

SIMILITUD Y DIFERENCIAS EN LOS RESULTADOS DE LOS ANALISIS DE
ESTABILIDAD DE TALUDES OBTENIDOS POR MEDIO DE DIFERENTES
METODOS Y HERRAMIENTAS DE CALCULO

INGRID XAMARA LOPEZ ARGUELLO
MARIA VICTORIA JAIMES RAMIREZ

DIRECTOR:

Msc. GERARDO BAUTISTA GARCIA

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERIAS
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

2021

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCION.....	20
2.	OBJETIVOS.....	21
2.1.	OBJETIVO GENERAL.....	21
2.2.	OBJETIVOS ESPECIFICOS	21
3.	JUSTIFICACION.....	22
4.	ALCANCE	23
5.	ANTECEDENTES	24
6.	MARCO TEORICO	26
6.1.	Ensayos de laboratorio para medir la resistencia del suelo al corte.....	26
6.1.1.	Ensayo de corte directo.....	26
6.1.2.	Ensayo triaxial	27
6.2.	Parámetros de resistencia al corte de suelos	28
6.2.1.	Criterio de falla de Mohr-Coulomb.....	28
6.3.	Talud	29
6.4.	Partes de un talud.....	29
6.5.	Deslizamiento	30
6.6.	Partes de un deslizamiento.....	30
6.7.	Estabilidad de taludes	31
6.7.1.	Fuerzas resistentes e inestables.....	32
6.7.2.	Identificación de los factores de inestabilidad reales	33
6.8.	Métodos de análisis de estabilidad de taludes	34
6.8.1.	Métodos basados en dovelas para el análisis de estabilidad de taludes con superficies de falla circulares	34
7.	METODOLOGÍA.....	40
7.1.	Recopilación de información.....	40
7.2.	Determinación de taludes.....	40
7.3.	Modelación con SLOPE/W.....	41
7.4.	Determinación de los factores de seguridad utilizando Excel y AutoCAD.....	41
7.5.	Análisis de resultados	41
7.6.	Conclusiones y recomendaciones	42
8.	DETERMINACIÓN DE TALUDES	43

8.1.	Geometría de los taludes y propiedades de los suelos que los conforman	43
8.2.	Coefficientes sísmicos.....	53
9.	RESULTADOS	54
9.1.	Resultados por medio del programa SLOPE/W	54
9.1.1.	Talud 1. Condición estática	55
9.1.2.	Talud 1. Condición dinámica.....	58
9.1.3.	Talud 2. Condición estática	61
9.1.4.	Talud 2. Condición dinámica.....	63
9.1.5.	Talud 3. Condición estática	66
9.1.6.	Talud 3. Condición dinámica.....	69
9.1.7.	Talud 4. Condición estática	72
9.1.8.	Talud 4. Condición dinámica.....	75
9.1.9.	Talud 5. Condición estática	78
9.1.10.	Talud 5. Condición dinámica.....	81
9.1.11.	Talud 6. Condición estática	84
9.1.12.	Talud 6. Condición dinámica.....	87
9.1.13.	Talud 7. Condición estática	90
9.1.14.	Talud 7. Condición dinámica.....	93
9.1.15.	Talud 8. Condición estática	96
9.1.16.	Talud 8. Condición dinámica.....	98
9.1.17.	Talud 9. Condición estática	101
9.1.18.	Talud 9. Condición dinámica.....	104
9.1.19.	Talud 10. Condición estática.....	107
9.1.20.	Talud 10. Condición dinámica.....	110
9.1.21.	Talud 11. Condición estática.....	113
9.1.22.	Talud 11. Condición dinámica.....	116
9.1.23.	Talud 12. Condición estática.....	119
9.1.24.	Talud 12. Condición dinámica.....	122
9.2.	Resultados por medio de las ecuaciones originales con ayuda de Excel y AutoCAD 126	
9.2.1.	Talud 1. Condición estática	126
9.2.2.	Talud 1. Condición dinámica.....	129
9.2.3.	Talud 2. Condición estática	132

9.2.4.	Talud 2. Condición dinámica.....	135
9.2.5.	Talud 3. Condición estática	137
9.2.6.	Talud 3. Condición dinámica.....	140
9.2.7.	Talud 4. Condición estática	143
9.2.8.	Talud 4. Condición dinámica.....	146
9.2.9.	Talud 5. Condición estática	148
9.2.10.	Talud 5. Condición dinámica.....	151
9.2.11.	Talud 6. Condición estática	154
9.2.12.	Talud 6. Condición dinámica.....	156
9.2.13.	Talud 7. Condición estática	159
9.2.14.	Talud 7. Condición dinámica.....	162
9.2.15.	Talud 8. Condición estática	164
9.2.16.	Talud 8. Condición dinámica.....	167
9.2.17.	Talud 9. Condición estática	170
9.2.18.	Talud 9. Condición dinámica.....	172
9.2.19.	Talud 10. Condición estática.....	175
9.2.20.	Talud 10. Condición dinámica.....	178
9.2.21.	Talud 11. Condición estática.....	180
9.2.22.	Talud 11. Condición dinámica.....	183
9.2.23.	Talud 12. Condición estática.....	186
9.2.24.	Talud 12. Condición dinámica.....	188
10.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	192
10.1.	Análisis de las diferencias obtenidas en los factores de seguridad de acuerdo a las herramientas computacionales con la que fueron calculados	192
10.1.1.	Análisis de los errores de acuerdo con las geometrías de los taludes	192
10.1.2.	Análisis de porcentajes de errores de acuerdo a los métodos de análisis .	194
10.1.3.	Análisis de porcentajes de error de acuerdo a las condiciones de carga...	196
10.2.	Análisis de los factores de seguridad de acuerdo con condiciones de carga, suelo y geometría de los taludes	200
10.2.1.	Incidencia de solo el nivel freático en los factores de seguridad.....	201
10.2.2.	Incidencia de solo la sobrecarga en los factores de seguridad.....	202
10.2.3.	Incidencia de sobrecarga y nivel freático en los factores de seguridad	203
10.2.4.	Incidencia de la pendiente y los suelos en los factores de seguridad.....	204

11.	CONCLUSIONES.....	205
12.	RECOMENDACIONES	208
13.	BIBLIOGRAFIA	209

LISTADO DE IMAGENES

Imagen 1.	Geometría del talud 1	45
Imagen 2.	Geometría del talud 2	45
Imagen 3.	Geometría del talud 3	46
Imagen 4.	Geometría del talud 4	47
Imagen 5.	Geometría del talud 5	47
Imagen 6.	Geometría del talud 6	48
Imagen 7.	Geometría del talud 7	49
Imagen 8.	Geometría del talud 8	49
Imagen 9.	Geometría del talud 9	50
Imagen 10.	Geometría del talud 10	51
Imagen 11.	Geometría del talud 11	51
Imagen 12.	Geometría del talud 12	52
Imagen 13.	Parámetros de resistencia de los suelos del talud 1 en condición estática en el programa SLOPE/W.....	55
Imagen 14.	Factor de seguridad y superficie de falla del talud 1 en condición estática (método de Fellenius)	56
Imagen 15.	Factor de seguridad y superficie de falla del talud 1 en condición estática (método de Bishop).....	56
Imagen 16.	Factor de seguridad y superficie de falla del talud 1 en condición estática (método de Janbú).....	57
Imagen 17.	Factor de seguridad y superficie de falla del talud 1 en condición estática (método de Spencer)	57
Imagen 18.	Parámetros de resistencia de los suelos del talud 1 en condición dinámica en el programa SLOPE/W.....	58
Imagen 19.	Factor de seguridad y superficie de falla del talud 1 en condición dinámica (método de Fellenius)	59
Imagen 20.	Factor de seguridad y superficie de falla del talud 1 en condición dinámica (método de Bishop)	59
Imagen 21.	Factor de seguridad y superficie de falla del talud 1 en condición dinámica (método de Janbú)	60
Imagen 22.	Factor de seguridad y superficie de falla del talud 1 en condición dinámica (método de Spencer).....	60
Imagen 23.	Parámetros de resistencia de los suelos del talud 2 en condición estática en el programa SLOPE/W.....	61
Imagen 24.	Factor de seguridad y superficie de falla del talud 2 en condición estática (método de Fellenius)	61

Imagen 25. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 2 en condición estática (método de Bishop).....	62
Imagen 26. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 2 en condición estática (método de Janbú).....	62
Imagen 27. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 2 en condición estática (método de Spencer)	63
Imagen 28. Parámetros de resistencia de los suelos del talud 2 en condición dinámica en el programa SLOPE/W.....	63
Imagen 29. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 2 en condición dinámica (método de Fellenius)	64
Imagen 30. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 2 en condición dinámica (método de Bishop)	65
Imagen 31. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 2 en condición dinámica (método de Janbú)	65
Imagen 32. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 2 en condición dinámica (método de Spencer).....	66
Imagen 33. Parámetros de resistencia de los suelos del talud 3 en condición estática en el programa SLOPE/W.....	66
Imagen 34. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 3 en condición estática (método de Fellenius)	67
Imagen 35. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 3 en condición estática (método de Bishop).....	67
Imagen 36. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 3 en condición estática (método de Janbú).....	68
Imagen 37. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 3 en condición estática (método de Spencer)	68
Imagen 38. Parámetros de resistencia de los suelos del talud 3 en condición dinámica en el programa SLOPE/W.....	69
Imagen 39. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 3 en condición dinámica (método de Fellenius)	70
Imagen 40. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 3 en condición dinámica (método de Bishop)	70
Imagen 41. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 3 en condición dinámica (método de Janbú)	71
Imagen 42. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 3 en condición dinámica (método de Spencer).....	71
Imagen 43. Parámetros de resistencia de los suelos del talud 4 en condición estática en el programa SLOPE/W.....	72
Imagen 44. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 4 en condición estática (método de Fellenius)	73
Imagen 45. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 4 en condición estática (método de Bishop).....	73

Imagen 46. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 4 en condición estática (método de Janbú).....	74
Imagen 47. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 4 en condición estática (método de Spencer)	74
Imagen 48. Parámetros de resistencia de los suelos del talud 4 en condición dinámica en el programa SLOPE/W.....	75
Imagen 49. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 4 en condición dinámica (método de Fellenius)	76
Imagen 50. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 4 en condición dinámica (método de Bishop)	76
Imagen 51. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 4 en condición dinámica (método de Janbú)	77
Imagen 52. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 4 en condición dinámica (método de Spencer).....	77
Imagen 53. Parámetros de resistencia de los suelos del talud 5 en condición estática en el programa SLOPE/W.....	78
Imagen 54. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 5 en condición estática (método de Fellenius)	79
Imagen 55. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 5 en condición estática (método de Bishop).....	79
Imagen 56. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 5 en condición estática (método de Janbú).....	80
Imagen 57. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 5 en condición estática (método de Spencer)	80
Imagen 58. Parámetros de resistencia de los suelos del talud 5 en condición dinámica en el programa SLOPE/W.....	81
Imagen 59. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 5 en condición dinámica (método de Fellenius)	82
Imagen 60. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 5 en condición dinámica (método de Bishop)	82
Imagen 61. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 5 en condición dinámica (método de Janbú)	83
Imagen 62. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 5 en condición dinámica (método de Spencer).....	83
Imagen 63. Parámetros de resistencia de los suelos del talud 6 en condición estática en el programa SLOPE/W.....	84
Imagen 64. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 6 en condición dinámica (método de Fellenius).....	85
Imagen 65. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 6 en condición estática (método de Bishop).....	85
Imagen 66. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 6 en condición estática (método de Janbú).....	86

Imagen 67. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 6 en condición estática (método de Spencer)	86
Imagen 68. Parámetros de resistencia de los suelos del talud 6 en condición dinámica en el programa SLOPE/W	87
Imagen 69. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 6 en condición dinámica (método de Fellenius)	88
Imagen 70. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 6 en condición dinámica (método de Bishop)	88
Imagen 71. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 6 en condición dinámica (método de Janbú)	89
Imagen 72. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 6 en condición dinámica (método de Spencer)	89
Imagen 73. Parámetros de resistencia de los suelos del talud 7 en condición estática en el programa SLOPE/W	90
Imagen 74. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 7 en condición estática (método de Fellenius)	91
Imagen 75. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 7 en condición estática (método de Bishop)	91
Imagen 76. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 7 en condición estática (método de Janbú)	92
Imagen 77. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 7 en condición estática (método de Spencer)	92
Imagen 78. Parámetros de resistencia de los suelos del talud 7 en condición dinámica en el programa SLOPE/W	93
Imagen 79. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 7 en condición dinámica (método de Fellenius)	94
Imagen 80. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 7 en condición dinámica (método de Bishop)	94
Imagen 81. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 7 en condición dinámica (método de Janbú)	95
Imagen 82. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 7 en condición dinámica (método de Spencer)	95
Imagen 83. Parámetros de resistencia de los suelos del talud 8 en condición estática en el programa SLOPE/W	96
Imagen 84. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 8 en condición estática (método de Fellenius)	96
Imagen 85. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 8 en condición estática (método de Bishop)	97
Imagen 86. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 8 en condición estática (método de Janbú)	97
Imagen 87. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 8 en condición estática (método de Spencer)	98

Imagen 88. Parámetros de resistencia de los suelos del talud 8 en condición dinámica en el programa SLOPE/W	98
Imagen 89. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 8 en condición dinámica (método de Fellenius)	99
Imagen 90. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 8 en condición dinámica (método de Bishop)	100
Imagen 91. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 8 en condición dinámica (método de Janbú)	100
Imagen 92. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 8 en condición dinámica (método de Spencer).....	101
Imagen 93. Parámetros de resistencia de los suelos del talud 9 en condición estática en el programa SLOPE/W.....	101
Imagen 94. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 9 en condición estática (método de Fellenius)	102
Imagen 95. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 9 en condición estática (método de Bishop).....	103
Imagen 96. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 9 en condición estática (método de Janbú).....	103
Imagen 97. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 9 en condición estática (método de Spencer)	104
Imagen 98. Parámetros de resistencia de los suelos del talud 9 en condición dinámica en el programa SLOPE/W.....	104
Imagen 99. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 9 en condición dinámica (método de Fellenius)	105
Imagen 100. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 9 en condición dinámica (método de Bishop)	106
Imagen 101. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 9 en condición dinámica (método de Janbú)	106
Imagen 102. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 9 en condición dinámica (método de Spencer).....	107
Imagen 103. Parámetros de resistencia de los suelos del talud 10 en condición estática en el programa SLOPE/W.....	107
Imagen 104. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 10 en condición estática (método de Fellenius).....	108
Imagen 105. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 10 en condición estática (método de Bishop)	109
Imagen 106. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 10 en condición estática (método de Janbú)	109
Imagen 107. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 10 en condición estática (método de Spencer).....	110
Imagen 108. Parámetros de resistencia de los suelos del talud 10 en condición dinámica en el programa SLOPE/W	110

Imagen 109. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 10 en condición dinámica (método de Fellenius)	111
Imagen 110. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 10 en condición dinámica (método de Bishop)	112
Imagen 111. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 10 en condición dinámica (método de Janbú)	112
Imagen 112. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 10 en condición dinámica (método de Spencer).....	113
Imagen 113. Parámetros de resistencia de los suelos del talud 11 en condición estática en el programa SLOPE/W.....	113
Imagen 114. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 11 en condición estática (método de Fellenius)	114
Imagen 115. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 11 en condición estática (método de Bishop)	115
Imagen 116. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 11 en condición estática (método de Janbú)	115
Imagen 117. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 11 en condición estática (método de Spencer).....	116
Imagen 118. Parámetros de resistencia de los suelos del talud 11 en condición dinámica en el programa SLOPE/W.....	116
Imagen 119. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 11 en condición dinámica (método de Fellenius)	117
Imagen 120. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 11 en condición dinámica (método de Bishop)	118
Imagen 121. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 11 en condición dinámica (método de Janbú)	118
Imagen 122. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 11 en condición dinámica (método de Spencer).....	119
Imagen 123. Parámetros de resistencia de los suelos del talud 12 en condición estática en el programa SLOPE/W.....	119
Imagen 124. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 12 en condición estática (método de Fellenius)	120
Imagen 125. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 12 en condición estática (método de Bishop)	121
Imagen 126. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 12 en condición estática (método de Janbú)	121
Imagen 127. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 12 en condición estática (método de Spencer).....	122
Imagen 128. Parámetros de resistencia de los suelos del talud 12 en condición dinámica en el programa SLOPE/W.....	122
Imagen 129. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 12 en condición dinámica (método de Fellenius)	123

Imagen 130. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 12 en condición dinámica (método de Bishop)	124
Imagen 131. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 12 en condición dinámica (método de Janbú)	124
Imagen 132. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 12 en condición dinámica (método de Spencer).....	125
Imagen 133. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 1 condición estática (Método de Fellenius)	127
Imagen 134. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 1 condición estática (Método de Bishop)	127
Imagen 135. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 1 condición estática (Método de Janbú)	128
Imagen 136. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 1 condición estática (Método de Spencer).....	128
Imagen 137. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 1 condición dinámica (Método de Fellenius)	130
Imagen 138. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 1 condición dinámica (Método de Bishop).....	130
Imagen 139. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 1 condición dinámica (Método de Janbú).....	131
Imagen 140. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 1 condición dinámica (Método de Spencer)	131
Imagen 141. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 2 condición estática (Método de Fellenius)	133
Imagen 142. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 2 condición estática (Método de Bishop)	133
Imagen 143. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 2 condición estática (Método de Janbú)	133
Imagen 144. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 2 condición estática (Método de Spencer).....	134
Imagen 145. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 2 condición dinámica (Método de Fellenius)	135
Imagen 146. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 2 condición dinámica (Método de Bishop).....	136
Imagen 147. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 2 condición dinámica (Método de Janbú).....	136
Imagen 148. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 2 condición dinámica (Método de Spencer)	136
Imagen 149. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 3 condición estática (Método de Fellenius)	138
Imagen 150. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 3 condición estática (Método de Bishop)	138

Imagen 151. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 3 condición estática (Método de Janbú)	139
Imagen 152. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 3 condición estática (Método de Spencer)	139
Imagen 153. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 3 condición dinámica (Método de Fellenius)	141
Imagen 154. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 3 condición dinámica (Método de Bishop).....	141
Imagen 155. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 3 condición dinámica (Método de Janbú).....	142
Imagen 156. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 3 condición dinámica (Método de Spencer)	142
Imagen 157. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 4 condición estática (Método de Fellenius)	144
Imagen 158. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 4 condición estática (Método de Bishop)	144
Imagen 159. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 4 condición estática (Método de Janbú)	144
Imagen 160. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 4 condición estática (Método de Spencer)	145
Imagen 161. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 4 condición dinámica (Método de Fellenius)	146
Imagen 162. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 4 condición dinámica (Método de Bishop).....	147
Imagen 163. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 4 condición dinámica (Método de Janbú).....	147
Imagen 164. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 4 condición dinámica (Método de Spencer)	147
Imagen 165. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 5 condición estática (Método de Fellenius)	149
Imagen 166. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 5 condición estática (Método de Bishop)	149
Imagen 167. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 5 condición estática (Método de Janbú)	150
Imagen 168. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 5 condición estática (Método de Spencer)	150
Imagen 169. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 5 condición dinámica (Método de Fellenius)	152
Imagen 170. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 5 condición dinámica (Método de Bishop).....	152
Imagen 171. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 5 condición dinámica (Método de Janbú).....	152

Imagen 172. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 5 condición dinámica (Método de Spencer)	153
Imagen 173. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 6 condición estática (Método de Fellenius)	154
Imagen 174. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 6 condición estática (Método de Bishop)	155
Imagen 175. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 6 condición estática (Método de Janbú)	155
Imagen 176. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 6 condición estática (Método de Spencer)	155
Imagen 177. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 6 condición dinámica (Método de Fellenius)	157
Imagen 178. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 6 condición dinámica (Método de Bishop)	157
Imagen 179. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 6 condición dinámica (Método de Janbú)	158
Imagen 180. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 6 condición dinámica (Método de Spencer)	158
Imagen 181. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 7 condición estática (Método de Fellenius)	160
Imagen 182. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 7 condición estática (Método de Bishop)	160
Imagen 183. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 7 condición estática (Método de Janbú)	160
Imagen 184. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 7 condición estática (Método de Spencer)	161
Imagen 185. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 7 condición dinámica (Método de Fellenius)	162
Imagen 186. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 7 condición dinámica (Método de Bishop)	163
Imagen 187. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 7 condición dinámica (Método de Janbú)	163
Imagen 188. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 7 condición dinámica (Método de Spencer)	163
Imagen 189. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 8 condición estática (Método de Fellenius)	165
Imagen 190. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 8 condición estática (Método de Bishop)	165
Imagen 191. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 8 condición estática (Método de Janbú)	166
Imagen 192. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 8 condición estática (Método de Spencer)	166

Imagen 193. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 8 condición dinámica (Método de Fellenius)	168
Imagen 194. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 8 condición dinámica (Método de Bishop).....	168
Imagen 195. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 8 condición dinámica (Método de Janbú).....	168
Imagen 196. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 8 condición dinámica (Método de Spencer)	169
Imagen 197. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 9 condición estática (Método de Fellenius)	170
Imagen 198. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 9 condición estática (Método de Bishop)	171
Imagen 199. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 9 condición estática (Método de Janbú)	171
Imagen 200. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 9 condición estática (Método de Spencer).....	171
Imagen 201. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 9 condición dinámica (Método de Fellenius)	173
Imagen 202. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 9 condición dinámica (Método de Bishop).....	173
Imagen 203. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 9 condición dinámica (Método de Janbú).....	174
Imagen 204. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 9 condición dinámica (Método de Spencer)	174
Imagen 205. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 10 condición estática (Método de Fellenius)	176
Imagen 206. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 10 condición estática (Método de Bishop)	176
Imagen 207.. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 10 condición estática (Método de Janbú).....	176
Imagen 208. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 10 condición estática (Método de Spencer)	177
Imagen 209. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 10 condición dinámica (Método de Fellenius)	178
Imagen 210. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 10 condición dinámica (Método de Bishop).....	179
Imagen 211. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 10 condición dinámica (Método de Janbú).....	179
Imagen 212. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 10 condición dinámica (Método de Spencer)	179
Imagen 213. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 11 condición estática (Método de Fellenius)	181

Imagen 214. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 11 condición estática (Método de Bishop)	181
Imagen 215. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 11 condición estática (Método de Janbú)	182
Imagen 216. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 11 condición estática (Método de Spencer)	182
Imagen 217. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 11 condición dinámica (Método de Fellenius)	184
Imagen 218. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 11 condición dinámica (Método de Bishop).....	184
Imagen 219. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 11 condición dinámica (Método de Janbú).....	184
Imagen 220. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 11 condición dinámica (Método de Spencer)	185
Imagen 221. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 12 condición estática (Método de Fellenius)	186
Imagen 222. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 12 condición estática (Método de Bishop)	187
Imagen 223. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 12 condición estática (Método de Janbú)	187
Imagen 224. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 12 condición estática (Método de Spencer)	187
Imagen 225. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 12 condición dinámica (Método de Fellenius)	189
Imagen 226. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 12 condición dinámica (Método de Bishop).....	189
Imagen 227. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 12 condición dinámica (Método de Janbú).....	190
Imagen 228. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 12 condición dinámica (Método de Spencer)	190
Imagen 229. Promedio de error por método condición estática	195
Imagen 230. Promedio de error por método condición dinámica	195

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Antecedentes.....	24
Tabla 2. Características y suposiciones de los métodos utilizados en el presente trabajo ...	35
Tabla 3. Parámetros de resistencia del talud 1.....	45
Tabla 4. Parámetros de resistencia del talud 2.....	46
Tabla 5. Parámetros de resistencia del talud 3.....	46
Tabla 6. Parámetros de resistencia del talud 4.....	47
Tabla 7. Parámetros de resistencia del talud 5.....	48
Tabla 8. Parámetros de resistencia del talud 6.....	48
Tabla 9. Parámetros de resistencia del talud 7.....	49
Tabla 10. Parámetros de resistencia del talud 8.....	50
Tabla 11. Parámetros de resistencia del talud 9.....	50
Tabla 12. Parámetros de resistencia del talud 10.....	51
Tabla 13. Parámetros de resistencia del talud 11.....	52
Tabla 14. Parámetros de resistencia del talud 12.....	52
Tabla 15. Valores de A_a y A_v para las ciudades capitales de cada departamento.	53
Tabla 16. Resultados ecuaciones originales programa Excel Talud 1 condición estática..	129
Tabla 17. Resultados ecuaciones originales programa Excel Talud 1 condición dinámica	132
Tabla 18. Resultados ecuaciones originales programa Excel Talud 2 condición estática..	134
Tabla 19. Resultados ecuaciones originales programa Excel Talud 2 condición dinámica	137
Tabla 20. Resultados ecuaciones originales programa Excel Talud 3 condición estática..	140
Tabla 21. Resultados ecuaciones originales programa Excel Talud 3 condición dinámica	143
Tabla 22. Resultados ecuaciones originales programa Excel Talud 4 condición estática..	145
Tabla 23. Resultados ecuaciones originales programa Excel Talud 4 condición dinámica	148
Tabla 24. Resultados ecuaciones originales programa Excel Talud 5 condición estática..	151
Tabla 25. Resultados ecuaciones originales programa Excel Talud 5 condición dinámica	153
Tabla 26. Resultados ecuaciones originales programa Excel Talud 6 condición estática..	156
Tabla 27. Resultados ecuaciones originales programa Excel Talud 6 condición dinámica	159
Tabla 28. Resultados ecuaciones originales programa Excel Talud 7 condición estática..	161
Tabla 29. Resultados ecuaciones originales programa Excel Talud 7 condición dinámica	164
Tabla 30. Resultados ecuaciones originales programa Excel Talud 8 condición estática..	167
Tabla 31. Resultados ecuaciones originales programa Excel Talud 8 condición dinámica	169
Tabla 32. Resultados ecuaciones originales programa Excel Talud 9 condición estática..	172
Tabla 33. Resultados ecuaciones originales programa Excel Talud 9 condición dinámica	175
Tabla 34. Resultados ecuaciones originales programa Excel Talud 10 condición estática	177
Tabla 35. Resultados ecuaciones originales programa Excel Talud 10 condición dinámica	180
Tabla 36. Resultados ecuaciones originales programa Excel Talud 11 condición dinámica	183
Tabla 37. Resultados ecuaciones originales programa Excel Talud 11 condición dinámica	185
Tabla 38. Resultados ecuaciones originales programa Excel Talud 12 condición estática	188

Tabla 39. Resultados ecuaciones originales programa Excel Talud 12 condición dinámica	191
Tabla 40. Taludes de geometría 1 en condición estática	192
Tabla 41. Taludes de geometría 2 en condición estática	193
Tabla 42. Taludes de geometría 3 en condición estática	193
Tabla 43. Taludes de geometría 1 en condición dinámica	193
Tabla 44. Taludes de geometría 2 en condición dinámica	193
Tabla 45. Taludes de geometría 3 en condición dinámica	193
Tabla 46. Promedio de porcentajes de error generales para cada geometría.....	193
Tabla 47. Promedio de error por método condición estática.....	195
Tabla 48. Promedio de error por método condición dinámica	195
Tabla 49. Condiciones respectivas de cada talud	197
Tabla 50. Comparación talud 1, talud 2 y talud 3 vs talud 4, talud 5 y talud 6 en condición estática	197
Tabla 51. Comparación talud 1, talud 2 y talud 3 vs talud 4, talud 5 y talud 6 en condición dinámica	197
Tabla 52. Comparación talud 1, talud 2 y talud 3 vs talud 7, talud 8 y talud 9 en condición estática	198
Tabla 53. Comparación talud 1, talud 2 y talud 3 vs talud 7, talud 8 y talud 9 en condición dinámica	198
Tabla 54. Comparación talud 1, talud 2 y talud 3 vs talud 10, talud 11 y talud 12 en condición estática	199
Tabla 55. Comparación talud 1, talud 2 y talud 3 vs talud 10, talud 11 y talud 12 en condición dinámica	199
Tabla 56. Incidencia del nivel freático. Condición estática.....	201
Tabla 57. Incidencia del nivel freático. Condición dinámica.....	201
Tabla 58. Incidencia de la sobrecarga. Condición estática.....	202
Tabla 59. Incidencia de la sobrecarga. Condición dinámica	202
Tabla 60. Descripción detallada de las cargas	203
Tabla 61. Incidencia de la sobrecarga y nivel freático. Condición estática.....	203
Tabla 62. Incidencia de la sobrecarga y nivel freático. Condición dinámica.....	204

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: SIMILITUD Y DIFERENCIAS EN LOS RESULTADOS DE LOS ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES OBTENIDOS POR MEDIO DE DIFERENTES METODOS Y HERRAMIENTAS DE CALCULO

AUTOR(ES): INGRID XAMARA LOPEZ ARGUELLO
MARIA VICTORIA JAIMES RAMIREZ

PROGRAMA: Facultad de Ingeniería Civil

DIRECTOR(A): Msc. GERARDO BAUTISTA GARCIA

RESUMEN

En el presente trabajo se realizó la comparación de los métodos basados en dovelas para análisis de estabilidad de taludes con superficies de falla circulares (Métodos de Fellenius, Bishop, Janbú y Spencer) usando las ecuaciones originales y el programa SLOPE/W. Este trabajo se hizo con el objetivo de evaluar resultados obtenidos por las diferentes herramientas computacionales y así mismo determinar la incidencia del nivel freático, sobrecargas, sismicidad y estratigrafía en la variación de los factores de seguridad. Se definieron 12 taludes, determinando para cada uno de ellos la geometría, las propiedades físicas del suelo y condiciones del lugar, de modo que en algunos de ellos se tenga la presencia de nivel freático y sobrecarga y en otros no, para de esta manera, modelar cada talud con sus respectivas condiciones en el programa SLOPE/W. El programa proporcionó datos y gráficas del factor de seguridad crítico y su superficie de falla con lo cual se procedió a calcular en el programa AutoCAD las propiedades de masa y geometría de las 5 dovelas que componen cada superficie de falla y se introdujeron estos valores en el programa Excel para realizar el cálculo de los factores de seguridad por medio de las ecuaciones originales de cada método, para finalmente realizar el análisis comparativo, lo que permitió establecer diferencias y similitudes en los factores de seguridad y evidenciar las causas por las cuales se ve afectado el mismo.

PALABRAS CLAVE:

SLOPE/W, dovelas, factor de seguridad, métodos de análisis, talud.

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

TITLE: SIMILARITY AND DIFFERENCES IN THE RESULTS OF SLOPE STABILITY ANALYSIS OBTAINED BY MEANS OF DIFFERENT METHODS AND CALCULATION TOOLS

AUTHOR(S): INGRID XAMARA LOPEZ ARGUELLO
MARIA VICTORIA JAIMES RAMIREZ

FACULTY: Facultad de Ingeniería Civil

DIRECTOR: Msc. GERARDO BAUTISTA GARCIA

ABSTRACT

In the present work, the comparison of the methods based on segments for slope stability analysis with circular fault surfaces (Fellenius, Bishop, Janbú and Spencer methods) was performed using the original equations and the SLOPE / W program. This work was done with the objective of evaluating results obtained by the different computational tools and also to determine the incidence of the phreatic level, overloads, seismicity and stratigraphy in the variation of safety factors. Twelve slopes were defined, determining for each of them the geometry, the physical properties of the soil and the conditions of the place, so that in some of them there is the presence of a phreatic level and overload and in others not, in this way, model each slope with its respective conditions in the SLOPE / W program. The program provided data and graphs of the critical safety factor and its failure surface, with which the mass and geometry properties of the 5 segments that make up each failure surface were calculated in the AutoCAD program and these values were entered in the Excel program to calculate the safety factors by means of the original equations of each method, to finally carry out the comparative analysis, which allowed to establish differences and similarities in the safety factors and show the causes by which it is affected the same.

KEYWORDS:

SLOPE/W, segments, safety factor, analysis methods, slope.

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK

1. INTRODUCCION

Los autores originales de los métodos y los ingenieros que les precedieron antes de la aparición de herramientas computacionales tenían que suponer diferentes superficies de falla hasta encontrar aquella que produjera el factor de seguridad más bajo con reglas de cálculo o con calculadoras en el mejor de los casos, lo cual les tomaba semanas e incluso meses obtener los resultados.

Los métodos son aquellos que dividen la masa deslizante o la masa encontrada entre la superficie de falla y la superficie original del deslizamiento en dovelas o tajadas, ya que, de esta manera, se facilita el procedimiento para las geometrías complejas del suelo, además, la diferencia entre estos métodos radica en la manera de calcular el factor de seguridad y en las suposiciones que se deben hacer para volver al problema estáticamente determinado.

Por esta razón, se decidió realizar este trabajo, en él, se podrá encontrar una comparación entre los resultados de los análisis obtenidos por medio de las ecuaciones originales de varios autores con la ayuda de herramientas de cálculo básicas y los obtenidos con el programa SLOPE/W.

Además de lo expuesto en el párrafo anterior, también se realizó un análisis de la influencia de diversas variables en el cálculo del factor de seguridad.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Establecer semejanzas y diferencias en los valores de los factores de seguridad, estimados por medio de las ecuaciones originales de 4 autores con ayuda del programa Excel y los obtenidos por medio del programa SLOPE/W.

2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Definir la geometría, propiedades físicas de los materiales, presencia o no del nivel freático y condiciones de carga de 12 taludes a analizar.
- Obtener las propiedades de masa y dimensiones de las dovelas establecidas para cada talud, por medio del AutoCAD, para de esta manera, calcular los factores de seguridad a través de las ecuaciones originales de Fellenius, Bishop, Spencer y Janbú con el programa Excel.
- Modelar los taludes escogidos en el programa SLOPE/W para obtener su factor de seguridad.
- Comparar los factores de seguridad obtenidos por medio de cada método y herramienta utilizados.

3. JUSTIFICACION

El estudio de la estabilización de taludes es importante para comenzar un proyecto de una obra civil para garantizar que sea seguro ante una infraestructura vial o estructural, ya que el deslizamiento de una masa de tierra suele ser muy peligroso si se produce durante el proceso constructivo de una obra o durante su vida útil, ya que, en cualquiera de los dos casos se puede llegar a tener pérdidas materiales o humanas.

El factor de seguridad juega un papel importante con respecto a la estabilidad del talud, ya que si este es inferior a 1.0, esto significa que las causas que originan la inestabilidad son superiores a las fuerzas o momentos que se oponen a dicha inestabilidad.

Antes de los años 80's del siglo pasado, los análisis de estabilidad de taludes se realizaban con calculadora e incluso regla de cálculo, situación que hacía dicho cálculo un procedimiento demasiado tedioso, por esta razón, los autores originales de los métodos dividían la masa deslizante en dovelas de sección rectangular (aproximación). Tal situación, hacía que un análisis completo de la estabilidad de un talud se realizara en semanas e incluso meses.

Actualmente, existen diversos Software utilizados para calcular los factores de seguridad de un talud, los cuales que nos arrojan resultados muy precisos, en el presente trabajo de grado se utilizará el software SLOPE/W y los valores obtenidos se compararán con aquellos provenientes de las ecuaciones originales de los autores con apoyo del programa Excel.

4. ALCANCE

Este proyecto de grado está enfocado en la comparación de los diferentes métodos de cálculo de estabilidad de taludes usando los más comunes, los cuales son aquellos que dividen su masa en dovelas (Fellenius, Bishop, Spencer y Janbú). Estos basan sus procedimientos de cálculo en la geometría, propiedades físicas del suelo y condiciones del lugar. Se definieron 12 taludes, de manera que en algunos de ellos se tuvo la presencia de nivel freático y sobrecargas y en otros no, posteriormente se modelaron en el software SLOPE/W para determinar los factores de seguridad, tanto en condición dinámica como estática y, además, la superficie de falla. Con los taludes obtenidos y su superficie de falla (arrojada por el programa SLOPE/W) se procedió a calcular las áreas de las dovelas, los centroides y los ángulos con el programa AutoCAD, para después ir al programa Excel y realizar el cálculo del factor de seguridad por medio de los diferentes métodos con las ecuaciones originales y finalmente, con los resultados de los factores de seguridad provenientes de las diferentes herramientas de cálculo, se hizo la comparación entre ellos.

5. ANTECEDENTES

Se tuvieron en cuenta los siguientes trabajos de grado como referencia para la correcta realización del actual proyecto de grado:

Tabla 1. Antecedentes

TITULO	AÑO	RESUMEN	AUTOR(ES)
Guía metodológica para la estabilización de taludes en el software Geoslope	2016	Esta investigación presentó un análisis de resultados utilizando el programa SLOPE/W de una estabilización de suelos y según esto, se realizó un manual de uso con un paso a paso de manera que se expusiera claramente el uso y la facilidad del programa y generando una mayor inclusión del mismo en obras civiles. (González, 2016)	Turizo González, Leidy del Carmen
análisis de estabilidad de los taludes del sector noroccidental de la Universidad Pontificia Bolivariana, seccional Bucaramanga	2017	En esta investigación se realizó haciendo uso de los diferentes métodos (Fellenius, Bishop, Spencer, Janbú) a través del software SLOPE/W para evaluar la estabilidad y los factores de seguridad de los taludes que han sido intervenidos de 2006 a 2017. (Jonnathan Camargo Orozco, 2017)	Camargo Orozo, Jonnathan; Gallo Hernández, Luisa Fernanda
análisis de la estabilidad de los taludes de las zonas de futuro desarrollo Sector A de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga por medio del SLOPE/W	2006	En este trabajo se realizó un estudio sobre la estabilidad de los taludes en un sector (A) de la zona de futuro desarrollo de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga, para esto, se realizaron perforaciones manuales y mecánicas, ensayos de laboratorio y campo, además, se hizo un estudio topográfico y finalmente se calculó el factor de seguridad de los taludes con mayor pendiente y condiciones geotecnicas desfavorables usando el software SLOPE/W. (Leidy Celina Nuñez Rincón, 2006)	Núñez Rincón, Leidy Celina; Peñaranda Boada, Sorell Mayerly

análisis de la estabilidad de los taludes de las zonas de futuro desarrollo Sector B de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga por medio del SLOPE/W	2006	En este trabajo se realizó un estudio sobre la estabilidad de los taludes en un sector (B) de la zona de futuro desarrollo de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga, para esto, se realizaron perforaciones manuales y mecánicas, ensayos de laboratorio y campo, además, se hizo un estudio topográfico y finalmente se calculó el factor de seguridad de los taludes con mayor pendiente y condiciones geotécnicas desfavorables usando el software SLOPE/W. (Juan Pablo Hernández Quintero, 2006)	Hernández Quintero, Juan Pablo; Jerez Sepulveda, William Alexander
Comparision of slope stability methods of analysis	1977	Presenta el cálculo del factor de seguridad por medio de diversas ecuaciones de diferentes autores a través del uso de dovelas para el análisis de estabilidad de taludes. (D.G Fredlund, 1977)	D.G Fredlund, Krahn
Comparación de los factores de seguridad para análisis de estabilidad de taludes calculados con métodos basados en dovelas usando las ecuaciones originales y el programa SLOPE/W	2018	En este trabajo de grado se realizó una comparación de taludes de la UPB (la Universidad Pontificia Bolivariana suministró la información) por los diferentes métodos usando las ecuaciones originales a través del programa Excel y el software SLOPE/W. (Jerez, 2018)	Monsalve Jerez, Yanerly Lorena

6. MARCO TEORICO

6.1. Ensayos de laboratorio para medir la resistencia del suelo al corte

Entre los ensayos más conocidos para determinar la resistencia al corte se encuentran los siguientes (García, 1998):

- Ensayo de corte directo
- Ensayo triaxial

Se realizará una pequeña definición a continuación de cada uno de ellos:

6.1.1. Ensayo de corte directo

A partir de este ensayo se determina de manera directa la resistencia al corte de un suelo en condición consolidada y drenada para un esfuerzo efectivo normal.

La prueba de corte se realiza confinando la muestra entre dos anillos de acero los cuales están libres al movimiento sobre el plano de falla, además, se colocan dos piedras porosas tanto encima de la muestra como debajo con el fin de garantizar el drenaje y aumentar la carga lateral de manera lenta y constante para asegurar que no se desarrollen presiones de poros y sobre el plano de corte se emplea un esfuerzo normal constante durante todo el lapso de la prueba.

Dependiendo de los esfuerzos cortantes máximos y presiones normales se puede determinar la envolvente de falla y las propiedades de resistencia al corte del suelo (ángulo de fricción interna y cohesión).

En la condición no drenada, en la cual no se conoce el valor de la presión de poros (resistencia al corte no drenada S_u), el ensayo de corte directo se realiza en una tasa rápida de manera que la duración de la prueba termina siendo corta garantizando con esto, el drenaje correcto de la muestra, este tipo de ensayo se presenta cuando hay presencia de arcillas saturadas. (García, 1998).

6.1.2. Ensayo triaxial

La prueba de ensayo triaxial se realiza para la determinación de características y parámetros del suelo como el ángulo de fricción y la cohesión, con los cuales se establece la resistencia al corte del suelo en diferentes condiciones de carga y drenaje, lo cual es muy importante al momento de evaluar la capacidad de cimentación del suelo y la estabilidad de pendientes de taludes.

Todo ensayo triaxial consta de dos etapas: la primera consiste en la aplicación de confinamiento y la segunda corresponde a la etapa de falla en la cual la muestra se lleva a la falla mediante la aplicación de un esfuerzo desviador axial.

Finalmente, los parámetros de resistencia al corte se estiman a partir de la envolvente de falla, la cual es tangente a los círculos de Mohr (uno para cada muestra). La pendiente de la envolvente de falla corresponde al ángulo de fricción interna y la distancia que hay desde la intersección de la envolvente con el eje de las ordenadas (esfuerzo cortante) hasta el origen del sistema de coordenadas, corresponde a la cohesión. (Bowles, 1981)

6.2. Parámetros de resistencia al corte de suelos

Cuando se presenta una falla en un suelo (compuesto por partículas discretas) por causa de aplicar esfuerzos cortantes se determina que esta falla no ocurre a través de las partículas, sino que este hecho se adjudica al movimiento que genera el roce entre sus puntos de contacto, por lo tanto, la resistencia al corte se determina a partir de estos puntos de contacto. (García, 1998)

6.2.1. Criterio de falla de Mohr-Coulomb

En el año 1776, Coulomb presentó por primera vez la ecuación que actualmente conocemos para la formulación del criterio de falla:

$$\tau_f = c + \sigma \tan \phi$$

Donde: c es la cohesión y ϕ es el ángulo de fricción interna

El análisis de la ecuación requiere los parámetros de resistencia como lo son el ángulo de fricción interna y la cohesión (cuyo valor cambia de manera inversa con la humedad), por esto mismo, el agua genera una reducción en el valor de la resistencia del suelo por la presencia de presiones internas o presiones de poros, además, la cohesión depende del entrelazamiento entre partículas y la adhesión electroquímica. Estos parámetros (ángulo de fricción y cohesión) se ven afectados por diversos factores que afectan la estabilidad del suelo, pero entre estos factores se destaca la condición de drenaje. (García, 1998)

6.3. Talud

Un talud o ladera es una masa de tierra que presenta una pendiente o tiene una altura significativa. Se denomina “Ladera” a aquella estructura de suelo, en la cual su origen fue un proceso natural y se denomina “Talud” a la conformación de la estructura del suelo de manera artificial. (Suarez, 2009)

Un talud o ladera estable puede llegar a convertirse en un deslizamiento por los cambios topográficos, presencia de agua, cambios sísmicos, cambios en la resistencia del suelo y por diversos factores antrópicos y geológicos.

6.4. Partes de un talud

En un talud o ladera se encuentran los siguientes componentes (Suarez, 2009):

- Base o pie
- Cabeza o escarpe
- Altura
- Altura de nivel freático
- Pendiente

6.5. Deslizamiento

Es una deformación de los materiales que componen el talud o ladera a lo largo de una o varias capas de manera lenta o rápida ya que el suelo se desintegra gradualmente, provocando desde la caída de pequeños trozos de suelo hasta grandes masas, se puede presentar por provocación de factores geológicos y antrópicos. (Matteis, 2003)

6.6. Partes de un deslizamiento

La nomenclatura de un deslizamiento se encuentra determinada así (García, 1998):

Escarpe principal: cizallamiento casi vertical producido por el movimiento de la masa del deslizamiento.

Escarpe secundario: cizallamiento casi vertical producido por el desplazamiento dentro del movimiento de la masa del deslizamiento.

Cabeza: generalmente esta cabeza no coincide con la cabeza del talud y se encuentra en la parte superior del deslizamiento.

Tope: punto más alto entre la masa del suelo que se va a desplazar y el escarpe principal

Pata de la superficie de rotura: punto intermedio entre la superficie de falla y la superficie original.

Pata: zona de acumulación dentro del cual, el material desplazado se deposita.

Punta o uña: parte de la base que se encuentra en la punta inferior del deslizamiento.

Cuerpo principal: es el material que se desprende, se encuentra por encima de la superficie de falla y se puede generar por capas o en un solo movimiento.

Flanco: es el costado del desplazamiento, tanto derecho como izquierdo.

Corona: se encuentra por encima de la cabeza y situado al lado de la parte más alta del escarpe principal, es un material que se encuentra sin alteraciones.

Superficie original: es el terreno que había antes del deslizamiento.

Superficie de falla: área que forma el límite de falla y se encuentra por debajo del cuerpo principal del deslizamiento.

6.7. Estabilidad de taludes

Investigar la estabilidad de un talud depende de variables como la estratificación del suelo y sus factores adecuados de resistencia al corte. Al analizar un talud se debe tener en cuenta las filtraciones de agua a través de la pendiente de este y las cargas que se aplican sobre esta masa de suelo, ya que estos parámetros pueden generar la falla o un deslizamiento, también deben analizarse los efectos sísmicos. Los motivos principales del análisis de estabilidad de taludes son los siguientes: (Das, 2013)

- Establecer las condiciones de estabilidad del talud
- Realizar un análisis de cómo puede ocurrir la falla
- Determinar los factores detonantes
- Hacer una valoración de las diversas medidas de estabilización.

- Realizar una valoración de los diferentes métodos de control de falla, para finalmente diseñar un talud óptimo.

6.7.1. Fuerzas resistentes e inestables

El carácter de la estabilidad de un talud depende de los factores a los cuales se encuentre expuesto y la condición particular del sitio donde se encuentre, según estudios, estas fuerzas que causan la inestabilidad del talud se concentran en tres, mencionadas a continuación (García, 1998):

- La gravedad
- Los parámetros de resistencia de los suelos que conforman el talud
- La presión del agua ejercida hacia los materiales

Se realizará una pequeña definición a continuación de cada uno de ellos:

La gravedad

Esta fuerza afecta a todos los cuerpos ya que es de carácter universal y con respecto a los efectos en la estabilidad se ve relacionada con el peso de los materiales que conforman el talud, pero, hay que destacar que esta fuerza no siempre genera la inestabilidad del talud, sino que, esto depende de la disposición espacial de los materiales que conforman el mismo.

Los parámetros de resistencia de los suelos que conforman el talud

Según estudios en el campo de la geotecnia se ha determinado que esta fuerza es la que se encarga en mayor proporción de la estabilidad de taludes o la inestabilidad ya que según estos

parámetros, los cuales se denominan cohesión y ángulo de fricción, depende la resistencia al corte y en cómo se verá afectado por diversos factores.

La presión del agua ejercida hacia los materiales

Este aspecto se considera como el que genera mayor afectación al talud de manera que es el que requiere mayor atención al momento de un estudio de estabilidad de taludes. Al contrario de los parámetros de resistencia, la presencia de agua afecta la magnitud de estas fuerzas generando desestabilización dentro del material, por lo que ocupa espacios vacíos entre las partículas del suelo, lo cual, se denomina presión de poros.

6.7.2. Identificación de los factores de inestabilidad reales

Al entrar a realizar un análisis del tratamiento correctivo que se le debe hacer a un talud en caso de haber ocurrido un deslizamiento, es muy importante saber las razones y los “factores” que contribuyeron a la falla de este para ver de qué manera se puede evitar dicho evento y entender las causas que llevaron a la inestabilidad, estos factores se clasifican como se mencionan a continuación (García, 1998):

- condiciones del terreno
- procesos geomorfológicos
- procesos físicos
- procesos humanos

6.8. Métodos de análisis de estabilidad de taludes

Comúnmente en la ingeniería se determina la estabilidad de un talud por medio de su factor de seguridad, el cual, es obtenido de diferentes maneras por medio de análisis matemáticos planteados por varios autores, además, estos modelos matemáticos tienen que tener en cuenta variables, las cuales afectan la estabilidad del talud o ladera. (Suarez, 1998)

6.8.1. Métodos basados en dovelas para el análisis de estabilidad de taludes con superficies de falla circulares

Existen diversos métodos para el cálculo del factor de seguridad de los taludes, los más usados se determinan como aquellos que dividen la masa deslizante o la masa encontrada entre la superficie de falla y la superficie original del deslizamiento en dovelas o tajadas ya que de esta manera facilita el procedimiento para las complejas geometrías de un talud.

Se pueden encontrar más de 12 métodos que trabajen de esta manera para analizar la estabilidad del talud, la diferencia entre un método y otro radica en la estática que emplee para calcular el factor de seguridad y la suposición que se haga para volver al problema determinado (D.G Fredlund, 1977).

El factor de seguridad está definido mediante varios métodos de análisis y varían según las suposiciones realizadas, a continuación, se mostrará de manera resumida los métodos con sus características y suposiciones:

Tabla 2. Características y suposiciones de los métodos utilizados en el presente trabajo

Método	Características	Suposición	Factor(es) de Seguridad
Método ordinario o de Fellenius	Es poco exacto para geometrías que consideren sobrecargas y presiones de poros, además, se aplica a superficies de falla, 1 incógnita	Desprecia las fuerzas normales y cortantes entre dovelas	F.S basado en el equilibrio de momentos
Método simplificado de Bishop	Se aplica a superficies de falla, $n+1$ ecuaciones e incógnitas	Desprecia las fuerzas cortantes entre dovelas	F.S basado en el equilibrio de momentos
Método de Janbú	Satisface el equilibrio de fuerzas, se puede aplicar a cualquier superficie, $2n$ ecuaciones e incógnitas	Desprecia fuerzas normales y cortantes entre dovelas y después hace una corrección del factor de seguridad de acuerdo con la geometría y al tipo de suelo del talud	F.S basado en el equilibrio de fuerzas horizontales
Método de Spencer	Satisface todas las condiciones de equilibrio, se puede aplicar a cualquier superficie, $3n$ ecuaciones e incógnitas	Supone una relación constante entre fuerzas normales y cortantes entre dovelas	F.S basado en el equilibrio de momentos y fuerzas horizontales

Fuente: (García, 1998)

A continuación, se muestra de manera detallada cada método descrito anteriormente (D.G Fredlund, 1977):

Método Ordinario o de Fellenius

El método de Fellenius, es el método más sencillo porque para calcular el factor de seguridad no es necesario suponer el valor del mismo, sino que es una ecuación lineal, la cual nos arroja el valor del factor de seguridad de manera inmediata.

El presente método viola la tercera ley de Newton que habla acerca del principio de acción y reacción ya que desprecia las fuerzas cortantes y normales entre dovelas y supone que son paralelas entre sí, esta situación ha generado que cuando se presentan geometrías complejas, con sobre cargas y/o nivel freático haya errores hasta de un 60% al calcular el factor de seguridad.

La fuerza normal de la base de cada dovela se obtiene a partir del equilibrio entre fuerzas horizontales y verticales de cada dovela existente en el talud.

$$P = W \cos \alpha - kW \operatorname{sen} \alpha \text{ (ecuacion 1)}$$

Para el cálculo del factor de seguridad se plantea el equilibrio de momentos respecto al centro de rotación de la masa deslizante.

$$F = \frac{\sum [c' l R + (p - ul) \tan \phi' R]}{\sum W x - \sum p f + \sum k W e \pm A a + L d} \text{ (ecuacion 2)}$$

Método de Bishop simplificado

El método de Bishop, desprecia las fuerzas cortantes entre dovelas y únicamente toma en cuenta las fuerzas entre ellas que son perpendiculares a la cara vertical.

Para el cálculo de la fuerza normal en la base de cada dovela es necesario realizar el equilibrio de las fuerzas verticales de cada una de las dovelas.

$$P = \frac{[W - \frac{c' l \operatorname{sen} \alpha}{F} + \frac{ul \tan \phi' \operatorname{sen} \alpha}{F}]}{ma} \quad (\text{ecuación 3})$$

Así como en el método de Fellenius, el factor de seguridad se obtiene a partir de la sumatoria de los centros de rotación

$$F = \frac{\sum [c' l R + (p - ul) \tan \phi' R]}{\sum Wx - \sum pf + \sum kWe + Aa + Ld} \quad (\text{ecuación 4})$$

Método de Janbú

En el método de Janbú se desprecian las fuerzas cortantes y normales entre dovelas, esta situación genera desconfianza en el resultado del factor de seguridad, pero se corrige realizando la multiplicación del factor de seguridad calculado en la ecuación por un factor de corrección (f_0) el cual, se obtiene a partir del tipo de suelo (puramente friccionante, puramente cohesivo y con cohesión y fricción) y la forma que toma la superficie de falla.

La fuerza normal de cada dovela se obtiene de la sumatoria de las fuerzas verticales de cada dovela y según el criterio de falla de Mohr Coulomb.

$$P = \frac{\left[W - \frac{c' l \operatorname{sen} \alpha}{F_o} + \frac{ul \tan \phi \operatorname{sen} \alpha}{F_o} \right]}{ma} \quad (\text{ecuacion 5})$$

Teniendo el resultado del cálculo de la fuerza normal de la base de cada dovela, se prosigue obtener el factor de seguridad no corregido por medio de la sumatoria de las fuerzas horizontales de todo el talud.

$$F_o = \frac{\sum [c' l \operatorname{cos} \alpha + (p - ul) \tan \phi' \operatorname{cos} \alpha]}{\sum P \operatorname{sen} \alpha + \sum kW \pm A - L \operatorname{cos} \omega} \quad (\text{ecuacion 6})$$

Y posteriormente se calcula el factor de seguridad corregido haciendo la multiplicación del factor de seguridad no corregido (F_o) por el factor de corrección (f_o)

$$F_f = f_o F_o \quad (\text{ecuacion 7})$$

Método Spencer

El método de Spencer concluye que la relación entre las fuerzas normales y cortantes entre dovelas son constantes, de esta manera:

$$\tan \theta = \frac{X_L}{E_L} = \frac{X_R}{E_R} \quad (\text{ecuacion 8})$$

Para el cálculo de la fuerza normal a la base de cada dovela se obtiene a partir de la suma de las fuerzas horizontales y verticales de cada una de las dovelas.

$$P = \frac{W + \frac{1}{F}(\cos\alpha \tan\theta - \operatorname{sen}\alpha)(c' - u \tan\phi') - kW \tan\theta}{\operatorname{sen}\alpha \tan\theta + \cos\alpha - \frac{\tan\phi'}{F}(\cos\alpha \tan\theta - \operatorname{sen}\alpha)} \quad (\text{ecuacion 9})$$

En este método se obtienen dos factores de seguridad. El primer factor de seguridad (Ff) contempla el equilibrio de fuerzas horizontales provenientes de todo el talud y el segundo factor de seguridad (Fm) se basa en el equilibrio de momentos alrededor del punto de rotación de la masa deslizando.

$$Fm = \frac{\sum[c'lR + (p - ul)\tan\phi'R]}{\sum Wx - \sum pf + \sum kW e \pm Aa + Ld} \quad (\text{ecuacion 10})$$

$$Ff = \frac{\sum[c'l\cos\alpha + (p - ul)\tan\phi'\cos\alpha]}{\sum P\operatorname{sen}\alpha + \sum kW \pm A - L\cos\omega} \quad (\text{ecuacion 11})$$

Finalmente, al obtener un factor de seguridad supuesto igual a los factores de seguridad por momentos (Fm) y por fuerzas (Ff) se deja de iterar y ese será el resultado final del factor de seguridad.

7. METODOLOGÍA

Este proyecto de grado se realizó de acuerdo con la siguiente metodología, con el fin de mostrar el paso a paso de las actividades que se realizaron para cumplir con los objetivos planteados

7.1. Recopilación de información

- Se realizó una investigación acerca de la información bibliográfica de las ecuaciones de los métodos basados en dovelas propuestas por los siguientes autores: Fellenius, Bishop, Spencer y Janbú.
- Se hizo una recopilación de trabajos similares realizados en la región, el país y el mundo.
- Se realizó una apropiación del conocimiento del programa SLOPE/W con apoyo de su manual de usuario, el cual, sirvió como orientación a lo largo del proceso del presente trabajo.

7.2. Determinación de taludes

Se definieron 12 taludes con diferente geometría, propiedades del suelo, condiciones de saturación y presencia de sobrecargas. Esta definición se hizo de la siguiente manera: 3 taludes son con sobrecarga y con nivel freático, 3 no tienen sobrecarga, pero sí nivel freático, 3 no tienen nivel freático, pero sí sobrecarga y 3 no llevan ni sobrecarga ni nivel freático.

7.3. Modelación con SLOPE/W

Una vez definidos los 12 taludes, se procedió a determinar su factor de seguridad por medio del programa SLOPE/W, mediante los métodos de Fellenius, Bishop, Spencer y Janbú. Este programa no solamente se usó para determinar su factor de seguridad en condiciones estática y dinámica, sino también para definir la superficie de falla de cada uno de ellos.

7.4. Determinación de los factores de seguridad utilizando Excel y AutoCAD

Una vez definida la superficie de falla de cada talud, se procedió a dividir la masa deslizante en 5 dovelas de igual ancho, después de esto, se calcularon las coordenadas de los centroides, las áreas, los ángulos formados entre la tangente entre la base de cada dovela y la horizontal y las longitudes de la base de cada dovela con la ayuda del programa AutoCAD.

Posteriormente se calcularon los factores de seguridad de cada uno de los doce (12) taludes con la ayuda del programa Excel.

7.5. Análisis de resultados

Luego, se realizó la comparación de los factores de seguridad por los 4 métodos del análisis de estabilidad de taludes, obtenidos por medio del programa SLOPE/W y los factores de seguridad obtenidos por medio del programa Excel y se hizo la evaluación de las semejanzas y diferencias encontradas en dicha comparación.

7.6. Conclusiones y recomendaciones

Después de llevar a cabo el análisis de los resultados de las comparaciones, se elaboró una serie de recomendaciones y conclusiones acerca de los comportamientos y tendencias observadas, así como también, de las diferencias halladas en el proyecto.

8. DETERMINACIÓN DE TALUDES

Para la definición de los taludes que se analizaron, se escogieron 3 geometrías, diferentes tipos de suelo, condiciones de carga (que incluyen la presencia o no de cargas estáticas) y la presencia del nivel freático.

