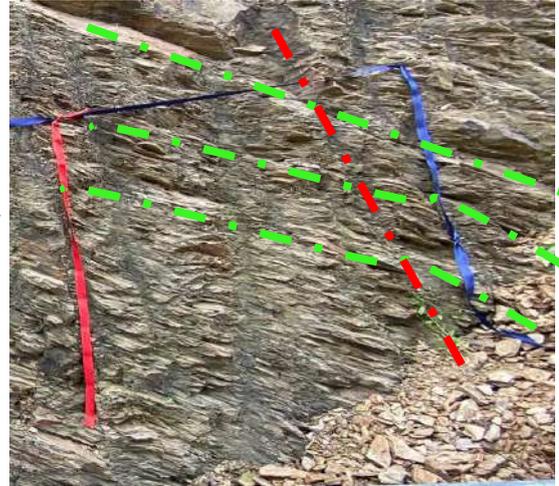
Fuente: Elaboración Propia

c) **RQD.**

Se subdividió las Zonas en 1 m<sup>2</sup> donde se evaluó el número de familias de discontinuidades de la siguiente manera:

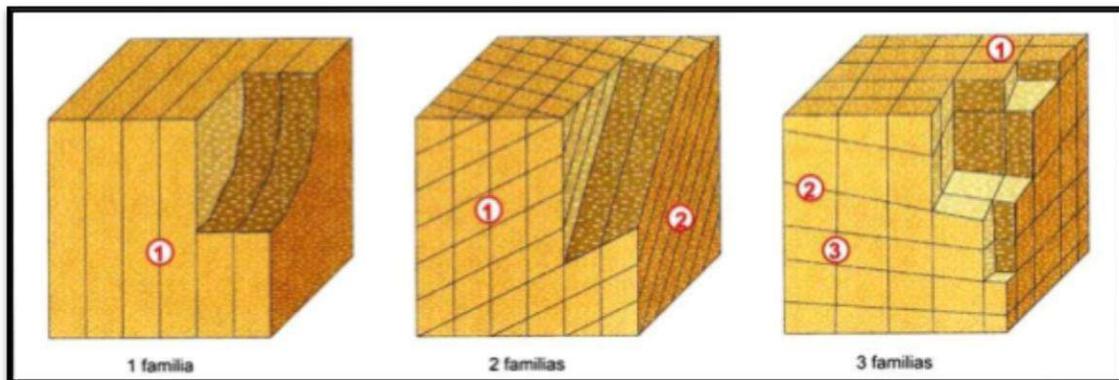


*Ilustración 57. Zona 3*



*Ilustración 56. Número de familias de discontinuidades subZona 3-010*

*Ilustración 58. Representación del número de familias mediante bloques diagramas*



Fuente: Descripción de Macizo Rocos, Ferrer M. (2010)

Ante la dificultad de observar tridimensionalmente un afloramiento de discontinuidades se determinó contando las discontinuidades de cada familia que interceptan de una longitud determinada dando el valor de **J<sub>v</sub>**.

Se calculo con la siguiente formula:

$$RQD = 110 - (2.5) J_v \dots\dots\dots(Palmstron, 2005)$$

La siguiente tabla clasifica el RQD en un valor según Bieniawski:

**Tabla 20. Clasificación de RQD**

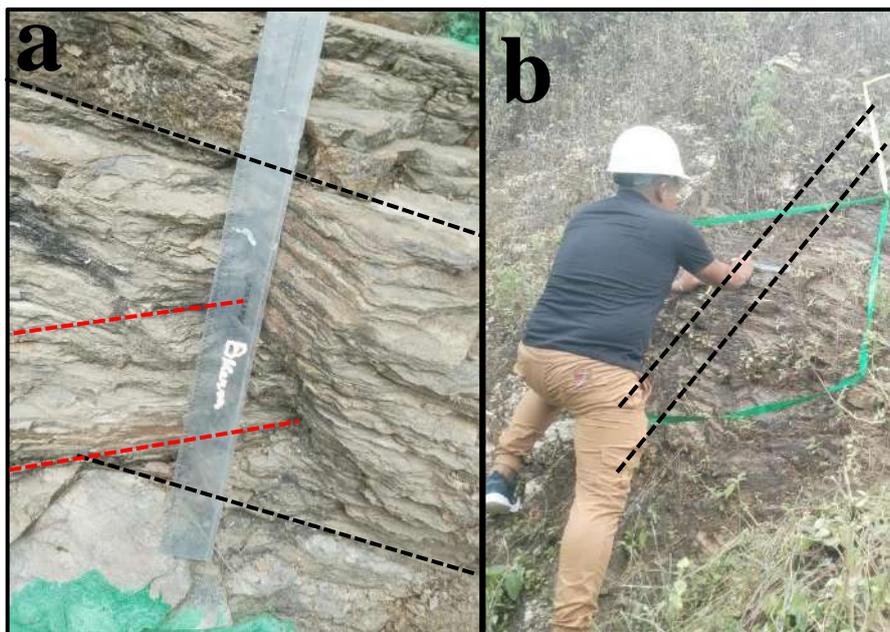
RQD	Valor
<25%	20
25-50%	17
50-75%	13
75-90%	8
90-10%	3

Fuente: Clasificación RMR de Bieniawski (1989)

**d) ESPACIADO ENTRE JUNTAS O DISCONTINUIDADES (JS)**

Es la distancia lineal entre dos discontinuidades adyacentes debe ser la medida para todas las familias de discontinuidades.

La medida del espaciado se realizó con una regla de 30 cm para cada familia de discontinuidad donde se tomó el máximo valor en el m<sup>2</sup> de estudio.



**Ilustración 59. Espaciamiento de discontinuidad, SubZona 1-009(a),5-001(b).**

Luego se procedió a evaluar por los siguientes parámetros **Tabla 22**.

**Tabla 21.** *Parámetros de espaciamientos de discontinuidades*

Espaciamiento de las discontinuidades	valor
< 6cm	5
6- 20 cm	8
0.2 - 0.6 m	10
0.6-2 m	12
> 2m	20

Fuente: Clasificación RMR de Bieniawski (1989)

### e) ESTADOS DE LAS DISCONTINUIDADES

#### d.1. Longitud de discontinuidad

La medida de longitud de discontinuidad se realizó con una wincha métrica, luego se procedió la toma de la medida máxima de cada familia de discontinuidad.



**Ilustración 60.** *Longitud de discontinuidad, SubZona 1-0010(a),5-0018(b)*

Luego se procedió a evaluar por los siguientes parámetros **Tabla 23**.

**Tabla 22.** *Parámetro de Longitud de Discontinuidad*

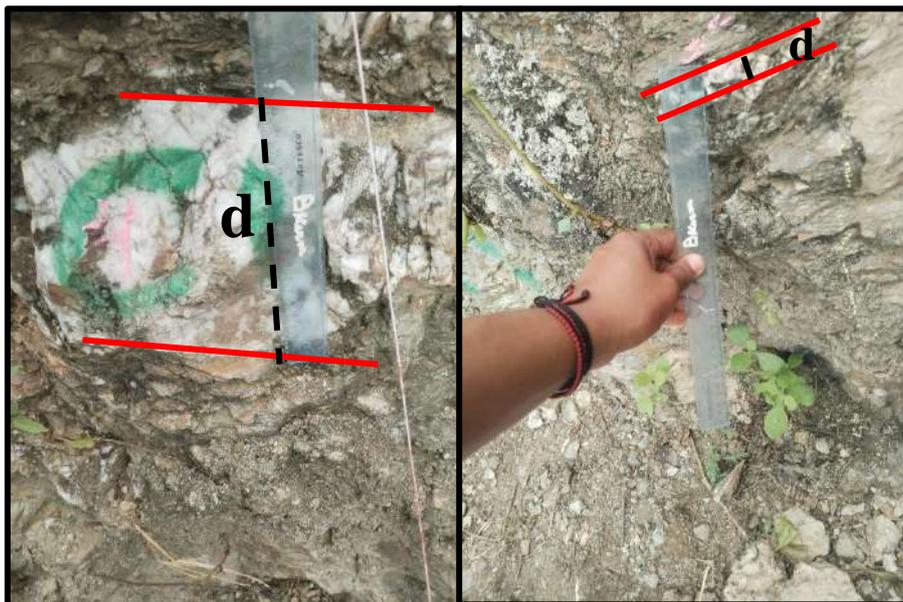
Long. De la discontinuidad	Valor
>20 m	0
10-20 m	1
3-10 m	2
1-3 m	4
< 1m	6

Fuente: Clasificación RMR de Bieniawski (1989)

#### **d.2) Abertura**

Es la distancia perpendicular entre las paredes de discontinuidad cuando hay relleno y sin relleno, se conoce como abertura. Incluso en discontinuidades muy cerradas, la abertura tiene un impacto significativo en la resistencia al corte de la discontinuidad.

La medida de la abertura se realizó con una regla de 30cm, donde se tomó el máximo valor de abertura para evaluarlo en la **Tabla 21**.



**Ilustración 61.** *Abertura de Discontinuidades, SubZona 1-001*

**Tabla 23. Parámetros de Abertura**

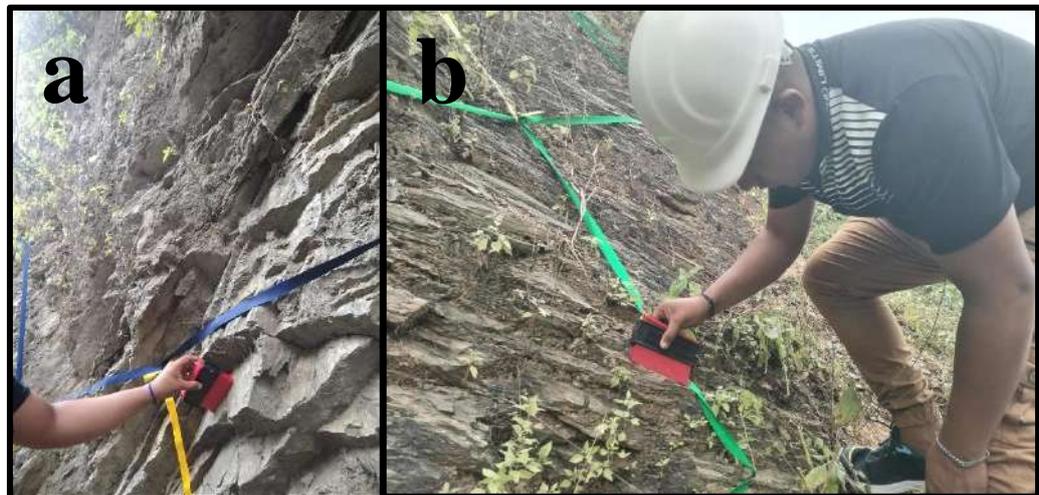
Abertura	Valor
nada	6
< 0.1 mm	5
0.1-1.0 mm	3
1-5 mm	1
> 5mm	0

Fuente: Clasificación RMR de Bieniawski (1989)

### d.3) Rugosidad

Es el parámetro que define la resistencia al corte de una discontinuidad

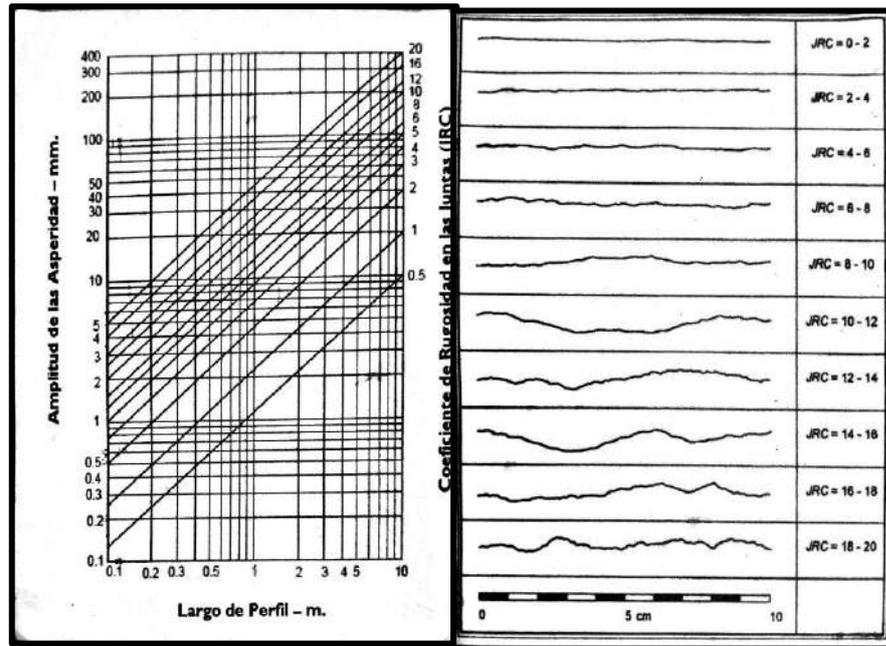
La medida de la abertura se realizó con la herramienta del peine de Barton donde se tomó promedio de 1 a 3 muestras por estacione.



**Ilustración 62. Rugosidad de la E-4(a), E-5(b)**

Luego se procedió a la evaluación de la rugosidad por los siguientes parámetros:

Ilustración 63. Parámetros de rugosidad (JRC)



Fuente: Clasificación RMR de Bieniawski (1989)

#### d.4) Relleno

Para calcular el relleno, se toman medidas donde se encuentra material separando los muros de discontinuidad adyacentes y el material es diferente de la roca que aparece entre los muros de discontinuidad. Se deberán describir todos los aspectos relacionados con su estado y características. (Para materiales blandos o modificados, las propiedades pueden variar según el contenido de humedad).

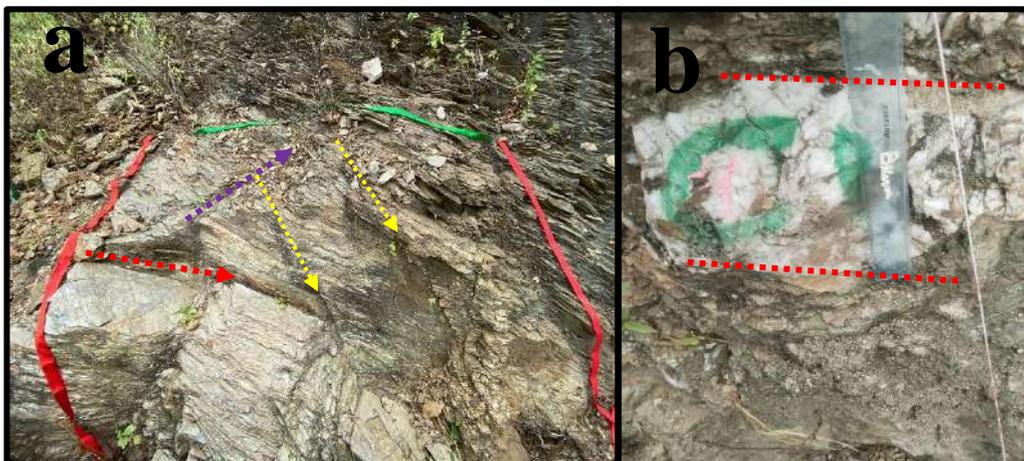


Ilustración 64. a) relleno blando espesores mínimos, b) relleno duro espesores máximos

- a) Se logró observar en la parte de relleno son de espesores mínimos con la ayuda de una regla se verifico la medida, luego procedimos a ver el tipo de relleno es de material blando
- b) Se logro observar un relleno de un material blanco (Vetas de Cuarzo); relleno material duro

se concluyó con la evaluación de la siguiente **Tabla 25** para cada tipo de rellenos que se encuentra en la muestra:

**Tabla 24.** *Parámetros de Relleno*

Relleno	Valor
Ninguno	6
Relleno duro < 5mm	4
Relleno duro > 5mm	2
Relleno blando < 5mm	2
Relleno blando > 5mm	0

Fuente: Clasificación RMR de Bieniawski (1989)

#### **d.5) Alteración**

La observación directa del macizo rocoso es la mejor manera de estimar el grado de alteración (meteorización). Se recomienda fragmentar algún trozo de roca para facilitar la observación. **Tabla 26** elaborado por la ISRM, permite poseer una guía del grado de meteorización del macizo rocoso, donde cuanto mayor es la meteorización mayor será su número de evaluación dentro de un rango de I a VI siendo este último suelo. En las Figuras se ilustran distintos macizos rocosos afectados la meteorización.

**Tabla 25.** Evaluación del grado

Grado de meteorización	Tipo	Descripción
I	Fresco	No aparecen signos de meteorización.
II	Ligeramente meteorizado	La decoloración indica alteración del material rocoso y de las superficies de discontinuidad. Todo el conjunto rocoso está decolorado por meteorización.
III	Moderadamente meteorizado	Menos de la mitad del macizo rocoso aparece descompuesto y/o transformado en suelo. La roca fresca o decolorada aparece como una estructura continua o como núcleos aislados.
IV	Altamente meteorizado	Más de la mitad del macizo rocoso aparece descompuesto y/o transformado en suelo. La roca fresca o decolorada aparece como una estructura continua o como núcleos aislados.
V	Completamente meteorizado	Todo el macizo rocoso aparece descompuesto y/o transformado en suelo. Se conserva la estructura original del macizo rocoso.
VI	Suelo residual	Todo el macizo rocoso se ha transformado en un suelo. Se ha destruido la estructura del macizo y la fábrica del material.

Fuente: ISRM, 1981.



**Ilustración 65.** Meteorización del macizo rocoso de grado III, SubZona 3-001



**Ilustración 66.** Meteorización del macizo rocoso grado III, Zona 4

Luego se procedió a darle un valor número que está en función en el grado de Meteorización del macizo rocoso, **Tabla 27**.

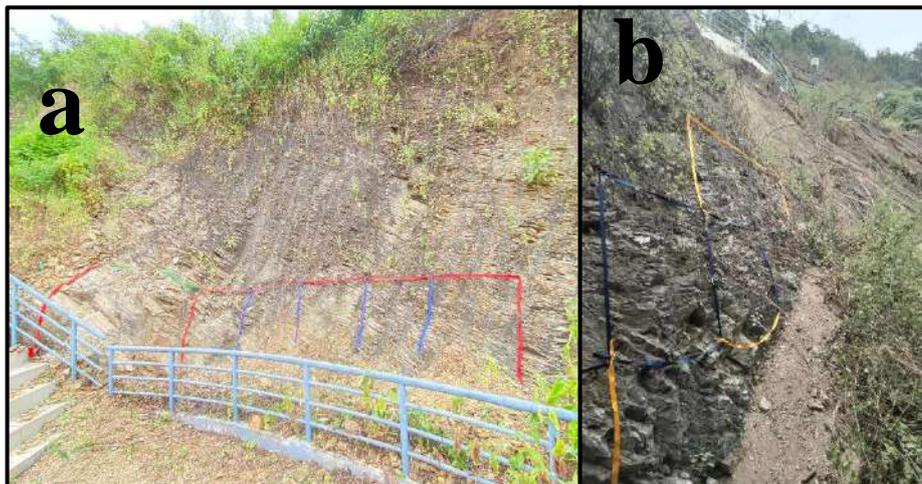
**Tabla 26.** Clasificación según la alteración del macizo.

Alteración	Valor
Inalterada	6
Ligeramente Alterada	5
Moderadamente Alterada	3
Muy Alterada	1
Descompuesta	0

Fuente: Clasificación RMR de Bieniawski (1989)

**f) Fluido de agua en discontinuidades**

**Tabla 25**, Se describen las discontinuidades de filtración de agua. El agua generalmente se produce dentro de un macizo rocoso fluyendo a través de fracturas (permeabilidad secundaria), pero en algunas rocas permeables se producen fugas a través de la matriz rocosa (permeabilidad primaria) que se vuelven significativas.



**Ilustración 67.** Circulación de flujo de agua por la presencia de vegetación: (a) Zona 3, (b) Zona 4

**Tabla 27.** *Parámetros de flujo de aguas en las juntas*

Flujo de agua en las juntas	
Condiciones Generales	Valor
Completamente secas	15
Ligeramente húmeda	10
Húmedas	7
Goteando	4
Agua Fluyendo	0

Fuente: Clasificación RMR de Bieniawski (1989)

A partir del RMR podemos obtener la calidad de la roca **Tabla 26** además proporciona una serie de parámetros como tenemos el ángulo de fricción por la siguiente fórmula:

$$\diamond F_i = 5 + (RMR/2) \dots \dots \dots \text{Bieniawski (1989)}$$

Cohesión dado por:

$$\diamond C = 5 * RMR \dots \dots \dots \text{Bieniawski (1989)}$$

**Ilustración 68.** *Parámetros de la calidad de la roca*

Clase	Calidad de la roca	RMR			Cohesión	Angulo de rozamiento
I	Muy buena	81	-	100	> 4 kg/cm <sup>2</sup>	>45°
II	Buena	61	-	80	3-4 kg/cm <sup>2</sup>	35°-45°
III	Regular	41	-	60	2-3 kg/cm <sup>2</sup>	25°-35°
IV	Mala	21	-	40	1-2 kg/cm <sup>2</sup>	15°-25°
V	Muy mala	0	-	20	<1 kg/cm <sup>2</sup>	<15°

Fuente: Bieniawski, 1989

### Q DE BARTON

Los parámetros geotécnicos del macizo rocoso se pueden estimar utilizando esta clasificación geomecánica, cuyo índice Q oscila entre 1/1000 y 1000 los cuales clasifica el macizo rocoso como:

TABLA DE CLASIFICACIÓN FINAL	(Q)
Excepcionalmente malo	< 0,01
Extremadamente malo	0,01 – 0,1
Muy malo	0,1 – 1
Malo	1 – 4
Medio	4 – 10
Bueno	10 – 40
Muy bueno	40 – 100
Extremadamente bueno	100 – 400
Excepcionalmente bueno	> 400

Se calcula utilizando seis parámetros geotécnicos :

$$Q = \left(\frac{RQD}{J_n}\right) \cdot \left(\frac{J_r}{J_a}\right) \cdot \left(\frac{J_w}{SRF}\right)$$

Podemos determinar que término tiene mayor o menor peso en la evaluación del índice Q y, por lo tanto, su impacto en la calidad del macizo rocoso a partir de las puntuaciones de cada bloque. Donde:

**RQD:** Mide el grado de un macizo rocoso y se mide en porcentaje.

**J<sub>n</sub>:** Es el índice de número de familias.

*Tabla 28. Parámetros de familias de discontinuidades.*

INDICE DE DIACLASADO J <sub>n</sub>	VALOR
Roca masiva	0,5-1
Una familia de diaclasas	2
Idem con otras diaclasas ocasionales	3
Dos familias de diaclasas	4
Idem con otras diaclasas ocasionales	6
Tres familias de diaclasas	9
Idem con otras diaclasas ocasionales	12
Cuatro o más familias, roca muy fracturada	15
Roca triturada	20

Fuente: Índice Q. Barton, 2000

**Jr:** Índice de rugosidad de las discontinuidades.

*Tabla 29. Índice de rugosidad*

INDICE DE RUGOSIDAD	Jr	VALOR
Diaclasas rellenas		1
Diaclasas limpias		
Discontinuas		4
Onduladas rugosas		3
Onduladas lisas		2
Planas rugosas		1.5
Planas lisas		1
Lisos o espejos de falla		
Ondulados		1.5
Planos		0.5

Fuente: Índice Q. Barton, 2000

**Ja:** Índice de alteración de las discontinuidades.

*Tabla 30. Índices de alteración de la junta*

INDICE DE ALTERACIÓN	Ja	VALOR
Diaclasas de paredes sanas		0,75 - 1
Ligera alteración		2
Alteraciones arcillosas		4
Con detritos arenosos		4
Con detritos arcillosos preconsolidados		6
Idem poco consolidados		8
Idem expansivos		8-12
Milonitos (productos de trituración) de roca y arcilla		6-12
Milonitos de arcilla limosa		5
Milonitos de arcilla limosa		10-20

Fuente: Índice Q. Barton, 2000

**Jw:** Factor de reducción con presencia de agua.

**Tabla 31.** Factores de reducción por la presencia de agua

COEFICIENTE REDUCTOR POR LA PRESENCIA DE AGUA JW	PRESIÓN DE AGUA (KG/CM2)	VALOR
Excavaciones secas a con < 5l/min localmente	< 1	1
Afluencia media con lavado de algunas diaclasas	1-2,5	0,66
Afluencia importante por diaclasas limpias	2,5 - 10	0.5
Ídem con lavado de diaclasas	2,5 - 10	0,33
Afluencia excepcional inicial, decreciente con el tiempo	> 10	0,2 – 0,1
Ídem mantenida	> 10	0,1 – 0,05

Fuente: Índice Q. Barton, 2000

**SRF:** Evalúa el estado tensional del macizo rocoso.

**Tabla 32.** Factor de reducción por esfuerzos.

PARÁMETRO SRF	VALOR
Zonas débiles	
Multitud de zonas débiles	10
Zonas débiles aisladas, con arcilla o roca descompuesta (cobertura $\leq 50m$ )	5
Ídem con cobertura $> 50m$	2.5
Abundantes zonas débiles en roca competente	7.5
Zonas débiles aisladas en roca competente (cobertura $\leq 50m$ )	5
Ídem con cobertura $> 50m$	2.5
Terreno en bloques muy fracturado	5
Roca competente	
Pequeña cobertura ( $\sigma_c / \sigma_1 > 200$ )	2,5
Cobertura media ( $200 > \sigma_c / \sigma_1 > 10$ )	1
Gran cobertura ( $10 > \sigma_c / \sigma_1 > 5$ )	0,5 – 2,0
Terreno fluyente	
Con bajas presiones	5 – 10
Con altas presiones	10 - 20
Terreno expansivo	
Con presión de hinchamiento moderada	5 – 10
Con presión de hinchamiento alta	10 - 15

Fuente: Índice Q. Barton, 2000

## Análisis con el programa Slide

Slide es un software de análisis de estabilidad de pendientes 2D que calcula la estabilidad utilizando el método de equilibrio límite. El componente de estado final incluye análisis de aguas subterráneas y combina capacidades de análisis de sensibilidad, probabilidad y retrospectiva.

A continuación se muestra el proceso de como obtener el phi de rotura de un terreno además analizaremos las probabilidades de la zona de rotura, mostrando los factores de seguridad.

El primer paso es crear la superficie de rotura, pero antes de esto debemos tener un perfil topografico, y definir mediante layers de líneas o polilíneas el contorno, el perfil, las posibles líneas de roturas, los niveles freáticos y guardar todo en un dxf.

1. Importar en dxf
2. Layer → opción del slide
  - Superficies de rotura → Non-circ failure (superficies de rotura circulares luego se hará con weak layer pero se debe definir el material primero)
  - Nivel mínimo de agua → Water table (NF antes del deslizamiento)
  - Contactos litológicos → Material boundary (lo que divide los materiales)
  - Contorno externo → External boundary (contorno de evaluación)
3. Darle “ok” a todos los materiales
4. Editar los materiales
  - Seleccionar en el plano “**anticlick**” → “**assigne material**”
  - Seleccionar en el plano “**anticlick**” → “**Material properties**”
  - Editar un material solo para “**superficie de rotura**”  
Cohesion=0 kpa phi=7.5(mínima)
5. ir a **ANALISIS**
  - Projet Setting**
  - Metodos**
    - $\sqrt{\text{GLE/Morgan- Price}}$
    - Spencer
    - Sarma
  - General**
    - Failuire direccion** (fijarse la dirección del deslizamiento)

## Statistics

- Sensitivity analysis

### 5. ir a ESTADISTICS

**Superficie de rotura** (vamos a variar este material, porque sobre este se hará el retroanálisis)

#### Add

- phi (una superficie de rotura no tiene cohesión y el peso unitario puede variar pero casi nada)

**Mean = 7.8 rel. Min= 5 rel. Max.=5** (esto es variable es el rango de la gráfica)

### 6. Importar en dxf

Layer → opción del slide

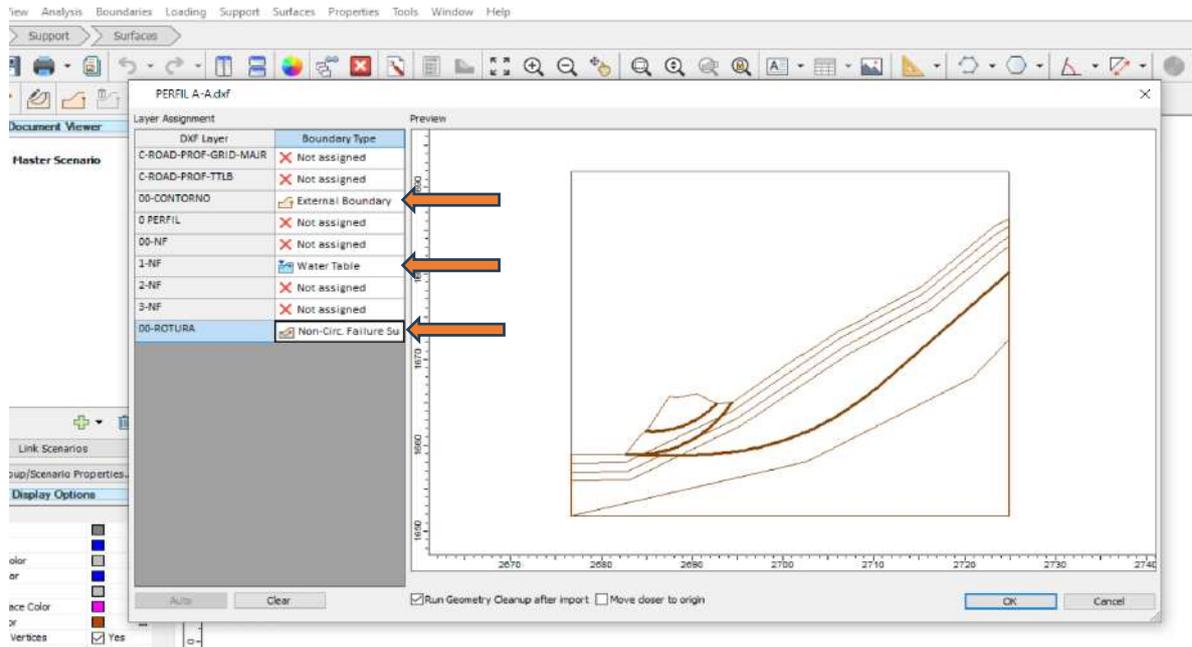
Superficies de rotura → Weak layer.

### 7. Definir el material con el material creado de “superficie de rotura”

### 8. definir el área de análisis

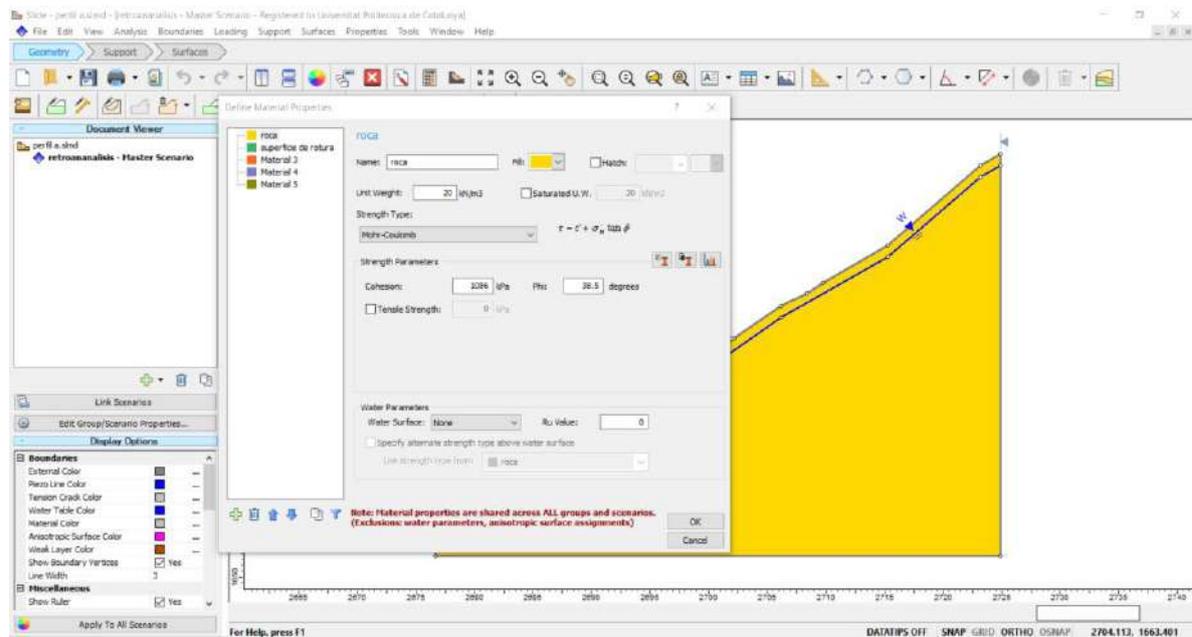
### 9. calcular el retro análisis en el icono de calculadora

Ahora se pondrá de ejemplo mediante pantallas el procedimiento, el layer 00-CONTORNO en el dibujo de autocad es el contorno del perfil a analizar, por lo tanto será el “external Boundary”, el layer 1-NF es la línea de nivel freático de a -1.00m que se analizará para la primera instancia por lo tanto será “water table” que analiza como nivel freático, mas no como puntos de pozos piezométricos, y el layer 00-ROTURA es las líneas de rotura, el análisis serán con análisis no circular, para que sean líneas muy pequeñas, esta opción solo es para crear la superficie de rotura, que en el análisis es como si hubiera un material tan fino en la línea de rotura pero que este material no tiene ángulo de fricción



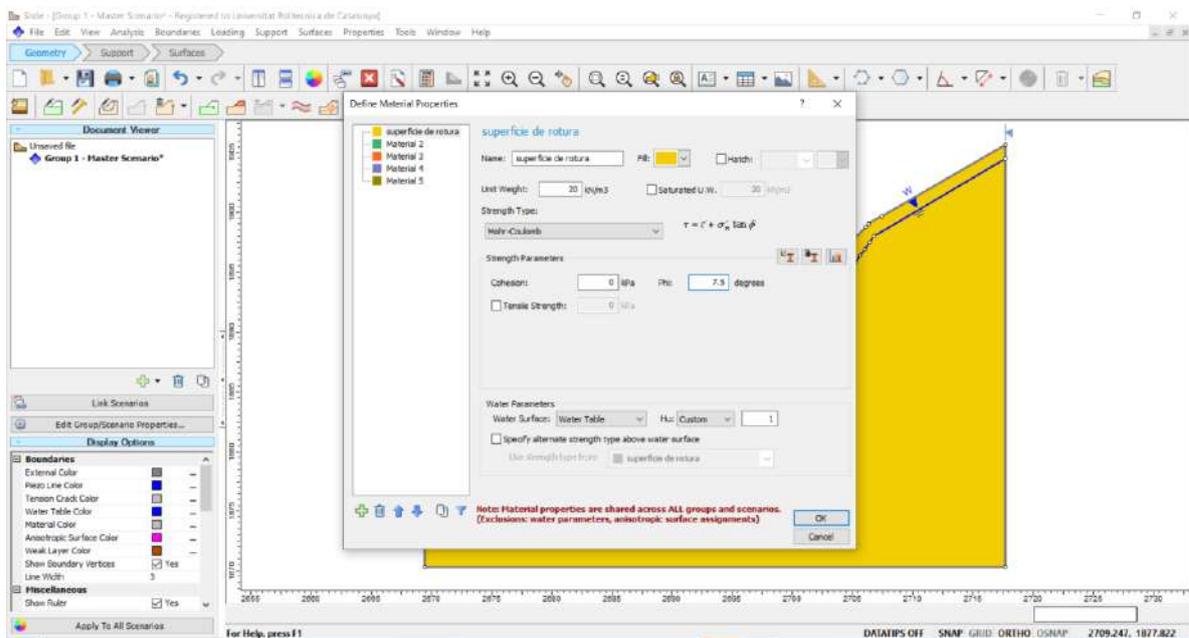
*Ilustración 69.* Pantalla del programa Slide, definición de layers para superficie de rotura

Una vez creada la superficie definimos materiales, en este caso es un solo material (lutitas) pero también debemos definir la superficie de rotura como un material



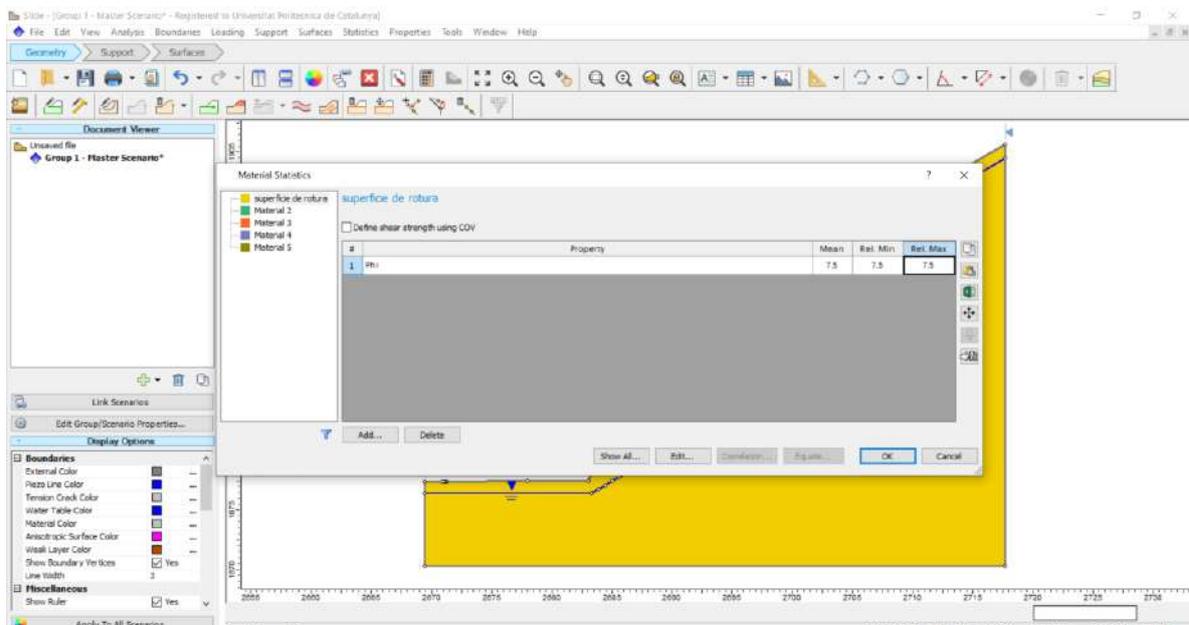
*Ilustración 70.* Pantalla del programa Slide, definición de materiales

La superficie de rotura no tiene cohesión y lo que necesitamos es encontrar el phi en que rompe por lo tanto empezaremos con un valor central de 7.5 grados y mediante el retroanálisis obtendremos una gráfica de factor de seguridad versus phi de rotura.



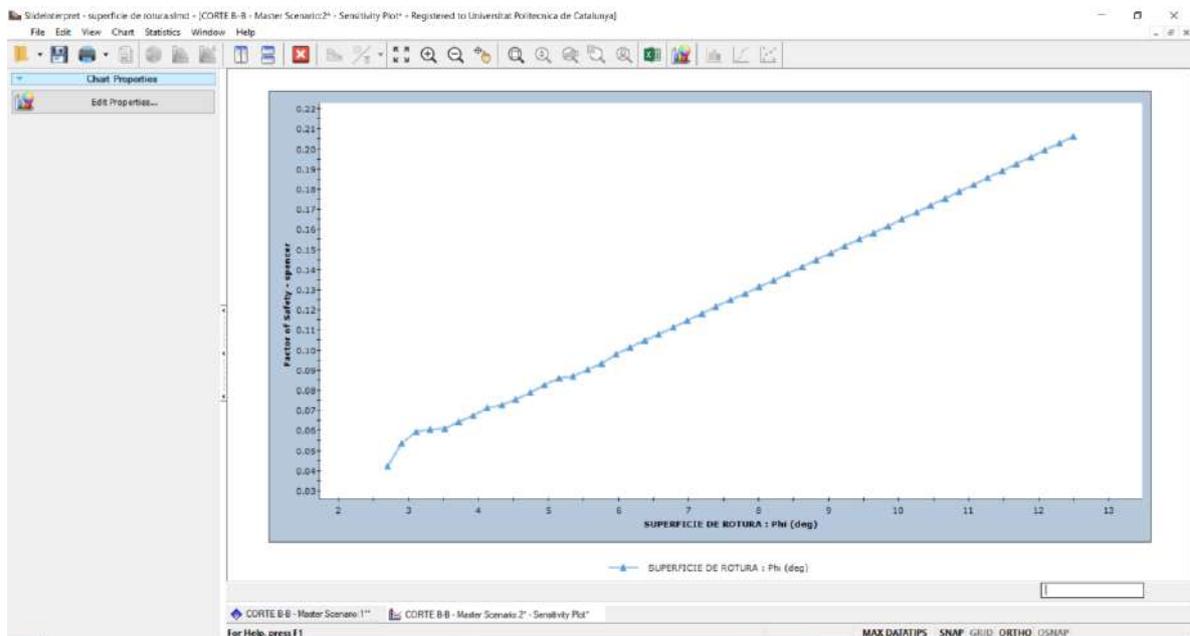
*Ilustración 71. Pantalla del programa Slide, definición de materiales en superficie de rotura*

Lo definimos en estadísticas, así como indica la siguiente imagen:



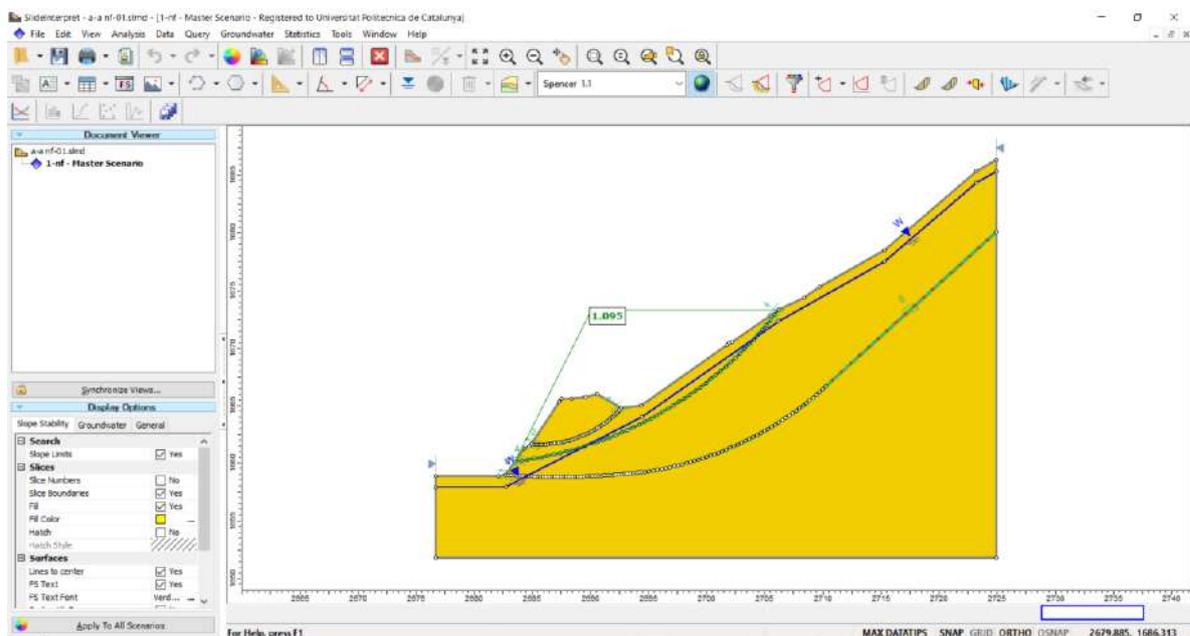
*Ilustración 72. Pantalla del programa Slide, estadística para el retro análisis*

Obtendremos los siguientes resultados, de aquí vemos que para encontrar el punto de equilibrio ósea cuando el factor de seguridad es 1 el phi de rotura es mayor a 15 grados, y así debemos seguir cambiando los valores hasta encontrar el phi para el fs=1.



**Ilustración 73.** Pantalla del programa Slide, ploteo de gráfica de phi vs factor de seguridad

Cuando se haya encontrado mediante retro análisis el phi de rotura (volvemos a analizar)



**Ilustración 74.** Pantalla del programa Slide, resultado del factor de seguridad después del retro análisis

Cuando obtengamos un valor similar a este habremos encontrado el phi de rotura, este nos servirá para saber por dónde y a qué ángulo falla o se desliza

**Elaboración de planos de los sistemas de estabilización del talud**

Una vez obtenido los resultados de campo se evaluará el talud mediante el programa slide y se dará posibles soluciones, de estas soluciones se elegirá la más factible.

**Elaboración del análisis económico de la estabilización del talud**

Cuando se haya dado la solución final, se hará un presupuesto económico con los datos que se puedan encontrar en internet de estas posibles soluciones, puesto que es difícil a este nivel de tesis y con el tiempo limitado, acudir a empresas que nos brinden información precisa, porque cada proyecto en estabilización es diferente.

Tabla 33. Matriz de consistencia

TITULO	VARIABLES	PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	METODOLOGIA
<b>ANÁLISIS COMPARATIVO DE ESTABILIDAD DE TALUDES MEDIANTE LAS ECUACIONES DE EQUILIBRIO LÍMITE: METODO DE MORGENSTER N-PRICE, SPENCER, SARMA</b>	Factor de seguridad del talud	¿Cuál método tiene mayor factor de seguridad que asegure la estabilidad del talud del cerro Chalpón cuando este análisis se realiza mediante las ecuaciones de equilibrio límite Morgenstern-Price, Spencer y Sarma?	Comparar las ecuaciones de equilibrio límite Morgenstern-Price, Spencer, Sarma aplicado a la estabilidad del talud del cerro Chalpón, distrito de Motupe	La aplicación de las ecuaciones de equilibrio límite por el método de Morgenstern-Price, tiene mayor factor de seguridad en la estabilidad del talud que por el método Spencer, Sarma.	i. Recopilación de la información bibliográfica. ii. Recopilación de información en campo iii. Procesamiento de la información. iv. Análisis de la información. v. Obtención de resultados vi. Discusión de los resultados.
	<b>DIMENSIONES</b>	<b>PROBLEMAS ESPECIFICOS</b>	<b>OBJETIVO ESPECIFICO</b>		
	-Cohesión -Angulo de fricción -Peso específico	¿Cuál es ángulo residual $\phi$ mínimo para que el talud empiece a deslizarse?	-Clasificar el macizo rocoso mediante los índices de Bieniawski		

	-Topografía		(R.M.R) y Barton (índice de calidad “Q”).		Conclusiones y recomendaciones
		¿Cuáles son los planos estereográficos del talud?	Medir la orientación del talud y las diaclasas mediante proyecciones estereográficas.		
		¿Cuál es el factor de seguridad actual del talud según la ecuación de equilibrio límite de Morgenstern-Price?	Evaluar los factores de seguridad de la estabilidad del talud mediante la ecuación de equilibrio limite Morgenstern-Price		
		¿Cuál es el factor de seguridad actual del talud según la ecuación de equilibrio límite de Spencer?	Evaluar los factores de seguridad de la estabilidad del talud mediante la ecuación de equilibrio limite Spencer		
		¿Cuál es el factor de seguridad actual del talud	Evaluar los factores de seguridad de la		

		según la ecuación de equilibrio límite de Sarma?	estabilidad del talud mediante la ecuación de equilibrio límite Sarma		
		¿Cuál es ángulo residual $\phi$ mínimo para que el talud empiece a deslizarse?	Encontrar mediante retro análisis el ángulo residual ' $\phi$ ' de las superficies de rotura, para un factor de seguridad muy próximo a 1.		
		¿Cómo se puede estabilizar el talud para obtener factores de seguridad mayores a 1.3?	Proponer una estabilización del talud para un factor de seguridad mayor a 1.3 por los métodos Morgenstern-Price, Spencer y Sarma		
		¿Cuál es la mejor propuesta económica de las soluciones?	- Elaborar un análisis económico de las propuestas de solución.		

			-Elaborar los planos y especificaciones técnicas de la posible solución.		
--	--	--	--	--	--

## Resultados y Discusión

### *Peso específico de sólidos*

Se solicitó el ensayo a un laboratorio certificado, donde arrojó como resultado 2.7 ton/m<sup>3</sup>



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chidayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: lemswyceirl@gmail.com

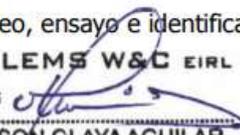
Solicitante : EDGAR ALONSO BECERRA CARRILLO  
Proyecto : ANÁLISIS COMPARATIVO DE ESTABILIDAD DE TALUDES MEDIANTE LAS ECUACIONES DE EQUILIBRIO LÍMITE: MÉTODO DE MORGENSTERN PRICE, SPENCER, SARMA  
Ubicación : Prolong. Bolognesi Km 3.5  
Fecha de Apertura : Lunes, 26 de setiembre del 2022  
Muestra de Suelo: Cerro chalpon, Motupe , Lambayeque

ENSAYO : SUELO. Método de suelo para determinar el peso específico relativo de las particular solidas de un suelo  
REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.131 : 1999

<i>Calicata</i> : C-1	
<i>Muestra</i> : M-1	
<i>Profundidad</i> : 0.00m - 0.50 m	
Gravedad Específica de Sólidos (G <sub>s</sub> )	<b>2.70</b>

Observación:

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.

  
LEMS W&C EIRL  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
  
Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

### *Ensayo triaxial*

Se solicitó el ensayo a un laboratorio certificado, donde arrojó como resultado un ángulo de fricción interna 38.5° y cohesión 11.08kg/ cm<sup>2</sup>



### Laboratorio de Ensayo de Materiales

CÓDIGO LAB: VC22-LEM-465-002	ÁREA: LAC	VERSIÓN: 1	PÁGINAS: 1 de 1
---------------------------------	--------------	---------------	--------------------

**PROYECTO** : ANÁLISIS COMPARATIVO DE ESTABILIDAD DE TALUDES MEDIANTE LAS ECUACIONES DE EQUILIBRIO LÍMITE: METODO DE MORGENSTERN-PRICE, SPENCER, SARMA  
**UBICACIÓN** : LAMBAYEQUE, MOTUPE  
**SOLICITANTE** : RECERRA CARRILLO EDGAR ALONSO  
**ATENCIÓN** : RECERRA CARRILLO EDGAR ALONSO  
**F. EMISIÓN** : 27/10/2022

**F. ENSAYO** : 25/10/2022  
**REALIZADO** : Tec. Jorge Bolo  
**APROBADO** : Ing. Yashin Bolo

**MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA PRUEBA DE COMPRESIÓN TRIAXIAL EN ROCAS  
ASTM D7012-T4 (Método A)**

**REFERENCIAS DE LA MUESTRA**

<b>TIPO DE ROCA</b> : Intrusiva / Granito	<b>PROFUNDIDAD</b> : Superficial
<b>PROCEDECENCIA</b> : Lambayeque, Motupe, Cerro Chalpon	<b>SONDAJE</b> : No Indica

Especimen	N°	1	2	3
Díametro (cm)		7.14	7.14	7.14
Altura (cm)		14.19	14.19	14.19
Área (cm <sup>2</sup> )		40.04	40.04	40.04
Relación altura / diámetro R <sub>H/D</sub>		1.99	1.99	1.99
Humedad de la muestra (%)		0.5	0.5	0.5
Temperatura durante el ensayo (°C)		26.5	26.6	27.0
Presión de Confinamiento (kg/cm <sup>2</sup> )		20.0	40.0	60.0
Velocidad de ensayo (Mpa/min)		0.75	0.75	0.75
Tiempo hasta la falla (seg)		74	68	59
Fuerza máxima (kg)		4578	6897	9847
Est. desviador de falla D <sub>s</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )		114.3	172.8	245.9







**PARAMETROS DE RESISTENCIA**

Ángulo de fricción interna:	38.5°
Cohesión:	11.08 kg/cm <sup>2</sup>

**OBSERVACIONES:**  
Muestra provista e identificada por el solicitante.



USAT  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD

RIVERA BOLTA JENY  
TÉCNICO DE LABORATORIO





YASHIN BOLO SILDANA  
INGENIERO CIVIL  
Reg. N° CP: 253773

**Laboratorio de Ensayo de Materiales y Control de Calidad**

www.vicatconstruccion.com / Informes@vicatconstruccion.com  
 Dirección: Villa Esperanza Mz. F. U. 10 Km. 18.5 Túpac Amaru -  
 CONTACTO: (011) 787-1039

**Ensayo compresión simple**

Se solicitó el ensayo a un laboratorio certificado, donde se obtuvo como resultado para muestra 1 de 667.4 kg/cm<sup>2</sup>, muestra 2 de 638.0 kg/cm<sup>2</sup> y muestra 3 de 659.6kg/cm<sup>2</sup>.



**VICAT**  
LABORATORIO Y CONTROL DE CALIDAD EN OBRA

**Laboratorio de Ensayo de Materiales**

VERSIÓN: 1  
PÁGINAS: 1 de 1

---

**PROYECTO** : ANÁLISIS COMPARATIVO DE ESTABILIDAD DE TALUDES MEDIANTE LAS ECUACIONES DE EQUILIBRIO LÍMITE; MÉTODO DE MORGENSTERN-PRICE, SPENCER, SARMA

**UBICACIÓN** : LAMBAYEQUE, MOTUPE

**SOLICITANTE** : BECERRA CARRILLO EDGAR ALONSO

**ATENCIÓN** : BECERRA CARRILLO EDGAR ALONSO

**F. EMISIÓN** : 27/10/2022

**F. ENSAYO** : 25/10/2022

**REALIZADO** : Tec. Jorge Bolo

**APROBADO** : Ing. Yashin Bolo

---

**MÉTODO DE ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL EN MUESTRAS CILÍNDRICAS DE ROCA  
ASTM D7012 - MÉTODO C**

---

**REFERENCIAS DE LA MUESTRA**

**TIPO DE ROCA** : Intrusiva / Granito

**PROCEDECIA** : Lambayeque, Motupe, Cerro Chalpon

**PROFUNDIDAD** : Superficial

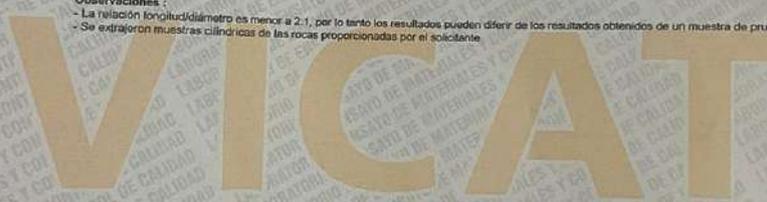
**FC DE LA MUESTRA** : -

Perforación N°	L (mm)	D (mm)	A (cm <sup>2</sup> )	R.L/D	F. Máxima (kg)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
M-1	10.06	5.08	20.29	1.98	13542.30	667.4
M-2	10.03	5.06	20.11	1.98	12828.60	638.0
M-3	10.05	5.08	20.27	1.98	13369.50	659.6

Contenido de humedad al momento del ensayo (ASTM D2216) : 0.2%

**Observaciones :**

- La relación longitud/diámetro es menor a 2:1, por lo tanto los resultados pueden diferir de los resultados obtenidos de un muestra de prueba
- Se extrajeron muestras cilíndricas de las rocas proporcionadas por el solicitante



SOLUCIONES EFECTIVAS - SECTOR CONSTRUCCION



USAT  
LABORATORIO DE ENSAYO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

TECNICO DE LABORATORIO

*Rivadeneira Jblitas Denis*

Rivadeneira Jblitas Denis  
TECNICO DE LABORATORIO



YASHIN P. BOLS BOLLO SALAZAR  
INGENIERO CIVIL  
Reg. N° CIP: 263773

***Ensayo De Laboratorio***

Se realizo los ensayos en la universidad Santo Toribio de Mogrovejo obteniendo los siguientes resultados:

- ❖ Ensayo: Peso específico y Absorción del agregado grueso

Referencia: Norma ASTM C-127 ó N.T.P. 400.021

II .- Resultados	Z-1	Z-2	Z-3
A.- PESO ESPECIFICO DE MASA (g/cm <sup>3</sup> )	2.6	2.6	2.6
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN(%)	2.6	2.5	2.6

Se concluyo que el resultado de laboratorio para el peso específico es de **2.6 kg/cm<sup>3</sup>**.

- ❖ Ensayo: Contenido de humedad del agregado grueso

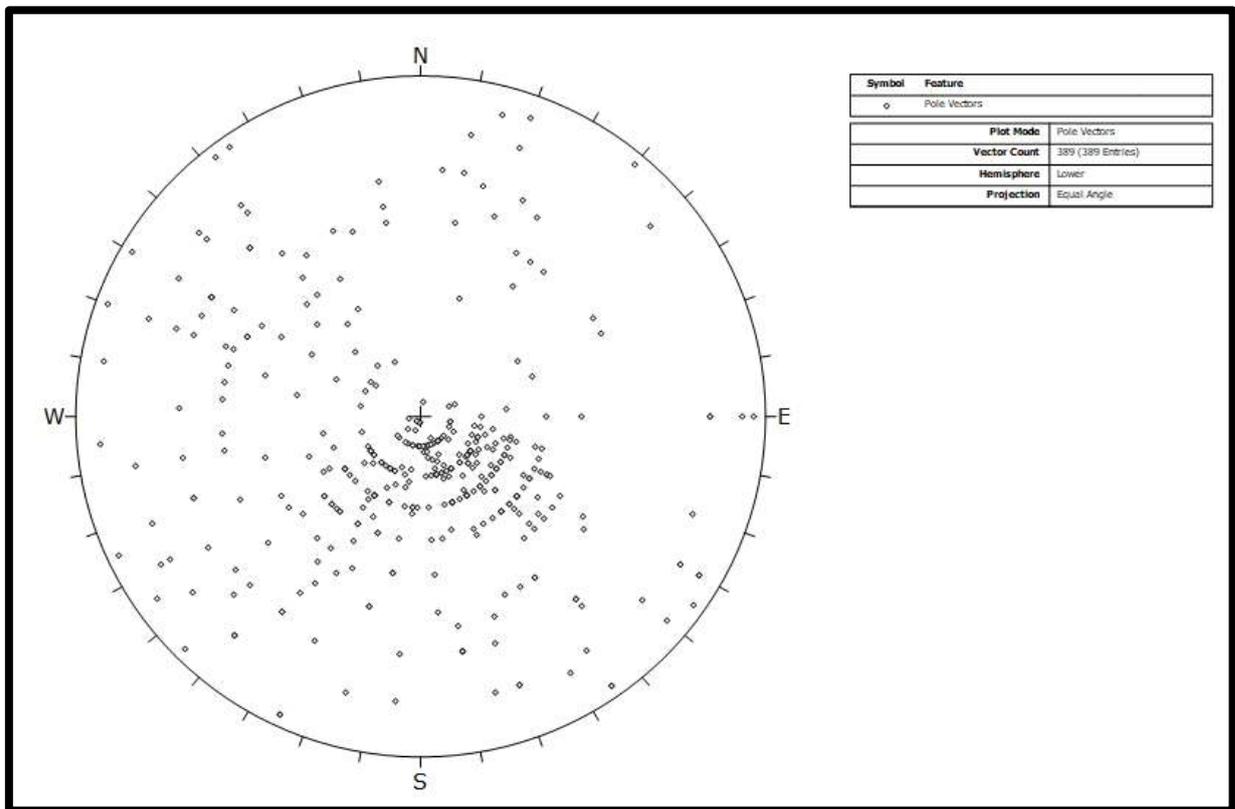
Referencia: Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

Muestras	Z-01	Z-02	Z-03
Contenido de humedad(%)	2.6	2.1	2.1

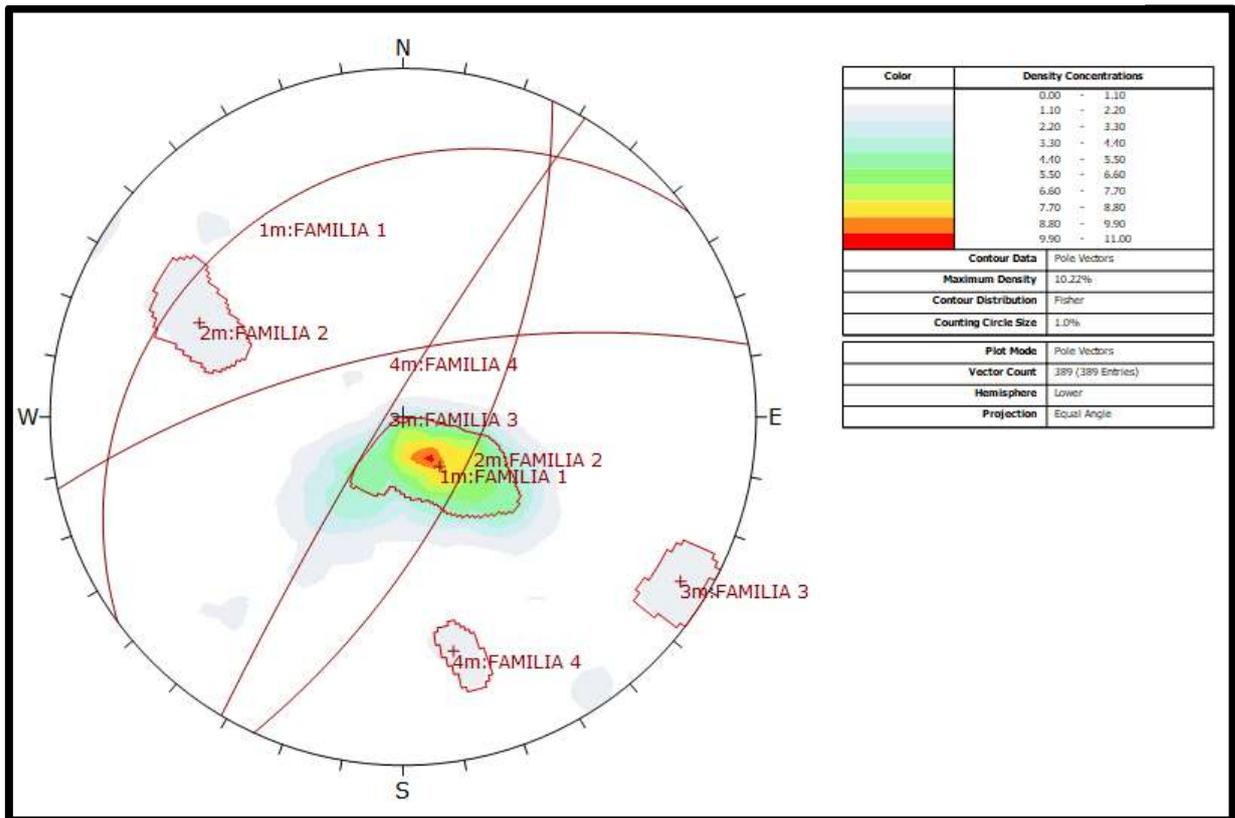
Se concluyó que el resultado de contenido de humedad es de **2.3%. Ver Anexo 03**

**CARACTERÍSTICAS DE LAS DISCONTINUIDADES**  
**CLASIFICACIÓN DE FAMILIAS POR MEDIO DEL SOFTWARE DIPS**

*Ilustración 75. Diagrama de distribución de Polos*



*Ilustración 76. Diagrama de contornos o frecuencias*



En el diagrama de contornos se muestra un total de cuatro familias de discontinuidades, donde la mayor concentración se encuentra en la familia 1.

Ilustración 77. Diagrama de falla en cuña

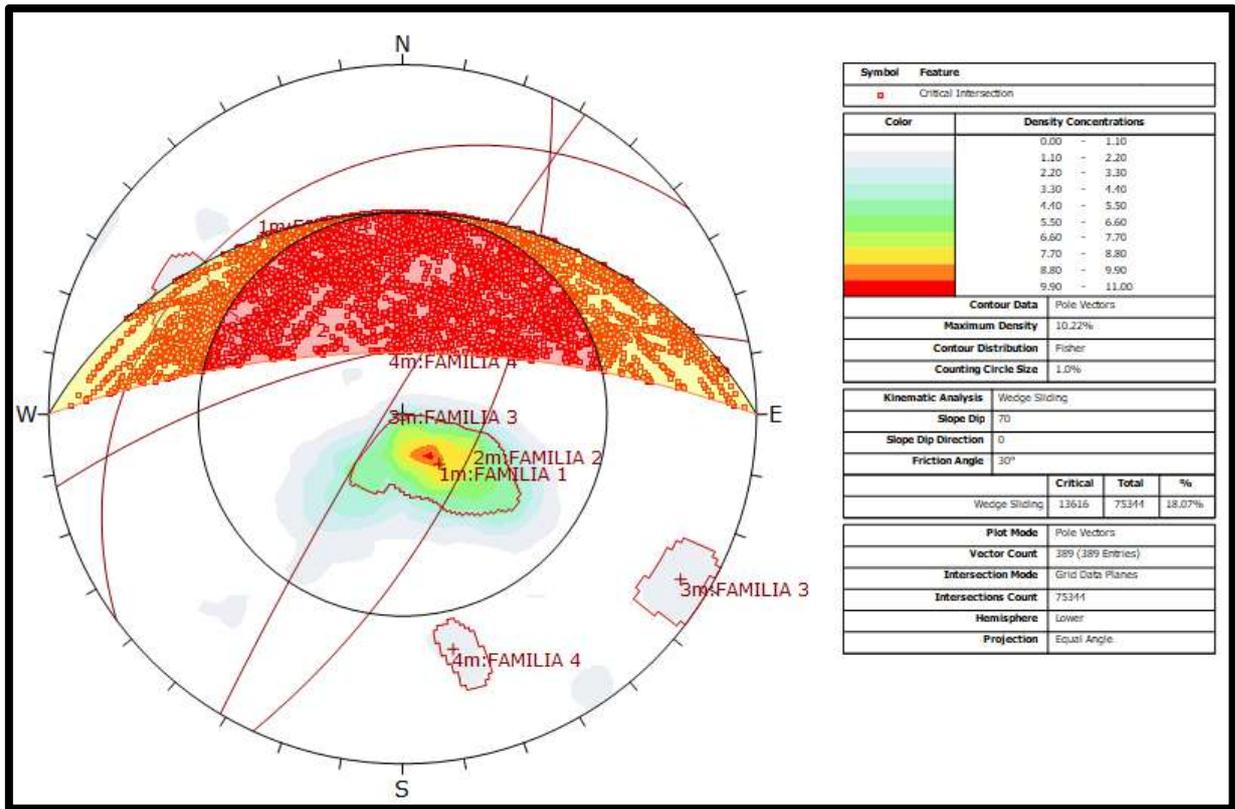
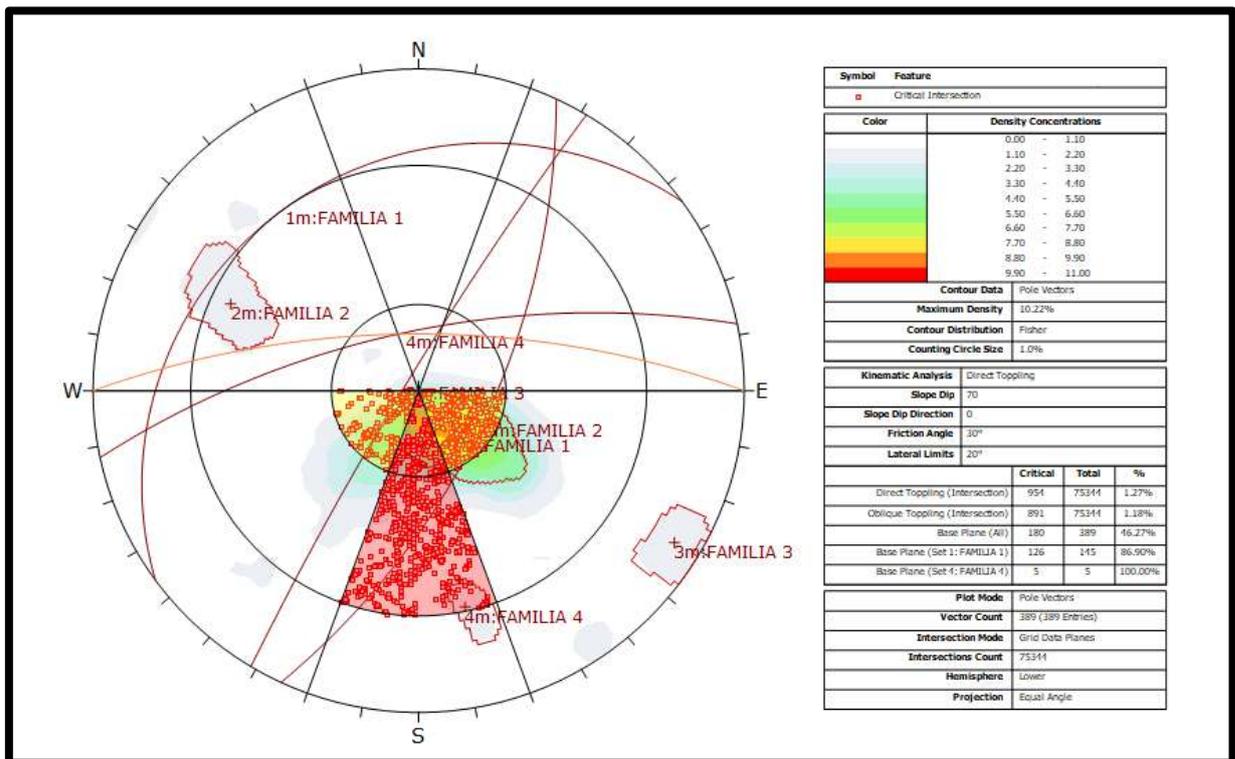


Ilustración 78. Diagrama de falla por vuelco directo (DIRECT TOPPLING)



Para la revisión de datos y mayor información ver **anexo 15**.

### ***Caracterización Material – RMR, Q de Barton***

A partir de trabajo en terreno, se genera una evaluación de la calidad estimada de los afloramientos evaluados, mediante determinación de índices de calidad de roca.

En la siguiente tabla se presenta tabla resumen con los parámetros, resumiendo la condición a partir de índices de RQD, RMR, Q de Barton, para cada uno de los afloramientos. El detalle de la metodología y valoración de cada parámetro de influencia se incluyen en anexos.

#### **Cálculos de los Parámetros del RMR de Bieniawski**

##### **❖ Parámetro: Resistencia de la matriz rocosa (MPa)**

Promedio del ensayo de compresión simple: **ZONA 1, ZONA 2, ZONA 3, ZONA 4, ZONA 5**

M-1	65	Mpa
M-2	63	Mpa
M-3	65	Mpa
PROMEDIO	64	Mpa

*Tabla 34. Promedio de compresión simple*

##### **❖ Parámetro: Cálculo de RQD**

ZONA 1

*Tabla 35. RQD, Zona 1*

Fuente: Elaboración Propia

E1	Familia					total Jv	RQD 110-2.5Jv
	1	2	3	4	5		
1-001	3	1	1	1	0	6	95 %
1-002	2	2	0	0	0	4	100 %
1-003	3	3	3	1	0	10	85 %
1-004	4	2	0	0	0	6	95 %
1-005	3	2	1	0	0	6	95 %
1-006	2	1	1	0	0	4	100 %
1-007	2	3	1	0	0	6	95 %
1-008	4	1	2	0	0	7	93 %
1-009	2	2	0	0	0	4	100 %
1-010	2	2	0	0	0	4	100 %
1-011	2	1	1	0	0	4	100 %
1-012	3	1	0	0	0	4	100 %
1-013	3	2	2	0	0	7	93 %
1-014	2	2	0	0	0	4	100 %
1-015	3	3	1	0	0	7	93 %
1-016	2	4	0	0	0	6	95 %
1-017	6	3	0	0	0	9	88 %

ZONA 2

Tabla 36. RQD, Zona 2

E2	Familia					total Jv	RQD 110-2.5Jv
	1	2	3	4	5		
2-001	2	4	1	0	0	7	93 %
2-002	2	1	1	0	0	4	100 %
2-003	1	1	2	0	0	4	100 %
2-004	2	2	1	0	0	5	98 %
2-005	2	1	1	0	0	4	100 %
2-006	1	2	1	0	0	4	100 %
2-007	1	2	0	0	0	3	103 %
2-008	2	1	0	0	0	3	103 %

Fuente: Elaboración Propia

ZONA 3*Tabla 37. RQD, Zona 3*

E3	Familia					total	RQD
	1	2	3	4	5	Jv	110-2.5Jv
3-001	2	1	1	0	0	4	100 %
3-002	1	1	1	1	0	4	100 %
3-003	4	5	2	0	0	11	83 %
3-004	2	1	1	0	0	4	100 %
3-005	2	3	4	0	0	9	88 %
3-006	3	2	0	0	0	5	98 %
3-007	4	4	0	0	0	8	90 %
3-008	4	1	1	0	0	6	95 %
3-009	2	1	3	0	0	6	95 %
3-010	3	1	0	0	0	4	100 %

Fuente: Elaboración Propia

ZONA 4*Tabla 38. RQD, Zona 4*

E4	Familia					total	RQD
	1	2	3	4	5	Jv	110-2.5Jv
4-001	4	1	0	0	0	5	98 %
4-002	4	0	0	0	0	4	100 %
4-003	3	1	1	0	0	5	98 %
4-004	5	2	2	0	0	9	88 %
4-005	3	2	1	0	0	6	95 %
4-006	2	2	4	0	0	8	90 %
4-007	6	1	1	0	0	8	90 %
4-008	4	2	0	0	0	6	95 %
4-009	3	1	1	0	0	5	98 %
4-010	7	0	0	0	0	7	93 %
4-011	6	0	0	0	0	6	95 %
4-012	2	4	0	0	0	6	95 %
4-013	2	1	1	0	0	4	100 %
4-014	4	0	0	0	0	4	100 %

Fuente: Elaboración Propia

ZONA 5.

E5	Familia					total	RQD
	1	2	3	4	5	Jv	110-2.5Jv
5-001	1	1	1	1	1	5	98 %
5-002	2	2	0	0	0	4	100 %
5-003	2	2	0	0	0	4	100 %
5-004	2	0	0	0	0	2	105 %
5-005	3	1	1	0	0	5	98 %
5-006	2	1	2	1	1	7	93 %
5-007	4	1	1	1	0	7	93 %

Fuente: Elaboración Propia

**TABLA DE RESULTADOS DE LAS ZONAS DEL RMR DE BIENIAWSKI**

## ZONA 1: Tabla de subzonas (ANEXO 09)

*Tabla 39. Clasificación según bieniawski , Zona 1*

TABLA RESUMEN DE ESTACIÓN 1								
E1	1-001	1-002	1-003	1-004	1-005	1-006	1-007	1-008
	Valor evaluado en campo							
RMR(1+2+3+4+5)	57 %	57 %	54 %	59 %	59 %	59 %	59 %	61 %
clase	II	II	III	III	III	III	II	III
Calidad	Buena	Buena	Regular	Regular	Regular	Regular	Buena	Regular
C=5*RMR	285.00 KPa	285.00 KPa	270.00 KPa	295.00 KPa	295.00 KPa	295.00 KPa	295.00 KPa	305.00 KPa
Fi=5+(RMR/2)	34 °	34 °	32 °	35 °	35 °	35 °	35 °	36 °

TABLA RESUMEN DE ESTACIÓN 1									
E1	1-009	1-010	1-011	1-012	1-013	1-014	1-015	1-016	1-017
	Valor evaluado en campo								
RMR(1+2+3+4+5)	53 %	55 %	55 %	54 %	56 %	55 %	55 %	57 %	62 %
clase	III	II							
Calidad	Regular	Buena							
C=5*RMR	265.00 KPa	275.00 KPa	275.00 KPa	270.00 KPa	280.00 KPa	275.00 KPa	275.00 KPa	285.00 KPa	310.00 KPa
Fi=5+(RMR/2)	32 °	33 °	33 °	32 °	33 °	33 °	33 °	34 °	36 °

Fuente: Elaboración Propia

## ZONA 2: Tabla de subZonas (ANEXO 10)

Tabla 40. Clasificación según bieniawski, Zona 2

TABLA RESUMEN DE ESTACIÓN 2								
	2-001	2-002	2-003	2-004	2-005	2-006	2-007	2-008
	Valor evaluado en campo							
<b>RMR(1+2+3+4+5)</b>	56 %	62 %	60 %	63 %	56 %	53 %	55 %	50 %
clase	III	II	III	III	III	III	II	III
Calidad	Regular	Buena	Regular	Regular	Regular	Regular	Buena	Regular
<b>C=5*RMR</b>	280.00 KPa	310.00 KPa	300.00 KPa	315.00 KPa	280.00 KPa	265.00 KPa	275.00 KPa	250.00 KPa
<b>Fi=5+(RMR/2)</b>	33 °	36 °	35 °	37 °	33 °	32 °	33 °	30 °

Fuente: Elaboración Propia

## ZONA 3: Tabla de subZonas (ANEXO 11)

Tabla 41. Clasificación según bieniawski, Zona 3

TABLA RESUMEN DE ESTACIÓN 3										
	2-001	2-002	2-003	2-004	2-005	2-006	2-007	2-008	2-009	2-010
	Valor evaluado en campo									
<b>RMR(1+2+3+4+5)</b>	52 %	50 %	49 %	52 %	50 %	50 %	55 %	55 %	58 %	50 %
clase	III									
Calidad	Regular									
<b>C=5*RMR</b>	260.00 KPa	250.00 KPa	245.00 KPa	260.00 KPa	250.00 KPa	250.00 KPa	275.00 KPa	275.00 KPa	290.00 KPa	250.00 KPa
<b>Fi=5+(RMR/2)</b>	31 °	30 °	30 °	31 °	30 °	30 °	33 °	33 °	34 °	30 °

Fuente: Elaboración Propia

## ZONA 4: Tabla de subZonas (ANEXO 12)

Tabla 42. Clasificación según bieniawski, Zona 4

TABLA RESUMEN DE ESTACIÓN 4														
E4	4-001	4-002	4-003	4-004	4-005	4-006	4-007	4-008	4-009	4-010	4-011	4-012	4-013	4-014
	Valor evaluado en campo													
RMR(1+2+3+4+5)	59%	54%	52%	54%	55%	52%	52%	49%	49%	49%	49%	49%	47%	54%
clase	III													
Calidad	Regular													
C=5*RMR	295.00 KPa	270.00 KPa	260.00 KPa	270.00 KPa	275.00 KPa	260.00 KPa	260.00 KPa	245.00 KPa	235.00 KPa	270.00 KPa				
Fi=5+(RMR/2)	35°	32°	31°	32°	33°	31°	31°	30°	30°	30°	30°	30°	29°	32°

Fuente: Elaboración Propia

## ZONA 5: Tabla de subZonas (ANEXO 13)

Tabla 43. Clasificación según bieniawski, Zona 5

TABLA RESUMEN DE ESTACIÓN 5							
E5	5-001	5-002	5-003	5-004	5-005	5-006	5-007
	Valor evaluado en campo						
RMR(1+2+3+4+5)	60%	55%	52%	59%	59%	57%	57%
clase	III						
Calidad	Regular						
C=5*RMR	300.00 KPa	275.00 KPa	260.00 KPa	295.00 KPa	295.00 KPa	285.00 KPa	285.00 KPa
Fi=5+(RMR/2)	35°	33°	31°	35°	35°	34°	34°

Fuente: Elaboración Propia

**TABLA DE RESULTADOS DE Q de BARTON.**

**ZONA 1**

*Tabla 44. Q Barton, Zona 1*

<b>E1</b>	<b>1-001</b>	<b>1-002</b>	<b>1-003</b>	<b>1-004</b>	<b>1-005</b>	<b>1-006</b>	<b>1-007</b>	<b>1-008</b>	<b>1-009</b>
	Valor evaluado en campo								
<b>RQD</b>	95 %	100 %	85 %	95 %	95 %	100 %	95 %	93 %	100 %
<b>Jn</b>	15	4	15	4	9	9	9	9	4
<b>Jr</b>	2	2	2	2	2	2	2	2	2
<b>Ja</b>	10	10	10	10	10	10	10	10	8
<b>Jw</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>SRF</b>	5	5	5	5	5	5	5	5	5
<b>Q de Barton</b>	0.253	1.000	0.227	0.950	0.422	0.444	0.422	0.411	1.250
<b>Calificación</b>	Muy mala	mala							

<b>E1</b>	<b>1-010</b>	<b>1-011</b>	<b>1-012</b>	<b>1-013</b>	<b>1-014</b>	<b>1-015</b>	<b>1-016</b>	<b>1-017</b>
	Valor evaluado en campo							
<b>RQD</b>	100 %	100 %	100 %	93 %	100 %	93 %	95 %	88 %
<b>Jn</b>	4	9	4	9	4	9	4	4
<b>Jr</b>	2	2	2	2	2	2	2	2
<b>Ja</b>	8	8	8	8	8	8	8	8
<b>Jw</b>	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>SRF</b>	5	5	5	5	5	5	5	5
<b>Q de Barton</b>	1.250	0.556	1.250	0.514	1.250	0.514	1.188	1.094
<b>Calificación</b>	mala	muy mala	mala	muy mala	mala	mala	muy mala	muy mala

Fuente: Elaboración Propia

**ZONA 2***Tabla 45. Q Barton, Zona 2*

<b>E2</b>	<b>2-001</b>	<b>2-002</b>	<b>2-003</b>	<b>2-004</b>	<b>2-005</b>	<b>2-006</b>	<b>2-007</b>	<b>2-008</b>
	Valor evaluado en campo							
<b>RQD</b>	93 %	100 %	100 %	98 %	100 %	100 %	100 %	100 %
<b>Jn</b>	9	9	9	9	9	9	4	4
<b>Jr</b>	2	2	2	2	2	2	2	2
<b>Ja</b>	20	20	8	8	20	8	8	8
<b>Jw</b>	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>SRF</b>	5	5	5	5	5	5	5	5
<b>Q de Barton</b>	0.206	0.222	0.556	0.542	0.222	0.556	1.250	1.250
<b>Calificación</b>	Muy mala	mala	mala					

Fuente: Elaboración Propia

**ZONA 3***Tabla 46. Q de Barton, Zona 3*

<b>E3</b>	<b>3-001</b>	<b>3-002</b>	<b>3-003</b>	<b>3-004</b>	<b>3-005</b>	<b>3-006</b>	<b>3-007</b>	<b>3-008</b>	<b>3-009</b>	<b>3-010</b>
	Valor evaluado en campo									
<b>RQD</b>	100 %	100 %	83 %	100 %	88 %	98 %	90 %	95 %	95 %	100 %
<b>Jn</b>	9	15	9	9	9	4	4	9	9	9
<b>Jr</b>	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
<b>Ja</b>	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
<b>Jw</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>SRF</b>	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
<b>Q de Barton</b>	0.556	0.333	0.458	0.556	0.486	1.219	1.125	0.528	0.528	0.556
<b>Calificación</b>	Muy mala	mala	mala	Muy mala	mala	mala				

Fuente: Elaboración Propia

**ZONA 4***Tabla 47. Q de Barton, Zona 4*

<b>E4</b>	<b>4-001</b>	<b>4-002</b>	<b>4-003</b>	<b>4-004</b>	<b>4-005</b>	<b>4-006</b>	<b>4-007</b>
	Valor evaluado en campo						
<b>RQD</b>	98 %	100 %	98 %	88 %	95 %	90 %	90 %
<b>Jn</b>	4	2	9	9	9	9	9
<b>Jr</b>	2	2	2	2	2	2	2
<b>Ja</b>	8	20	20	20	8	8	8
<b>Jw</b>	1	1	1	1	1	1	1
<b>SRF</b>	5	5	5	5	5	5	5
<b>Q de Barton</b>	1.219	1.000	0.217	0.194	0.528	0.500	0.500
<b>Calificacion</b>	Mala	Muy mala	Muy mala	Muy mala	Muy mala	mala	mala

<b>E4</b>	<b>4-008</b>	<b>4-009</b>	<b>4-010</b>	<b>4-011</b>	<b>4-012</b>	<b>4-013</b>	<b>4-014</b>
	Valor evaluado en campo						
<b>RQD</b>	95 %	98 %	93 %	95 %	95 %	100 %	100 %
<b>Jn</b>	4	9	2	2	4	9	2
<b>Jr</b>	2	2	2	2	2	2	2
<b>Ja</b>	8	8	8	8	8	8	8
<b>Jw</b>	1	1	1	1	1	1	1
<b>SRF</b>	5	5	5	5	5	5	5
<b>Q de Barton</b>	1.188	0.542	2.313	2.375	1.188	0.556	2.500
<b>Calificacion</b>	Mala	Muy mala	Mala	Mala	Mala	Muy mala	Mala

Fuente : Elaboración Propia

**ZONA 5***Tabla 48. Q de Barton, Zona 5*

<b>E5</b>	<b>5-001</b>	<b>5-002</b>	<b>5-003</b>	<b>5-004</b>	<b>5-005</b>	<b>5-006</b>	<b>5-007</b>
	<b>Valor evaluado en campo</b>						
<b>RQD</b>	98 %	100 %	100 %	105 %	98 %	93 %	93 %
<b>Jn</b>	15	4	4	2	9	15	15
<b>Jr</b>	2	2	2	2	2	2	2
<b>Ja</b>	8	8	20	20	20	20	20
<b>Jw</b>	1	1	1	1	1	1	1
<b>SRF</b>	5	5	5	5	5	5	5
<b>Q de Barton</b>	0.325	1.250	0.500	1.050	0.217	0.123	0.123
<b>Calificación</b>	Muy mala	Mala	Muy mala	Mala	Muy mala	Muy mala	Muy mala

Fuente: Elaboración Propia

## Análisis con el programa Slide

### Calculo de retroanálisis en slide de los perfiles topograficas y Factor de Seguridad.

Los criterios que se realizó para el retro análisis se analizaron en tres situaciones Talud de superficie seco, Capa superficial de 1m de suelo saturado, Nivel freático por debajo de 1m del terreno natural donde se obtuvo los datos en los ensayos de laboratorio en diferentes zonas del talud.

**Tabla 49.** Cuadro de resultados en zonas y perfiles topográficos

Zonas	Perfiles	absorción	P.e. masa (g=9.81)	P.e. saturado
Z1	C, D	2.61%	$2.626\text{gr}/\text{cm}^3 = 25.752\text{kN}/\text{m}^3$	26.42 kN/m <sup>3</sup>
Z2	A, B	2.51%	$2.578\text{gr}/\text{cm}^3 = 25.282\text{kN}/\text{m}^3$	26.57 kN/m <sup>3</sup>
Z3	F, E	2.59%	$2.595\text{gr}/\text{cm}^3 = 25.448\text{kN}/\text{m}^3$	26.11 kN/m <sup>3</sup>
Z2'	ROCA	HUMEDAD 0.5%	$2.7\text{ gr}/\text{cm}^3 = 26.478\text{ kN}/\text{m}^3$	26.61 kN/m <sup>3</sup>
PARA A-B; Z2=Z2'	A y B		$2.7\text{ gr}/\text{cm}^3 = 26.478\text{ kN}/\text{m}^3$	26.61 kN/m <sup>3</sup>

Fuente. Elaboración Propia

- SECCION A-A

a) Talud de superficie seco

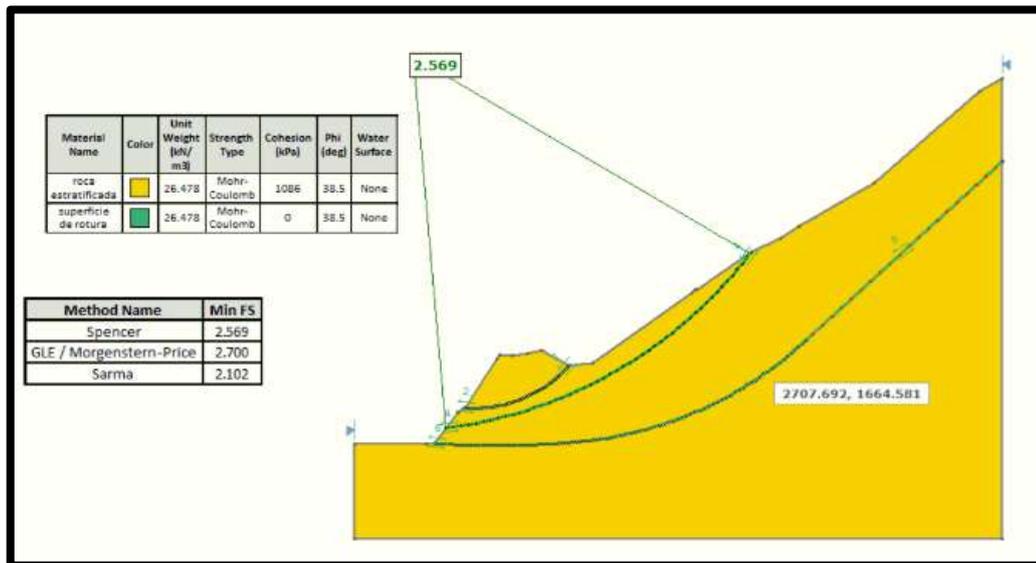
**Tabla 50.** Propiedades de rotura a talud de superficie seca

Propiedades	Superficie de rotura	Superficie Seca
<b>Peso específico</b>	26.478 kn/m <sup>3</sup>	26.478 kn/m <sup>3</sup>
<b>Cohesión</b>	0	1086.57 Kpa
<b>Phi</b>	28	38.5°
<b>FACTOR DE SEGURIDAD</b>	2.569 (estable)	

Fuente. Elaboración Propia

**Factor de Seguridad Sección “A”**

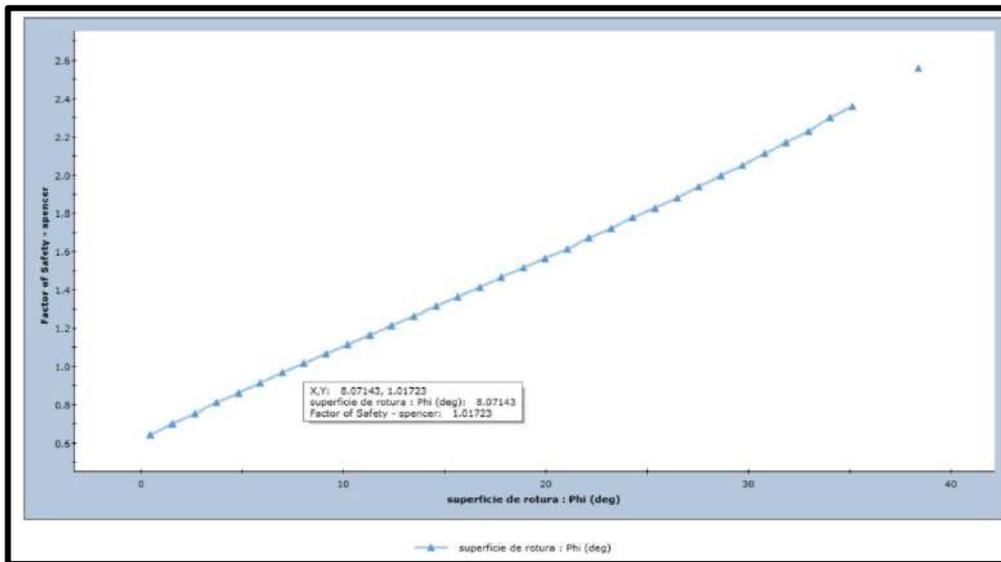
*Ilustración 79. Factor de Seguridad.*



Fuente. Elaboración Propia

**Retro análisis de “Phi” a Rotura**

**Ilustración 80.** Retro análisis de gráfica de phi vs factor de seguridad “A” Superficie seco



<b>Phi Rotura (deg): 0.07143</b>	Ángulo que se llega a la rotura de aproximación de factor de seguridad a 1.
----------------------------------	---

b) Capa superficial de 1m de suelo saturado

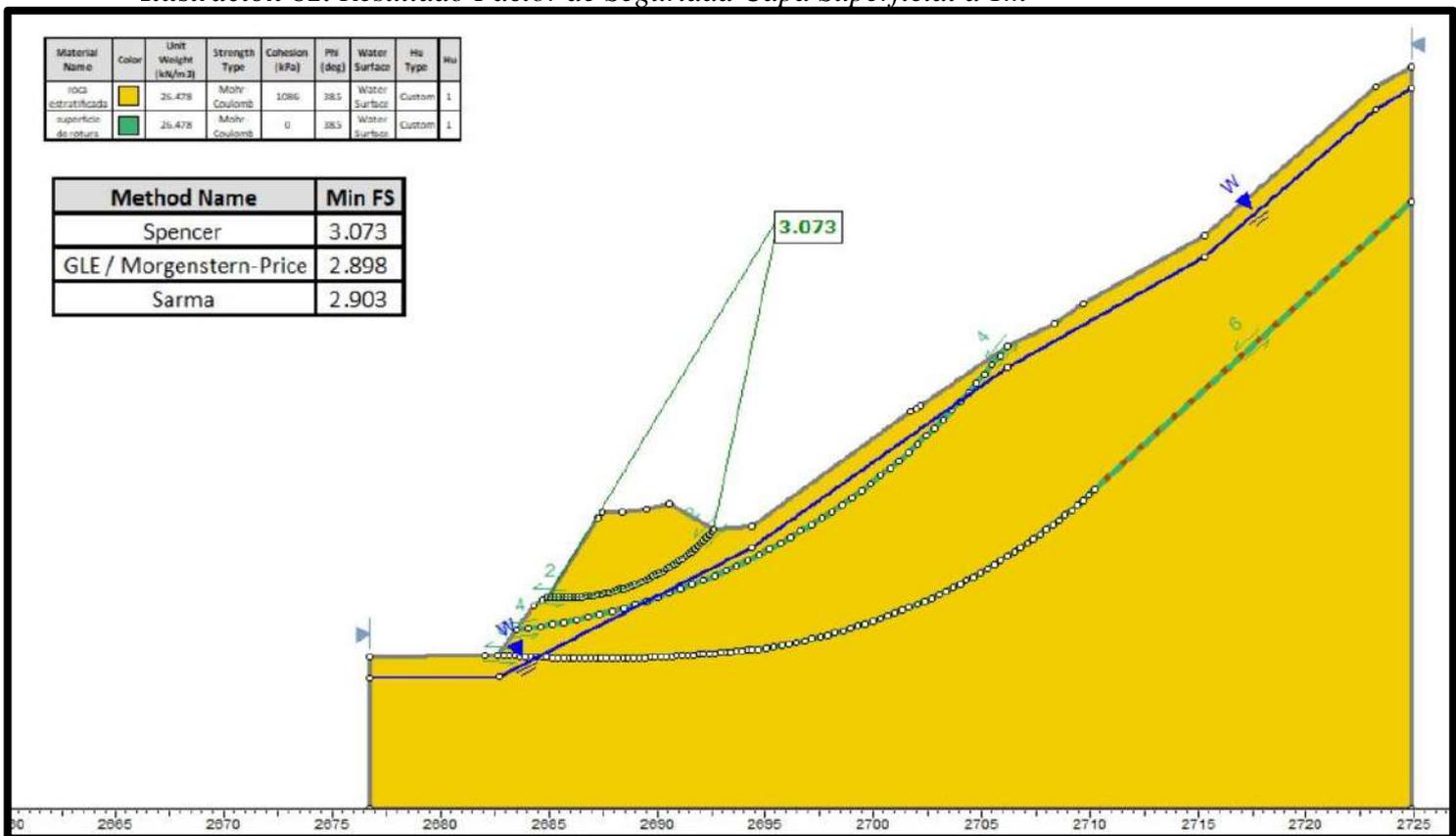
**Tabla 51.** Propiedades de rotura a 1m de suelo saturado