8.1. Geometría de los taludes y propiedades de los suelos que los conforman

El relieve y la geometría influyen de manera importante en la estabilidad de los taludes, en cuanto a que es necesario cierta pendiente para que se produzcan los movimientos gravitacionales en masa tales como los flujos, deslizamiento y caída de rocas. Los fenómenos de inestabilidad ocurren generalmente por los movimientos que se presentan a través de las superficies de falla por flujos de agua, por erosión, cargas superficiales y cuando los esfuerzos que tienen que actuar sobre dicho talud sobrepasan la resistencia de los materiales que lo componen.

Debido a la pandemia que en estos momentos azota al mundo, no fue posible hacer perforaciones, muestreo y ensayos de laboratorio, por esta razón, las propiedades de los suelos (peso específico, cohesión y ángulo de fricción) que conforman cada talud definido se tomaron de textos, tesis de grado y resultados de laboratorio.

Para la determinación de la geometría de los taludes se establecieron tres (3) geometrías para los doce (12) taludes de manera que se cumpliera con lo estipulado en la metodología.

Cada una de estas tres (3) geometrías, se dividió en 4 condiciones:

- a) un (1) talud que no tenga ni sobrecargas, ni nivel freático
- b) un (1) talud que solo tenga nivel freático
- c) un (1) talud que solo tenga sobrecarga
- d) un (1) talud que tenga tanto sobrecargas como nivel freático

De esta forma, de cada una de las tres (3) geometrías resultan cuatro (4) taludes, los cuales, se ordenaron de esta manera:

- Geometría 1: Talud 1, Talud 4, Talud 7, Talud 10
- Geometría 2: Talud 2, Talud 5, Talud 8, Talud 11
- Geometría 3: Talud 3, Talud 6, Talud 9, Talud 12

Ahora, todos los taludes mencionados atrás se pueden clasificar en 4 grupos, un primer grupo está conformado por los que no tienen presencia de nivel freático ni sobre carga, un segundo grupo por aquellos taludes que solo tienen nivel freático, un tercer grupo por aquellos que solo tiene sobre carga y un cuarto grupo por aquellos que tienen nivel freático y sobrecarga.

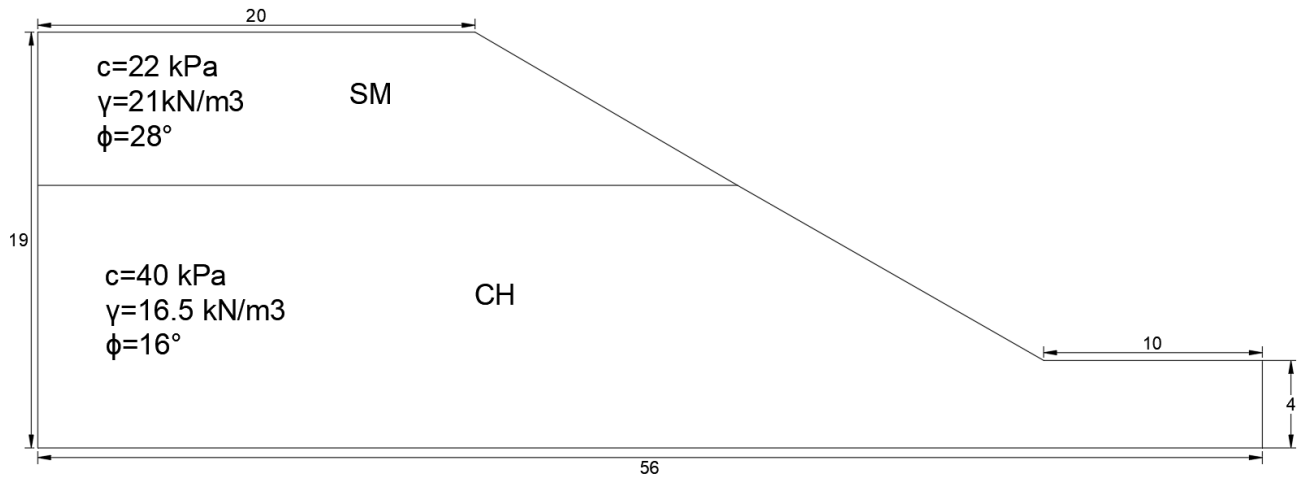
Estos 4 grupos son los siguientes:

- 1) Talud 1, Talud 2 y Talud 3: taludes que no tienen ni sobrecargas ni nivel freático
- 2) Talud 4, Talud 5 y Talud 6: taludes que solo tienen nivel freático
- 3) Talud 7, Talud 8 y Talud 9: taludes que solo tienen sobrecarga
- 4) Talud 10, Talud 11 y Talud 12: taludes que tienen sobrecarga y nivel freático

A continuación, se muestran los 12 taludes, incluyendo las propiedades mecánicas de los suelos que los conforman, su geometría, posición del nivel freático, magnitud y ubicación de la sobrecarga.

Talud 1

Imagen 1. Geometría del talud 1



Fuente: propia

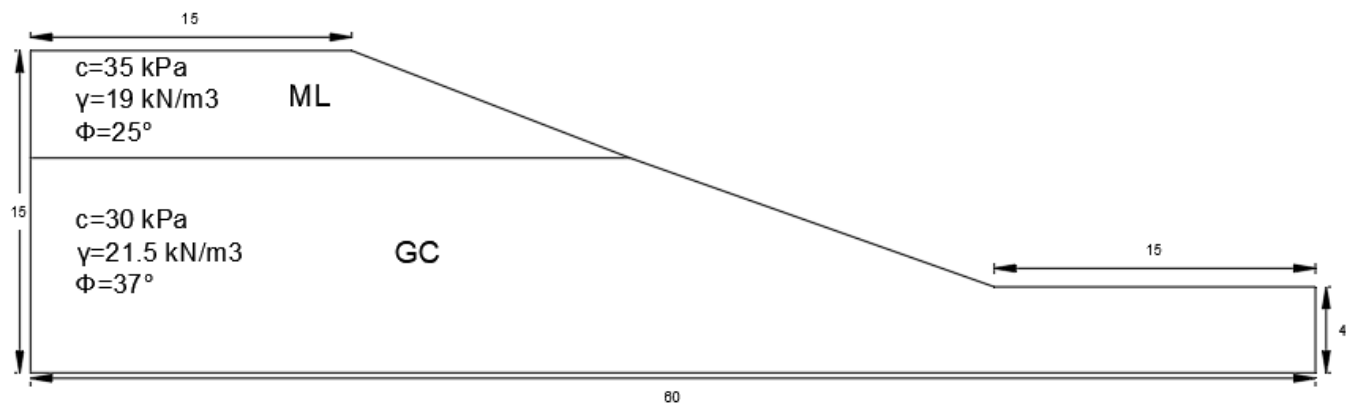
Tabla 3. Parámetros de resistencia del talud 1

Estrato	Clasificación	Nombre	γ (kN/m ³)	C (kPa)	ϕ (°)
1	SM	Arena Limosa	21	22	28
2	CH	Arcilla de alta plasticidad	16,5	40	16

Fuente: propia

Talud 2

Imagen 2. Geometría del talud 2



Fuente: propia

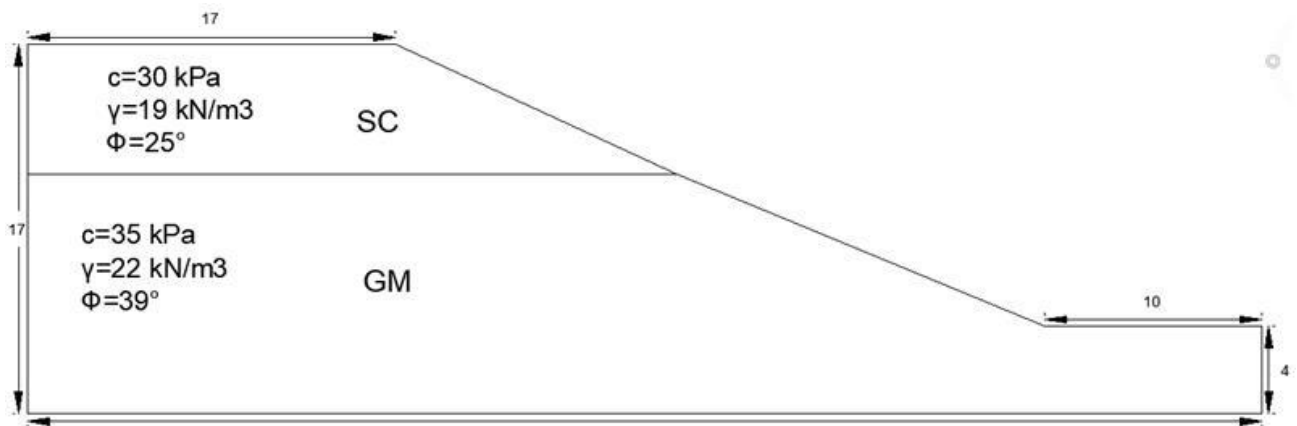
Tabla 4. Parámetros de resistencia del talud 2

Estrato	Clasificación	Nombre	γ (kN/m ³)	C (kPa)	ϕ (°)
1	ML	Limo de baja plasticidad	19	35	25
2	GC	Grava arcillosa	21.5	30	37

Fuente: propia

Talud 3

Imagen 3. Geometría del talud 3



Fuente: propia

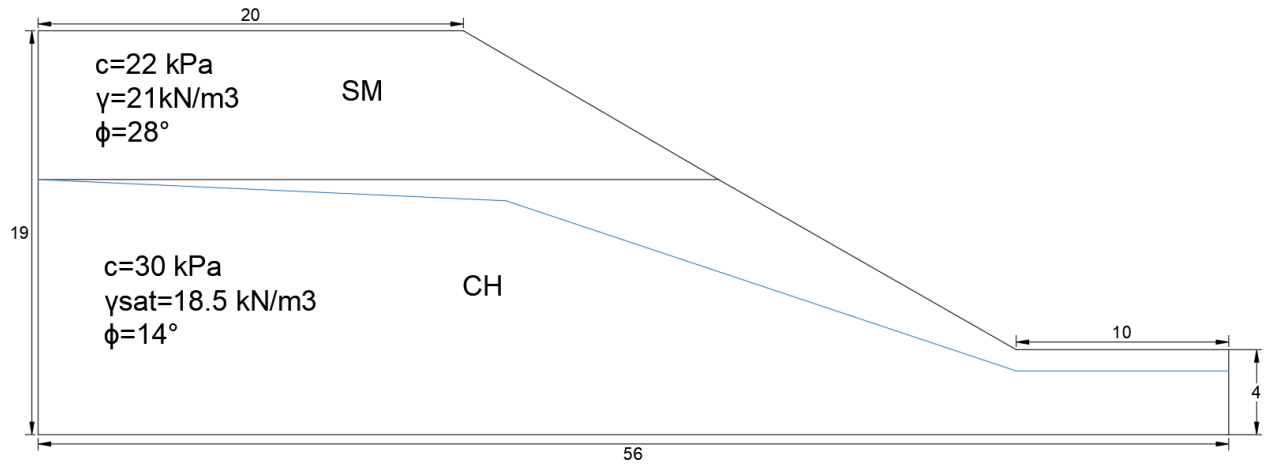
Tabla 5. Parámetros de resistencia del talud 3

Estrato	Clasificación	Nombre	γ (kN/m ³)	C (kPa)	ϕ (°)
1	SC	Arena arcillosa	19	30	25
2	GM	Grava limosa	22	35	39

Fuente: propia

Talud 4

Imagen 4. Geometría del talud 4



Fuente: propia

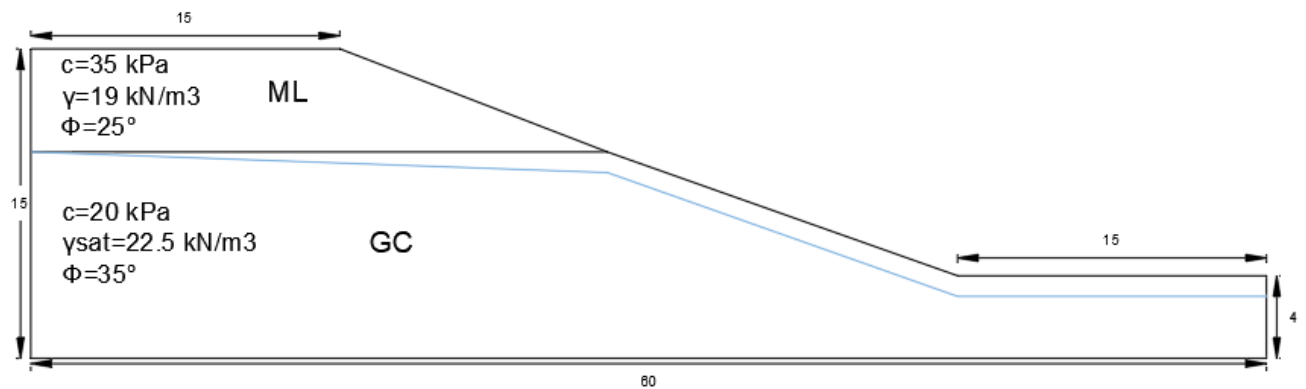
Tabla 6. Parámetros de resistencia del talud 4

Estrato	Clasificación	Nombre	γ (kN/m ³)	C (kPa)	ϕ (°)
1	SM	Arena Limosa	21	22	28
2	CH	Arcilla de alta plasticidad	18,5	30	14

Fuente: propia

Talud 5

Imagen 5. Geometría del talud 5



Fuente: propia

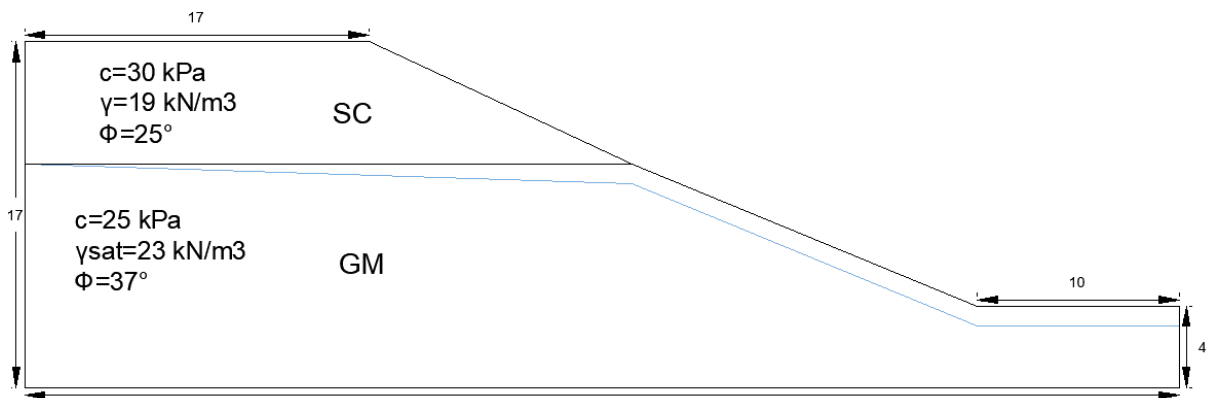
Tabla 7. Parámetros de resistencia del talud 5

Estrato	Clasificación	Nombre	γ (kN/m ³)	C (kPa)	ϕ (°)
1	ML	Limo de baja plasticidad	19	35	25
2	GC	Grava arcillosa	22.5	20	35

Fuente: propia

Talud 6

Imagen 6. Geometría del talud 6



Fuente: propia

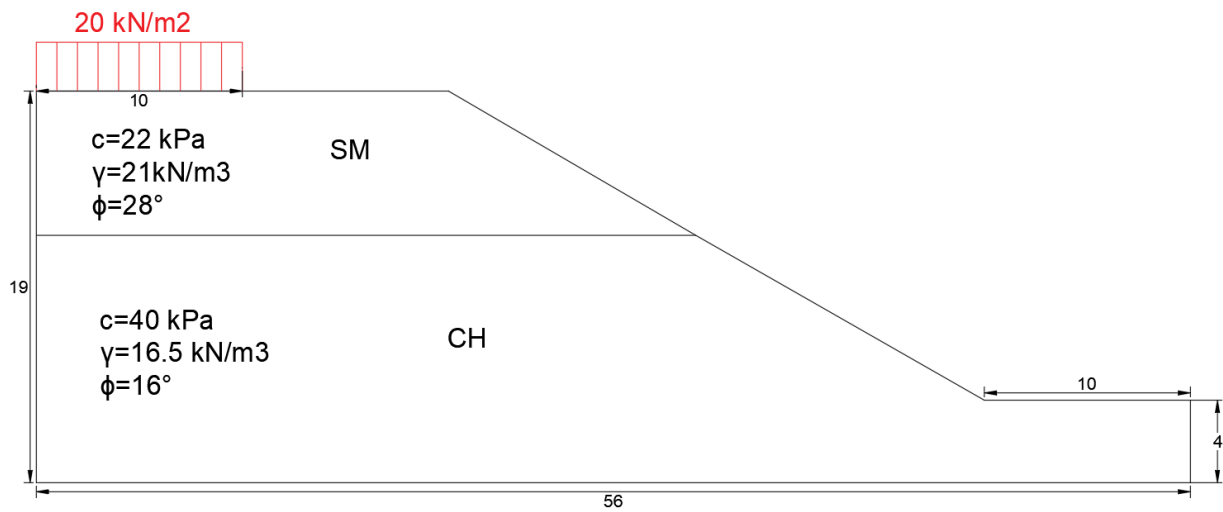
Tabla 8. Parámetros de resistencia del talud 6

Estrato	Clasificación	Nombre	γ (kN/m ³)	C (kPa)	ϕ (°)
1	SC	Arena arcillosa	19	30	25
2	GM	Grava limosa	23	25	37

Fuente: propia

Talud 7

Imagen 7. Geometría del talud 7



Fuente: propia

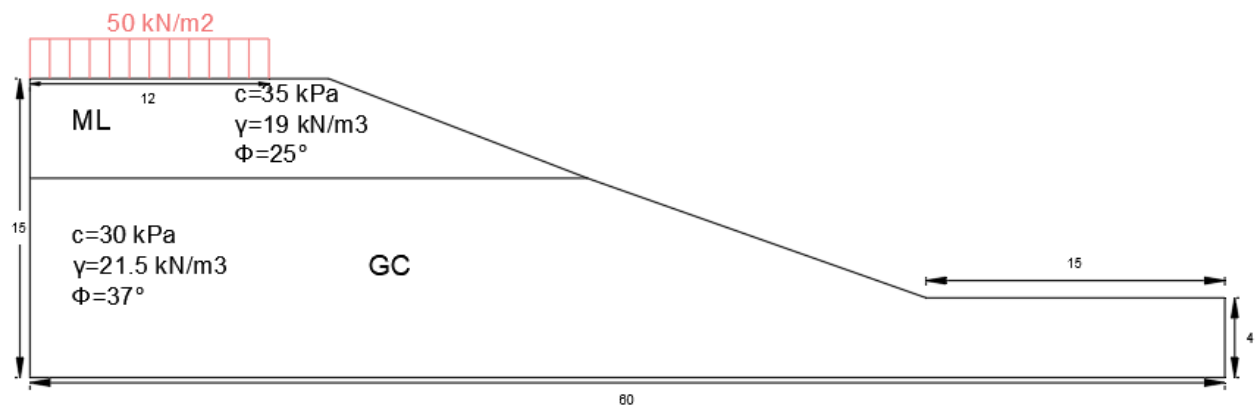
Tabla 9. Parámetros de resistencia del talud 7

Estrato	Clasificación	Nombre	γ (kN/m ³)	C (kPa)	ϕ (°)
1	SM	Arena Limosa	21	22	28
2	CH	Arcilla de alta plasticidad	16,5	40	16

Fuente: propia

Talud 8

Imagen 8. Geometría del talud 8



Fuente: propia

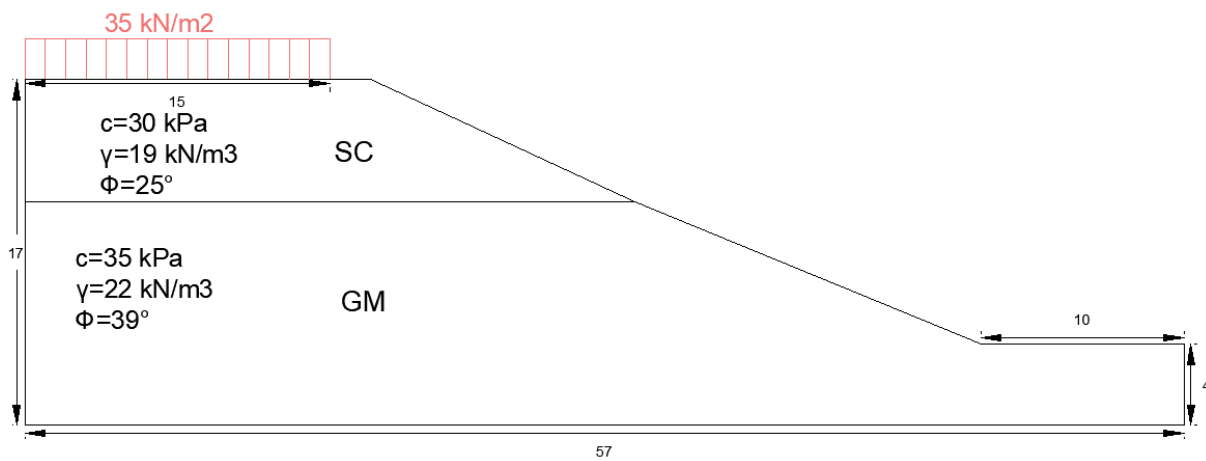
Tabla 10. Parámetros de resistencia del talud 8

Estrato	Clasificación	Nombre	γ (kN/m ³)	C (kPa)	ϕ (°)
1	ML	Limo de baja plasticidad	19	35	25
2	GC	Grava arcillosa	21.5	30	37

Fuente: propia

Talud 9

Imagen 9. Geometría del talud 9



Fuente: propia

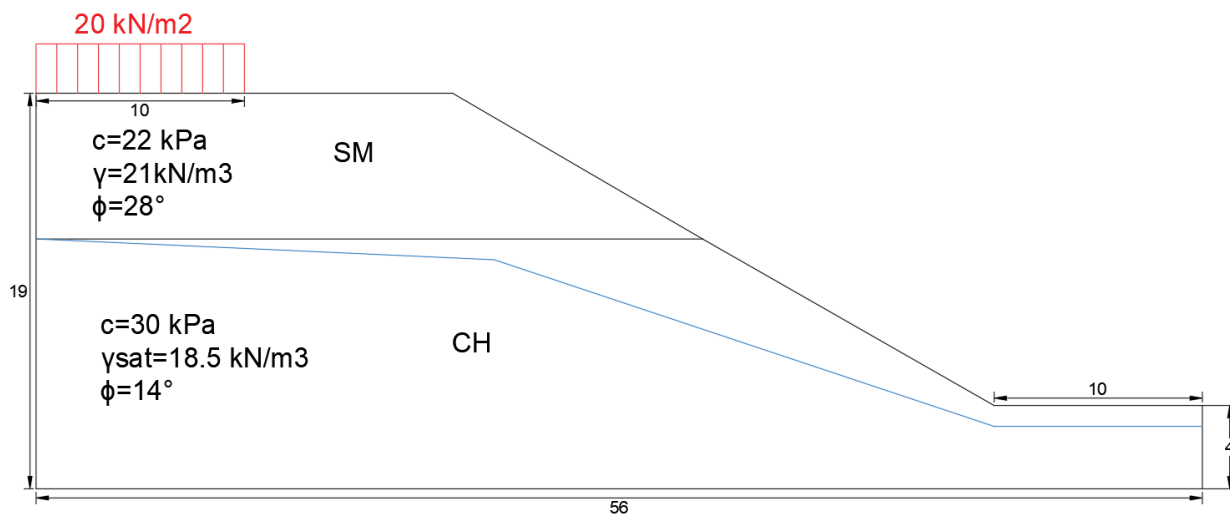
Tabla 11. Parámetros de resistencia del talud 9

Estrato	Clasificación	Nombre	γ (kN/m ³)	C (kPa)	ϕ (°)
1	SC	Arena arcillosa	19	30	25
2	GM	Grava limosa	22	35	39

Fuente: propia

Talud 10

Imagen 10. Geometría del talud 10



Fuente: propia

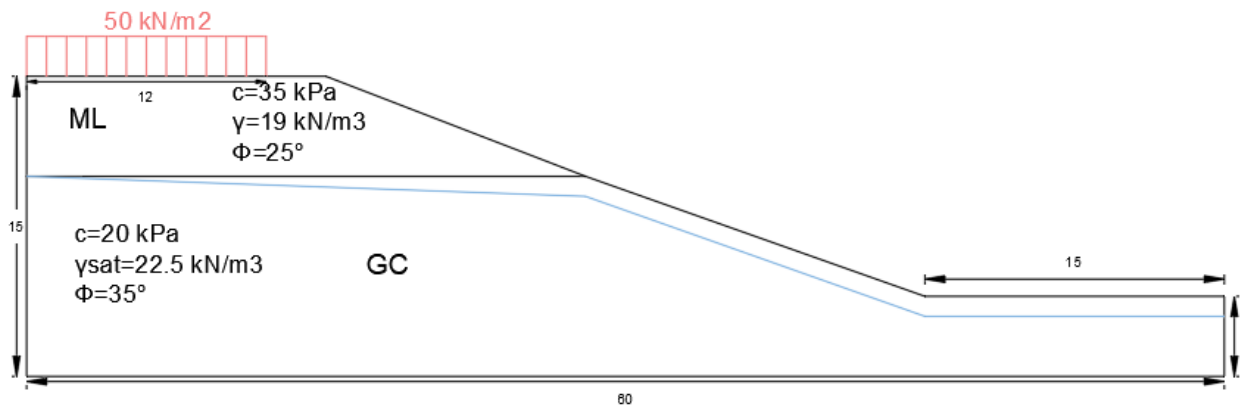
Tabla 12. Parámetros de resistencia del talud 10

Estrato	Clasificación	Nombre	γ (kN/m ³)	C (kPa)	ϕ (°)
1	SM	Arena Limosa	21	22	28
2	CH	Arcilla de alta plasticidad	18,5	30	14

Fuente: propia

Talud 11

Imagen 11. Geometría del talud 11



Fuente: propia

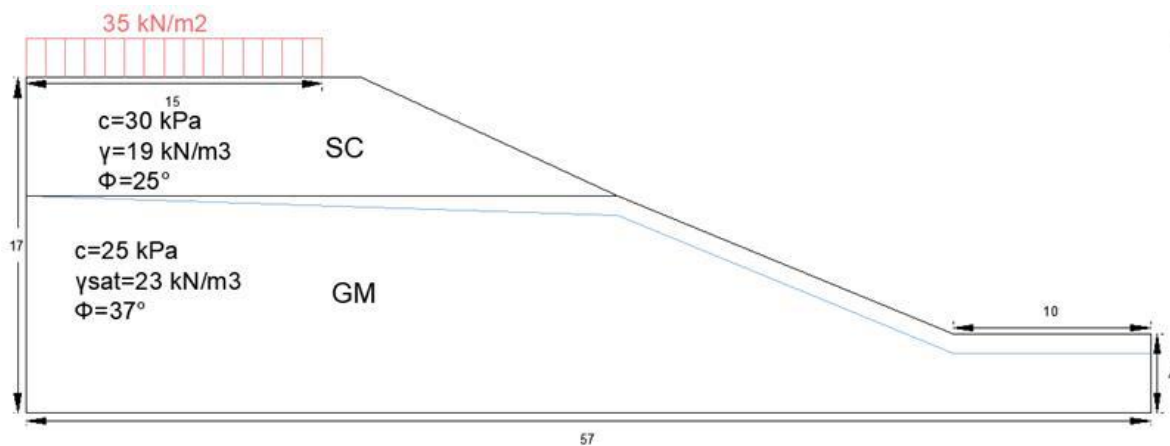
Tabla 13. Parámetros de resistencia del talud 11

Estrato	Clasificación	Nombre	γ (kN/m ³)	C (kPa)	ϕ (°)
1	ML	Limo de baja plasticidad	19	35	25
2	GC	Grava arcillosa	22.5	20	35

Fuente: propia

Talud 12

Imagen 12. Geometría del talud 12



Fuente: propia

Tabla 14. Parámetros de resistencia del talud 12

Estrato	Clasificación	Nombre	γ (kN/m ³)	C (kPa)	ϕ (°)
1	SC	Arena arcillosa	19	30	25
2	GM	Grava limosa	23	25	37

Fuente: propia

8.2. Coeficientes sísmicos

Para el presente trabajo se consideró el uso del coeficiente sísmico del municipio de Bucaramanga para la evaluación de los taludes propuestos en condición dinámica. Generalmente, la aceleración vertical puede variar entre un 50% y un 100% del valor de la aceleración horizontal, según sea cada caso particular. (NSR-10) literal H.7.1.2. La tabla 14 muestra los valores de A_h y A_v para las ciudades capitales de departamento.

Tabla 15. Valores de A_h y A_v para las ciudades capitales de cada departamento.

Valor de A_h y de A_v para las ciudades capitales de departamento			
Ciudad	A_h	A_v	Zona de Amenaza Sísmica
Arauca	0.15	0.15	Intermedia
Armenia	0.25	0.25	Alta
Barranquilla	0.10	0.10	Baja
Bogotá D. C.	0.15	0.20	Intermedia
Bucaramanga	0.25	0.25	Alta
Cali	0.25	0.25	Alta
Cartagena	0.10	0.10	Baja
Cúcuta	0.35	0.30	Alta
Florencia	0.20	0.15	Intermedia
Ibagué	0.20	0.20	Intermedia
Leticia	0.05	0.05	Baja
Manizales	0.25	0.25	Alta
Medellín	0.15	0.20	Intermedia
Mitú	0.05	0.05	Baja
Mocoa	0.30	0.25	Alta
Montería	0.10	0.15	Intermedia
Neiva	0.25	0.25	Alta
Pasto	0.25	0.25	Alta
Pereira	0.25	0.25	Alta
Popayán	0.25	0.20	Alta
Puerto Carreño	0.05	0.05	Baja
Puerto Inírida	0.05	0.05	Baja
Quibdó	0.35	0.35	Alta
Riohacha	0.10	0.15	Intermedia
San Andrés, Isla	0.10	0.10	Baja
Santa Marta	0.15	0.10	Intermedia
San José del Guaviare	0.05	0.05	Baja
Sincedejo	0.10	0.15	Intermedia
Tunja	0.20	0.20	Intermedia
Valledupar	0.10	0.10	Baja
Villavicencio	0.35	0.30	Alta
Yopal	0.30	0.20	Alta

Fuente: NSR-10 pág. A-16

Por esta razón, se utilizó el coeficiente sísmico horizontal de 0.25 que corresponde al área local de Bucaramanga y un coeficiente sísmico vertical de 0.0 ya que las ecuaciones originales de análisis de estabilidad de taludes de los diferentes autores no consideraban este coeficiente.

9. RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados del cálculo de los factores de seguridad obtenidos mediante la modelación de los taludes seleccionados en el programa SLOPE/W y los estimados a partir de las ecuaciones originales (Fellenius, Bishop, Janbú y Spencer) con la ayuda de los programas Excel y AutoCAD.

9.1. Resultados por medio del programa SLOPE/W

Se obtuvieron los resultados de las modelaciones en el programa SLOPE/W por medio de los diferentes métodos ya mencionados (Método de Fellenius, Bishop, Janbú y Spencer) para los 12 taludes, tanto en condición estática como en condición dinámica. Estos resultados se presentan de forma gráfica e incluyen no solamente la geometría, sino también la superficie de falla crítica y el factor de seguridad correspondiente a dicha superficie (el menor).

Nota: el programa SLOPE/W divide la superficie de falla en un número de dovelas entre 30 y 40.

Para cada uno de los 12 taludes se generaron 8 modelaciones que corresponden a:

- 1) Método de Fellenius en condición estática
- 2) Método de Fellenius en condición dinámica
- 3) Método de Bishop en condición estática
- 4) Método de Bishop en condición dinámica
- 5) Método de Janbú en condición estática

- 6) Método de Janbú en condición dinámica
- 7) Método de Spencer en condición estática
- 8) Método de Spencer en condición dinámica

9.1.1. Talud 1. Condición estática

Antes de dibujar la geometría del talud en el SLOPE/W se deben introducir las propiedades y/o parámetros de los suelos para llevar a cabo la modelación. Para el talud 1 en condición estática se tomaron las siguientes propiedades

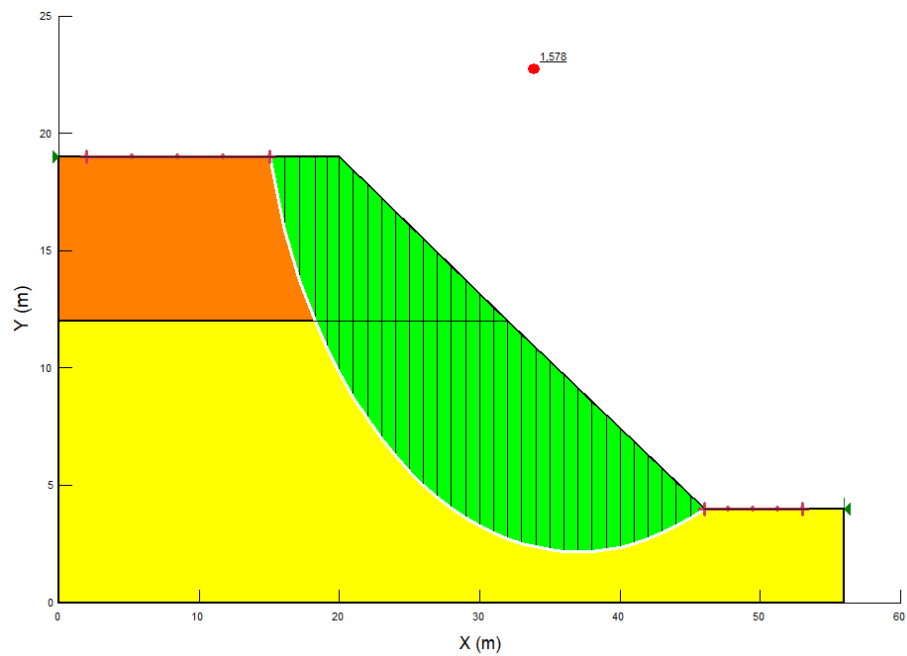
Imagen 13. Parámetros de resistencia de los suelos del talud 1 en condición estática en el programa SLOPE/W

Material	Arena Limosa (SM)	Material	Arcilla de alta plasticidad (CH)
Name	Arena Limosa (SM)	Name	Arcilla de alta plasticidad (CH)
Color		Color	
Model	Mohr-Coulomb	Model	Mohr-Coulomb
Unit Weight	21 kN/m ³	Unit Weight	16,5 kN/m ³
Cohesion'	22 KPA	Cohesion'	40 KPA
Phi'	28 °	Phi'	16 °
Suction Option	Constant	Suction Option	Constant
Phi-B	0 °	Phi-B	0 °
Use Steady-State Strength	No	Use Steady-State Strength	No
Apply Weight Above WT	UseDefault	Apply Weight Above WT	UseDefault
Pore Air Pressure	0 KPA	Pore Air Pressure	0 KPA

A continuación, se presentarán los factores de seguridad y la superficie de falla crítica encontrada en la modelación del talud 1 en condición estática por medio de los métodos de análisis de estabilidad de taludes usando dovelas (Fellenius, Bishop, Janbú, Spencer).

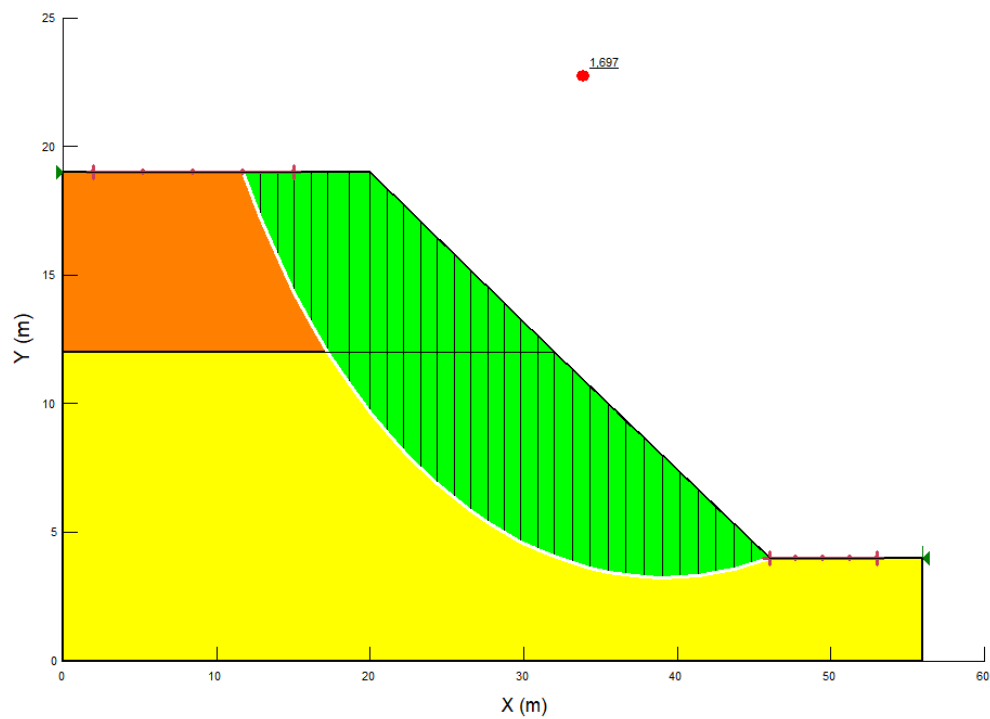
Método Ordinario o de Fellenius

Imagen 14. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 1 en condición estática (método de Fellenius)



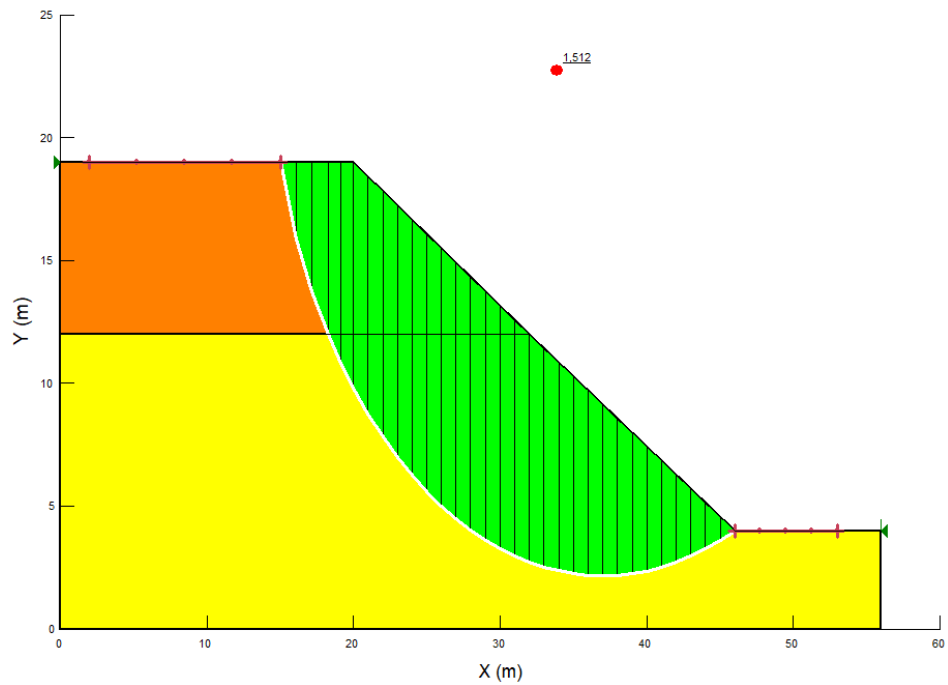
Método simplificado de Bishop

Imagen 15. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 1 en condición estática (método de Bishop)



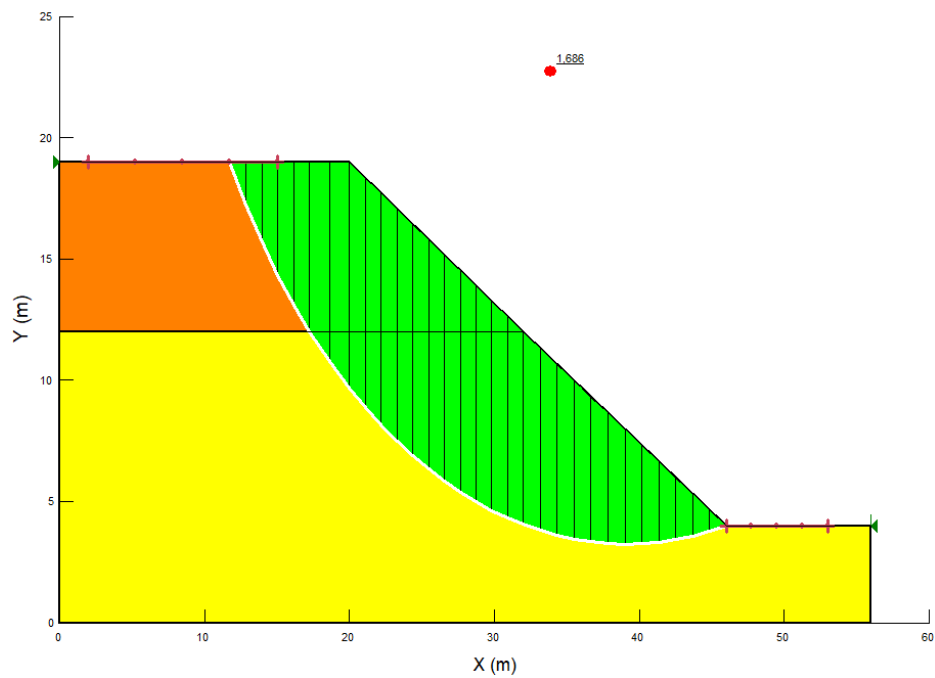
Método de Janbú

Imagen 16. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 1 en condición estática (método de Janbú)



Método de Spencer

Imagen 17. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 1 en condición estática (método de Spencer)



9.1.2. Talud 1. Condición dinámica

Luego de tener la geometría, se ingresaron las propiedades de los suelos que conforman este talud en el programa SLOPE/W para ejecutar la modelación del talud 1 en condición dinámica, estos parámetros fueron los siguientes

Imagen 18. Parámetros de resistencia de los suelos del talud 1 en condición dinámica en el programa SLOPE/W

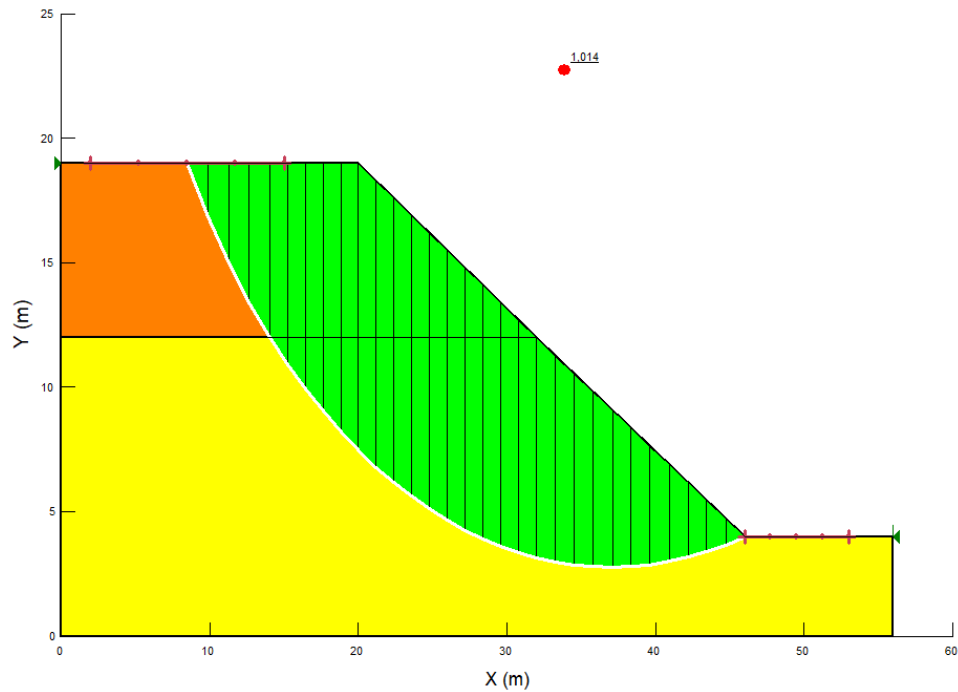
Material	Arena Limosa (SM)	Material	Arcilla de alta plasticidad (CH)
Name	Arena Limosa (SM)	Name	Arcilla de alta plasticidad (CH)
Color		Color	
Model	Mohr-Coulomb	Model	Mohr-Coulomb
Unit Weight	21 kN/m ³	Unit Weight	16,5 kN/m ³
Cohesion'	22 KPA	Cohesion'	40 KPA
Phi'	28 °	Phi'	16 °
Suction Option	Constant	Suction Option	Constant
Phi-B	0 °	Phi-B	0 °
Use Steady-State Strength	No	Use Steady-State Strength	No
Apply Weight Above WT	UseDefault	Apply Weight Above WT	UseDefault
Pore Air Pressure	0 KPA	Pore Air Pressure	0 KPA

Para la condición dinámica se utilizó un coeficiente sísmico horizontal de 0.25 y coeficiente sísmico vertical de 0, ya que las ecuaciones originales no tienen en cuenta el coeficiente vertical.

A continuación, se presentan los factores de seguridad y la superficie de falla crítica encontrada en la modelación del talud 1 en condición dinámica por medio de los métodos de análisis de estabilidad de taludes usando dovelas (Fellenius, Bishop, Janbú, Spencer).

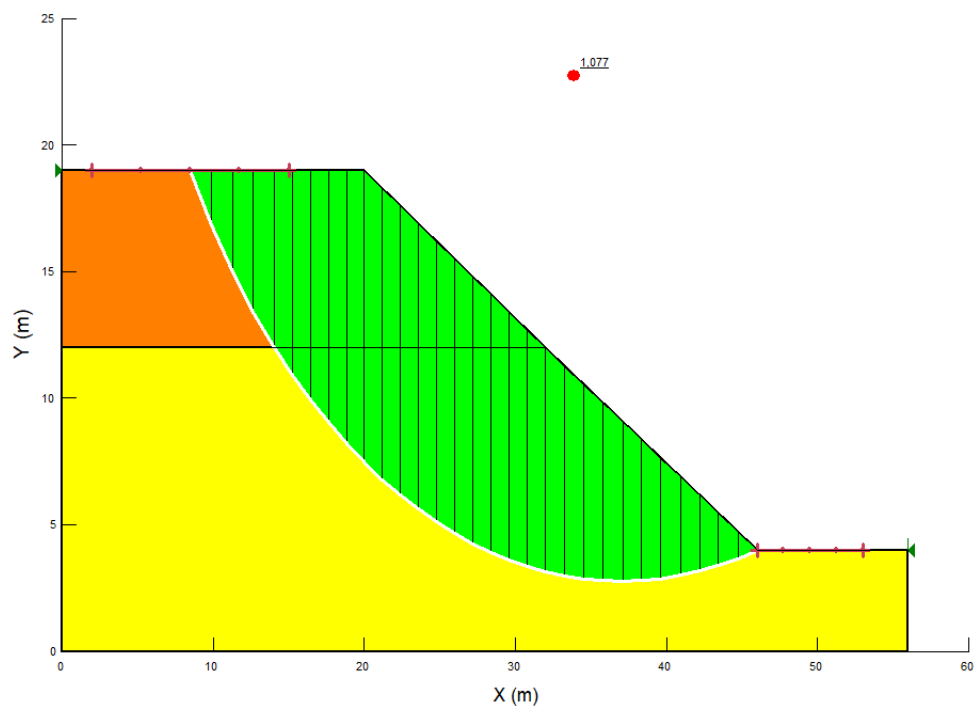
Método Ordinario o de Fellenius

Imagen 19. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 1 en condición dinámica (método de Fellenius)



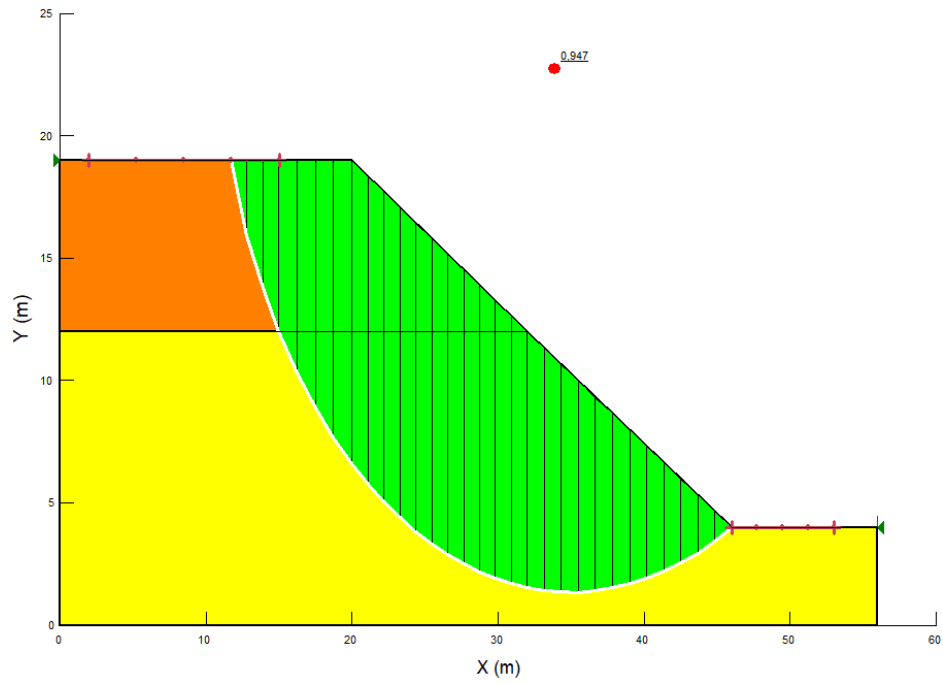
Método simplificado de Bishop

Imagen 20. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 1 en condición dinámica (método de Bishop)



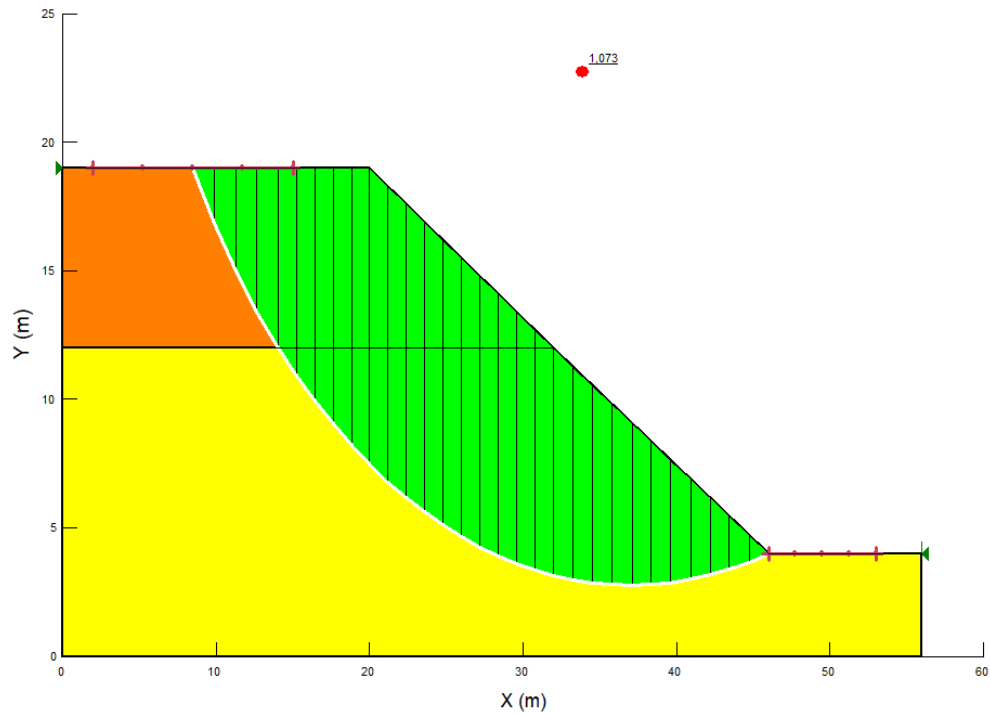
Método de Janbú

Imagen 21. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 1 en condición dinámica (método de Janbú)



Método de Spencer

Imagen 22. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 1 en condición dinámica (método de Spencer)



9.1.3. Talud 2. Condición estática

Antes de dibujar la geometría del talud en el SLOPE/W se deben introducir las propiedades y/o parámetros de los suelos para llevar a cabo la modelación. Para el talud 2 en condición estática se tomaron las siguientes propiedades

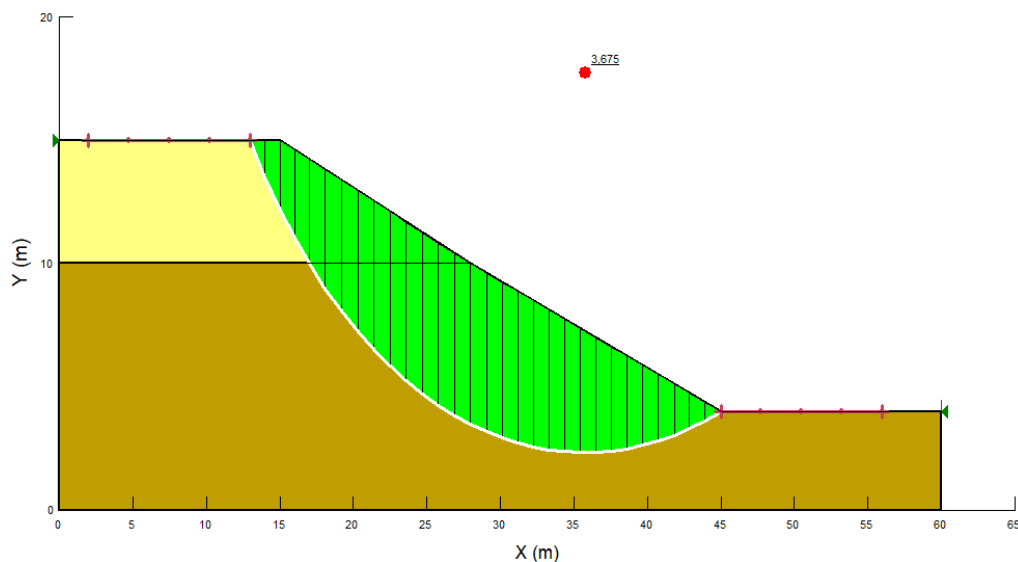
Imagen 23. Parámetros de resistencia de los suelos del talud 2 en condición estática en el programa SLOPE/W

Material		Limo de baja plasticidad (ML)		Material		Grava arcillosa (GC)	
Name		Limo de baja plasticidad (ML)		Name		Grava arcillosa (GC)	
Color				Color			
Model		Mohr-Coulomb		Model		Mohr-Coulomb	
Unit Weight		19 kN/m ³		Unit Weight		21,5 kN/m ³	
Cohesion'		35 KPA		Cohesion'		30 KPA	
Phi'		25 °		Phi'		37 °	
Suction Option		Constant		Suction Option		Constant	
Phi-B		0 °		Phi-B		0 °	
Use Steady-State Strength		No		Use Steady-State Strength		No	
Apply Weight Above WT		UseDefault		Apply Weight Above WT		UseDefault	
Pore Air Pressure		0 KPA		Pore Air Pressure		0 KPA	

A continuación, se presentarán los factores de seguridad y la superficie de falla crítica encontrada en la modelación del talud 2 en condición estática por medio de los métodos de análisis de estabilidad de taludes usando dovelas (Fellenius, Bishop, Janbú, Spencer).