Propiedades	Superficie de rotura	Suelo Saturado a 1m
<b>Peso específico</b>	26.478 kn/m3	26.478 kn/m3
<b>Cohesión</b>	0	1086.57 Kpa
<b>Phi</b>	28	38.5°
<b>FACTOR DE SEGURIDAD</b>	3.073 (estable)	

Fuente. Elaboración Propia

**Factor de Seguridad Sección “A” capa superficial a 1m”**

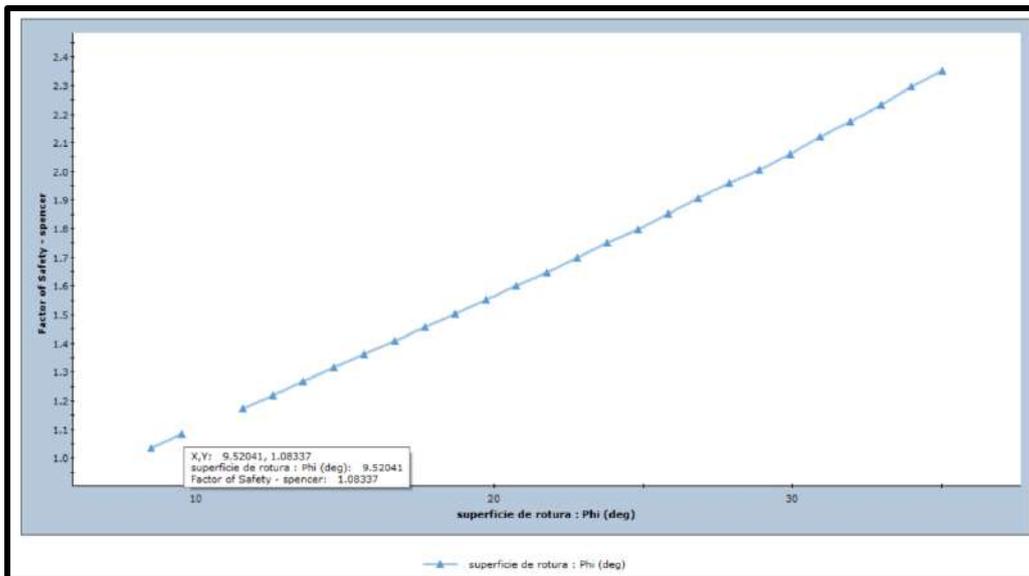
**Ilustración 81.** Resultado Factor de Seguridad Capa Superficial a 1m



Fuente. Elaboración Propia

### Retro análisis de “Phi” a Rotura

**Ilustración 82.** Retro análisis de gráfica de phi vs factor de seguridad-Perfil "A" Capa Superficial 1m



<b>Phi Rotura (deg): 9.52041</b>	Ángulo que se llega a la rotura de aproximación de factor de seguridad a 1.
----------------------------------	---

c) Nivel freático por debajo de 1m del terreno natural

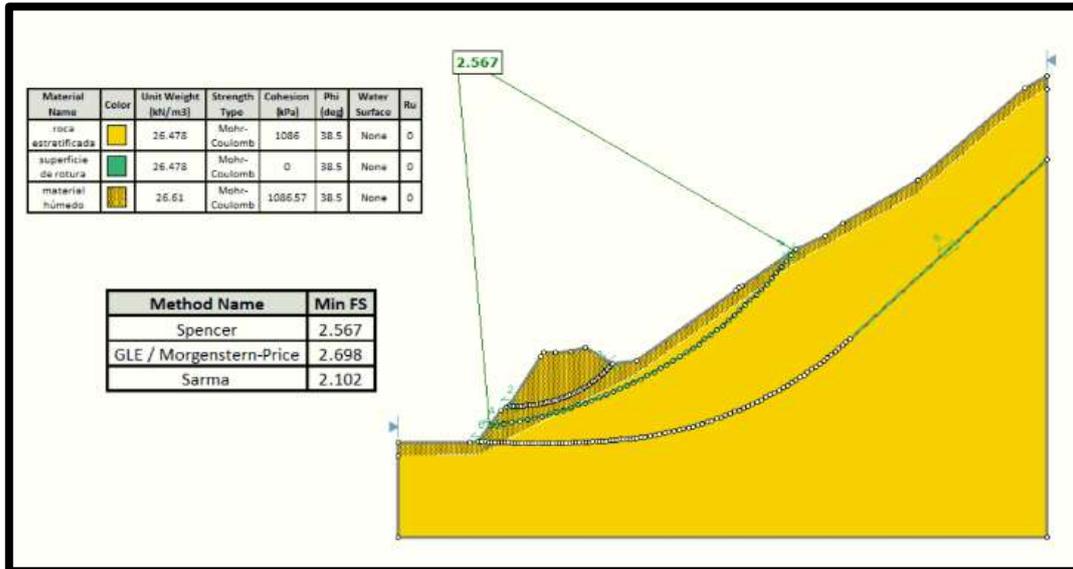
**Tabla 52.** Propiedades de Rotura Suelo Saturado

Propiedades	Superficie de rotura	Suelo Saturado	Nivel Freatico a 1m
<b>Peso específico</b>	26.478 kn/m <sup>3</sup>	26.478 kn/m <sup>3</sup>	26.61 kn/m <sup>3</sup>
<b>Cohesión</b>	0	1086.57 Kpa	1086.57 Kpa
<b>Phi</b>		38.5°	38.5°
<b>Factor de seguridad</b>	2.082 (estable)		

Fuente. Elaboración Propia

**Factor de Seguridad Sección “A” capa superficial a 1m”**

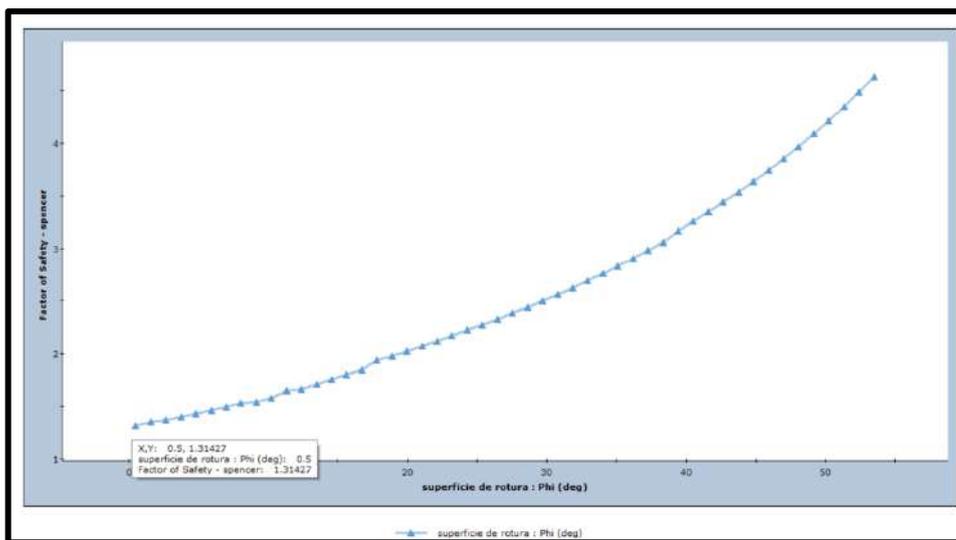
*Ilustración 83. Factor de Seguridad Debajo 1m Terreno Natural*



Fuente. Elaboración Propia

**Retro análisis de “Phi” a Rotura**

*Ilustración 84. Retro análisis de gráfica de phi vs factor de seguridad "A" Debajo 1m terreno natural*



<p><b>Phi Rotura (deg): 9.52041</b></p>	<p>Ángulo que se llega a la rotura de aproximación de factor de seguridad a 1.</p>
---	--

- SECCION B-B

a) Talud de superficie seco

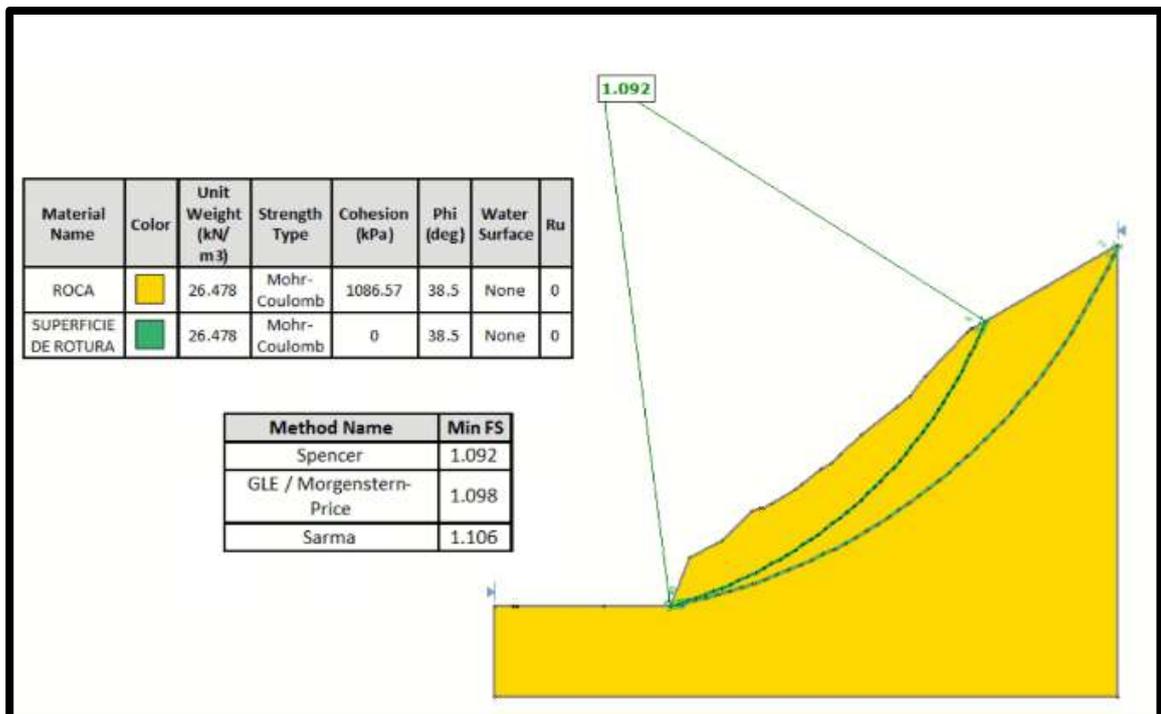
**Tabla 53.** Propiedades de Rotura del talud a superficie Seca

Propiedades	Superficie de rotura	Superficie Seca
<b>Peso específico</b>	26.478 kn/m <sup>3</sup>	26.478 kn/m <sup>3</sup>
<b>Cohesión</b>	0	1086.57 Kpa
<b>Phi</b>		38.5°
<b>FACTOR DE SEGURIDAD</b>	1.092 (en desequilibrio, necesita reforzamiento)	

Fuente. Elaboración Propia

**Factor de Seguridad Sección “B” superficie seca**

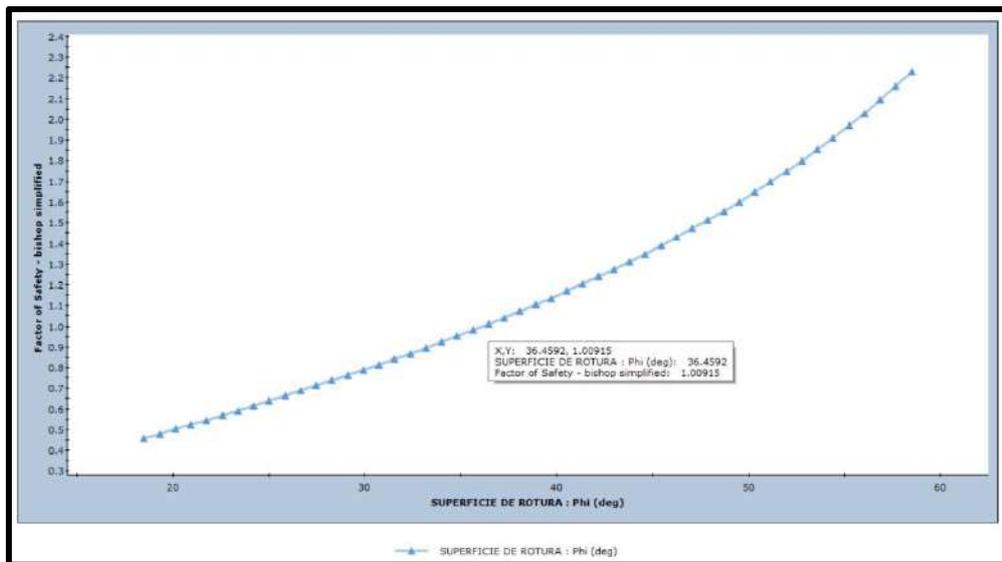
*Ilustración 85. Factor de Seguridad*



Fuente. Elaboración Propia

### Retro análisis de “Phi” a Rotura

*Ilustración 86. Retro análisis de gráfica de phi vs factor de seguridad “B” Superficie seco*



<b>Phi Rotura (deg): 36.4592</b>	Ángulo que se llega a la rotura de aproximación de factor de seguridad a 1.
----------------------------------	---

b) Capa superficial de 1m de suelo saturado

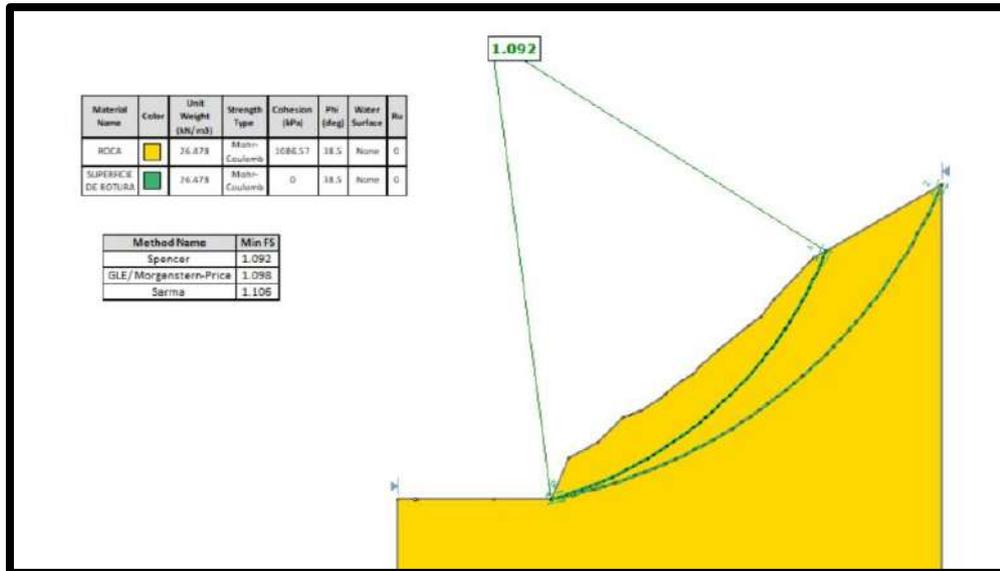
*Tabla 54. Propiedades de rotura a 1m de suelo saturado*

Propiedades	Superficie de rotura	Suelo Saturado a 1m
<b>Peso específico</b>	26.478 kn/m <sup>3</sup>	26.478 kn/m <sup>3</sup>
<b>Cohesión</b>	0	1086.57 Kpa
<b>Phi</b>	FS=1 Phi=40.03	38.5°
<b>Factor de seguridad</b>	0.972 (inestable)	

Fuente. Elaboración Propia

**Factor de Seguridad Sección “B” rotura a 1m suelo saturado**

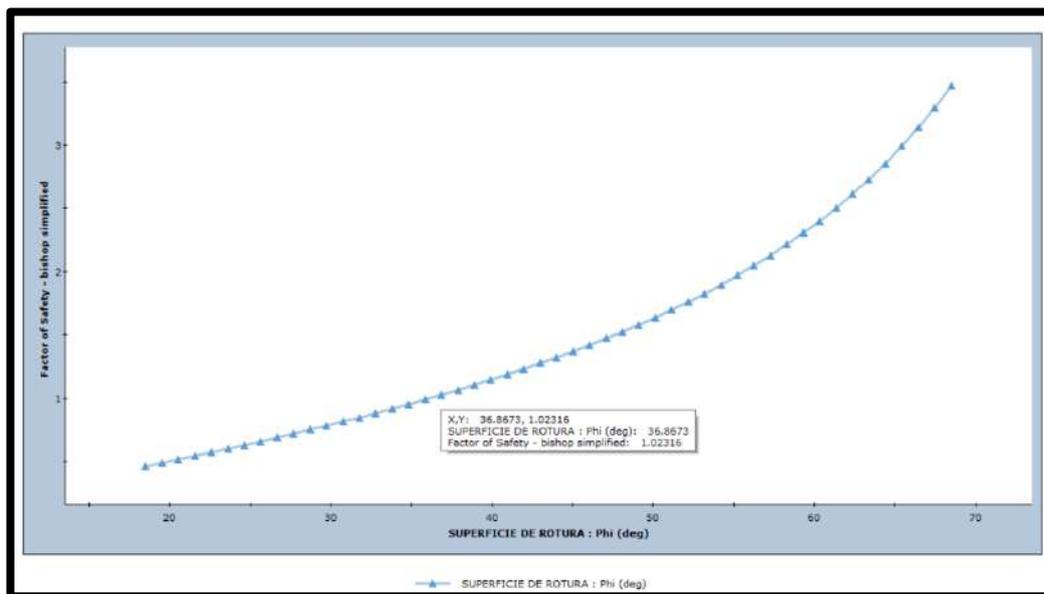
*Ilustración 87. Factor de Seguridad*



Fuente. Elaboración Propia

**Retro análisis de “Phi” a Rotura**

*Ilustración 88. Retro análisis de gráfica de phi vs factor de seguridad-perfil “C” capa superficial 1m.*



**Phi Rotura (deg): 36.8673**

Ángulo que se llega a la rotura de aproximación de factor de seguridad a 1.

c) Nivel freático por debajo de 1m del terreno natural

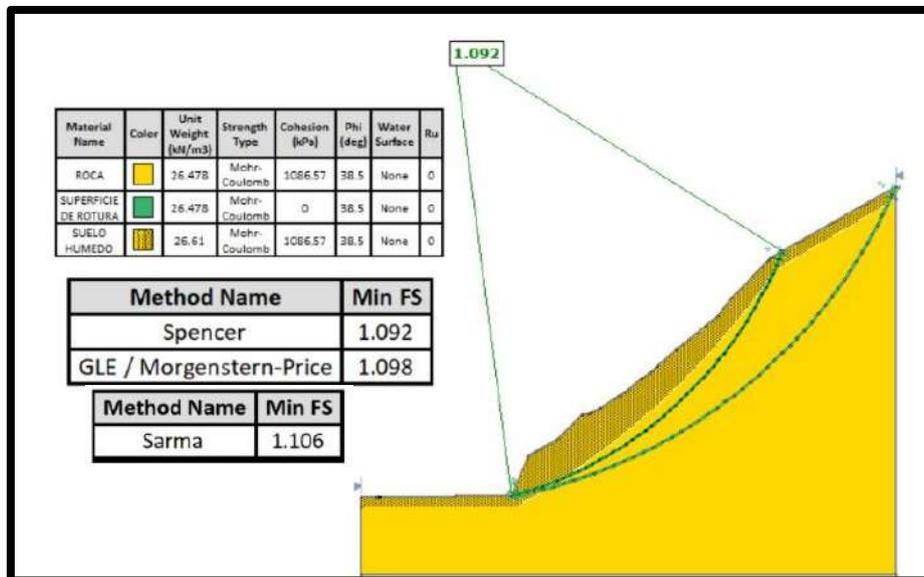
**Tabla 55.** Propiedades de rotura a Suelo Saturado

Propiedades	Superficie de rotura	Suelo Saturado	Nivel Freatico a 1m
<b>Peso específico</b>	26.478 kn/m <sup>3</sup>	26.478 kn/m <sup>3</sup>	26.61 kn/m <sup>3</sup>
<b>Cohesión</b>	0	1086.57 Kpa	1086.57 Kpa
<b>Phi</b>	38.5°	38.5°	38.5°
<b>Factor de seguridad</b>	1.088 ( en equilibrio necesita reforzamiento)		

Fuente. Elaboración Propia

### Factor de Seguridad Sección “B” Nivel freático debajo 1m terreno natural

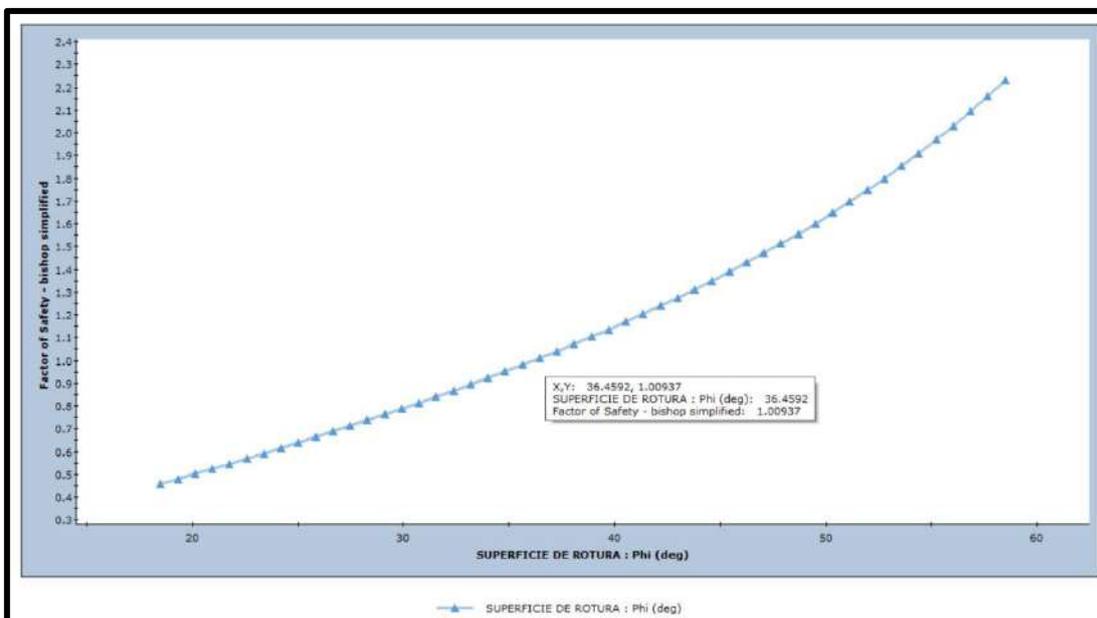
**Ilustración 89.** Factor de Seguridad



Fuente. Elaboración Propia

## Retro análisis de “Phi” a Rotura

*Ilustración 90. Retro análisis de gráfica de phi vs factor de seguridad nivel freático debajo 1m terreno natural.*



<b>Phi Rotura (deg): 36.4592</b>	Ángulo que se llega a la rotura de aproximación de factor de seguridad a 1.
----------------------------------	---

- SECCIÓN C-C

a) Talud de superficie seco

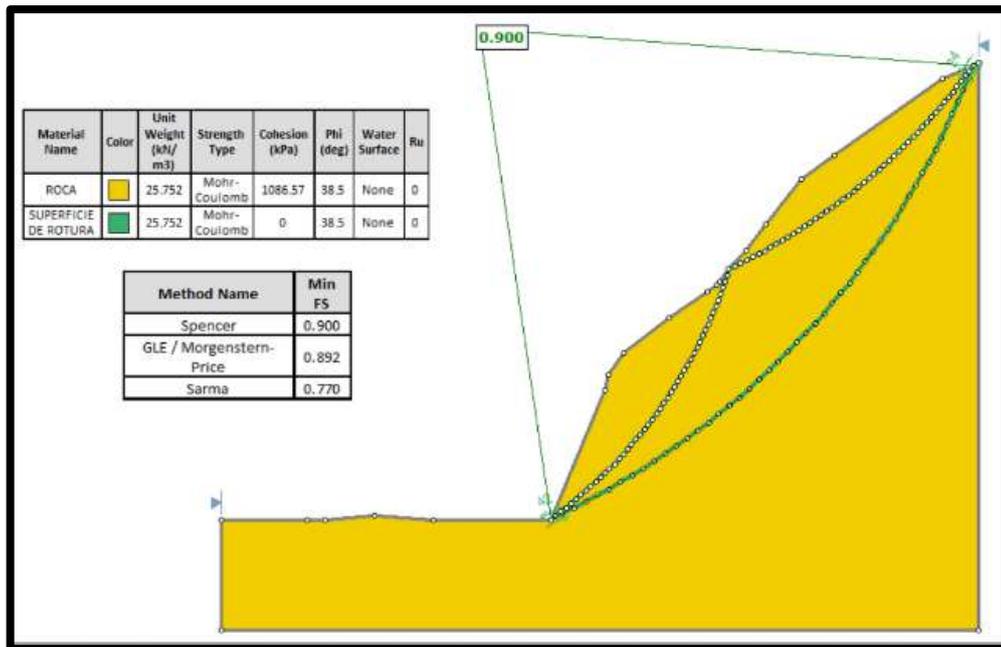
*Tabla 56. Propiedades de rotura a Suelo Seco*

Propiedades	Superficie de rotura	Superficie Seca
<b>Peso específico</b>	25.752 kn/m <sup>3</sup>	25.752 kn/m <sup>3</sup>
<b>Cohesión</b>	0	1086.57 Kpa
<b>Phi</b>	38.5°	38.5°
<b>Factor de seguridad</b>	0.900 (inestable)	

Fuente. Elaboración Propia

**Factor de Seguridad Sección “C” superficie seca**

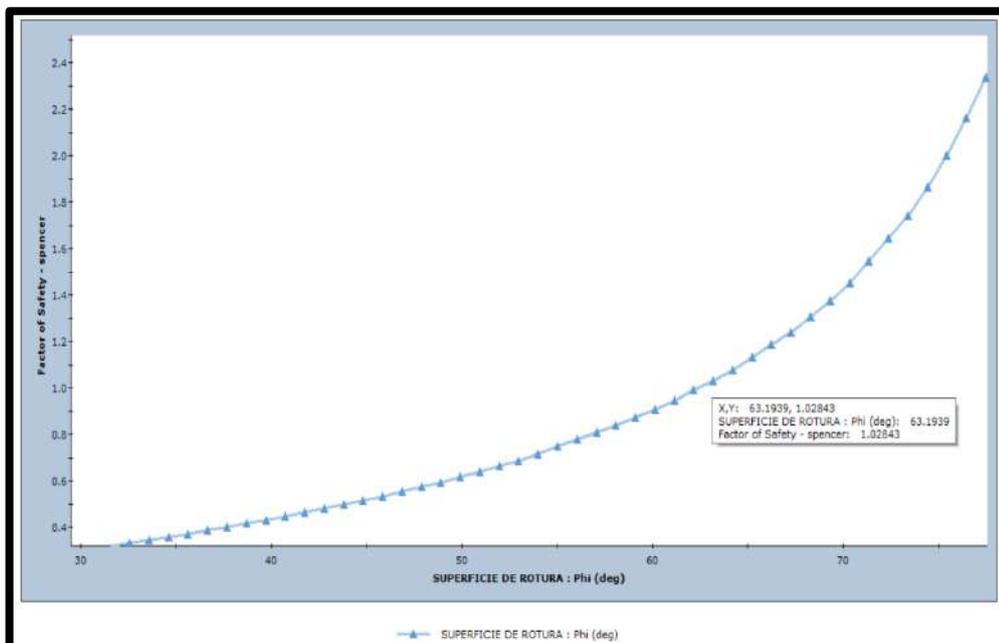
*Ilustración 91. Factor de Seguridad perfil “C”*



Fuente. Elaboración Propia

**Retro análisis de “Phi” a Rotura**

*Ilustración 92. Retro análisis de gráfica de phi vs factor de seguridad -Perfil “C” Superficie seco*



<b>Phi Rotura (deg): 63.1939</b>	Ángulo que se llega a la rotura de aproximación de factor de seguridad a 1.
----------------------------------	---

b) Capa superficial de 1m de suelo saturado

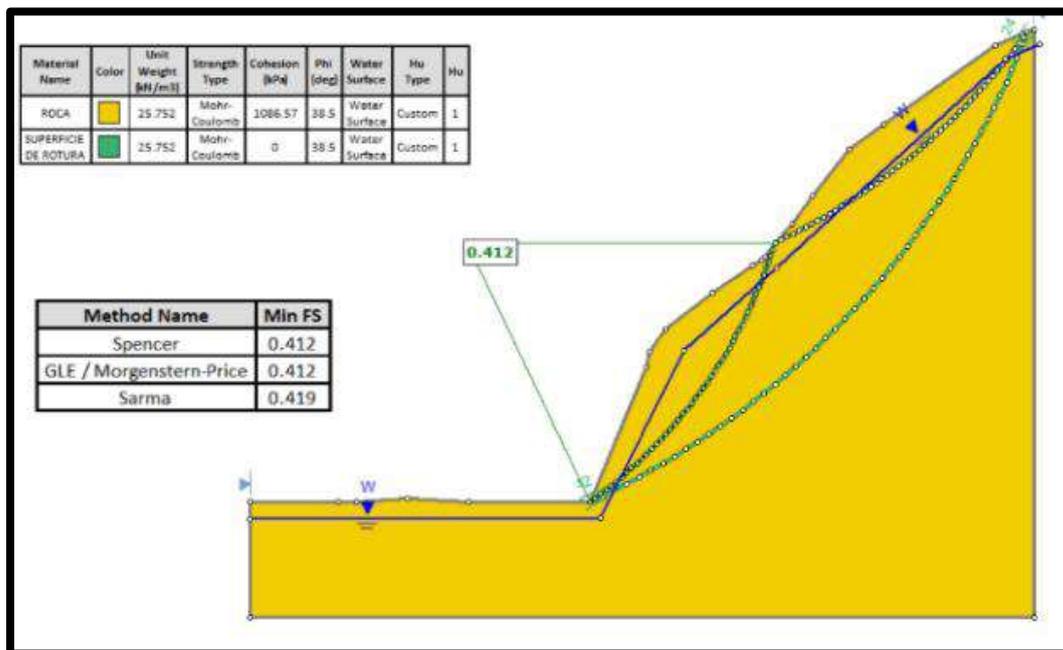
**Tabla 57. Propiedades de rotura a 1m de suelo saturado**

Propiedades	Superficie de rotura	Suelo Saturado a 1m
<b>Peso específico</b>	25.752 kn/m3	25.752 kn/m3
<b>Cohesión</b>	0	1086.57 Kpa
<b>Phi</b>	38.5°	38.5°
<b>Factor de seguridad</b>	0.412 (inestable)	

Fuente. Elaboración Propia

### Factor de Seguridad Sección "C" rotura a 1m suelo saturado

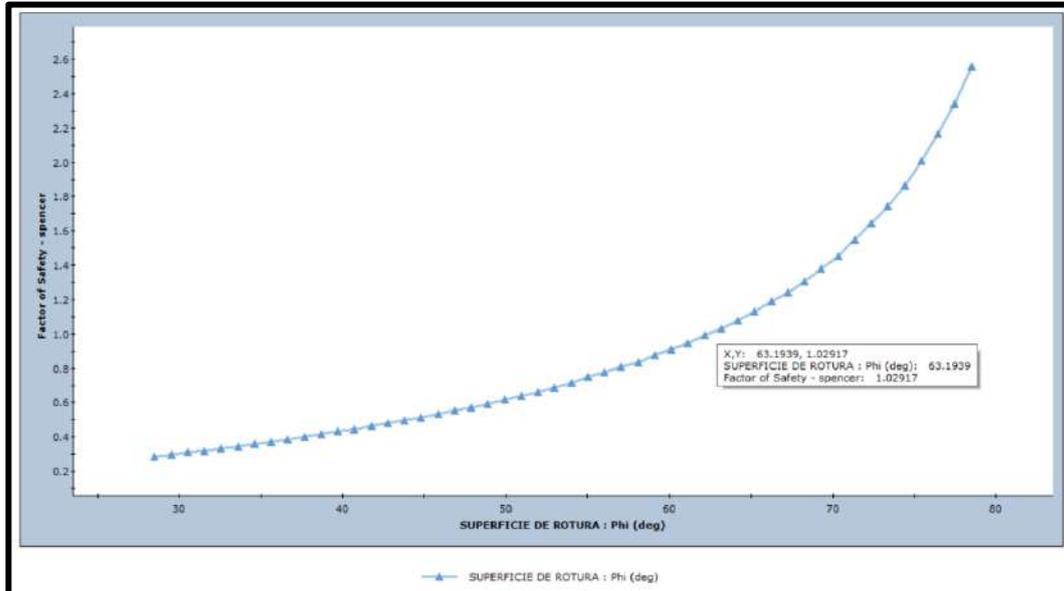
**Ilustración 93. Factor de Seguridad perfil "C"**



Fuente. Elaboración Propia

## Retro análisis de “Phi” a Rotura

*Ilustración 94.* Retro análisis de gráfica de phi vs factor de seguridad- perfil “C” capa superficial 1m.



<b>Phi Rotura (deg): 63.1939</b>	Ángulo que se llega a la rotura de aproximación de factor de seguridad a 1.
----------------------------------	---

c) Nivel freático por debajo de 1m del terreno natural

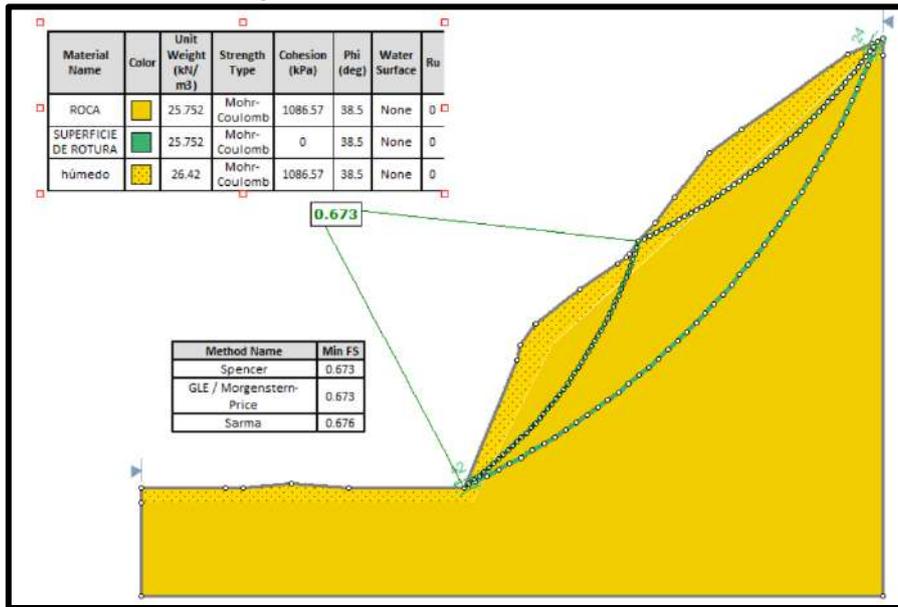
*Ilustración 95.* Propiedades de rotura a Suelo Saturado a 1m

Propiedades	Superficie de rotura	de Suelo Saturado	Nivel Freatico a 1m
<b>Peso específico</b>	25.752 kn/m3	25.752 kn/m3	26.42 kn/m3
<b>Cohesión</b>	0	1086.57 Kpa	1086.57 Kpa
<b>Phi</b>	38.5°	38.5°	38.5°
<b>Factor de seguridad</b>	0.673 (inestable)		

Fuente. Elaboración Propia

**Factor de Seguridad Sección “C” Nivel freático debajo 1m terreno natural**

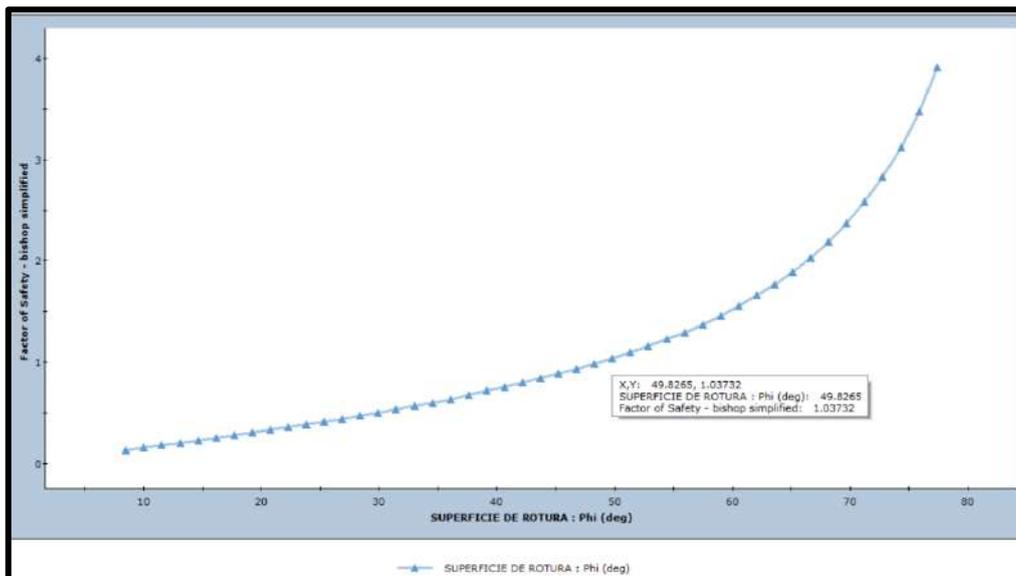
*Ilustración 95. Factor de Seguridad “C”*



Fuente. Elaboración Propia

**Retro análisis de “Phi” a Rotura**

*Ilustración 97. Retro análisis de gráfica de phi vs factor de seguridad nivel freático debajo 1m terreno natural- perfil C*



<p><b>Phi Rotura (deg): 49.8265</b></p>	<p>Ángulo que se llega a la rotura de aproximación de factor de seguridad a 1.</p>
---	--

- SECCIÓN D-D

a) Talud de superficie seco

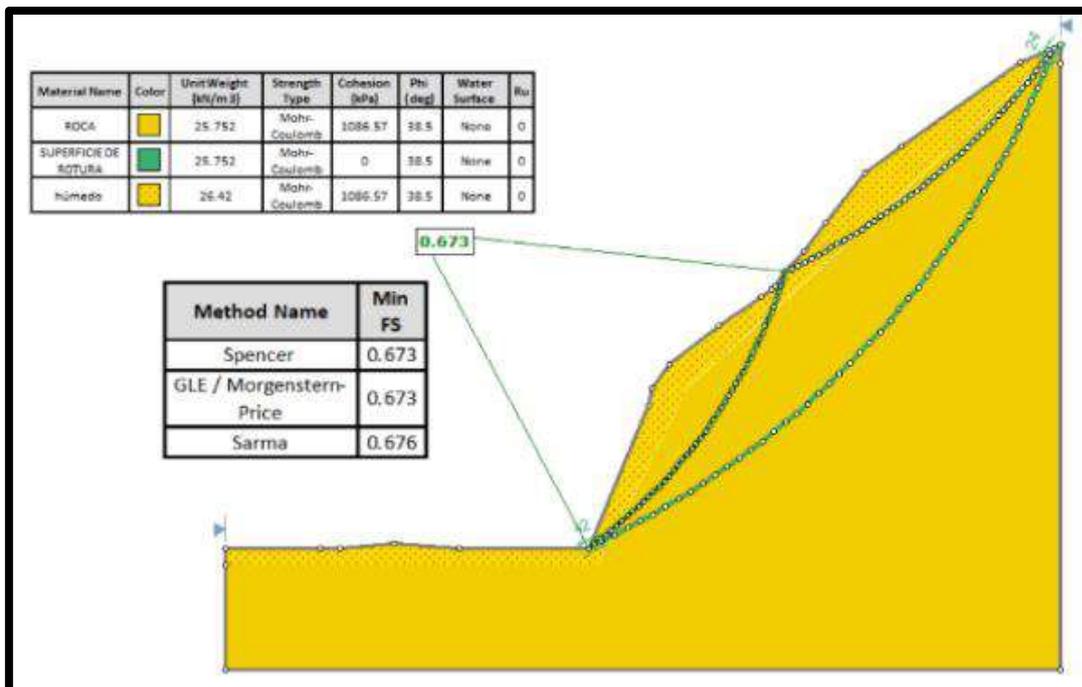
*Tabla 58. Propiedades de rotura a Suelo Seco*

Propiedades	Superficie de rotura	Superficie Seca
Peso específico	26.478 kn/m <sup>3</sup>	26.478 kn/m <sup>3</sup>
Cohesión	0	1086.57 Kpa
Phi		38.5°
<b>FACTOR DE SEGURIDAD</b>	0.673	

Fuente. Elaboración Propia

### Factor de Seguridad Sección “D” superficie seca

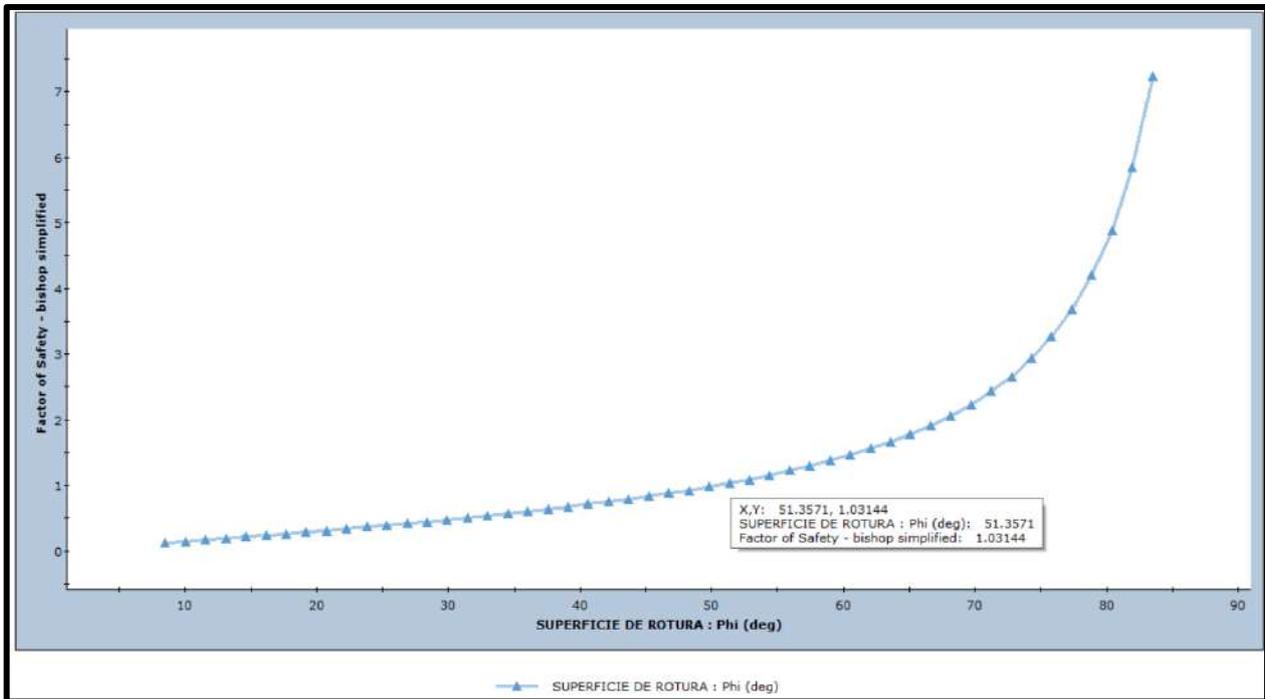
*Ilustración 96. Factor de Seguridad perfil “D”*



Fuente. Elaboración Propia

## Retro análisis de “Phi” a Rotura

*Ilustración 97. Retro análisis de gráfica de phi vs factor de seguridad-Perfil “D”  
Superficie seco*



<b>Phi Rotura (deg): 51.3571</b>	Ángulo que se llega a la rotura de aproximación de factor de seguridad a 1.
----------------------------------	---

b) Capa superficial de 1m de suelo saturado

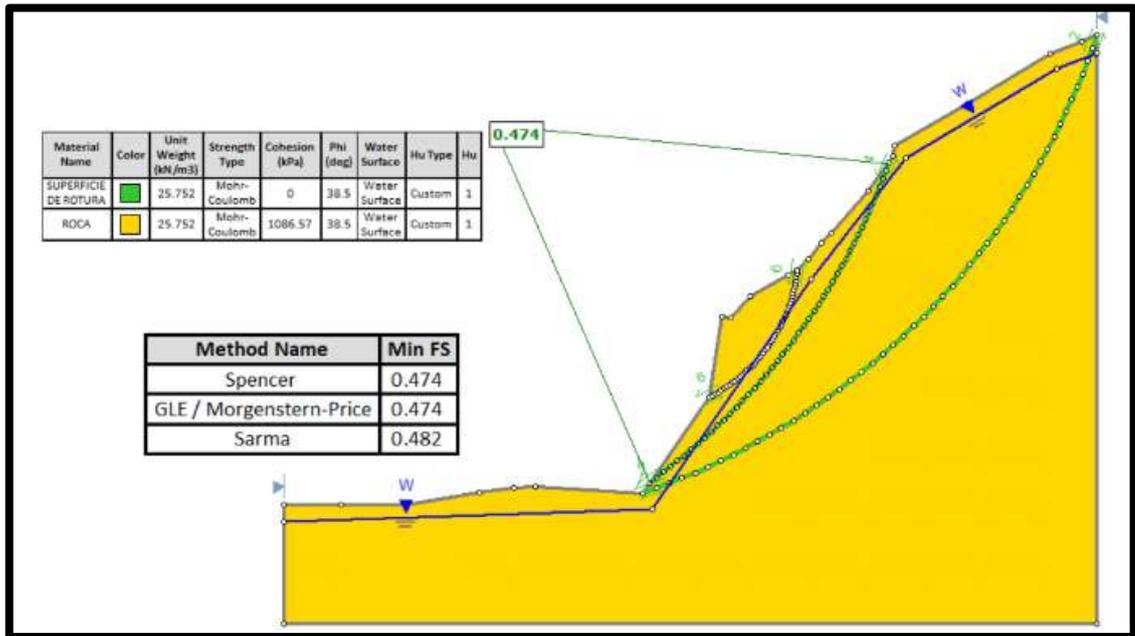
*Tabla 59. Propiedades de rotura a 1m de suelo saturado*

Propiedades	Superficie de rotura	Suelo Saturado a 1m
<b>Peso específico</b>	kn/m <sup>3</sup>	26.478 kn/m <sup>3</sup>
<b>Cohesión</b>	0	1086.57 Kpa
<b>Phi</b>		38.5°
<b>FACTOR DE SEGURIDAD</b>	0.474 (inestable)	

Fuente. Elaboración Propia

**Factor de Seguridad Sección “D” rotura a 1m suelo saturado**

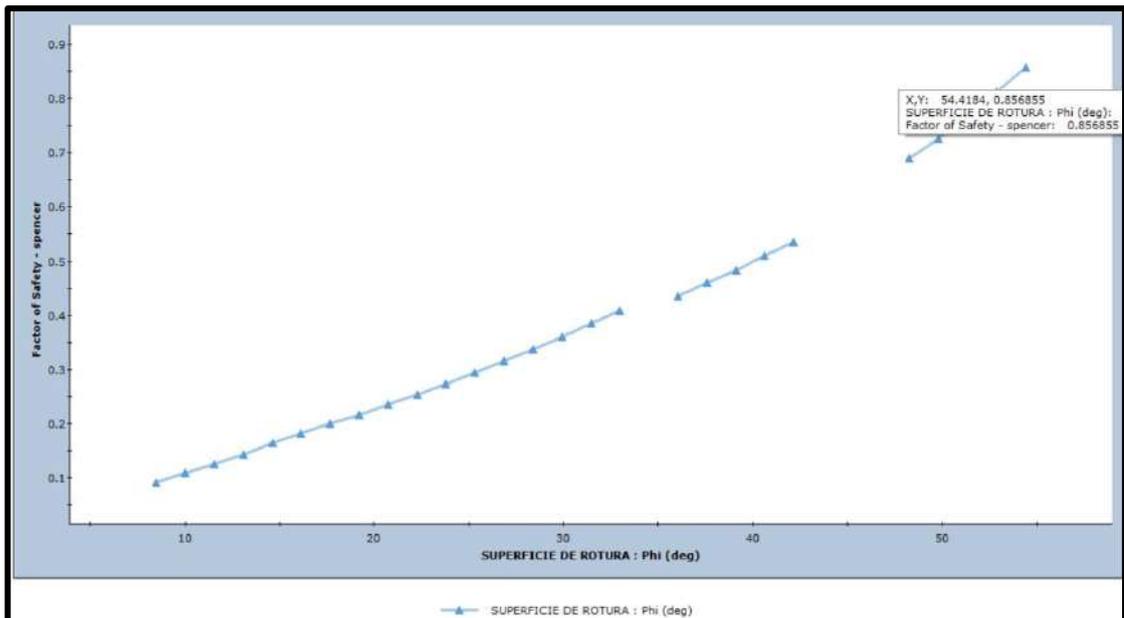
*Ilustración 98. Factor de Seguridad perfil “D”*



Fuente. Elaboración Propia

**Retro análisis de “Phi” a Rotura**

*Ilustración 99. Retro análisis de gráfica de phi vs factor de seguridad -perfil “D” capa superficial 1m.*



<p><b>Phi Rotura (deg): 52.3671</b></p>	<p>Ángulo que se llega a la rotura de aproximación de factor de seguridad a 1.</p>
---	--

c) Nivel freático por debajo de 1m del terreno natural

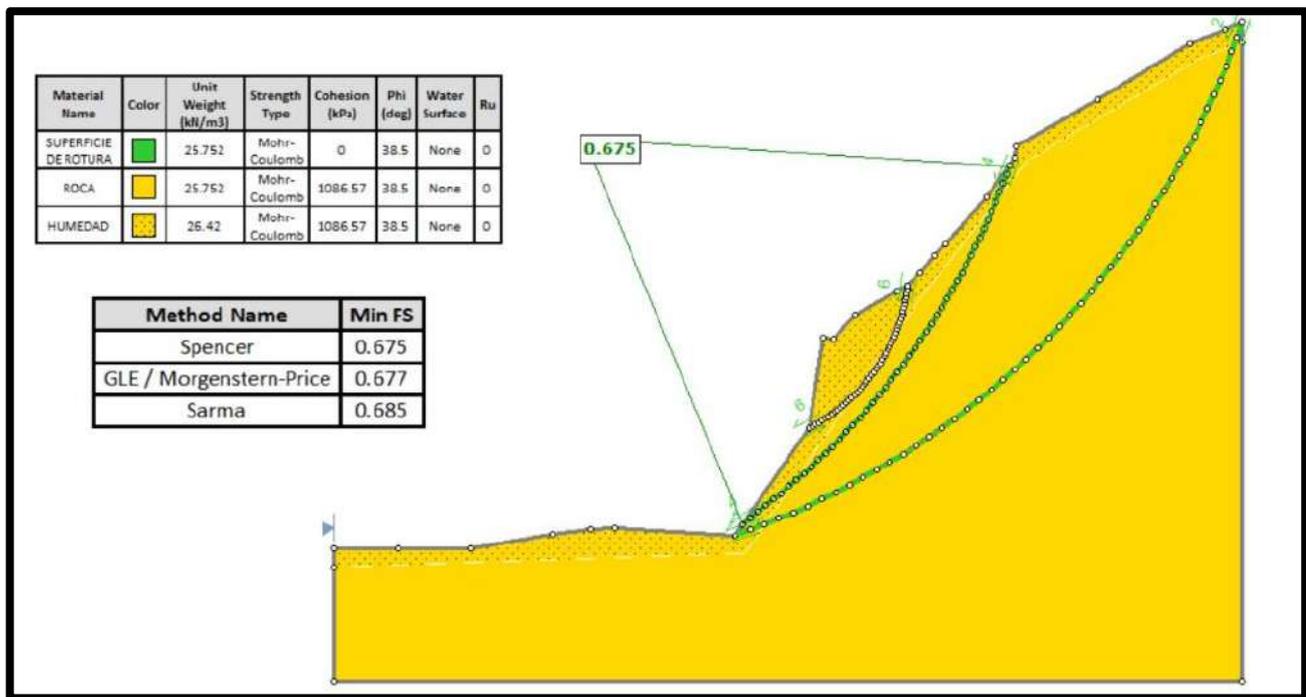
**Tabla 60.** Propiedades de rotura a Suelo Saturado a 1m

Propiedades	Superficie de rotura	Suelo Saturado	Nivel Freático a 1m
<b>Peso específico</b>	26.478 kn/m3	26.478 kn/m3	26.61 kn/m3
<b>Cohesión</b>	0	1086.57 Kpa	1086.57 Kpa
<b>Phi</b>		38.5°	38.5°

Fuente. Elaboración Propia

**Factor de Seguridad Sección “D” Nivel freático debajo 1m terreno natural**

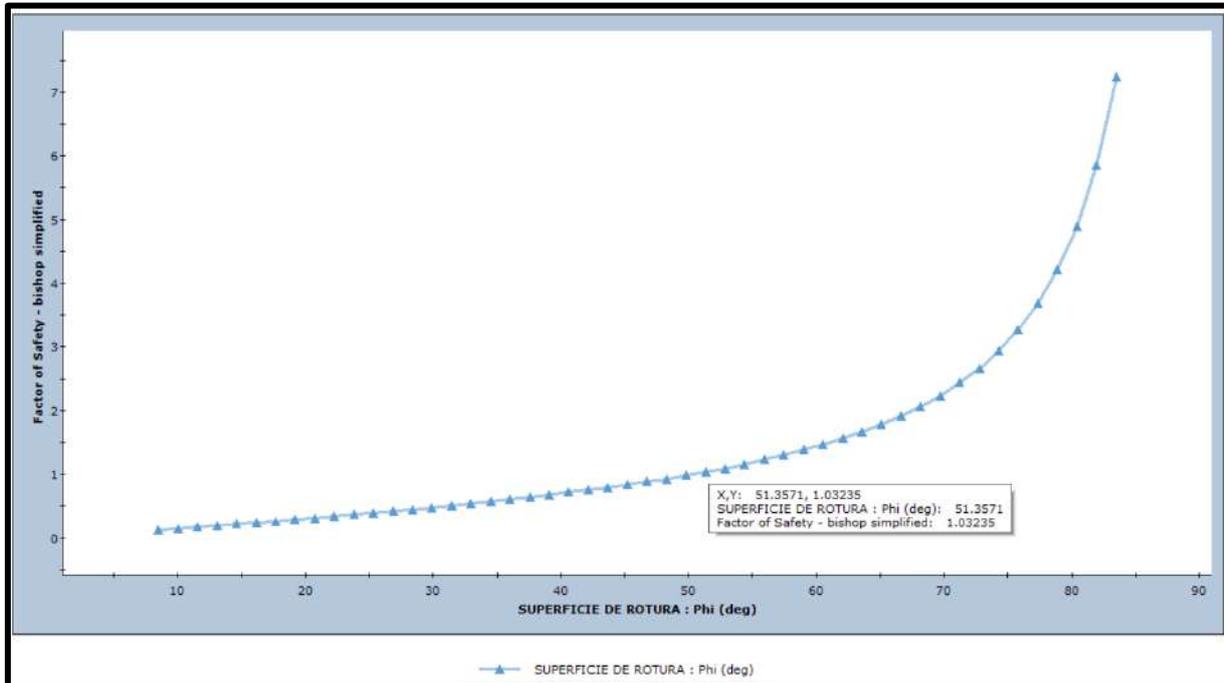
**Ilustración 100.** Factor de Seguridad perfil “D”



Fuente. Elaboración Propia

### Retro análisis de “Phi” a Rotura

*Ilustración 101. Retro análisis de gráfica de phi vs factor de seguridad nivel freático debajo 1m terreno natural- perfil D*



<b>Phi Rotura (deg): 51.3571</b>	Ángulo que se llega a la rotura de aproximación de factor de seguridad a 1.
----------------------------------	---

- SECCIÓN E-E

a) Talud de superficie seco

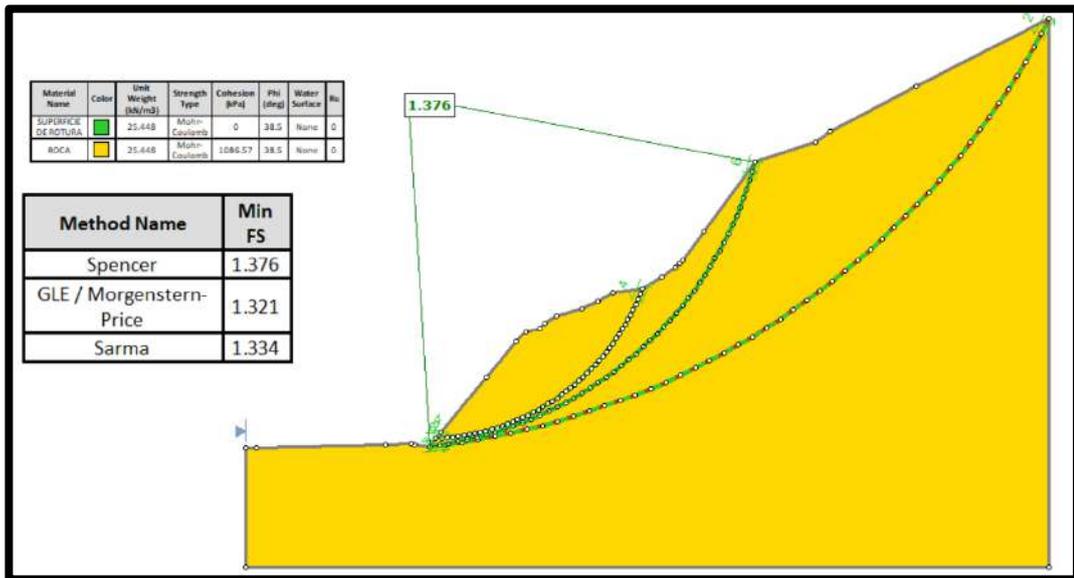
*Tabla 61. Propiedades de rotura a Suelo Seco*

Propiedades	Superficie de rotura	Superficie Seca
<b>Peso específico</b>	25.448 kn/m <sup>3</sup>	25.448 kn/m <sup>3</sup>
<b>Cohesión</b>	0	1086.57 Kpa
<b>Phi</b>		38.5°
<b>FACTOR DE SEGURIDAD</b>	1.376 (inestable)	

Fuente. Elaboración Propia

**Factor de Seguridad Sección “E” superficie seca**

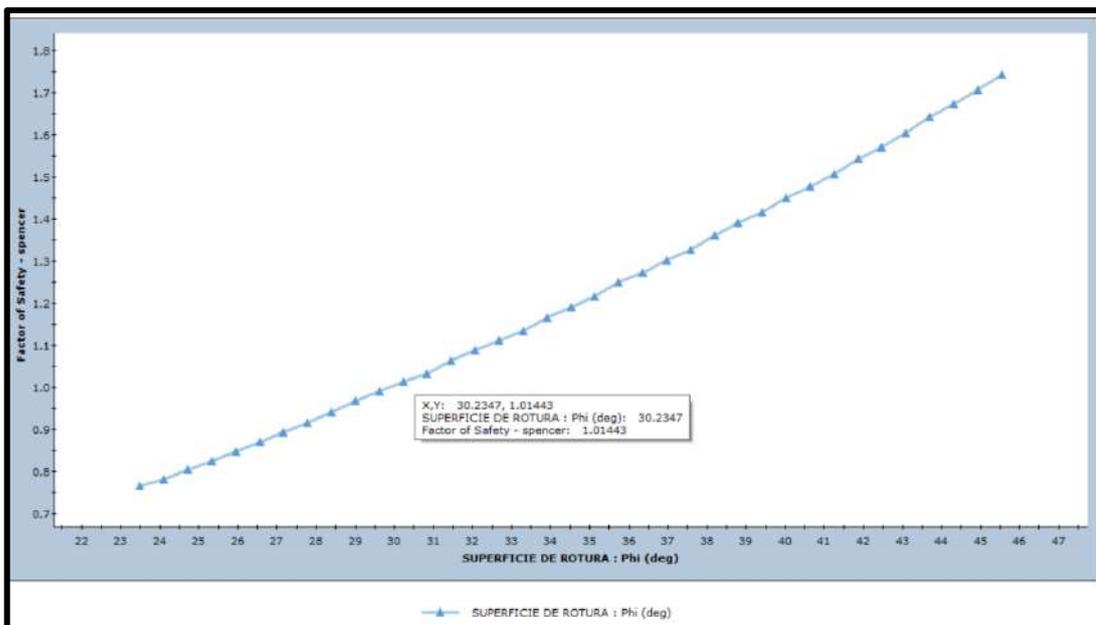
*Ilustración 102. Factor de Seguridad perfil “E”*



Fuente. Elaboración Propia

**Retro análisis de “Phi” a Rotura**

*Ilustración 103. Retro análisis de gráfica de phi vs factor de seguridad-Perfil “E” Superficie seco*



<p><b>Phi Rotura (deg): 30.2347</b></p>	<p>Ángulo que se llega a la rotura de aproximación de factor de seguridad a 1.</p>
---	--

b) Capa superficial de 1m de suelo saturado

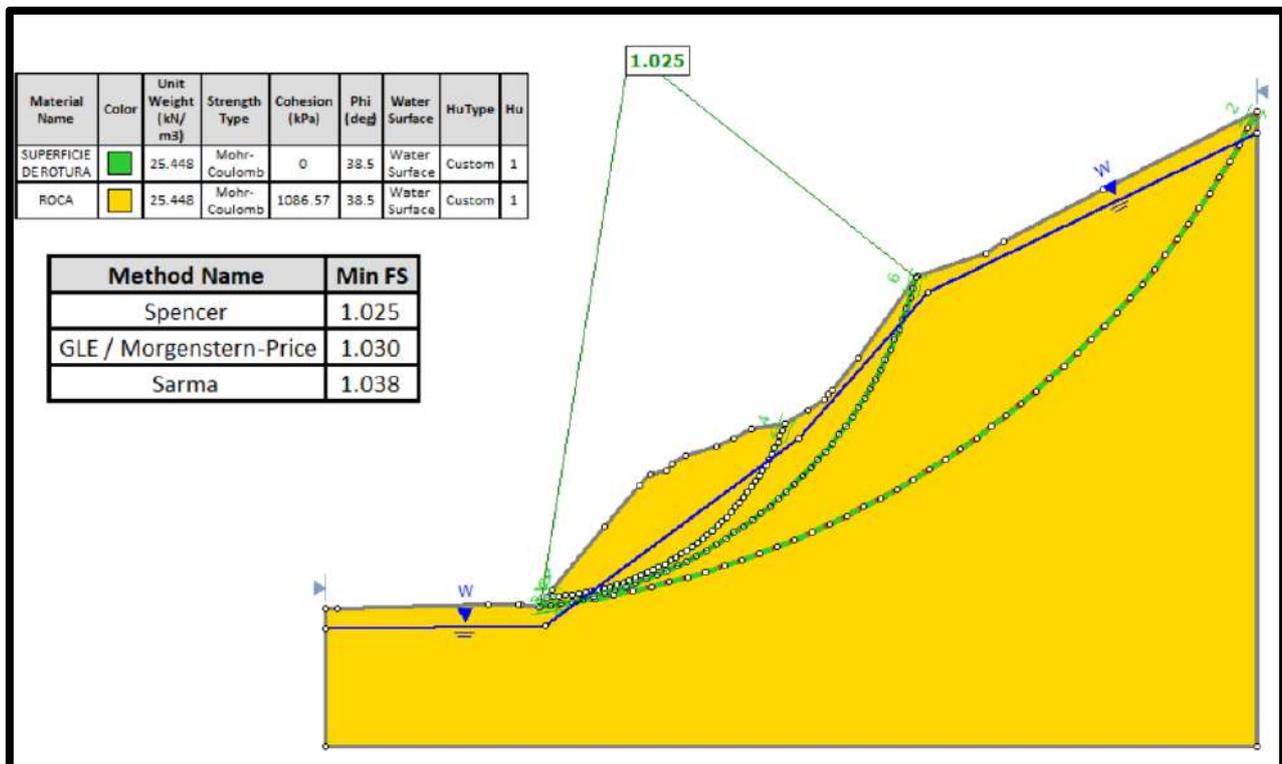
**Tabla 62.** Propiedades de rotura a 1m de suelo saturado

Propiedades	Superficie de rotura	Suelo Saturado a 1m
<b>Peso específico</b>	25.448 kn/m <sup>3</sup>	25.448 kn/m <sup>3</sup>
<b>Cohesión</b>	0	1086.57 Kpa
<b>Phi</b>		38.5°
<b>FACTOR DE SEGURIDAD</b>	1.025 (equilibrio)	

Fuente. Elaboración Propia

**Factor de Seguridad Sección “E” rotura a 1m suelo saturado**

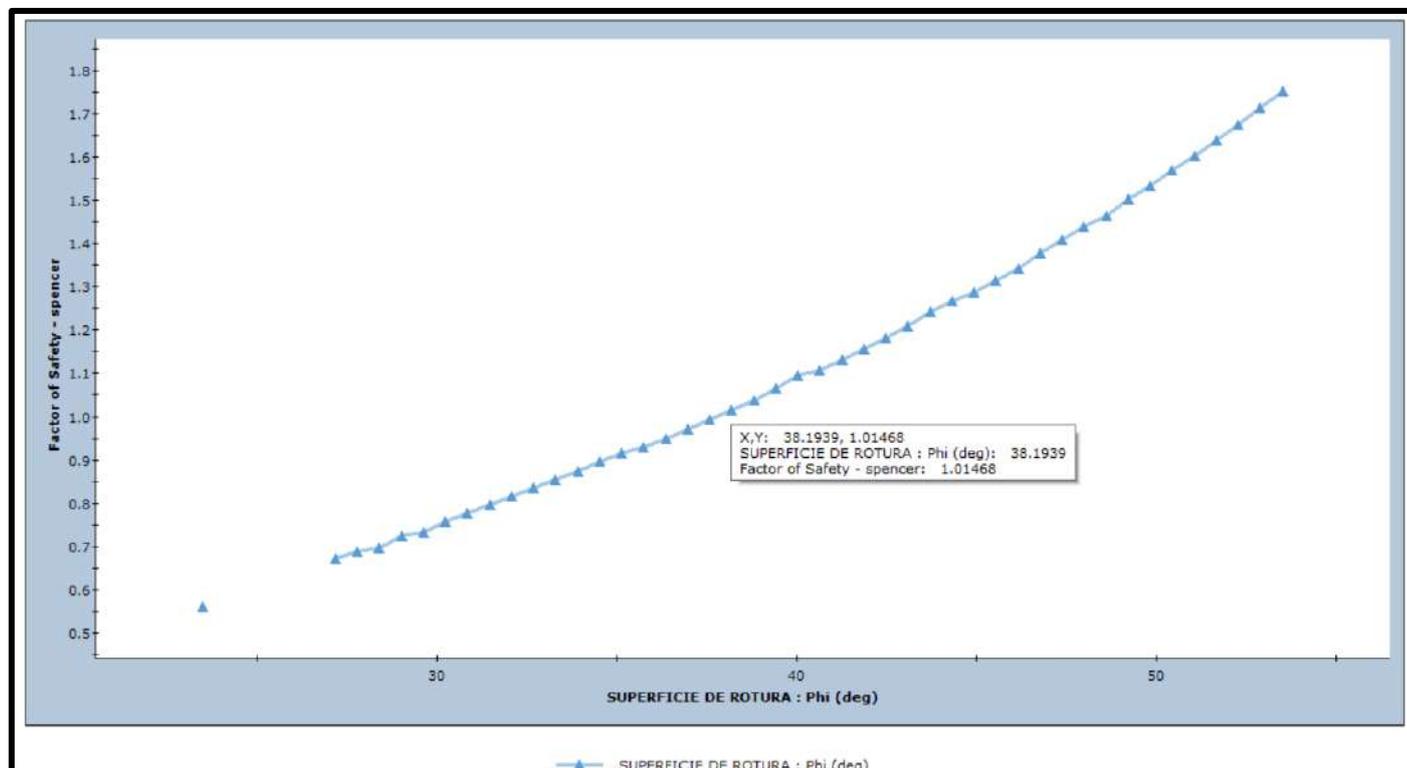
*Ilustración 104.* Factor de Seguridad perfil “E”



Fuente. Elaboración Propia

## Retro análisis de “Phi” a Rotura

*Ilustración 105. Retro análisis de gráfica de phi vs factor seguridad- perfil “E” “capa superficial 1m.*



<b>Phi Rotura (deg): 38.1939</b>	Ángulo que se llega a la rotura de aproximación de factor de seguridad a 1.
----------------------------------	---

c) Nivel freático por debajo de 1m del terreno natural

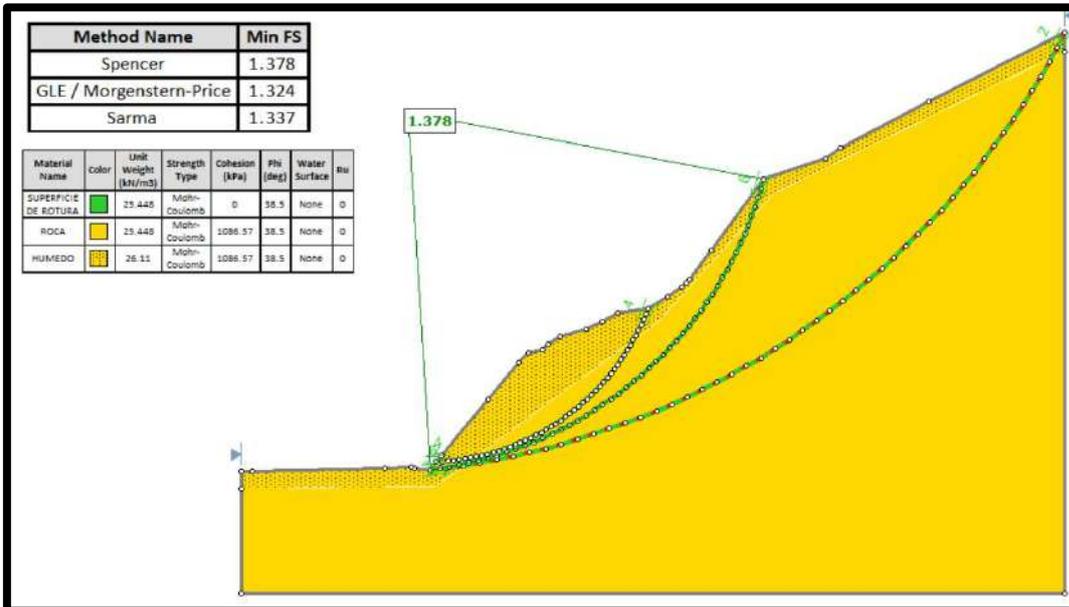
**Tabla 63.** Propiedades de rotura a Suelo Saturado a 1m

Propiedades	Superficie de rotura	Suelo Saturado	Nivel Freático a 1m
<b>Peso específico</b>	25.448 kn/m <sup>3</sup>	26.478 kn/m <sup>3</sup>	26.11 kn/m <sup>3</sup>
<b>Cohesión</b>	0	1086.57 Kpa	1086.57 Kpa
<b>Phi</b>		38.5°	38.5°
<b>FACTOR DE SEGURIDAD</b>	1.378 (estable)		

Fuente. Elaboración Propia

**Factor de Seguridad Sección “E” Nivel freático debajo 1m terreno natural**

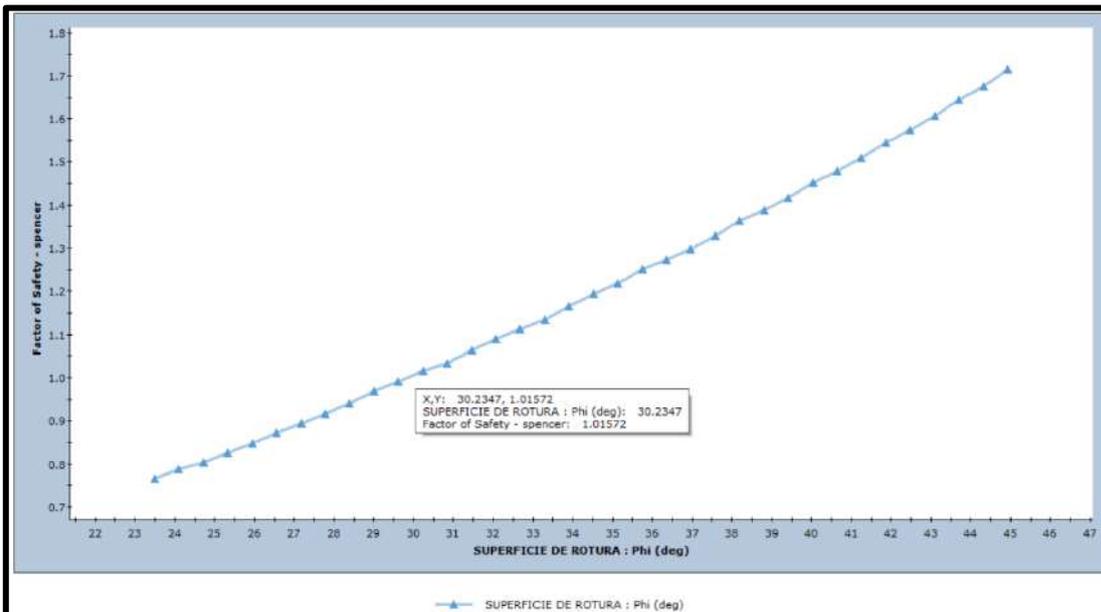
*Ilustración 106. Fator de Seguridad perfil “E”*



Fuente. Elaboración Propia

**Retro análisis de “Phi” a Rotura**

*Ilustración 107. Retro análisis de gráfica de phi vs factor de seguridad nivel freático debajo 1m terreno natural- perfil “E”*



<b>Phi Rotura (deg): 30.2347</b>	Ángulo que se llega a la rotura de aproximación de factor de seguridad a 1.
----------------------------------	---

- SECCIÓN F-F

a) Talud de superficie seco

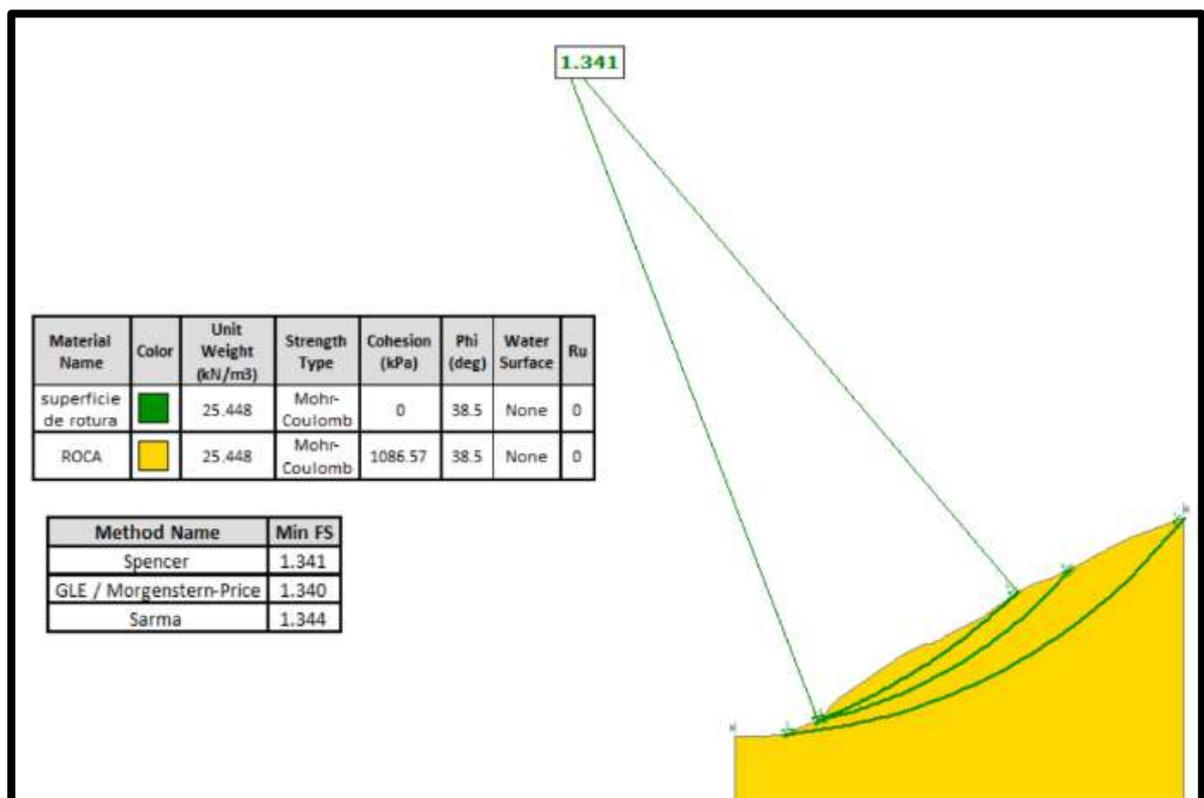
**Tabla 64.** Propiedades de rotura a Suelo Seco

Propiedades	Superficie de rotura	Superficie Seca
<b>Peso específico</b>	25.448 kn/m <sup>3</sup>	25.448 kn/m <sup>3</sup>
<b>Cohesión</b>	0	1086.57 Kpa
<b>Phi</b>		38.5°
<b>FACTOR DE SEGURIDAD</b>	1.341 (estable)	

Fuente. Elaboración Propia

**Factor de Seguridad Sección “F” superficie seca**

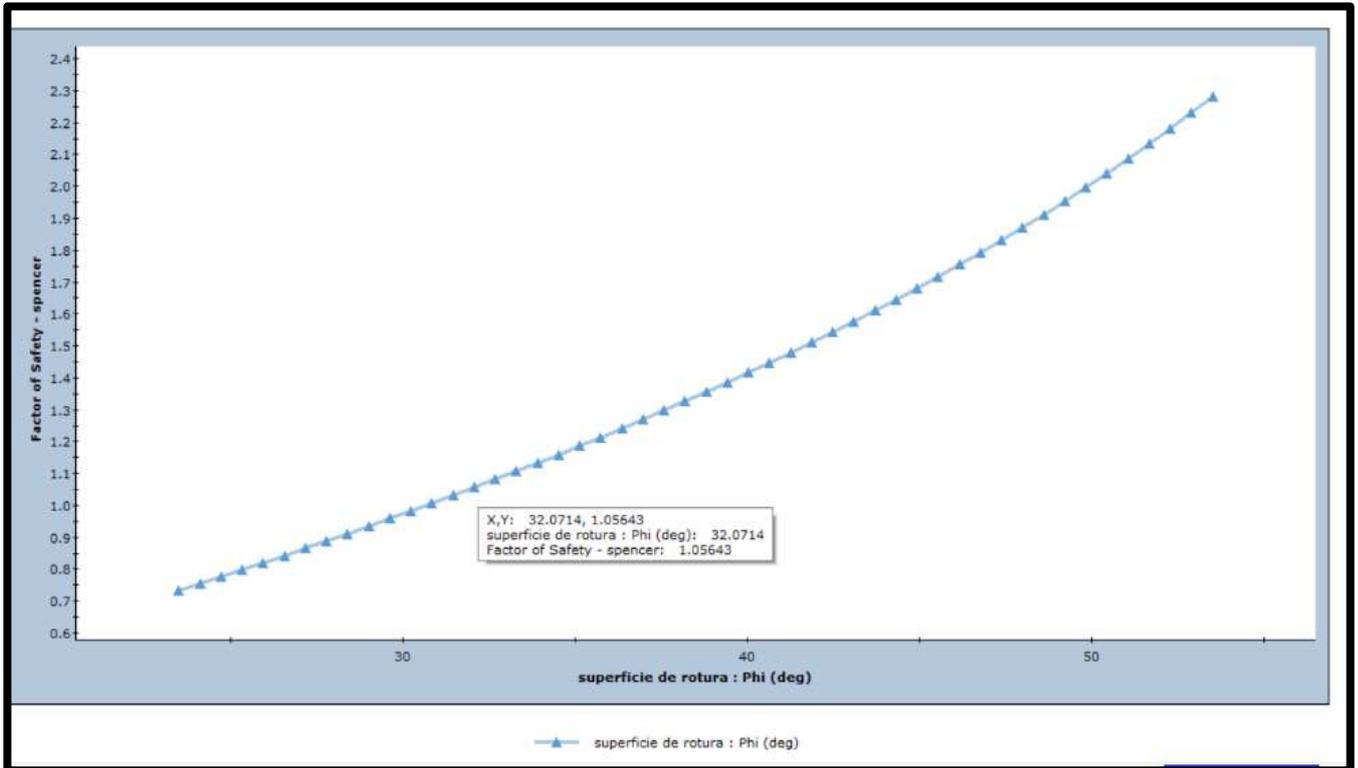
*Ilustración 108.* Factor de Seguridad perfil “F”



Fuente. Elaboración Propia

### Retro análisis de “Phi” a Rotura

*Ilustración 109. Retro análisis de gráfica de phi vs factor de seguridad-Perfil “F”  
Superficie seco*



<b>Phi Rotura (deg): 32.0714</b>	Ángulo que se llega a la rotura de aproximación de factor de seguridad a 1.
----------------------------------	---

b) Capa superficial de 1m de suelo saturado

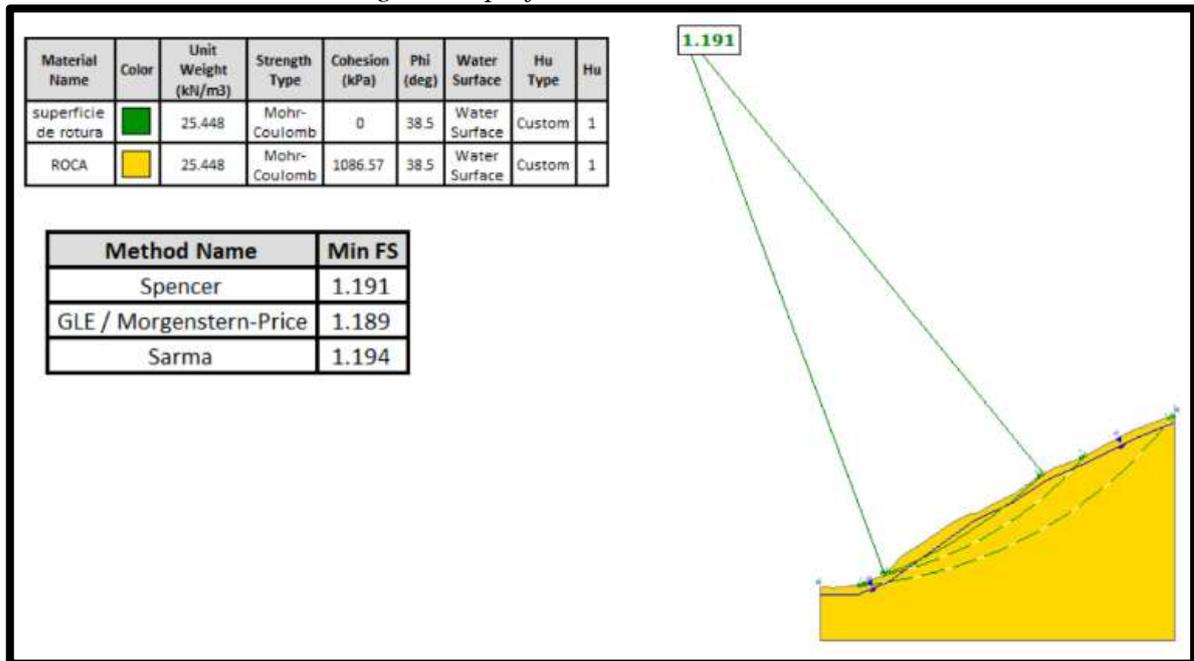
**Tabla 65.** Propiedades de rotura a 1m de suelo saturado

Propiedades	Superficie de rotura	Suelo Saturado a 1m
<b>Peso específico</b>	25.448 kn/m <sup>3</sup>	25.448 kn/m <sup>3</sup>
<b>Cohesión</b>	0	1086.57 Kpa
<b>Phi</b>		38.5°
<b>FACTOR DE SEGURIDAD</b>	1.191 (Estable, pero necesita reforzamiento)	

Fuente. Elaboración Propia

**Factor de Seguridad Sección “F” rotura a 1m suelo saturado**

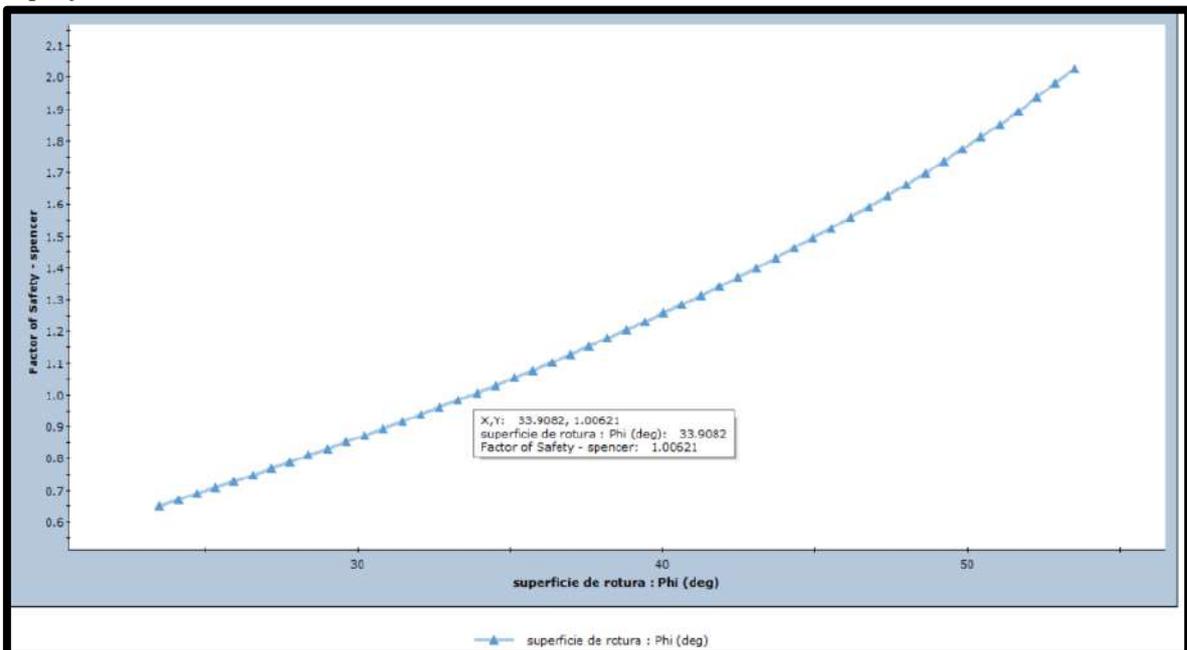
*Ilustración 110. Factor de Seguridad perfil “F”*



Fuente. Elaboración Propia

**Retro análisis de “Phi” a Rotura**

*Ilustración 111. Retro análisis de gráfica de phi vs factor seguridad- perfil “E” capa superficial 1m.*



<b>Phi Rotura (deg): 33.9082</b>	Ángulo que se llega a la rotura de aproximación de factor de seguridad a 1.
----------------------------------	---

c) Nivel freático por debajo de 1m del terreno natural

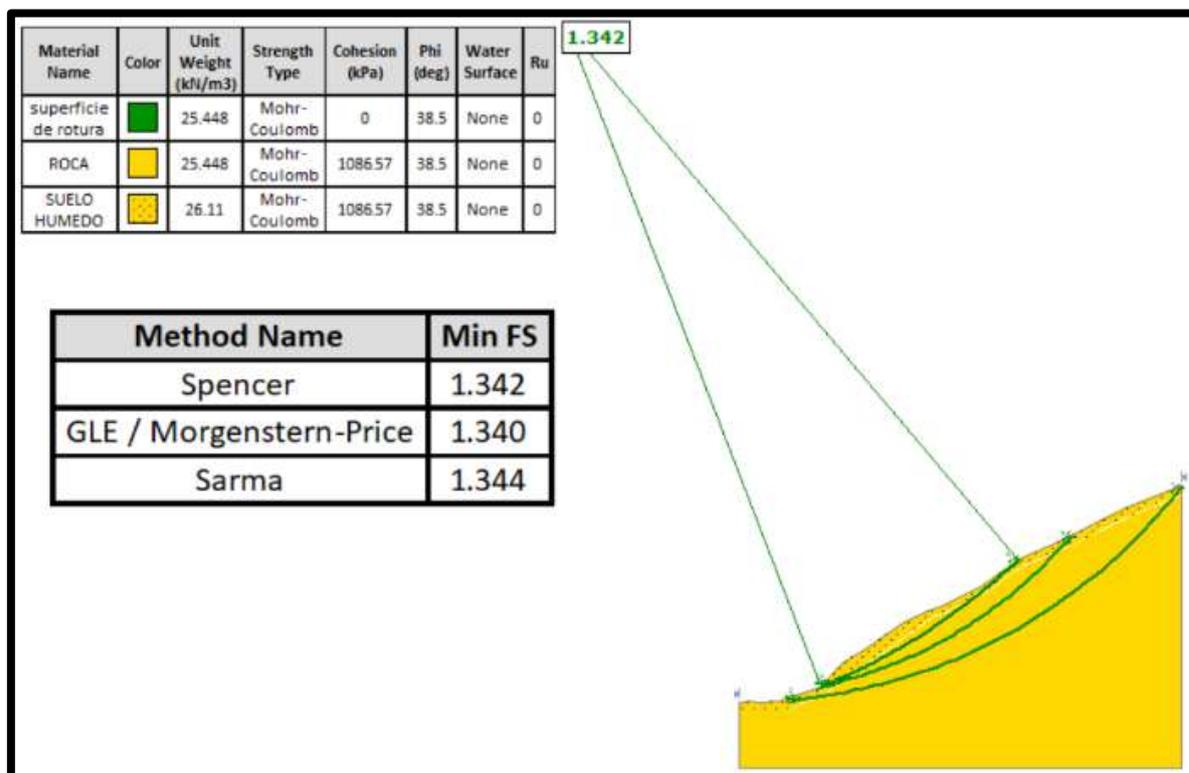
**Tabla 66.** Propiedades de rotura a Suelo Saturado a 1m

Propiedades	Superficie de rotura	Suelo Saturado	Nivel Freatico a 1m
<b>Peso específico</b>	25.448 kn/m <sup>3</sup>	26.478 kn/m <sup>3</sup>	26.11 kn/m <sup>3</sup>
<b>Cohesión</b>	0	1086.57 Kpa	1086.57 Kpa
<b>Phi</b>		38.5°	38.5°
<b>Factor de seguridad</b>	1.34 (estable)		