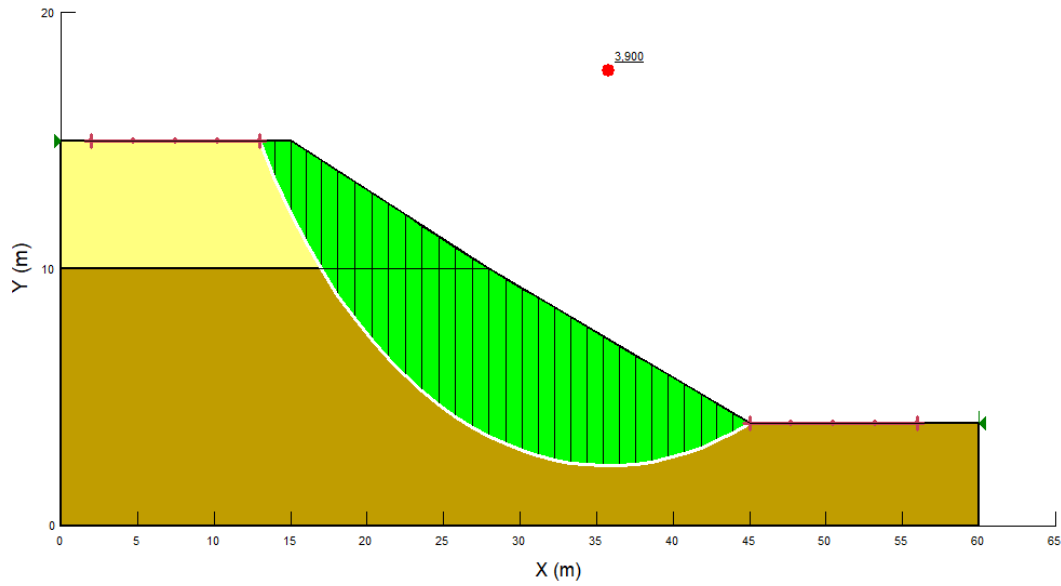
Método Ordinario o de Fellenius

Imagen 24. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 2 en condición estática (método de Fellenius)



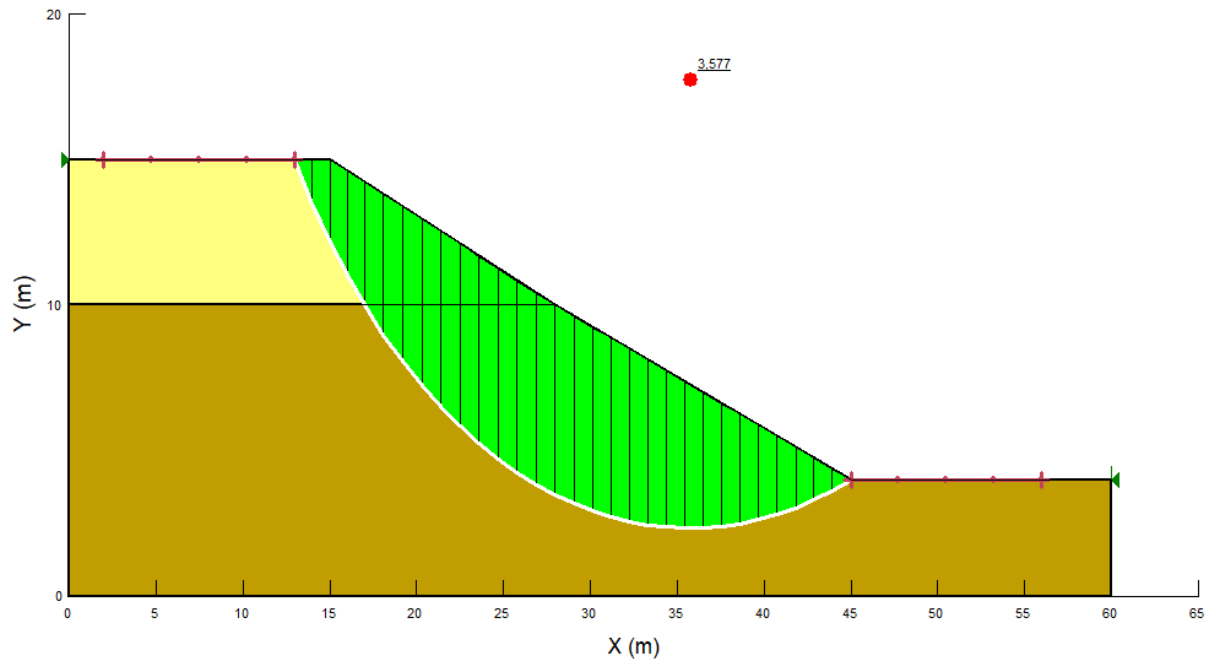
Método simplificado de Bishop

Imagen 25. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 2 en condición estática (método de Bishop)



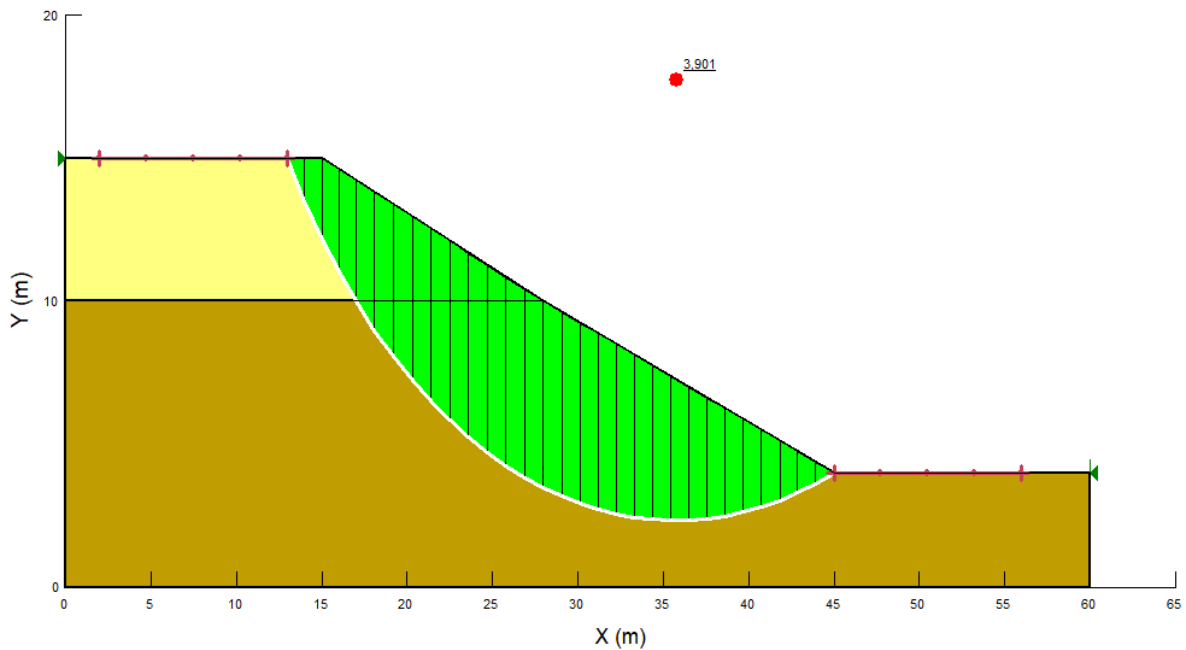
Método de Janbú

Imagen 26. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 2 en condición estática (método de Janbú)



Método de Spencer

Imagen 27. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 2 en condición estática (método de Spencer)



9.1.4. Talud 2. Condición dinámica

Luego de tener la geometría, se ingresaron las propiedades de los suelos que conforman este talud en el programa SLOPE/W para ejecutar la modelación del talud 2 en condición dinámica, estos parámetros fueron los siguientes

Imagen 28. Parámetros de resistencia de los suelos del talud 2 en condición dinámica en el programa SLOPE/W

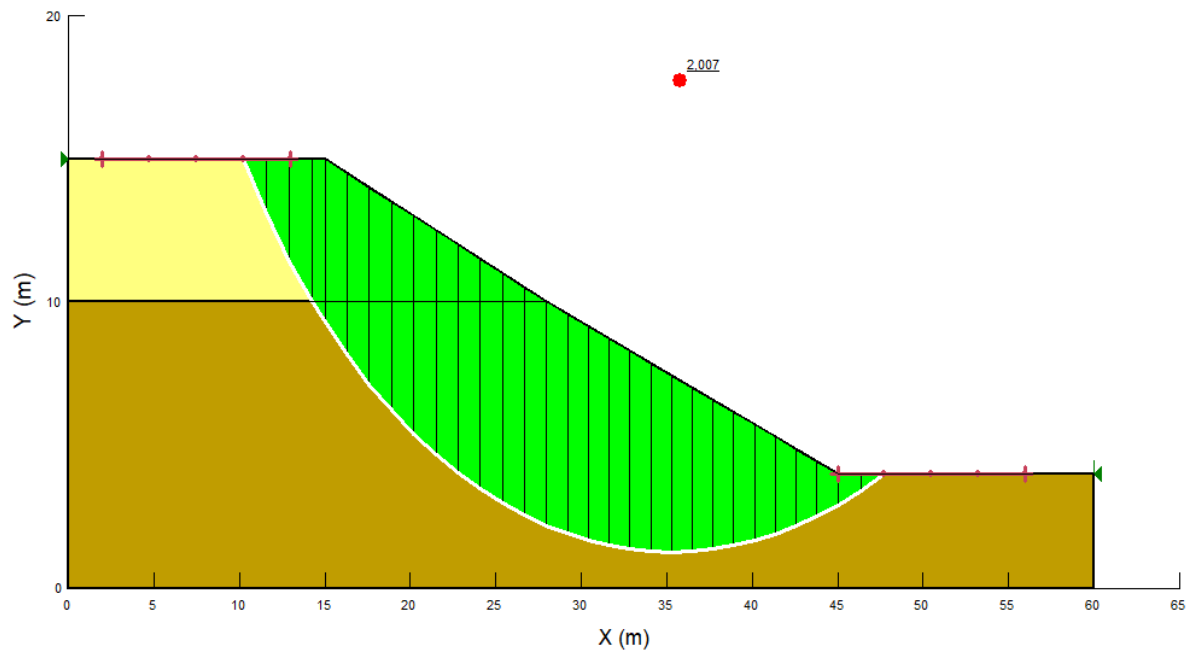
Material	Limo de baja plasticidad (ML)	Material	Grava arcillosa (GC)
Name	Limo de baja plasticidad (ML)	Name	Grava arcillosa (GC)
Color		Color	
Model	Mohr-Coulomb	Model	Mohr-Coulomb
Unit Weight	19 kN/m ³	Unit Weight	21,5 kN/m ³
Cohesion'	35 KPA	Cohesion'	30 KPA
Phi'	25 °	Phi'	37 °
Suction Option	Constant	Suction Option	Constant
Phi-B	0 °	Phi-B	0 °
Use Steady-State Strength	No	Use Steady-State Strength	No
Apply Weight Above WT	UseDefault	Apply Weight Above WT	UseDefault
Pore Air Pressure	0 KPA	Pore Air Pressure	0 KPA

Para la condición dinámica se utilizó un coeficiente sísmico Horizontal de 0.25 y coeficiente sísmico Vertical de 0 ya que las ecuaciones originales no tienen en cuenta el coeficiente vertical.

A continuación, se presentan los factores de seguridad y la superficie de falla crítica encontrada en la modelación del talud 2 en condición dinámica por medio de los métodos de análisis de estabilidad de taludes usando dovelas (Fellenius, Bishop, Janbú, Spencer).

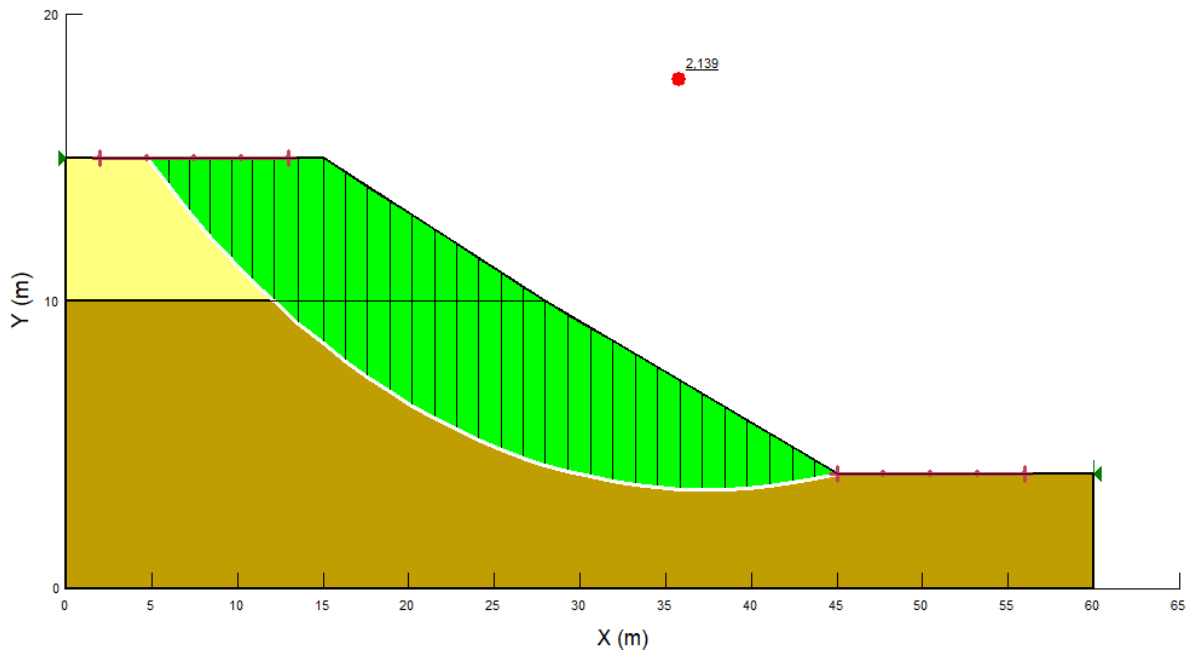
Método Ordinario o de Fellenius

Imagen 29. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 2 en condición dinámica (método de Fellenius)



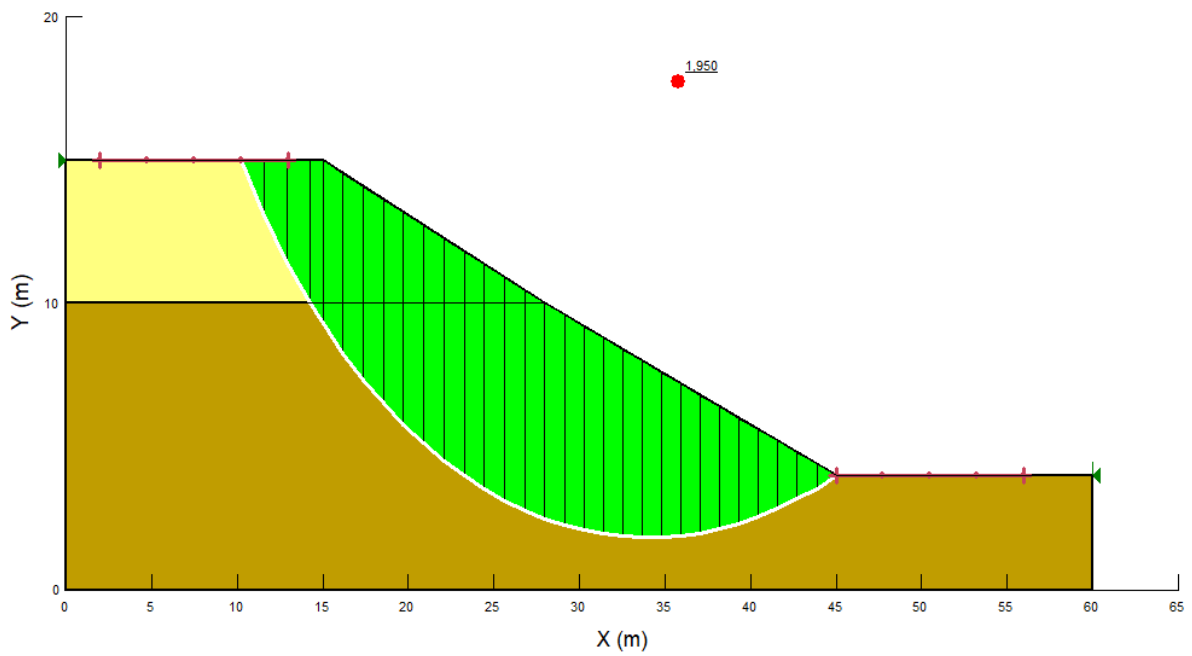
Método simplificado de Bishop

Imagen 30. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 2 en condición dinámica (método de Bishop)



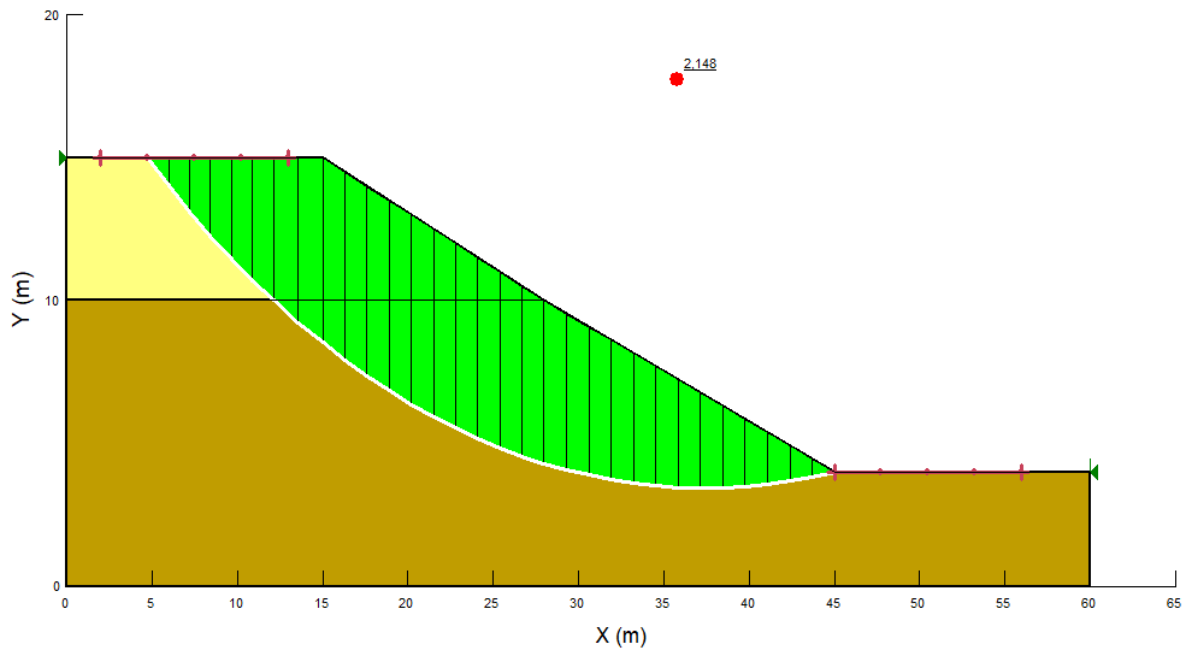
Método de Janbú

Imagen 31. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 2 en condición dinámica (método de Janbú)



Método de Spencer


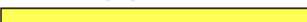
Imagen 32. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 2 en condición dinámica (método de Spencer)



9.1.5. Talud 3. Condición estática

Antes de dibujar la geometría del talud en el SLOPE/W se deben introducir las propiedades y/o parámetros de los suelos para llevar a cabo la modelación. Para el talud 3 en condición estática se tomaron las siguientes propiedades

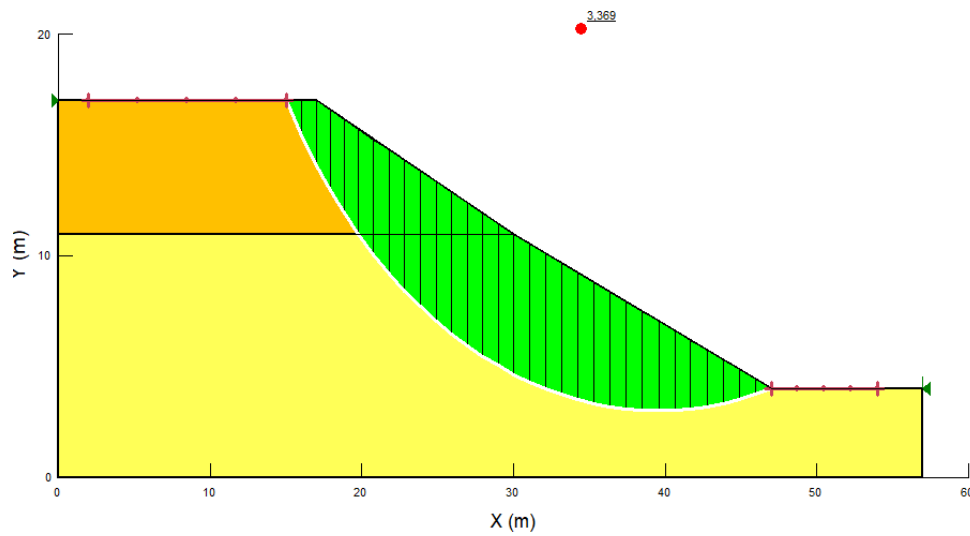
Imagen 33. Parámetros de resistencia de los suelos del talud 3 en condición estática en el programa SLOPE/W

Material	Arena arcillosa (SC)	Material	Grava limosa (GM)
Name	Arena arcillosa (SC)	Name	Grava limosa (GM)
Color		Color	
Model	Mohr-Coulomb	Model	Mohr-Coulomb
Unit Weight	19 kN/m ³	Unit Weight	22 kN/m ³
Cohesion'	30 KPA	Cohesion'	35 KPA
Phi'	25 °	Phi'	39 °
Suction Option	Constant	Suction Option	Constant
Phi-B	0 °	Phi-B	0 °
Use Steady-State Strength	No	Use Steady-State Strength	No
Apply Weight Above WT	UseDefault	Apply Weight Above WT	UseDefault
Pore Air Pressure	0 KPA	Pore Air Pressure	0 KPA

A continuación, se presentarán los factores de seguridad y la superficie de falla crítica encontrada en la modelación del talud 3 en condición estática por medio de los métodos de análisis de estabilidad de taludes usando dovelas (Fellenius, Bishop, Janbú, Spencer).

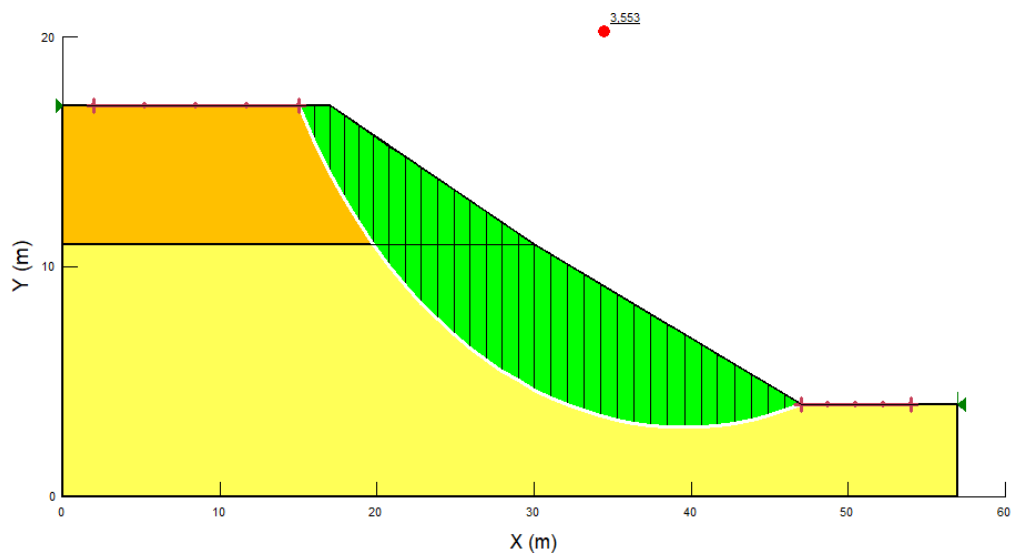
Método Ordinario o de Fellenius

Imagen 34. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 3 en condición estática (método de Fellenius)



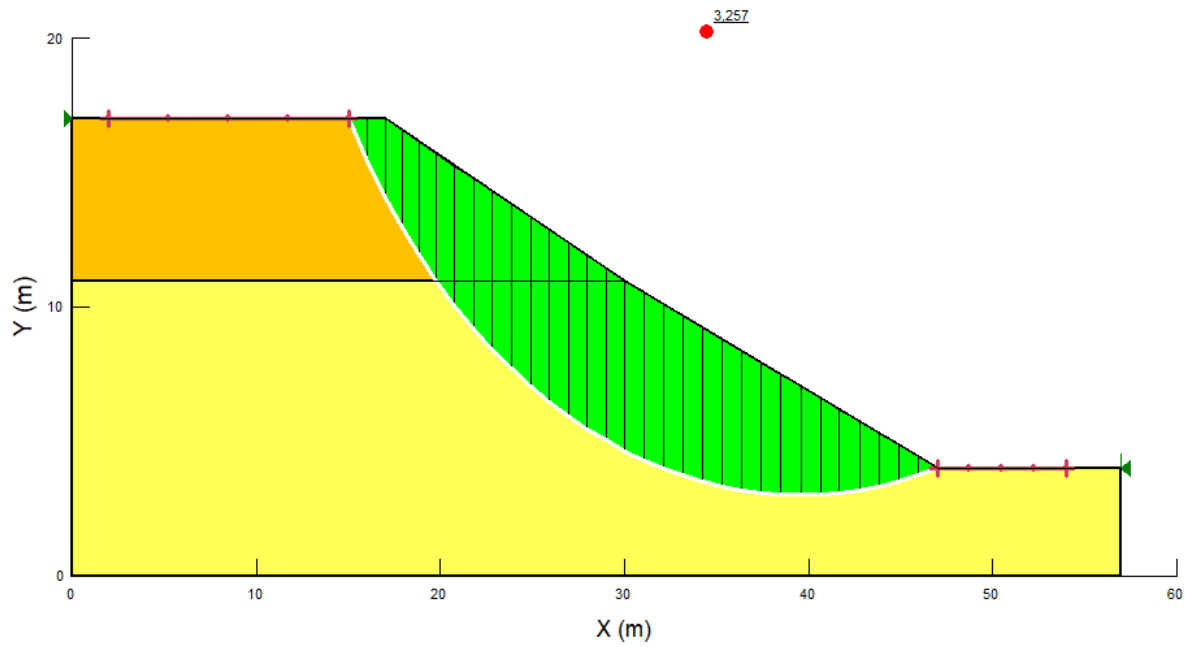
Método simplificado de Bishop

Imagen 35. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 3 en condición estática (método de Bishop)



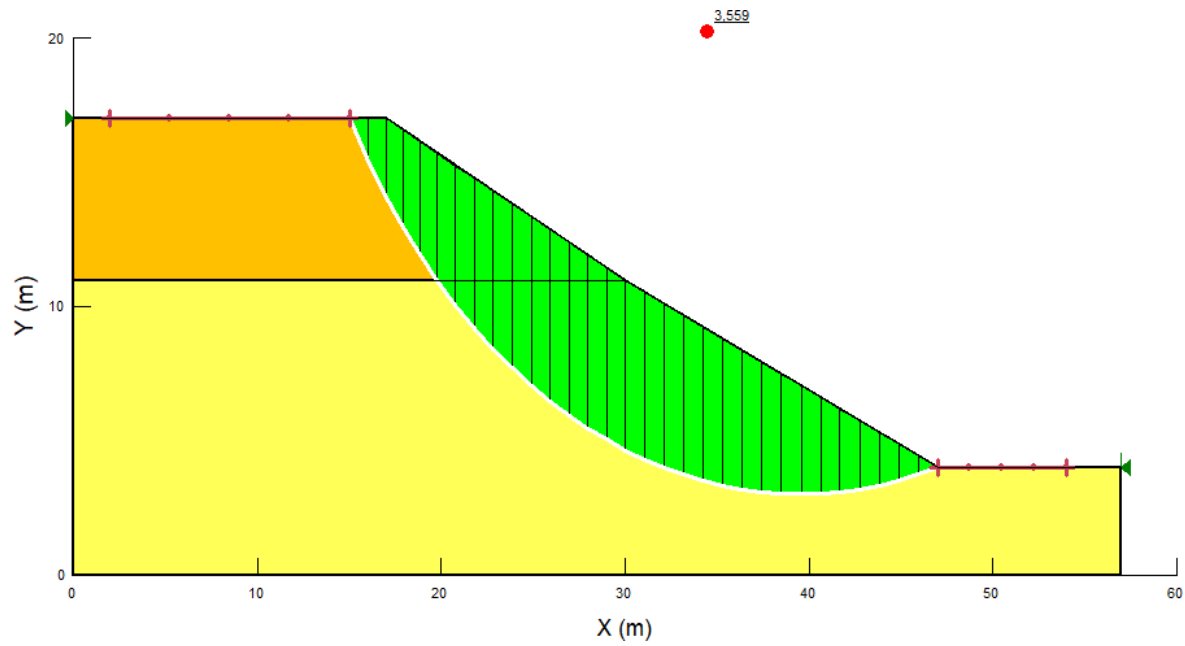
Método de Janbú

Imagen 36. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 3 en condición estática (método de Janbú)



Método de Spencer

Imagen 37. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 3 en condición estática (método de Spencer)



9.1.6. Talud 3. Condición dinámica

Luego de tener la geometría, se ingresaron las propiedades de los suelos que conforman este talud en el programa SLOPE/W para ejecutar la modelación del talud 3 en condición dinámica, estos parámetros fueron los siguientes

Imagen 38. Parámetros de resistencia de los suelos del talud 3 en condición dinámica en el programa SLOPE/W

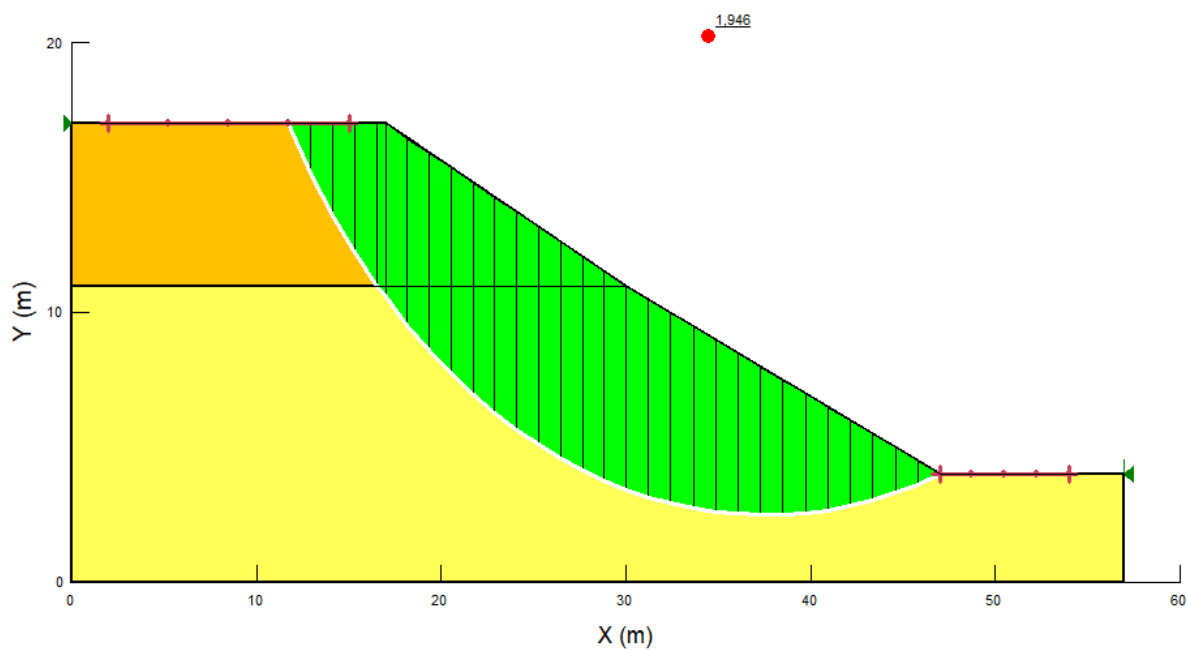
Material	Arena arcillosa (SC)	Material	Grava limosa (GM)
...Name	Arena arcillosa (SC)	... Name	Grava limosa (GM)
...Color		... Color	
...Model	Mohr-Coulomb	... Model	Mohr-Coulomb
...Unit Weight	19 kN/m ³	... Unit Weight	22 kN/m ³
...Cohesion'	30 KPA	... Cohesion'	35 KPA
...Phi'	25 °	... Phi'	39 °
...Suction Option	Constant	... Suction Option	Constant
...Phi-B	0 °	... Phi-B	0 °
...Use Steady-State Strength	No	... Use Steady-State Strength	No
...Apply Weight Above WT	UseDefault	... Apply Weight Above WT	UseDefault
...Pore Air Pressure	0 KPA	... Pore Air Pressure	0 KPA

Para la condición dinámica se utilizó un coeficiente sísmico Horizontal de 0.25 y coeficiente sísmico Vertical de 0 ya que las ecuaciones originales no tienen en cuenta el coeficiente vertical.

A continuación, se presentan los factores de seguridad y la superficie de falla crítica encontrada en la modelación del talud 3 en condición dinámica por medio de los métodos de análisis de estabilidad de taludes usando dovelas (Fellenius, Bishop, Janbú, Spencer).

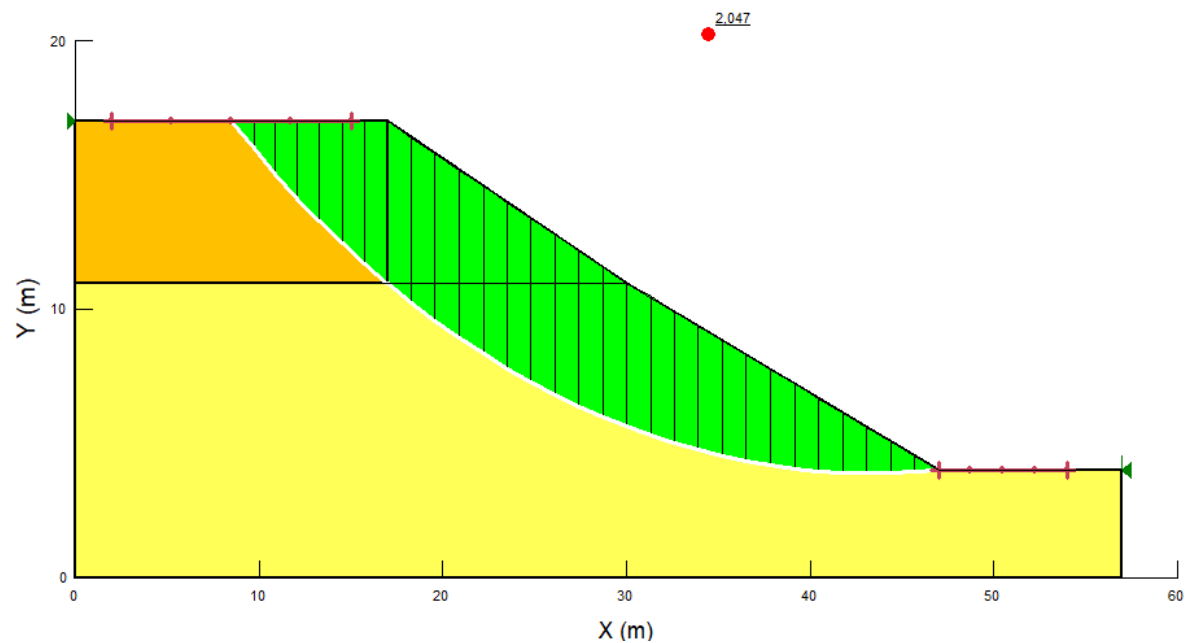
Método Ordinario o de Fellenius

Imagen 39. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 3 en condición dinámica (método de Fellenius)



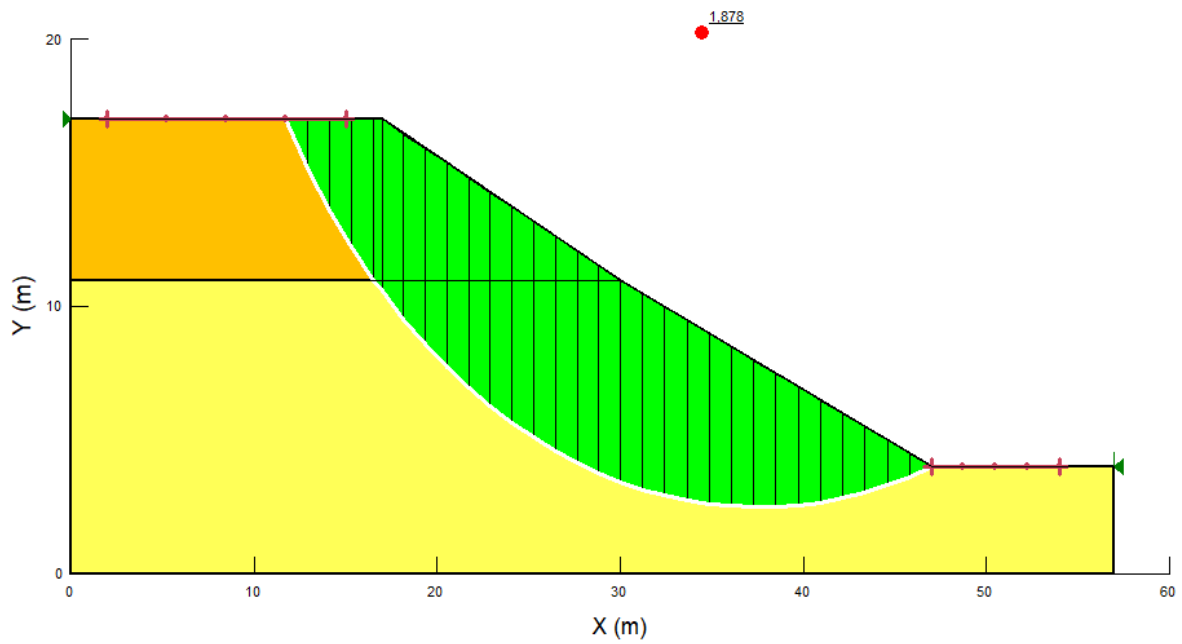
Método simplificado de Bishop

Imagen 40. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 3 en condición dinámica (método de Bishop)



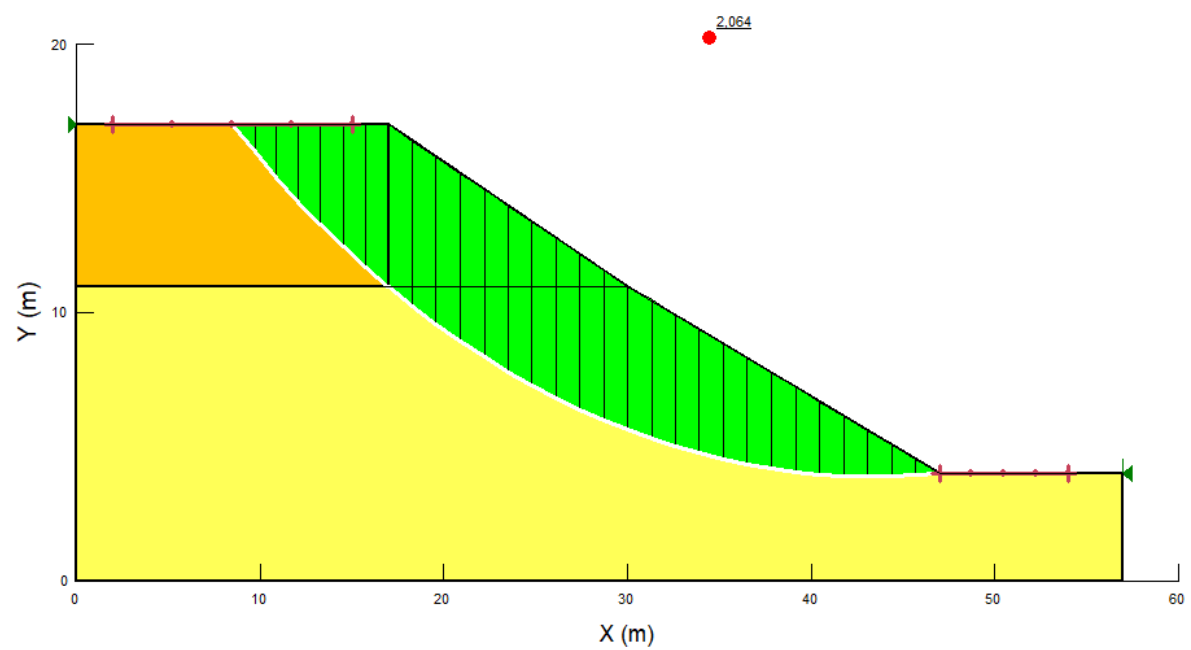
Método de Janbú

Imagen 41. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 3 en condición dinámica (método de Janbú)



Método de Spencer

Imagen 42. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 3 en condición dinámica (método de Spencer)



9.1.7. Talud 4. Condición estática

Antes de dibujar la geometría del talud en el SLOPE/W se deben introducir las propiedades y/o parámetros de los suelos para llevar a cabo la modelación. Para el talud 4 en condición estática se tomaron las siguientes propiedades

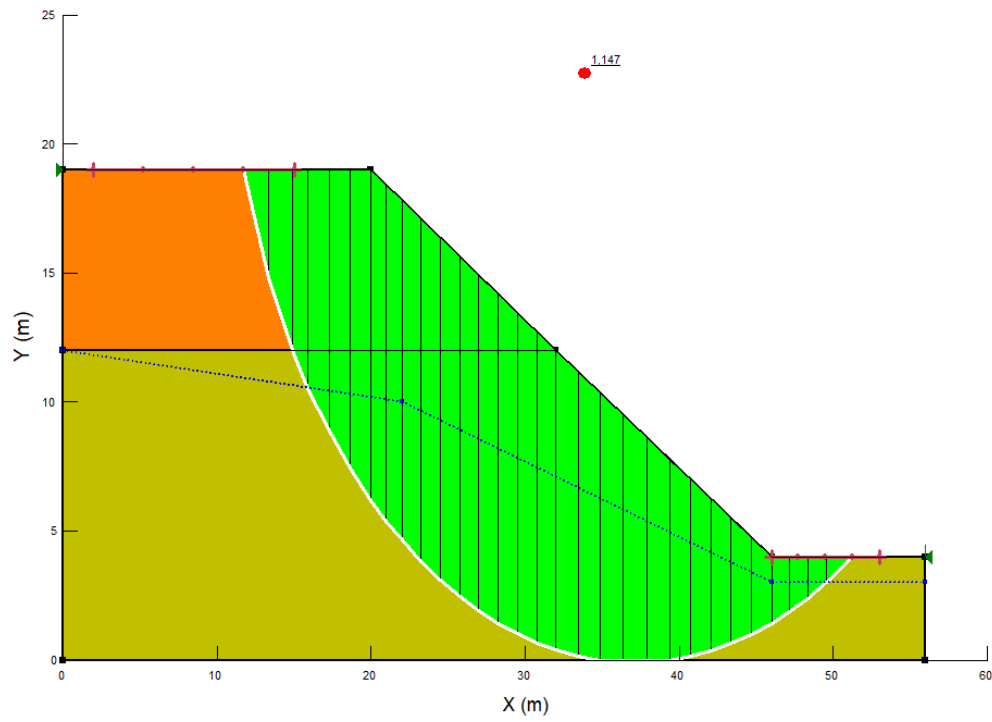
Imagen 43. Parámetros de resistencia de los suelos del talud 4 en condición estática en el programa SLOPE/W

Material	Arena Limosa (SM)	Material	Arcilla de alta plasticidad saturada (CHsat)
Name	Arena Limosa (SM)	Name	Arcilla de alta plasticidad saturada (CHsat)
Color		Color	
Model	Mohr-Coulomb	Model	Mohr-Coulomb
Unit Weight	21 kN/m ³	Unit Weight	18,5 kN/m ³
Cohesion'	22 KPA	Cohesion'	30 KPA
Phi'	28 °	Phi'	14 °
Suction Option	Constant	Suction Option	Constant
Phi-B	0 °	Phi-B	0 °
Use Steady-State Strength	No	Use Steady-State Strength	No
Apply Weight Above WT	UseDefault	Apply Weight Above WT	UseDefault
Pore Air Pressure	0 KPA	Pore Air Pressure	0 KPA

A continuación, se presentarán los factores de seguridad y la superficie de falla crítica encontrada en la modelación del talud 4 en condición estática por medio de los métodos de análisis de estabilidad de taludes usando dovelas (Fellenius, Bishop, Janbú, Spencer).

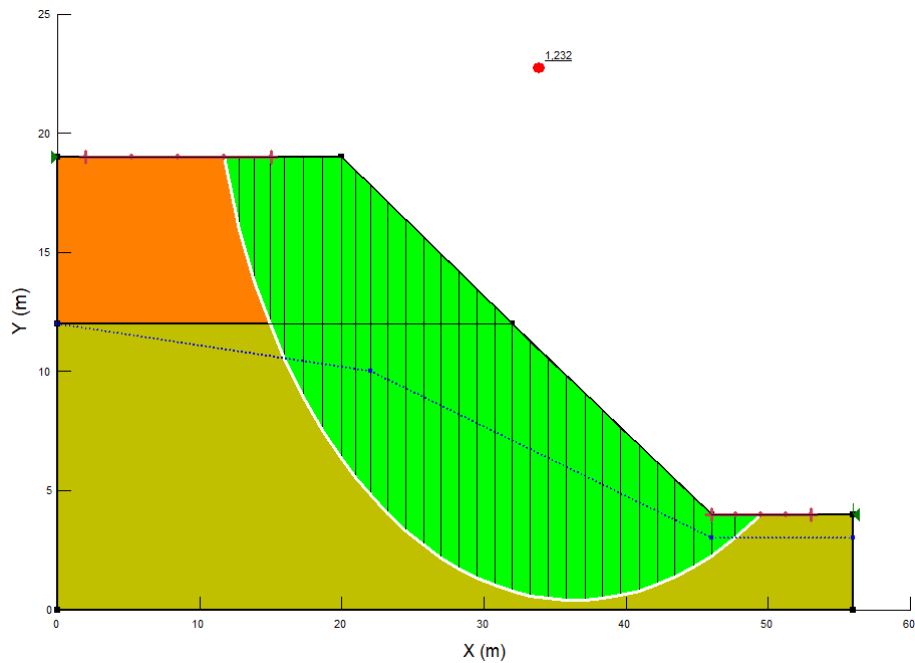
Método Ordinario o de Fellenius

Imagen 44. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 4 en condición estática (método de Fellenius)



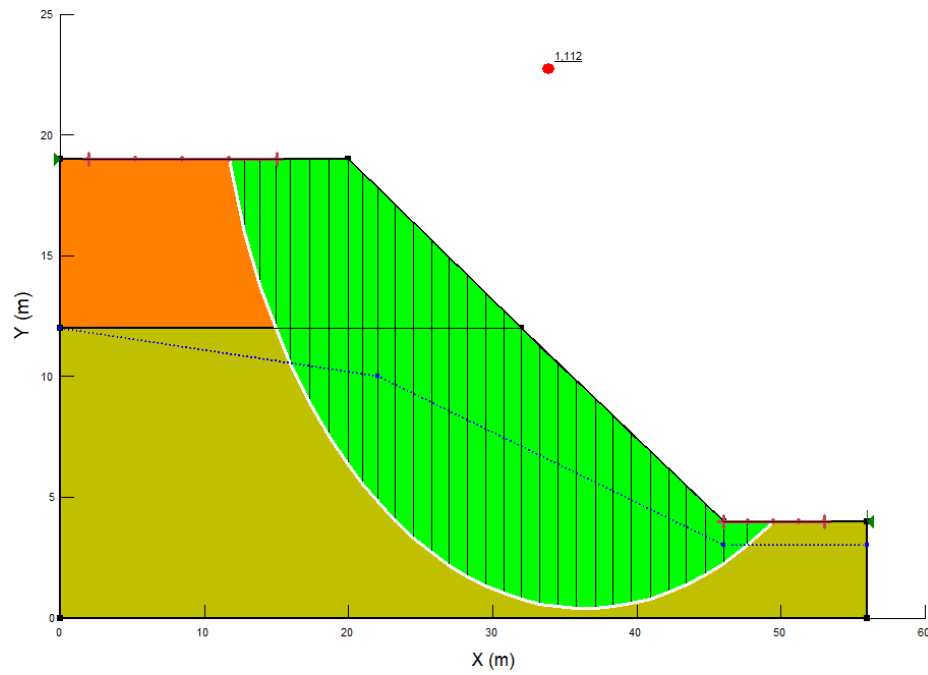
Método simplificado de Bishop

Imagen 45. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 4 en condición estática (método de Bishop)



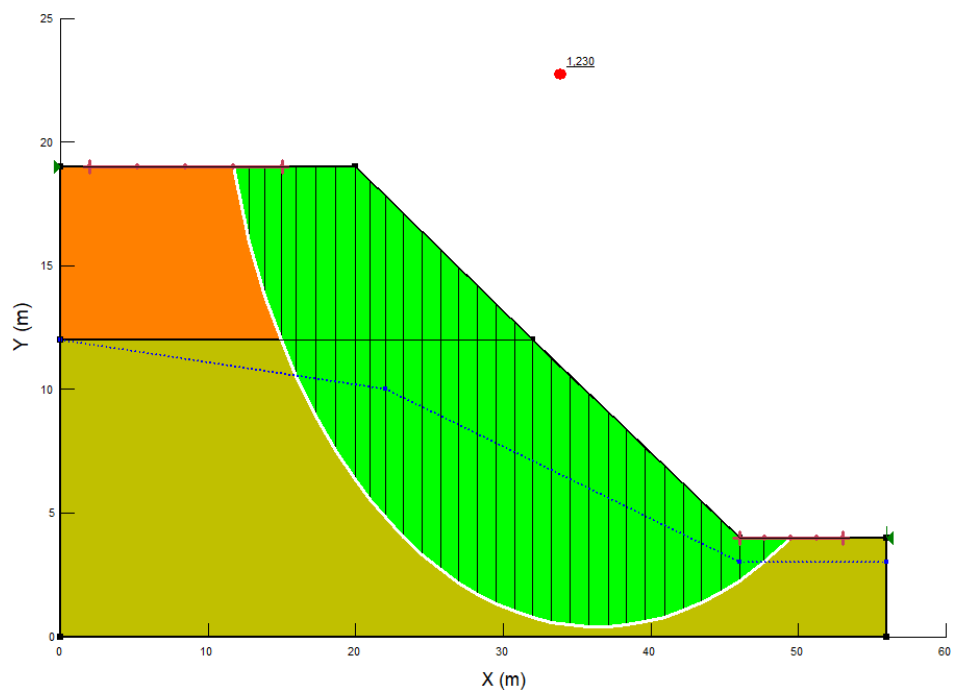
Método de Janbú

Imagen 46. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 4 en condición estática (método de Janbú)



Método de Spencer

Imagen 47. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 4 en condición estática (método de Spencer)



9.1.8. Talud 4. Condición dinámica

Luego de tener la geometría, se ingresaron las propiedades de los suelos que conforman este talud en el programa SLOPE/W para ejecutar la modelación del talud 4 en condición dinámica, estos parámetros fueron los siguientes

Imagen 48. Parámetros de resistencia de los suelos del talud 4 en condición dinámica en el programa SLOPE/W

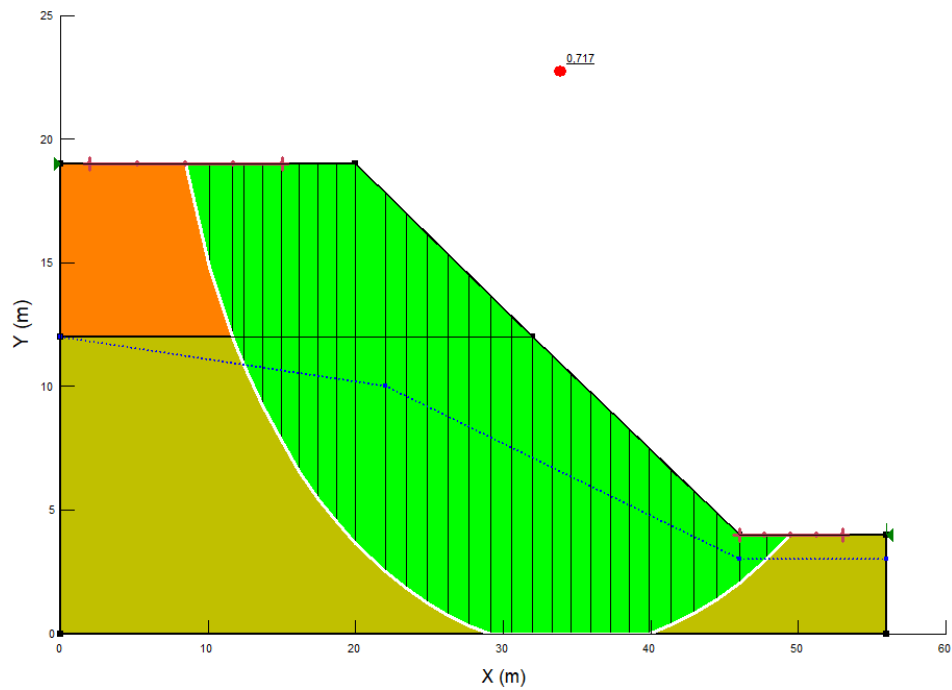
Material	Arena Limosa (SM)	Material	Arcilla de alta plasticidad saturada (CHsat)
... Name	Arena Limosa (SM)	... Name	Arcilla de alta plasticidad saturada (CHsat)
... Color		... Color	
... Model	Mohr-Coulomb	... Model	Mohr-Coulomb
... Unit Weight	21 kN/m ³	... Unit Weight	18,5 kN/m ³
... Cohesion'	22 KPA	... Cohesion'	30 KPA
... Phi'	28 °	... Phi'	14 °
... Suction Option	Constant	... Suction Option	Constant
... Phi-B	0 °	... Phi-B	0 °
... Use Steady-State Strength	No	... Use Steady-State Strength	No
... Apply Weight Above WT	UseDefault	... Apply Weight Above WT	UseDefault
... Pore Air Pressure	0 KPA	... Pore Air Pressure	0 KPA

Para la condición dinámica se utilizó un coeficiente sísmico Horizontal de 0.25 y coeficiente sísmico Vertical de 0 ya que las ecuaciones originales no tienen en cuenta el coeficiente vertical.

A continuación, se presentan los factores de seguridad y la superficie de falla crítica encontrada en la modelación del talud 4 en condición dinámica por medio de los métodos de análisis de estabilidad de taludes usando dovelas (Fellenius, Bishop, Janbú, Spencer).

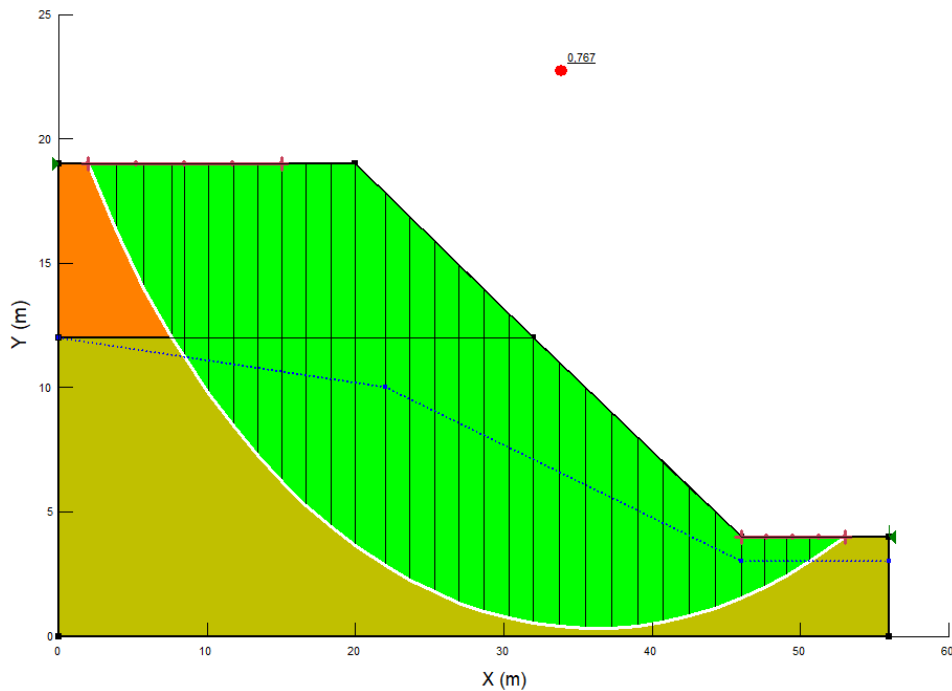
Método Ordinario o de Fellenius

Imagen 49. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 4 en condición dinámica (método de Fellenius)



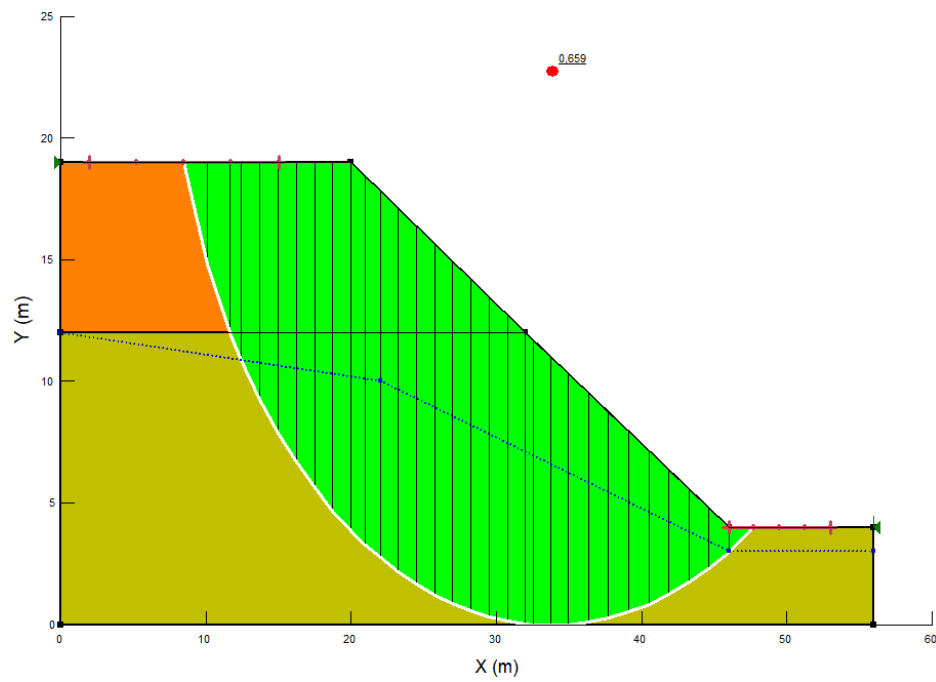
Método simplificado de Bishop

Imagen 50. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 4 en condición dinámica (método de Bishop)



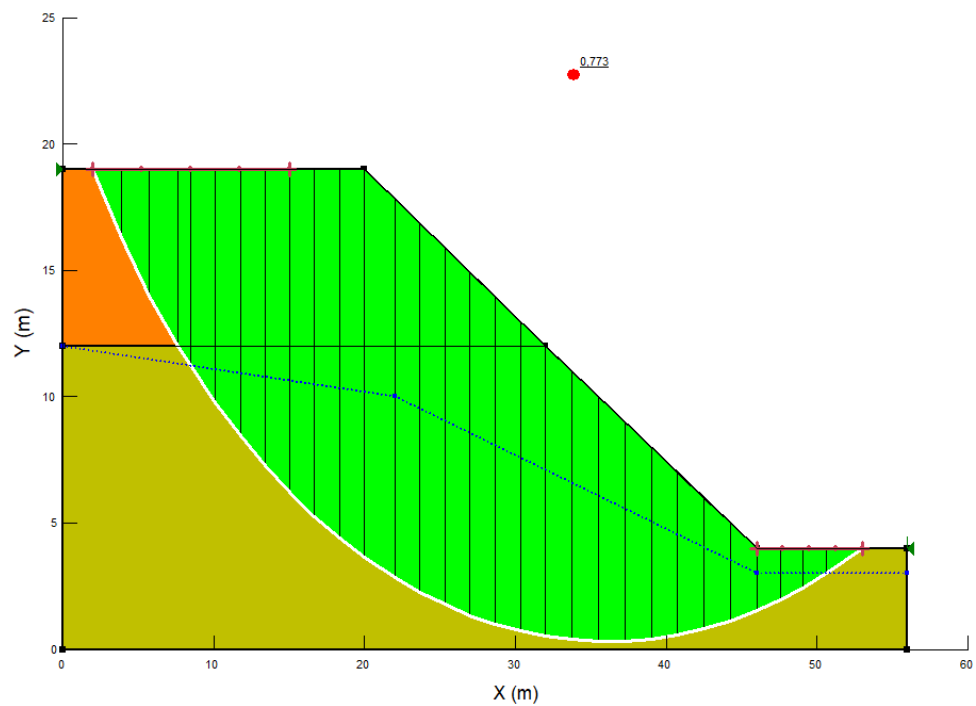
Método de Janbú

Imagen 51. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 4 en condición dinámica (método de Janbú)



Método de Spencer

Imagen 52. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 4 en condición dinámica (método de Spencer)



9.1.9. Talud 5. Condición estática

Antes de dibujar la geometría del talud en el SLOPE/W se deben introducir las propiedades y/o parámetros de los suelos para llevar a cabo la modelación. Para el talud 5 en condición estática se tomaron las siguientes propiedades

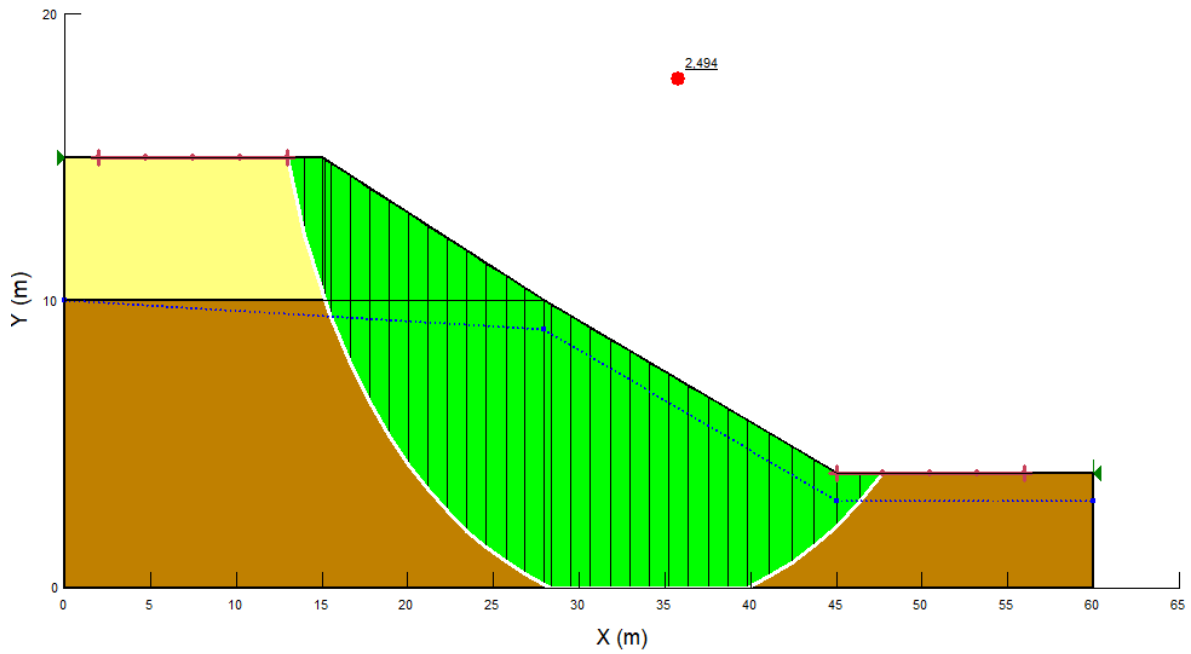
Imagen 53. Parámetros de resistencia de los suelos del talud 5 en condición estática en el programa SLOPE/W

Material	Limo de baja plasticidad (ML)	Material	Grava arcillosa saturada (GCsat)
Name	Limo de baja plasticidad (ML)	Name	Grava arcillosa saturada (GCsat)
Color		Color	
Model	Mohr-Coulomb	Model	Mohr-Coulomb
Unit Weight	19 kN/m ³	Unit Weight	22,5 kN/m ³
Cohesion'	35 KPA	Cohesion'	20 KPA
Phi'	25 °	Phi'	35 °
Suction Option	Constant	Suction Option	Constant
Phi-B	0 °	Phi-B	0 °
Use Steady-State Strength	No	Use Steady-State Strength	No
Apply Weight Above WT	UseDefault	Apply Weight Above WT	UseDefault
Pore Air Pressure	0 KPA	Pore Air Pressure	0 KPA

A continuación, se presentarán los factores de seguridad y la superficie de falla crítica encontrada en la modelación del talud 5 en condición estática por medio de los métodos de análisis de estabilidad de taludes usando dovelas (Fellenius, Bishop, Janbú, Spencer).