Fuente. Elaboración Propia

**Factor de Seguridad Sección “F” Nivel freático debajo 1m terreno natural**

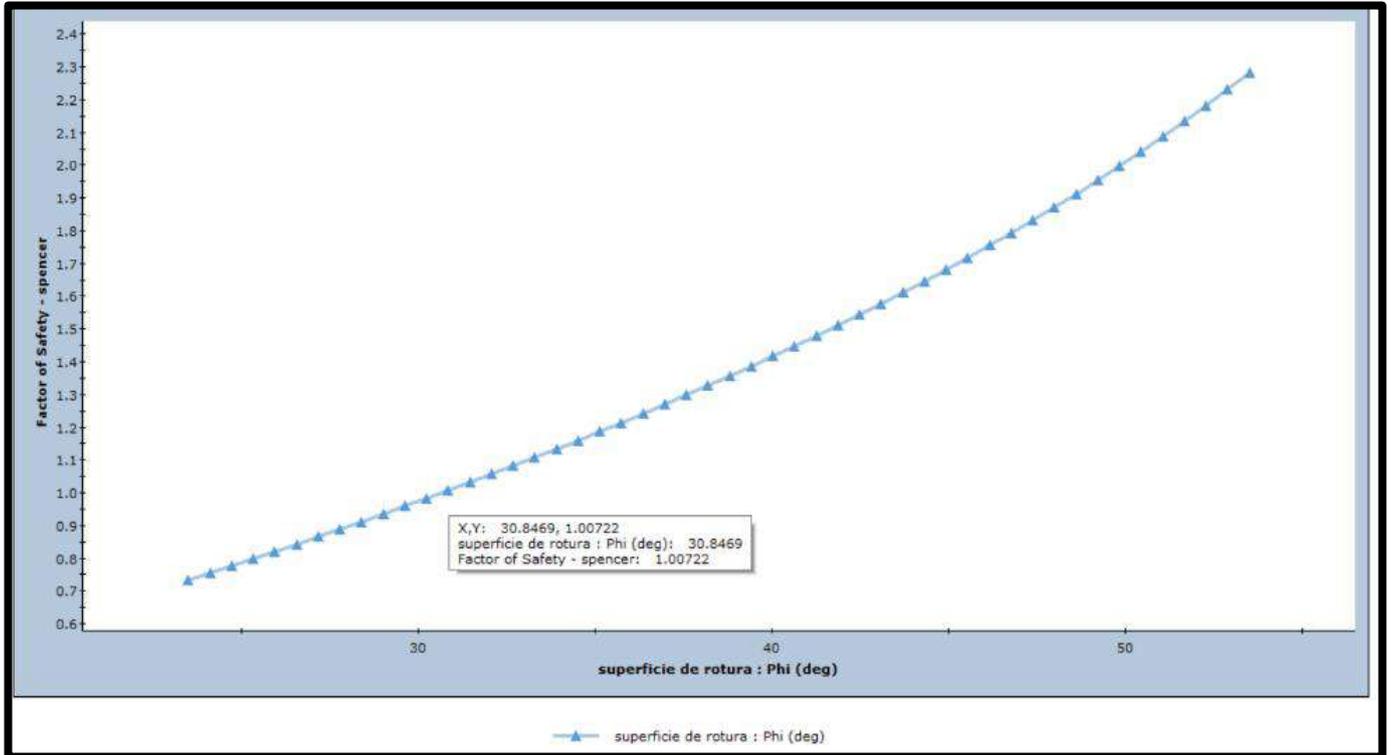
**Ilustración 112.** Factor de Seguridad perfil “F”



Fuente. Elaboración Propia

### Retro análisis de “Phi” a Rotura

*Ilustración 113. Retro análisis de gráfica de phi vs factor de seguridad nivel freático debajo 1m terreno natural- perfil “F”*



Fuente. Elaboración Propia

<b>Phi Rotura (deg): 30.8469</b>	Ángulo que se llega a la rotura de aproximación de factor de seguridad a 1.
----------------------------------	---

**ANÁLISIS DE RESULTADOS***Tabla 67. Resultados de Factor de Seguridad Slide*

PERFILES TOPOGRÁFICOS	CRITERIOS DE RETROANÁLISIS DEL TALUD	FACTOR SEGURIDAD		
		MORGENSTERN-PRICE	SPENCER	SARMA
A	Capa superficial de 1m de suelo saturado	2.567	2.624	2.302
	Talud de superficie seco	2.700	2.569	2.102
	Nivel freático por debajo de 1m del terreno natural	3.073	2.898	2.903
B	Capa superficial de 1m de suelo saturado	1.098	1.092	1.106
	Talud de superficie seco	1.098	1.092	1.106
	Nivel freático por debajo de 1m del terreno natural	1.098	1.092	1.106
C	Capa superficial de 1m de suelo saturado	0.412	0.412	0.419
	Talud de superficie seco	0.892	0.900	0.770
	Nivel freático por debajo de 1m del terreno natural	0.673	0.673	0.676
D	Capa superficial de 1m de suelo saturado	0.474	0.474	0.482
	Talud de superficie seco	0.673	0.673	0.676
	Nivel freático por debajo de 1m del terreno natural	0.677	0.675	0.685
E	Capa superficial de 1m de suelo saturado	1.030	1.025	1.038
	Talud de superficie seco	1.321	1.376	1.334
	Nivel freático por debajo de 1m del terreno natural	1.324	1.378	1.337
F	Capa superficial de 1m de suelo saturado	1.189	1.191	1.194
	Talud de superficie seco	1.340	1.341	1.344
	Nivel freático por debajo de 1m del terreno natural	1.34	1.342	1.344

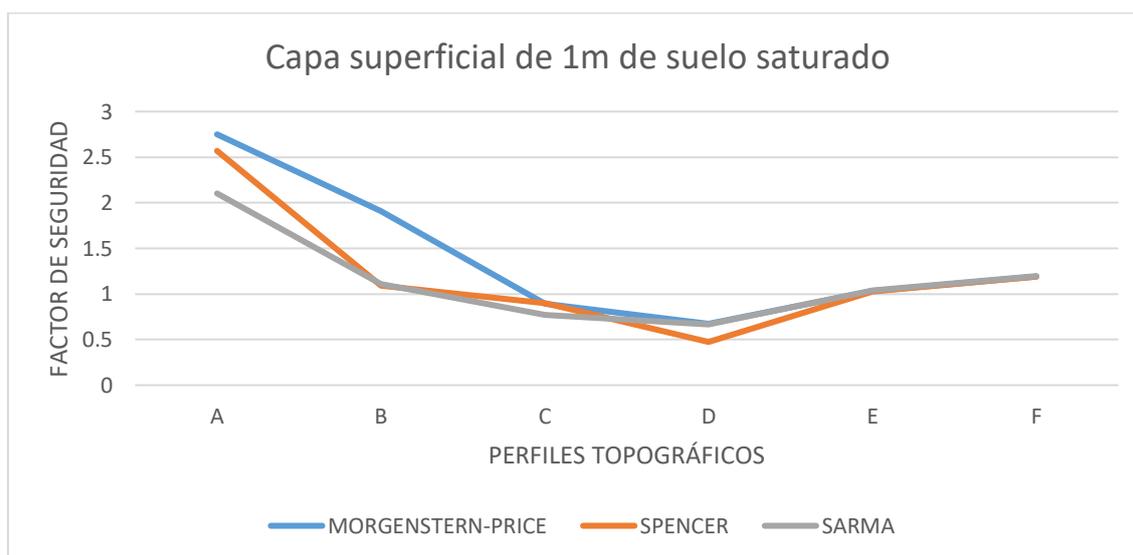
Fuente. Elaboración Propia

DADO LA TABLA 73 SE ANALIZARÁ LOS PERFILES B, C, D, E DONDE SE OBSERVA QUE EL FACTOR DE SEGURIDAD ES MENOR DE 1.25 SEGÚN EL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES (RNE – CE.020). DONDE POSTERIORMENTE SE ANALIZARÁ PARA DAR UNA SOLUCION A LOS PERFILES DESCRITOS DONDE EL FACTOR SEA MAYOR DE 1.3.

*Tabla 68. Factor de seguridad vs capa superficial de 1m de suelo saturado*

CRITERIOS DE RETROANÁLISIS DEL TALUD	PERFILES TOPOGRÁFICOS	MORGENSTERN-PRICE	SPENCER	SARMA
Capa superficial de 1m de suelo saturado	A	2.567	2.624	2.302
	B	1.098	1.092	1.106
	C	0.412	0.412	0.419
	D	0.474	0.474	0.482
	E	1.030	1.025	1.038
	F	1.189	1.191	1.194

Fuente. Elaboración Propia



*Ilustración 114. Factor de seguridad - capa superficial de 1m suelo saturado*

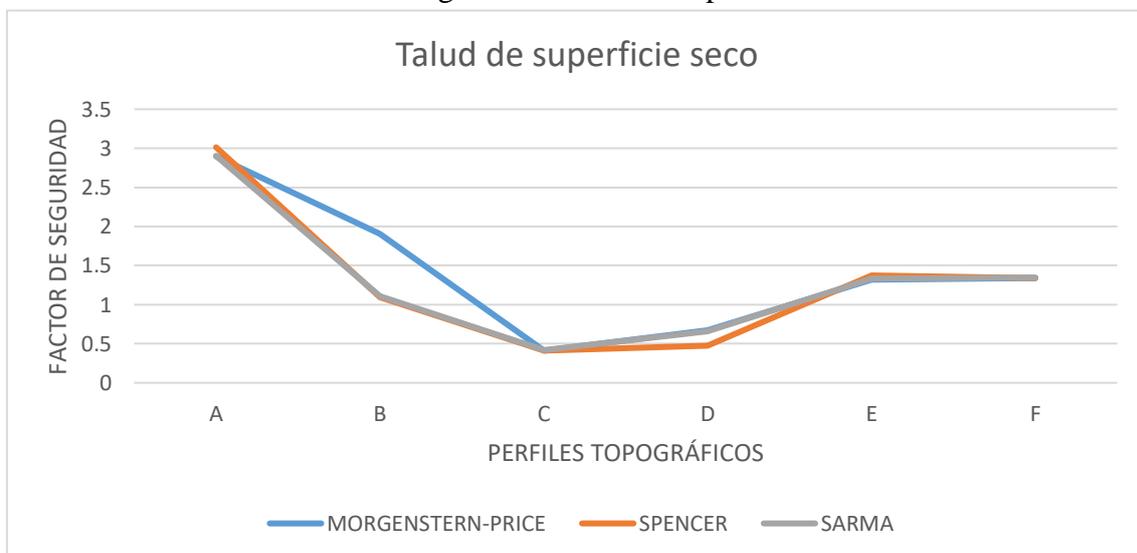
El perfil A se observa que se obtiene un factor de seguridad mayor de 2 donde el perfil es estable, mientras los valores más bajos se obtienen en los perfiles intermedios C, D de un factor de seguridad menor de 1.

**Tabla 69.** Factor de seguridad vs Talud superficie seco

CRITERIOS DE RETROANÁLISIS DEL TALUD	PERFILES TOPOGRAFICOS	MORGENSTERN-PRICE	SPENCER	SARMA
<b>Talud de superficie seco</b>	<b>A</b>	2.700	2.569	2.102
	<b>B</b>	1.098	1.092	1.106
	<b>C</b>	0.892	0.900	0.770
	<b>D</b>	0.673	0.673	0.676
	<b>E</b>	1.321	1.376	1.334
	<b>F</b>	1.340	1.341	1.344

Fuente. Elaboración Propia

**Ilustración 115.** Factor de Seguridad -Talud de superficie seca



Fuente. Elaboración Propia

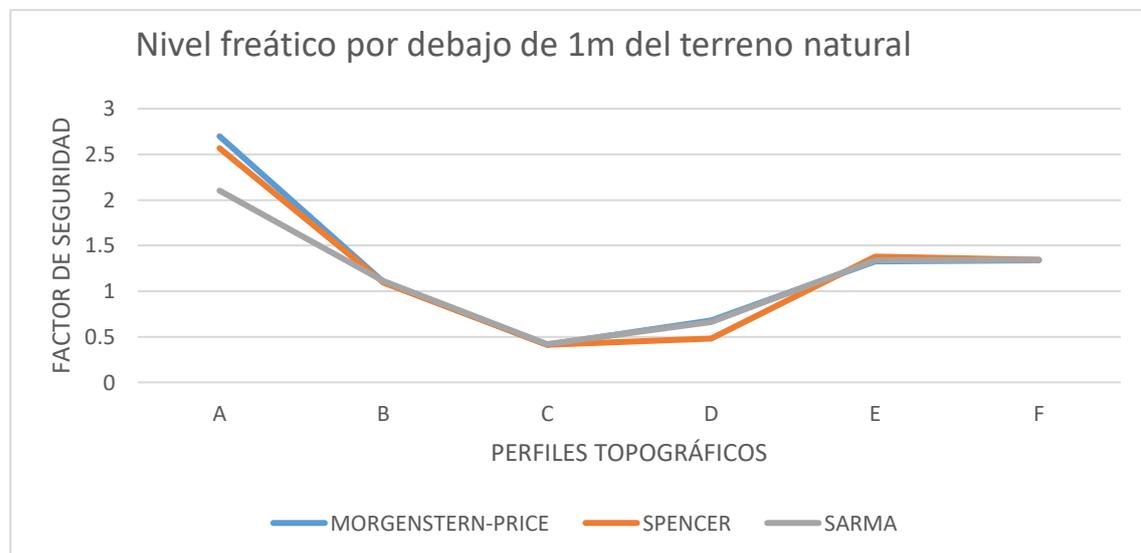
El perfil A se observa que se obtiene un factor de seguridad mayor de 2 donde el perfil es estable, mientras los valores más bajos se obtienen en los perfiles intermedios C, D de un factor de seguridad menor de 1.

**Tabla 70.** Factor de seguridad vs Nivel freático debido 1m del terreno natural

CRITERIOS DE RETROANÁLISIS DEL TALUD	PERFILES TOPOGRÁFICOS	MORGENSTERN-PRICE	SPENCER	SARMA
<u>Nivel freático por debajo de 1m del terreno natural</u>	A	3.073	2.898	2.903
	B	1.098	1.092	1.108
	C	0.673	0.673	0.676
	D	0.657	0.666	0.661
	E	1.324	1.378	1.337
	F	1.340	1.342	1.344

Fuente. Elaboración Propia

**Ilustración 116.** Factor de seguridad - Nivel freático debajo 1m del terreno natural



Fuente. Elaboración Propia

El perfil A se observa que se obtiene un factor de seguridad mayor de 2 donde el perfil es estable, mientras los valores más bajos se obtienen en los perfiles intermedios C, D de un factor de seguridad menor de 1.

## ANÁLISIS DE ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN MEDIANTE MICROPILOTES.

En el software slide nos permite el diseño de micropilotes en el talud colocando por datos la longitud, Peso último, pero estos datos se comprobarán mediante el siguiente método que además nos proporciona el diámetro del micropilote.

### Diseño de micropilotes

Método de cálculo empírico por Lizzi

$$P_{ult} = DLKI \text{ (kg)}$$

- D (cm) es el diámetro nominal del micropilote (drilling diameter)
- L (cm) es la longitud del micropilote
- K (kg/cm<sup>2</sup>) es un coeficiente que representa la interacción media entre el micropilote y el suelo (adherencia micropilote-suelo), y, I es un coeficiente sin dimensiones que depende del diámetro nominal del micropilote

En las siguientes tablas se detallan los valores de K e I:

SOIL	K
Soft soil	0.5
Loose soil	1.0
Soil of average compactness	1.5
Very stiff soil, gravels, sands	2.0

Fuente. Juan C. Hernández de Pozo, Francisco Lamas Hernández, Juan C. Hernández Garvayo (Micropilotes Inyectados Técnica y Cálculo)

Valores de K (kg/cm <sup>2</sup> )	
Diameter of the pile	I
10cm	1.00
15cm	0.90
20cm	0.85
25cm	0.80

Valores de I

Fuente. Juan C. Hernández de Pozo, Francisco Lamas Hernández, Juan C. Hernández Garvayo (Micropilotes Inyectados Técnica y Cálculo)

- PERFIL “C”

**Tabla 71.** *Parámetros de Micropilote Perfil C*

<b><i>Pult=</i></b>	100 Kn	10197.162	kg
<b><i>Diámetro micropilote (D)</i></b>		x	m
<b><i>Longitud del micropilote (L)</i></b>		500	cm
<b><i>k</i></b>		2	kg/m <sup>2</sup>
<b><i>l</i></b>		0.8	

En la **tabla 77**, se describen los parámetros de diseño del micropilote, donde inicialmente se da una carga ultima de 100 Kn propuesta por el autor, posteriormente se encontrará el diámetro respectivo, donde finalmente se elaboró un retro análisis para hallar el peso ultimo del micropilote para recalcular en el software slide dando resultado si el factor de seguridad es mayor de 1.5.

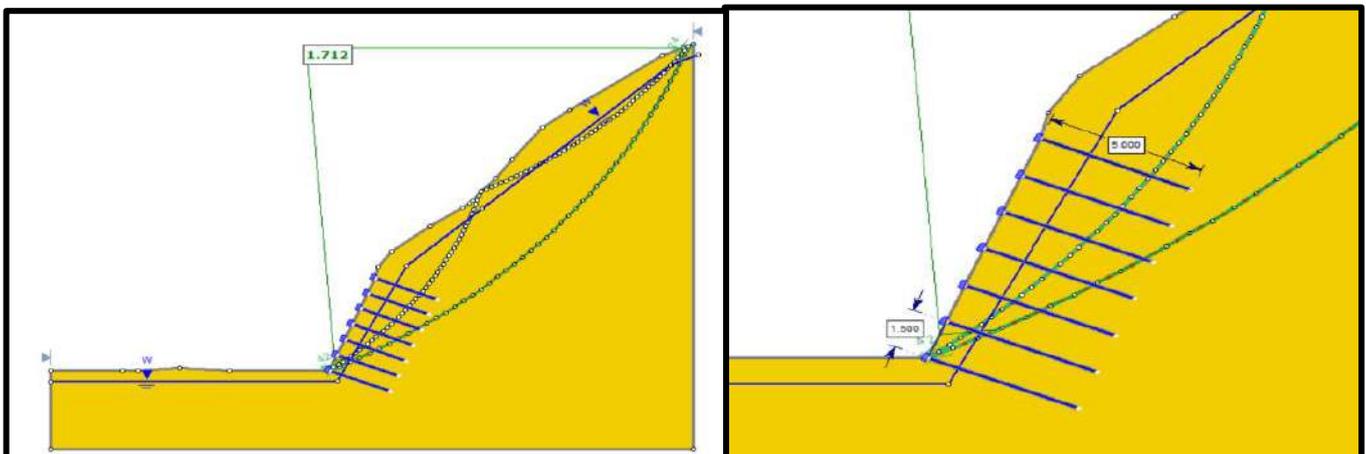
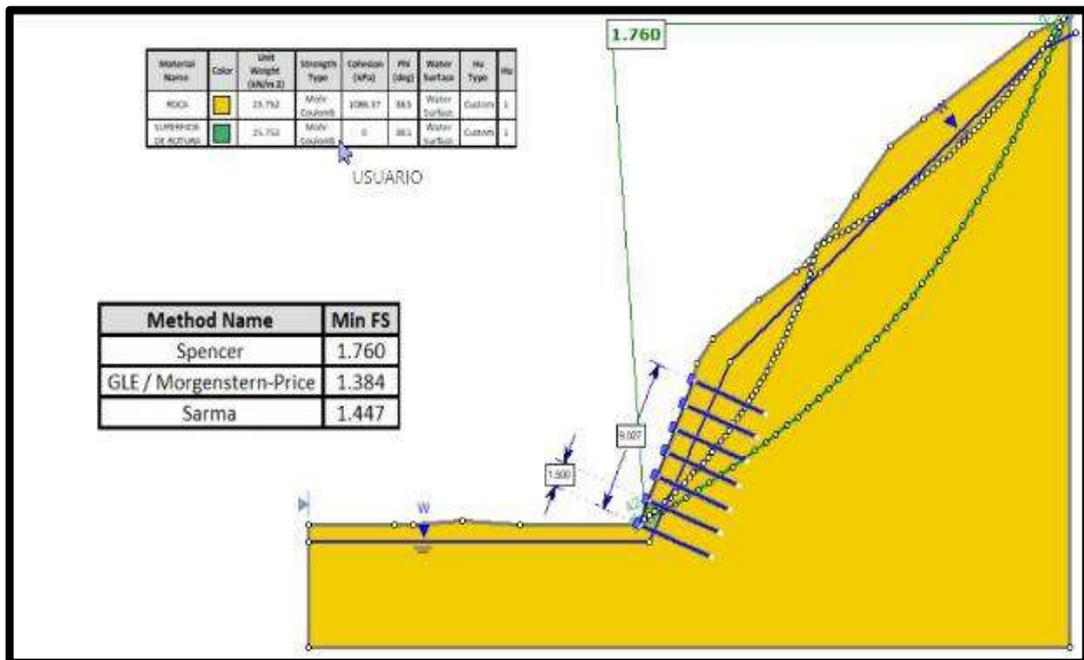
Cálculo del diámetro

x=	12.75	13cm
----	-------	------

Parámetros finales del micropilote

<b><i>Pult=</i></b>	117.68	Kn
<b><i>Diámetro micropilote (D)</i></b>	13cm	m
<b><i>Longitud del micropilote (L)</i></b>	500	cm
<b><i>k</i></b>	2	kg/m <sup>2</sup>
<b><i>l</i></b>	0.8	

**Ilustración 117.** Diseño de Micropilote Slide Perfil “C”



Fuente. Elaboración Propia

**En la ilustración 120**, se diseñó 7 micropilotes, separados a una distancia de 1.5m con ángulo de inclinación de 42° para cada uno de los micropilotes, como resultado de factor de seguridad, Morgenstern-Price 1.384, Spencer 1.760, Sarma 1.447.

PERFIL "E"Tabla 72. Parámetros de micropilotes del Perfil E

<b><i>Pult</i></b>	X	kg
<b><i>D</i></b>	13	m
<b><i>Longitud del micropilote</i></b>	400	cm
<b><i>k</i></b>	2	kg/m <sup>2</sup>
<b><i>l</i></b>	0.8	

Fuente. Elaboración Propia

En la **tabla 78**, se procede a calcular la carga ultima, por un diseño del diámetro que todos sean de las mismas dimensiones, teniendo en cuenta del perfil "C" se consideró el diámetro de 13 cm, donde se procederá el cálculo del peso ultimo.

Peso último calculado

x=	8320.00 kg
----	------------

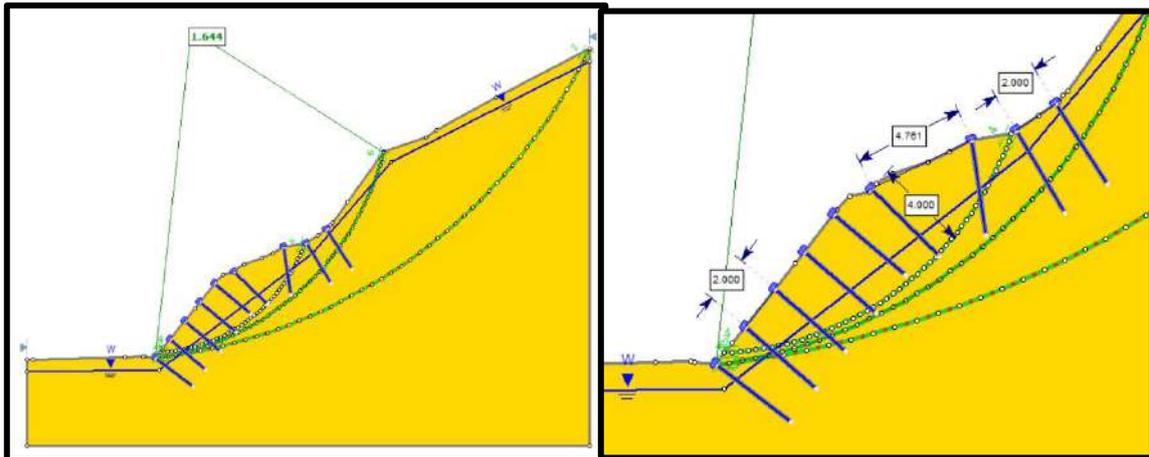
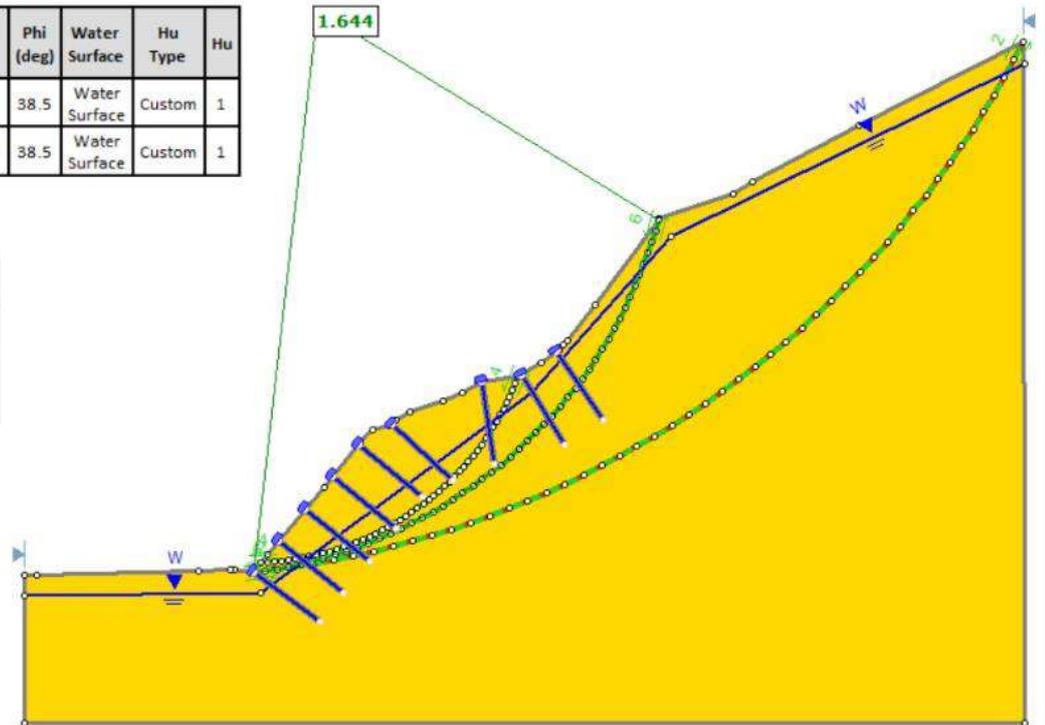
**Tabla 73. parámetros finales de micropilotes perfil E**

<b><i>Pult</i></b>	78.96	Tn
<b><i>D</i></b>	13	m
<b><i>Longitud del micropilote</i></b>	400	cm
<b><i>k</i></b>	2	kg/m <sup>2</sup>
<b><i>l</i></b>	0.8	

*Ilustración 118. Diseño de micropilotes del perfil "E"*

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Water Surface	Hu Type	Hu
SUPERFICIE DE ROTURA	Green	25.448	Mohr-Coulomb	0	38.5	Water Surface	Custom	1
ROCA	Yellow	25.448	Mohr-Coulomb	1086.57	38.5	Water Surface	Custom	1

Method Name	Min FS
Spencer	1.644
GLE / Morgenstern-Price	1.612
Sarma	1.727



Fuente. Elaboración Propia

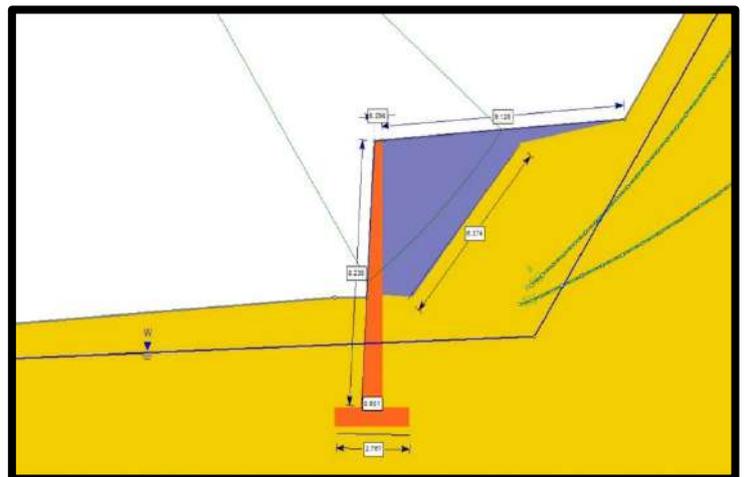
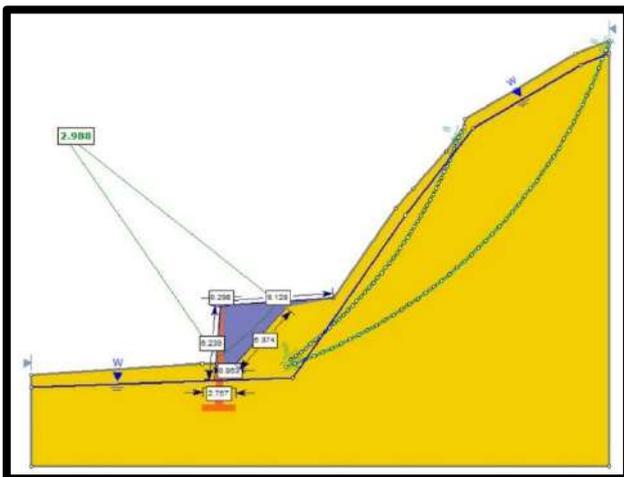
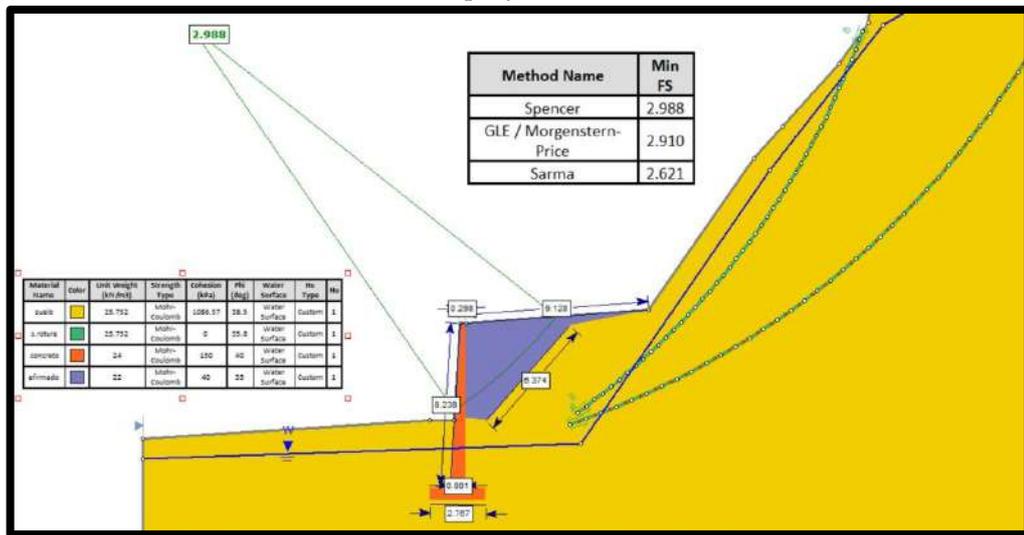
**En la ilustración 121**, se diseñó 9 micropilotes con factor de seguridad de 1.644 Spencer, Morgenstern -Price de 1.612, Sarma de 1.727 mayor a 1.5 los demás parámetros se describirán en el plano del **Anexo 14**.

**Análisis de alternativa de solución mediante muro de contención**

**PERFIL “D”**

Se elaboro un muro de contención, porque durante el análisis de micropilotes el factor de seguridad eran menores de 1 entonces se procedió el análisis de muro de contención en el software slide donde las dimensiones fueron propuestas por el autor, además comprobadas mediante un análisis de volteo y deslizamiento al muro de contención (Ver Anexo 15)

*Ilustración 119. Muro de contención en el perfil "D"*



*Fuente. Elaboración Propia*

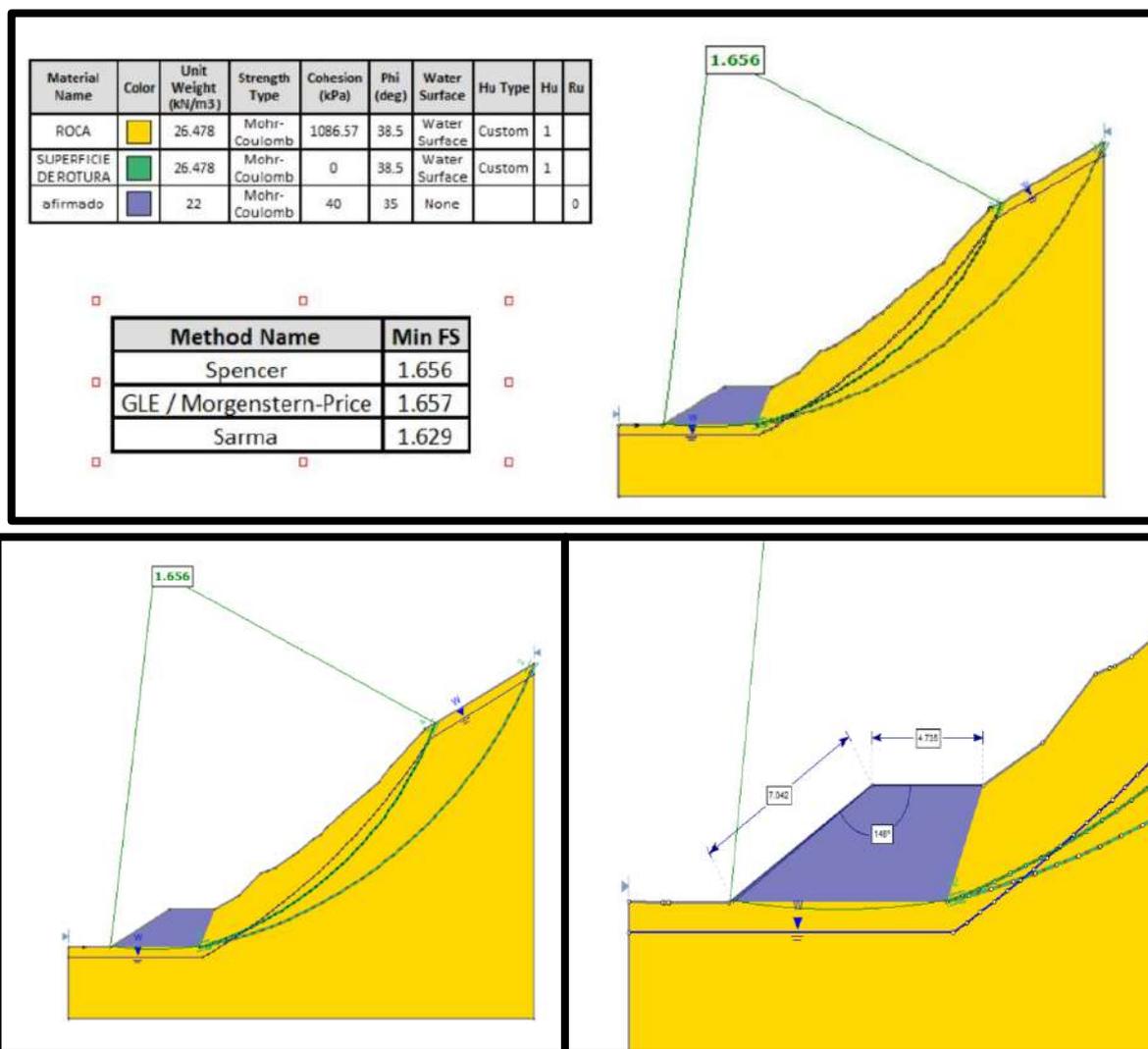
**En la ilustración 122**, nos muestra el análisis mediante el muro de contención en el perfil D dando como resultado de factor de seguridad para Spencer 3.020, Morgenstern-Price

de 3.020 y el Sarma de 3.020 son mayores al factor de seguridad según la normativa peruana CE 0.20.

### **Análisis de alternativa de solución del perfil “B”**

Se evaluó mediante micropilotes dando como resultados menores de 1 en factor de seguridad, entonces se propuso una solución económica de estabilidad con relleno de material afirmado.

#### *Ilustración 120. Solución con material de afirmado*



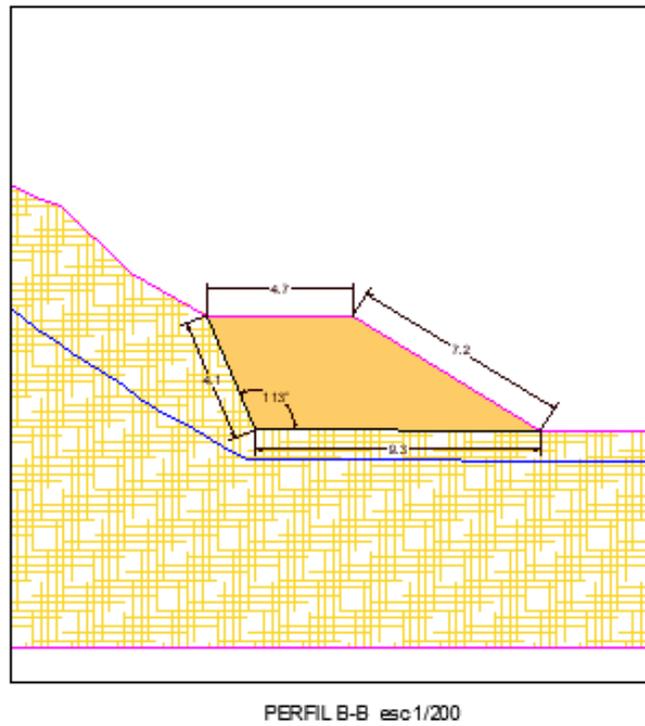
Fuente. Elaboración Propia

En la ilustración 123, se obtuvieron factores de seguridad de Spencer 1.656, Morgenstern -Price 1.657, Sarma 1.629 son mayores al factor de seguridad según la normativa peruana CE 0.20.

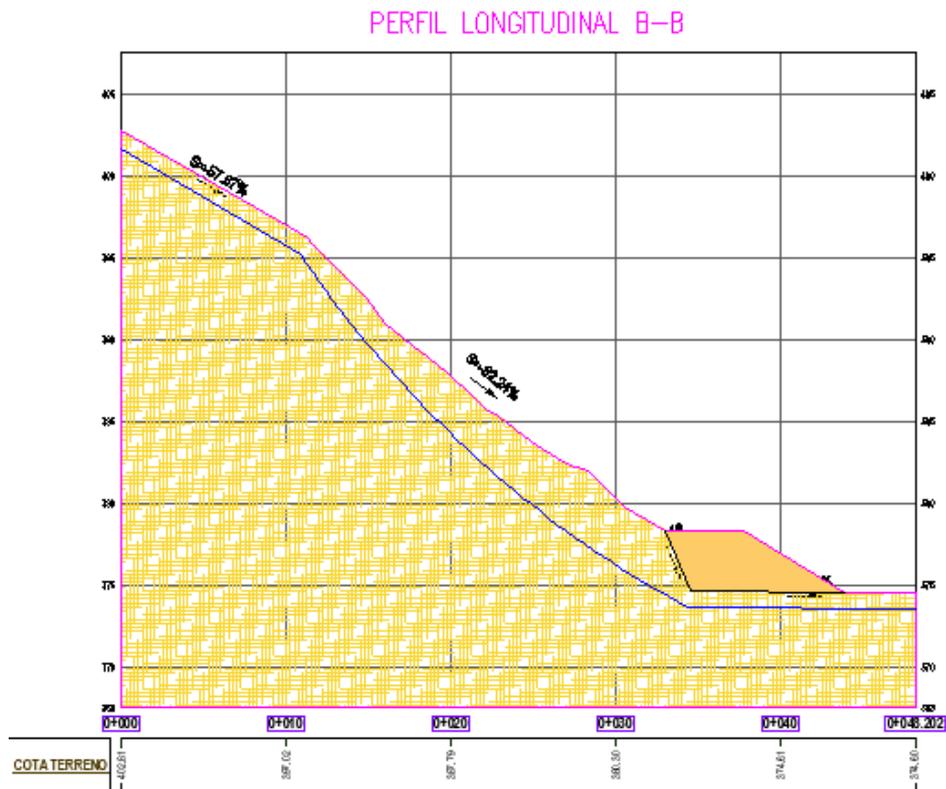
### **Elaboración de planos de los sistemas de estabilización del talud**

**PERFIL “B”**, Revisar Anexo 15 para mayor información de detalle.

*Ilustración 121. Detalles del área de relleno con afirmado.*

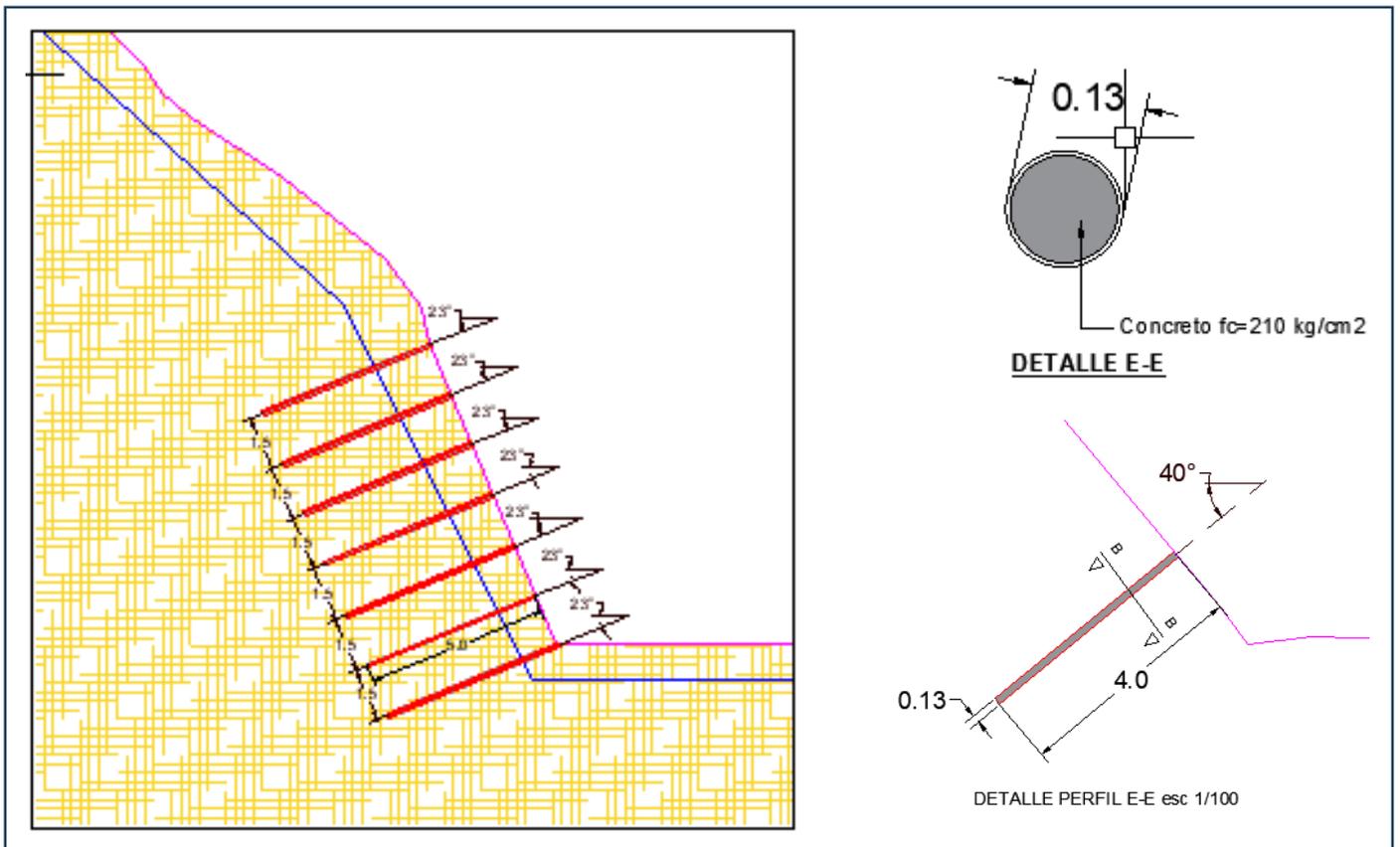


*Ilustración 122. Detalle de perfil "B" longitudinal con relleno de afirmado*



**PERFIL "C"**, Revisar **Anexo 15** para mayor información de detalle.

*Ilustración 123. Detalles de micropilote del perfil "C"*



- Longitud de micropilote: 5m
- Diámetro de micropilote: 13 cm
- Inclinación de los micropilotes: 25°
- Separación entre micropilotes: 1.5 m
- Concreto: 210 kg/cm<sup>2</sup>

PERFIL “D”, Revisar Anexo 15 para mayor información de detalle.