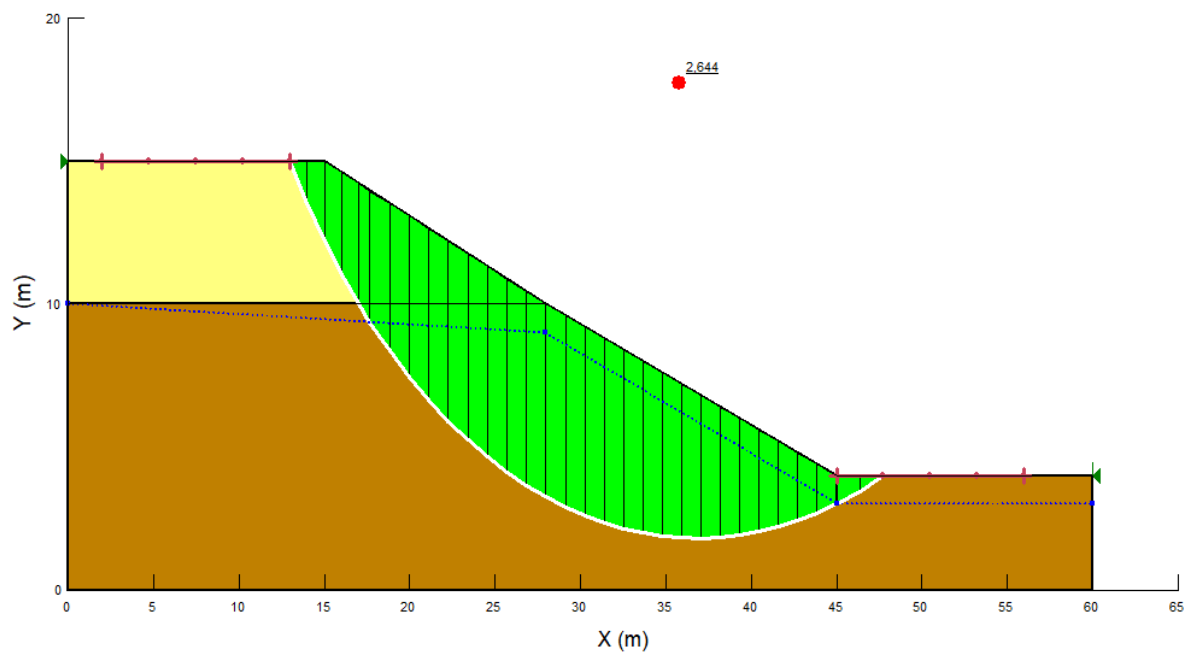
Método Ordinario o de Fellenius

Imagen 54. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 5 en condición estática (método de Fellenius)



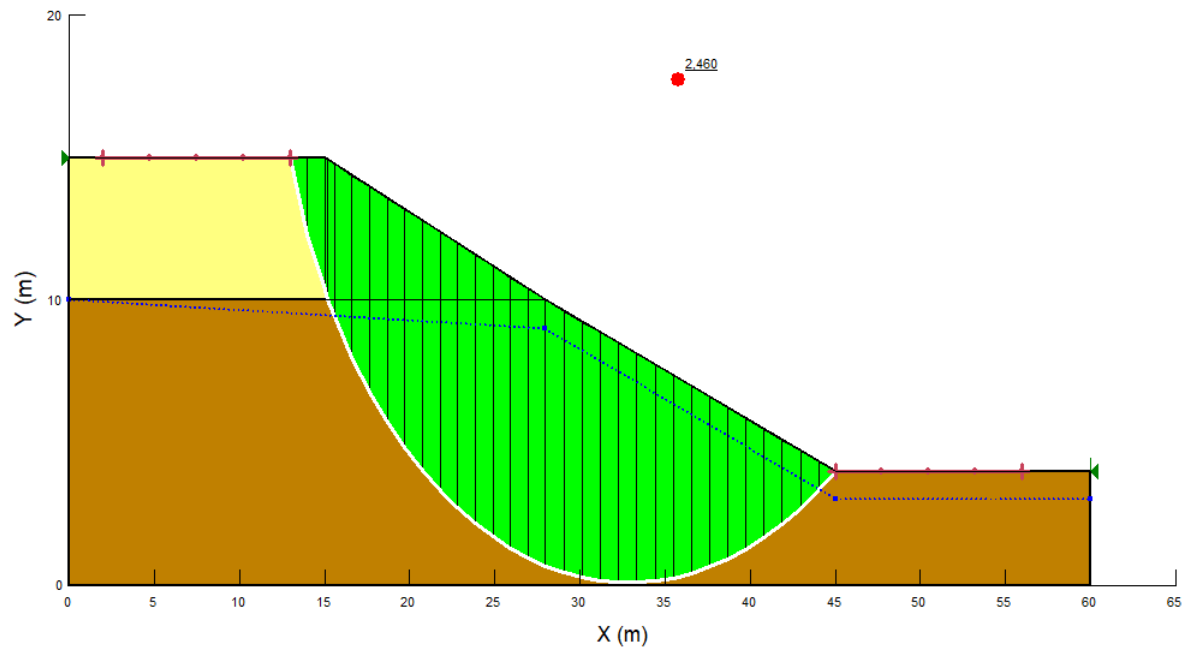
Método simplificado de Bishop

Imagen 55. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 5 en condición estática (método de Bishop)



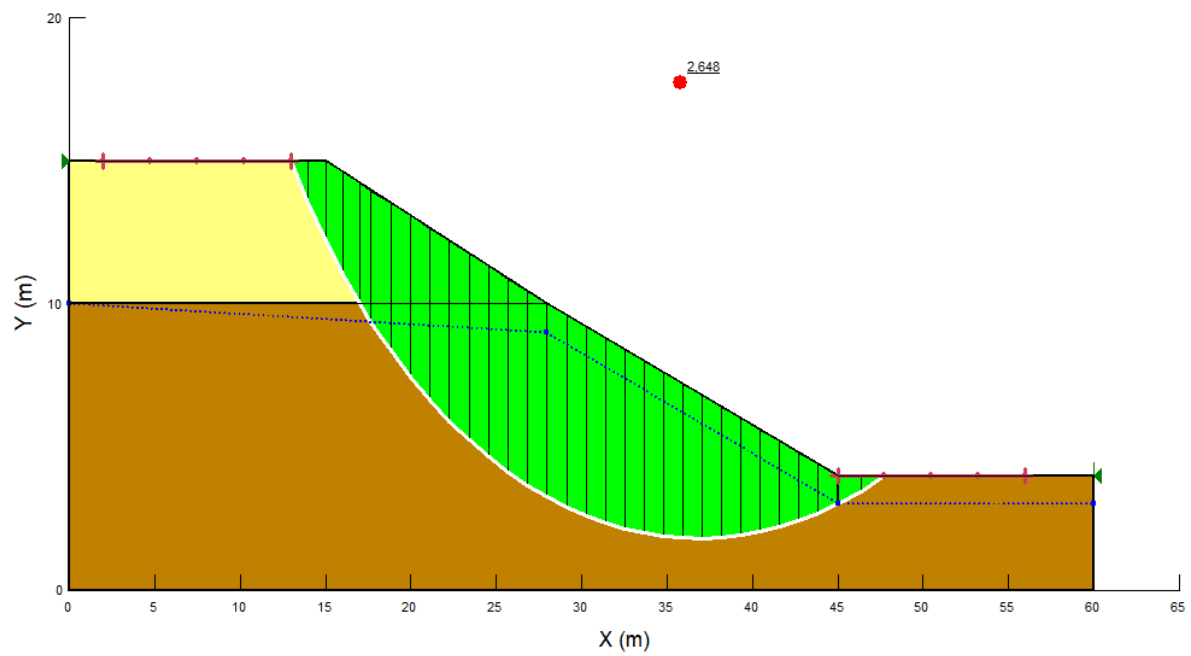
Método de Janbú

Imagen 56. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 5 en condición estática (método de Janbú)



Método de Spencer

Imagen 57. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 5 en condición estática (método de Spencer)



9.1.10. Talud 5. Condición dinámica

Luego de tener la geometría, se ingresaron las propiedades de los suelos que conforman este talud en el programa SLOPE/W para ejecutar la modelación del talud 5 en condición dinámica, estos parámetros fueron los siguientes

Imagen 58. Parámetros de resistencia de los suelos del talud 5 en condición dinámica en el programa SLOPE/W

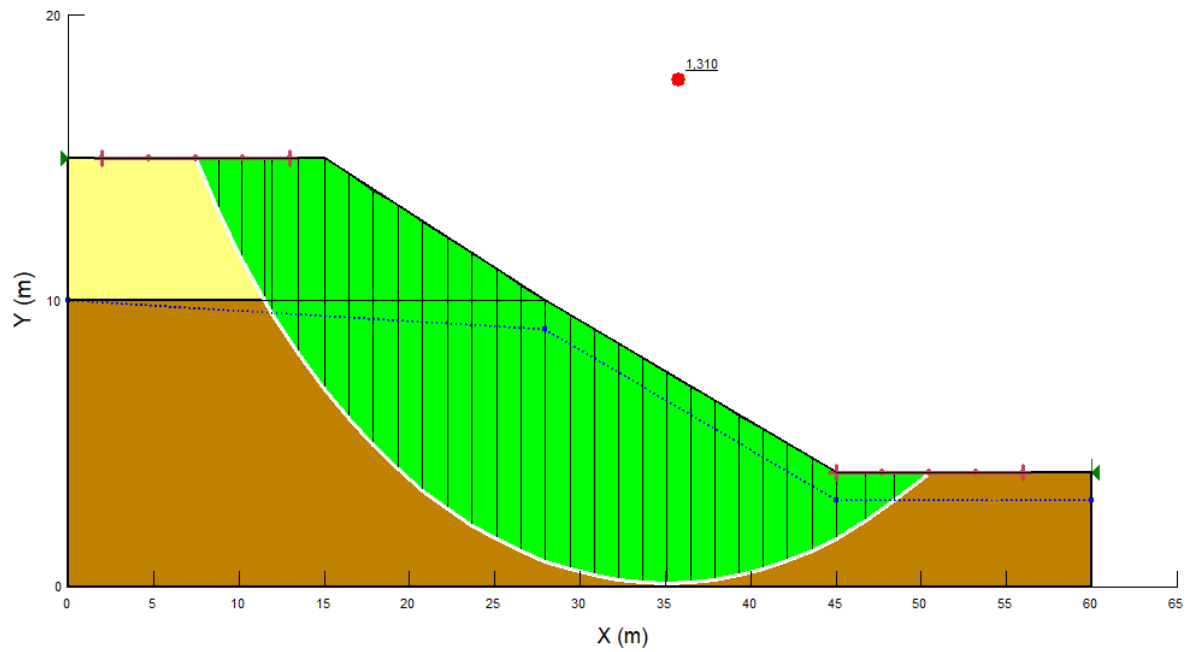
Material	Limo de baja plasticidad (ML)	Material	Grava arcillosa saturada (GCsat)
Name	Limo de baja plasticidad (ML)	Name	Grava arcillosa saturada (GCsat)
Color		Color	
Model	Mohr-Coulomb	Model	Mohr-Coulomb
Unit Weight	19 kN/m ³	Unit Weight	22,5 kN/m ³
Cohesion'	35 KPA	Cohesion'	20 KPA
Phi'	25 °	Phi'	35 °
Suction Option	Constant	Suction Option	Constant
Phi-B	0 °	Phi-B	0 °
Use Steady-State Strength	No	Use Steady-State Strength	No
Apply Weight Above WT	UseDefault	Apply Weight Above WT	UseDefault
Pore Air Pressure	0 KPA	Pore Air Pressure	0 KPA

Para la condición dinámica se utilizó un coeficiente sísmico Horizontal de 0.25 y coeficiente sísmico Vertical de 0 ya que las ecuaciones originales no tienen en cuenta el coeficiente vertical.

A continuación, se presentan los factores de seguridad y la superficie de falla crítica encontrada en la modelación del talud 5 en condición dinámica por medio de los métodos de análisis de estabilidad de taludes usando dovelas (Fellenius, Bishop, Janbú, Spencer).

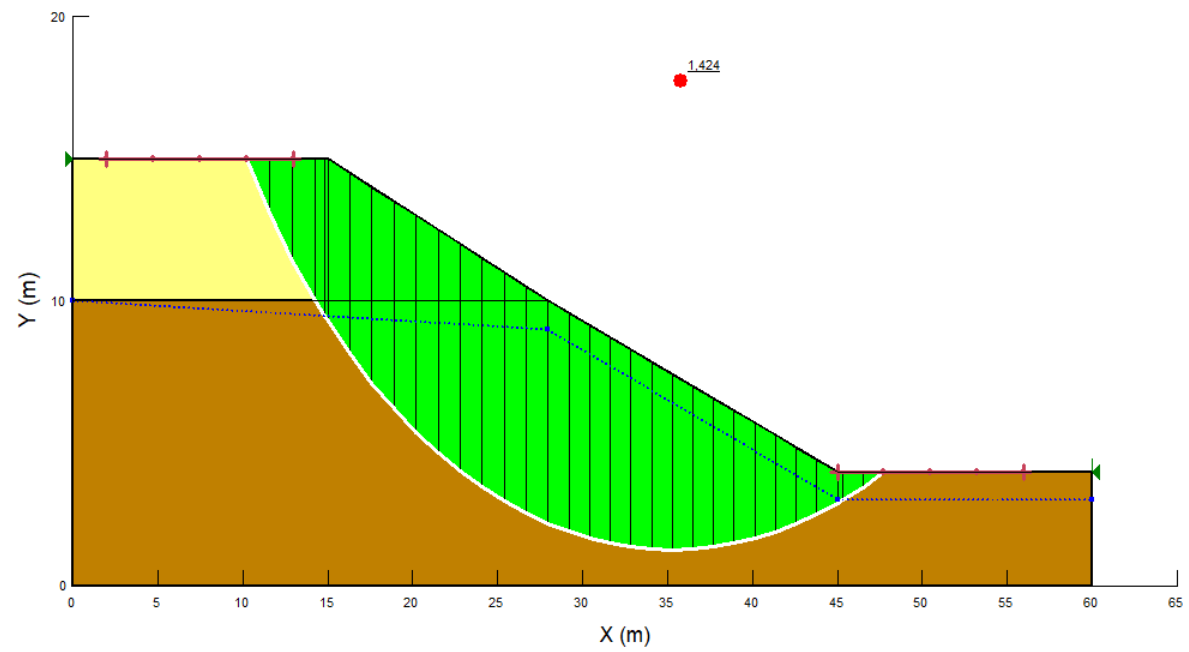
Método Ordinario o de Fellenius

Imagen 59. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 5 en condición dinámica (método de Fellenius)



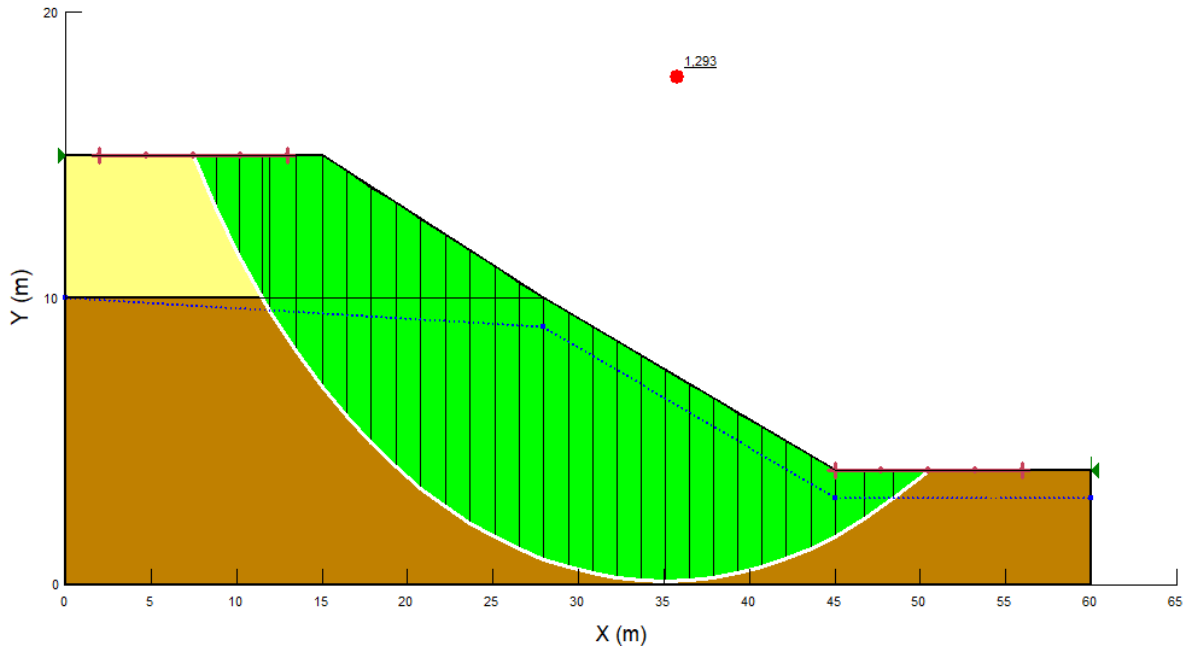
Método simplificado de Bishop

Imagen 60. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 5 en condición dinámica (método de Bishop)



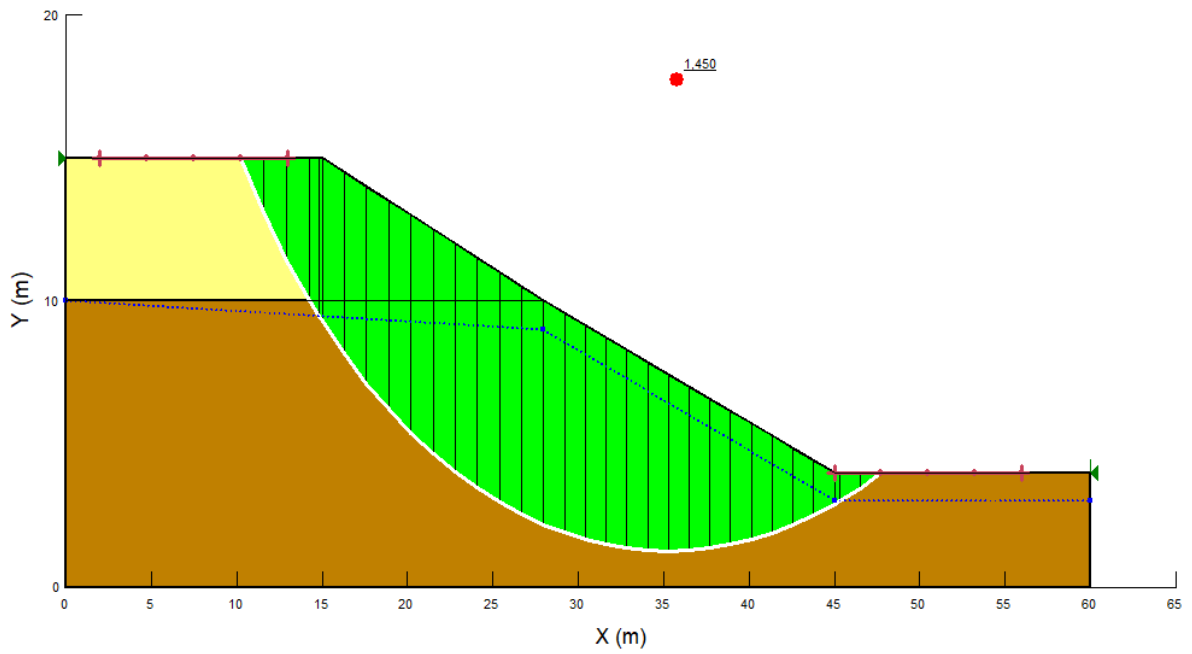
Método de Janbú

Imagen 61. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 5 en condición dinámica (método de Janbú)



Método de Spencer

Imagen 62. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 5 en condición dinámica (método de Spencer)



9.1.11. Talud 6. Condición estática

Antes de dibujar la geometría del talud en el SLOPE/W se deben introducir las propiedades y/o parámetros de los suelos para llevar a cabo la modelación. Para el talud 6 en condición estática se tomaron las siguientes propiedades

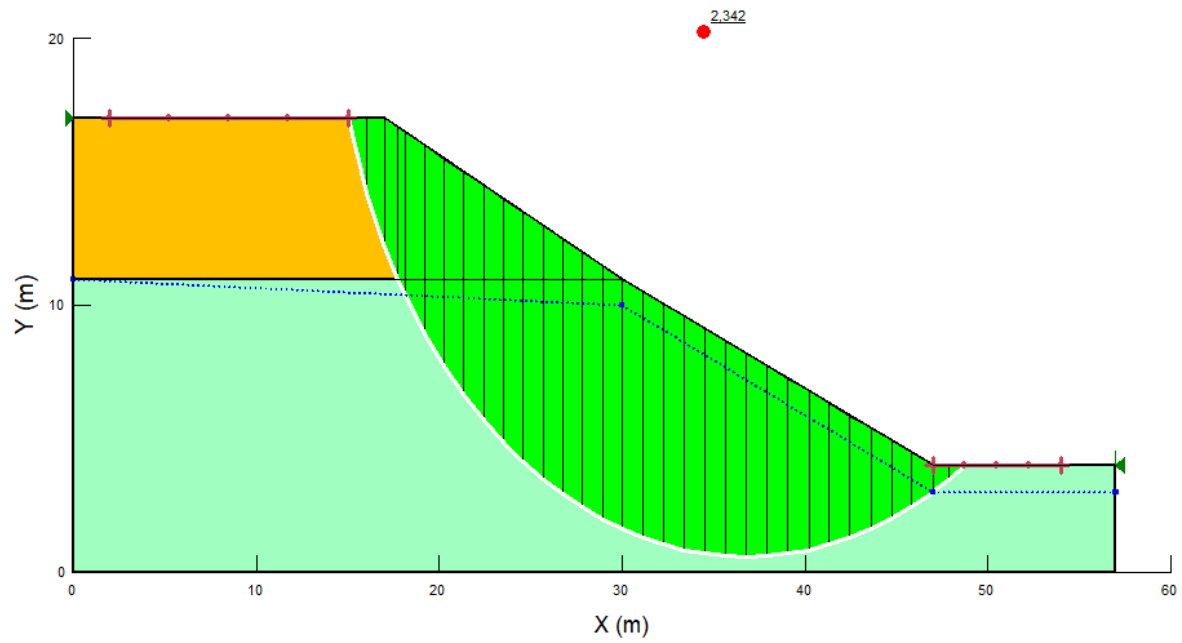
Imagen 63. Parámetros de resistencia de los suelos del talud 6 en condición estática en el programa SLOPE/W

Material	Arena arcillosa (SC)	Material	Grava limosa saturada (GMsat)
... Name	Arena arcillosa (SC)	... Name	Grava limosa saturada (GMsat)
... Color		... Color	
... Model	Mohr-Coulomb	... Model	Mohr-Coulomb
... Unit Weight	19 kN/m ³	... Unit Weight	23 kN/m ³
... Cohesion'	30 KPA	... Cohesion'	25 KPA
... Phi'	25 °	... Phi'	37 °
... Suction Option	Constant	... Suction Option	Constant
... Phi-B	0 °	... Phi-B	0 °
... Use Steady-State Strength	No	... Use Steady-State Strength	No
... Apply Weight Above WT	UseDefault	... Apply Weight Above WT	UseDefault
... Pore Air Pressure	0 KPA	... Pore Air Pressure	0 KPA

A continuación, se presentarán los factores de seguridad y la superficie de falla crítica encontrada en la modelación del talud 6 en condición estática por medio de los métodos de análisis de estabilidad de taludes usando dovelas (Fellenius, Bishop, Janbú, Spencer).

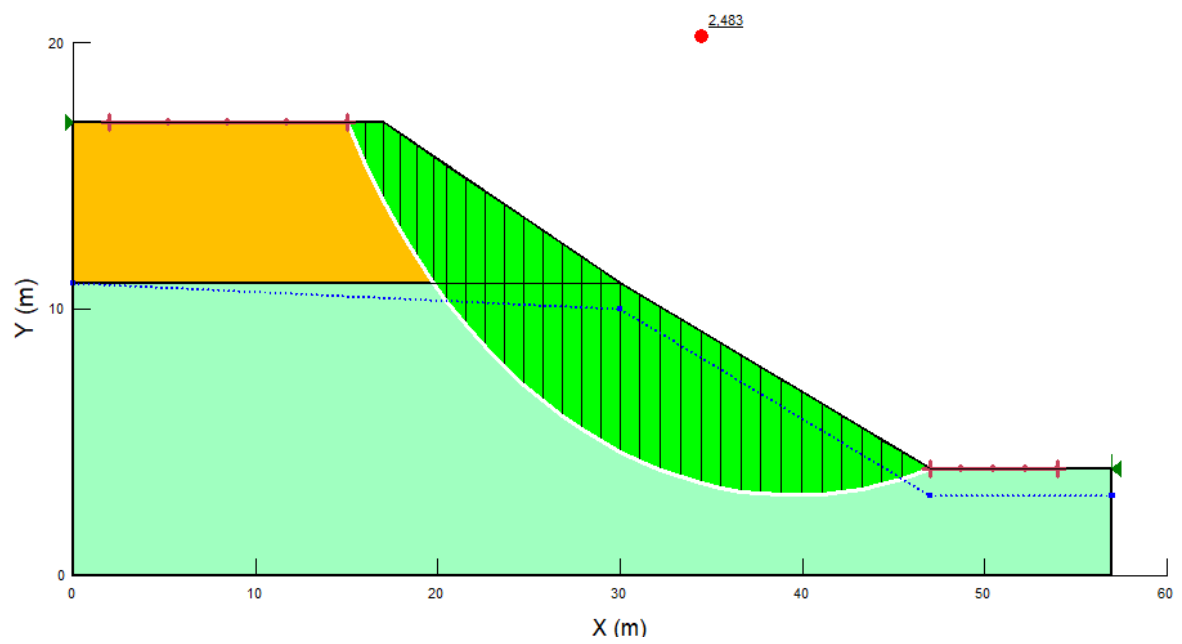
Método Ordinario o de Fellenius

Imagen 64. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 6 en condición dinámica (método de Fellenius)



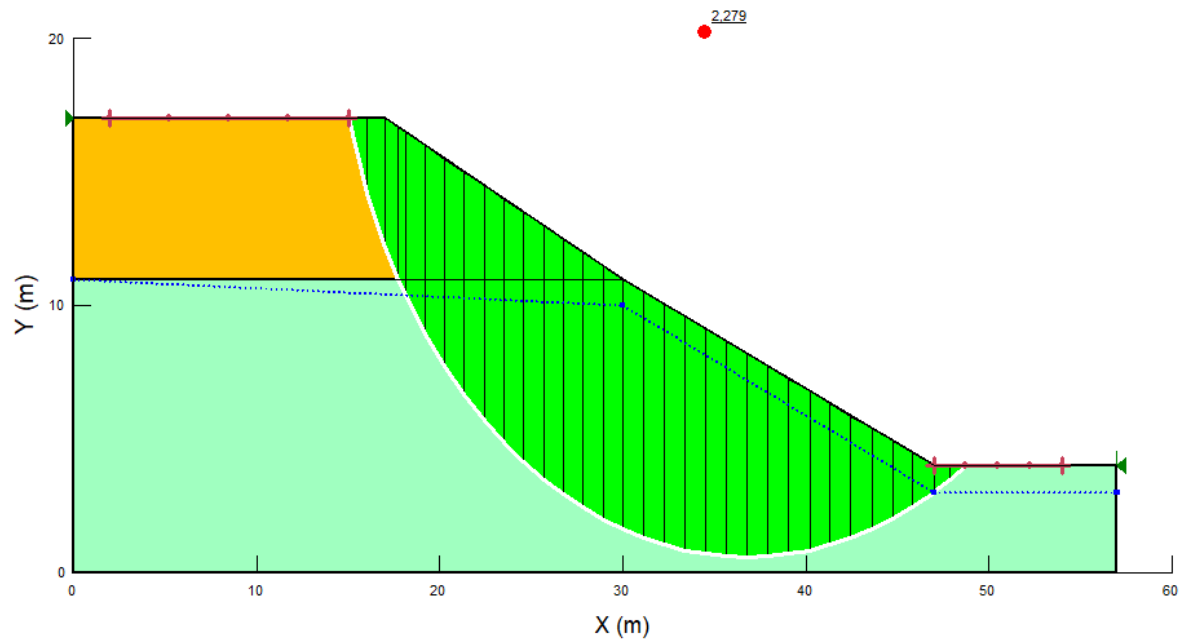
Método simplificado de Bishop

Imagen 65. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 6 en condición estática (método de Bishop)



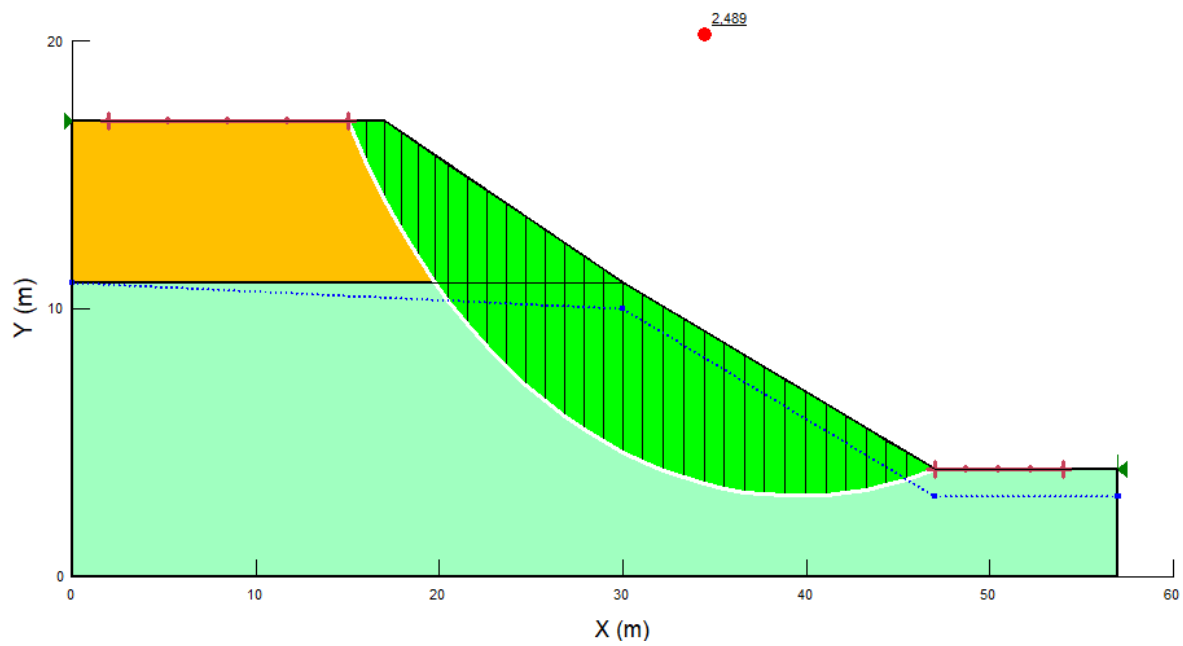
Método de Janbú

Imagen 66. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 6 en condición estática (método de Janbú)



Método de Spencer

Imagen 67. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 6 en condición estática (método de Spencer)



9.1.12. Talud 6. Condición dinámica

Luego de tener la geometría, se ingresaron las propiedades de los suelos que conforman este talud en el programa SLOPE/W para ejecutar la modelación del talud 6 en condición dinámica, estos parámetros fueron los siguientes

Imagen 68. Parámetros de resistencia de los suelos del talud 6 en condición dinámica en el programa SLOPE/W

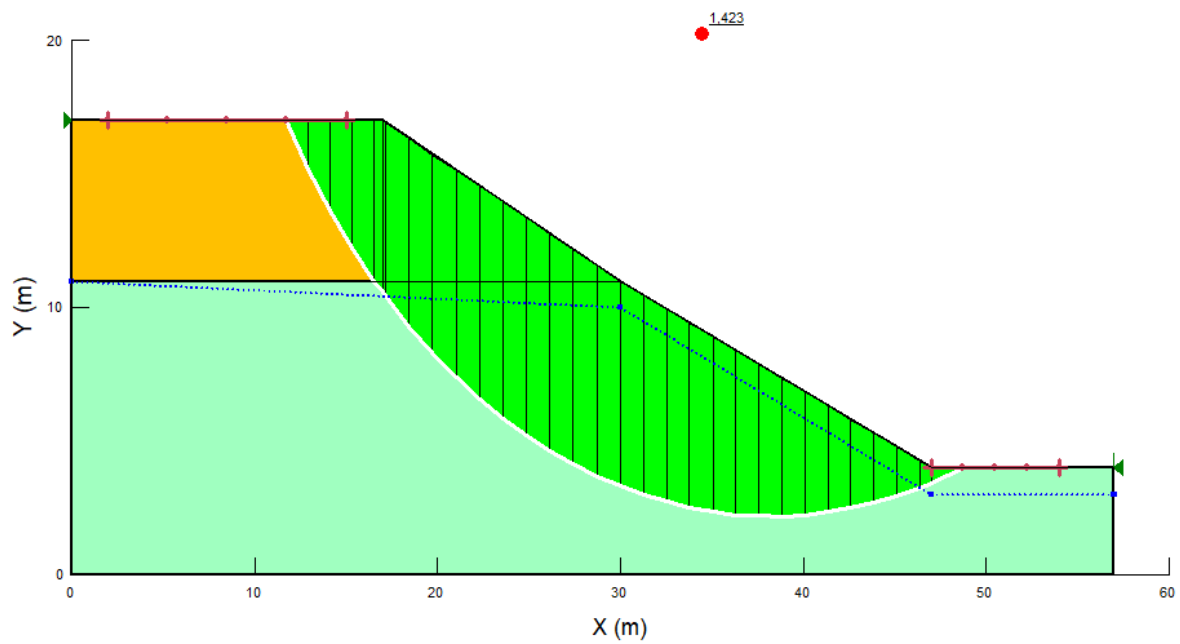
Material	Arena arcillosa (SC)	Material	Grava limosa saturada (GMsat)
... Name	Arena arcillosa (SC)	... Name	Grava limosa saturada (GMsat)
... Color		... Color	
... Model	Mohr-Coulomb	... Model	Mohr-Coulomb
... Unit Weight	19 kN/m ³	... Unit Weight	23 kN/m ³
... Cohesion'	30 KPA	... Cohesion'	25 KPA
... Phi'	25 °	... Phi'	37 °
... Suction Option	Constant	... Suction Option	Constant
... Phi-B	0 °	... Phi-B	0 °
... Use Steady-State Strength	No	... Use Steady-State Strength	No
... Apply Weight Above WT	UseDefault	... Apply Weight Above WT	UseDefault
... Pore Air Pressure	0 KPA	... Pore Air Pressure	0 KPA

Para la condición dinámica se utilizó un coeficiente sísmico Horizontal de 0.25 y coeficiente sísmico Vertical de 0 ya que las ecuaciones originales no tienen en cuenta el coeficiente vertical.

A continuación, se presentan los factores de seguridad y la superficie de falla crítica encontrada en la modelación del talud 6 en condición dinámica por medio de los métodos de análisis de estabilidad de taludes usando dovelas (Fellenius, Bishop, Janbú, Spencer).

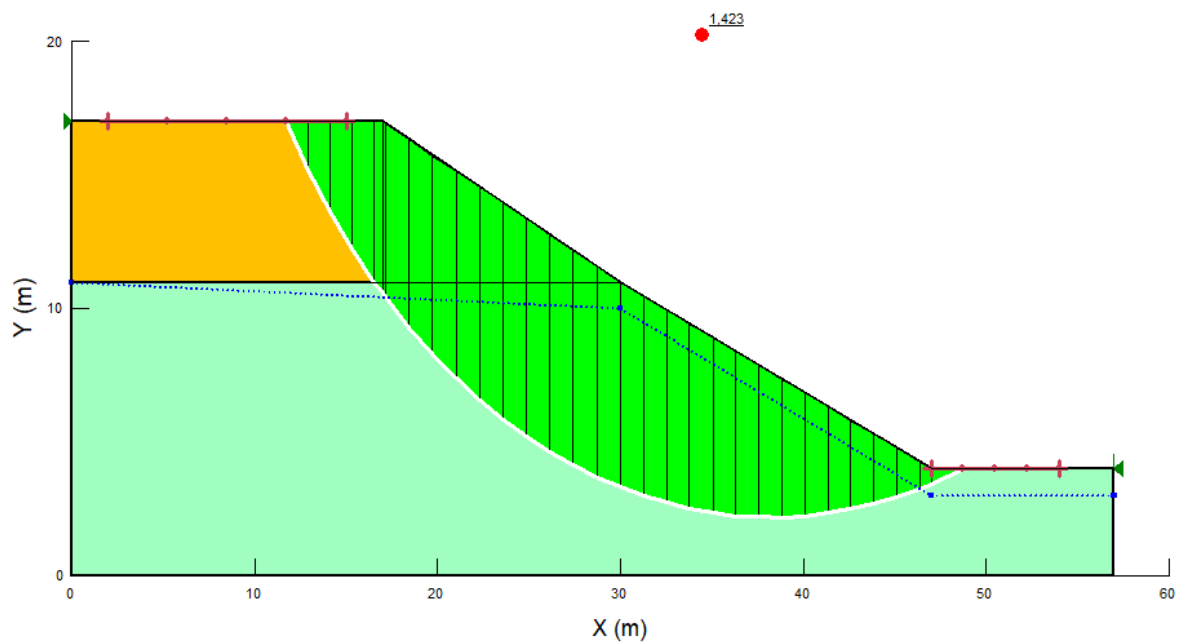
Método Ordinario o de Fellenius

Imagen 69. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 6 en condición dinámica (método de Fellenius)



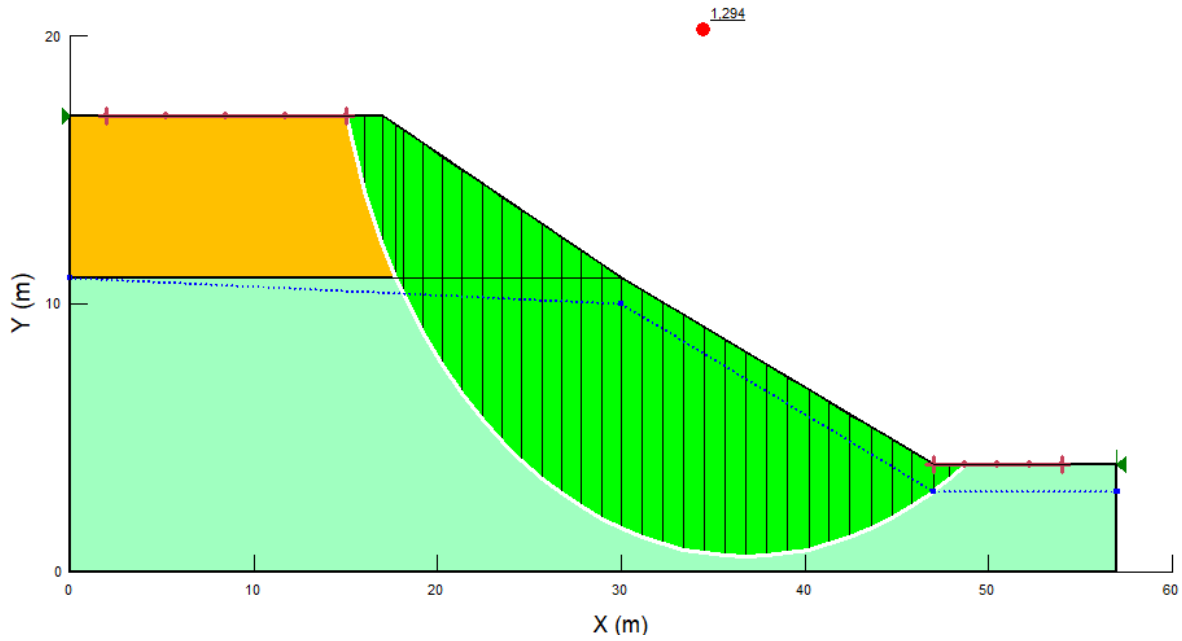
Método simplificado de Bishop

Imagen 70. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 6 en condición dinámica (método de Bishop)



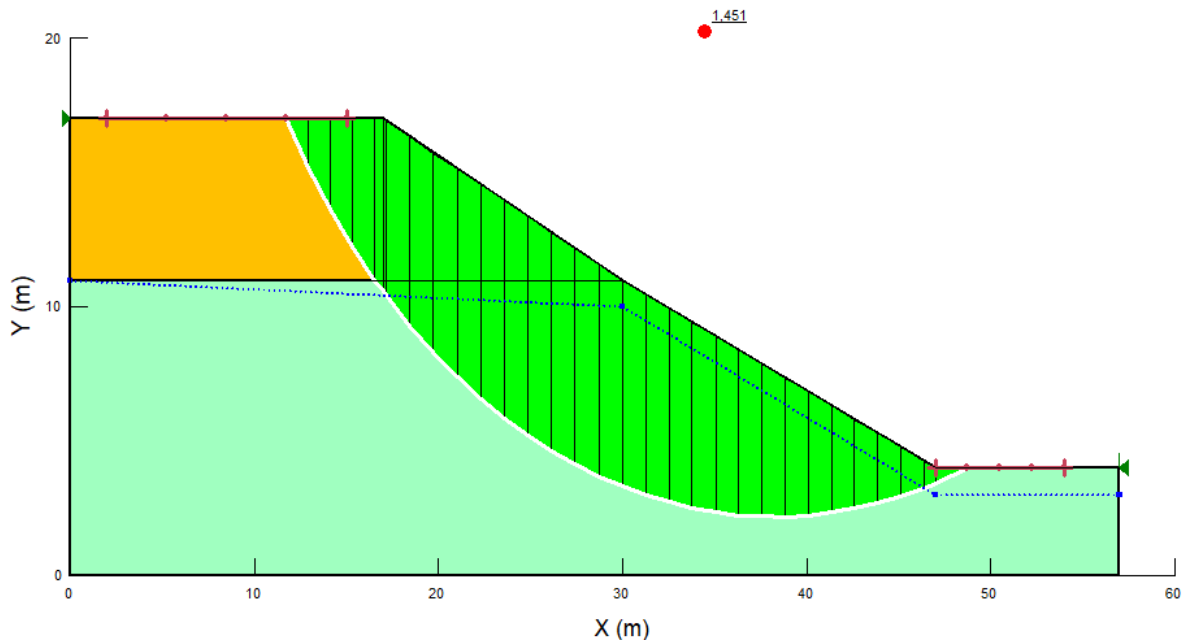
Método de Janbú

Imagen 71. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 6 en condición dinámica (método de Janbú)



Método de Spencer

Imagen 72. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 6 en condición dinámica (método de Spencer)



9.1.13. Talud 7. Condición estática

Antes de dibujar la geometría del talud en el SLOPE/W se deben introducir las propiedades y/o parámetros de los suelos para llevar a cabo la modelación. Para el talud 7 en condición estática se tomaron las siguientes propiedades

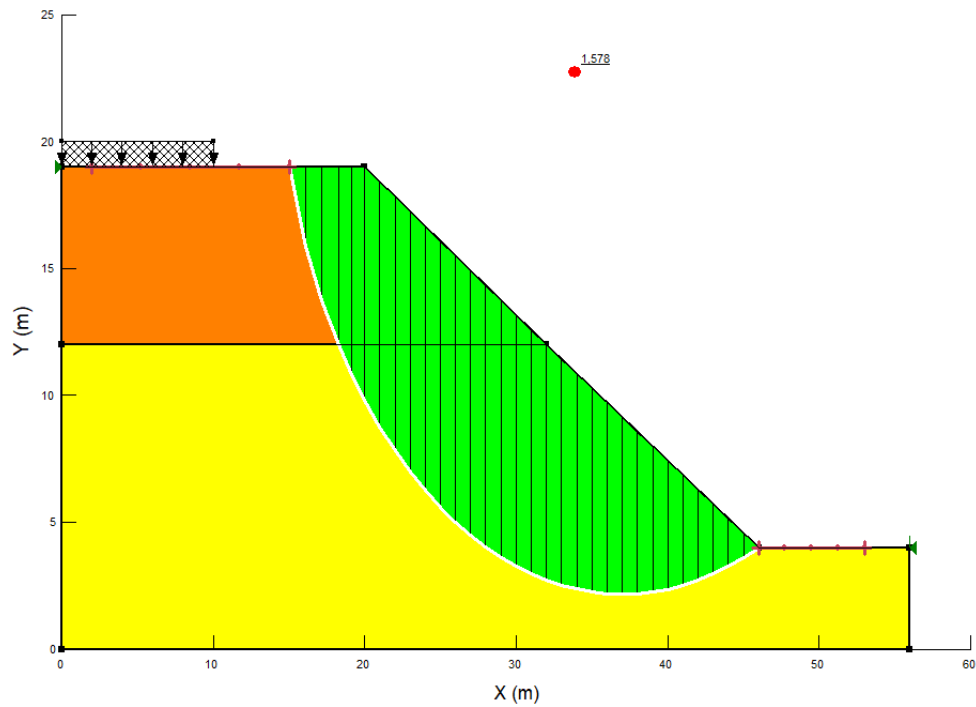
Imagen 73. Parámetros de resistencia de los suelos del talud 7 en condición estática en el programa SLOPE/W

Material	Arena Limosa (SM)	Material	Arcilla de alta plasticidad (CH)
Name	Arena Limosa (SM)	Name	Arcilla de alta plasticidad (CH)
Color		Color	
Model	Mohr-Coulomb	Model	Mohr-Coulomb
Unit Weight	21 kN/m ³	Unit Weight	16,5 kN/m ³
Cohesion'	22 KPA	Cohesion'	40 KPA
Phi'	28 °	Phi'	16 °
Suction Option	Constant	Suction Option	Constant
Phi-B	0 °	Phi-B	0 °
Use Steady-State Strength	No	Use Steady-State Strength	No
Apply Weight Above WT	UseDefault	Apply Weight Above WT	UseDefault
Pore Air Pressure	0 KPA	Pore Air Pressure	0 KPA

A continuación, se presentarán los factores de seguridad y la superficie de falla crítica encontrada en la modelación del talud 7 en condición estática por medio de los métodos de análisis de estabilidad de taludes usando dovelas (Fellenius, Bishop, Janbú, Spencer).

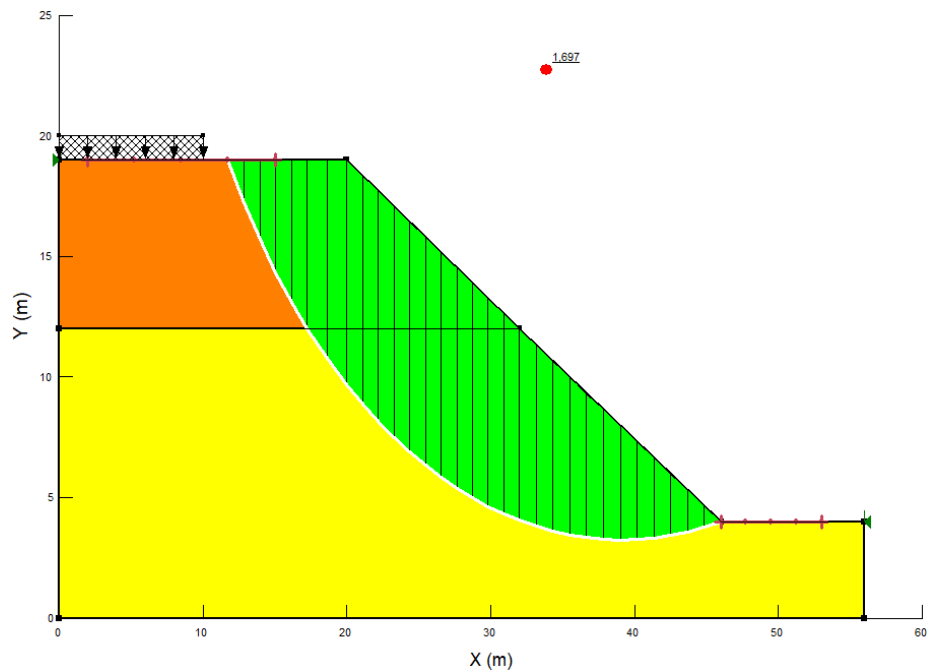
Método Ordinario o de Fellenius

Imagen 74. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 7 en condición estática (método de Fellenius)



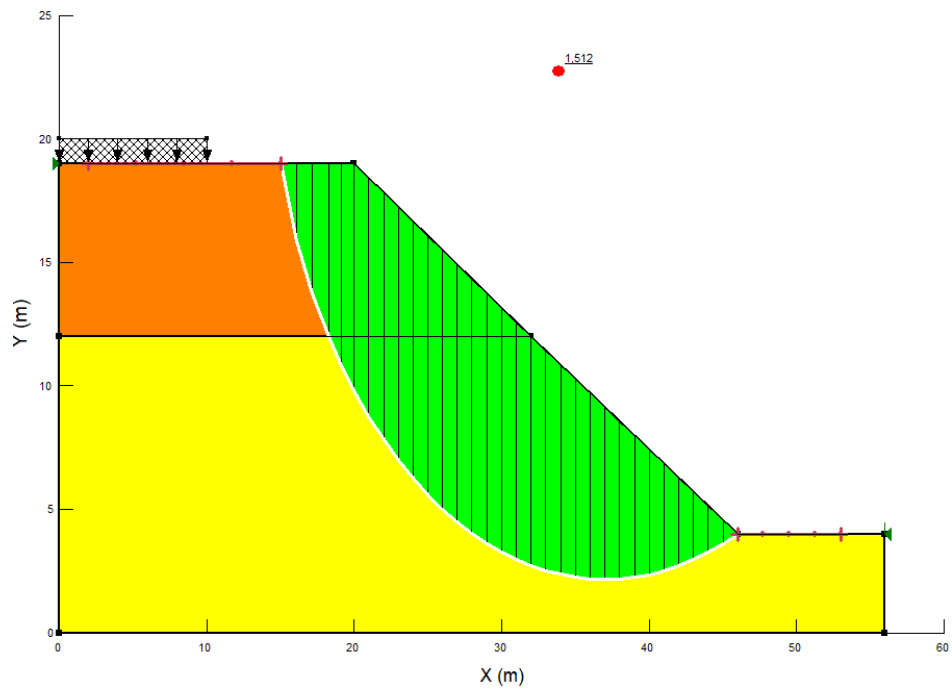
Método simplificado de Bishop

Imagen 75. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 7 en condición estática (método de Bishop)



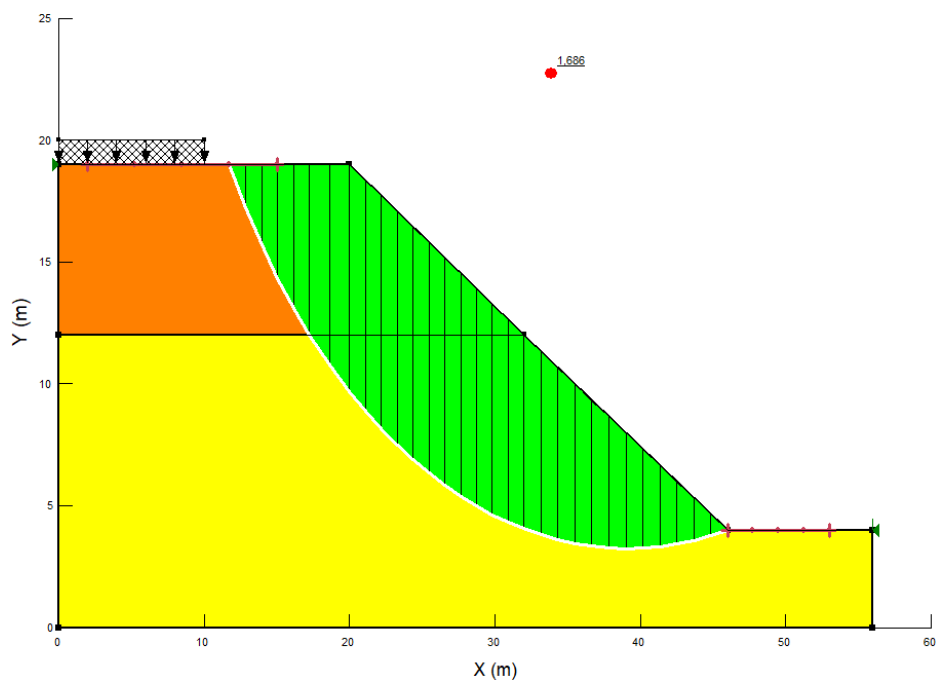
Método de Janbú

Imagen 76. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 7 en condición estática (método de Janbú)



Método de Spencer

Imagen 77. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 7 en condición estática (método de Spencer)



9.1.14. Talud 7. Condición dinámica

Luego de tener la geometría, se ingresaron las propiedades de los suelos que conforman este talud en el programa SLOPE/W para ejecutar la modelación del talud 7 en condición dinámica, estos parámetros fueron los siguientes

Imagen 78. Parámetros de resistencia de los suelos del talud 7 en condición dinámica en el programa SLOPE/W

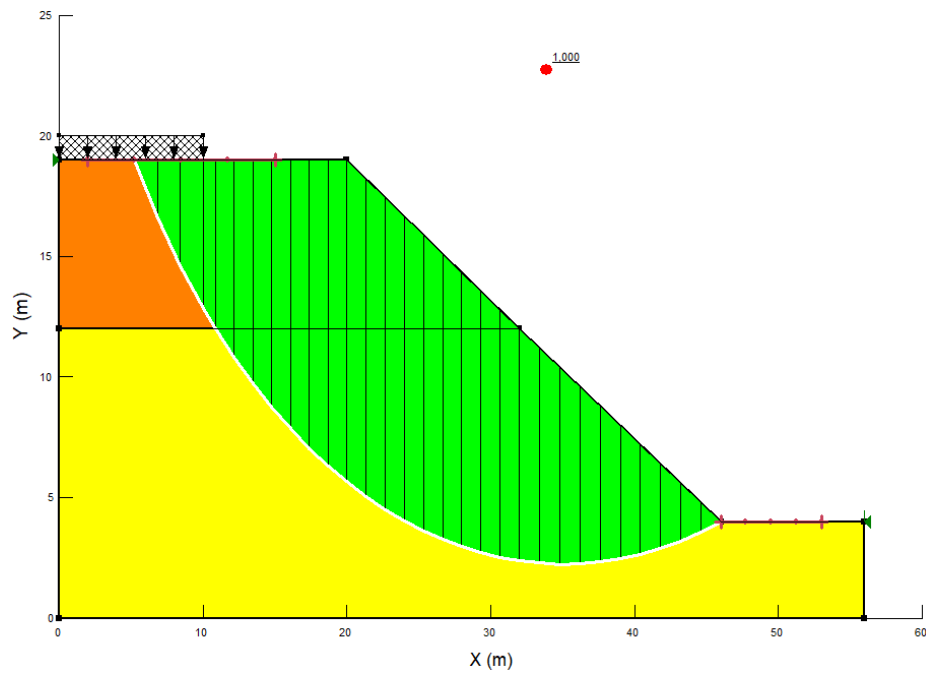
Material	Arena Limosa (SM)	Material	Arcilla de alta plasticidad (CH)
Name	Arena Limosa (SM)	Name	Arcilla de alta plasticidad (CH)
Color		Color	
Model	Mohr-Coulomb	Model	Mohr-Coulomb
Unit Weight	21 kN/m ³	Unit Weight	16,5 kN/m ³
Cohesion'	22 KPA	Cohesion'	40 KPA
Phi'	28 °	Phi'	16 °
Suction Option	Constant	Suction Option	Constant
Phi-B	0 °	Phi-B	0 °
Use Steady-State Strength	No	Use Steady-State Strength	No
Apply Weight Above WT	UseDefault	Apply Weight Above WT	UseDefault
Pore Air Pressure	0 KPA	Pore Air Pressure	0 KPA

Para la condición dinámica se utilizó un coeficiente sísmico Horizontal de 0.25 y coeficiente sísmico Vertical de 0 ya que las ecuaciones originales no tienen en cuenta el coeficiente vertical.

A continuación, se presentan los factores de seguridad y la superficie de falla crítica encontrada en la modelación del talud 7 en condición dinámica por medio de los métodos de análisis de estabilidad de taludes usando dovelas (Fellenius, Bishop, Janbú, Spencer).

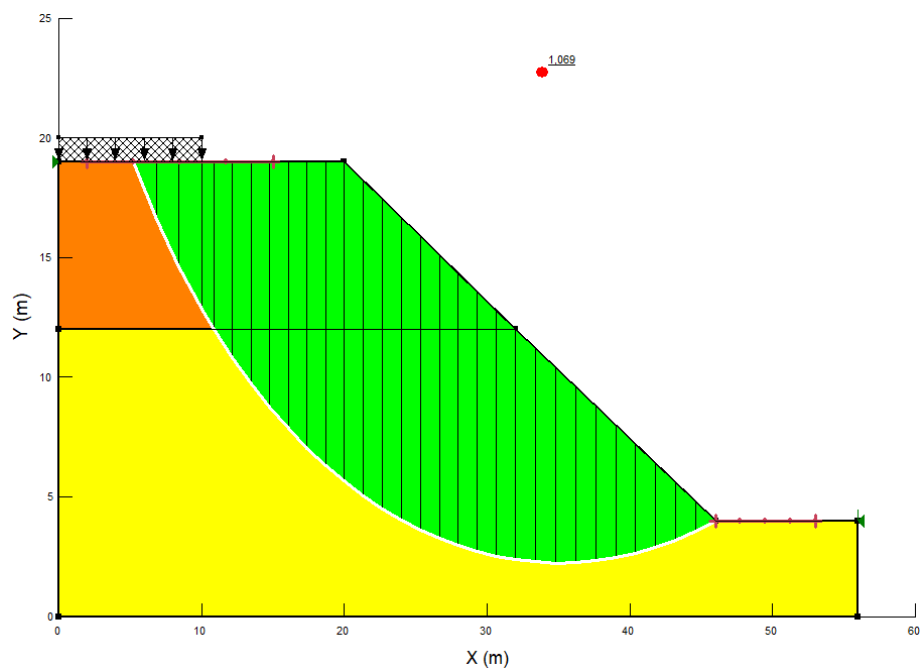
Método Ordinario o de Fellenius

Imagen 79. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 7 en condición dinámica (método de Fellenius)



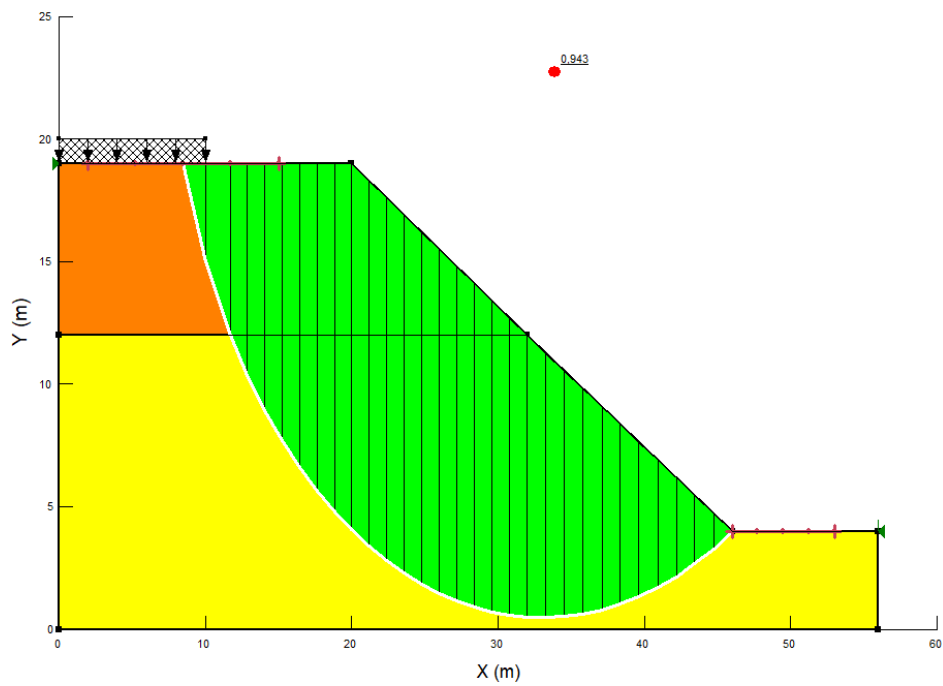
Método simplificado de Bishop

Imagen 80. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 7 en condición dinámica (método de Bishop)



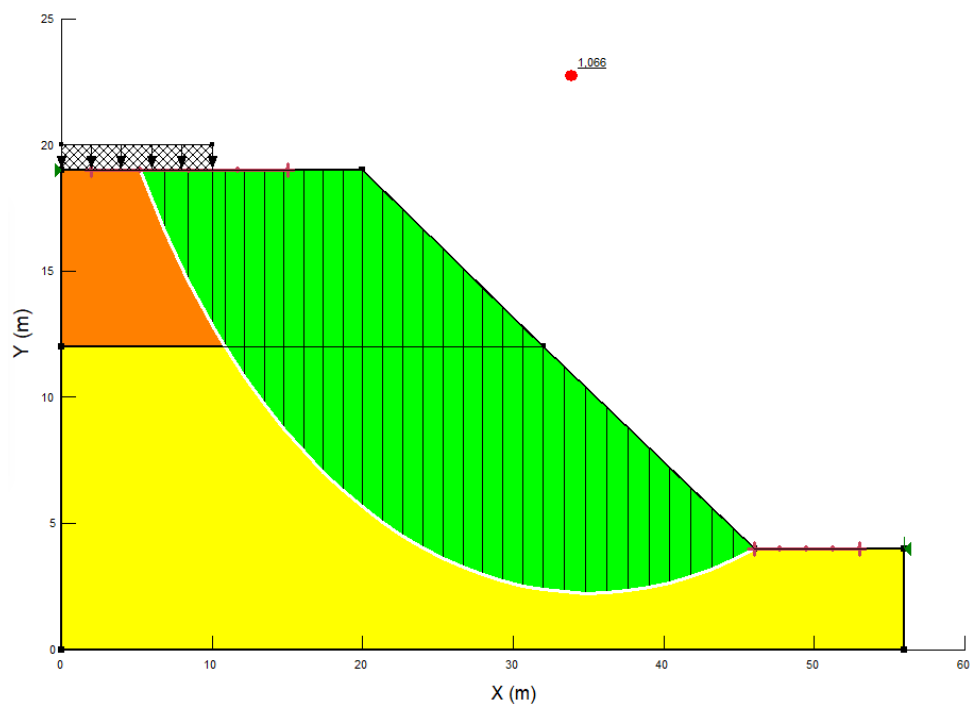
Método de Janbú

Imagen 81. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 7 en condición dinámica (método de Janbú)



Método de Spencer

Imagen 82. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 7 en condición dinámica (método de Spencer)



9.1.15. Talud 8. Condición estática

Antes de dibujar la geometría del talud en el SLOPE/W se deben introducir las propiedades y/o parámetros de los suelos para llevar a cabo la modelación. Para el talud 8 en condición estática se tomaron las siguientes propiedades

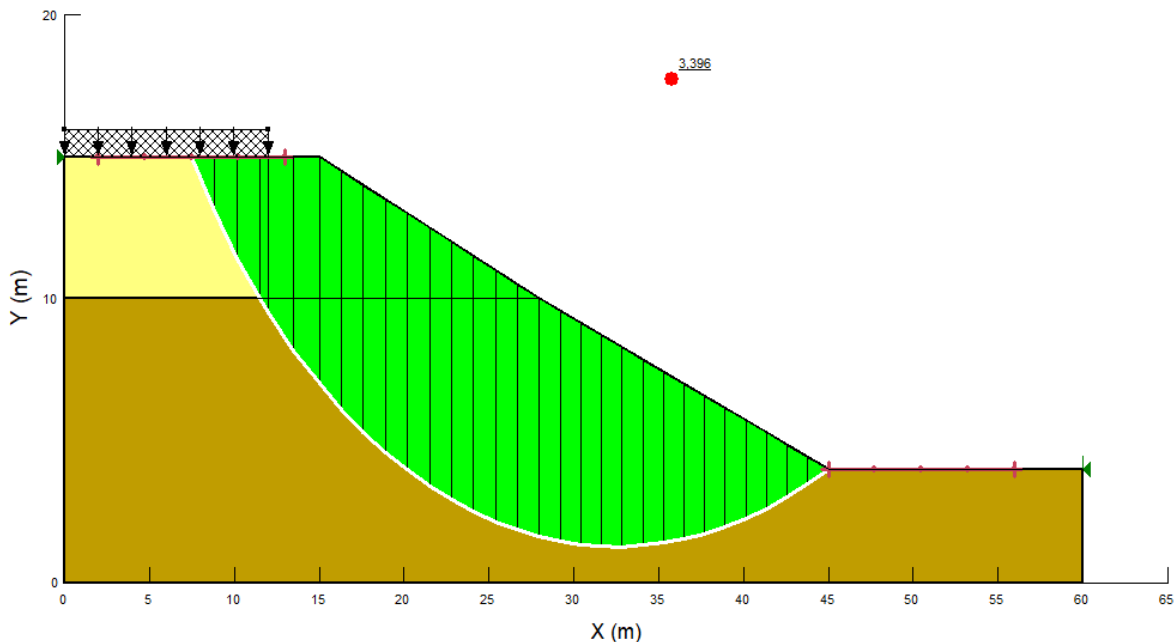
Imagen 83. Parámetros de resistencia de los suelos del talud 8 en condición estática en el programa SLOPE/W

Material		Material	
Name	Limo de baja plasticidad (ML)	Name	Grava arcillosa (GC)
Color	Limo de baja plasticidad (ML)	Color	Grava arcillosa (GC)
Model	Mohr-Coulomb	Model	Mohr-Coulomb
Unit Weight	19 kN/m ³	Unit Weight	21,5 kN/m ³
Cohesion'	35 KPA	Cohesion'	30 KPA
Phi'	25 °	Phi'	37 °
Suction Option	Constant	Suction Option	Constant
Phi-B	0 °	Phi-B	0 °
Use Steady-State Strength	No	Use Steady-State Strength	No
Apply Weight Above WT	UseDefault	Apply Weight Above WT	UseDefault
Pore Air Pressure	0 KPA	Pore Air Pressure	0 KPA

A continuación, se presentarán los factores de seguridad y la superficie de falla crítica encontrada en la modelación del talud 8 en condición estática por medio de los métodos de análisis de estabilidad de taludes usando dovelas (Fellenius, Bishop, Janbú, Spencer).

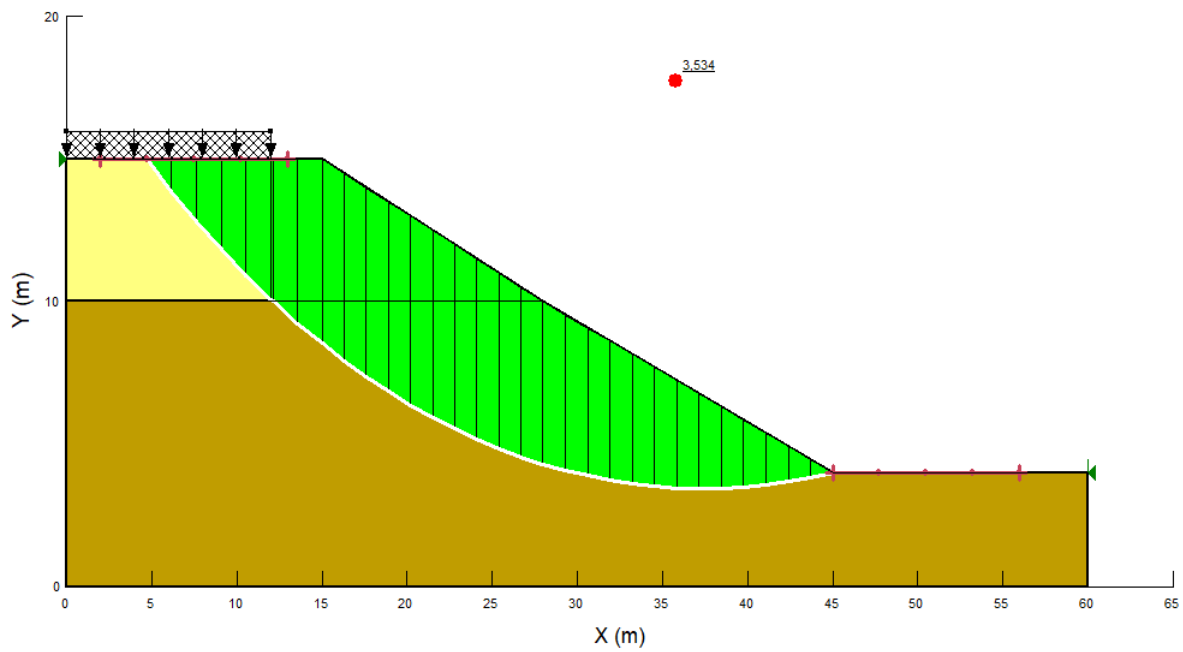
Método Ordinario o de Fellenius

Imagen 84. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 8 en condición estática (método de Fellenius)



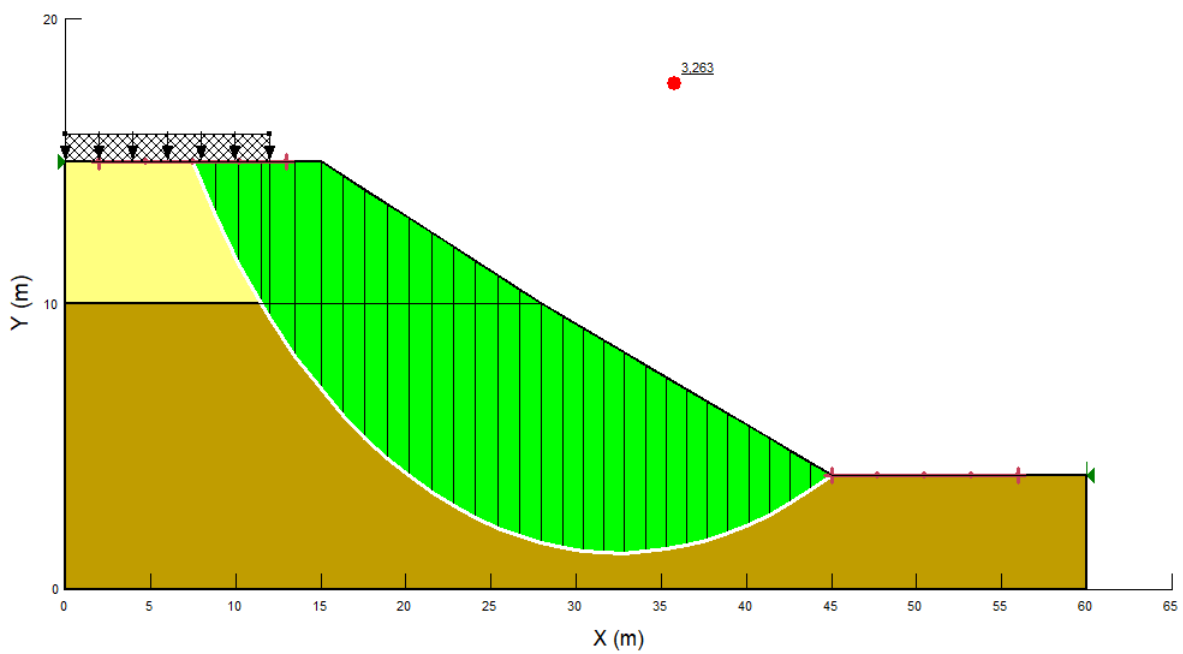
Método simplificado de Bishop

Imagen 85. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 8 en condición estática (método de Bishop)



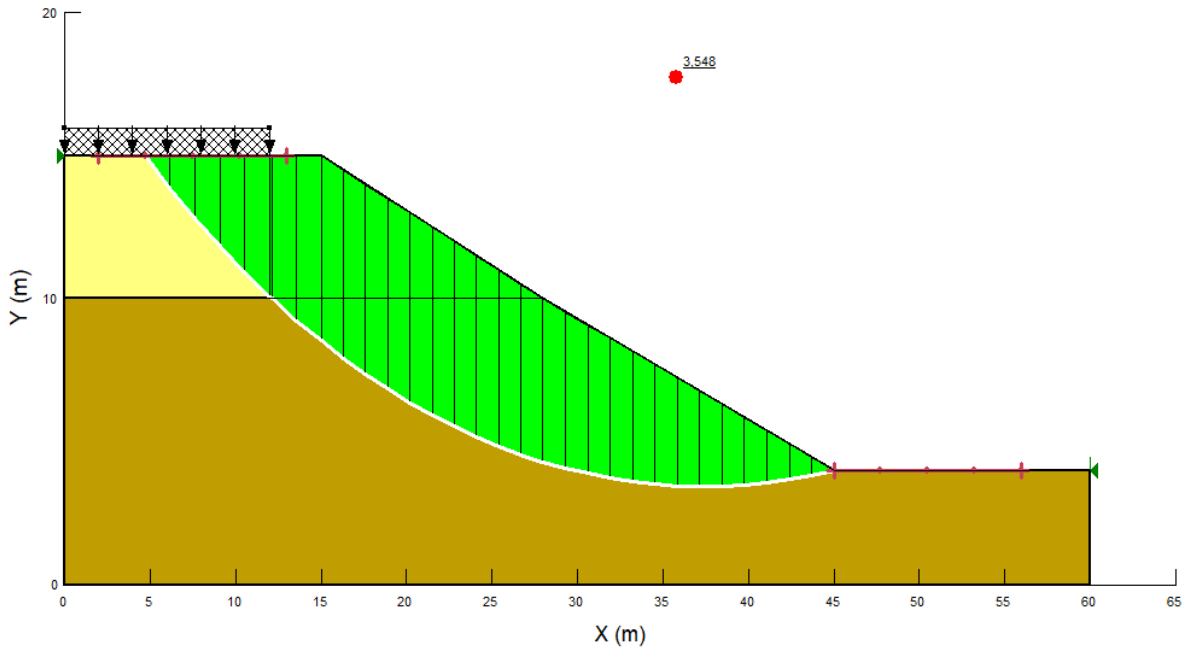
Método de Janbú

Imagen 86. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 8 en condición estática (método de Janbú)



Método de Spencer

Imagen 87. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 8 en condición estática (método de Spencer)



9.1.16. Talud 8. Condición dinámica

Luego de tener la geometría, se ingresaron las propiedades de los suelos que conforman este talud en el programa SLOPE/W para ejecutar la modelación del talud 8 en condición dinámica, estos parámetros fueron los siguientes

Imagen 88. Parámetros de resistencia de los suelos del talud 8 en condición dinámica en el programa SLOPE/W

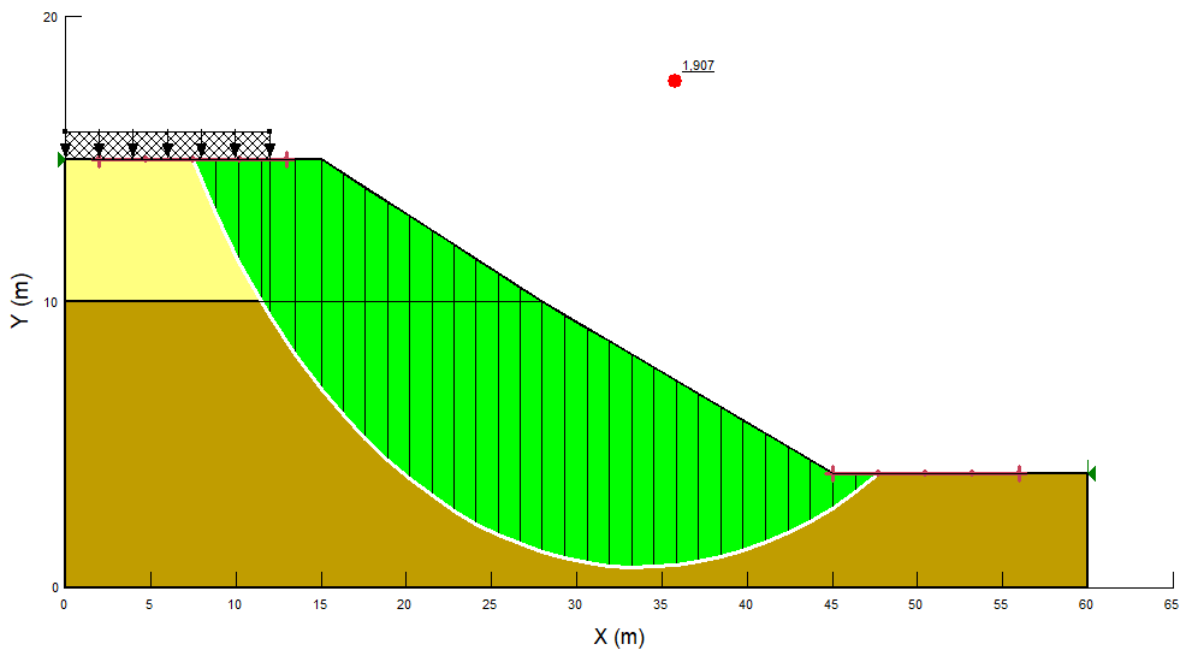
Material	Limo de baja plasticidad (ML)	Material	Grava arcillosa (GC)
Name	Limo de baja plasticidad (ML)	Name	Grava arcillosa (GC)
Color		Color	
Model	Mohr-Coulomb	Model	Mohr-Coulomb
Unit Weight	19 kN/m ³	Unit Weight	21,5 kN/m ³
Cohesion'	35 KPA	Cohesion'	30 KPA
Phi'	25 °	Phi'	37 °
Suction Option	Constant	Suction Option	Constant
Phi-B	0 °	Phi-B	0 °
Use Steady-State Strength	No	Use Steady-State Strength	No
Apply Weight Above WT	UseDefault	Apply Weight Above WT	UseDefault
Pore Air Pressure	0 KPA	Pore Air Pressure	0 KPA

Para la condición dinámica se utilizó un coeficiente sísmico Horizontal de 0.25 y coeficiente sísmico Vertical de 0 ya que las ecuaciones originales no tienen en cuenta el coeficiente vertical.

A continuación, se presentan los factores de seguridad y la superficie de falla crítica encontrada en la modelación del talud 8 en condición dinámica por medio de los métodos de análisis de estabilidad de taludes usando dovelas (Fellenius, Bishop, Janbú, Spencer).

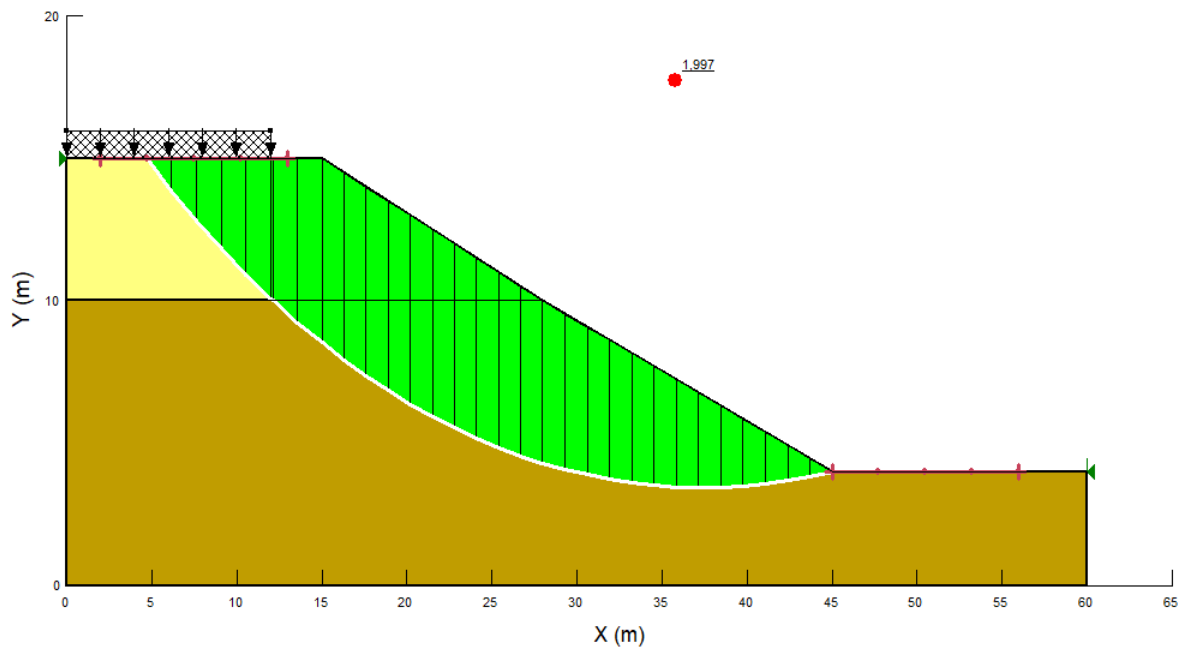
Método Ordinario o de Fellenius

Imagen 89. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 8 en condición dinámica (método de Fellenius)



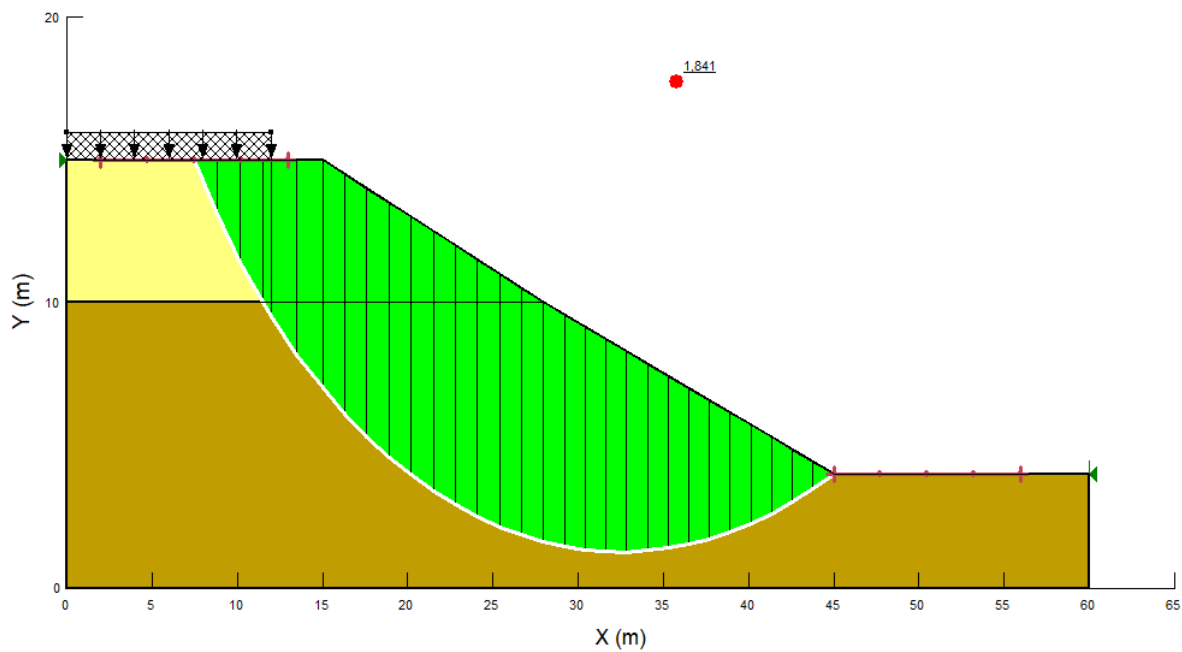
Método simplificado de Bishop

Imagen 90. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 8 en condición dinámica (método de Bishop)



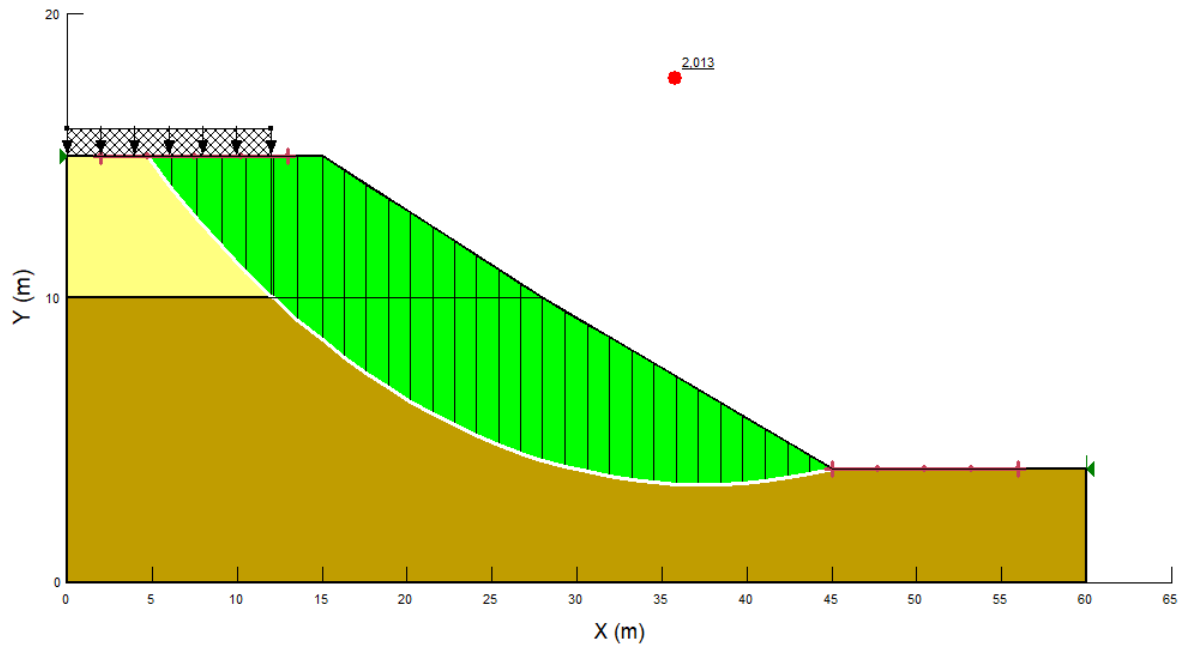
Método de Janbú

Imagen 91. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 8 en condición dinámica (método de Janbú)



Método de Spencer

Imagen 92. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 8 en condición dinámica (método de Spencer)



9.1.17. Talud 9. Condición estática

Antes de dibujar la geometría del talud en el SLOPE/W se deben introducir las propiedades y/o parámetros de los suelos para llevar a cabo la modelación. Para el talud 9 en condición estática se tomaron las siguientes propiedades

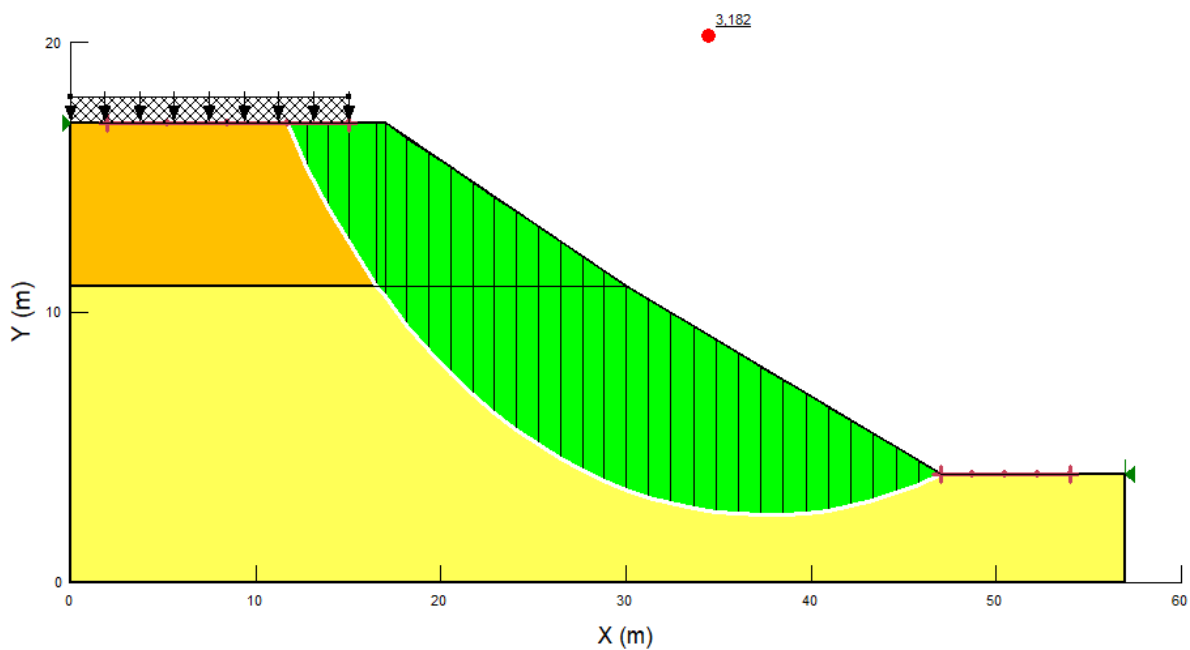
Imagen 93. Parámetros de resistencia de los suelos del talud 9 en condición estática en el programa SLOPE/W

Material	Arena arcillosa (SC)	Material	Grava limosa (GM)
Name	Arena arcillosa (SC)	Name	Grava limosa (GM)
Color		Color	
Model	Mohr-Coulomb	Model	Mohr-Coulomb
Unit Weight	19 kN/m ³	Unit Weight	22 kN/m ³
Cohesion'	30 KPA	Cohesion'	35 KPA
Phi'	25 °	Phi'	39 °
Suction Option	Constant	Suction Option	Constant
Phi-B	0 °	Phi-B	0 °
Use Steady-State Strength	No	Use Steady-State Strength	No
Apply Weight Above WT	UseDefault	Apply Weight Above WT	UseDefault
Pore Air Pressure	0 KPA	Pore Air Pressure	0 KPA

A continuación, se presentarán los factores de seguridad y la superficie de falla crítica encontrada en la modelación del talud 9 en condición estática por medio de los métodos de análisis de estabilidad de taludes usando dovelas (Fellenius, Bishop, Janbú, Spencer).

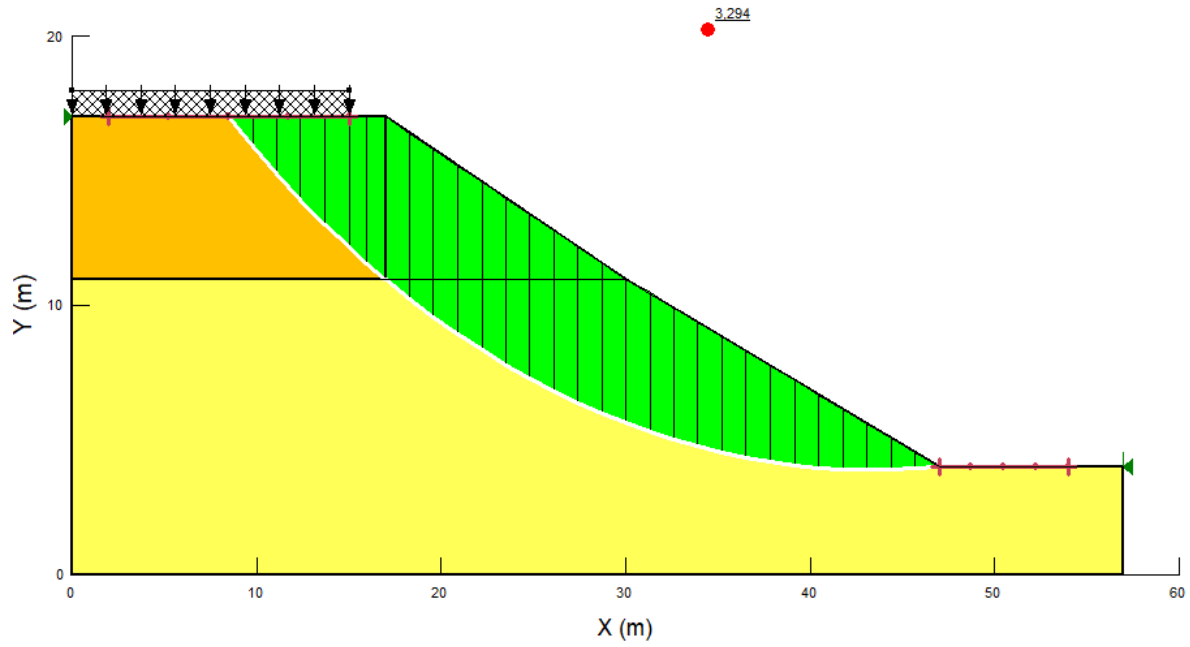
Método Ordinario o de Fellenius

Imagen 94. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 9 en condición estática (método de Fellenius)



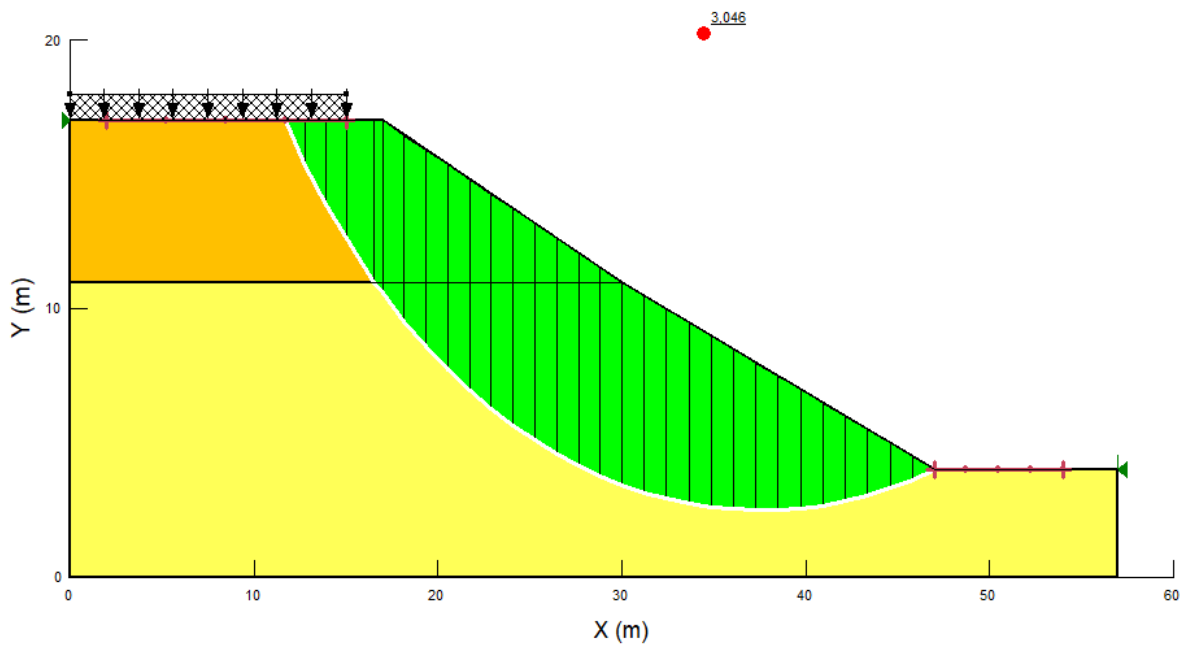
Método simplificado de Bishop

Imagen 95. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 9 en condición estática (método de Bishop)



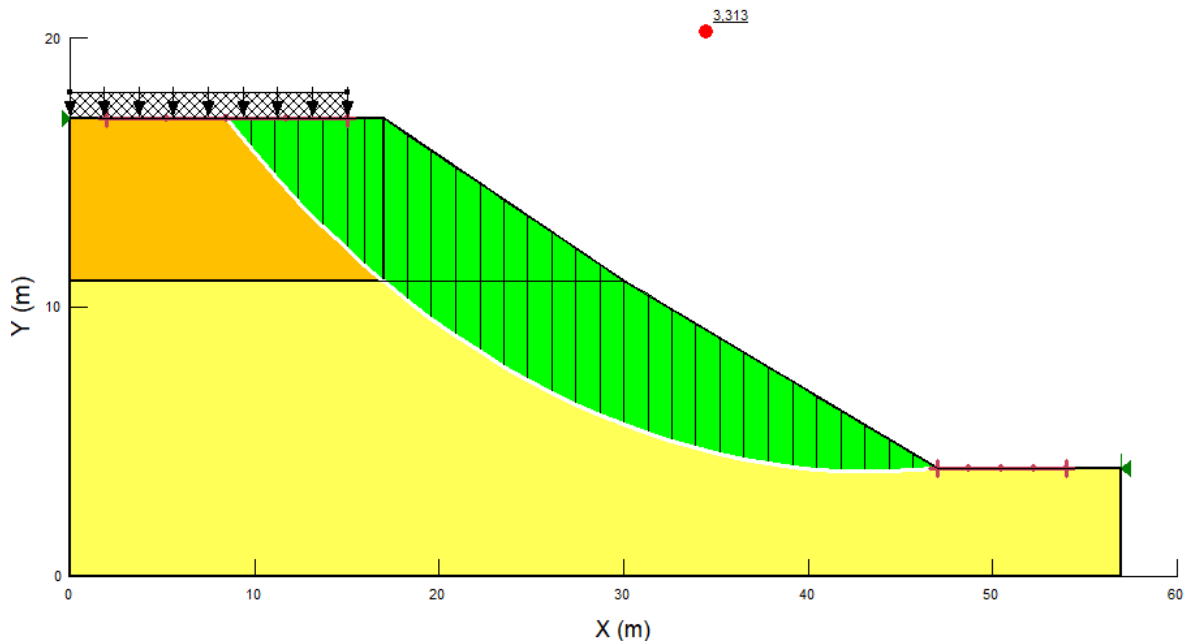
Método de Janbú

Imagen 96. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 9 en condición estática (método de Janbú)



Método de Spencer

Imagen 97. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 9 en condición estática (método de Spencer)



9.1.18. Talud 9. Condición dinámica

Luego de tener la geometría, se ingresaron las propiedades de los suelos que conforman este talud en el programa SLOPE/W para ejecutar la modelación del talud 9 en condición dinámica, estos parámetros fueron los siguientes

Imagen 98. Parámetros de resistencia de los suelos del talud 9 en condición dinámica en el programa SLOPE/W

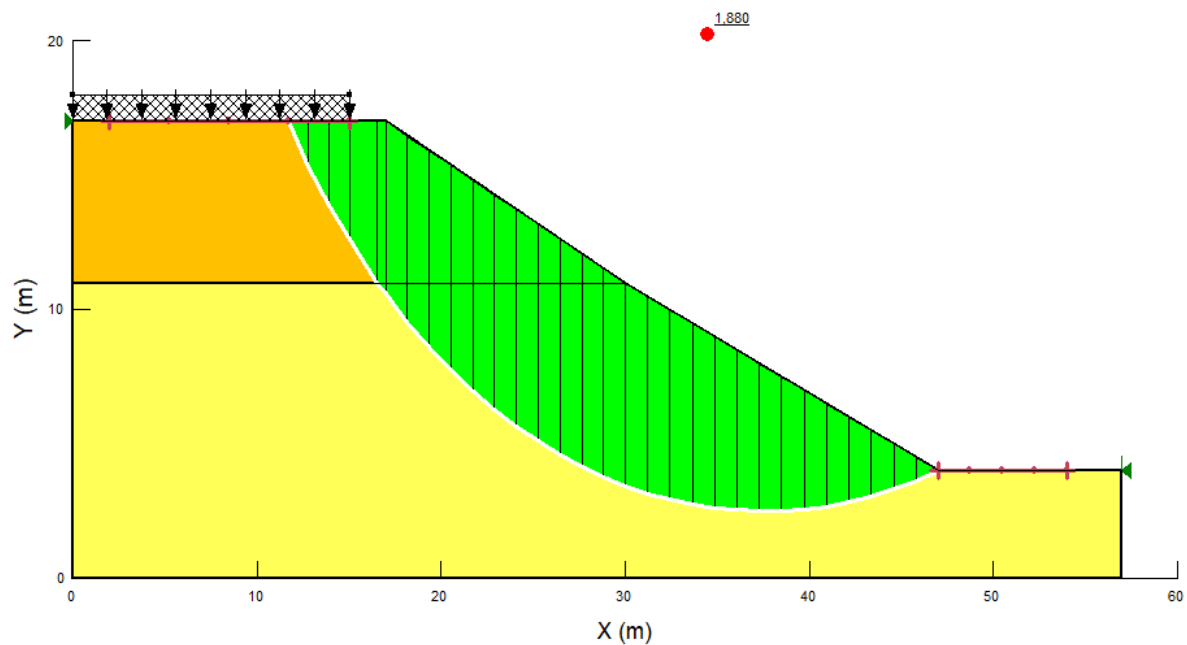
Material	Arena arcillosa (SC)	Material	Grava limosa (GM)
Name	Arena arcillosa (SC)	Name	Grava limosa (GM)
Color		Color	
Model	Mohr-Coulomb	Model	Mohr-Coulomb
Unit Weight	19 kN/m ³	Unit Weight	22 kN/m ³
Cohesion'	30 KPA	Cohesion'	35 KPA
Phi'	25 °	Phi'	39 °
Suction Option	Constant	Suction Option	Constant
Phi-B	0 °	Phi-B	0 °
Use Steady-State Strength	No	Use Steady-State Strength	No
Apply Weight Above WT	UseDefault	Apply Weight Above WT	UseDefault
Pore Air Pressure	0 KPA	Pore Air Pressure	0 KPA

Para la condición dinámica se utilizó un coeficiente sísmico Horizontal de 0.25 y coeficiente sísmico Vertical de 0 ya que las ecuaciones originales no tienen en cuenta el coeficiente vertical.

A continuación, se presentan los factores de seguridad y la superficie de falla crítica encontrada en la modelación del talud 9 en condición dinámica por medio de los métodos de análisis de estabilidad de taludes usando dovelas (Fellenius, Bishop, Janbú, Spencer).

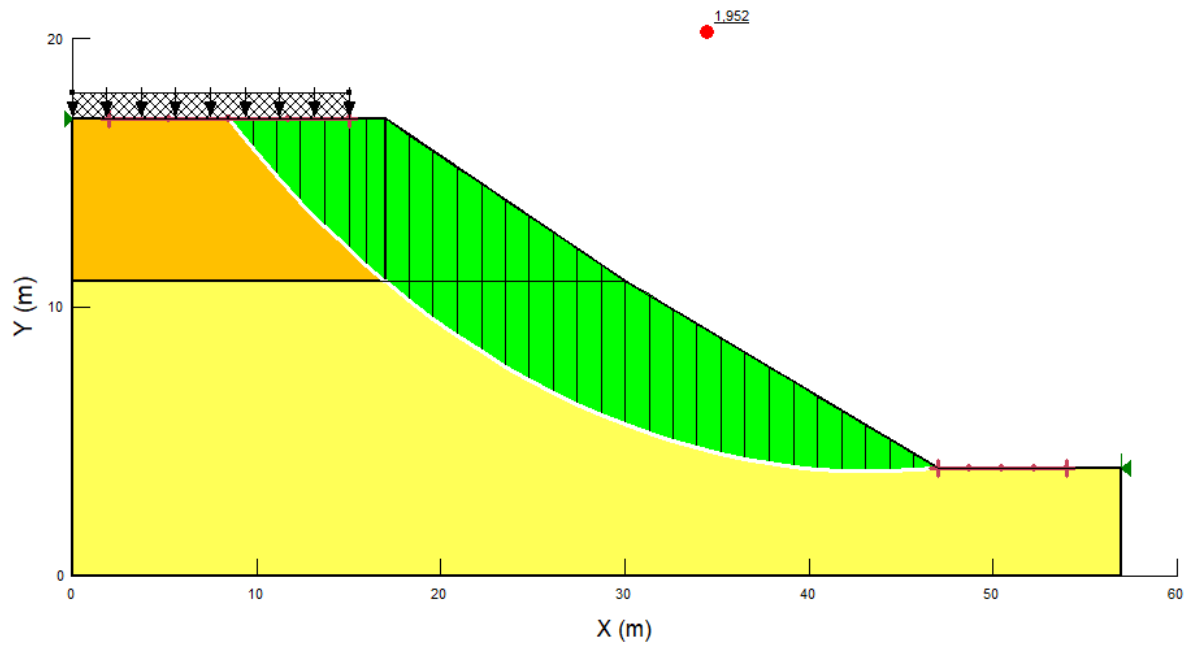
Método Ordinario o de Fellenius

Imagen 99. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 9 en condición dinámica (método de Fellenius)



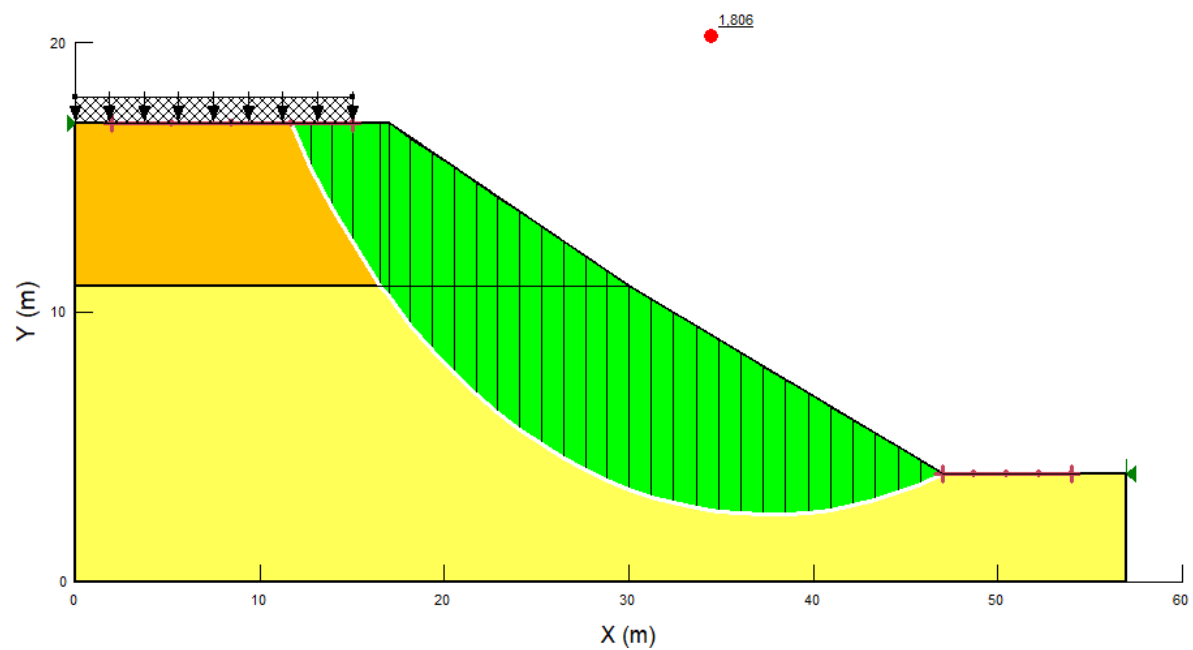
Método simplificado de Bishop

Imagen 100. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 9 en condición dinámica (método de Bishop)



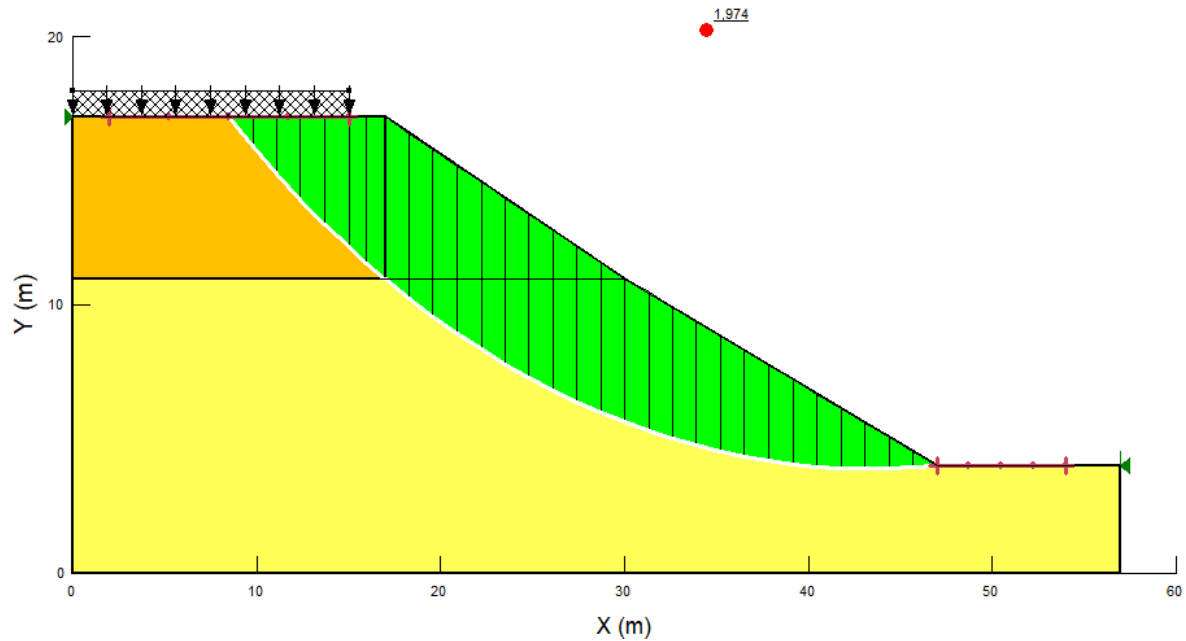
Método de Janbú

Imagen 101. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 9 en condición dinámica (método de Janbú)



Método de Spencer



Imagen 102. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 9 en condición dinámica (método de Spencer)



9.1.19. Talud 10. Condición estática

Antes de dibujar la geometría del talud en el SLOPE/W se deben introducir las propiedades y/o parámetros de los suelos para llevar a cabo la modelación. Para el talud 10 en condición estática se tomaron las siguientes propiedades

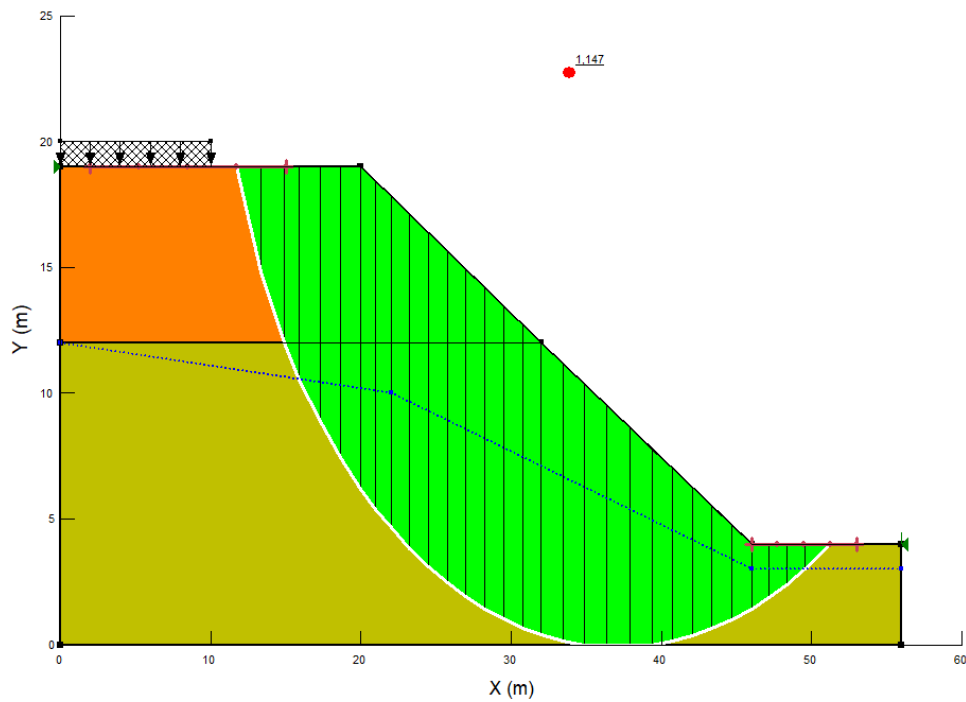
Imagen 103. Parámetros de resistencia de los suelos del talud 10 en condición estática en el programa SLOPE/W

Material	Arena Limosa (SM)	Material	Arcilla de alta plasticidad saturada (CHsat)
Name	Arena Limosa (SM)	Name	Arcilla de alta plasticidad saturada (CHsat)
Color		Color	
Model	Mohr-Coulomb	Model	Mohr-Coulomb
Unit Weight	21 kN/m ³	Unit Weight	18,5 kN/m ³
Cohesion'	22 KPA	Cohesion'	30 KPA
Phi'	28 °	Phi'	14 °
Suction Option	Constant	Suction Option	Constant
Phi-B	0 °	Phi-B	0 °
Use Steady-State Strength	No	Use Steady-State Strength	No
Apply Weight Above WT	UseDefault	Apply Weight Above WT	UseDefault
Pore Air Pressure	0 KPA	Pore Air Pressure	0 KPA

A continuación, se presentarán los factores de seguridad y la superficie de falla crítica encontrada en la modelación del talud 10 en condición estática por medio de los métodos de análisis de estabilidad de taludes usando dovelas (Fellenius, Bishop, Janbú, Spencer).