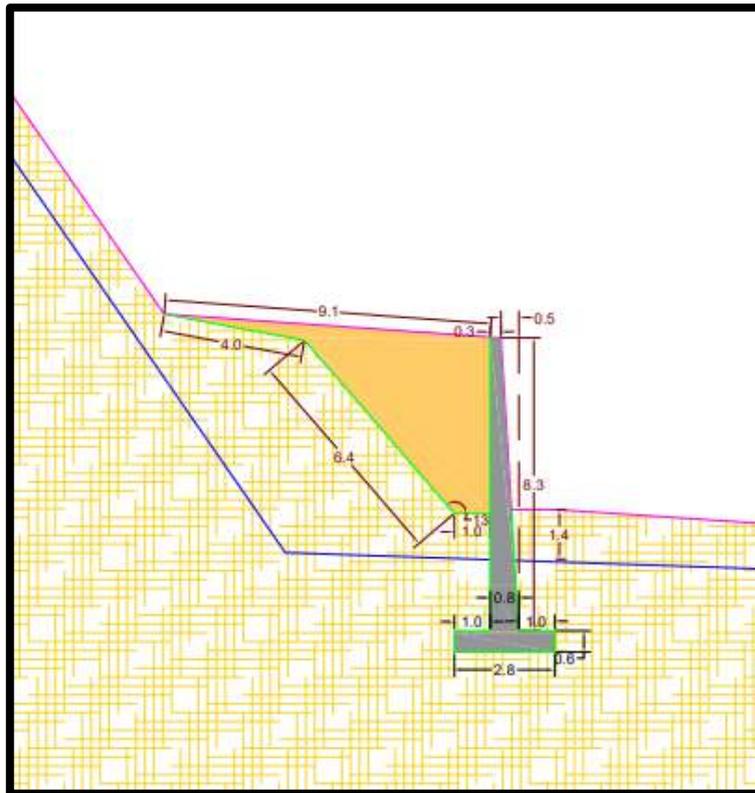
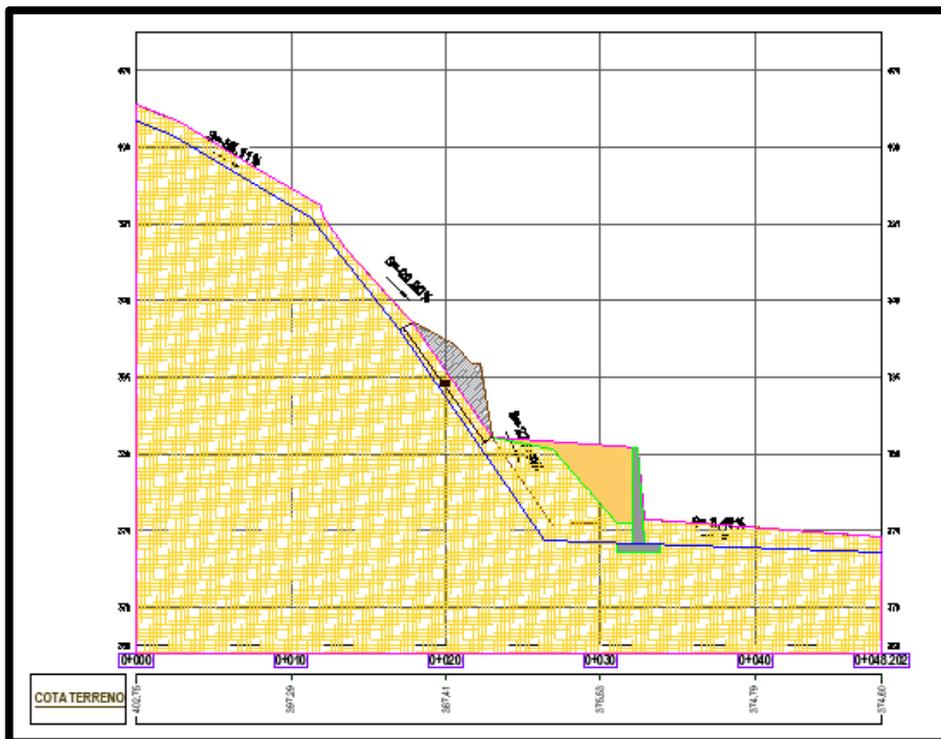
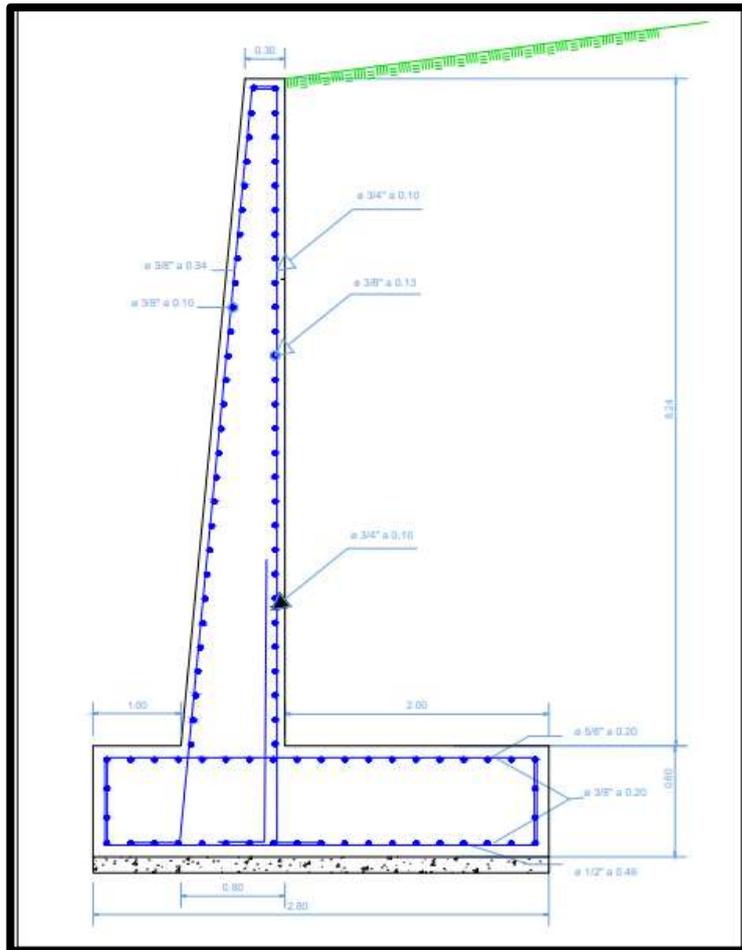


Ilustración 124. Detalle del muro de contención en el talud.

Fuente. Elaboración Propia



*Ilustración 125. Detalle de acero de muro de contención.*



Fuente. Elaboración Propia

*Tabla 74. Parámetros de diseño del muro de contención.*

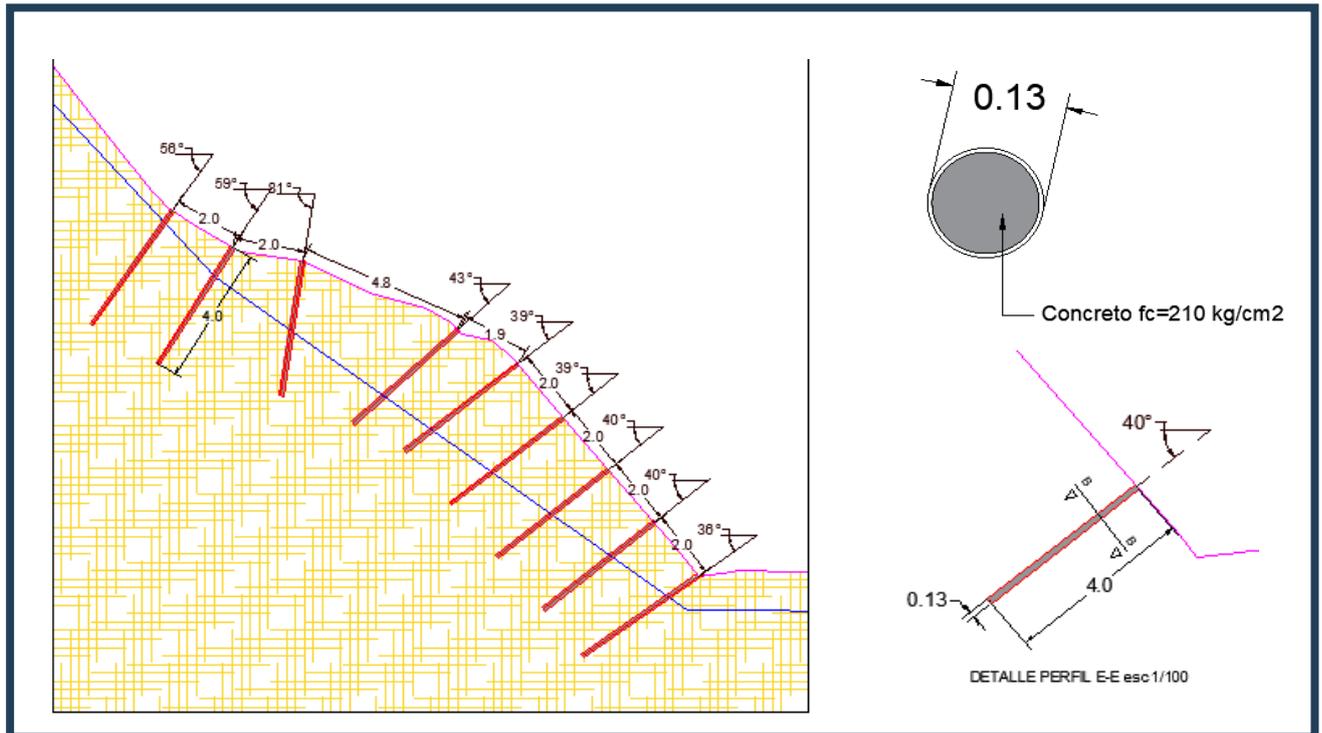
Descripción del elemento	Valor adoptado
Corona superior	$b = 0.30 \text{ m}$
Ancho de la base	$B = 2.80 \text{ m}$
Peralte de la zapara	$h1 = 0.60 \text{ m}$
Longitud de la puntera	$b1 = 1.00 \text{ m}$
Longitud del talón	$b2 = 1.00 \text{ m}$
Base del triángulo 1	$t1 = 0.50 \text{ m}$
Base del triángulo 2	$t2 = 0.00 \text{ m}$

Ancho total del muro	B =	2.80 m
Ancho de corona	b =	0.30 m
Longitud de la puntera	b1 =	1.00 m
Peralte de la zapata	h1 =	0.60 m

Fuente. Elaboración Propia

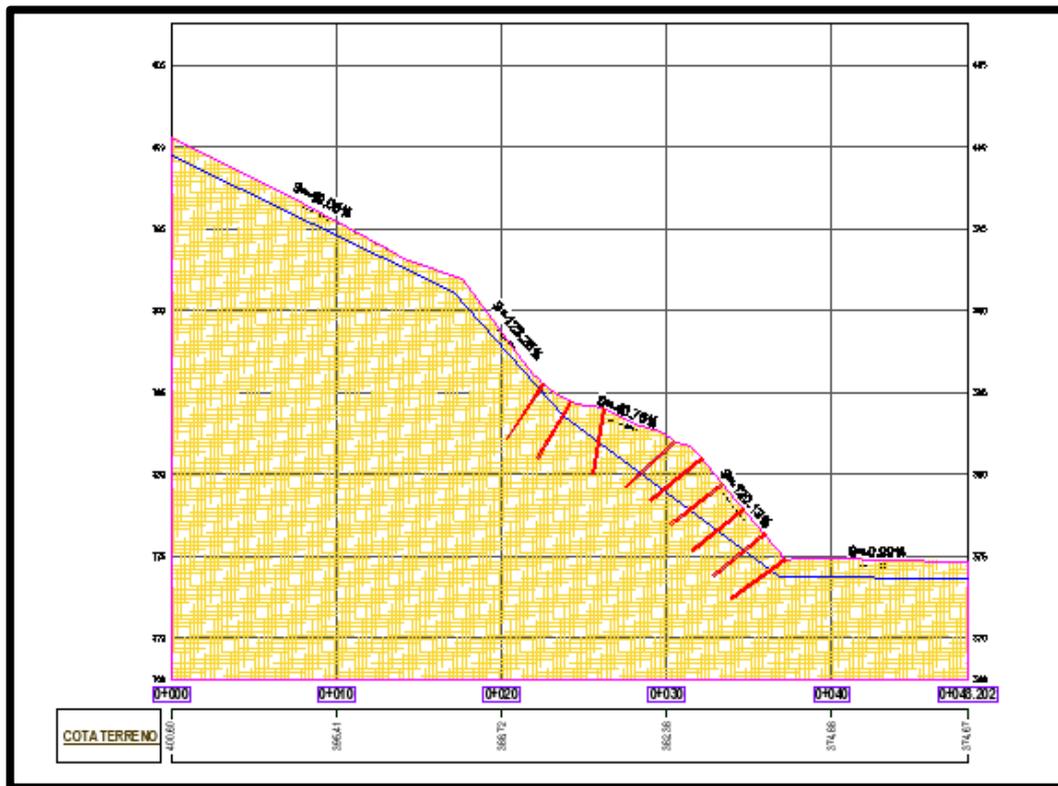
**PERFIL "E"**, Revisar **Anexo 15** para mayor información de detalle.

**Ilustración 126. Detalles de los micropilotes del perfil "E"**



- Longitud de micropilotes: 4m
- Ángulos de inclinación, separación entre micropilotes están propuestos en la **ilustración 126**.
- Diámetro de micropilote: 13cm
- Concreto: 210 kg/cm<sup>2</sup>

Ilustración 127. Perfil longitudinal del "E" con micropilotes.



Fuente. Elaboración Propia

## Elaboración del análisis económico de la estabilización del talud

### *Análisis económico de muro de gravedad*

Presupuesto					
Presupuesto:	Análisis de estabilidad de taludes mediante las ecuaciones de equilibrio límite: Metodode Morgensterb-Price, Spencer,Sarma				
Tesista:	Becerra Carrillo Edgar Alonso				
Lugar:	Cerro Chalpón-Motupe-Lambayeque				
Item	Descripción	UND.	METRADO	PRECIO S/.	PARCIAL S/.
<b>1</b>	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				
1.1	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS	glb	1	2500	2500
1.2	LIMPIEZA Y DESBROCE DE TERRENO	ha	0.03	500	15
1.3	TRAZO Y REPLANTEO	m2	2.67	3.75	10.0125
<b>2</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				
2.1	EXCAVACION EN TERRENO	m3	5.34	30	160.2
2.2	RELLENO CON MATERIAL SELECCIONADO	m3	52.05	27.37	1424.6085
2.3	PERFILADO EN TERRENO NORMAL	m2	2.67	6.23	16.6341
2.4	RELLENO DE MATERIAL DE AFIRMADO	m3	100.02	12.43	1243.2486
<b>3</b>	<b>CONCRETO ARMADO</b>				
3.1	CONCRETO F'C=210KG/CM2 EN ZAPATA Y MURO	m3	15.3465	355.91	5461.97282
3.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO CON PANELES	m2	25.2	42.52	1071.504
3.3	ACERO CORRUGADO FY=4200KG/CM2 GRADO 60	kg	313.98	71.76	22531.2048
3.4	DRENAJE CON GRAVA	m3	120	45.68	5481.6
<b>4</b>	<b>FLETE TERRESTRE</b>				
4.1	FLETE TERRESTRE	glb	1	2000	2000
COSTO DIRECTO (CD)					41915.9853
GASTOS GENERALES 10.00% (CD)					4067.27
UTILIDAD 10.00% (CD)					4067.27
COSTO PARCIAL (CP)					50050.5253
I.G.V. 18.00% (CP)					8785.3098
COSTO DE EJECUCIÓN DE OBRA (CO)					58835.8351

Fuente. Elaboración Propia

Análisis de micropilotes m3

m Micropilote con armadura de perfil tubular de acero.					
Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Precio parcial
1		Materiales			
	m	Perfil tubular con rosca, para armar micropilotes, de 13 cm de diámetro exterior y 5,5 mm de espesor, de acero ISO 11960 N-80, con límite elástico 562 N/mm <sup>2</sup> y carga de rotura 690 N/mm <sup>2</sup> .	1.020	44.38	45.27
	kg	Cemento Portland CEMI 42.5 N. en sacos.	25.000	0.34	8.50
	m <sup>3</sup>	Agua.	0.010	4.55	0.05
			Subtotal materiales:		<b>53.82</b>
2		Equipos			
	h	Equipo para inyecciones profundas, con bomba de baja presión y carro de perforación.	0.135	694.33	93.73
			Subtotal equipos:		<b>93.73</b>
3		Mano de obra			
	h	Operario en estructura de concreto.	0.370	29.83	11.04
	h	Oficial en estructura de concreto.	0.370	20.71	7.66
	h	Peón de construcción.	0.185	19.17	3.55
			Subtotal mano de obra:		<b>22.25</b>
4		Herramientas			
	%	Herramientas	2.000	169.80	3.40
Coste de mantenimiento decenal: S/. 5,20 en los primeros 10 años.			<b>Costos directos</b>		<b>173.20</b>

Fuente. Elaboración Propia

**CALCULO FINAL****PERFIL "C":**

TOTAL, MICROPILOTES= 7 \*5 = 35m

COSTO POR m MICROPILOTE = 173.20

COSTO TOTAL= 35\*173.20= S/.6062

**PERFIL "F"**

TOTAL, MICROPILOTES= 9\*4= 36m

COSTO POR m MICROPILOTE = 173.20

COSTO TOTAL= 36\*173.20= S/.6235

**COSTO TOTAL DE MICROPILOTES = S/. 12297**

## Discusiones

Para el análisis se dibujó las líneas de falla y se le impuso propiedades igual a la roca con excepción de la cohesión, porque cuando hay movimiento de terreno la cohesión es 0, por lo tanto, esta superficie de falla, en el análisis su espesor es tomado como una diferencial del terreno y es muy pequeña.

Si no se hubiera impuesto las superficies de falla, el programa Slide daría como resultado factores de seguridad alrededor de los 13 y sería un talud muy estable, sin embargo, esto no es cierto, porque existe actualmente deslizamientos.

Los perfiles tienden a fallar en la falda de la ladera esto es porque ahí está la superficie de falla y además es donde soporta el mayor peso del talud

Se encontró el ángulo residual final de rotura próximo al factor de seguridad de 1 en cada perfil en el escenario cuando el nivel freático está a 1m debajo del terreno natural necesita un mayor ángulo, lo que indica que debido a la presión intersticial o presión de poros genera mayor inestabilidad.

En todos los perfiles en el escenario cuando el nivel freático está a 1m debajo del terreno natural el factor de seguridad disminuye, esto debido al aumento de presión de poros, puesta aporta a las fuerzas inestabilizadoras.

En el perfil D-D se tuvo que hacer un corte, debido a que es más factible cortar el terreno, porque se optó por micropilotes, bulones y el talud seguía teniendo factor de seguridad menor a 1.3, y al retirar este peso el factor de seguridad aumentó, sin embargo, eso no fue el único refuerzo en este perfil, porque aún tenía otra parte donde fallaba y era en la parte baja del terreno.

En el perfil B-B se optó por rellenó de afirmado, sin ningún micropilote, porque solo había un menor factor de seguridad en un punto específico, que era la parte baja, para contrarrestar el deslizamiento se necesita una fuerza, esta fuerza vendrá dada por el peso del afirmado.

## Conclusiones

Al comparar las ecuaciones de Morgenstern-Price, Spencer y Sarma, se obtuvieron que los métodos Morgenstern-Price y Spencer los valores de factores de seguridad son muy similares y diferenciándose solamente por uno o dos decimales, además se afirma que el método de Sarma es más conservador, como se nota en casi todos los escenarios propuestos, mientras que el método Morgenstern-Price es el menos conservador.

Se clasifico el macizo rocoso mediante índices de Bieniawski (R.M.R) como una roca de calidad “regular” hasta “buena” con índices desde 47% hasta 63% mientras índice de calidad “Q” (Q de Barton) oscilo entre 0.325 a 2.375 con calidad de roca entre “Muy Mala” a “Mala”.

Se evaluó la estabilidad del talud mediante la ecuación de Morgenstern-Price y se obtuvo que el valor inicial de factor de seguridad de los perfiles es: A es 2.700, B es 1.106, C es 0.892, D es 0.673. E es 1.321 y F es 1.340 y los valores finales con diseño de solución son: B es 1.657, C es 1.384, D es 2.910 y E es 1.612 incrementando su factor de seguridad a valores mayores de 1.3 de lo propuesto

Se evaluó la estabilidad del talud mediante la ecuación de Spencer y se obtuvo que el valor inicial de factor de seguridad de los perfiles es: A es 2.569, B es 1.106, C es 0.900, D es 0.673. E es 1.376 y F es 1.341 y los valores finales con diseño de solución son: B es 1.656, C es 1.760, D es 2.988 y E es 1.644 incrementando su factor de seguridad a valores mayores de 1.3 de lo propuesto.

Se evaluó la estabilidad del talud mediante la ecuación de Sarma y se obtuvo que el valor inicial de factor de seguridad de los perfiles es: A es 2.102, B es 1.106, C es 0.770, D es 0.676. E es 1.334 y F es 1.344 y los valores finales con diseño de solución son: B es 1.629, C es 1.447, D es 2.621 y E es 1.727 incrementando su factor de seguridad a valores mayores de 1.3 de lo propuesto.

Se encontró el ángulo residual final de rotura próximo al factor de seguridad de 1 de cada perfil con relaciones de las 3 condiciones: talud seco, talud con capa superficial de 1 metro de suelo saturado y talud con nivel freático por debajo de 1m del terreno natural respectivamente:

Perfil A: 0.1°, 9.5°, 9.5°;

Perfil B: 36.5°, 36.9°, 36.5°;

Perfil C: 63.2°, 63.2°, 49.8°;

Perfil D: 51.4°, 52.4°, 51.4°;

Perfil E: 30.2°, 38.2°, 30.2°;

Perfil F: 32.1°, 33.9°, 30.9°.

Las soluciones de estabilidad para el perfil “B” fue más apropiado usar material de relleno (afirmado), para el perfil “C” se consideró 7 micropilotes de 5 m con diámetro de 13 cm distribuidos cada 1.5 m transversal y en el eje longitudinal está distribuido cada 1 m, para perfil de “D” también necesita un muro de contención, y se debe rellenar como se muestra en el detalle con afirmado de las mismas características que el perfil C, para el perfil E se necesita 9 micropilotes de 13 cm de diámetro y 4 m de longitud y en el eje longitudinal está distribuido cada 1 m, todos los micro pilotes serán clavados perpendicular al terreno.

Se realizó la evaluación económica obteniendo un precio de las soluciones, para el muro de contención un presupuesto de S/.71132.8351.

Se elaboraron los planos con las especificaciones técnicas de las posibles soluciones ver **Anexo 15**, mediante micropilotes, mediante rellenos, muro de contención a gravedad.

## **Recomendaciones**

El material de préstamo (afirmado) debe tener las siguientes propiedades aproximadas: peso específico 22 KN/m<sup>3</sup>, cohesión 40 kPa, y ángulo de fricción interna ( $\phi$ ) de 35 °.

El material de préstamo debe ser compactado hasta obtener una densidad insitu debe tener un grado de compactación del 98% ensayo Proctor estándar.

Para la rotura de la roca es recomendable usar un martillo hidráulico y no aditivos expansivos, porque la roca no es compacta y perderá presión el aditivo por la estratificación y diaclasas.

El presupuesto analizado en esta investigación los datos fueron recolectados del internet, por lo tanto, se recomienda hacer un análisis más minucioso con contratistas que ejecuten micropilotes.

## Referencias

- [1] M. Llano-Serna y M. Farias, «Validación numérica, teórica y experimental del metodo del punto material para resolver problemas geotécnicos,» *Revisra Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería*, p. 6, 20 Febrero 2016.
- [2] Z. Wang y M. Lin, «Finite element analysis method of slope stability based on fuzzy statistics,» *Earth Sciences Research Journal*, vol. 25, nº 1, p. 9, Marzo 2021.
- [3] O. Aguilar y C. Zuñiga, «análisis comparativo de estabilidad de taludes mediante los metodos de equilibrio limite aplicado a taludes o laderas aledañas al cerro la Popa., casco urbano de Cartagena,» Universidad de Cartagena, Cartagena, 2015.
- [4] L. Chaparro, W. Castañeda y O. Sanchez, «Influencia del vetiver y eucalipto en la estabilidad de taludes,» *Revista UIS Ingenierías*, vol. XX, nº 4, pp. 171-188, 1 Octubre 2021.
- [5] R. Ucar y N. Belandria, «Cálculo del factor de seguridad en la estabilidad de taludes considerando rotura circular.,» *Geominas.*, vol. XLIII, nº 66, pp. 15-26, Abril 2015.
- [6] K. Lizeth Grattz, J. Diego Salazar y C. E. Rodríguez, «Análisis de los factores que determinan el diseño de mallas metálicas para la estabilización de taludes en macizos rocosos.,» *Obras y Proyectos.*, pp. 25-38, junio 2018.
- [8] S. Matias Juarez, «Evaluation de estabilidad y permeabilidad de talud con sistema Vetiver mediante diferentes ensayos de laboratorio y campo.,» *Revista de la Universidad del Valle de Guatemala.*, nº 36, pp. 111-119, Noviembre 2018.
- [9] S. Rosabal Domínguez, R. Oliva Álvarez y D. Candebat Sánchez, «Análisis de estabilidad de un talud ubicado en la costa este de la bahía de Santiago de Cuba, Cuba.,» *Mapping (1131-9100)*, vol. XXVIII, pp. 10-16, Junio 2019.
- [10] E. Alonso, J. Crominas y M. Hurlimann, IX Simposio Nacional sobre Taludes y laderas inestables, Santander: Centre Internacional de Mètodes Numèrics en Enginyeria (CIMNE), 2017.

- [11] J. Galera, «Aspectos determinantes para el diseño de los taludes de una corta minera,» de *IX Simposio Nacional sobre Taludes y laderas inestables*, Santander, 2017.
- [12] F. Ayala, F. Andreu, M. Fe, M. Ferrer y I. Fernandez, «Manual de Taludes,» Madrid, 1986.
- [13] J. S. Diaz, «Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales,» Ingeniería de suelos Ltda, Bucaramanga, 1998.
- [14] L. Tierra, S. Toapanta y A. Manosalvas, «Ensayo de compresión en rocas para determinar la carga máxima que soporta un pilar de contención en una Mina subterránea,» *Dominio de las ciencias*, pp. 1232-1255, 2020.
- [15] J. S. Díaz, Deslizamientos, Colombia, 2009.
- [16] C. S. CHAPMAN, Soluciones para la estabilidad de taludes de la carretera, Lima, Perú, 2017.
- [17] REDUCA, «REDUCA(GEOLOGIA),» España, 2021.
- [18] L. G. d. Vallejo, Ingeniería Geológica, Madrid: ISRM 1981, 2002.
- [19] J. P. H. Juan a. hudson, Engineering Rock Mechanics, 1997.
- [20] Z. T. BIENIAWSKI, Engineering Rock Mass Classifications. John Wiley and, 1989.
- [21] M. A. C. F. J. A. P. F. J. F. M. M. Ferrer Gijón, Manual de Taludes, España, 1986.

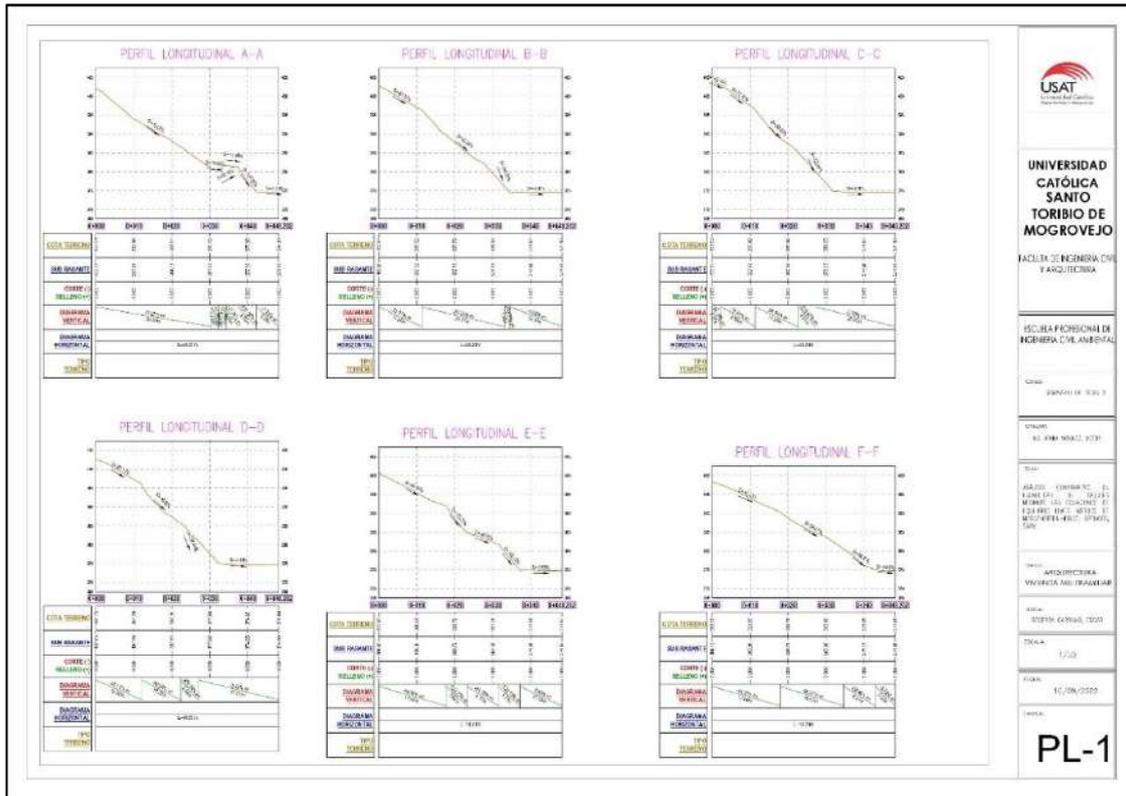
**Anexos:****Anexo 01**

*Ilustración 128. Estructura del cerro Chalpón antes de los despedimientos.*



*Ilustración 129. Daños a estructuras públicas debido al desprendimiento del talud del cerro Chalpón.*

**Anexo 02**



**USAT**  
UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTA DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL  
CARRERA: INGENIERIA CIVIL  
CATEDRATICO: DR. ANA ROSA VIZO  
PROYECTO: ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE DRENAJE PARA EL DISTRITO DE SAN JUAN DE LOS RIOS  
MATERIA: ARQUITECTURA AMBIENTAL  
ALUMNO: ESTEFAN CARRERA TOLO  
TÍTULO: T-20  
FECHA: 15/09/2022  
LÁMINA: PL-1



**USAT**  
UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTA DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL  
CARRERA: INGENIERIA CIVIL  
CATEDRATICO: DR. ANA ROSA VIZO  
PROYECTO: ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE DRENAJE PARA EL DISTRITO DE SAN JUAN DE LOS RIOS  
MATERIA: ARQUITECTURA AMBIENTAL  
ALUMNO: ESTEFAN CARRERA TOLO  
TÍTULO: T-20  
FECHA: 15/09/2022  
LÁMINA: TP-1

*Ilustración 130. Topografía del Talud , Cerro Chalpón*

### Anexo 3 Ensayo de Peso Específico, Absorción y Humedad.

#### *Peso específico y Absorción*

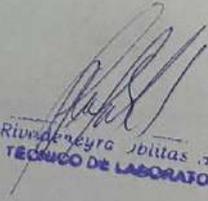
UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

**Tesista** : Becerra Carrillo Edgar Alonso  
**Solicitante** : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
**Tesis** : ANÁLISIS COMPARATIVO DE ESTABILIDAD DE TALUDES MEDIANTE LAS ECUACIONES DE EQUILIBRIO LÍMITE: METODO DE MORGENSTERN-PRICE, SPENCER, SARMA  
**Lugar** : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.  
**Fecha de emisión** : Chiclayo, 27 de Abril del 2023

**Ensayo** : Peso específico y Absorción del agregado grueso  
**Referencia** : Norma ASTM C-127 ó N.T.P. 400.021

<b>I.- Datos.</b>		Z-1	Z-2	Z-3
1.- Peso de la muestra secada al horno	(g)	<b>1150</b>	<b>1155</b>	<b>1160</b>
2.- Peso de la muestra superficialmente seca	(g)	<b>1180</b>	<b>1184</b>	<b>1190</b>
3.- Peso de la muestra dentro del agua + peso del canas	(g)	<b>1621</b>	<b>1615</b>	<b>1622</b>
4.- Peso de la canastilla	(g)	<b>879</b>	<b>879</b>	<b>879</b>
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua	(g)	742	736	743
<b>II.- Resultados</b>				
A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm <sup>3</sup> )	<b>2.626</b>	<b>2.578</b>	<b>2.595</b>
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm <sup>3</sup> )	2.694	2.643	2.662
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm <sup>3</sup> )	2.819	2.757	2.782
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	<b>2.61</b>	<b>2.51</b>	<b>2.59</b>

   
**Rina de la Cruz**  
**TÉCNICO DE LABORATORIO**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO

## Contenido de Humedad



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



**Tesista** : Becerra Carrillo Edgar Alonso  
**Solicitante** : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
**Tesis** : ANÁLISIS COMPARATIVO DE ESTABILIDAD DE TALUDES MEDIANTE LAS ECUACIONES DE EQUILIBRIO LÍMITE: METODO DE MORGENSTERN-PRICE, SPENCER, SARMA

**Lugar** : Dist. Chidayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.  
**Fecha de emisión** : Chidayo, 27 de Abril del 2023

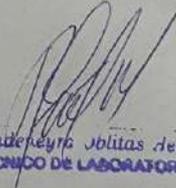
**Ensayo** : Contenido de humedad del agregado grueso  
**Referencia** : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

I.- Datos

		Z-01	Z-02	Z-03
A.- Peso de muestra Seca	(gr.)	<b>1150</b>	<b>1155</b>	<b>1160</b>
B.- Peso de muestra Saturada	(gr.)	<b>1180</b>	<b>1184</b>	<b>1190</b>
C.- % de Poros	(%)	2.61	2.51	2.59



TÉCNICO DE LABORATORIO



Rivadeneira Jhitas Henry  
TÉCNICO DE LABORATORIO

## Contenido de Humedad

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

**Tesista** : Becerra Carrillo Edgar Alonso  
**Solicitante** : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
**Tesis** : ANÁLISIS COMPARATIVO DE ESTABILIDAD DE TALUDES MEDIANTE LAS ECUACIONES DE EQUILIBRIO LÍMITE: METODO DE MORGENSTERN-PRICE, SPENCER, SARMA

**Lugar** : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.  
**Fecha de emisión** : Chiclayo, 27 de Abril del 2023

**Ensayo** : Contenido de humedad del agregado grueso  
**Referencia** : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

I.- Datos		Z-01	Z-02	Z-03
A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	<b>1970</b>	<b>1950</b>	<b>1940</b>
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	<b>1920</b>	<b>1910</b>	<b>1900</b>
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	2.60	2.09	2.11

**Ensayo** : Contenido de humedad del agregado grueso  
**Referencia** : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

   
 TÉCNICO DE LABORATORIO

**Anexo 4****ZONA 1: Panel Fotográfico****Ilustración 131. ZONA 1-001.****Ilustración 132. ZONA 1-002****Ilustración 134. ZONA 1-003.****Ilustración 133. ZONA 1-004**



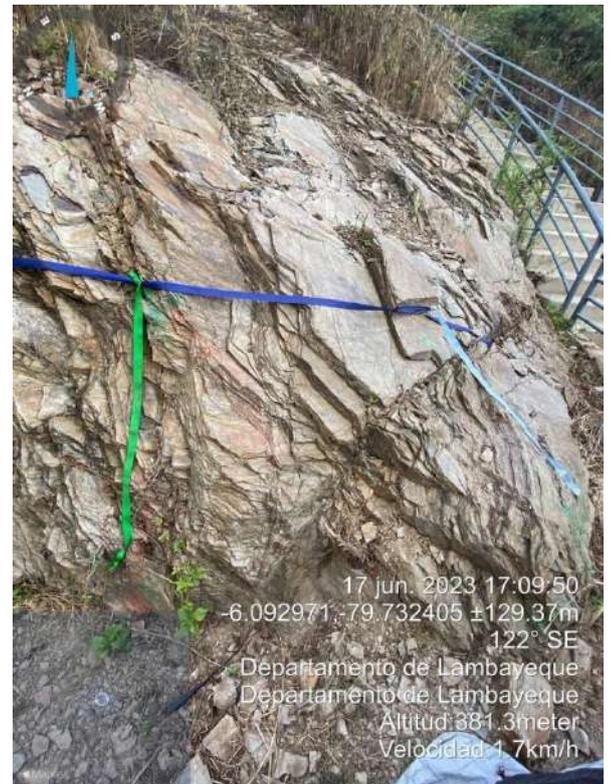
**Ilustración 136. ZONA 1-005**



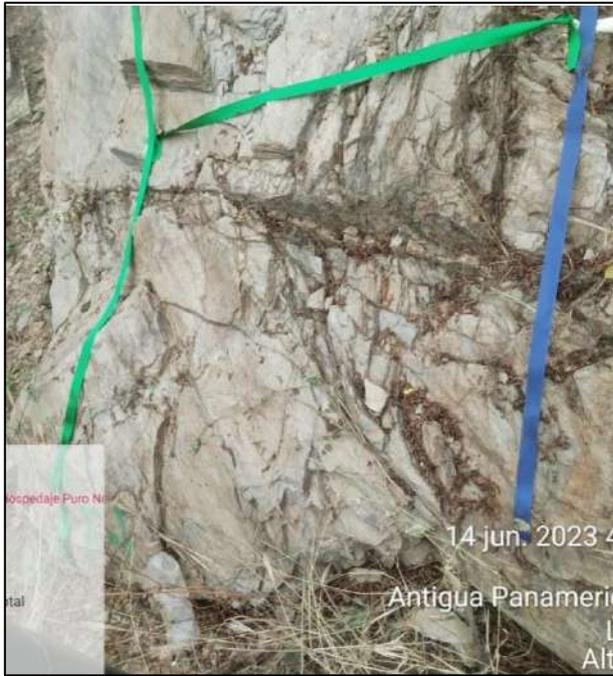
**Ilustración 135. ZONA 1-006**



**Ilustración 138. ZONA 1-007**



**Ilustración 137. ZONA 1-008**



*Ilustración 140. ESATCIÓN 1-009*



*Ilustración 139. ZONA 1-010*



*Ilustración 142. ZONA 1-011*



*Ilustración 141. ZONA 1-012*



*Ilustración 143. ZONA 1-013*



*Ilustración 144. ZONA 1-014*



*Ilustración 145. ESATCIÓN 1-015*



*Ilustración 146. ZONA 1-016,1-017*

## ZONA 2: Panel fotográfico



*Ilustración 147. ZONA 2-001*



*Ilustración 148. ZONA 2-002*



*Ilustración 149. ZONA 2-003*



*Ilustración 150. ZONA 2-004*



**Ilustración 147. ZONA 2-005**



**Ilustración 148.. ZONA 2-006**

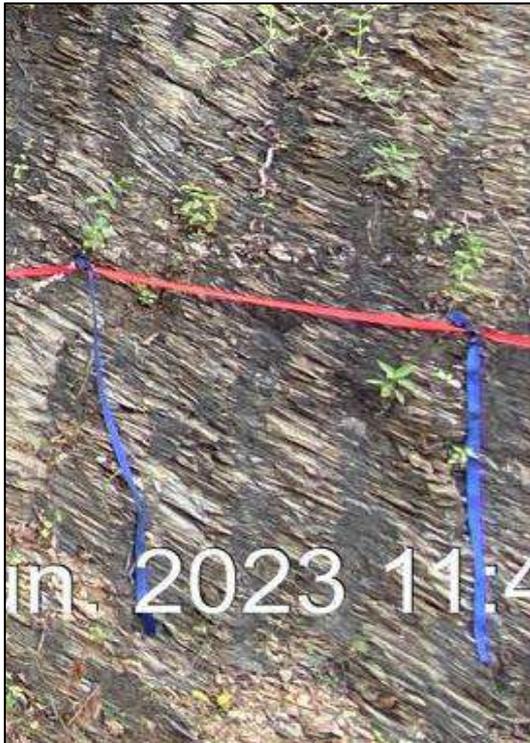


**Ilustración 151. ZONA 2-007**

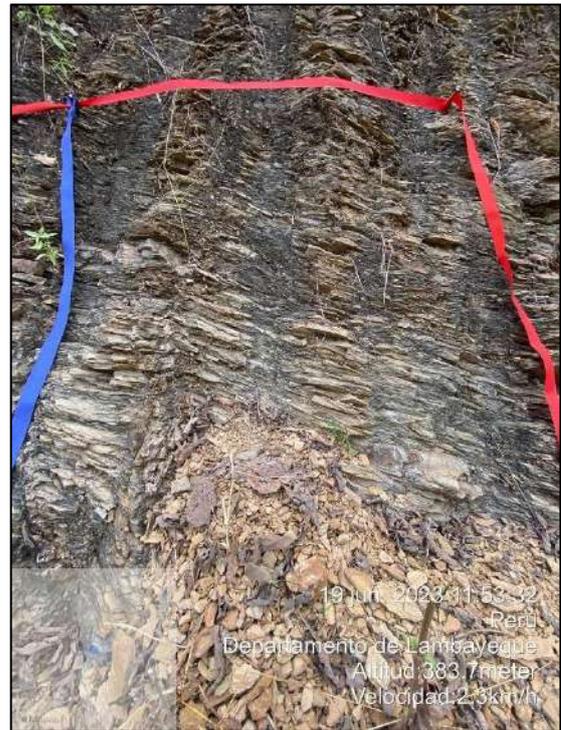


**Ilustración 152. ZONA 2-008**

**Anexo 6****ZONA 3: Panel fotográfico***Ilustración 153. ZONA 3-001**Ilustración 154. ZONA 3-002**Ilustración 155. ZONA 3-003**Ilustración 156. ZONA 3-004*



*Ilustración 157. ZONA 3-005*



*Ilustración 158. ZONA 3-006*



*Ilustración 159. ZONA 3-007*



*Ilustración 160. ZONA 3-008*



*Ilustración 162. ZONA 3-009*



*Ilustración 161. ZONA 3-010*

**Anexo 7****ZONA 4: Panel Fotografico**

*Ilustración 163. ZONA 4-001*



*Ilustración 164. ZONA 4-002*



*Ilustración 166. ZONA 1-003*



*Ilustración 165. ZONA 1-004*



*Ilustración 168. ZONA 1-005*



*Ilustración 167. ZONA 1-006*



*Ilustración 170. ZONA 1-007*



*Ilustración 169. ZONA 1-008*



*Ilustración 172. ZONA 4-009*



*Ilustración 171. ZONA 4-010*



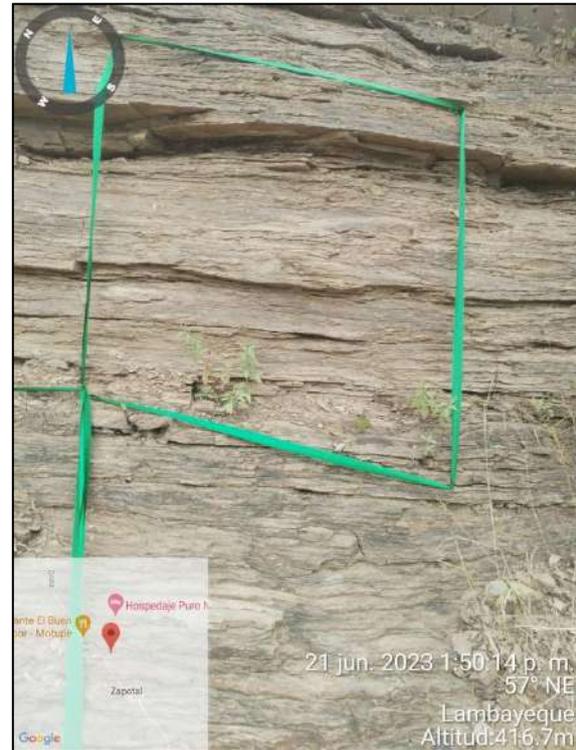
*Ilustración 173. ZONA 4-011*



*Ilustración 174. ESATCIÓN 4-012*



***Ilustración 174. ZONA 4-013***



***Ilustración 175. ZONA 4-014***

**Anexo 8**

**ZONA 5: Panel fotográfico**



*Ilustración 176. ZONA 5-001*



*Ilustración 175. ZONA 5-002*



*Ilustración 178. ZONA 5-003*



*Ilustración 177. ESATCIÓN 5-004*



*Ilustración 179. ZONA 5-005*



*Ilustración 180. ZONA 5-006*



*Ilustración 181. ZONA 5-007*

## Anexo 9

- ESTUDIO GEOMECANICO DE RMR ZONA 1.