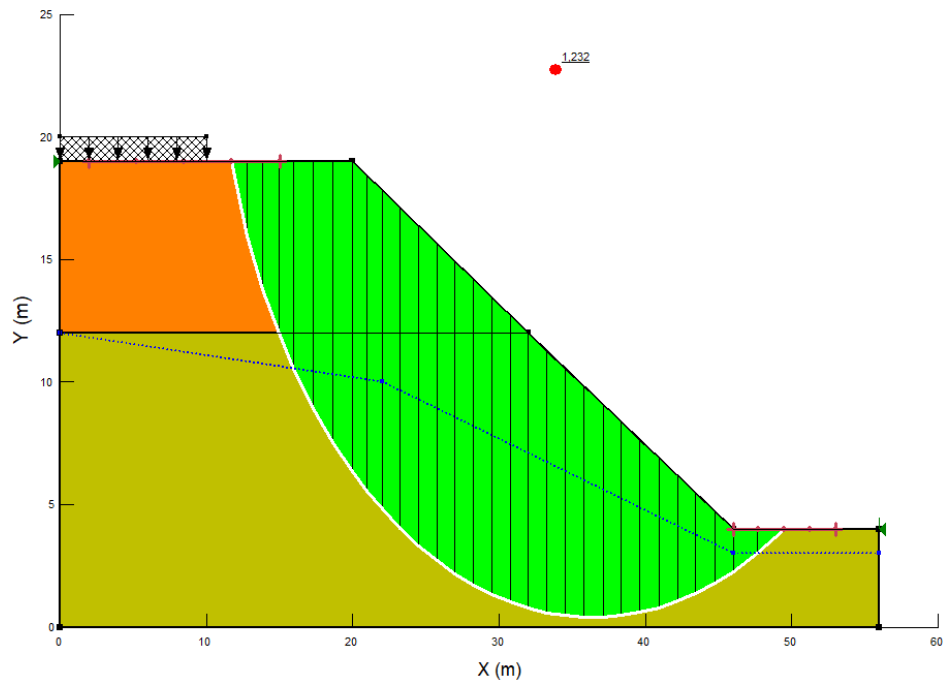
Método Ordinario o de Fellenius

Imagen 104. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 10 en condición estática (método de Fellenius)



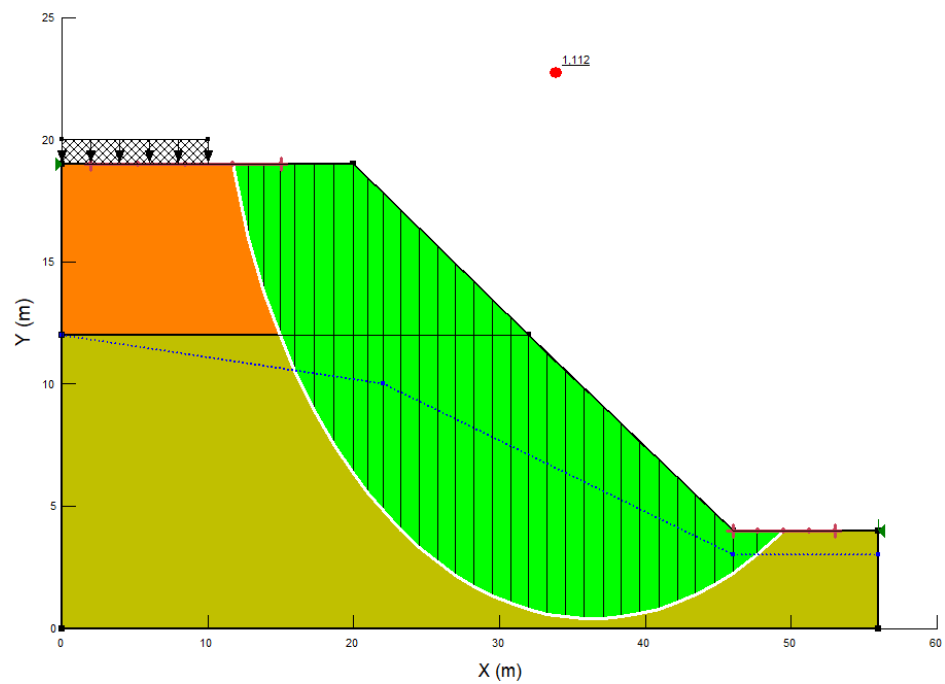
Método simplificado de Bishop

Imagen 105. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 10 en condición estática (método de Bishop)



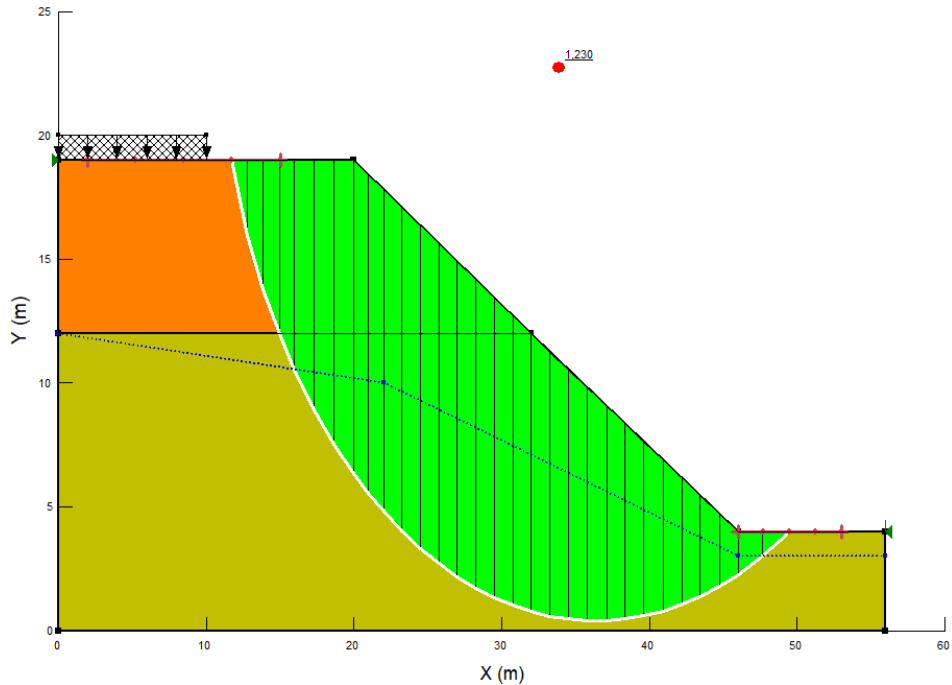
Método de Janbú

Imagen 106. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 10 en condición estática (método de Janbú)



Método de Spencer

Imagen 107. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 10 en condición estática (método de Spencer)



9.1.20. Talud 10. Condición dinámica

Luego de tener la geometría, se ingresaron las propiedades de los suelos que conforman este talud en el programa SLOPE/W para ejecutar la modelación del talud 10 en condición dinámica, estos parámetros fueron los siguientes

Imagen 108. Parámetros de resistencia de los suelos del talud 10 en condición dinámica en el programa SLOPE/W

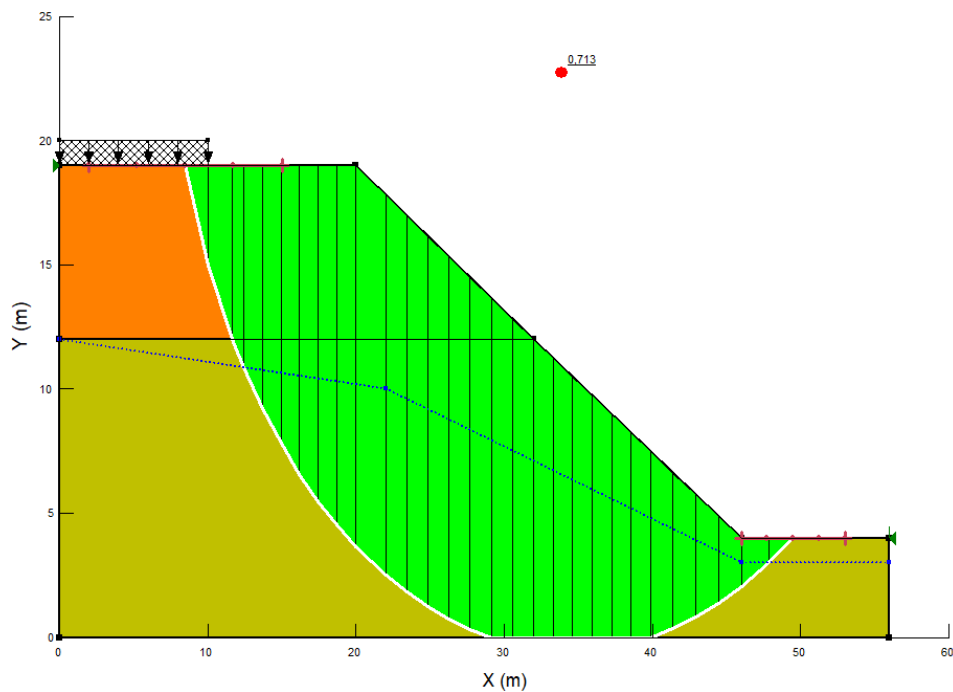
Material		Material	
.....Name	Arena Limosa (SM)	.....Name	Arcilla de alta plasticidad saturada (CHsat)
.....Color	Arena Limosa (SM)	.....Color	Arcilla de alta plasticidad saturada (CHsat)
.....Model	Mohr-Coulomb	.....Model	Mohr-Coulomb
.....Unit Weight	21 kN/m ³	.....Unit Weight	18,5 kN/m ³
.....Cohesion'	22 KPA	.....Cohesion'	30 KPA
.....Phi'	28 °	.....Phi'	14 °
.....Suction Option	Constant	.....Suction Option	Constant
.....Phi-B	0 °	.....Phi-B	0 °
.....Use Steady-State Strength	No	.....Use Steady-State Strength	No
.....Apply Weight Above WT	UseDefault	.....Apply Weight Above WT	UseDefault
.....Pore Air Pressure	0 KPA	.....Pore Air Pressure	0 KPA

Para la condición dinámica se utilizó un coeficiente sísmico Horizontal de 0.25 y coeficiente sísmico Vertical de 0 ya que las ecuaciones originales no tienen en cuenta el coeficiente vertical.

A continuación, se presentan los factores de seguridad y la superficie de falla crítica encontrada en la modelación del talud 10 en condición dinámica por medio de los métodos de análisis de estabilidad de taludes usando dovelas (Fellenius, Bishop, Janbú, Spencer).

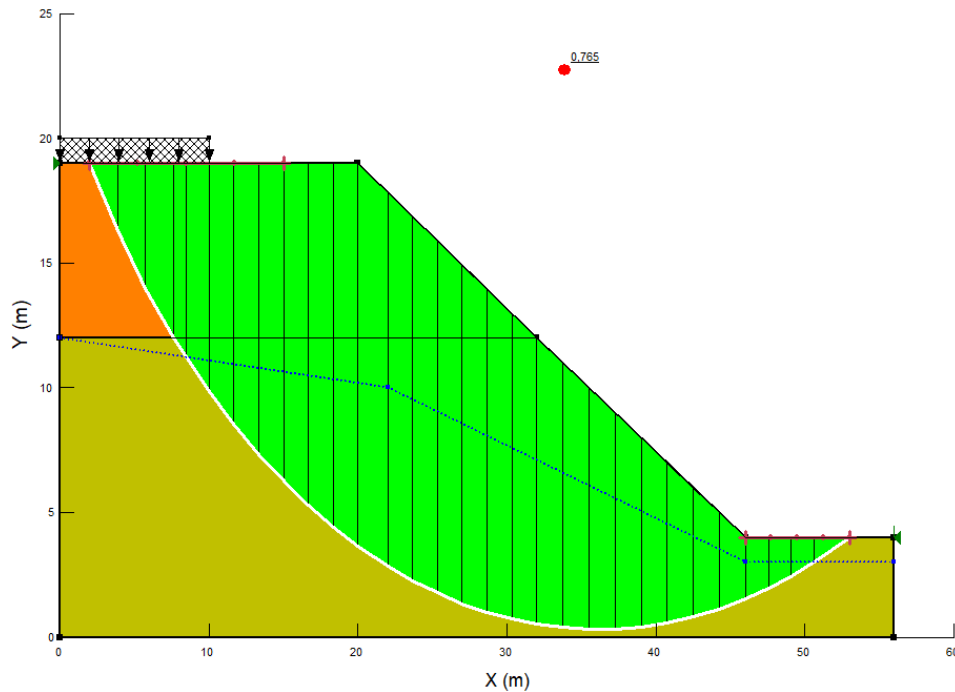
Método Ordinario o de Fellenius

Imagen 109. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 10 en condición dinámica (método de Fellenius)



Método de Spencer

Imagen 112. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 10 en condición dinámica (método de Spencer)



9.1.21. Talud 11. Condición estática

Antes de dibujar la geometría del talud en el SLOPE/W se deben introducir las propiedades y/o parámetros de los suelos para llevar a cabo la modelación. Para el talud 11 en condición estática se tomaron las siguientes propiedades

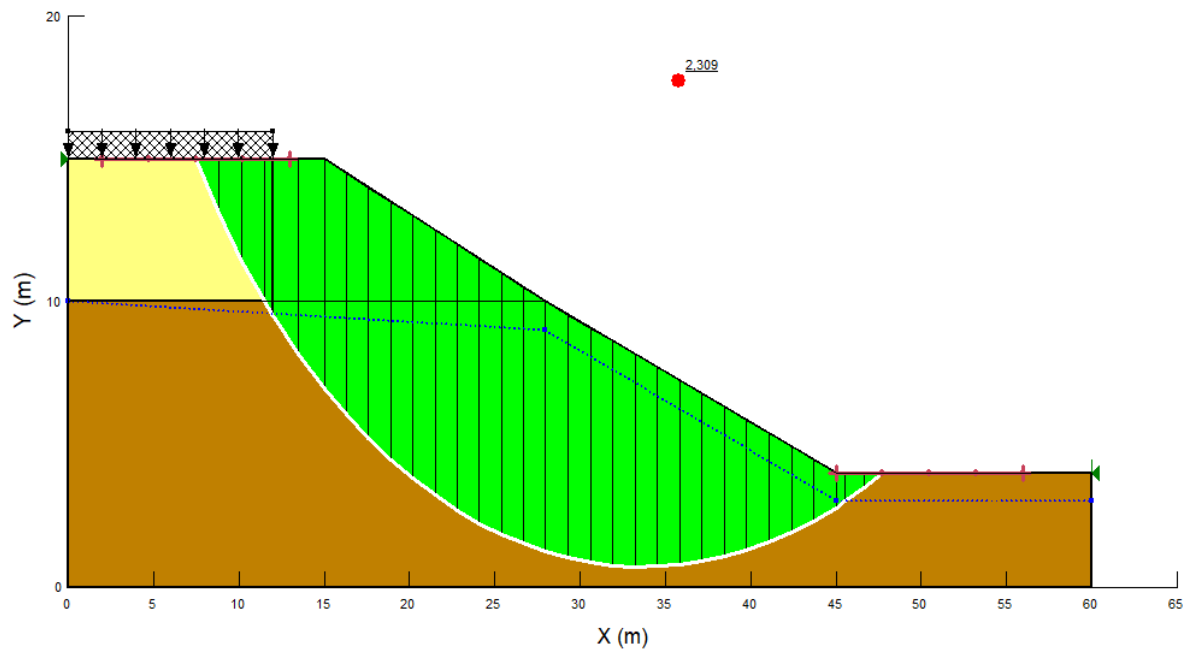
Imagen 113. Parámetros de resistencia de los suelos del talud 11 en condición estática en el programa SLOPE/W

Material	Limo de baja plasticidad (ML)	Material	Grava arcillosa saturada (GCsat)
Name	Limo de baja plasticidad (ML)	Name	Grava arcillosa saturada (GCsat)
Color		Color	
Model	Mohr-Coulomb	Model	Mohr-Coulomb
Unit Weight	19 kN/m ³	Unit Weight	22,5 kN/m ³
Cohesion'	35 KPA	Cohesion'	20 KPA
Phi'	25 °	Phi'	35 °
Suction Option	Constant	Suction Option	Constant
Phi-B	0 °	Phi-B	0 °
Use Steady-State Strength	No	Use Steady-State Strength	No
Apply Weight Above WT	UseDefault	Apply Weight Above WT	UseDefault
Pore Air Pressure	0 KPA	Pore Air Pressure	0 KPA

A continuación, se presentarán los factores de seguridad y la superficie de falla crítica encontrada en la modelación del talud 11 en condición estática por medio de los métodos de análisis de estabilidad de taludes usando dovelas (Fellenius, Bishop, Janbú, Spencer).

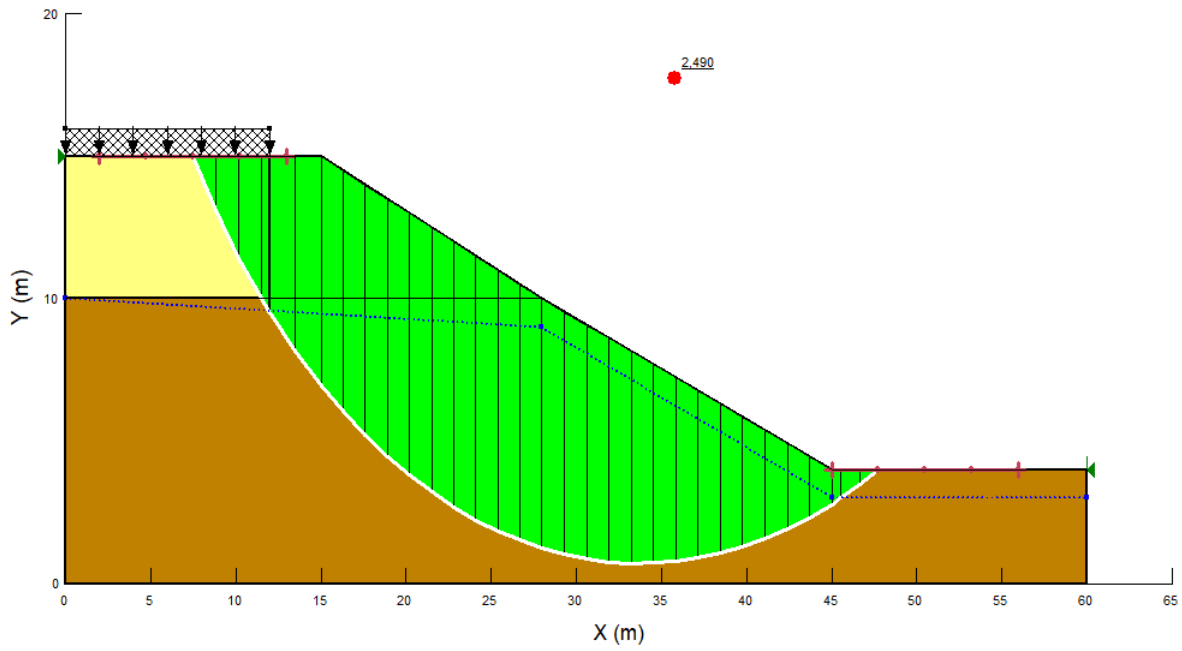
Método Ordinario o de Fellenius

Imagen 114. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 11 en condición estática (método de Fellenius)



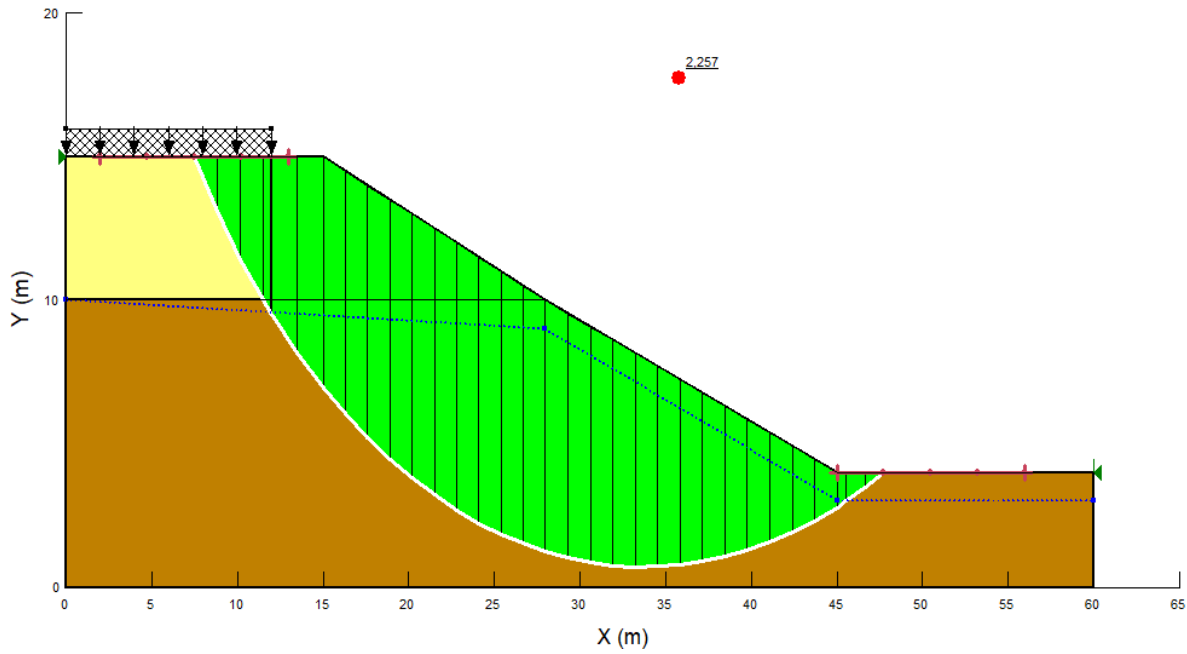
Método simplificado de Bishop

Imagen 115. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 11 en condición estática (método de Bishop)



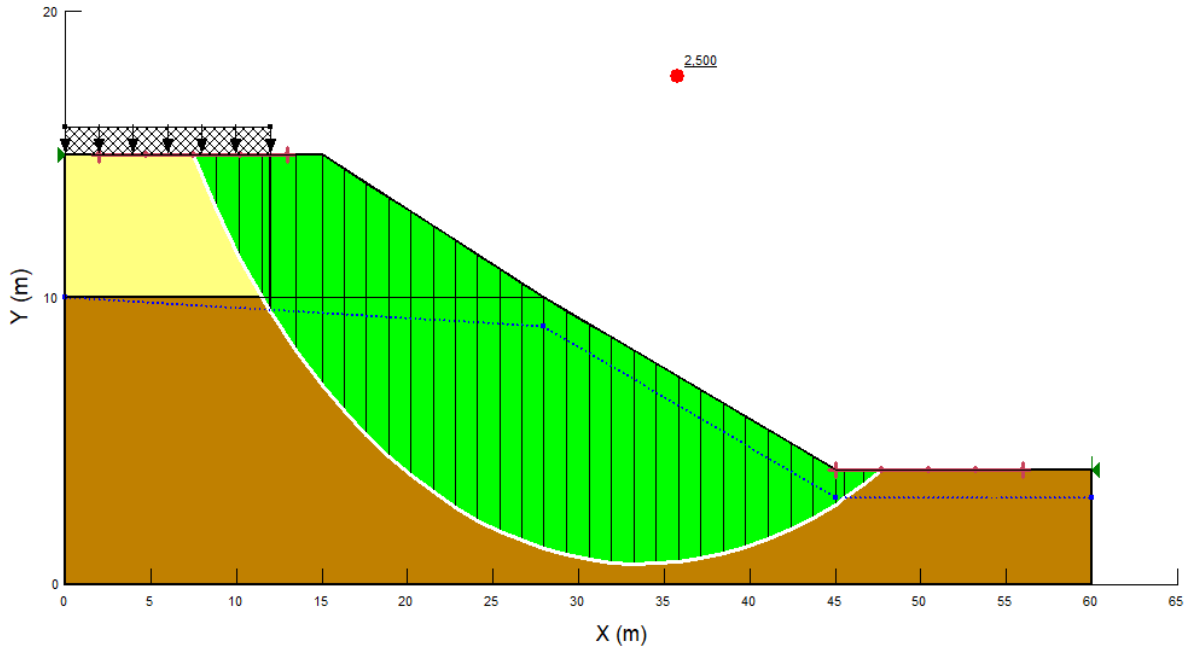
Método de Janbú

Imagen 116. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 11 en condición estática (método de Janbú)



Método de Spencer

Imagen 117. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 11 en condición estática (método de Spencer)



9.1.22. Talud 11. Condición dinámica

Luego de tener la geometría, se ingresaron las propiedades de los suelos que conforman este talud en el programa SLOPE/W para ejecutar la modelación del talud 11 en condición dinámica, estos parámetros fueron los siguientes

Imagen 118. Parámetros de resistencia de los suelos del talud 11 en condición dinámica en el programa SLOPE/W

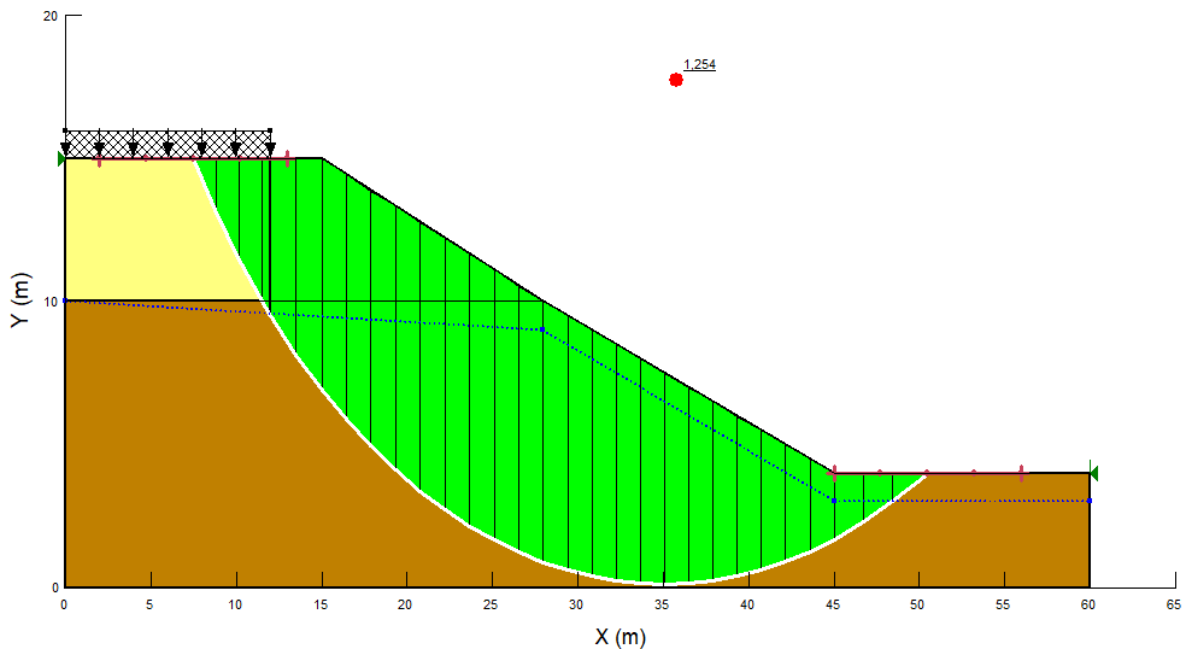
Material		Material	
Name	Limo de baja plasticidad (ML)	Name	Grava arcillosa saturada (GCsat)
Color	Limo de baja plasticidad (ML)	Color	Grava arcillosa saturada (GCsat)
Model	Mohr-Coulomb	Model	Mohr-Coulomb
Unit Weight	19 kN/m ³	Unit Weight	22,5 kN/m ³
Cohesion'	35 KPA	Cohesion'	20 KPA
Phi'	25 °	Phi'	35 °
Suction Option	Constant	Suction Option	Constant
Phi-B	0 °	Phi-B	0 °
Use Steady-State Strength	No	Use Steady-State Strength	No
Apply Weight Above WT	UseDefault	Apply Weight Above WT	UseDefault
Pore Air Pressure	0 KPA	Pore Air Pressure	0 KPA

Para la condición dinámica se utilizó un coeficiente sísmico Horizontal de 0.25 y coeficiente sísmico Vertical de 0 ya que las ecuaciones originales no tienen en cuenta el coeficiente vertical.

A continuación, se presentan los factores de seguridad y la superficie de falla crítica encontrada en la modelación del talud 11 en condición dinámica por medio de los métodos de análisis de estabilidad de taludes usando dovelas (Fellenius, Bishop, Janbú, Spencer).

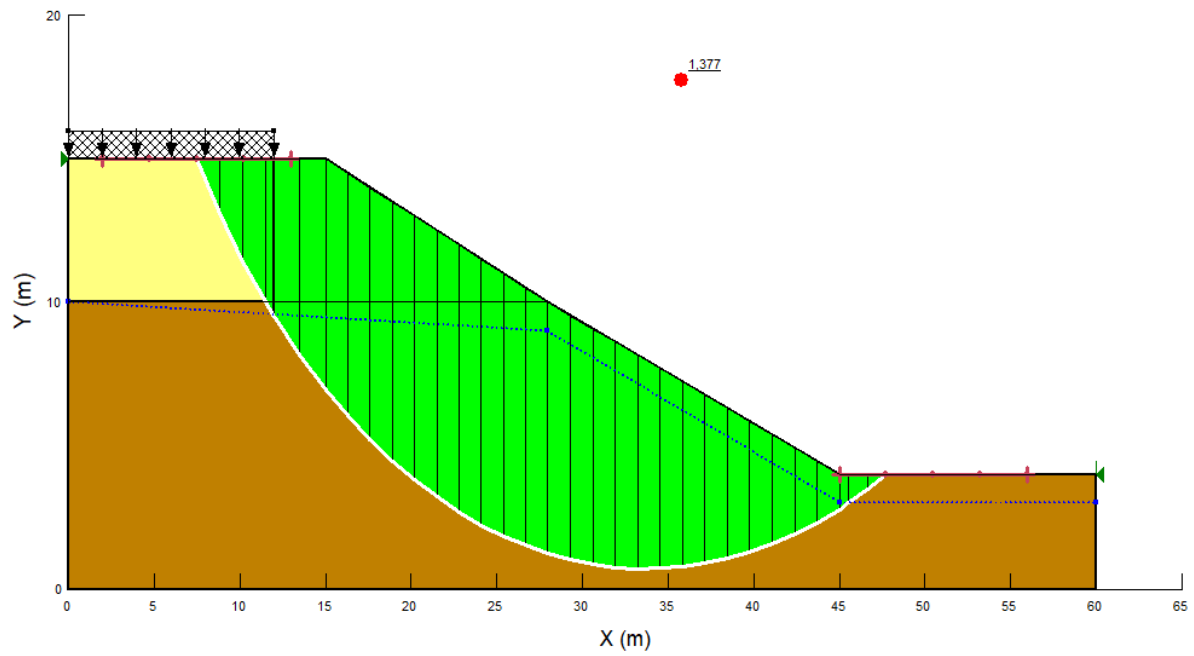
Método Ordinario o de Fellenius

Imagen 119. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 11 en condición dinámica (método de Fellenius)



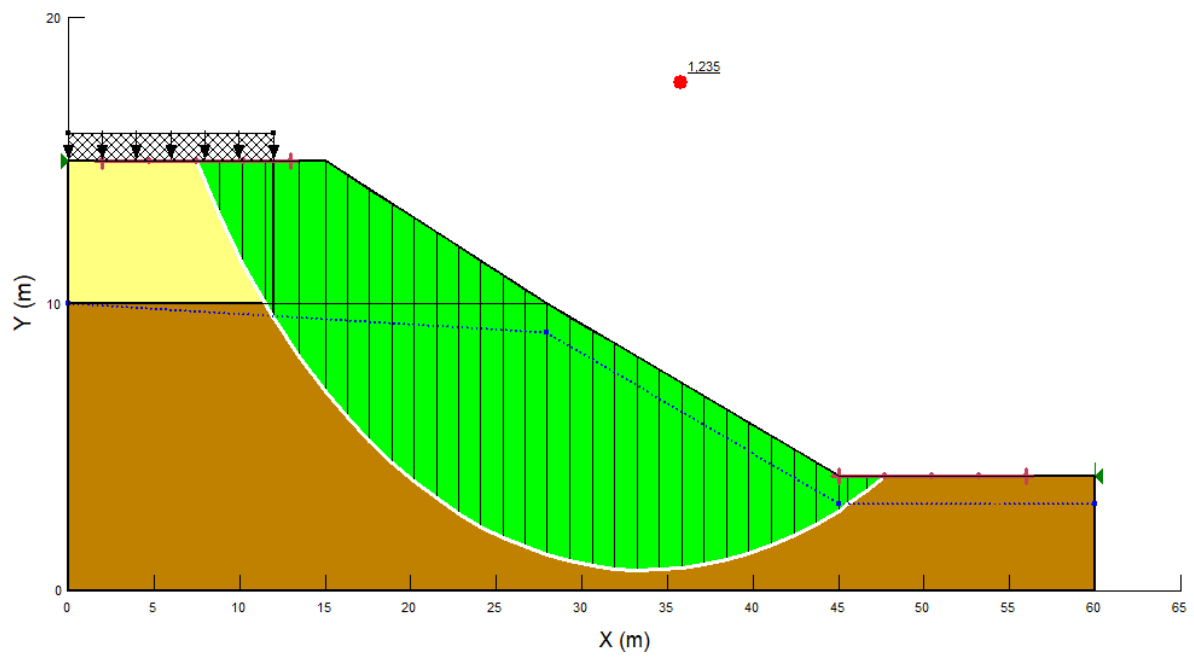
Método simplificado de Bishop

Imagen 120. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 11 en condición dinámica (método de Bishop)



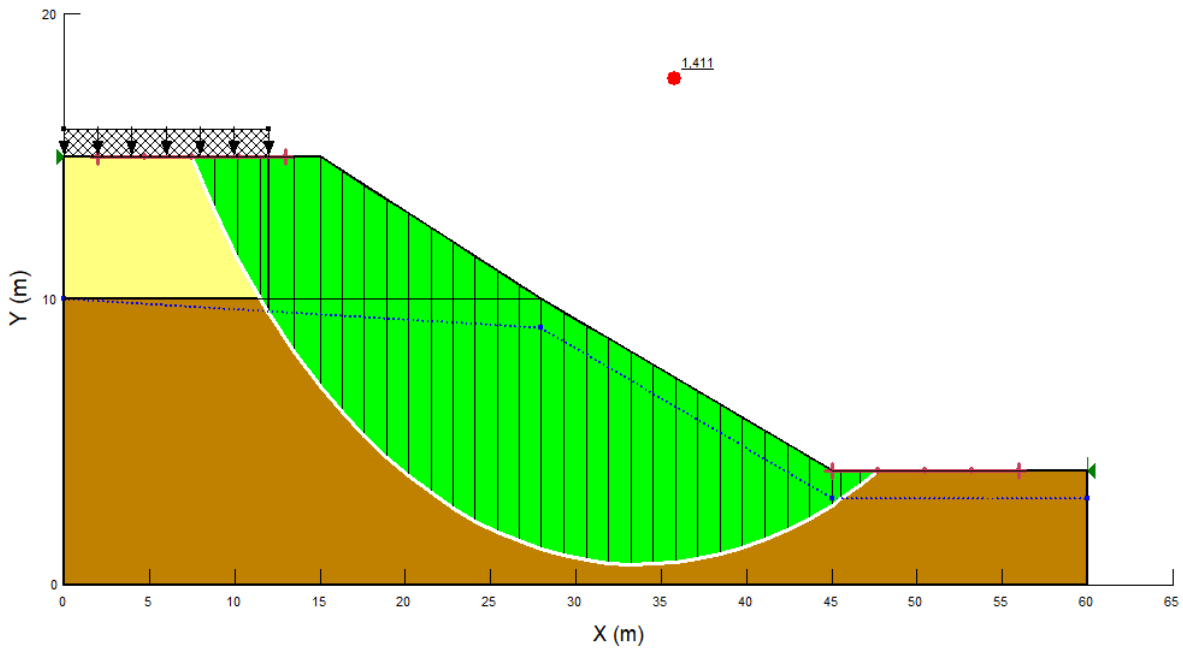
Método de Janbú

Imagen 121. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 11 en condición dinámica (método de Janbú)



Método de Spencer

Imagen 122. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 11 en condición dinámica (método de Spencer)



9.1.23. Talud 12. Condición estática

Antes de dibujar la geometría del talud en el SLOPE/W se deben introducir las propiedades y/o parámetros de los suelos para llevar a cabo la modelación. Para el talud 12 en condición estática se tomaron las siguientes propiedades

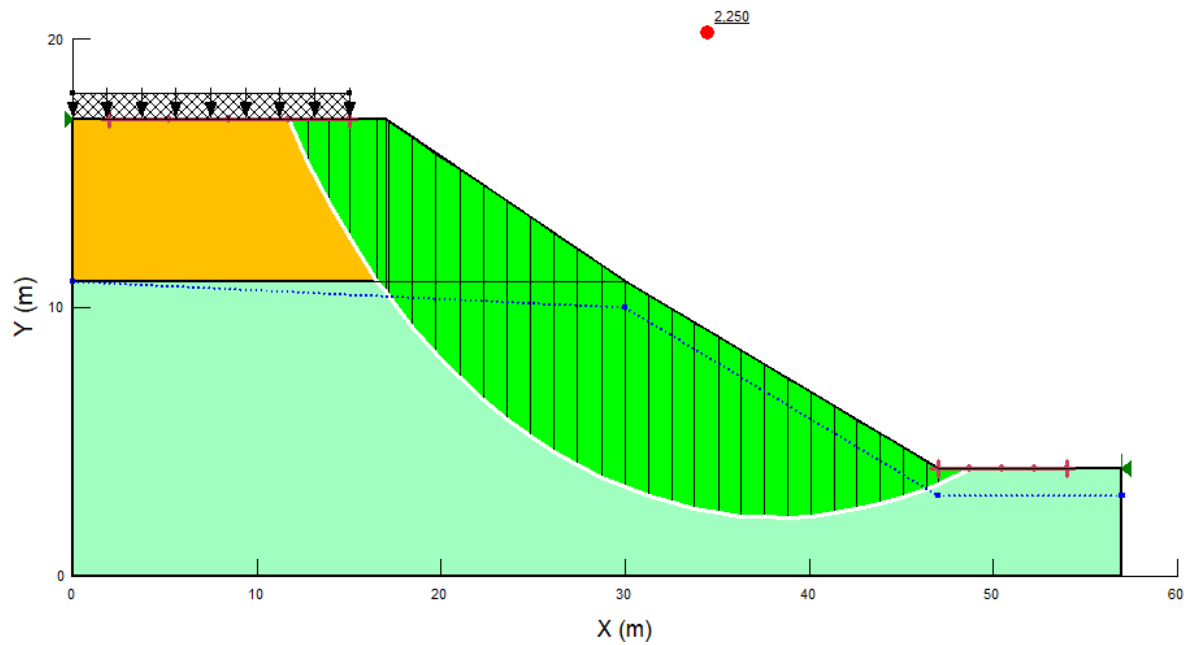
Imagen 123. Parámetros de resistencia de los suelos del talud 12 en condición estática en el programa SLOPE/W

Material	Arena arcillosa (SC)	Material	Grava limosa saturada (GMsat)
..... Name	Arena arcillosa (SC)	..... Name	Grava limosa saturada (GMsat)
..... Color		..... Color	
..... Model	Mohr-Coulomb	..... Model	Mohr-Coulomb
..... Unit Weight	19 kN/m ³	..... Unit Weight	23 kN/m ³
..... Cohesion'	30 KPA	..... Cohesion'	25 KPA
..... Phi'	25 °	..... Phi'	37 °
..... Suction Option	Constant	..... Suction Option	Constant
..... Phi-B	0 °	..... Phi-B	0 °
..... Use Steady-State Strength	No	..... Use Steady-State Strength	No
..... Apply Weight Above WT	UseDefault	..... Apply Weight Above WT	UseDefault
..... Pore Air Pressure	0 KPA	..... Pore Air Pressure	0 KPA

A continuación, se presentarán los factores de seguridad y la superficie de falla crítica encontrada en la modelación del talud 12 en condición estática por medio de los métodos de análisis de estabilidad de taludes usando dovelas (Fellenius, Bishop, Janbú, Spencer).

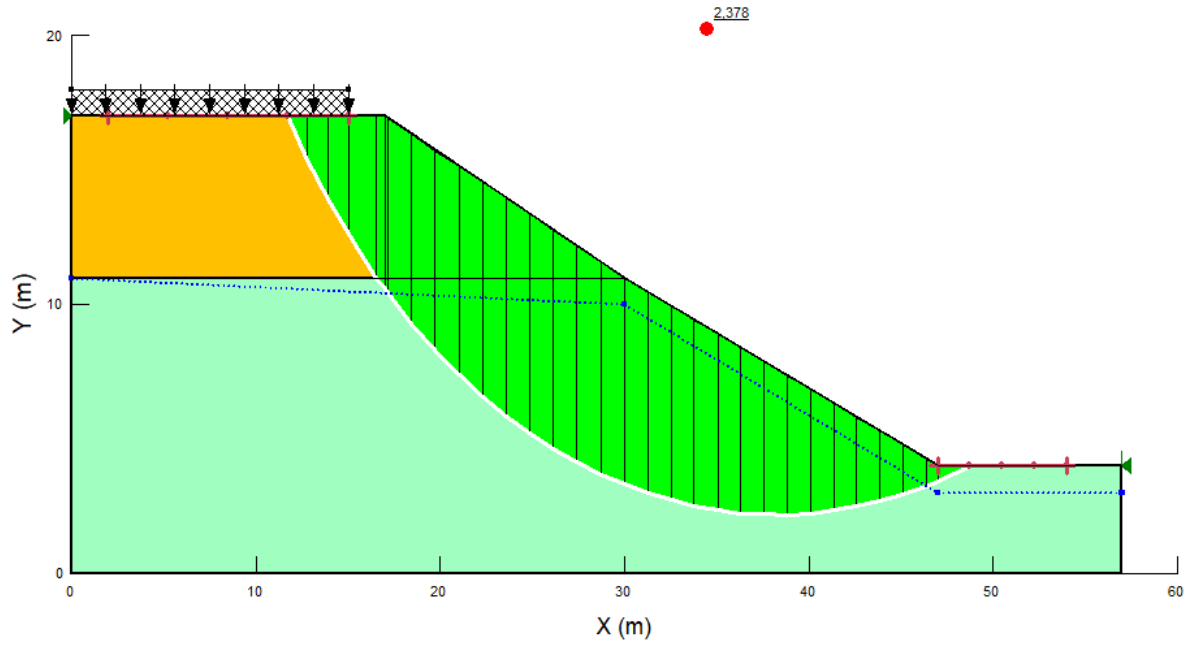
Método Ordinario o de Fellenius

Imagen 124. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 12 en condición estática (método de Fellenius)



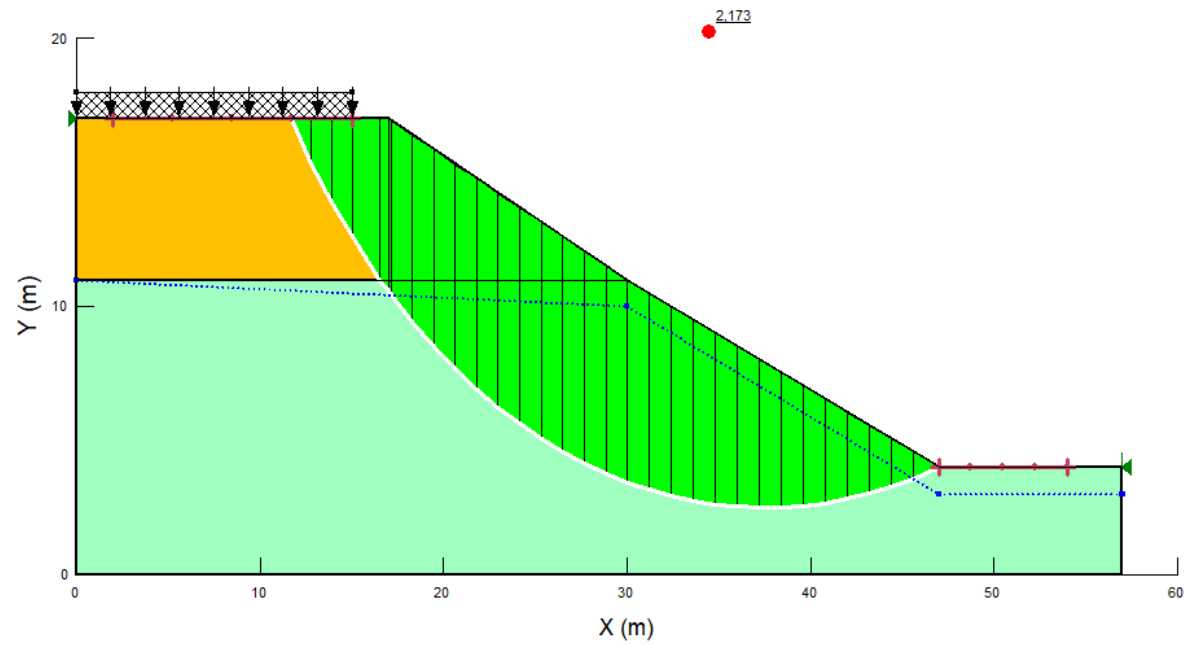
Método simplificado de Bishop

Imagen 125. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 12 en condición estática (método de Bishop)



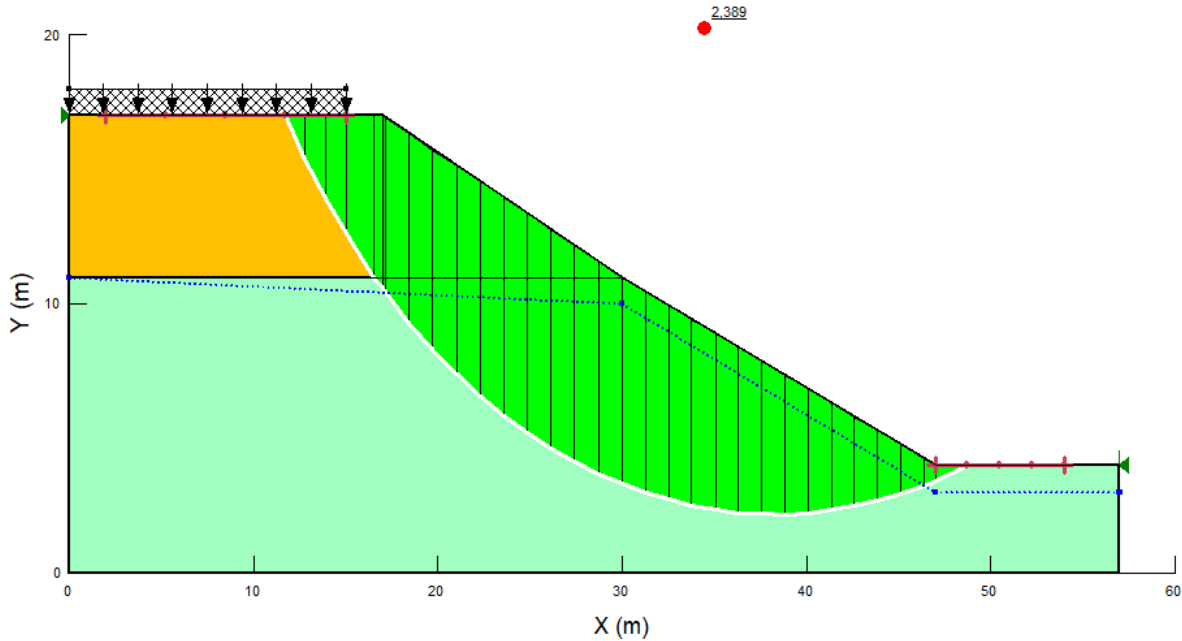
Método de Janbú

Imagen 126. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 12 en condición estática (método de Janbú)



Método de Spencer



Imagen 127. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 12 en condición estática (método de Spencer)



9.1.24. Talud 12. Condición dinámica

Luego de tener la geometría, se ingresaron las propiedades de los suelos que conforman este talud en el programa SLOPE/W para ejecutar la modelación del talud 12 en condición dinámica, estos parámetros fueron los siguientes

Imagen 128. Parámetros de resistencia de los suelos del talud 12 en condición dinámica en el programa SLOPE/W

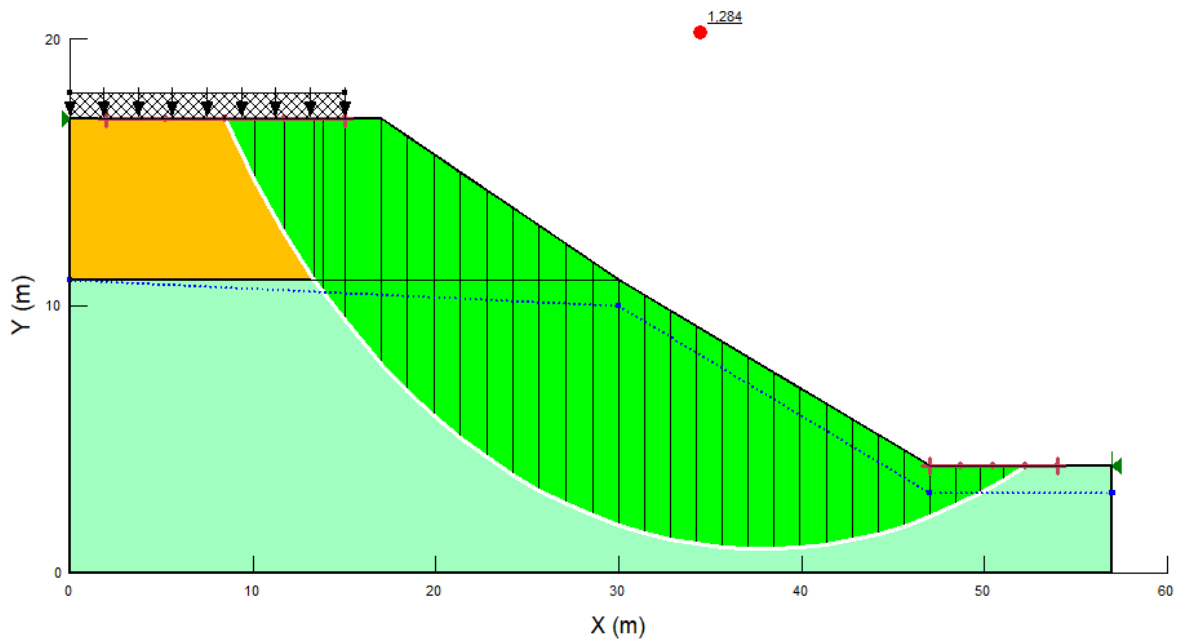
Material	Arena arcillosa (SC)	Material	Grava limosa saturada (GMsat)
... Name	Arena arcillosa (SC)	... Name	Grava limosa saturada (GMsat)
... Color		... Color	
... Model	Mohr-Coulomb	... Model	Mohr-Coulomb
... Unit Weight	19 kN/m ³	... Unit Weight	23 kN/m ³
... Cohesion'	30 KPA	... Cohesion'	25 KPA
... Phi'	25 °	... Phi'	37 °
... Suction Option	Constant	... Suction Option	Constant
... Phi-B	0 °	... Phi-B	0 °
... Use Steady-State Strength	No	... Use Steady-State Strength	No
... Apply Weight Above WT	UseDefault	... Apply Weight Above WT	UseDefault
... Pore Air Pressure	0 KPA	... Pore Air Pressure	0 KPA

Para la condición dinámica se utilizó un coeficiente sísmico Horizontal de 0.25 y coeficiente sísmico Vertical de 0 ya que las ecuaciones originales no tienen en cuenta el coeficiente vertical.

A continuación, se presentan los factores de seguridad y la superficie de falla crítica encontrada en la modelación del talud 12 en condición dinámica por medio de los métodos de análisis de estabilidad de taludes usando dovelas (Fellenius, Bishop, Janbú, Spencer).

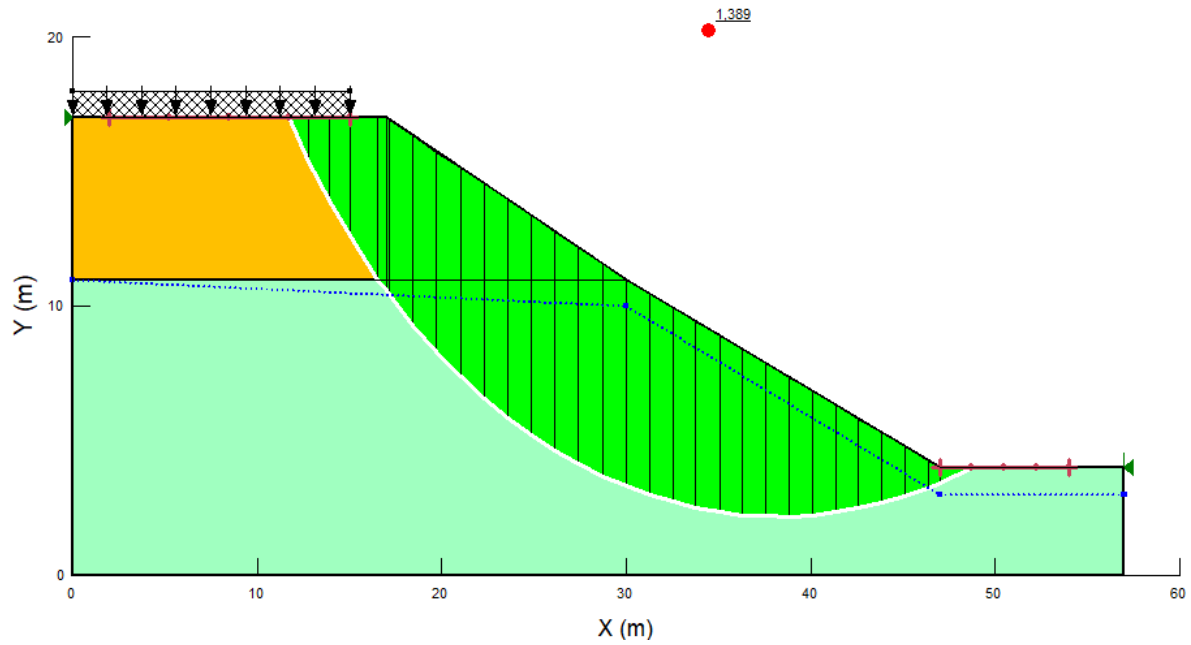
Método Ordinario o de Fellenius

Imagen 129. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 12 en condición dinámica (método de Fellenius)



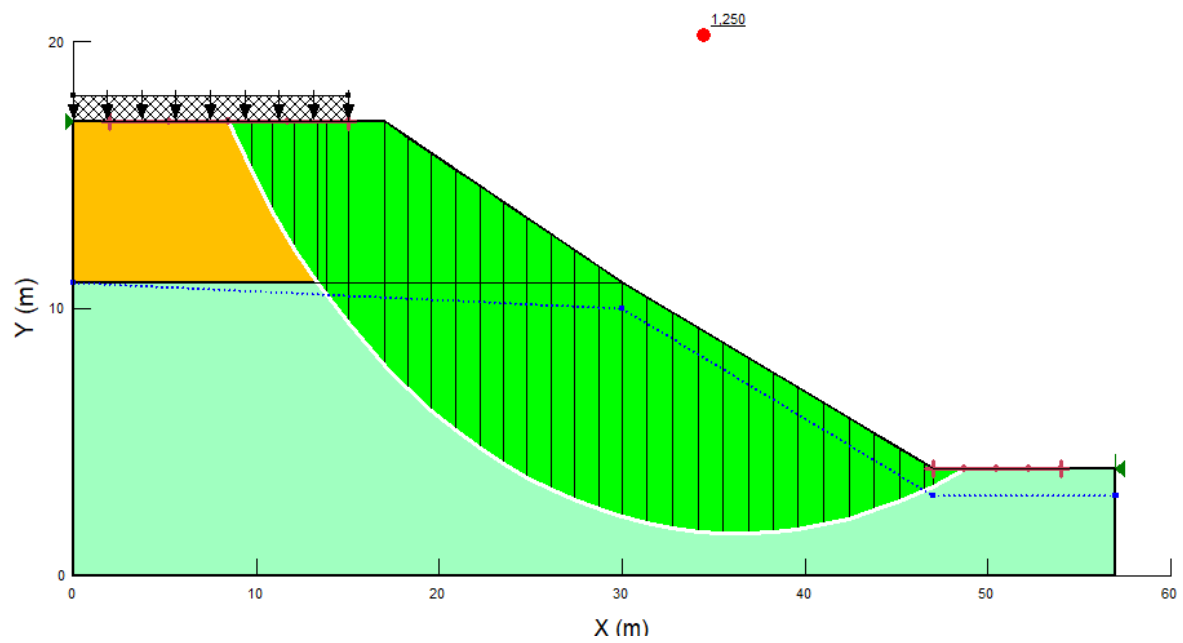
Método simplificado de Bishop

Imagen 130. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 12 en condición dinámica (método de Bishop)



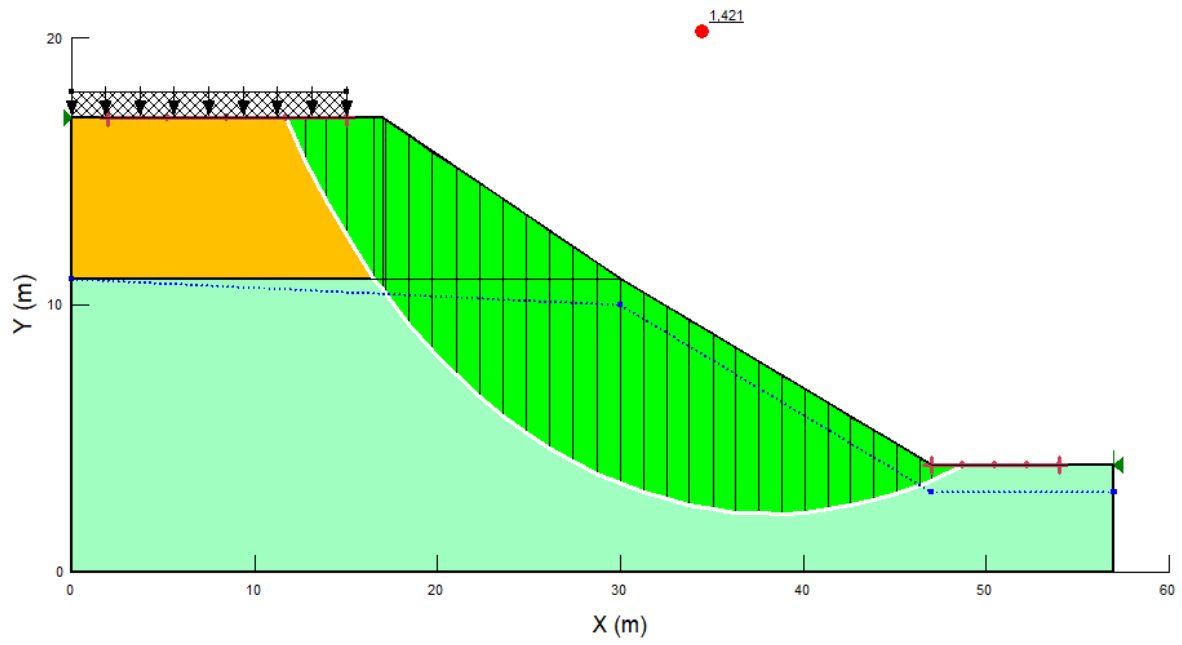
Método de Janbú

Imagen 131. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 12 en condición dinámica (método de Janbú)



Método de Spencer

Imagen 132. Factor de seguridad y superficie de falla del talud 12 en condición dinámica (método de Spencer)



9.2. Resultados por medio de las ecuaciones originales con ayuda de Excel y AutoCAD

Una vez se hicieron las modelaciones de cada uno de los taludes en el SLOPE/W, se procedió a introducir las ecuaciones originales (fuerza normal en la base de cada dovela, P y factor o factores de seguridad) de los diferentes autores en el Excel.