Parámetro	Rango de Valores									1-001
1	Resist. De la Roca Inalterada	Ensayo de Carga Puntual	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa	<1 Mpa	Valor evaluado en campo
		Compresión Simple	>250 MPa	100-250 MPa	50-100 Mpa	25-50 Mpa				
		valor	15	12	7	4	2	1	0	7
2		RQD	90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	< 25%			20
		Valor	20	17	13	8	3			
3		Espaciamiento de las discontinuidades	> 2m	0.6-2 m	0.2 - 0.6 m	6- 20 cm	< 6cm			10
		valor	20	15	10	8	5			
4	Estado de las discontinuidades	Long. De la discontinuidad	< 1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m			2
		Valor	6	4	2	1	0			
		Abertura	nada	< 0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	> 5mm			0
		Valor	6	5	3	1	0			
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave			3
		Valor	6	5	3	1	0			
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5mm	Relleno duro > 5mm	Relleno blando < 5mm	Relleno blando > 5mm			2
		Valor	6	4	2	2	0			
Alteración	Inalterada	Ligeramente Alterada	Moderadamente Alterada	Muy Alterada	Descompuesta			3		
Valor	6	5	3	1	0					
5	Flujo de agua en las juntas	Relacio Pagua/Pprin	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5			10
		Condiciones Generales	Completamente secas	Ligeramente humeda	Humedas	Goteando	Agua Fluyendo			
		Valor	15	10	7	4	0			57

Tabla 75. RMR 1-001

Parámetro	Rango de Valores									1-002
1	Resist. De la Roca Inalterada	Ensayo de Carga Puntual	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa	<1 Mpa	Valor evaluado en campo
		Compresión Simple	>250 MPa	100-250 MPa	50-100 Mpa	25-50 Mpa				
		valor	15	12	7	4	2	1	0	7
2		RQD	90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	< 25%			20
		Valor	20	17	13	8	3			
3		Espaciamiento de las discontinuidades	> 2m	0.6-2 m	0.2 - 0.6 m	6- 20 cm	< 6cm			8
		valor	20	15	10	8	5			
4	Estado de las discontinuidades	Long. De la discontinuidad	< 1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m			4
		Valor	6	4	2	1	0			
		Abertura	nada	< 0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	> 5mm			0
		Valor	6	5	3	1	0			
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave			3
		Valor	6	5	3	1	0			
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5mm	Relleno duro > 5mm	Relleno blando < 5mm	Relleno blando > 5mm			2
		Valor	6	4	2	2	0			
Alteración	Inalterada	Ligeramente Alterada	Moderadamente Alterada	Muy Alterada	Descompuesta			3		
Valor	6	5	3	1	0					
5	Flujo de agua en las juntas	Relacio Pagua/Pprin	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5			10
		Condiciones Generales	Completamente secas	Ligeramente humeda	Humedas	Goteando	Agua Fluyendo			
		Valor	15	10	7	4	0			57

Tabla 76. RMR 1-002

Parámetro	Rango de Valores									1-003
	Resist. De la Roca Inalterada	Ensayo de Carga Puntual	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa	<1 Mpa	
1	Resist. De la Roca Inalterada	Compresión Simple	>250 Mpa	100-250 MPa	50-100 Mpa	25-50 Mpa	2	1	0	7
		valor	15	12	7	4				
2		RQD	90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	< 25%			17
		Valor	20	17	13	8	3			
3		Espaciamento de las discontinuidades	> 2m	0.6-2 m	0.2 - 0.6 m	6- 20 cm	< 6cm			8
		valor	20	15	10	8	5			
4	Estado de las discontinuidades	Long. De la discontinuidad	< 1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m			4
		Valor	6	4	2	1	0			
		Abertura	nada	< 0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	> 5mm			0
		Valor	6	5	3	1	0			
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave			3
		Valor	6	5	3	1	0			
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5mm	Relleno duro > 5mm	Relleno blando < 5mm	Relleno blando > 5mm			2
		Valor	6	4	2	2	0			
Alteración	Inalterada	Ligeramente Alterada	Moderadamente Alterada	Muy Alterada	Descompuesta			3		
Valor	6	5	3	1	0					
5	Flujo de agua en las juntas	Relacio Pagua/Pprin	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5			10
		Condiciones Generales	Completamente secas	Ligeramente humeda	Humedas	Goteando	Agua Fluyendo			
		Valor	15	10	7	4	0			54

Tabla 77.RMR 1-003

Parámetro	Rango de Valores									1-004
	Resist. De la Roca Inalterada	Ensayo de Carga Puntual	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa	<1 Mpa	
1	Resist. De la Roca Inalterada	Compresión Simple	>250 Mpa	100-250 MPa	50-100 Mpa	25-50 Mpa	2	1	0	7
		valor	15	12	7	4				
2		RQD	90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	< 25%			20
		Valor	20	17	13	8	3			
3		Espaciamento de las discontinuidades	> 2m	0.6-2 m	0.2 - 0.6 m	6- 20 cm	< 6cm			10
		valor	20	15	10	8	5			
4	Estado de las discontinuidades	Long. De la discontinuidad	< 1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m			4
		Valor	6	4	2	1	0			
		Abertura	nada	< 0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	> 5mm			0
		Valor	6	5	3	1	0			
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave			3
		Valor	6	5	3	1	0			
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5mm	Relleno duro > 5mm	Relleno blando < 5mm	Relleno blando > 5mm			2
		Valor	6	4	2	2	0			
Alteración	Inalterada	Ligeramente Alterada	Moderadamente Alterada	Muy Alterada	Descompuesta			3		
Valor	6	5	3	1	0					
5	Flujo de agua en las juntas	Relacio Pagua/Pprin	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5			10
		Condiciones Generales	Completamente secas	Ligeramente humeda	Humedas	Goteando	Agua Fluyendo			
		Valor	15	10	7	4	0			59

Tabla 78.RMR 1-004

Parámetro	Rango de Valores								1-005	
	Resist. De la Roca Inalterada	Ensayo de Carga Puntual	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa		<1 Mpa
1	Resist. De la Roca Inalterada	Compresión Simple	>250 Mpa	100-250 MPa	50-100 Mpa	25-50 Mpa	2	1	0	Valor evaluado en campo
		valor	15	12	7	4				
2		RQD	90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	< 25%			20
		Valor	20	17	13	8	3			
3		Espaciamiento de las discontinuidades	> 2m	0.6-2 m	0.2 - 0.6 m	6- 20 cm	< 6cm			10
		valor	20	15	10	8	5			
4	Estado de las discontinuidades	Long. De la discontinuidad	< 1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m			4
		Valor	6	4	2	1	0			
		Abertura	nada	< 0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	> 5mm			0
		Valor	6	5	3	1	0			
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave			3
		Valor	6	5	3	1	0			
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5mm	Relleno duro > 5mm	Relleno blando < 5mm	Relleno blando > 5mm			4
		Valor	6	4	2	2	0			
Alteración	Inalterada	Ligeramente Alterada	Moderadamente Alterada	Muy Alterada	Descompuesta			1		
Valor	6	5	3	1	0					
5	Flujo de agua en las juntas	Relacio Pagua/Pprin	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5			10
		Condiciones Generales	Completamente secas	Ligeramente humeda	Humedas	Goteando	Agua Fluyendo			
		Valor	15	10	7	4	0			59

Tabla 79.RMR 1-005

Parámetro	Rango de Valores								1-006	
	Resist. De la Roca Inalterada	Ensayo de Carga Puntual	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa		<1 Mpa
1	Resist. De la Roca Inalterada	Compresión Simple	>250 Mpa	100-250 MPa	50-100 Mpa	25-50 Mpa	2	1	0	Valor evaluado en campo
		valor	15	12	7	4				
2		RQD	90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	< 25%			20
		Valor	20	17	13	8	3			
3		Espaciamiento de las discontinuidades	> 2m	0.6-2 m	0.2 - 0.6 m	6- 20 cm	< 6cm			10
		valor	20	15	10	8	5			
4	Estado de las discontinuidades	Long. De la discontinuidad	< 1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m			4
		Valor	6	4	2	1	0			
		Abertura	nada	< 0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	> 5mm			0
		Valor	6	5	3	1	0			
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave			3
		Valor	6	5	3	1	0			
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5mm	Relleno duro > 5mm	Relleno blando < 5mm	Relleno blando > 5mm			2
		Valor	6	4	2	2	0			
Alteración	Inalterada	Ligeramente Alterada	Moderadamente Alterada	Muy Alterada	Descompuesta			3		
Valor	6	5	3	1	0					
5	Flujo de agua en las juntas	Relacio Pagua/Pprin	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5			10
		Condiciones Generales	Completamente secas	Ligeramente humeda	Humedas	Goteando	Agua Fluyendo			
		Valor	15	10	7	4	0			59

Tabla 80.RMR 1-006

Parámetro	Rango de Valores								1-007	
	Resist. De la Roca Inalterada	Ensayo de Carga Puntual	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa		<1 Mpa
1	Resist. De la Roca Inalterada	Compresión Simple	>250 Mpa	100-250 MPa	50-100 Mpa	25-50 Mpa				Valor evaluado en campo
		valor	15	12	7	4	2	1	0	
2		RQD	90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	< 25%			20
		Valor	20	17	13	8	3			
3		Espaciamiento de las discontinuidades	> 2m	0.6-2 m	0.2 - 0.6 m	6- 20 cm	< 6cm			10
		valor	20	15	10	8	5			
4	Estado de las discontinuidades	Long. De la discontinuidad	< 1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m			4
		Valor	6	4	2	1	0			
		Abertura	nada	< 0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	> 5mm			0
		Valor	6	5	3	1	0			
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave			3
		Valor	6	5	3	1	0			
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5mm	Relleno duro > 5mm	Relleno blando < 5mm	Relleno blando > 5mm			2
		Valor	6	4	2	2	0			
Alteración	Inalterada	Ligeramente Alterada	Moderadamente Alterada	Muy Alterada	Descompuesta			3		
Valor	6	5	3	1	0					
5	Flujo de agua en las juntas	Relacio Pagua/Pprin	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5			10
		Condiciones Generales	Completamente secas	Ligeramente humeda	Humedas	Goteando	Agua Fluyendo			
		Valor	15	10	7	4	0			
										59

Tabla 81.RMR 1-007

Parámetro	Rango de Valores								1-008	
	Resist. De la Roca Inalterada	Ensayo de Carga Puntual	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa		<1 Mpa
1	Resist. De la Roca Inalterada	Compresión Simple	>250 Mpa	100-250 MPa	50-100 Mpa	25-50 Mpa				Valor evaluado en campo
		valor	15	12	7	4	2	1	0	
2		RQD	90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	< 25%			20
		Valor	20	17	13	8	3			
3		Espaciamiento de las discontinuidades	> 2m	0.6-2 m	0.2 - 0.6 m	6- 20 cm	< 6cm			10
		valor	20	15	10	8	5			
4	Estado de las discontinuidades	Long. De la discontinuidad	< 1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m			4
		Valor	6	4	2	1	0			
		Abertura	nada	< 0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	> 5mm			0
		Valor	6	5	3	1	0			
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave			3
		Valor	6	5	3	1	0			
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5mm	Relleno duro > 5mm	Relleno blando < 5mm	Relleno blando > 5mm			4
		Valor	6	4	2	2	0			
Alteración	Inalterada	Ligeramente Alterada	Moderadamente Alterada	Muy Alterada	Descompuesta			3		
Valor	6	5	3	1	0					
5	Flujo de agua en las juntas	Relacio Pagua/Pprin	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5			10
		Condiciones Generales	Completamente secas	Ligeramente humeda	Humedas	Goteando	Agua Fluyendo			
		Valor	15	10	7	4	0			
										61

Tabla 82.RMR 1-008

Parámetro	Resist. De la Roca Inalterada	Rango de Valores							1-009	
		Ensayo de Carga Puntual	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa		<1 Mpa
1	Inalterada	Compresión Simple	>250 MPa	100-250 MPa	50-100 Mpa	25-50 Mpa	2	1	0	Valor evaluado en campo
		valor	15	12	7	4	2	1	0	
2		RQD	90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	<25%			20
		Valor	20	17	13	8	3			
3		Espaciamento de las discontinuidades	>2m	0.6-2 m	0.2 - 0.6 m	6- 20 cm	<6cm			8
		valor	20	15	10	8	5			
4	Estado de las discontinuidades	Long. De la discontinuidad	<1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m			2
		Valor	6	4	2	1	0			
		Abertura	nada	<0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	>5mm			0
		Valor	6	5	3	1	0			
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave			3
		Valor	6	5	3	1	0			
		Relleno	Ninguno	Relleno duro <5mm	Relleno duro >5mm	Relleno blando <5mm	Relleno blando >5mm			0
		Valor	6	4	2	2	0			
Alteración	Inalterada	Ligeramente Alterada	Moderadamente Alterada	Muy Alterada	Descompuesta			3		
Valor	6	5	3	1	0					
5	Flujo de agua en las juntas	Relacio Pagua/Pprin	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5			10
		Condiciones Generales	Completamente secas	Ligeramente humeda	Humedas	Goteando	Agua Fluyendo			
		Valor	15	10	7	4	0			53

Tabla 83.RMR 1-009

Parámetro	Resist. De la Roca Inalterada	Rango de Valores							1-010	
		Ensayo de Carga Puntual	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa		<1 Mpa
1	Inalterada	Compresión Simple	>250 MPa	100-250 MPa	50-100 Mpa	25-50 Mpa	2	1	0	Valor evaluado en campo
		valor	15	12	7	4	2	1	0	
2		RQD	90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	<25%			20
		Valor	20	17	13	8	3			
3		Espaciamento de las discontinuidades	>2m	0.6-2 m	0.2 - 0.6 m	6- 20 cm	<6cm			8
		valor	20	15	10	8	5			
4	Estado de las discontinuidades	Long. De la discontinuidad	<1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m			4
		Valor	6	4	2	1	0			
		Abertura	nada	<0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	>5mm			0
		Valor	6	5	3	1	0			
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave			3
		Valor	6	5	3	1	0			
		Relleno	Ninguno	Relleno duro <5mm	Relleno duro >5mm	Relleno blando <5mm	Relleno blando >5mm			0
		Valor	6	4	2	2	0			
Alteración	Inalterada	Ligeramente Alterada	Moderadamente Alterada	Muy Alterada	Descompuesta			3		
Valor	6	5	3	1	0					
5	Flujo de agua en las juntas	Relacio Pagua/Pprin	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5			10
		Condiciones Generales	Completamente secas	Ligeramente humeda	Humedas	Goteando	Agua Fluyendo			
		Valor	15	10	7	4	0			55

Tabla 84.RMR 1-010

Parámetro	Resist. De la Roca Inalterada	Rango de Valores							1-011	
		Ensayo de Carga Puntual	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa		<1 Mpa
1	Inalterada	Compresión Simple	>250 MPa	100-250 MPa	50-100 Mpa	25-50 Mpa	2	1	0	Valor evaluado en campo
		valor	15	12	7	4	2	1	0	
2		RQD	90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	<25%			20
		Valor	20	17	13	8	3			
3		Espaciamento de las discontinuidades	>2m	0.6-2 m	0.2 - 0.6 m	6- 20 cm	<6cm			8
		valor	20	15	10	8	5			
4	Estado de las discontinuidades	Long. De la discontinuidad	<1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m			4
		Valor	6	4	2	1	0			
		Abertura	nada	<0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	>5mm			0
		Valor	6	5	3	1	0			
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave			3
		Valor	6	5	3	1	0			
		Relleno	Ninguno	Relleno duro <5mm	Relleno duro >5mm	Relleno blando <5mm	Relleno blando >5mm			0
		Valor	6	4	2	2	0			
Alteración	Inalterada	Ligeramente Alterada	Moderadamente Alterada	Muy Alterada	Descompuesta			3		
Valor	6	5	3	1	0					
5	Flujo de agua en las juntas	Relacio Pagua/Pprin	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5			10
		Condiciones Generales	Completamente secas	Ligeramente humeda	Humedas	Goteando	Agua Fluyendo			
		Valor	15	10	7	4	0			55

Tabla 85.RMR 1-011

Parámetro	Rango de Valores								1-012 Valor evaluado en campo	
	Resist. De la Roca Inalterada	Ensayo de Carga Puntual	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa		<1 Mpa
1	Resist. De la Roca Inalterada	Compresión Simple	>250 MPa	100-250 MPa	50-100 Mpa	25-50 Mpa	2	1	0	7
		valor	15	12	7	4				
2		RQD	90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	<25%			20
		Valor	20	17	13	8	3			
3		Espaciamiento de las discontinuidades	>2m	0.6-2 m	0.2 - 0.6 m	6- 20 cm	< 6cm			8
		valor	20	15	10	8	5			
4	Estado de las discontinuidades	Long. De la discontinuidad	< 1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m			2
		Valor	6	4	2	1	0			
		Abertura	nada	<0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	>5mm			1
		Valor	6	5	3	1	0			
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave			3
		Valor	6	5	3	1	0			
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5mm	Relleno duro > 5mm	Relleno blando < 5mm	Relleno blando > 5mm			0
		Valor	6	4	2	2	0			
		Alteración	Inalterada	Ligeramente Alterada	Moderadamente Alterada	Muy Alterada	Descompuesta			3
		Valor	6	5	3	1	0			
5	Flujo de agua en las juntas	Relacio Pagua/Pprin	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5			10
		Condiciones Generales	Completamente secas	Ligeramente humeda	Humedas	Goteando	Agua Fluyendo			
		Valor	15	10	7	4	0			54

Tabla 86. RMR 1-012

Parámetro	Rango de Valores								1-013 Valor evaluado en campo	
	Resist. De la Roca Inalterada	Ensayo de Carga Puntual	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa		<1 Mpa
1	Resist. De la Roca Inalterada	Compresión Simple	>250 MPa	100-250 MPa	50-100 Mpa	25-50 Mpa	2	1	0	7
		valor	15	12	7	4				
2		RQD	90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	<25%			20
		Valor	20	17	13	8	3			
3		Espaciamiento de las discontinuidades	>2m	0.6-2 m	0.2 - 0.6 m	6- 20 cm	< 6cm			8
		valor	20	15	10	8	5			
4	Estado de las discontinuidades	Long. De la discontinuidad	< 1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m			2
		Valor	6	4	2	1	0			
		Abertura	nada	<0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	>5mm			1
		Valor	6	5	3	1	0			
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave			3
		Valor	6	5	3	1	0			
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5mm	Relleno duro > 5mm	Relleno blando < 5mm	Relleno blando > 5mm			2
		Valor	6	4	2	2	0			
		Alteración	Inalterada	Ligeramente Alterada	Moderadamente Alterada	Muy Alterada	Descompuesta			3
		Valor	6	5	3	1	0			
5	Flujo de agua en las juntas	Relacio Pagua/Pprin	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5			10
		Condiciones Generales	Completamente secas	Ligeramente humeda	Humedas	Goteando	Agua Fluyendo			
		Valor	15	10	7	4	0			56

Tabla 87. RMR 1-013

Parámetro	Rango de Valores								1-014 Valor evaluado en campo	
	Resist. De la Roca Inalterada	Ensayo de Carga Puntual	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa		<1 Mpa
1	Resist. De la Roca Inalterada	Compresión Simple	>250 MPa	100-250 MPa	50-100 Mpa	25-50 Mpa	2	1	0	7
		valor	15	12	7	4				
2		RQD	90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	<25%			20
		Valor	20	17	13	8	3			
3		Espaciamiento de las discontinuidades	>2m	0.6-2 m	0.2 - 0.6 m	6- 20 cm	< 6cm			8
		valor	20	15	10	8	5			
4	Estado de las discontinuidades	Long. De la discontinuidad	< 1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m			2
		Valor	6	4	2	1	0			
		Abertura	nada	<0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	>5mm			0
		Valor	6	5	3	1	0			
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave			3
		Valor	6	5	3	1	0			
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5mm	Relleno duro > 5mm	Relleno blando < 5mm	Relleno blando > 5mm			2
		Valor	6	4	2	2	0			
		Alteración	Inalterada	Ligeramente Alterada	Moderadamente Alterada	Muy Alterada	Descompuesta			3
		Valor	6	5	3	1	0			
5	Flujo de agua en las juntas	Relacio Pagua/Pprin	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5			10
		Condiciones Generales	Completamente secas	Ligeramente humeda	Humedas	Goteando	Agua Fluyendo			
		Valor	15	10	7	4	0			55

Tabla 88. RMR 1-014

Parámetro	Rango de Valores								1-015 Valor evaluado en campo	
	Resist. De la Roca Inalterada	Ensayo de Carga Puntual	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa		<1 Mpa
1	Resist. De la Roca Inalterada	Compresión Simple	>250 MPa	100-250 MPa	50-100 Mpa	25-50 Mpa	2	1	0	7
		valor	15	12	7	4				
2	RQD	RQD	90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	<25%			20
		Valor	20	17	13	8	3			
3	Espaciamiento de las discontinuidades	Espaciamiento de las discontinuidades	>2m	0.6-2 m	0.2 - 0.6 m	6- 20 cm	< 6cm			8
		valor	20	15	10	8	5			
4	Estado de las discontinuidades	Long. De la discontinuidad	< 1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m			2
		Valor	6	4	2	1	0			
		Abertura	nada	<0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	>5mm			0
		Valor	6	5	3	1	0			
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave			3
		Valor	6	5	3	1	0			
		Relleno	Ninguno	Relleno duro <5mm	Relleno duro > 5mm	Relleno blando < 5mm	Relleno blando > 5mm			2
		Valor	6	4	2	2	0			
		Alteración	Inalterada	Ligeramente Alterada	Moderadamente Alterada	Muy Alterada	Descompuesta			3
		Valor	6	5	3	1	0			
5	Flujo de agua en las juntas	Relacio Pagua/Pprin	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5			10
		Condiciones Generales	Completamente secas	Ligeramente humeda	Humedas	Goteando	Agua Fluyendo			
		Valor	15	10	7	4	0			55

Tabla 89. RMR 1-015

Parámetro	Rango de Valores								1-016 Valor evaluado en campo	
	Resist. De la Roca Inalterada	Ensayo de Carga Puntual	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa		<1 Mpa
1	Resist. De la Roca Inalterada	Compresión Simple	>250 MPa	100-250 MPa	50-100 Mpa	25-50 Mpa	2	1	0	7
		valor	15	12	7	4				
2	RQD	RQD	90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	<25%			20
		Valor	20	17	13	8	3			
3	Espaciamiento de las discontinuidades	Espaciamiento de las discontinuidades	>2m	0.6-2 m	0.2 - 0.6 m	6- 20 cm	< 6cm			10
		valor	20	15	10	8	5			
4	Estado de las discontinuidades	Long. De la discontinuidad	< 1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m			1
		Valor	6	4	2	1	0			
		Abertura	nada	<0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	>5mm			1
		Valor	6	5	3	1	0			
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave			3
		Valor	6	5	3	1	0			
		Relleno	Ninguno	Relleno duro <5mm	Relleno duro > 5mm	Relleno blando < 5mm	Relleno blando > 5mm			2
		Valor	6	4	2	2	0			
		Alteración	Inalterada	Ligeramente Alterada	Moderadamente Alterada	Muy Alterada	Descompuesta			3
		Valor	6	5	3	1	0			
5	Flujo de agua en las juntas	Relacio Pagua/Pprin	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5			10
		Condiciones Generales	Completamente secas	Ligeramente humeda	Humedas	Goteando	Agua Fluyendo			
		Valor	15	10	7	4	0			57

Tabla 90. RMR 1-016

Parámetro	Rango de Valores								1-017 Valor evaluado en campo	
	Resist. De la Roca Inalterada	Ensayo de Carga Puntual	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa		<1 Mpa
1	Resist. De la Roca Inalterada	Compresión Simple	>250 MPa	100-250 MPa	50-100 Mpa	25-50 Mpa	2	1	0	7
		valor	15	12	7	4				
2	RQD	RQD	90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	<25%			20
		Valor	20	17	13	8	3			
3	Espaciamiento de las discontinuidades	Espaciamiento de las discontinuidades	>2m	0.6-2 m	0.2 - 0.6 m	6- 20 cm	< 6cm			15
		valor	20	15	10	8	5			
4	Estado de las discontinuidades	Long. De la discontinuidad	< 1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m			1
		Valor	6	4	2	1	0			
		Abertura	nada	<0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	>5mm			1
		Valor	6	5	3	1	0			
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave			3
		Valor	6	5	3	1	0			
		Relleno	Ninguno	Relleno duro <5mm	Relleno duro > 5mm	Relleno blando < 5mm	Relleno blando > 5mm			2
		Valor	6	4	2	2	0			
		Alteración	Inalterada	Ligeramente Alterada	Moderadamente Alterada	Muy Alterada	Descompuesta			3
		Valor	6	5	3	1	0			
5	Flujo de agua en las juntas	Relacio Pagua/Pprin	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5			10
		Condiciones Generales	Completamente secas	Ligeramente humeda	Humedas	Goteando	Agua Fluyendo			
		Valor	15	10	7	4	0			62

Tabla 91. RMR 1-017

## Anexo 10

### • ESTUDIO GEOMECANICO DE RMR DE ZONA 2

Parámetro	Resist. De la Roca Inalterada	Ensayo de Carga Puntual	Rango de Valores						2-001 Valor evaluado en	
			>10 MPa	4-10 MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa		<1 Mpa
1	Inalterada	<b>Compresión Simple</b>	>250 Mpa	100-250 MPa	50-100 Mpa	25-50 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa	<1 Mpa	7
		valor	15	12	7	4	2	1	0	7
2	<b>RQD</b>		90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	< 25%			20
	Valor		20	17	13	8	3			
3	<b>Espaciamiento de las discontinuidades</b>		> 2m	0.6-2 m	0.2 - 0.6 m	6- 20 cm	< 6cm			10
	valor		20	15	10	8	5			
4	Estado de las discontinuidades	<b>Long. De la discontinuidad</b>	<1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m			1
		Valor	6	4	2	1	0			
		<b>Abertura</b>	nada	<0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	> 5mm			0
		Valor	6	5	3	1	0			
		<b>Rugosidad</b>	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave			3
		Valor	6	5	3	1	0			
		<b>Relleno</b>	Ninguno	Relleno duro < 5mm	Relleno duro > 5mm	Relleno blando < 5mm	Relleno blando > 5mm			2
		Valor	6	4	2	2	0			
5	Flujo de agua en las juntas	Relacio Pagua/Pprin	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5			3
		<b>Condiciones Generales</b>	Completamente secas	Ligeramente humeda	Humedas	Goteando	Agua Fluyendo			10
Valor		15	10	7	4	0			56	

Tabla 92. RMR 2-001

Parámetro	Resist. De la Roca Inalterada	Ensayo de Carga Puntual	Rango de Valores						2-002 Valor evaluado en	
			>10 MPa	4-10 MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa		<1 Mpa
1	Inalterada	<b>Compresión Simple</b>	>250 Mpa	100-250 MPa	50-100 Mpa	25-50 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa	<1 Mpa	7
		valor	15	12	7	4	2	1	0	7
2	<b>RQD</b>		90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	< 25%			20
	Valor		20	17	13	8	3			
3	<b>Espaciamiento de las discontinuidades</b>		> 2m	0.6-2 m	0.2 - 0.6 m	6- 20 cm	< 6cm			15
	valor		20	15	10	8	5			
4	Estado de las discontinuidades	<b>Long. De la discontinuidad</b>	<1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m			2
		Valor	6	4	2	1	0			
		<b>Abertura</b>	nada	<0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	> 5mm			0
		Valor	6	5	3	1	0			
		<b>Rugosidad</b>	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave			3
		Valor	6	5	3	1	0			
		<b>Relleno</b>	Ninguno	Relleno duro < 5mm	Relleno duro > 5mm	Relleno blando < 5mm	Relleno blando > 5mm			2
		Valor	6	4	2	2	0			
5	Flujo de agua en las juntas	Relacio Pagua/Pprin	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5			3
		<b>Condiciones Generales</b>	Completamente secas	Ligeramente humeda	Humedas	Goteando	Agua Fluyendo			10
Valor		15	10	7	4	0			62	

Tabla 93. RMR 2-002

Parámetro	Resist. De la Roca Inalterada	Rango de Valores							2-003 Valor evaluado en		
		Ensayo de Carga Puntual	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa		<1 Mpa	
1	Inalterada	Compresión Simple	>250 Mpa	100-250 MPa	50-100 Mpa	25-50 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa	<1 Mpa	7	
		valor	15	12	7	4	2	1	0		
2	RQD	90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	< 25%				20	
		Valor	20	17	13	8	3				
3	Espaciamiento de las discontinuidades	> 2m	0.6-2 m	0.2 - 0.6 m	6- 20 cm	< 6cm				15	
		valor	20	15	10	8	5				
4	Estado de las discontinuidades	Long. De la discontinuidad	< 1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m				2
		Valor	6	4	2	1	0				
		Abertura	nada	< 0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	> 5mm				0
		Valor	6	5	3	1	0				
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave				3
		Valor	6	5	3	1	0				
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5mm	Relleno duro > 5mm	Relleno blando < 5mm	Relleno blando > 5mm				0
		Valor	6	4	2	2	0				
Alteración	Inalterada	Ligeramente Alterada	Moderadamente Alterada	Muy Alterada	Descompuesta				3		
Valor	6	5	3	1	0						
5	Flujo de agua en las juntas	Relacio Pagua/Pprin	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5				10
		Condiciones Generales	Completamente secas	Ligeramente humeda	Humedas	Goteando	Agua Fluyendo				
Valor		15	10	7	4	0			60		

Tabla 94. RMR 2-003

Parámetro	Resist. De la Roca Inalterada	Rango de Valores							2-004 Valor evaluado en		
		Ensayo de Carga Puntual	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa		<1 Mpa	
1	Inalterada	Compresión Simple	>250 Mpa	100-250 MPa	50-100 Mpa	25-50 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa	<1 Mpa	7	
		valor	15	12	7	4	2	1	0		
2	RQD	90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	< 25%				20	
		Valor	20	17	13	8	3				
3	Espaciamiento de las discontinuidades	> 2m	0.6-2 m	0.2 - 0.6 m	6- 20 cm	< 6cm				15	
		valor	20	15	10	8	5				
4	Estado de las discontinuidades	Long. De la discontinuidad	< 1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m				2
		Valor	6	4	2	1	0				
		Abertura	nada	< 0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	> 5mm				1
		Valor	6	5	3	1	0				
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave				3
		Valor	6	5	3	1	0				
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5mm	Relleno duro > 5mm	Relleno blando < 5mm	Relleno blando > 5mm				2
		Valor	6	4	2	2	0				
Alteración	Inalterada	Ligeramente Alterada	Moderadamente Alterada	Muy Alterada	Descompuesta				3		
Valor	6	5	3	1	0						
5	Flujo de agua en las juntas	Relacio Pagua/Pprin	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5				10
		Condiciones Generales	Completamente secas	Ligeramente humeda	Humedas	Goteando	Agua Fluyendo				
Valor		15	10	7	4	0			63		

Tabla 95. RMR 2-004

Parámetro	Rango de Valores									2-005 Valor evaluado en
	Resist. De la Roca Inalterada	Ensayo de Carga Puntual	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa	<1 Mpa	
1	Inalterada	<b>Compresión Simple</b>	>250 Mpa	100-250 MPa	50-100 Mpa	25-50 Mpa				
		valor	15	12	7	4	2	1	0	7
2		<b>RQD</b>	90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	<25%			20
	Valor	20	17	13	8	3				
3		<b>Espaciamiento de las discontinuidades</b>	>2m	0.6-2 m	0.2 - 0.6 m	6- 20 cm	<6cm			10
	valor	20	15	10	8	5				
4	Estado de las discontinuidades	<b>Long. De la discontinuidad</b>	<1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m			1
		Valor	6	4	2	1	0			
		<b>Abertura</b>	nada	<0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	>5mm			0
		Valor	6	5	3	1	0			
		<b>Rugosidad</b>	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave			3
		Valor	6	5	3	1	0			
		<b>Relleno</b>	Ninguno	Relleno duro < 5mm	Relleno duro > 5mm	Relleno blando < 5mm	Relleno blando > 5mm			2
		Valor	6	4	2	2	0			
<b>Alteración</b>	Inalterada	Ligeramente Alterada	Moderadamente Alterada	Muy Alterada	Descompuesta			3		
Valor	6	5	3	1	0					
5	Flujo de agua en las juntas	Relacio Pagua/Pprin	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5			10
		<b>Condiciones Generales</b>	Completamente secas	Ligeramente humeda	Humedas	Goteando	Agua Fluyendo			
	Valor	15	10	7	4	0			56	

Tabla 96. RMR 2-005

Parámetro	Rango de Valores									2-006 Valor evaluado en campo
	Resist. De la Roca Inalterada	Ensayo de Carga Puntual	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa	<1 Mpa	
1	Inalterada	<b>Compresión Simple</b>	>250 Mpa	100-250 MPa	50-100 Mpa	25-50 Mpa				
		valor	15	12	7	4	2	1	0	7
2		<b>RQD</b>	90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	<25%			20
	Valor	20	17	13	8	3				
3		<b>Espaciamiento de las discontinuidades</b>	>2m	0.6-2 m	0.2 - 0.6 m	6- 20 cm	<6cm			8
	valor	20	15	10	8	5				
4	Estado de las discontinuidades	<b>Long. De la discontinuidad</b>	<1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m			2
		Valor	6	4	2	1	0			
		<b>Abertura</b>	nada	<0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	>5mm			0
		Valor	6	5	3	1	0			
		<b>Rugosidad</b>	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave			3
		Valor	6	5	3	1	0			
		<b>Relleno</b>	Ninguno	Relleno duro < 5mm	Relleno duro > 5mm	Relleno blando < 5mm	Relleno blando > 5mm			0
		Valor	6	4	2	2	0			
<b>Alteración</b>	Inalterada	Ligeramente Alterada	Moderadamente Alterada	Muy Alterada	Descompuesta			3		
Valor	6	5	3	1	0					
5	Flujo de agua en las juntas	Relacio Pagua/Pprin	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5			10
		<b>Condiciones Generales</b>	Completamente secas	Ligeramente humeda	Humedas	Goteando	Agua Fluyendo			
	Valor	15	10	7	4	0			53	

Tabla 97. RMR 2-006

Parámetro	Resist. De la Roca Inalterada	Ensayo de Carga Puntual	Rango de Valores					5-25 Mpa	1-5 Mpa	<1 Mpa	2-007 Valor evaluado en
			>10 MPa	4-10 MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa					
1	Inalterada	<b>Compresión Simple</b>	>250 Mpa	100-250 MPa	50-100 Mpa	25-50 Mpa					7
		valor	15	12	7	4	2			0	7
2		<b>RQD</b>	90-100%	75-90%	50-75%	25-50%		<25%			20
	Valor	20	17	13	8		3				
3		<b>Espaciamiento de las discontinuidades</b>	> 2m	0.6-2 m	0.2 - 0.6 m	6- 20 cm		< 6cm			10
	valor	20	15	10	8		5				
4	Estado de las discontinuidades	<b>Long. De la discontinuidad</b>	<1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m		>20 m			2
		Valor	6	4	2	1		0			
		<b>Abertura</b>	nada	<0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm		> 5mm			0
		Valor	6	5	3	1		0			
		<b>Rugosidad</b>	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada		Suave			3
		Valor	6	5	3	1		0			
		<b>Relleno</b>	Ninguno	Relleno duro < 5mm	Relleno duro > 5mm	Relleno blando < 5mm		Relleno blando > 5mm			0
		Valor	6	4	2	2		0			
<b>Alteración</b>	Inalterada	Ligeramente Alterada	Moderadamente Alterada	Muy Alterada		Descompuesta			3		
Valor	6	5	3	1		0					
5	Flujo de agua en las juntas	Relacio Pagua/Pprin	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5		>0.5			10
		<b>Condiciones Generales</b>	Completamente secas	Ligeramente humeda	Humedas	Goteando		Agua Fluyendo			
	Valor	15	10	7	4		0			55	

Tabla 98. RMR 2-007

Parámetro	Resist. De la Roca Inalterada	Ensayo de Carga Puntual	Rango de Valores					5-25 Mpa	1-5 Mpa	<1 Mpa	2-008 Valor evaluado en
			>10 MPa	4-10 MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa					
1	Inalterada	<b>Compresión Simple</b>	>250 Mpa	100-250 MPa	50-100 Mpa	25-50 Mpa					7
		valor	15	12	7	4	2		1	0	7
2		<b>RQD</b>	90-100%	75-90%	50-75%	25-50%		<25%			20
	Valor	20	17	13	8		3				
3		<b>Espaciamiento de las discontinuidades</b>	> 2m	0.6-2 m	0.2 - 0.6 m	6- 20 cm		< 6cm			5
	valor	20	15	10	8		5				
4	Estado de las discontinuidades	<b>Long. De la discontinuidad</b>	<1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m		>20 m			2
		Valor	6	4	2	1		0			
		<b>Abertura</b>	nada	<0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm		> 5mm			0
		Valor	6	5	3	1		0			
		<b>Rugosidad</b>	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada		Suave			3
		Valor	6	5	3	1		0			
		<b>Relleno</b>	Ninguno	Relleno duro < 5mm	Relleno duro > 5mm	Relleno blando < 5mm		Relleno blando > 5mm			0
		Valor	6	4	2	2		0			
<b>Alteración</b>	Inalterada	Ligeramente Alterada	Moderadamente Alterada	Muy Alterada		Descompuesta			3		
Valor	6	5	3	1		0					
5	Flujo de agua en las juntas	Relacio Pagua/Pprin	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5		>0.5			10
		<b>Condiciones Generales</b>	Completamente secas	Ligeramente humeda	Humedas	Goteando		Agua Fluyendo			
	Valor	15	10	7	4		0			50	

Tabla 99. RMR 2-008

## Anexo 11

- ESTUDIO GEOMECANICO DE RMR DE ZONA 3

Tabla 100.RMR 3-001

Parámetro	Rango de Valores									3-001 Valor evaluado	
	Resist. De la Roca Inalterada	Ensayo de Carga Puntual	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa	<1 Mpa		
1		<b>Compresión Simple</b>	>250 Mpa	100-250 MPa	50-100 Mpa	25-50 Mpa					
	valor		15	12	7	4	2	1	0	7	
2		<b>RQD</b>	90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	< 25%				
	Valor		20	17	13	8	3				20
3		<b>Espaciamiento de las discontinuidades</b>	> 2m	0.6-2 m	0.2 - 0.6 m	6- 20 cm	< 6cm				
	valor		20	15	10	8	5				10
4	Estado de las discontinuidades	<b>Long. De la discontinuidad</b>	< 1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m				
		Valor		6	4	2	1	0			
		<b>Abertura</b>	nada	< 0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	> 5mm				
		Valor		6	5	3	1	0			
		<b>Rugosidad</b>	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave				
		Valor		6	5	3	1	0			
		<b>Relleno</b>	Ninguno	Relleno duro < 5mm	Relleno duro > 5mm	Relleno blando < 5mm	Relleno blando > 5mm				
		Valor		6	4	2	2	0			
5	Flujo de agua en las juntas	Relacio Pagua/Pprin	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5				
		<b>Condiciones Generales</b>	Completamente secas	Ligeramente humeda	Humedas	Goteando	Agua Fluyendo				
	Valor		15	10	7	4	0				52

Parámetro	Rango de Valores									3-002 Valor evaluado	
	Resist. De la Roca Inalterada	Ensayo de Carga Puntual	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa	<1 Mpa		
1		<b>Compresión Simple</b>	>250 Mpa	100-250 MPa	50-100 Mpa	25-50 Mpa					
	valor		15	12	7	4	2	1	0	7	
2		<b>RQD</b>	90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	< 25%				
	Valor		20	17	13	8	3				20
3		<b>Espaciamiento de las discontinuidades</b>	> 2m	0.6-2 m	0.2 - 0.6 m	6- 20 cm	< 6cm				
	valor		20	15	10	8	5				8
4	Estado de las discontinuidades	<b>Long. De la discontinuidad</b>	< 1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m				
		Valor		6	4	2	1	0			
		<b>Abertura</b>	nada	< 0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	> 5mm				
		Valor		6	5	3	1	0			
		<b>Rugosidad</b>	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave				
		Valor		6	5	3	1	0			
		<b>Relleno</b>	Ninguno	Relleno duro < 5mm	Relleno duro > 5mm	Relleno blando < 5mm	Relleno blando > 5mm				
		Valor		6	4	2	2	0			
5	Flujo de agua en las juntas	Relacio Pagua/Pprin	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5				
		<b>Condiciones Generales</b>	Completamente secas	Ligeramente humeda	Humedas	Goteando	Agua Fluyendo				
	Valor		15	10	7	4	0				10

Tabla 101. RMR 3-002

Parámetro	Rango de Valores									3-003 Valor evaluado
	Resist. De la Roca Inalterada	Ensayo de Carga Puntual	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa	<1 Mpa	
1		<b>Compresión Simple</b>	>250 Mpa	100-250 MPa	50-100 Mpa	25-50 Mpa				
	valor		15	12	7	4	2	1	0	
2		<b>RQD</b>	90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	< 25%			
	Valor		20	17	13	8	3			
3		<b>Espaciamiento de las discontinuidades</b>	> 2m	0.6-2 m	0.2 - 0.6 m	6- 20 cm	< 6cm			
	valor		20	15	10	8	5			
4	Estado de las discontinuidades	<b>Long. De la discontinuidad</b>	< 1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m			
		Valor	6	4	2	1	0			
		<b>Abertura</b>	nada	< 0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	> 5mm			
		Valor	6	5	3	1	0			
		<b>Rugosidad</b>	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave			
		Valor	6	5	3	1	0			
		<b>Relleno</b>	Ninguno	Relleno duro < 5mm	Relleno duro > 5mm	Relleno blando < 5mm	Relleno blando > 5mm			
		Valor	6	4	2	2	0			
5	Flujo de agua en las juntas	Relacio Pagua/Pprin	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5			
		<b>Condiciones Generales</b>	Completamente secas	Ligeramente humeda	Humedas	Goteando	Agua Fluyendo			
	Valor		15	10	7	4	0			
										49

Tabla 102. RMR 3-003

Parámetro	Rango de Valores									3-004 Valor evaluado
	Resist. De la Roca Inalterada	Ensayo de Carga Puntual	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa	<1 Mpa	
1		<b>Compresión Simple</b>	>250 Mpa	100-250 MPa	50-100 Mpa	25-50 Mpa				
	valor		15	12	7	4	2	1	0	
2		<b>RQD</b>	90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	< 25%			
	Valor		20	17	13	8	3			
3		<b>Espaciamiento de las discontinuidades</b>	> 2m	0.6-2 m	0.2 - 0.6 m	6- 20 cm	< 6cm			
	valor		20	15	10	8	5			
4	Estado de las discontinuidades	<b>Long. De la discontinuidad</b>	< 1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m			
		Valor	6	4	2	1	0			
		<b>Abertura</b>	nada	< 0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	> 5mm			
		Valor	6	5	3	1	0			
		<b>Rugosidad</b>	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave			
		Valor	6	5	3	1	0			
		<b>Relleno</b>	Ninguno	Relleno duro < 5mm	Relleno duro > 5mm	Relleno blando < 5mm	Relleno blando > 5mm			
		Valor	6	4	2	2	0			
5	Flujo de agua en las juntas	Relacio Pagua/Pprin	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5			
		<b>Condiciones Generales</b>	Completamente secas	Ligeramente humeda	Humedas	Goteando	Agua Fluyendo			
	Valor		15	10	7	4	0			
										52

Tabla 103. RMR 3-004

Parámetro	Rango de Valores									3-005 Valor evaluado	
	Resist. De la Roca Inalterada	Ensayo de Carga Puntual Compresión Simple	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa	<1 Mpa		
1	valor	>250 Mpa	15	12	7	4	2	1	0	7	
	RQD	90-100%	15	12	7	4	2	1	0		
2	Valor	20	17	13	8	3				20	
	RQD	90-100%	15	12	7	4	2	1	0		
3	valor	>2m	20	15	10	8	5				8
	Espaciamiento de las discontinuidades	>2m	20	15	10	8	5				
4	Estado de las discontinuidades	Long. De la discontinuidad	<1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m				2
		Valor	6	4	2	1	0				
		Abertura	nada	<0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	>5mm				0
		Valor	6	5	3	1	0				
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave				0
		Valor	6	5	3	1	0				
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5mm	Relleno duro > 5mm	Relleno blando < 5mm	Relleno blando > 5mm				0
		Valor	6	4	2	2	0				
		Alteración	Inalterada	Ligeramente Alterada	Moderadamente Alterada	Muy Alterada	Descompuesta				3
		Valor	6	5	3	1	0				
5	Flujo de agua en las juntas	Relacio Pagua/Pprín	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5				10
		Condiciones Generales	Completamente secas	Ligeramente humeda	Humedas	Goteando	Agua Fluyendo				
Valor		15	10	7	4	0				50	

Tabla 104. RMR 3-005

Parámetro	Rango de Valores									3-006 Valor evaluado	
	Resist. De la Roca Inalterada	Ensayo de Carga Puntual Compresión Simple	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa	<1 Mpa		
1	valor	>250 Mpa	15	12	7	4	2	1	0	7	
	RQD	90-100%	15	12	7	4	2	1	0		
2	Valor	20	17	13	8	3				20	
	RQD	90-100%	15	12	7	4	2	1	0		
3	valor	>2m	20	15	10	8	5				8
	Espaciamiento de las discontinuidades	>2m	20	15	10	8	5				
4	Estado de las discontinuidades	Long. De la discontinuidad	<1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m				2
		Valor	6	4	2	1	0				
		Abertura	nada	<0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	>5mm				0
		Valor	6	5	3	1	0				
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave				0
		Valor	6	5	3	1	0				
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5mm	Relleno duro > 5mm	Relleno blando < 5mm	Relleno blando > 5mm				0
		Valor	6	4	2	2	0				
		Alteración	Inalterada	Ligeramente Alterada	Moderadamente Alterada	Muy Alterada	Descompuesta				3
		Valor	6	5	3	1	0				
5	Flujo de agua en las juntas	Relacio Pagua/Pprín	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5				10
		Condiciones Generales	Completamente secas	Ligeramente humeda	Humedas	Goteando	Agua Fluyendo				
Valor		15	10	7	4	0				50	

Tabla 105. RMR 3-006

Parámetro	Rango de Valores								3-007 Valor evaluado	
	Resist. De la Roca Inalterada	Ensayo de Carga Puntual	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa		<1 Mpa
1	Inalterada	<b>Compresión Simple</b>	>250 MPa	100-250 MPa	50-100 Mpa	25-50 Mpa	2	1	0	7
		valor	15	12	7	4	2	1	0	
2	<b>RQD</b>		90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	< 25%			20
	Valor	20	17	13	8	3				
3	<b>Espaciado de las discontinuidades</b>		> 2m	0.6-2 m	0.2 - 0.6 m	6- 20 cm	< 6cm			10
	valor	20	15	10	8	5				
4	Estado de las discontinuidades	<b>Long. De la discontinuidad</b>	< 1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m			2
		Valor	6	4	2	1	0			
		<b>Abertura</b>	nada	< 0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	> 5mm			3
		Valor	6	5	3	1	0			
		<b>Rugosidad</b>	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave			0
		Valor	6	5	3	1	0			
		<b>Relleno</b>	Ninguno	Relleno duro < 5mm	Relleno duro > 5mm	Relleno blando < 5mm	Relleno blando > 5mm			0
		Valor	6	4	2	2	0			
<b>Alteración</b>	Inalterada	Ligeramente Alterada	Moderadamente Alterada	Muy Alterada	Descompuesta			3		
Valor	6	5	3	1	0					
5	Flujo de agua en las juntas	Relacio Pagua/Pprin	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5			10
		<b>Condiciones Generales</b>	Completamente secas	Ligeramente humeda	Humedas	Goteando	Agua Fluyendo			
	Valor	15	10	7	4	0			55	

Tabla 106. RMR 3-007

Parámetro	Rango de Valores								3-008 Valor evaluado	
	Resist. De la Roca Inalterada	Ensayo de Carga Puntual	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa		<1 Mpa
1	Inalterada	<b>Compresión Simple</b>	>250 MPa	100-250 MPa	50-100 Mpa	25-50 Mpa	2	1	0	7
		valor	15	12	7	4	2	1	0	
2	<b>RQD</b>		90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	< 25%			20
	Valor	20	17	13	8	3				
3	<b>Espaciado de las discontinuidades</b>		> 2m	0.6-2 m	0.2 - 0.6 m	6- 20 cm	< 6cm			10
	valor	20	15	10	8	5				
4	Estado de las discontinuidades	<b>Long. De la discontinuidad</b>	< 1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m			2
		Valor	6	4	2	1	0			
		<b>Abertura</b>	nada	< 0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	> 5mm			1
		Valor	6	5	3	1	0			
		<b>Rugosidad</b>	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave			0
		Valor	6	5	3	1	0			
		<b>Relleno</b>	Ninguno	Relleno duro < 5mm	Relleno duro > 5mm	Relleno blando < 5mm	Relleno blando > 5mm			2
		Valor	6	4	2	2	0			
<b>Alteración</b>	Inalterada	Ligeramente Alterada	Moderadamente Alterada	Muy Alterada	Descompuesta			3		
Valor	6	5	3	1	0					
5	Flujo de agua en las juntas	Relacio Pagua/Pprin	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5			10
		<b>Condiciones Generales</b>	Completamente secas	Ligeramente humeda	Humedas	Goteando	Agua Fluyendo			
	Valor	15	10	7	4	0			55	

Tabla 107. RMR 3-008

Parámetro	Rango de Valores									3-009 Valor evaluado
	Resist. De la Roca Inalterada	Ensayo de Carga Puntual	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa	<1 Mpa	
1	Inalterada	<b>Compresión Simple</b>	>250 Mpa	100-250 MPa	50-100 Mpa	25-50 Mpa				
		valor	15	12	7	4	2	1	0	7
2	<b>RQD</b>		90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	< 25%			
	Valor		20	17	13	8	3			
3	<b>Espaciamiento de las discontinuidades</b>		> 2m	0.6-2 m	0.2 - 0.6 m	6- 20 cm	< 6cm			
	valor		20	15	10	8	5			
4	Estado de las discontinuidades	<b>Long. De la discontinuidad</b>	< 1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m			
		Valor	6	4	2	1	0			
		<b>Abertura</b>	nada	< 0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	> 5mm			
		Valor	6	5	3	1	0			
		<b>Rugosidad</b>	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave			
		Valor	6	5	3	1	0			
		<b>Relleno</b>	Ninguno	Relleno duro < 5mm	Relleno duro > 5mm	Relleno blando < 5mm	Relleno blando > 5mm			
		Valor	6	4	2	2	0			
5	Flujo de agua en las juntas	<b>Relacio Pagua/Pprin</b>	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5			
		<b>Condiciones Generales</b>	Completamente secas	Ligeramente humeda	Humedas	Goteando	Agua Fluyendo			
Valor		15	10	7	4	0				
										58

Tabla 108. RMR 30-009

Parámetro	Rango de Valores									3-010 Valor evaluado
	Resist. De la Roca Inalterada	Ensayo de Carga Puntual	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa	<1 Mpa	
1	Inalterada	<b>Compresión Simple</b>	>250 Mpa	100-250 MPa	50-100 Mpa	25-50 Mpa				
		valor	15	12	7	4	2	1	0	7
2	<b>RQD</b>		90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	< 25%			
	Valor		20	17	13	8	3			
3	<b>Espaciamiento de las discontinuidades</b>		> 2m	0.6-2 m	0.2 - 0.6 m	6- 20 cm	< 6cm			
	valor		20	15	10	8	5			
4	Estado de las discontinuidades	<b>Long. De la discontinuidad</b>	< 1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m			
		Valor	6	4	2	1	0			
		<b>Abertura</b>	nada	< 0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	> 5mm			
		Valor	6	5	3	1	0			
		<b>Rugosidad</b>	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave			
		Valor	6	5	3	1	0			
		<b>Relleno</b>	Ninguno	Relleno duro < 5mm	Relleno duro > 5mm	Relleno blando < 5mm	Relleno blando > 5mm			
		Valor	6	4	2	2	0			
5	Flujo de agua en las juntas	<b>Relacio Pagua/Pprin</b>	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5			
		<b>Condiciones Generales</b>	Completamente secas	Ligeramente humeda	Humedas	Goteando	Agua Fluyendo			
Valor		15	10	7	4	0				
										50

Tabla 109. RMR 3-010

## Anexo 12

- ESTUDIO GEOMECÁNICO DE RMR ZONA 4.