Los autores originales de los métodos y los ingenieros que les precedieron antes de la aparición de herramientas computacionales tenían que suponer diferentes superficies de falla hasta encontrar aquella que produjera el factor de seguridad más bajo con reglas de cálculo o con calculadoras en el mejor de los casos, por esta razón, se decidió tomar la superficie de falla crítica (coordenadas de su centro X y Y y longitud de su radio) para cada talud del programa SLOPE/W.

Para la obtención de los factores de seguridad por medio de las ecuaciones originales en Excel se requirió la ayuda del AutoCAD para obtener las propiedades de masa y geometría de cada una de las 5 dovelas que conformaban la superficie de falla para finalmente obtener los siguientes resultados.

9.2.1. Talud 1. Condición estática

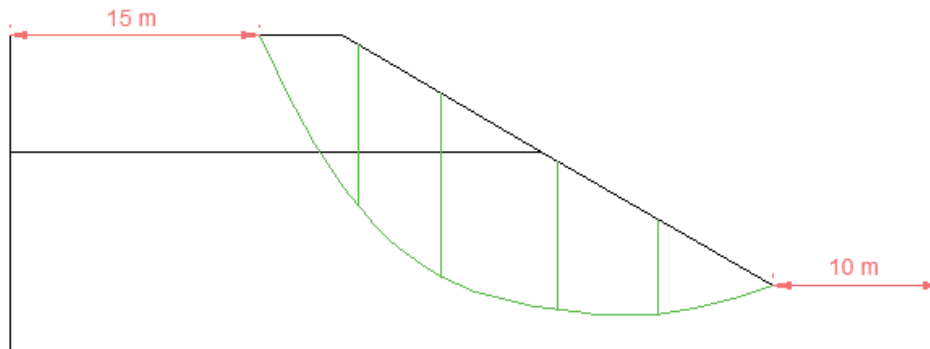
Las siguientes imágenes muestran las superficies de falla críticas correspondientes al Talud 1 en condición estática, obtenidas por medio del programa SLOPE/W por los métodos de Fellenius, Bishop, Janbú y Spencer respectivamente. Estas superficies de falla se dividieron en 5 dovelas con la ayuda de AutoCAD.

Para facilitar los cálculos se obtuvieron promedios de las propiedades físicas de cada uno de los taludes así: el peso específico promedio y el ángulo de fricción interna promedio se obtuvieron a partir del área de cada dovela ocupada en cada estrato, mientras que la cohesión promedio se obtuvo a partir de la longitud de la base de cada dovela que ocupa cada estrato.

Superficie de falla y dovelas

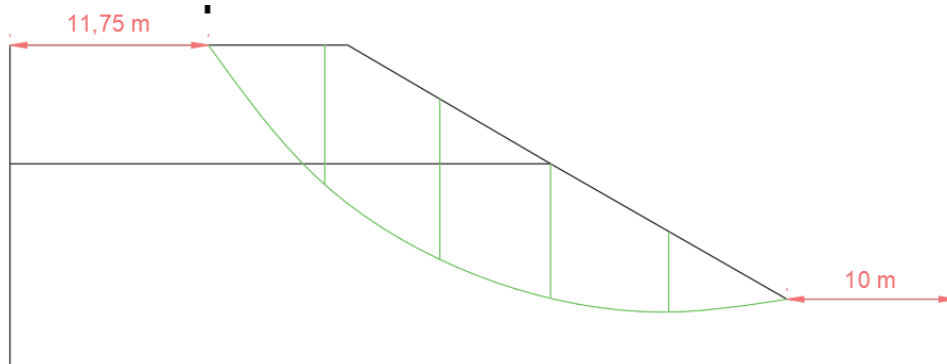
Método ordinario o de Fellenius

Imagen 133. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 1 condición estática (Método de Fellenius)



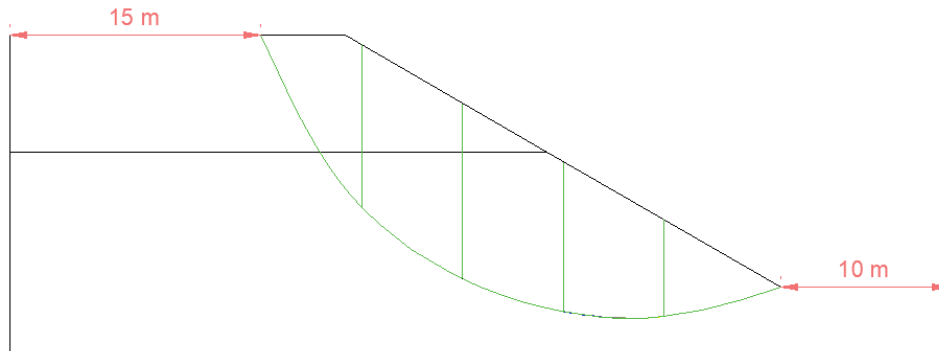
Método simplificado de Bishop

Imagen 134. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 1 condición estática (Método de Bishop)



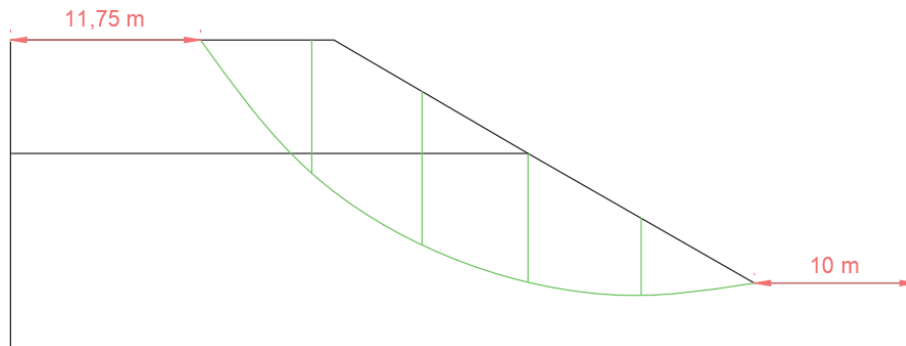
Método de Janbú

Imagen 135. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 1 condición estática (Método de Janbú)



Método de Spencer

Imagen 136. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 1 condición estática (Método de Spencer)



Consolidado de resultados Talud 1 condición estática

La siguiente tabla muestra los resultados de los factores de seguridad obtenidos para el talud 1 en condición estática por medio de los métodos de análisis de estabilidad propuestos por diferentes autores (Fellenius, Bishop, Janbú, Spencer), mediante las hojas electrónicas elaboradas previamente en Excel con la ayuda AutoCAD.

Tabla 16. Resultados ecuaciones originales programa Excel Talud 1 condición estática

RESULTADOS TALUD 1 EN CONDICION ESTATICA EXCEL	
METODO	F.S
Ordinario o de Fellenius	1,54
Simplificado de Bishop	1,81
Janbú	1,19
Spencer	1,8

9.2.2. Talud 1. Condición dinámica

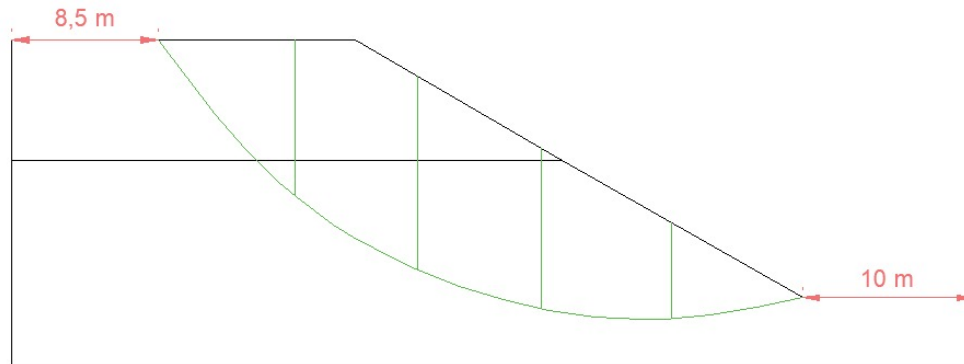
A continuación, se presentan las superficies de falla críticas correspondientes al Talud 1 en condición dinámica, obtenidas por medio del programa SLOPE/W mediante los métodos de Fellenius, Bishop, Janbú y Spencer respectivamente. Estas superficies de falla se dividieron en 5 dovelas con la ayuda de AutoCAD.

Para facilitar los cálculos se obtuvieron promedios de las propiedades físicas de cada uno de los taludes así: el peso específico promedio y el ángulo de fricción interna promedio se obtuvieron a partir del área de cada dovela ocupada en cada estrato, mientras que la cohesión promedio se obtuvo a partir de la longitud de la base de cada dovela que ocupa cada estrato.

Superficie de falla y dovelas

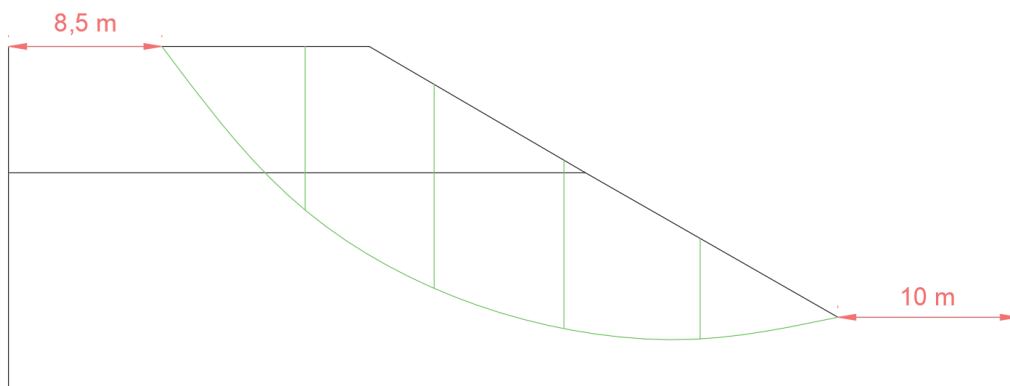
Método ordinario o de Fellenius

Imagen 137. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 1 condición dinámica (Método de Fellenius)



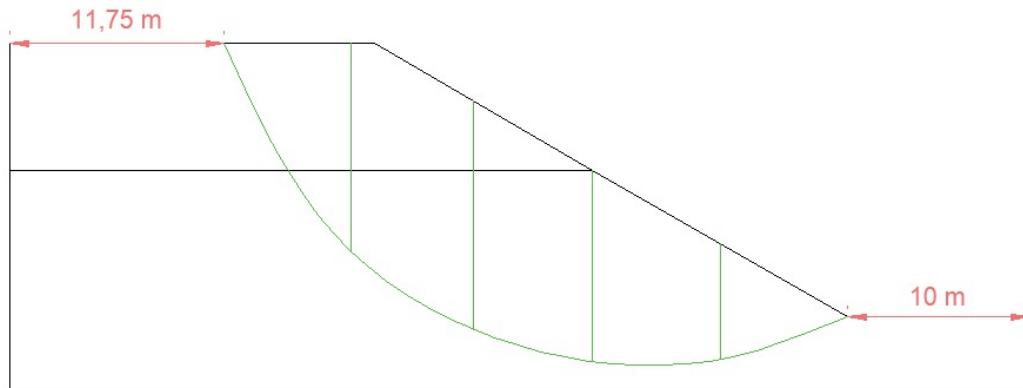
Método simplificado de Bishop

Imagen 138. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 1 condición dinámica (Método de Bishop)



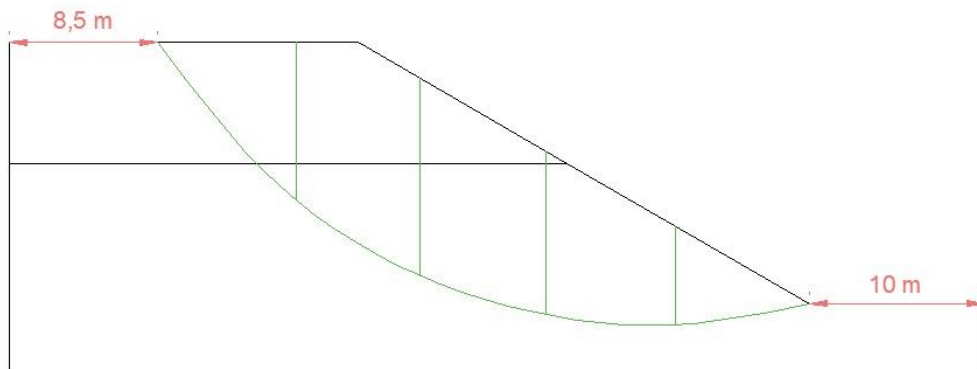
Método de Janbú

Imagen 139. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 1 condición dinámica (Método de Janbú)



Método de Spencer

Imagen 140. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 1 condición dinámica (Método de Spencer)



Consolidado de resultados Talud 1 condición dinámica

La siguiente tabla muestra los resultados de los factores de seguridad obtenidos para el talud 1 en condición dinámica por medio de los métodos de análisis de estabilidad propuestos por diferentes autores (Fellenius, Bishop, Janbú, Spencer), mediante las hojas electrónicas elaboradas previamente en Excel con la ayuda AutoCAD.

Tabla 17. Resultados ecuaciones originales programa Excel Talud 1 condición dinámica

RESULTADOS TALUD 1 EN CONDICION DINAMICA EXCEL	
METODO	F.S
Ordinario o de Fellenius	1.03
Simplificado de Bishop	1.15
Janbú	0.73
Spencer	1.1

9.2.3. Talud 2. Condición estática

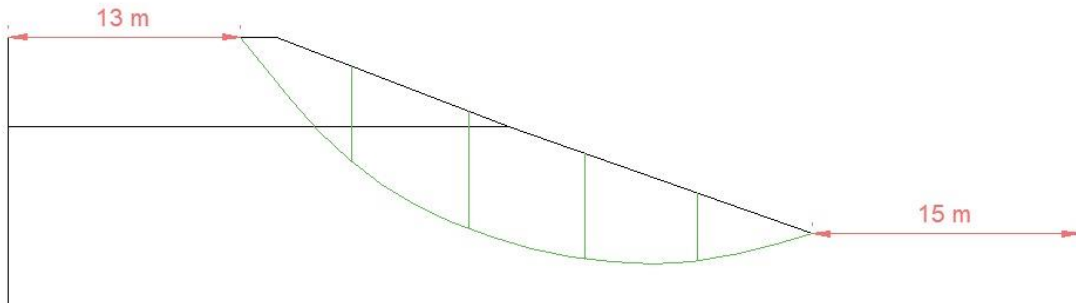
Las siguientes imágenes muestran las superficies de falla críticas correspondientes al Talud 2 en condición estática, obtenidas por medio del programa SLOPE/W por los métodos de Fellenius, Bishop, Janbú y Spencer respectivamente. Estas superficies de falla se dividieron en 5 dovelas con la ayuda de AutoCAD.

Para facilitar los cálculos se obtuvieron promedios de las propiedades físicas de cada uno de los taludes así: el peso específico promedio y el ángulo de fricción interna promedio se obtuvieron a partir del área de cada dovela ocupada en cada estrato, mientras que la cohesión promedio se obtuvo a partir de la longitud de la base de cada dovela que ocupa cada estrato.

Superficie de falla y dovelas

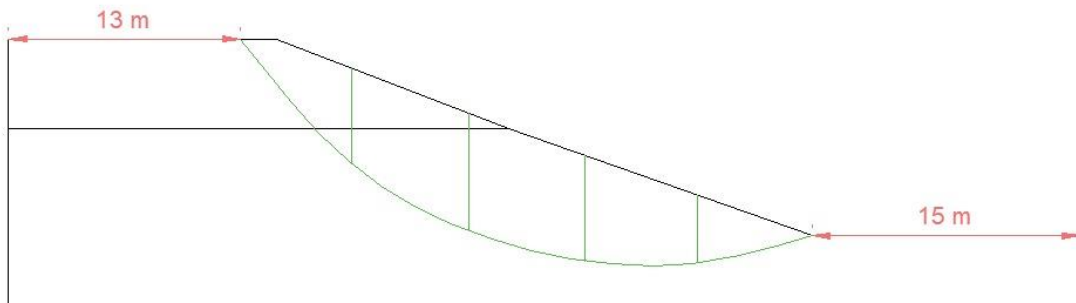
Método ordinario o de Fellenius

Imagen 141. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 2 condición estática (Método de Fellenius)



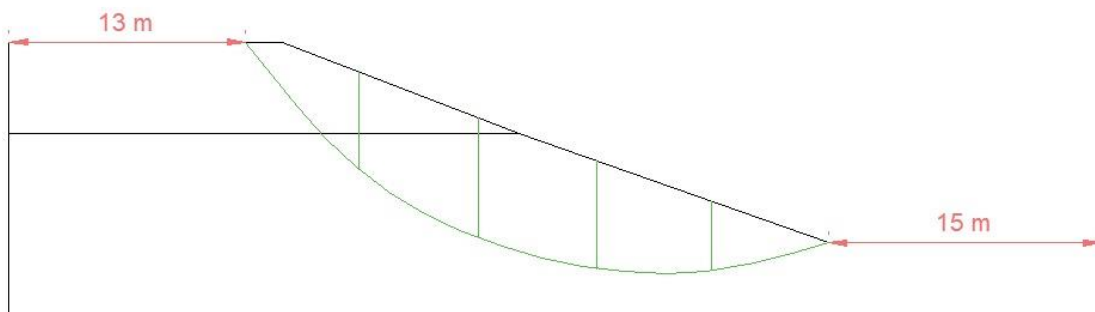
Método simplificado de Bishop

Imagen 142. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 2 condición estática (Método de Bishop)



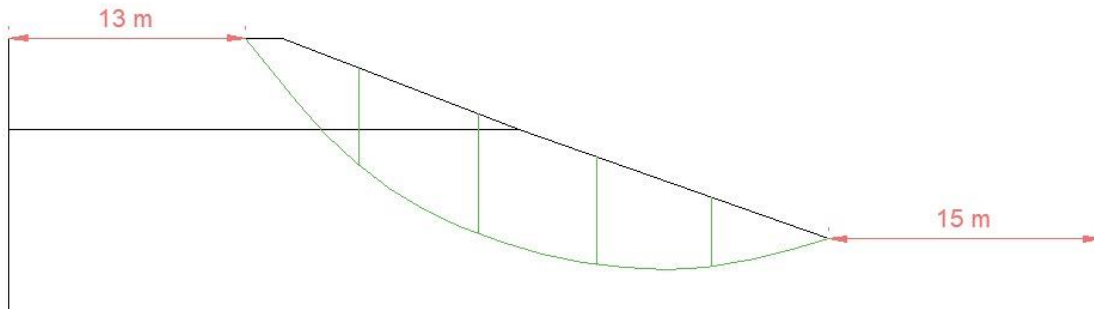
Método de Janbú

Imagen 143. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 2 condición estática (Método de Janbú)



Método de Spencer

Imagen 144. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 2 condición estática (Método de Spencer)



Consolidado de resultados Talud 2 condición estática

La siguiente tabla muestra los resultados de los factores de seguridad obtenidos para el talud 2 en condición estática por medio de los métodos de análisis de estabilidad propuestos por diferentes autores (Fellenius, Bishop, Janbú, Spencer), mediante las hojas electrónicas elaboradas previamente en Excel con la ayuda AutoCAD.

Tabla 18. Resultados ecuaciones originales programa Excel Talud 2 condición estática

RESULTADOS TALUD 2 EN CONDICION ESTATICA EXCEL	
METODO	F.S
Ordinario o de Fellenius	3.35
Simplificado de Bishop	3.57
Janbú	2.56
Spencer	3.61

9.2.4. Talud 2. Condición dinámica

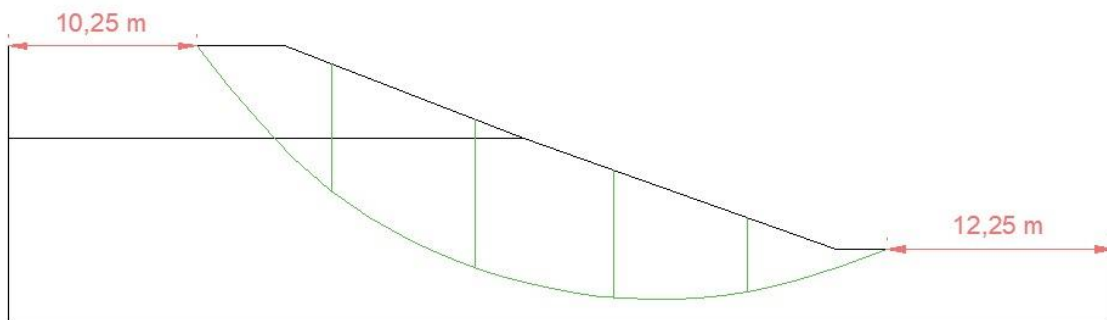
A continuación, se presentan las superficies de falla críticas correspondientes al Talud 2 en condición dinámica, obtenidas por medio del programa SLOPE/W mediante los métodos de Fellenius, Bishop, Janbú y Spencer respectivamente. Estas superficies de falla se dividieron en 5 dovelas con la ayuda de AutoCAD.

Para facilitar los cálculos se obtuvieron promedios de las propiedades físicas de cada uno de los taludes así: el peso específico promedio y el ángulo de fricción interna promedio se obtuvieron a partir del área de cada dovela ocupada en cada estrato, mientras que la cohesión promedio se obtuvo a partir de la longitud de la base de cada dovela que ocupa cada estrato.

Superficie de falla y dovelas

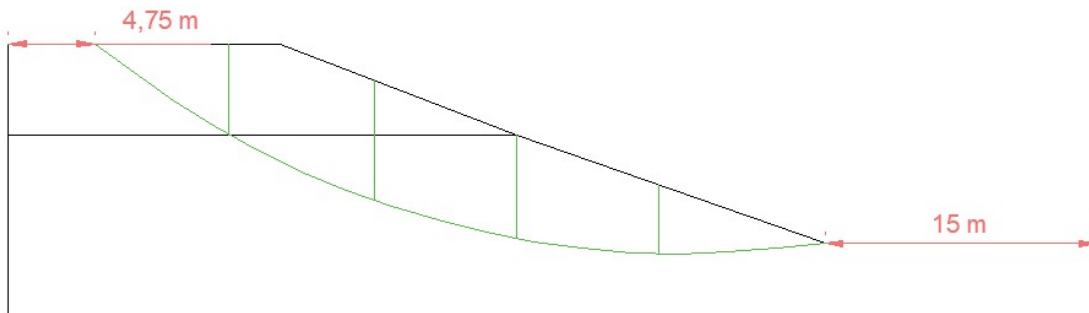
Método ordinario o de Fellenius

Imagen 145. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 2 condición dinámica (Método de Fellenius)



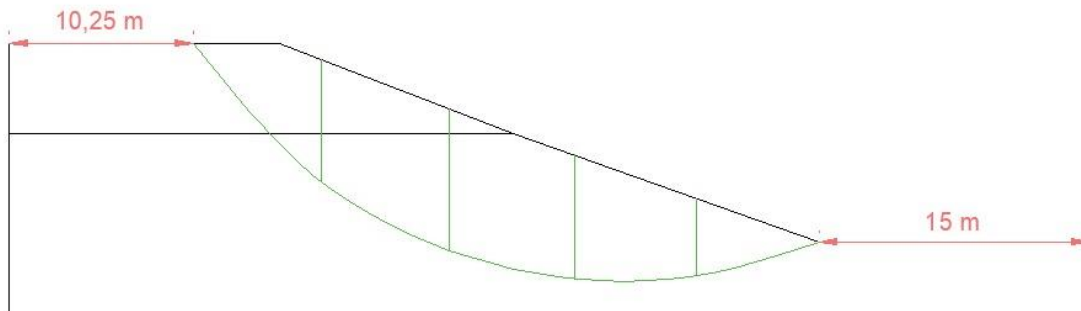
Método simplificado de Bishop

Imagen 146. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 2 condición dinámica (Método de Bishop)



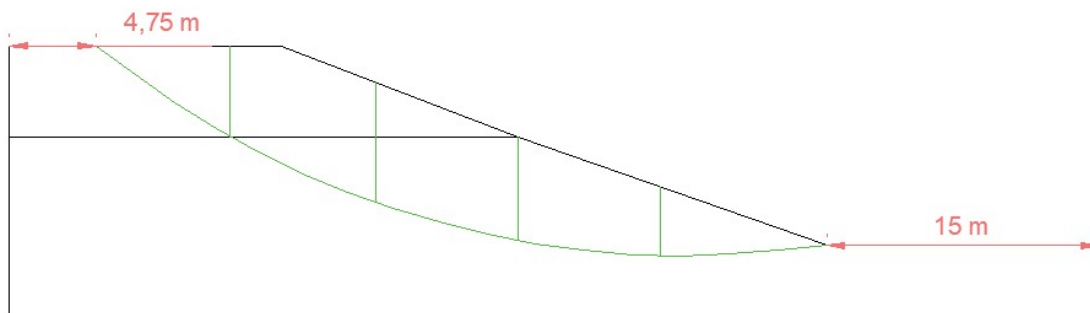
Método de Janbú

Imagen 147. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 2 condición dinámica (Método de Janbú)



Método de Spencer

Imagen 148. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 2 condición dinámica (Método de Spencer)



Consolidado de resultados Talud 2 condición dinámica

La siguiente tabla muestra los resultados de los factores de seguridad obtenidos para el talud 2 en condición dinámica por medio de los métodos de análisis de estabilidad propuestos por diferentes autores (Fellenius, Bishop, Janbú, Spencer), mediante las hojas electrónicas elaboradas previamente en Excel con la ayuda AutoCAD.

Tabla 19. Resultados ecuaciones originales programa Excel Talud 2 condición dinámica

RESULTADOS TALUD 2 EN CONDICION DINAMICA EXCEL	
METODO	F.S
Ordinario o de Fellenius	1.79
Simplificado de Bishop	1.93
Janbú	1.43
Spencer	2.1

9.2.5. Talud 3. Condición estática

Las siguientes imágenes muestran las superficies de falla críticas correspondientes al Talud 3 en condición estática, obtenidas por medio del programa SLOPE/W por los métodos de Fellenius, Bishop, Janbú y Spencer respectivamente. Estas superficies de falla se dividieron en 5 dovelas con la ayuda de AutoCAD.

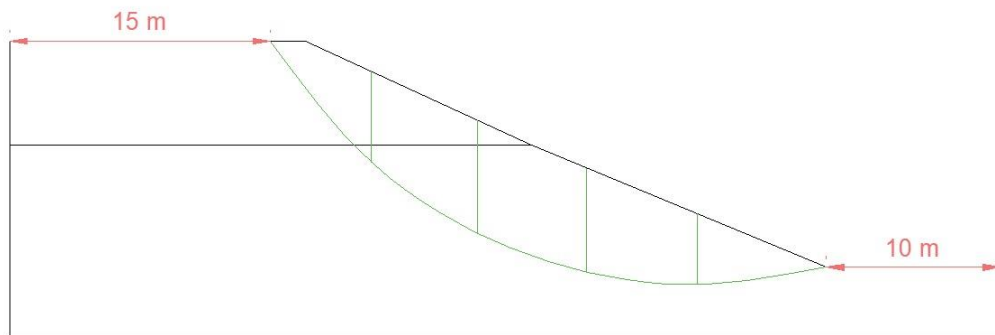
Para facilitar los cálculos se obtuvieron promedios de las propiedades físicas de cada uno de los taludes así: el peso específico promedio y el ángulo de fricción interna promedio se

obtuvieron a partir del área de cada dovela ocupada en cada estrato, mientras que la cohesión promedio se obtuvo a partir de la longitud de la base de cada dovela que ocupa cada estrato.

Superficie de falla y dovelas

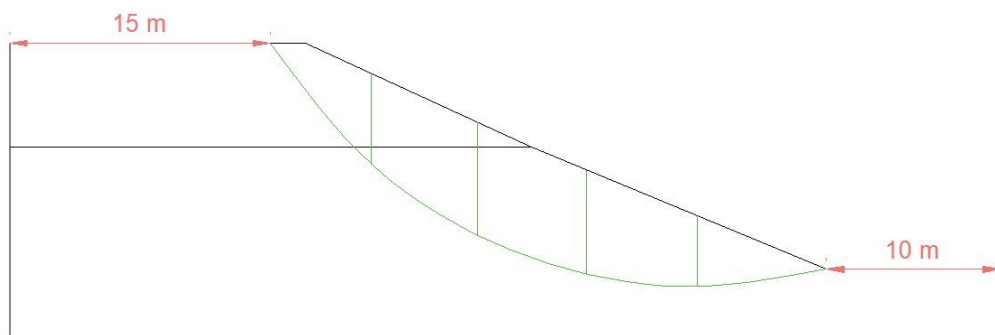
Método Ordinario o de Fellenius

Imagen 149. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 3 condición estática (Método de Fellenius)



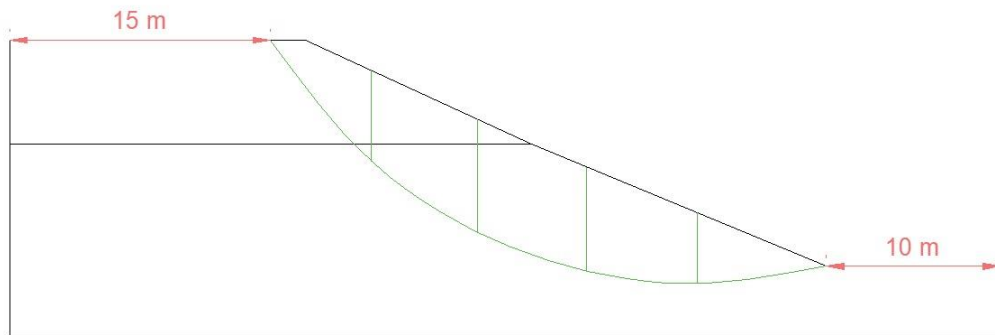
Método simplificado de Bishop

Imagen 150. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 3 condición estática (Método de Bishop)



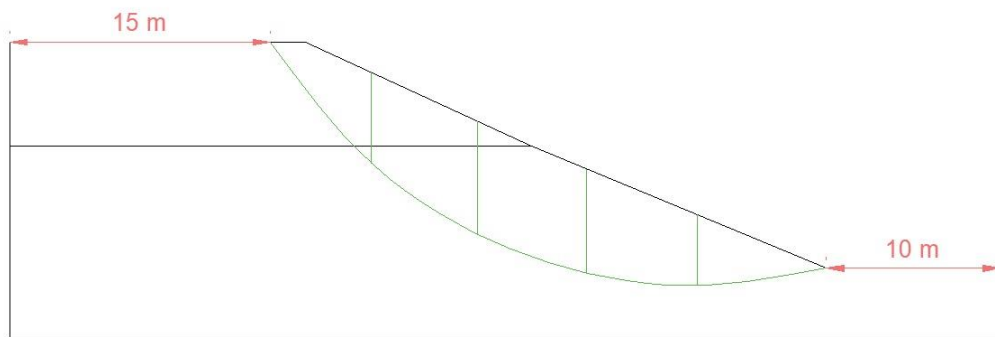
Método de Janbú

Imagen 151. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 3 condición estática (Método de Janbú)



Método de Spencer

Imagen 152. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 3 condición estática (Método de Spencer)



Consolidado de resultados Talud 3 condición estática

La siguiente tabla muestra los resultados de los factores de seguridad obtenidos para el talud 3 en condición estática por medio de los métodos de análisis de estabilidad propuestos por diferentes autores (Fellenius, Bishop, Janbú, Spencer), mediante las hojas electrónicas elaboradas previamente en Excel con la ayuda AutoCAD.

Tabla 20. Resultados ecuaciones originales programa Excel Talud 3 condición estática

RESULTADOS TALUD 3 EN CONDICION ESTATICA EXCEL	
METODO	F.S
Ordinario o de Fellenius	3.02
Simplificado de Bishop	3.22
Janbú	2.39
Spencer	3.3

9.2.6. Talud 3. Condición dinámica

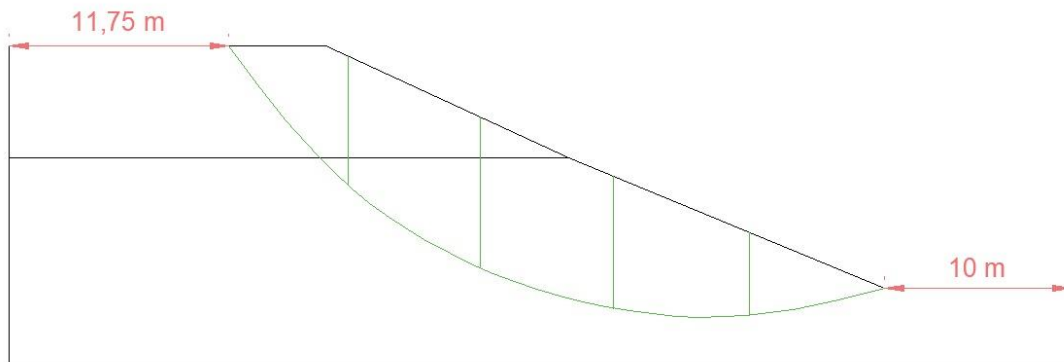
A continuación, se presentan las superficies de falla críticas correspondientes al Talud 3 en condición dinámica, obtenidas por medio del programa SLOPE/W mediante los métodos de Fellenius, Bishop, Janbú y Spencer respectivamente. Estas superficies de falla se dividieron en 5 dovelas con la ayuda de AutoCAD.

Para facilitar los cálculos se obtuvieron promedios de las propiedades físicas de cada uno de los taludes así: el peso específico promedio y el ángulo de fricción interna promedio se obtuvieron a partir del área de cada dovela ocupada en cada estrato, mientras que la cohesión promedio se obtuvo a partir de la longitud de la base de cada dovela que ocupa cada estrato.

Superficie de falla y dovelas

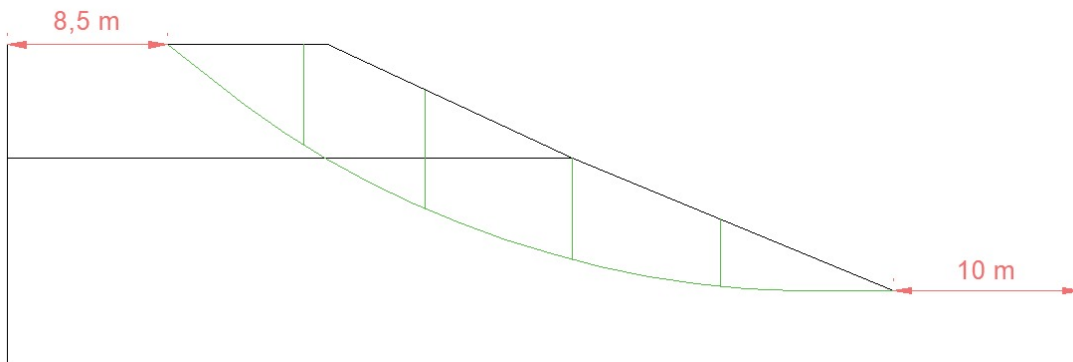
Método Ordinario o de Fellenius

Imagen 153. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 3 condición dinámica (Método de Fellenius)



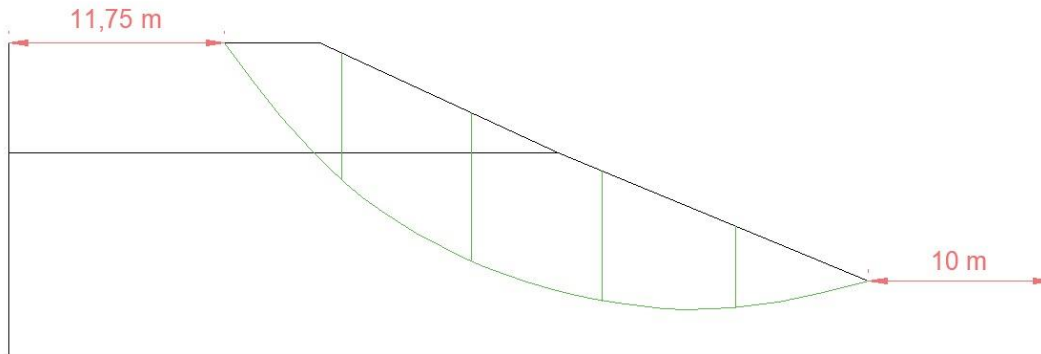
Método simplificado de Bishop

Imagen 154. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 3 condición dinámica (Método de Bishop)



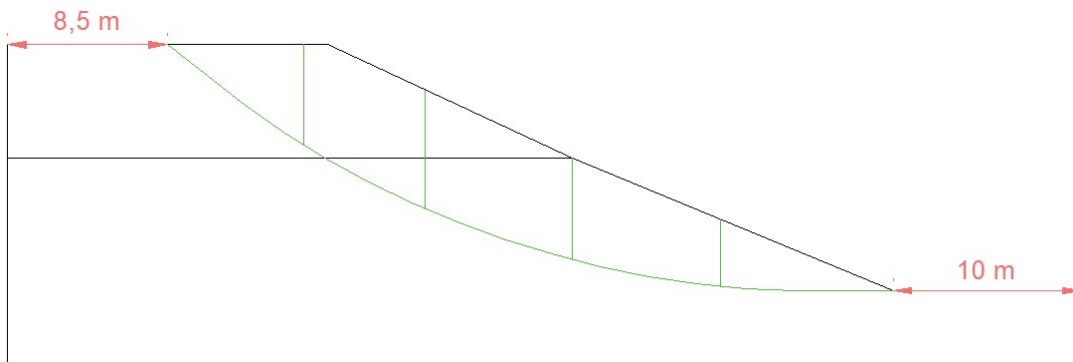
Método de Janbú

Imagen 155. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 3 condición dinámica (Método de Janbú)



Método de Spencer

Imagen 156. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 3 condición dinámica (Método de Spencer)



Consolidado de resultados Talud 3 condición dinámica

La siguiente tabla muestra los resultados de los factores de seguridad obtenidos para el talud 3 en condición dinámica por medio de los métodos de análisis de estabilidad propuestos por diferentes autores (Fellenius, Bishop, Janbú, Spencer), mediante las hojas electrónicas elaboradas previamente en Excel con la ayuda AutoCAD.

Tabla 21. Resultados ecuaciones originales programa Excel Talud 3 condición dinámica

RESULTADOS TALUD 3 EN CONDICION DINAMICA EXCEL	
METODO	F.S
Ordinario o de Fellenius	1.70
Simplificado de Bishop	1.85
Janbú	1.41
Spencer	2.1

9.2.7. Talud 4. Condición estática

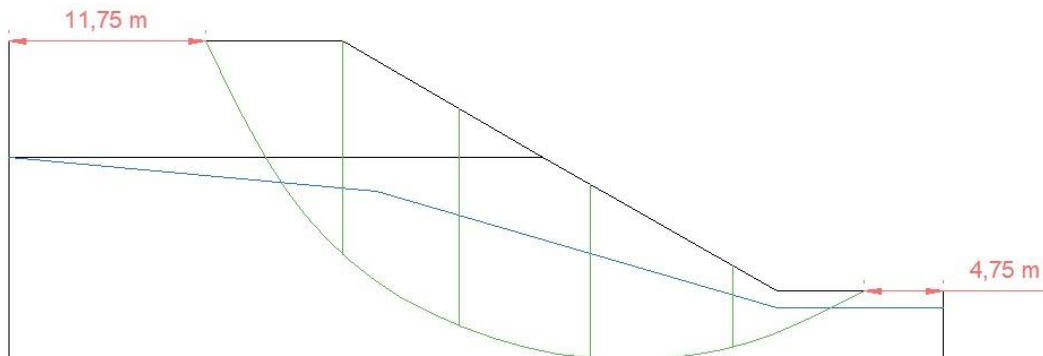
Las siguientes imágenes muestran las superficies de falla críticas correspondientes al Talud 4 en condición estática, obtenidas por medio del programa SLOPE/W por los métodos de Fellenius, Bishop, Janbú y Spencer respectivamente. Estas superficies de falla se dividieron en 5 dovelas con la ayuda de AutoCAD.

Para facilitar los cálculos se obtuvieron promedios de las propiedades físicas de cada uno de los taludes así: el peso específico promedio y el ángulo de fricción interna promedio se obtuvieron a partir del área de cada dovela ocupada en cada estrato, mientras que la cohesión promedio se obtuvo a partir de la longitud de la base de cada dovela que ocupa cada estrato.

Superficie de falla y dovelas

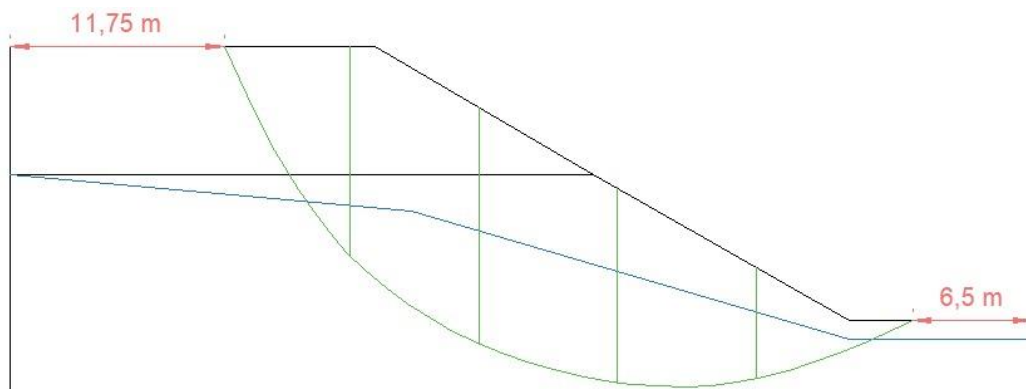
Método ordinario o de Fellenius

Imagen 157. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 4 condición estática (Método de Fellenius)



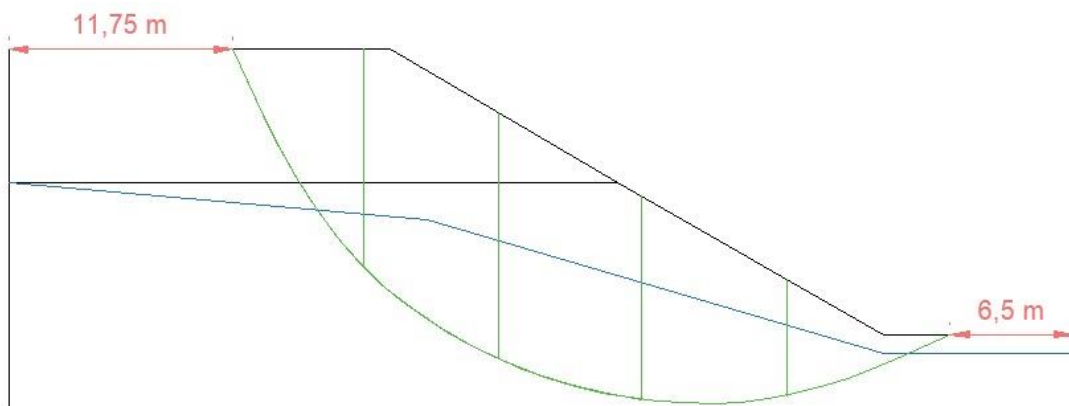
Método simplificado de Bishop

Imagen 158. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 4 condición estática (Método de Bishop)



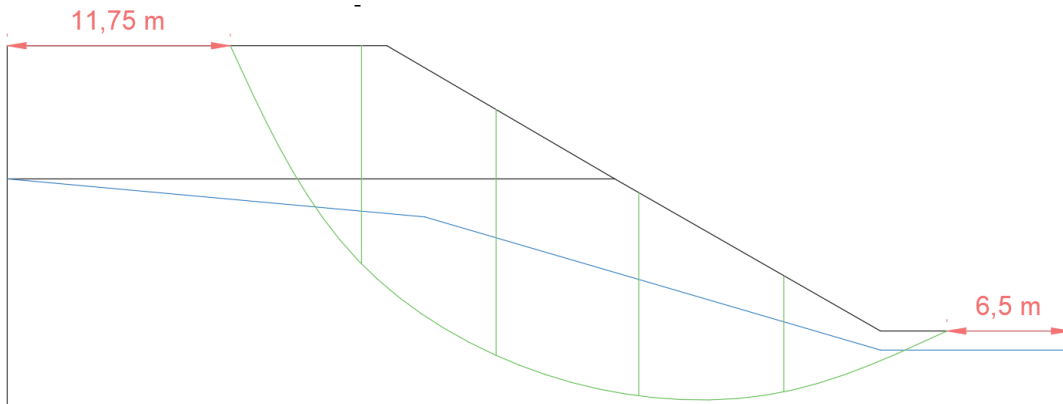
Método de Janbú

Imagen 159. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 4 condición estática (Método de Janbú)



Método de Spencer

Imagen 160. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 4 condición estática (Método de Spencer)



Consolidado de resultados Talud 4 condición estática

La siguiente tabla muestra los resultados de los factores de seguridad obtenidos para el talud 4 en condición estática por medio de los métodos de análisis de estabilidad propuestos por diferentes autores (Fellenius, Bishop, Janbú, Spencer), mediante las hojas electrónicas elaboradas previamente en Excel con la ayuda AutoCAD.

Tabla 22. Resultados ecuaciones originales programa Excel Talud 4 condición estática

RESULTADOS TALUD 4 EN CONDICION ESTATICA EXCEL	
METODO	F.S
Ordinario o de Fellenius	1.10
Simplificado de Bishop	1.30
Janbú	1.22
Spencer	1.25

9.2.8. Talud 4. Condición dinámica

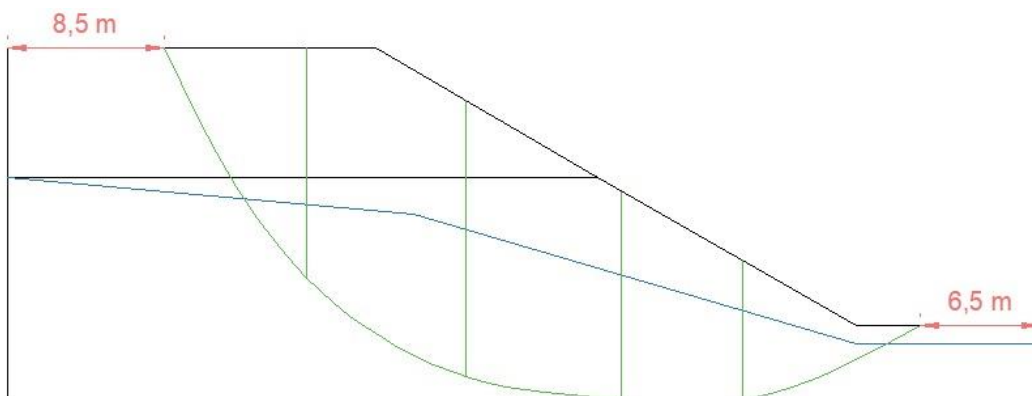
A continuación, se presentan las superficies de falla críticas correspondientes al Talud 4 en condición dinámica, obtenidas por medio del programa SLOPE/W mediante los métodos de Fellenius, Bishop, Janbú y Spencer respectivamente. Estas superficies de falla se dividieron en 5 dovelas con la ayuda de AutoCAD.

Para facilitar los cálculos se obtuvieron promedios de las propiedades físicas de cada uno de los taludes así: el peso específico promedio y el ángulo de fricción interna promedio se obtuvieron a partir del área de cada dovela ocupada en cada estrato, mientras que la cohesión promedio se obtuvo a partir de la longitud de la base de cada dovela que ocupa cada estrato.

Superficie de falla y dovelas

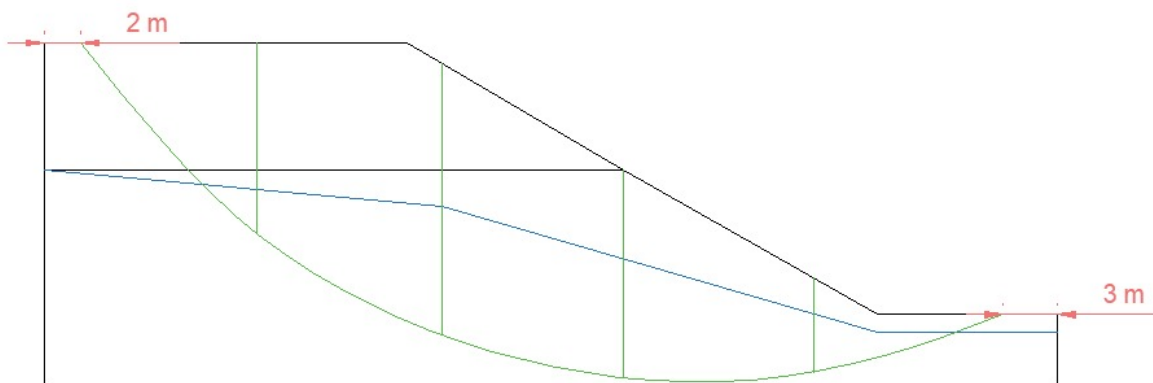
Método ordinario o de Fellenius

Imagen 161. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 4 condición dinámica (Método de Fellenius)



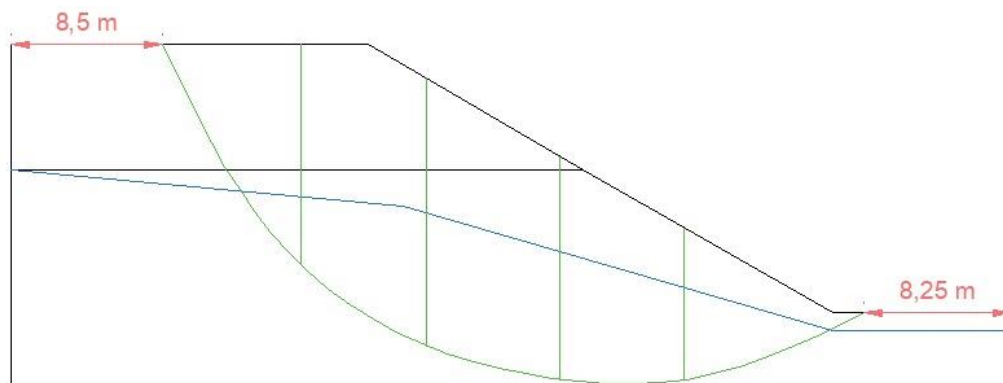
Método simplificado de Bishop

Imagen 162. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 4 condición dinámica (Método de Bishop)



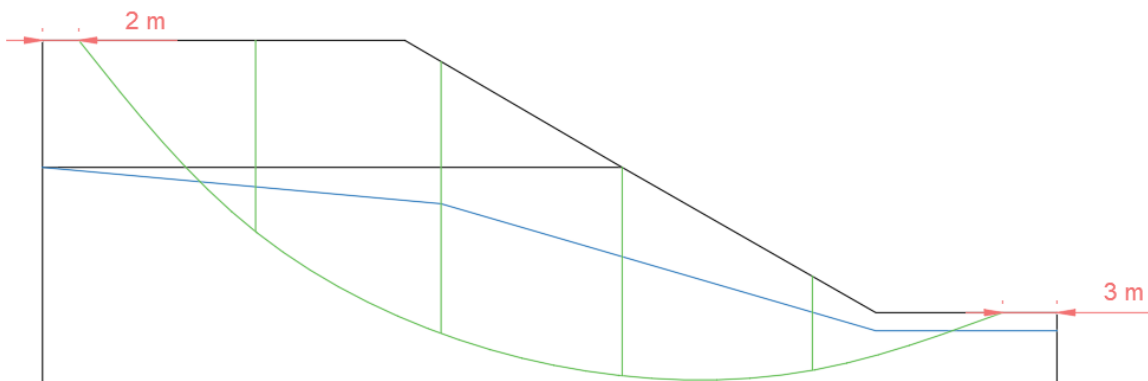
Método de Janbú

Imagen 163. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 4 condición dinámica (Método de Janbú)



Método de Spencer

Imagen 164. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 4 condición dinámica (Método de Spencer)



Consolidado de resultados Talud 4 condición dinámica

La siguiente tabla muestra los resultados de los factores de seguridad obtenidos para el talud 4 en condición dinámica por medio de los métodos de análisis de estabilidad propuestos por diferentes autores (Fellenius, Bishop, Janbú, Spencer), mediante las hojas electrónicas elaboradas previamente en Excel con la ayuda AutoCAD.

Tabla 23. Resultados ecuaciones originales programa Excel Talud 4 condición dinámica

RESULTADOS TALUD 4 EN CONDICION DINAMICA EXCEL	
METODO	F.S
Ordinario o de Fellenius	0.68
Simplificado de Bishop	0.81
Janbú	0.62
Spencer	0.78

9.2.9. Talud 5. Condición estática

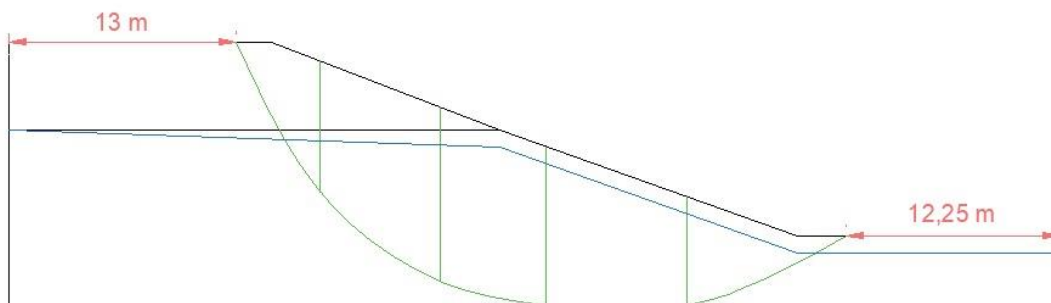
Las siguientes imágenes muestran las superficies de falla críticas correspondientes al Talud 5 en condición estática, obtenidas por medio del programa SLOPE/W por los métodos de Fellenius, Bishop, Janbú y Spencer respectivamente. Estas superficies de falla se dividieron en 5 dovelas con la ayuda de AutoCAD.

Para facilitar los cálculos se obtuvieron promedios de las propiedades físicas de cada uno de los taludes así: el peso específico promedio y el ángulo de fricción interna promedio se obtuvieron a partir del área de cada dovela ocupada en cada estrato, mientras que la cohesión promedio se obtuvo a partir de la longitud de la base de cada dovela que ocupa cada estrato.

Superficie de falla y dovelas

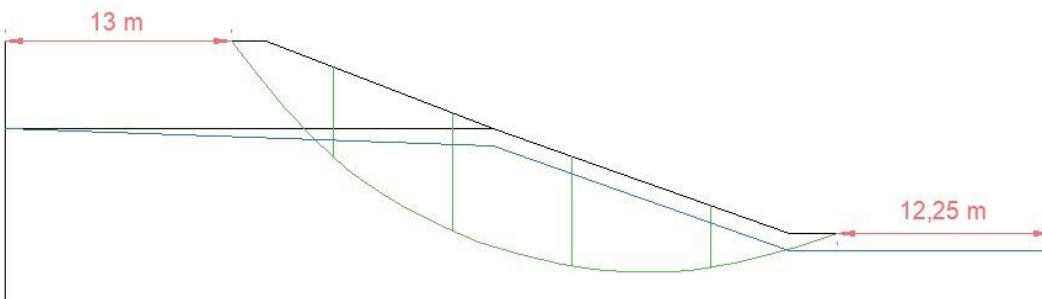
Método ordinario o de Fellenius

Imagen 165. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 5 condición estática (Método de Fellenius)



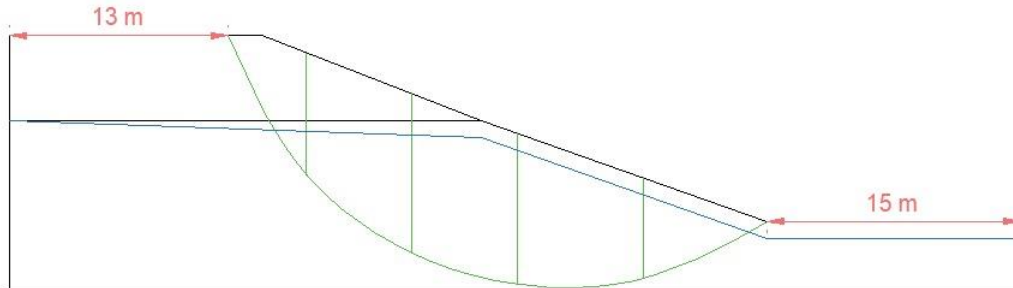
Método simplificado de Bishop

Imagen 166. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 5 condición estática (Método de Bishop)



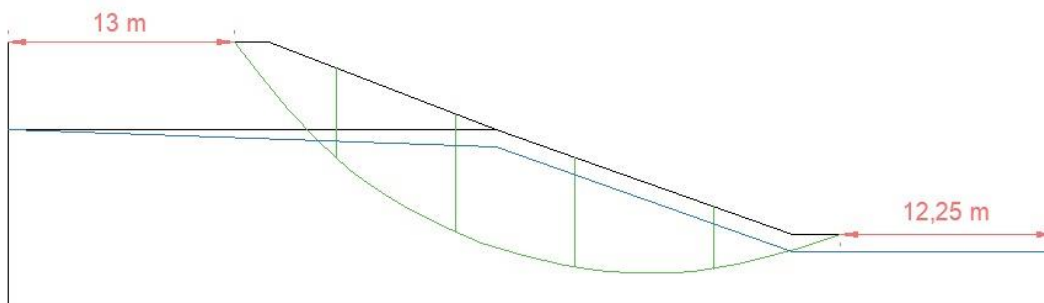
Método de Janbú

Imagen 167. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 5 condición estática (Método de Janbú)



Método de Spencer

Imagen 168. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 5 condición estática (Método de Spencer)



Consolidado de resultados Talud 5 condición estática

La siguiente tabla muestra los resultados de los factores de seguridad obtenidos para el talud 5 en condición estática por medio de los métodos de análisis de estabilidad propuestos por diferentes autores (Fellenius, Bishop, Janbú, Spencer), mediante las hojas electrónicas elaboradas previamente en Excel con la ayuda AutoCAD.

Tabla 24. Resultados ecuaciones originales programa Excel Talud 5 condición estática

RESULTADOS TALUD 5 EN CONDICION ESTATICA EXCEL	
METODO	F.S
Ordinario o de Fellenius	2.26
Simplificado de Bishop	2.65
Janbú	1.50
Spencer	2.68

9.2.10. Talud 5. Condición dinámica

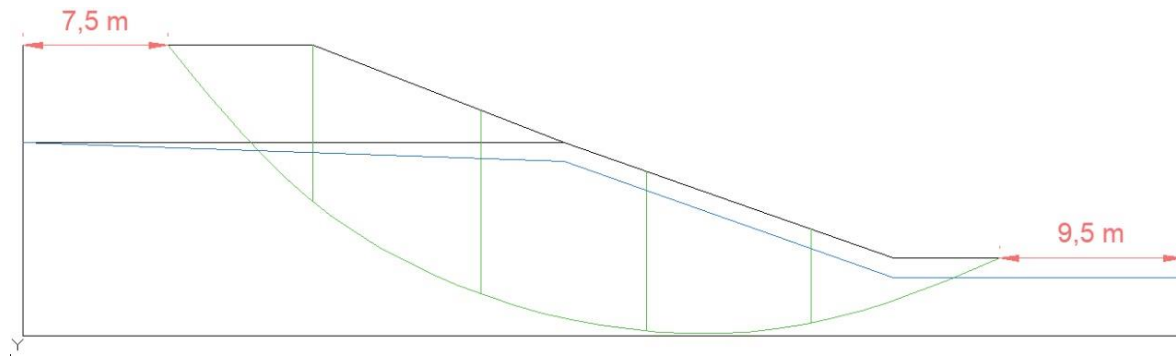
A continuación, se presentan las superficies de falla críticas correspondientes al Talud 5 en condición dinámica, obtenidas por medio del programa SLOPE/W mediante los métodos de Fellenius, Bishop, Janbú y Spencer respectivamente. Estas superficies de falla se dividieron en 5 dovelas con la ayuda de AutoCAD.