Parámetro	Rango de Valores									4-001 Valor evaluado
	Resist. De la Roca Inalterada	Ensayo de Carga Puntual	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa	<1 Mpa	
1	Resist. De la Roca Inalterada	Compresión Simple	>250 Mpa	100-250 MPa	50-100 Mpa	25-50 Mpa	2	1	0	7
		valor	15	12	7	4				
2	RQD	RQD	90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	< 25%			20
		Valor	20	17	13	8	3			
3	Espaciamiento de las discontinuidades	Espaciamiento de las discontinuidades	> 2m	0.6-2 m	0.2 - 0.6 m	6- 20 cm	< 6cm			10
		valor	20	15	10	8	5			
4	Estado de las discontinuidades	Long. De la discontinuidad	< 1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m			4
		Valor	6	4	2	1	0			
		Abertura	nada	<0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	> 5mm			5
		Valor	6	5	3	1	0			
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave			0
		Valor	6	5	3	1	0			
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5mm	Relleno duro > 5mm	Relleno blando < 5mm	Relleno blando > 5mm			0
		Valor	6	4	2	2	0			
Alteración	Inalterada	Ligeramente Alterada	Moderadamente Alterada	Muy Alterada	Descompuesta			3		
Valor	6	5	3	1	0					
5	Flujo de agua en las juntas	Relacio Pagua/Pprin	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5			10
		Condiciones Generales	Completamente secas	Ligeramente humeda	Humedas	Goteando	Agua Fluyendo			
		Valor	15	10	7	4	0			59

Tabla 110. RMR 4-001

Parámetro	Rango de Valores									4-002 Valor evaluado
	Resist. De la Roca Inalterada	Ensayo de Carga Puntual	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa	<1 Mpa	
1	Resist. De la Roca Inalterada	Compresión Simple	>250 Mpa	100-250 MPa	50-100 Mpa	25-50 Mpa	2	1	0	7
		valor	15	12	7	4				
2	RQD	RQD	90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	< 25%			20
		Valor	20	17	13	8	3			
3	Espaciamiento de las discontinuidades	Espaciamiento de las discontinuidades	> 2m	0.6-2 m	0.2 - 0.6 m	6- 20 cm	< 6cm			8
		valor	20	15	10	8	5			
4	Estado de las discontinuidades	Long. De la discontinuidad	< 1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m			4
		Valor	6	4	2	1	0			
		Abertura	nada	<0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	> 5mm			0
		Valor	6	5	3	1	0			
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave			0
		Valor	6	5	3	1	0			
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5mm	Relleno duro > 5mm	Relleno blando < 5mm	Relleno blando > 5mm			2
		Valor	6	4	2	2	0			
Alteración	Inalterada	Ligeramente Alterada	Moderadamente Alterada	Muy Alterada	Descompuesta			3		
Valor	6	5	3	1	0					
5	Flujo de agua en las juntas	Relacio Pagua/Pprin	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5			10
		Condiciones Generales	Completamente secas	Ligeramente humeda	Humedas	Goteando	Agua Fluyendo			
		Valor	15	10	7	4	0			54

Tabla 111. RMR 4-002

Parámetro	Resist. De la Roca Inalterada	Rango de Valores							4-003	
		Ensayo de Carga Puntual	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa		<1 Mpa
1	Resist. De la Roca Inalterada	Compresión Simple	>250 Mpa	100-250 MPa	50-100 Mpa	25-50 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa	<1 Mpa	7
		valor	15	12	7	4	2	1	0	7
2	RQD	90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	< 25%			20	
		Valor	20	17	13	8	3			
3	Espaciamiento de las discontinuidades	> 2m	0.6-2 m	0.2 - 0.6 m	6- 20 cm	< 6cm			8	
		valor	20	15	10	8	5			
4	Estado de las discontinuidades	Long. De la discontinuidad	< 1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m			2
		Valor	6	4	2	1	0			
		Abertura	nada	<0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	>5mm			0
		Valor	6	5	3	1	0			
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave			0
		Valor	6	5	3	1	0			
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5mm	Relleno duro > 5mm	Relleno blando < 5mm	Relleno blando > 5mm			2
		Valor	6	4	2	2	0			
		Alteración	Inalterada	Ligeramente Alterada	Moderadamente Alterada	Muy Alterada	Descompuesta			3
		Valor	6	5	3	1	0			
5	Flujo de agua en las juntas	Relacio Pagua/Pprin	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5			10
		Condiciones Generales	Completamente secas	Ligeramente humeda	Humedas	Goteando	Agua Fluyendo			
	Valor	15	10	7	4	0			52	

Tabla 112. RMR 4-004

Parámetro	Resist. De la Roca Inalterada	Rango de Valores							4-004	
		Ensayo de Carga Puntual	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa		<1 Mpa
1	Resist. De la Roca Inalterada	Compresión Simple	>250 Mpa	100-250 MPa	50-100 Mpa	25-50 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa	<1 Mpa	7
		valor	15	12	7	4	2	1	0	7
2	RQD	90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	< 25%			20	
		Valor	20	17	13	8	3			
3	Espaciamiento de las discontinuidades	> 2m	0.6-2 m	0.2 - 0.6 m	6- 20 cm	< 6cm			10	
		valor	20	15	10	8	5			
4	Estado de las discontinuidades	Long. De la discontinuidad	< 1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m			2
		Valor	6	4	2	1	0			
		Abertura	nada	<0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	>5mm			0
		Valor	6	5	3	1	0			
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave			0
		Valor	6	5	3	1	0			
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5mm	Relleno duro > 5mm	Relleno blando < 5mm	Relleno blando > 5mm			2
		Valor	6	4	2	2	0			
		Alteración	Inalterada	Ligeramente Alterada	Moderadamente Alterada	Muy Alterada	Descompuesta			3
		Valor	6	5	3	1	0			
5	Flujo de agua en las juntas	Relacio Pagua/Pprin	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5			10
		Condiciones Generales	Completamente secas	Ligeramente humeda	Humedas	Goteando	Agua Fluyendo			
	Valor	15	10	7	4	0			54	

Tabla 113.RMR 4-004

Parámetro	Resist. De la Roca Inalterada	Rango de Valores							4-005	
		Ensayo de Carga Puntual	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa		<1 Mpa
1	Resist. De la Roca Inalterada	Compresión Simple	>250 Mpa	100-250 MPa	50-100 Mpa	25-50 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa	<1 Mpa	7
		valor	15	12	7	4	2	1	0	7
2	RQD	90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	< 25%			20	
		Valor	20	17	13	8	3			
3	Espaciamiento de las discontinuidades	> 2m	0.6-2 m	0.2 - 0.6 m	6- 20 cm	< 6cm			10	
		valor	20	15	10	8	5			
4	Estado de las discontinuidades	Long. De la discontinuidad	< 1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m			4
		Valor	6	4	2	1	0			
		Abertura	nada	<0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	>5mm			1
		Valor	6	5	3	1	0			
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave			0
		Valor	6	5	3	1	0			
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5mm	Relleno duro > 5mm	Relleno blando < 5mm	Relleno blando > 5mm			0
		Valor	6	4	2	2	0			
		Alteración	Inalterada	Ligeramente Alterada	Moderadamente Alterada	Muy Alterada	Descompuesta			3
		Valor	6	5	3	1	0			
5	Flujo de agua en las juntas	Relacio Pagua/Pprin	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5			10
		Condiciones Generales	Completamente secas	Ligeramente humeda	Humedas	Goteando	Agua Fluyendo			
	Valor	15	10	7	4	0			55	

Tabla 114.RMR 4-005

Parámetro	Rango de Valores									4-006 Valor evaluado
	Resist. De la Roca Inalterada	Ensayo de Carga Puntual	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa	<1 Mpa	
1	Resist. De la Roca Inalterada	<b>Compresión Simple</b>	>250 Mpa	100-250 MPa	50-100 Mpa	25-50 Mpa				
		valor	15	12	7	4	2	1	0	7
2		<b>RQD</b>	90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	< 25%			
		Valor	20	17	13	8	3			
3		<b>Espaciamiento de las discontinuidades</b>	> 2m	0.6-2 m	0.2 - 0.6 m	6- 20 cm	< 6cm			
		valor	20	15	10	8	5			
4	Estado de las discontinuidades	<b>Long. De la discontinuidad</b>	< 1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m			
		Valor	6	4	2	1	0			
		<b>Abertura</b>	nada	<0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	>5mm			
		Valor	6	5	3	1	0			
		<b>Rugosidad</b>	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave			
		Valor	6	5	3	1	0			
		<b>Relleno</b>	Ninguno	Relleno duro < 5mm	Relleno duro > 5mm	Relleno blando < 5mm	Relleno blando > 5mm			
		Valor	6	4	2	2	0			
		<b>Alteración</b>	Inalterada	Ligeramente Alterada	Moderadamente Alterada	Muy Alterada	Descompuesta			
		Valor	6	5	3	1	0			
5	Flujo de agua en las juntas	Relacio Pagua/Pprin	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5			
		<b>Condiciones Generales</b>	Completamente secas	Ligeramente humeda	Humedas	Goteando	Agua Fluyendo			
		Valor	15	10	7	4	0			
										52

Tabla 115. RMR 4-006

Parámetro	Rango de Valores									4-007 Valor evaluado
	Resist. De la Roca Inalterada	Ensayo de Carga Puntual	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa	<1 Mpa	
1	Resist. De la Roca Inalterada	<b>Compresión Simple</b>	>250 Mpa	100-250 MPa	50-100 Mpa	25-50 Mpa				
		valor	15	12	7	4	2	1	0	7
2		<b>RQD</b>	90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	< 25%			
		Valor	20	17	13	8	3			
3		<b>Espaciamiento de las discontinuidades</b>	> 2m	0.6-2 m	0.2 - 0.6 m	6- 20 cm	< 6cm			
		valor	20	15	10	8	5			
4	Estado de las discontinuidades	<b>Long. De la discontinuidad</b>	< 1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m			
		Valor	6	4	2	1	0			
		<b>Abertura</b>	nada	<0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	>5mm			
		Valor	6	5	3	1	0			
		<b>Rugosidad</b>	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave			
		Valor	6	5	3	1	0			
		<b>Relleno</b>	Ninguno	Relleno duro < 5mm	Relleno duro > 5mm	Relleno blando < 5mm	Relleno blando > 5mm			
		Valor	6	4	2	2	0			
		<b>Alteración</b>	Inalterada	Ligeramente Alterada	Moderadamente Alterada	Muy Alterada	Descompuesta			
		Valor	6	5	3	1	0			
5	Flujo de agua en las juntas	Relacio Pagua/Pprin	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5			
		<b>Condiciones Generales</b>	Completamente secas	Ligeramente humeda	Humedas	Goteando	Agua Fluyendo			
		Valor	15	10	7	4	0			
										52

Tabla 116. RMR 4-007

Parámetro	Resist. De la Roca Inalterada	Rango de Valores							4-008	
		Ensayo de Carga Puntual	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa		<1 Mpa
1		Compresión Simple	>250 Mpa	100-250 MPa	50-100 Mpa	25-50 Mpa	2	1	0	7
		valor	15	12	7	4				
2		RQD	90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	< 25%			17
		Valor	20	17	13	8	3			
3		Espaciamento de las discontinuidades	> 2m	0.6-2 m	0.2 - 0.6 m	6- 20 cm	< 6cm			10
		valor	20	15	10	8	5			
4	Estado de las discontinuidades	Long. De la discontinuidad	< 1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m			2
		Valor	6	4	2	1	0			
		Abertura	nada	<0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	>5mm			0
		Valor	6	5	3	1	0			
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave			0
		Valor	6	5	3	1	0			
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5mm	Relleno duro > 5mm	Relleno blando < 5mm	Relleno blando > 5mm			0
		Valor	6	4	2	2	0			
		Alteración	Inalterada	Ligeramente Alterada	Moderadamente Alterada	Muy Alterada	Descompuesta			3
		Valor	6	5	3	1	0			
5	Flujo de agua en las juntas	Relacio Pagua/Pprin	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5			10
		Condiciones Generales	Completamente secas	Ligeramente humeda	Humedas	Goteando	Agua Fluyendo			
		Valor	15	10	7	4	0			49

Tabla 117. RMR 4-008

Parámetro	Resist. De la Roca Inalterada	Rango de Valores							4-009	
		Ensayo de Carga Puntual	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa		<1 Mpa
1		Compresión Simple	>250 Mpa	100-250 MPa	50-100 Mpa	25-50 Mpa	2	1	0	7
		valor	15	12	7	4				
2		RQD	90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	< 25%			17
		Valor	20	17	13	8	3			
3		Espaciamento de las discontinuidades	> 2m	0.6-2 m	0.2 - 0.6 m	6- 20 cm	< 6cm			10
		valor	20	15	10	8	5			
4	Estado de las discontinuidades	Long. De la discontinuidad	< 1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m			2
		Valor	6	4	2	1	0			
		Abertura	nada	<0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	>5mm			0
		Valor	6	5	3	1	0			
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave			0
		Valor	6	5	3	1	0			
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5mm	Relleno duro > 5mm	Relleno blando < 5mm	Relleno blando > 5mm			0
		Valor	6	4	2	2	0			
		Alteración	Inalterada	Ligeramente Alterada	Moderadamente Alterada	Muy Alterada	Descompuesta			3
		Valor	6	5	3	1	0			
5	Flujo de agua en las juntas	Relacio Pagua/Pprin	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5			10
		Condiciones Generales	Completamente secas	Ligeramente humeda	Humedas	Goteando	Agua Fluyendo			
		Valor	15	10	7	4	0			49

Tabla 118. RMR 4-009

Parámetro	Resist. De la Roca Inalterada	Ensayo de Carga Puntual	Rango de Valores						4-010	
			>10 MPa	4-10 MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa		<1 Mpa
1		Compresión Simple	>250 Mpa	100-250 MPa	50-100 Mpa	25-50 Mpa	2	1	0	7
		valor	15	12	7	4				
2		RQD	90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	< 25%			17
		Valor	20	17	13	8	3			
3		Espaciamiento de las discontinuidades	> 2m	0.6-2 m	0.2 - 0.6 m	6- 20 cm	< 6cm			10
		valor	20	15	10	8	5			
4	Estado de las discontinuidades	Long. De la discontinuidad	< 1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m			2
		Valor	6	4	2	1	0			
		Abertura	nada	<0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	> 5mm			0
		Valor	6	5	3	1	0			
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave			0
		Valor	6	5	3	1	0			
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5mm	Relleno duro > 5mm	Relleno blando < 5mm	Relleno blando > 5mm			0
		Valor	6	4	2	2	0			
		Alteración	Inalterada	Ligeramente Alterada	Moderadamente Alterada	Muy Alterada	Descompuesta			3
		Valor	6	5	3	1	0			
5	Flujo de agua en las juntas	Relacio Pagua/Pprin	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5			10
		Condiciones Generales	Completamente secas	Ligeramente humeda	Humedas	Goteando	Agua Fluyendo			
		Valor	15	10	7	4	0			49

Tabla 119. RMR 4-010

Parámetro	Resist. De la Roca Inalterada	Ensayo de Carga Puntual	Rango de Valores						4-011	
			>10 MPa	4-10 MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa		<1 Mpa
1		Compresión Simple	>250 Mpa	100-250 MPa	50-100 Mpa	25-50 Mpa	2	1	0	7
		valor	15	12	7	4				
2		RQD	90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	< 25%			17
		Valor	20	17	13	8	3			
3		Espaciamiento de las discontinuidades	> 2m	0.6-2 m	0.2 - 0.6 m	6- 20 cm	< 6cm			10
		valor	20	15	10	8	5			
4	Estado de las discontinuidades	Long. De la discontinuidad	< 1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m			2
		Valor	6	4	2	1	0			
		Abertura	nada	<0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	> 5mm			0
		Valor	6	5	3	1	0			
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave			0
		Valor	6	5	3	1	0			
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5mm	Relleno duro > 5mm	Relleno blando < 5mm	Relleno blando > 5mm			0
		Valor	6	4	2	2	0			
		Alteración	Inalterada	Ligeramente Alterada	Moderadamente Alterada	Muy Alterada	Descompuesta			3
		Valor	6	5	3	1	0			
5	Flujo de agua en las juntas	Relacio Pagua/Pprin	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5			10
		Condiciones Generales	Completamente secas	Ligeramente humeda	Humedas	Goteando	Agua Fluyendo			
		Valor	15	10	7	4	0			49

Tabla 120. RMR 4-011

Parámetro	Resist. De la Roca Inalterada	Ensayo de Carga Puntual	Rango de Valores						4-012	
			>10 MPa	4-10 MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa		<1 Mpa
1	Inalterada	Compresión Simple	>250 Mpa	100-250 MPa	50-100 Mpa	25-50 Mpa	2	1	0	7
		valor	15	12	7	4	2	1	0	
2	RQD		90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	< 25%			17
	Valor		20	17	13	8	3			
3	Espaciamiento de las discontinuidades		> 2m	0.6-2 m	0.2 - 0.6 m	6- 20 cm	< 6cm			10
	valor		20	15	10	8	5			
4	Estado de las discontinuidades	Long. De la discontinuidad	< 1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m			2
		Valor	6	4	2	1	0			
		Abertura	nada	<0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	> 5mm			0
		Valor	6	5	3	1	0			
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave			0
		Valor	6	5	3	1	0			
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5mm	Relleno duro > 5mm	Relleno blando < 5mm	Relleno blando > 5mm			0
		Valor	6	4	2	2	0			
		Alteración	Inalterada	Ligeramente Alterada	Moderadamente Alterada	Muy Alterada	Descompuesta			3
		Valor	6	5	3	1	0			
5	Flujo de agua en las juntas	Relació Pagua/Pprín	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5			10
		Condiciones Generales	Completamente secas	Ligeramente humeda	Humedas	Goteando	Agua Fluyendo			
Valor		15	10	7	4	0				

Tabla 121. RMR 4-012

Parámetro	Resist. De la Roca Inalterada	Ensayo de Carga Puntual	Rango de Valores						4-013	
			>10 MPa	4-10 MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa		<1 Mpa
1	Inalterada	Compresión Simple	>250 Mpa	100-250 MPa	50-100 Mpa	25-50 Mpa	2	1	0	7
		valor	15	12	7	4	2	1	0	
2	RQD		90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	< 25%			17
	Valor		20	17	13	8	3			
3	Espaciamiento de las discontinuidades		> 2m	0.6-2 m	0.2 - 0.6 m	6- 20 cm	< 6cm			8
	valor		20	15	10	8	5			
4	Estado de las discontinuidades	Long. De la discontinuidad	< 1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m			2
		Valor	6	4	2	1	0			
		Abertura	nada	<0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	> 5mm			0
		Valor	6	5	3	1	0			
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave			0
		Valor	6	5	3	1	0			
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5mm	Relleno duro > 5mm	Relleno blando < 5mm	Relleno blando > 5mm			0
		Valor	6	4	2	2	0			
		Alteración	Inalterada	Ligeramente Alterada	Moderadamente Alterada	Muy Alterada	Descompuesta			3
		Valor	6	5	3	1	0			
5	Flujo de agua en las juntas	Relació Pagua/Pprín	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5			10
		Condiciones Generales	Completamente secas	Ligeramente humeda	Humedas	Goteando	Agua Fluyendo			
Valor		15	10	7	4	0			47	

Tabla 122. RMR 4-013

Parámetro	Rango de Valores									4-014 Valor evaluado
	Resist. De la Roca Inalterada	Ensayo de Carga Puntual	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa	<1 Mpa	
1	Inalterada	Compresión Simple	>250 MPa	100-250 MPa	50-100 Mpa	25-50 Mpa				
		valor	15	12	7	4	2	1	0	7
2	RQD		90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	<25%			
	Valor		20	17	13	8	3			
3	Espaciamiento de las discontinuidades		> 2m	0.6-2 m	0.2 - 0.6 m	6- 20 cm	< 6cm			
	valor		20	15	10	8	5			
4	Estado de las discontinuidades	Long. De la discontinuidad	< 1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m			
		Valor	6	4	2	1	0			
		Abertura	nada	<0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	>5mm			
		Valor	6	5	3	1	0			
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave			
		Valor	6	5	3	1	0			
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5mm	Relleno duro > 5mm	Relleno blando < 5mm	Relleno blando > 5mm			
		Valor	6	4	2	2	0			
5	Flujo de agua en las juntas	Alteración	Inalterada	Ligeramente Alterada	Moderadamente Alterada	Muy Alterada	Descompuesta			
		Valor	6	5	3	1	0			
5	Flujo de agua en las juntas	Relacio Pagua/Pprin	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5			
		Condiciones Generales	Completamente secas	Ligeramente humeda	Humedas	Goteando	Agua Fluyendo			
Valor		15	10	7	4	0				10
										54

Tabla 123. RMR 4-014

**Anexo 13.**

- ESTUDIO GEOMECÁNICO DE ZONA 5

Parámetro	Rango de Valores									5-001 Valor evaluado en campo
	Resist. De la Roca Inalterada	Ensayo de Carga Puntual	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa	<1 Mpa	
1	Inalterada	Compresión Simple	>250 MPa	100-250 MPa	50-100 Mpa	25-50 Mpa				
		valor	15	12	7	4	2	1	0	7
2	RQD		90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	<25%			
	Valor		20	17	13	8	3			
3	Espaciamiento de las discontinuidades		> 2m	0.6-2 m	0.2 - 0.6 m	6- 20 cm	< 6cm			
	valor		20	15	10	8	5			
4	Estado de las discontinuidades	Long. De la discontinuidad	< 1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m			
		Valor	6	4	2	1	0			
		Abertura	nada	<0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	>5mm			
		Valor	6	5	3	1	0			
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave			
		Valor	6	5	3	1	0			
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5mm	Relleno duro > 5mm	Relleno blando < 5mm	Relleno blando > 5mm			
		Valor	6	4	2	2	0			
5	Flujo de agua en las juntas	Alteración	Inalterada	Ligeramente Alterada	Moderadamente Alterada	Muy Alterada	Descompuesta			
		Valor	6	5	3	1	0			
5	Flujo de agua en las juntas	Relacio Pagua/Pprin	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5			
		Condiciones Generales	Completamente secas	Ligeramente humeda	Humedas	Goteando	Agua Fluyendo			
Valor		15	10	7	4	0				10
										60

Tabla 124. RMR 5-001

Parámetro	Rango de Valores									5-002 Valor evaluado en campo
	Resist. De la Roca Inalterada	Ensayo de Carga Puntual	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa	<1 Mpa	
1	Resist. De la Roca Inalterada	Compresión Simple	>250 Mpa	100-250 MPa	50-100 Mpa	25-50 Mpa				
		valor	15	12	7	4	2	1	0	7
2	RQD	RQD	90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	<25%			20
		Valor	20	17	13	8	3			
3	Espaciamiento de las discontinuidades	Espaciamiento de las discontinuidades	> 2m	0.6-2 m	0.2 - 0.6 m	6- 20 cm	<6cm			8
		valor	20	15	10	8	5			
4	Estado de las discontinuidades	Long. De la discontinuidad	< 1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m			2
		Valor	6	4	2	1	0			
		Abertura	nada	< 0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	> 5mm			0
		Valor	6	5	3	1	0			
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave			3
		Valor	6	5	3	1	0			
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5mm	Relleno duro > 5mm	Relleno blando < 5mm	Relleno blando > 5mm			2
		Valor	6	4	2	2	0			
Alteración	Inalterada	Ligeramente Alterada	Moderadamente Alterada	Muy Alterada	Descompuesta			3		
Valor	6	5	3	1	0					
5	Flujo de agua en las juntas	Relacio Pagua/Pprin	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5			10
		Condiciones Generales	Completamente secas	Ligeramente humeda	Humedas	Goteando	Agua Fluyendo			
Valor		15	10	7	4	0			55	

Tabla 125. RMR 5-002

Parámetro	Rango de Valores									5-003 Valor evaluado en campo
	Resist. De la Roca Inalterada	Ensayo de Carga Puntual	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa	<1 Mpa	
1	Resist. De la Roca Inalterada	Compresión Simple	>250 Mpa	100-250 MPa	50-100 Mpa	25-50 Mpa				
		valor	15	12	7	4	2	1	0	7
2	RQD	RQD	90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	<25%			20
		Valor	20	17	13	8	3			
3	Espaciamiento de las discontinuidades	Espaciamiento de las discontinuidades	> 2m	0.6-2 m	0.2 - 0.6 m	6- 20 cm	<6cm			5
		valor	20	15	10	8	5			
4	Estado de las discontinuidades	Long. De la discontinuidad	< 1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m			2
		Valor	6	4	2	1	0			
		Abertura	nada	< 0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	> 5mm			0
		Valor	6	5	3	1	0			
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave			3
		Valor	6	5	3	1	0			
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5mm	Relleno duro > 5mm	Relleno blando < 5mm	Relleno blando > 5mm			2
		Valor	6	4	2	2	0			
Alteración	Inalterada	Ligeramente Alterada	Moderadamente Alterada	Muy Alterada	Descompuesta			3		
Valor	6	5	3	1	0					
5	Flujo de agua en las juntas	Relacio Pagua/Pprin	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5			10
		Condiciones Generales	Completamente secas	Ligeramente humeda	Humedas	Goteando	Agua Fluyendo			
Valor		15	10	7	4	0			52	

Tabla 126. RMR 5-003

Parámetro	Resist. De la Roca Inalterada	Rango de Valores							5-004 Valor evaluado en campo	
		Ensayo de Carga Puntual	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa		<1 Mpa
1	Compresión Simple	>250 Mpa	100-250 MPa	50-100 Mpa	25-50 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa	<1 Mpa	7	
		valor	15	12	7	4	2	1		0
2	RQD	90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	< 25%			20	
	Valor	20	17	13	8	3				
3	Espaciamiento de las discontinuidades	> 2m	0.6-2 m	0.2 - 0.6 m	6- 20 cm	< 6cm			10	
	valor	20	15	10	8	5				
4	Estado de las discontinuidades	Long. De la discontinuidad	< 1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m			4
		Valor	6	4	2	1	0			
		Abertura	nada	< 0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	> 5mm			0
		Valor	6	5	3	1	0			
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave			3
		Valor	6	5	3	1	0			
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5mm	Relleno duro > 5mm	Relleno blando < 5mm	Relleno blando > 5mm			2
		Valor	6	4	2	2	0			
Alteración	Inalterada	Ligeramente Alterada	Moderadamente Alterada	Muy Alterada	Descompuesta			3		
Valor	6	5	3	1	0					
5	Flujo de agua en las juntas	Relacio Pagua/Pprin	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5			10
		Condiciones Generales	Completamente secas	Ligeramente humeda	Humedas	Goteando	Agua Fluyendo			
Valor		15	10	7	4	0			59	

Tabla 127. RMR 5-004

Parámetro	Resist. De la Roca Inalterada	Rango de Valores							5-005 Valor evaluado en campo	
		Ensayo de Carga Puntual	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa		<1 Mpa
1	Compresión Simple	>250 Mpa	100-250 MPa	50-100 Mpa	25-50 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa	<1 Mpa	7	
		valor	15	12	7	4	2	1		0
2	RQD	90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	< 25%			20	
	Valor	20	17	13	8	3				
3	Espaciamiento de las discontinuidades	> 2m	0.6-2 m	0.2 - 0.6 m	6- 20 cm	< 6cm			15	
	valor	20	15	10	8	5				
4	Estado de las discontinuidades	Long. De la discontinuidad	< 1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m			4
		Valor	6	4	2	1	0			
		Abertura	nada	< 0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	> 5mm			0
		Valor	6	5	3	1	0			
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave			0
		Valor	6	5	3	1	0			
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5mm	Relleno duro > 5mm	Relleno blando < 5mm	Relleno blando > 5mm			0
		Valor	6	4	2	2	0			
Alteración	Inalterada	Ligeramente Alterada	Moderadamente Alterada	Muy Alterada	Descompuesta			3		
Valor	6	5	3	1	0					
5	Flujo de agua en las juntas	Relacio Pagua/Pprin	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5			10
		Condiciones Generales	Completamente secas	Ligeramente humeda	Humedas	Goteando	Agua Fluyendo			
Valor		15	10	7	4	0			59	

Tabla 128. RMR 5-005

Parámetro	Resist. De la Roca Inalterada	Rango de Valores							5-006 Valor evaluado en campo	
		Ensayo de Carga Puntual	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa		<1 Mpa
1	Compresión Simple	>250 Mpa	100-250 MPa	50-100 Mpa	25-50 Mpa	2	1	0	7	
		valor	15	12	7	4	2	1		0
2	RQD	90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	< 25%			20	
		Valor	20	17	13	8	3			
3	Espaciamento de las discontinuidades	> 2m	0.6-2 m	0.2 - 0.6 m	6- 20 cm	< 6cm			8	
		valor	20	15	10	8	5			
4	Estado de las discontinuidades	Long. De la discontinuidad	< 1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m			4
		Valor	6	4	2	1	0			
		Abertura	nada	< 0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	> 5mm			0
		Valor	6	5	3	1	0			
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave			3
		Valor	6	5	3	1	0			
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5mm	Relleno duro > 5mm	Relleno blando < 5mm	Relleno blando > 5mm			2
		Valor	6	4	2	2	0			
Alteración	Inalterada	Ligeramente Alterada	Moderadamente Alterada	Muy Alterada	Descompuesta			3		
Valor	6	5	3	1	0					
5	Flujo de agua en las juntas	Relacio Pagua/Pprin	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5			10
		Condiciones Generales	Completamente secas	Ligeramente humeda	Humedas	Goteando	Agua Fluyendo			
	Valor	15	10	7	4	0				57

Tabla 129. RMR 5-006

Parámetro	Resist. De la Roca Inalterada	Rango de Valores							4-007 Valor evaluado en campo	
		Ensayo de Carga Puntual	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa		<1 Mpa
1	Compresión Simple	>250 Mpa	100-250 MPa	50-100 Mpa	25-50 Mpa	2	1	0	7	
		valor	15	12	7	4	2	1		0
2	RQD	90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	< 25%			20	
		Valor	20	17	13	8	3			
3	Espaciamento de las discontinuidades	> 2m	0.6-2 m	0.2 - 0.6 m	6- 20 cm	< 6cm			8	
		valor	20	15	10	8	5			
4	Estado de las discontinuidades	Long. De la discontinuidad	< 1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m			4
		Valor	6	4	2	1	0			
		Abertura	nada	< 0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	> 5mm			0
		Valor	6	5	3	1	0			
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave			3
		Valor	6	5	3	1	0			
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5mm	Relleno duro > 5mm	Relleno blando < 5mm	Relleno blando > 5mm			2
		Valor	6	4	2	2	0			
Alteración	Inalterada	Ligeramente Alterada	Moderadamente Alterada	Muy Alterada	Descompuesta			3		
Valor	6	5	3	1	0					
5	Flujo de agua en las juntas	Relacio Pagua/Pprin	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5			10
		Condiciones Generales	Completamente secas	Ligeramente humeda	Humedas	Goteando	Agua Fluyendo			
	Valor	15	10	7	4	0				57

Tabla 130. RMR 5-007

**Anexo 14** *OBTENCIÓN DE LOS PLANOS ESTEREOGRÁFICOS(DIPS)***ZONA 1**

ZONA 1				
SubZona	Familia de discontinuidades	juntas de familia	Dirección del buzamiento	Buzamiento
1-001	1	3	330	40
			335	30
			320	30
	2	1	345	10
	3	1	330	20
	<b>1E</b>	<b>1</b>	<b>325</b>	<b>10</b>
1-002	1	2	330	30
			310	40
	2	2	340	80
			355	60
	<b>2E</b>	<b>1</b>	<b>315</b>	<b>10</b>
1-003	1	3	170	60
			195	85
			198	40
	2	3	20	24
			30	20
			25	26
	3	1	355	30
	4	1	25	20
	<b>3E</b>	<b>1</b>	<b>340</b>	<b>30</b>
1-004	1	4	330	30
			30	30
			10	40
			34	50
			60	36
			80	60
			120	70
			30	20
	2	2	10	30
			140	22
			125	18
			65	60
			<b>4E</b>	<b>1</b>
1-005	1	3	40	20
			20	5
			5	32
			70	70
			240	60

			40	40
	2	2	140	56
			115	70
			60	82
			80	80
5E	1	45	10	
1-006	1	2	55	30
			70	30
			50	48
			30	2
			25	10
			30	30
			240	36
			2	2
6E	1	345	15	
1-007	1	2	200	86
			15	80
			50	30
			50	40
	2	3	65	120
			230	82
			10	18
			20	40
			80	32
			95	60
7E	1	30	30	
1-008	1	4	75	50
			60	34
			50	40
			60	50
	2	1	50	24
	3	2	120	50
			150	50
8E	1	30	30	
1-009	1	2	35	70
			32	60
	2	2	310	86
			300	82
	9E	2	30	40
		355	50	
1-010	1	2	215	50
			220	88
	2	1	350	70
	320		70	
1-011	1	2	330	60

			335	60
	2	1	50	20
	3	1	325	80
	11E	1	20	30
1-012	1	3	140	50
			120	70
			105	50
	2	1	55	50
12E	1	45	30	
1-013	1	3	132	44
			142	38
			114	30
	2	2	60	20
			50	70
	3	2	35	20
			40	20
	13E	2	45	40
42			40	
1-014	1	2	65	88
			68	80
	2	2	142	88
			350	64
	14E	2	50	20
55			20	
1-015	1	3	35	70
			58	72
			46	74
	2	3	135	50
			110	74
			120	88
	3	1	120	40
15E	1	30	10	
1-016	1	2	45	70
			25	88
	2	4	310	80
			320	72
			325	88
		305	88	
1-017	1	6	50	60
			55	30
			35	55
			34	64
			30	40
	52	80		
	2	3	140	78

			120	78
			130	78
	3	1	290	80

**ZONA 2**

ZONA 2				
SubZona	Familia de discontinuidades	juntas de familia	Dirección del Buzamiento	Buzamiento
2-001	1	2	15	10
			24	52
	2	4	305	30
			345	18
			340	16
			75	20
	3	1	350	70
1E	1	325	10	
2-002	1	2	5	30
			270	40
	2	1	40	80
	3	1	340	30
	2E	1	355	20
2-003	1	1	280	20
	2	1	5	10
	3	2	20	18
			100	20
	3E	1	340	30
2-004	1	2	335	10
			355	12
	2	2	110	70
			40	50
	3	1	350	10
	4E	1	4	2
2-005	1	2	25	20
			80	4
	2	1	135	70
	3	1	2	10
	5E	1	2	10
2-006	1	1	15	10
	2	2	355	10
			350	14
	3	1	5	70
	6E	1	12	2
2-007	1	1	15	60
	2	2	110	80

			15	60
	7E	1	345	10
2-008	1	2	340	10
			335	8
	2	1	100	40
	8E	1	345	20

**ZONA 3**

ZONA 3				
SubZona	Familia de discontinuidades	juntas de familia	Dirección del Buzamiento	Buzamiento
3-001	1	2	295	44
			320	40
	2	1	345	38
	3	1	2	30
	1E	1	300	40
3-002	1	1	270	50
	2	1	290	40
	3	1	295	42
			300	38
			310	40
	4	1	325	10
	2E	1	305	40
3-003	1	4	320	20
			310	40
			300	50
			115	20
	2	5	315	34
			335	42
			315	50
			340	20
			120	64
	3	2	92	70
			115	58
	3E	1	315	48
	3-004	1	2	350
305				30
2		1	105	60
4E		1	320	20
3-005	1	2	10	22
			12	24

	2	3	110	62
			140	64
			340	64
	3	4	120	70
			110	60
			115	58
			120	56
<b>5E</b>	<b>1</b>	<b>330</b>	<b>30</b>	
3-006	1	3	15	20
			5	30
			345	20
	2	2	342	70
			350	70
<b>6E</b>	<b>1</b>	<b>335</b>	<b>22</b>	
3-007	1	4	350	12
			335	18
			340	20
			315	24
	2	4	340	80
			345	80
			320	70
			330	82
<b>7E</b>	<b>1</b>	<b>305</b>	<b>20</b>	
3-008	1	4	320	40
			320	40
			325	24
			320	32
	2	1	125	20
	3	1	110	88
<b>8E</b>	<b>1</b>	<b>310</b>	<b>30</b>	
3-009	1	2	300	22
			330	28
	2	1	100	60
	3	3	85	86
			325	88
			70	70
<b>9E</b>	<b>1</b>	<b>310</b>	<b>20</b>	
3-010	1	3	330	30
			335	20
			340	22
	3	1	190	72
	<b>10E</b>	<b>1</b>	<b>315</b>	<b>30</b>

**ZONA 4**

ZONA 4				
SubZona	Familia de discontinuidades	juntas de familia	Dirección del Buzamiento	Buzamiento
4-001	1	4	300	30
			250	38
			305	28
			290	26
	2	1	130	80
	<b>1E</b>	<b>1</b>	<b>295</b>	<b>44</b>
4-002	1	4	285	38
			283	30
			315	28
			312	20
		<b>2E</b>	<b>1</b>	<b>286</b>
4-003	1	3	280	24
			295	26
			315	22
	2	1	145	88
		3	1	320
	<b>3E</b>	<b>1</b>	<b>310</b>	<b>40</b>
4-004	1	5	295	24
			285	32
			305	20
			290	18
			300	40
	2	2	325	60
			315	34
	3	2	305	60
		302	58	
	<b>4E</b>	<b>1</b>	<b>330</b>	<b>30</b>
4-005	1	3	135	30
			155	20
			150	40
	2	2	290	30
			285	28
	3	1	10	50
	<b>5E</b>	<b>1</b>	<b>310</b>	<b>40</b>
4-006	1	2	160	60
			170	64
	2	2	200	64
			155	62
	3	4	295	30
		305	20	

			295	40
			295	45
			315	40
			170	70
			190	60
			185	72
			200	80
			210	58
	6E	1	315	42
4-007	1	6	195	70
			190	80
			215	58
			205	70
			210	68
			220	58
	2	1	145	60
3	1	135	70	
	7E	1	310	24
4-008	1	4	310	30
			250	10
			270	20
			265	28
	2	2	190	185
	8E	1	290	20
4-009	1	3	140	76
			300	30
			285	40
	2	1	280	10
	3	1	55	30
	9E	1	295	32
4-010	1	7	35	30
			25	36
			45	40
			28	45
			28	55
			32	35
			40	40
		10E	1	280
4-011	1	6	55	20
			45	22
			30	30
			32	32
			10	50
			70	38
		11E	1	50

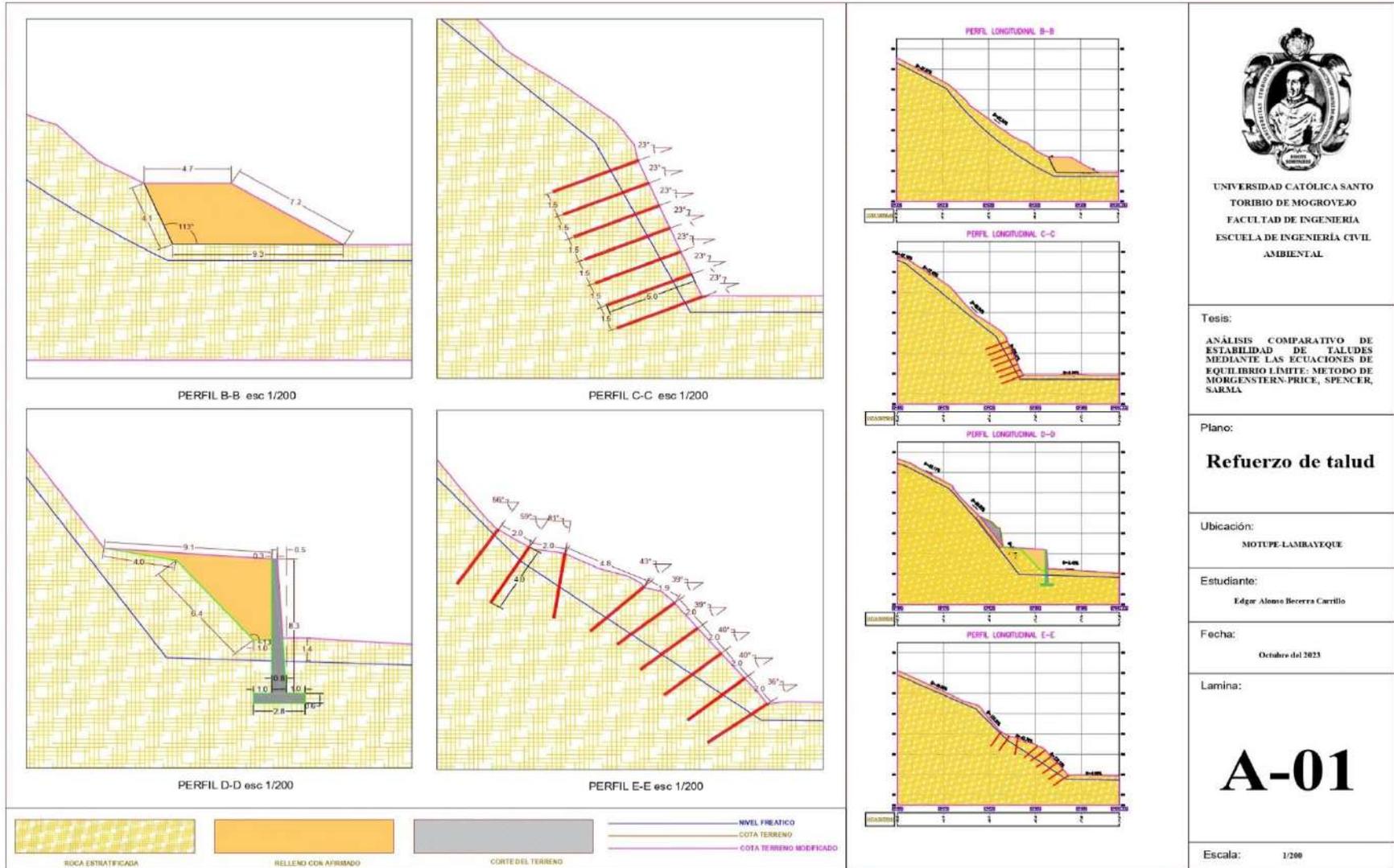
4-012	1	2	270	88
			300	86
	2	4	310	10
			295	20
			250	12
			290	10
<b>12E</b>	<b>1</b>	<b>300</b>	<b>86</b>	
4-013	1	2	270	80
			300	82
	2	1	305	20
	<b>13E</b>	<b>1</b>	<b>270</b>	<b>80</b>
4-014	1	4	305	22
			310	20
			295	12
			300	18
	<b>14E</b>	<b>1</b>	<b>310</b>	<b>20</b>

### ZONA 5

ZONA 5				
SubZona	Familia de discontinuidades	juntas de familia	Dirección del Buzamiento	Buzamiento
5-001	1	1	20	30
	2	1	5	80
	3	1	25	88
	4	1	100	86
	5	1	270	86
	<b>1E</b>	<b>1</b>	<b>355</b>	<b>40</b>
5-002	1	2	40	80
			45	88
	2	2	80	70
			85	60
<b>2E</b>	<b>1</b>	<b>345</b>	<b>20</b>	
5-003	1	2	325	60
			310	50
	2	2	335	14
			325	10
<b>3E</b>	<b>1</b>	<b>305</b>	<b>45</b>	
5-004	1	2	60	80
			55	86
	<b>4E</b>	<b>1</b>	<b>325</b>	<b>30</b>
			<b>305</b>	<b>50</b>
5-005	1	3	315	22

			330	20
			345	30
	2	1	295	30
	3	1	345	20
	5E	1	340	30
5-006	1	2	315	18
			325	40
	2	1	290	20
	3	2	45	6
			40	2
	4	1	350	20
	5	1	315	40
6E	1	345	20	
5-007			330	20
	1	4	315	44
			320	50
			335	40
	2	1	310	48
	3	1	280	18
	4	1	285	30
	7E	1	310	12

**Anexo 14. PLANOS DE SOLUCIONES DE LOS PERFILES**



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
 AMBIENTAL

Tesis:

ANÁLISIS COMPARATIVO DE ESTABILIDAD DE TALUDES MEDIANTE LAS ECUACIONES DE EQUILIBRIO LIMITE. METODO DE MORGENTERN-PRICE, SPENCER, SARMA

Plano:

**Refuerzo de talud**

Ubicación:

MOTUPE-LAMBAYEQUE

Estudiante:

Edgar Alonso Becerra Carrillo

Fecha:

Octubre del 2023

Lamina:

**A-01**

Escala:

1/200