Para facilitar los cálculos se obtuvieron promedios de las propiedades físicas de cada uno de los taludes así: el peso específico promedio y el ángulo de fricción interna promedio se obtuvieron a partir del área de cada dovela ocupada en cada estrato, mientras que la cohesión promedio se obtuvo a partir de la longitud de la base de cada dovela que ocupa cada estrato.

Superficie de falla y dovelas

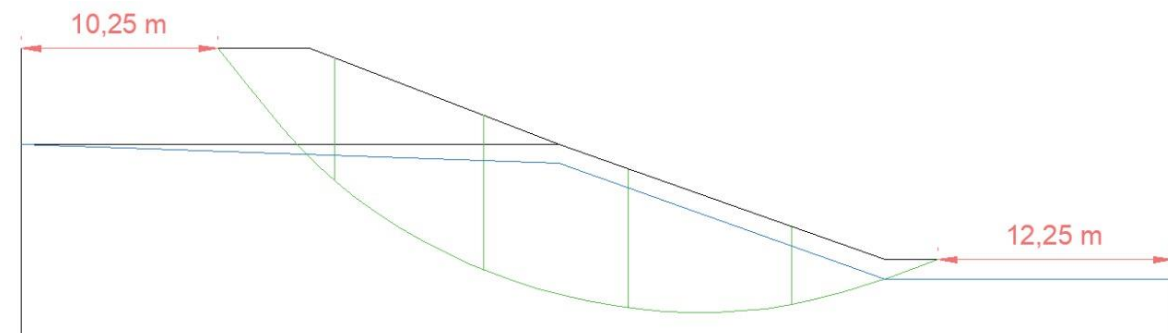
Método ordinario o de Fellenius

Imagen 169. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 5 condición dinámica (Método de Fellenius)



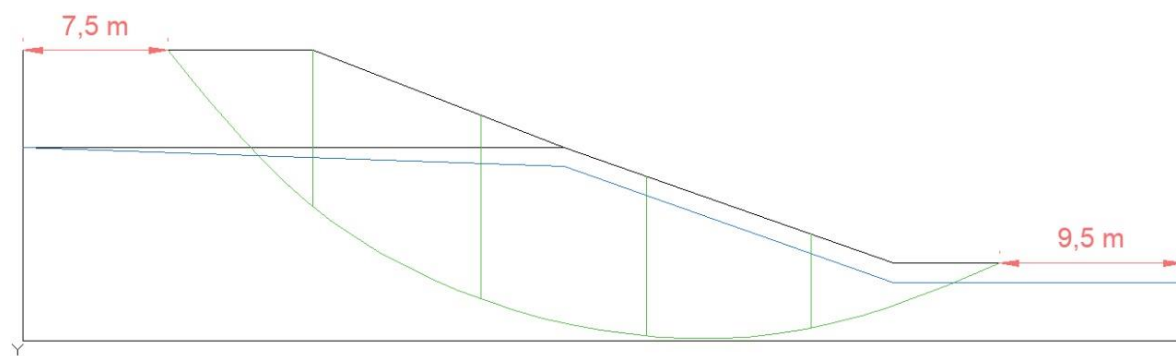
Método simplificado de Bishop

Imagen 170. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 5 condición dinámica (Método de Bishop)



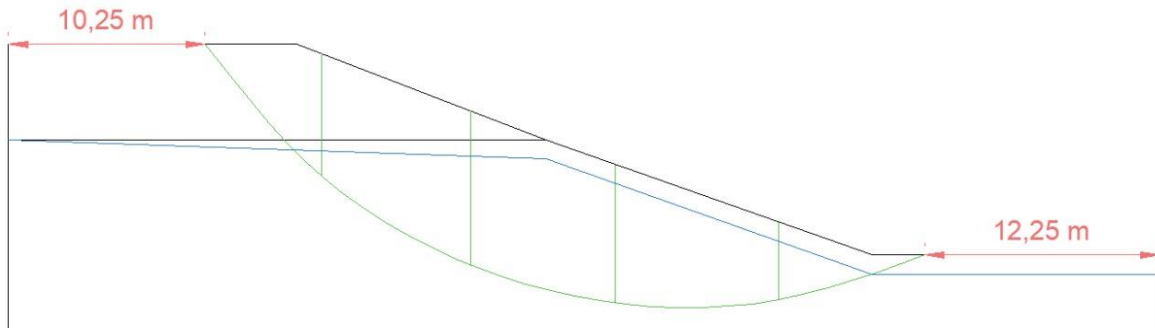
Método de Janbú

Imagen 171. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 5 condición dinámica (Método de Janbú)



Método de Spencer

Imagen 172. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 5 condición dinámica (Método de Spencer)



Consolidado de resultados Talud 5 condición dinámica

La siguiente tabla muestra los resultados de los factores de seguridad obtenidos para el talud 5 en condición dinámica por medio de los métodos de análisis de estabilidad propuestos por diferentes autores (Fellenius, Bishop, Janbú, Spencer), mediante las hojas electrónicas elaboradas previamente en Excel con la ayuda AutoCAD.

Tabla 25. Resultados ecuaciones originales programa Excel Talud 5 condición dinámica

RESULTADOS TALUD 5 EN CONDICION DINAMICA EXCEL	
METODO	F.S
Ordinario o de Fellenius	1.23
Simplificado de Bishop	1.38
Janbú	0.98
Spencer	1.43

9.2.11. Talud 6. Condición estática

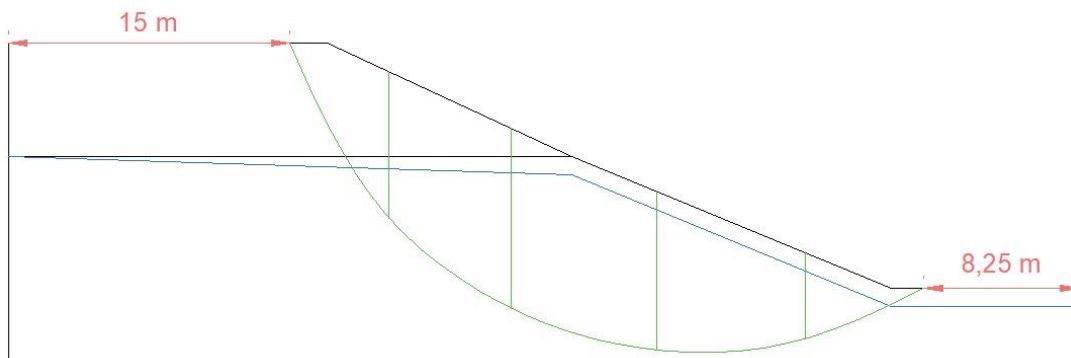
Las siguientes imágenes muestran las superficies de falla críticas correspondientes al Talud 6 en condición estática, obtenidas por medio del programa SLOPE/W por los métodos de Fellenius, Bishop, Janbú y Spencer respectivamente. Estas superficies de falla se dividieron en 5 dovelas con la ayuda de AutoCAD.

Para facilitar los cálculos se obtuvieron promedios de las propiedades físicas de cada uno de los taludes así: el peso específico promedio y el ángulo de fricción interna promedio se obtuvieron a partir del área de cada dovela ocupada en cada estrato, mientras que la cohesión promedio se obtuvo a partir de la longitud de la base de cada dovela que ocupa cada estrato.

Superficie de falla y dovelas

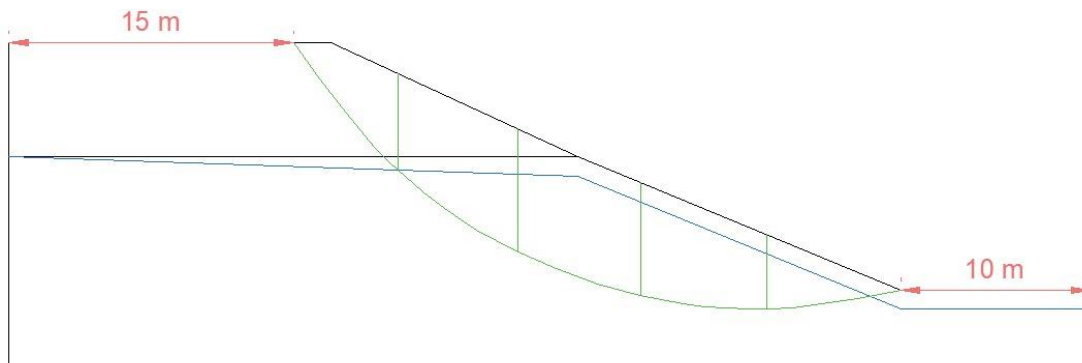
Método Ordinario o de Fellenius

Imagen 173. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 6 condición estática (Método de Fellenius)



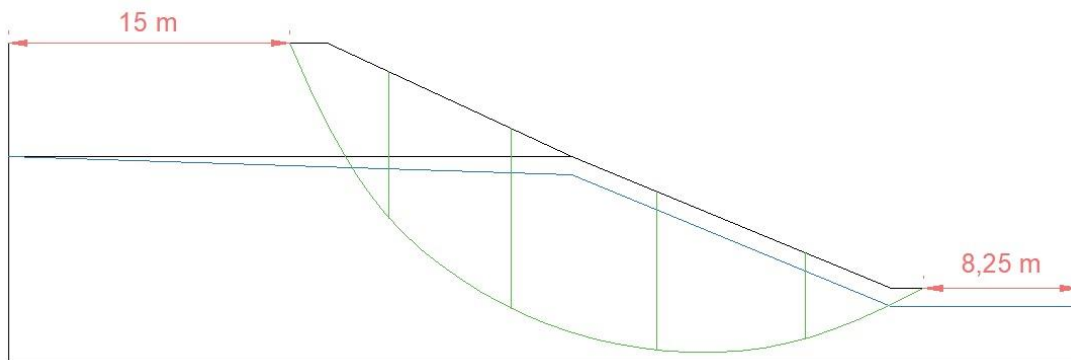
Método simplificado de Bishop

Imagen 174. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 6 condición estática (Método de Bishop)



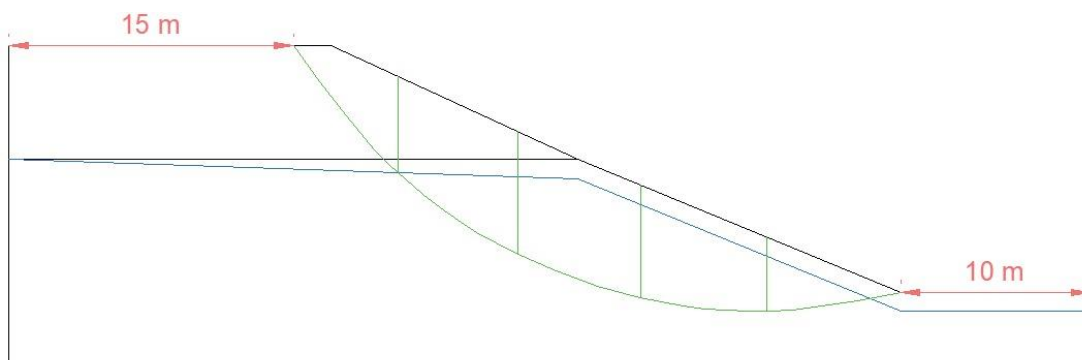
Método de Janbú

Imagen 175. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 6 condición estática (Método de Janbú)



Método de Spencer

Imagen 176. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 6 condición estática (Método de Spencer)



Consolidado de resultados Talud 6 condición estática

La siguiente tabla muestra los resultados de los factores de seguridad obtenidos para el talud 6 en condición estática por medio de los métodos de análisis de estabilidad propuestos por diferentes autores (Fellenius, Bishop, Janbú, Spencer), mediante las hojas electrónicas elaboradas previamente en Excel con la ayuda AutoCAD.

Tabla 26. Resultados ecuaciones originales programa Excel Talud 6 condición estática

RESULTADOS TALUD 6 EN CONDICION ESTATICA EXCEL	
METODO	F.S
Ordinario o de Fellenius	1.94
Simplificado de Bishop	2.18
Janbú	1.32
Spencer	2.3

9.2.12. Talud 6. Condición dinámica

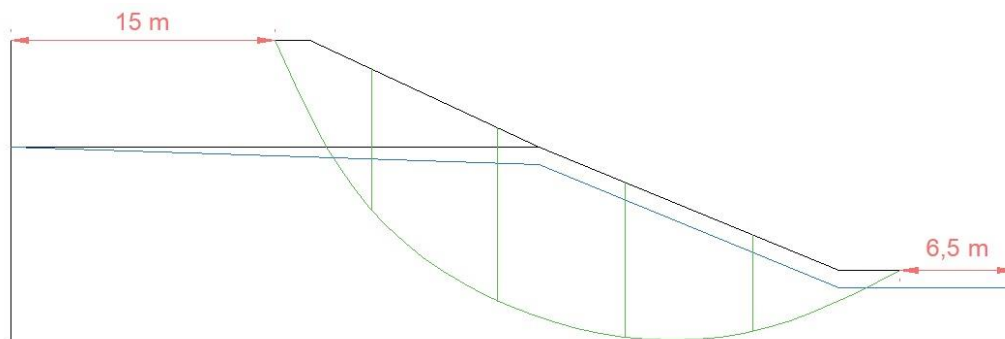
A continuación, se presentan las superficies de falla críticas correspondientes al Talud 6 en condición dinámica, obtenidas por medio del programa SLOPE/W mediante los métodos de Fellenius, Bishop, Janbú y Spencer respectivamente. Estas superficies de falla se dividieron en 5 dovelas con la ayuda de AutoCAD.

Para facilitar los cálculos se obtuvieron promedios de las propiedades físicas de cada uno de los taludes así: el peso específico promedio y el ángulo de fricción interna promedio se obtuvieron a partir del área de cada dovela ocupada en cada estrato, mientras que la cohesión promedio se obtuvo a partir de la longitud de la base de cada dovela que ocupa cada estrato.

Superficie de falla y dovelas

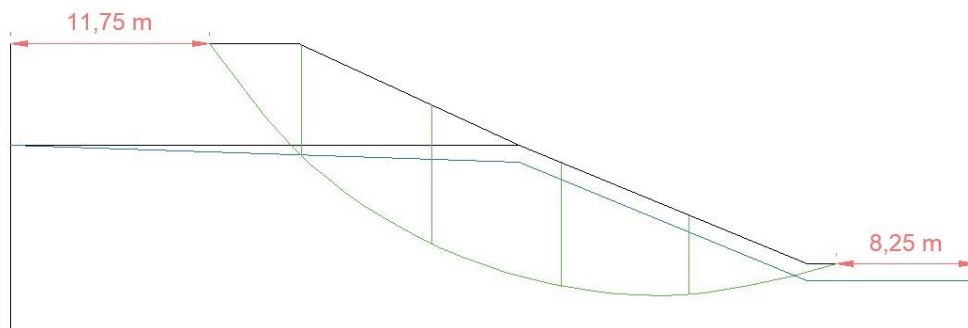
Método Ordinario o de Fellenius

Imagen 177. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 6 condición dinámica (Método de Fellenius)



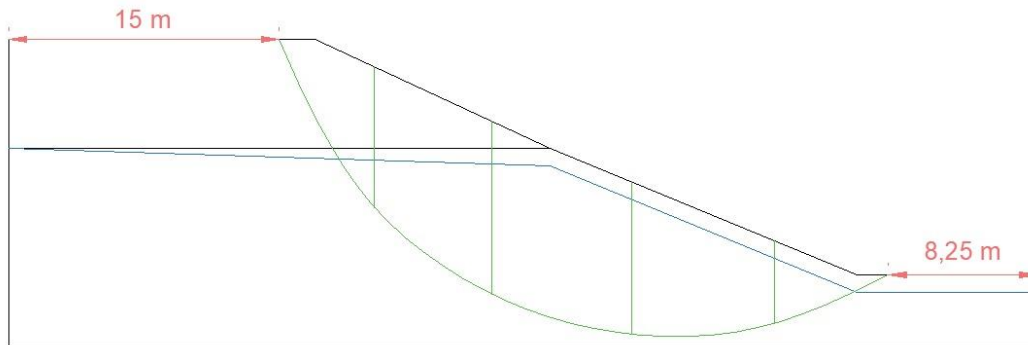
Método simplificado de Bishop

Imagen 178. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 6 condición dinámica (Método de Bishop)



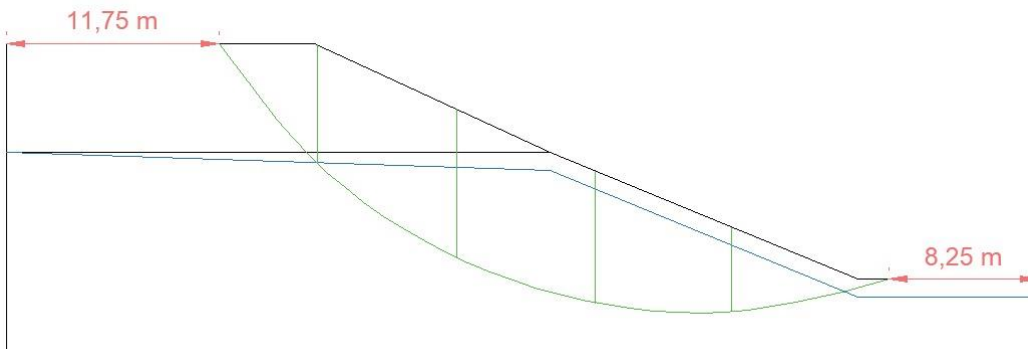
Método de Janbú

Imagen 179. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 6 condición dinámica (Método de Janbú)



Método de Spencer

Imagen 180. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 6 condición dinámica (Método de Spencer)



Consolidado de resultados Talud 6 condición dinámica

La siguiente tabla muestra los resultados de los factores de seguridad obtenidos para el talud 6 en condición dinámica por medio de los métodos de análisis de estabilidad propuestos por diferentes autores (Fellenius, Bishop, Janbú, Spencer), mediante las hojas electrónicas elaboradas previamente en Excel con la ayuda AutoCAD.

Tabla 27. Resultados ecuaciones originales programa Excel Talud 6 condición dinámica

RESULTADOS TALUD 6 EN CONDICION DINAMICA EXCEL	
METODO	F.S
Ordinario o de Fellenius	1.05
Simplificado de Bishop	1.22
Janbú	0.80
Spencer	1.5

9.2.13. Talud 7. Condición estática

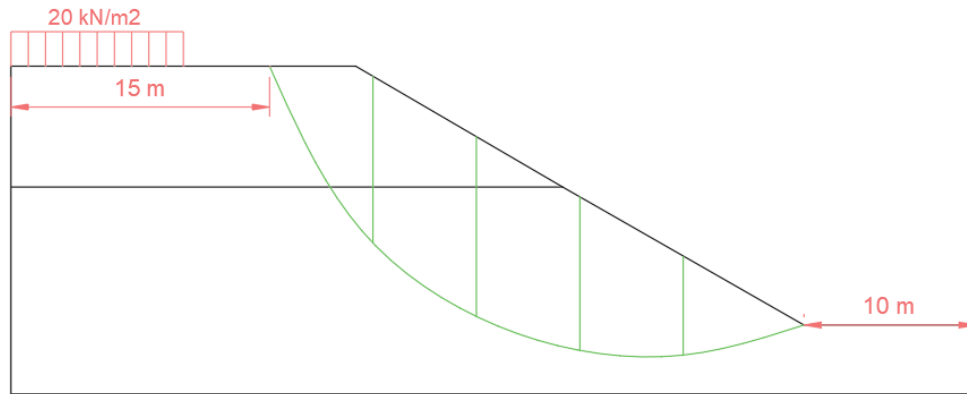
Las siguientes imágenes muestran las superficies de falla críticas correspondientes al Talud 7 en condición estática, obtenidas por medio del programa SLOPE/W por los métodos de Fellenius, Bishop, Janbú y Spencer respectivamente. Estas superficies de falla se dividieron en 5 dovelas con la ayuda de AutoCAD.

Para facilitar los cálculos se obtuvieron promedios de las propiedades físicas de cada uno de los taludes así: el peso específico promedio y el ángulo de fricción interna promedio se obtuvieron a partir del área de cada dovela ocupada en cada estrato, mientras que la cohesión promedio se obtuvo a partir de la longitud de la base de cada dovela que ocupa cada estrato.

Superficie de falla y dovelas

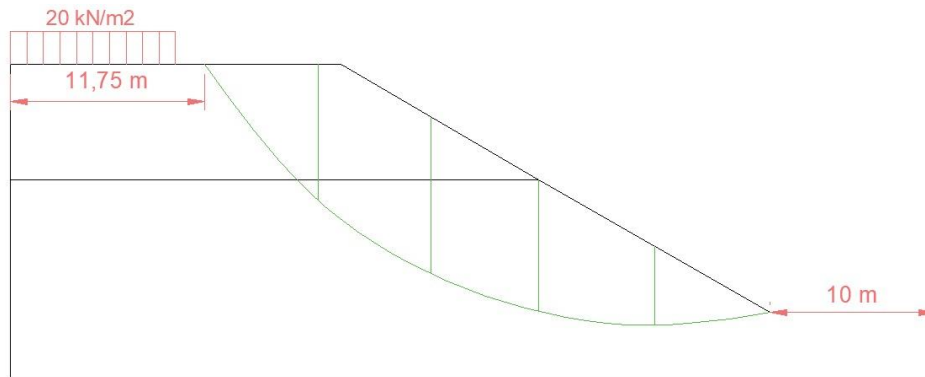
Método ordinario o de Fellenius

Imagen 181. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 7 condición estática (Método de Fellenius)



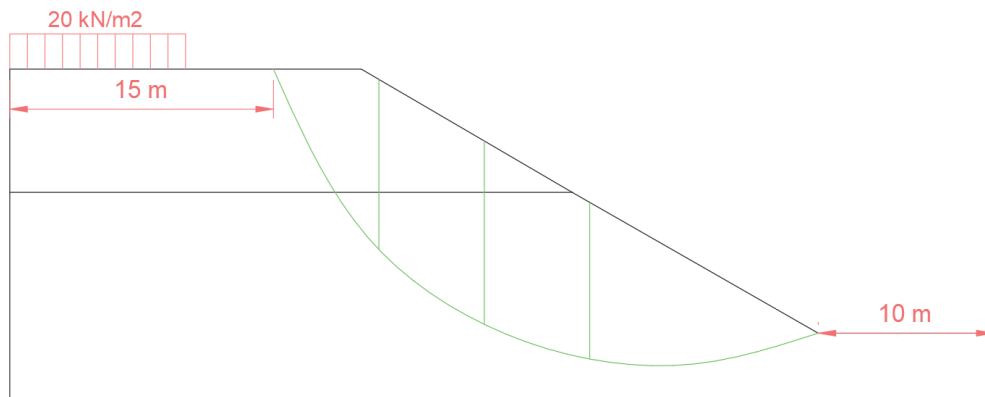
Método simplificado de Bishop

Imagen 182. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 7 condición estática (Método de Bishop)



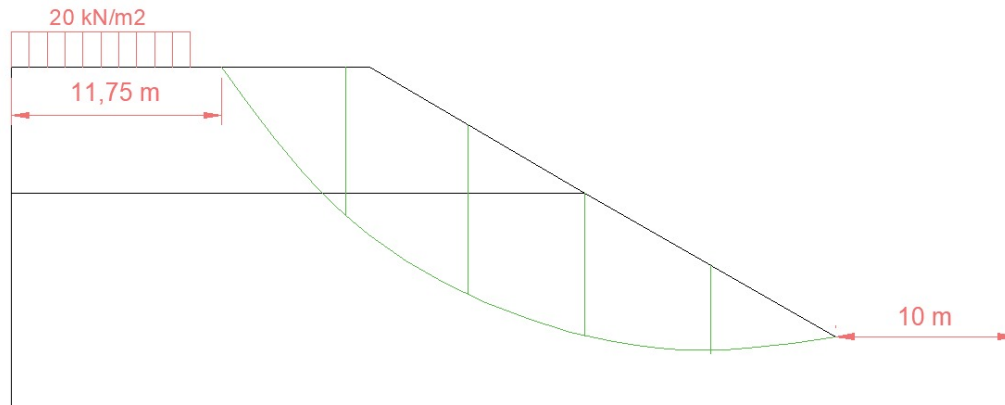
Método de Janbú

Imagen 183. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 7 condición estática (Método de Janbú)



Método de Spencer

Imagen 184. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 7 condición estática (Método de Spencer)



Consolidado de resultados Talud 7 condición estática

La siguiente tabla muestra los resultados de los factores de seguridad obtenidos para el talud 7 en condición estática por medio de los métodos de análisis de estabilidad propuestos por diferentes autores (Fellenius, Bishop, Janbú, Spencer), mediante las hojas electrónicas elaboradas previamente en Excel con la ayuda AutoCAD.

Tabla 28. Resultados ecuaciones originales programa Excel Talud 7 condición estática

RESULTADOS TALUD 7 EN CONDICION ESTATICA EXCEL	
METODO	F.S
Ordinario o de Fellenius	1.30
Simplificado de Bishop	1.56
Janbú	1.48
Spencer	2.0

9.2.14. Talud 7. Condición dinámica

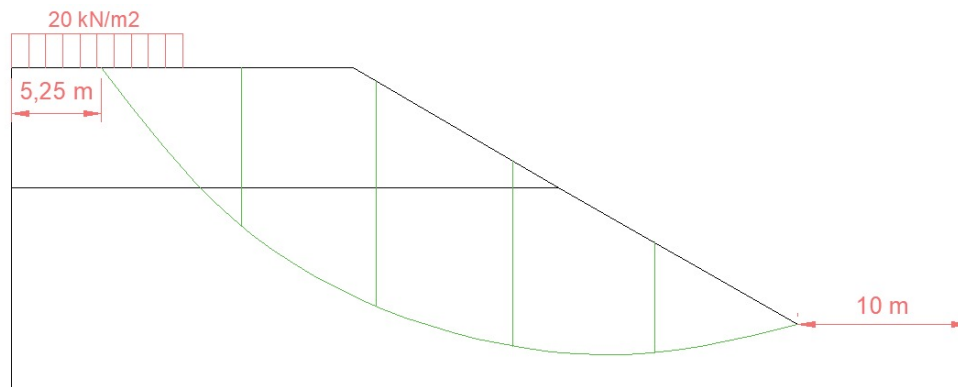
A continuación, se presentan las superficies de falla críticas correspondientes al Talud 7 en condición dinámica, obtenidas por medio del programa SLOPE/W mediante los métodos de Fellenius, Bishop, Janbú y Spencer respectivamente. Estas superficies de falla se dividieron en 5 dovelas con la ayuda de AutoCAD.

Para facilitar los cálculos se obtuvieron promedios de las propiedades físicas de cada uno de los taludes así: el peso específico promedio y el ángulo de fricción interna promedio se obtuvieron a partir del área de cada dovela ocupada en cada estrato, mientras que la cohesión promedio se obtuvo a partir de la longitud de la base de cada dovela que ocupa cada estrato.

Superficie de falla y dovelas

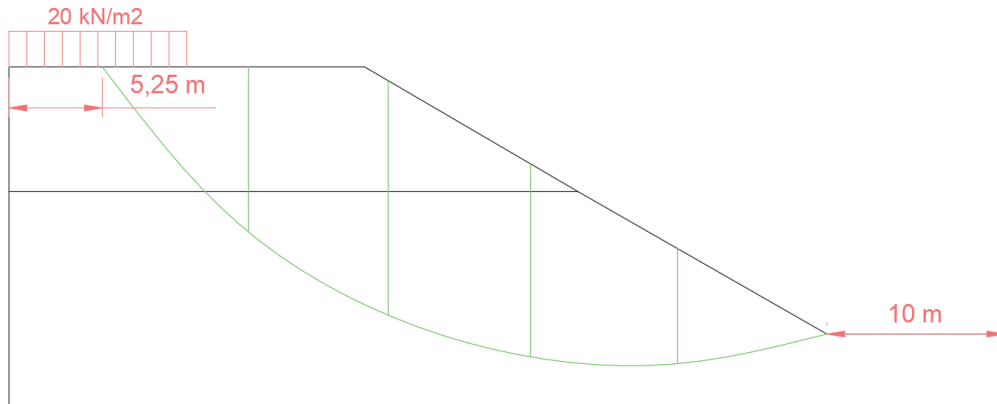
Método ordinario o de Fellenius

Imagen 185. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 7 condición dinámica (Método de Fellenius)



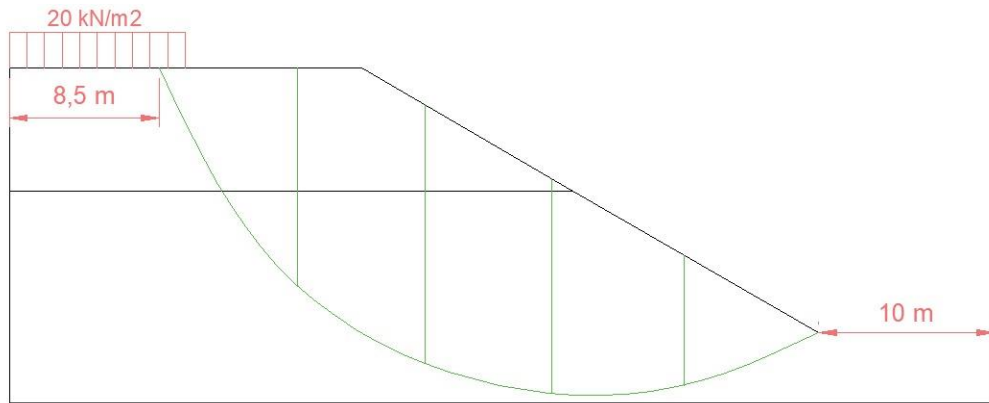
Método simplificado de Bishop

Imagen 186. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 7 condición dinámica (Método de Bishop)



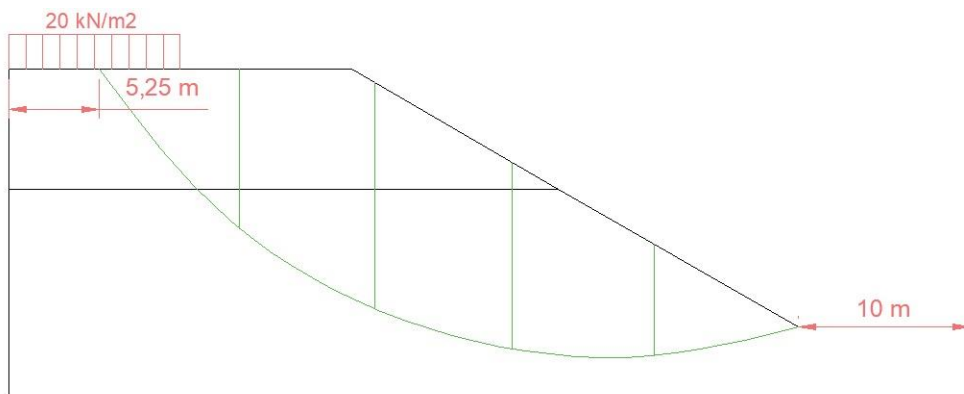
Método de Janbú

Imagen 187. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 7 condición dinámica (Método de Janbú)



Método de Spencer

Imagen 188. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 7 condición dinámica (Método de Spencer)



Consolidado de resultados Talud 7 condición dinámica

La siguiente tabla muestra los resultados de los factores de seguridad obtenidos para el talud 7 en condición dinámica por medio de los métodos de análisis de estabilidad propuestos por diferentes autores (Fellenius, Bishop, Janbú, Spencer), mediante las hojas electrónicas elaboradas previamente en Excel con la ayuda AutoCAD.

Tabla 29. Resultados ecuaciones originales programa Excel Talud 7 condición dinámica

RESULTADOS TALUD 7 EN CONDICION DINAMICA EXCEL	
METODO	F.S
Ordinario o de Fellenius	0.99
Simplificado de Bishop	1.09
Janbú	0.90
Spencer	1.0

9.2.15. Talud 8. Condición estática

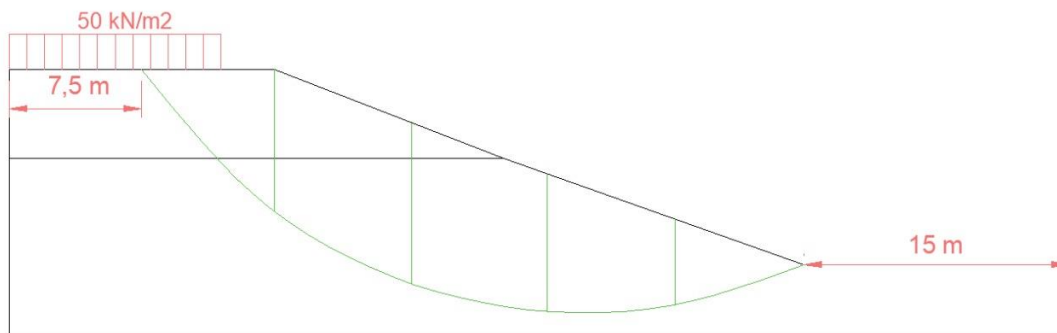
Las siguientes imágenes muestran las superficies de falla críticas correspondientes al Talud 8 en condición estática, obtenidas por medio del programa SLOPE/W por los métodos de Fellenius, Bishop, Janbú y Spencer respectivamente. Estas superficies de falla se dividieron en 5 dovelas con la ayuda de AutoCAD.

Para facilitar los cálculos se obtuvieron promedios de las propiedades físicas de cada uno de los taludes así: el peso específico promedio y el ángulo de fricción interna promedio se obtuvieron a partir del área de cada dovela ocupada en cada estrato, mientras que la cohesión promedio se obtuvo a partir de la longitud de la base de cada dovela que ocupa cada estrato.

Superficie de falla y dovelas

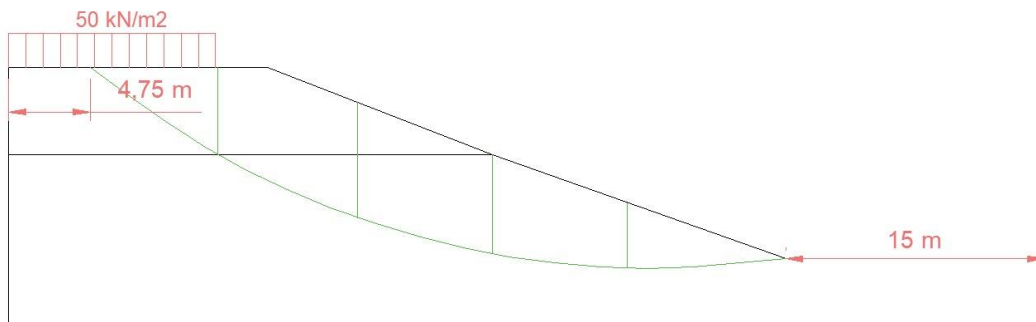
Método ordinario o de Fellenius

Imagen 189. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 8 condición estática (Método de Fellenius)



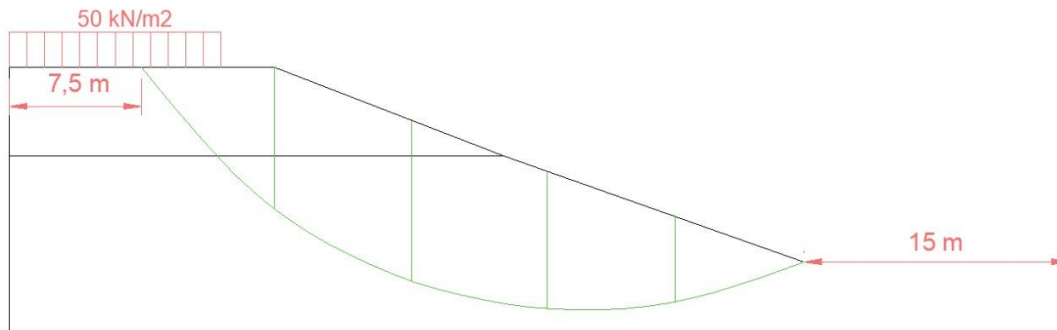
Método simplificado de Bishop

Imagen 190. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 8 condición estática (Método de Bishop)



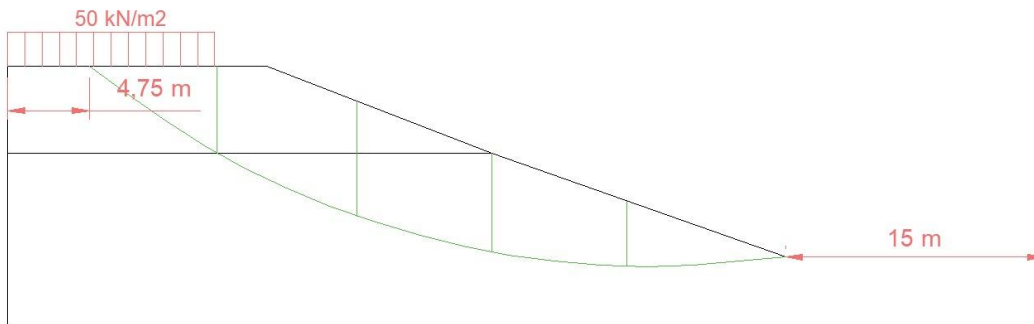
Método de Janbú

Imagen 191. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 8 condición estática (Método de Janbú)



Método de Spencer

Imagen 192. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 8 condición estática (Método de Spencer)



Consolidado de resultados Talud 8 condición estática

La siguiente tabla muestra los resultados de los factores de seguridad obtenidos para el talud 8 en condición estática por medio de los métodos de análisis de estabilidad propuestos por diferentes autores (Fellenius, Bishop, Janbú, Spencer), mediante las hojas electrónicas elaboradas previamente en Excel con la ayuda AutoCAD.

Tabla 30. Resultados ecuaciones originales programa Excel Talud 8 condición estática

RESULTADOS TALUD 8 EN CONDICION ESTATICA EXCEL	
METODO	F.S
Ordinario o de Fellenius	2.39
Simplificado de Bishop	2.64
Janbú	2.36
Spencer	2.578

9.2.16. Talud 8. Condición dinámica

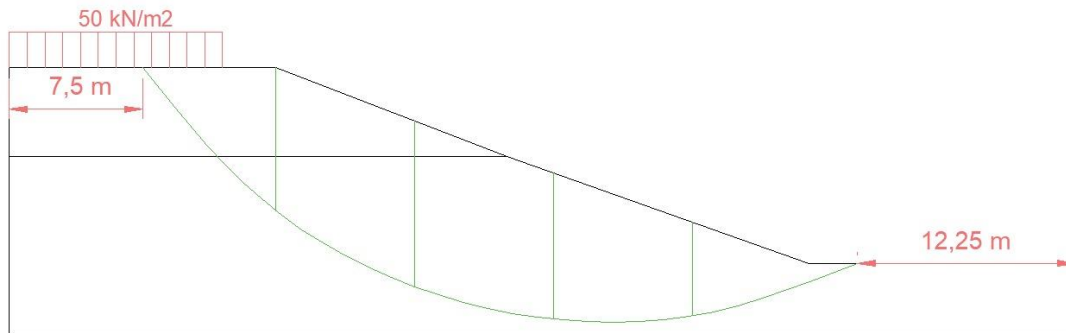
A continuación, se presentan las superficies de falla críticas correspondientes al Talud 8 en condición dinámica, obtenidas por medio del programa SLOPE/W mediante los métodos de Fellenius, Bishop, Janbú y Spencer respectivamente. Estas superficies de falla se dividieron en 5 dovelas con la ayuda de AutoCAD.

Para facilitar los cálculos se obtuvieron promedios de las propiedades físicas de cada uno de los taludes así: el peso específico promedio y el ángulo de fricción interna promedio se obtuvieron a partir del área de cada dovela ocupada en cada estrato, mientras que la cohesión promedio se obtuvo a partir de la longitud de la base de cada dovela que ocupa cada estrato.

Superficie de falla y dovelas

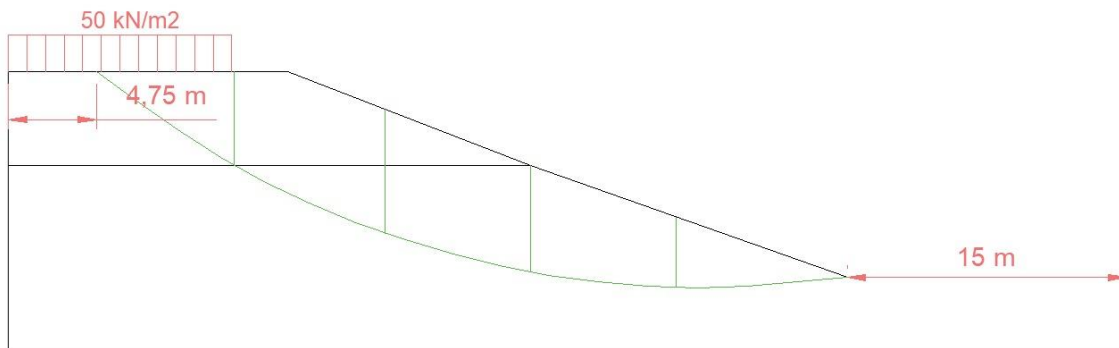
Método ordinario o de Fellenius

Imagen 193. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 8 condición dinámica (Método de Fellenius)



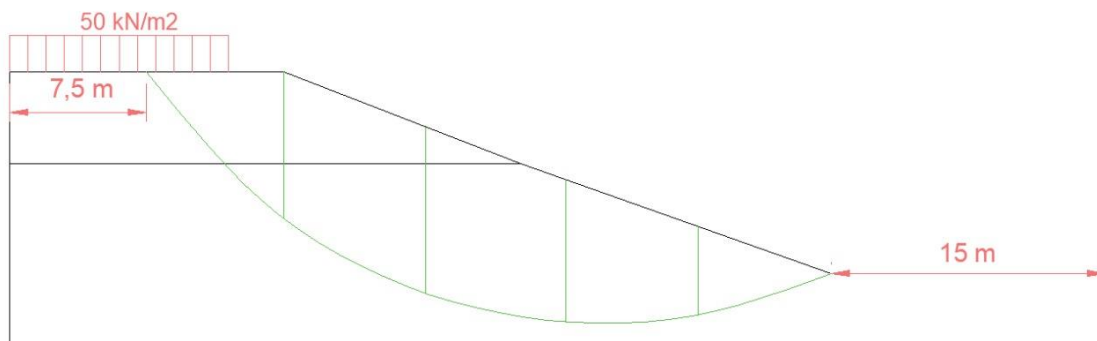
Método simplificado de Bishop

Imagen 194. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 8 condición dinámica (Método de Bishop)



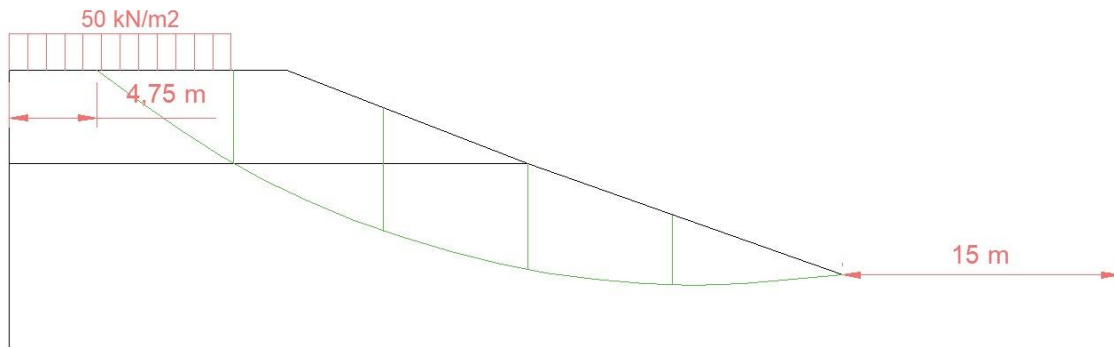
Método de Janbú

Imagen 195. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 8 condición dinámica (Método de Janbú)



Método de Spencer

Imagen 196. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 8 condición dinámica (Método de Spencer)



Consolidado de resultados Talud 8 condición dinámica

La siguiente tabla muestra los resultados de los factores de seguridad obtenidos para el talud 8 en condición dinámica por medio de los métodos de análisis de estabilidad propuestos por diferentes autores (Fellenius, Bishop, Janbú, Spencer), mediante las hojas electrónicas elaboradas previamente en Excel con la ayuda AutoCAD.

Tabla 31. Resultados ecuaciones originales programa Excel Talud 8 condición dinámica

RESULTADOS TALUD 8 EN CONDICION DINAMICA EXCEL	
METODO	F.S
Ordinario o de Fellenius	1.46
Simplificado de Bishop	1.57
Janbú	1.38
Spencer	2.0

9.2.17. Talud 9. Condición estática

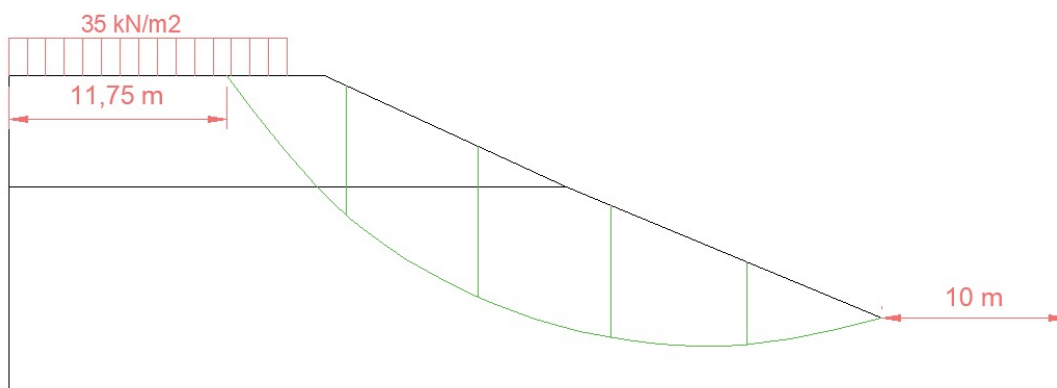
Las siguientes imágenes muestran las superficies de falla críticas correspondientes al Talud 9 en condición estática, obtenidas por medio del programa SLOPE/W por los métodos de Fellenius, Bishop, Janbú y Spencer respectivamente. Estas superficies de falla se dividieron en 5 dovelas con la ayuda de AutoCAD.

Para facilitar los cálculos se obtuvieron promedios de las propiedades físicas de cada uno de los taludes así: el peso específico promedio y el ángulo de fricción interna promedio se obtuvieron a partir del área de cada dovela ocupada en cada estrato, mientras que la cohesión promedio se obtuvo a partir de la longitud de la base de cada dovela que ocupa cada estrato.

Superficie de falla y dovelas

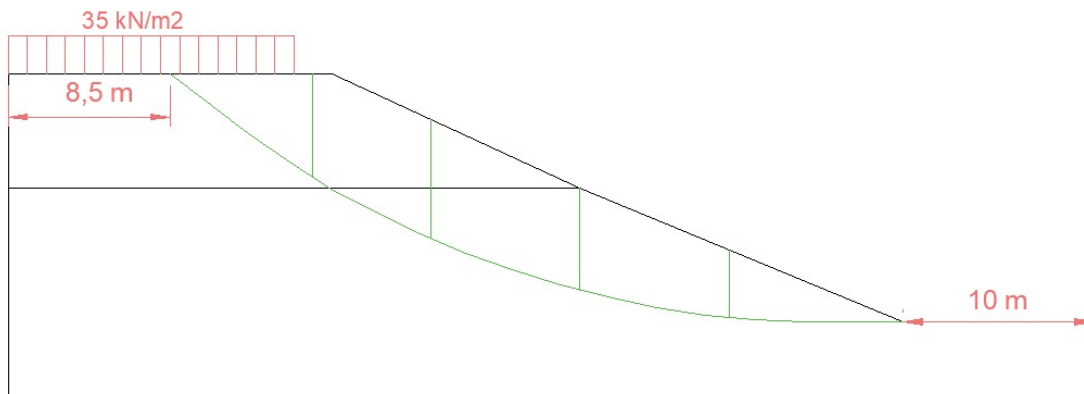
Método Ordinario o de Fellenius

Imagen 197. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 9 condición estática (Método de Fellenius)



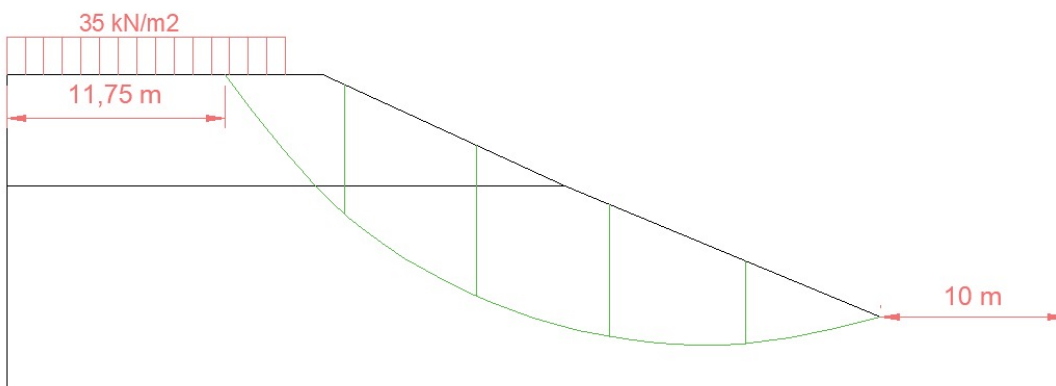
Método simplificado de Bishop

Imagen 198. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 9 condición estática (Método de Bishop)



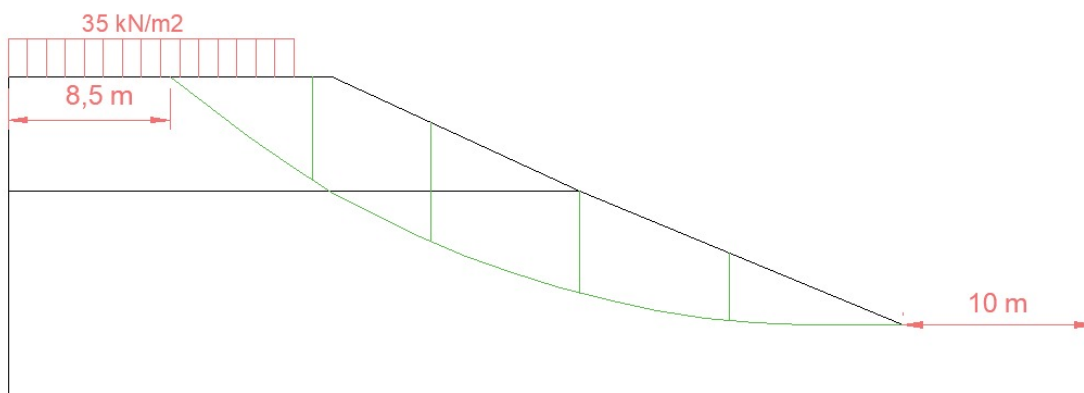
Método de Janbú

Imagen 199. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 9 condición estática (Método de Janbú)



Método de Spencer

Imagen 200. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 9 condición estática (Método de Spencer)



Consolidado de resultados Talud 9 condición estática

La siguiente tabla muestra los resultados de los factores de seguridad obtenidos para el talud 9 en condición estática por medio de los métodos de análisis de estabilidad propuestos por diferentes autores (Fellenius, Bishop, Janbú, Spencer), mediante las hojas electrónicas elaboradas previamente en Excel con la ayuda AutoCAD.

Tabla 32. Resultados ecuaciones originales programa Excel Talud 9 condición estática

RESULTADOS TALUD 9 EN CONDICION ESTATICA EXCEL	
METODO	F.S
Ordinario o de Fellenius	2.12
Simplificado de Bishop	2.39
Janbú	2.30
Spencer	3.0

9.2.18. Talud 9. Condición dinámica

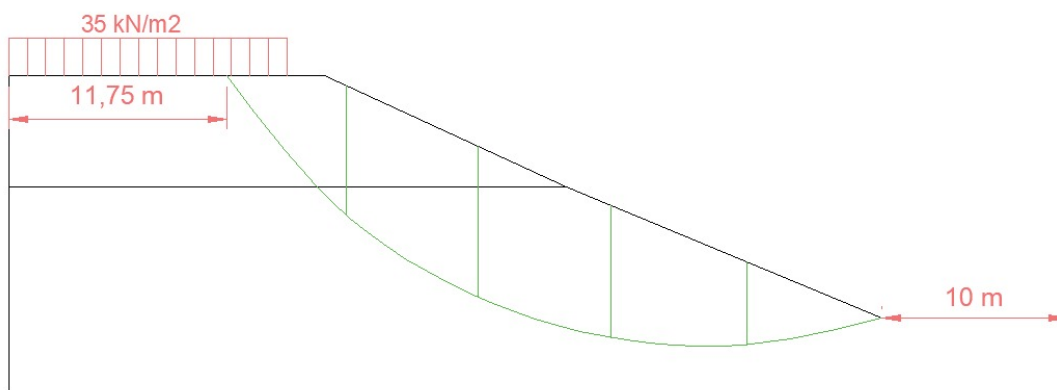
A continuación, se presentan las superficies de falla críticas correspondientes al Talud 9 en condición dinámica, obtenidas por medio del programa SLOPE/W mediante los métodos de Fellenius, Bishop, Janbú y Spencer respectivamente. Estas superficies de falla se dividieron en 5 dovelas con la ayuda de AutoCAD.

Para facilitar los cálculos se obtuvieron promedios de las propiedades físicas de cada uno de los taludes así: el peso específico promedio y el ángulo de fricción interna promedio se obtuvieron a partir del área de cada dovela ocupada en cada estrato, mientras que la cohesión promedio se obtuvo a partir de la longitud de la base de cada dovela que ocupa cada estrato.

Superficie de falla y dovelas

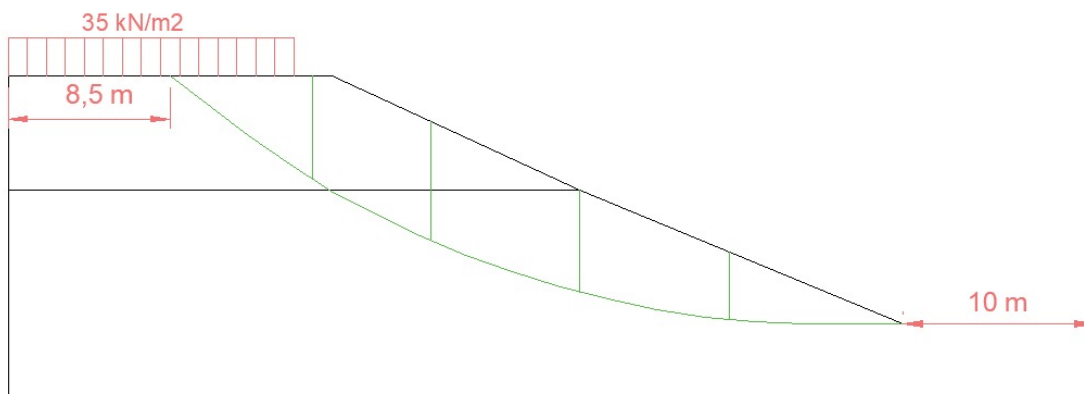
Método Ordinario o de Fellenius

Imagen 201. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 9 condición dinámica (Método de Fellenius)



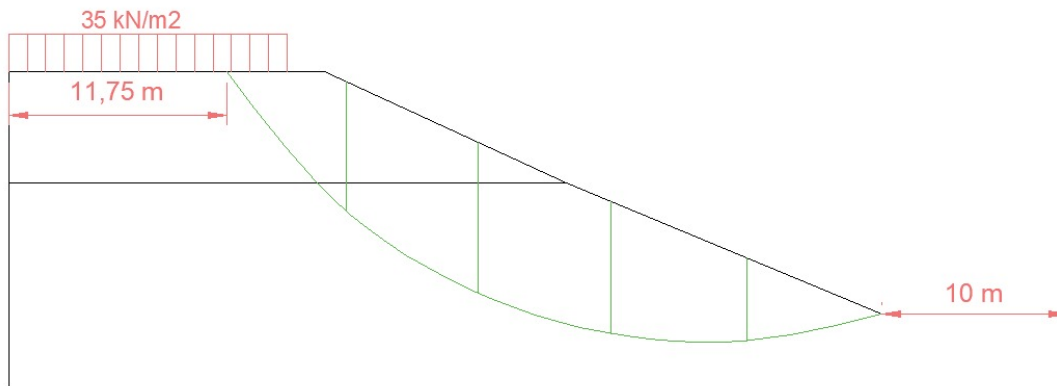
Método simplificado de Bishop

Imagen 202. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 9 condición dinámica (Método de Bishop)



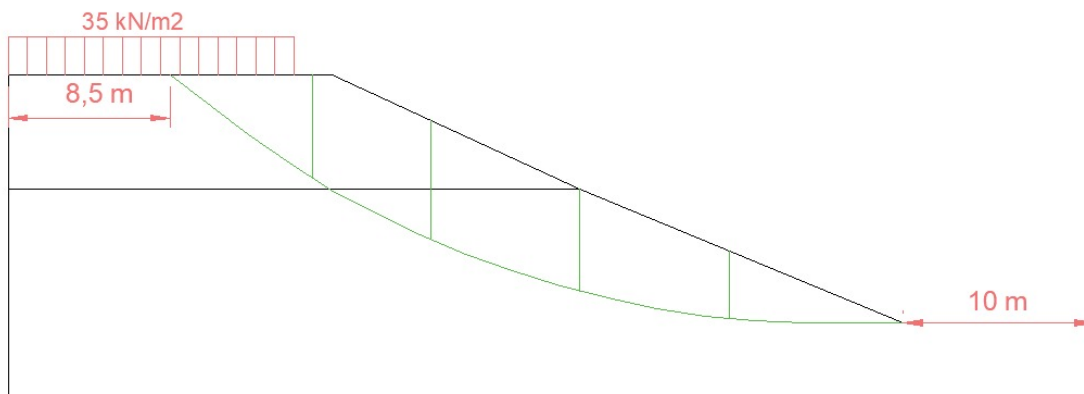
Método de Janbú

Imagen 203. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 9 condición dinámica (Método de Janbú)



Método de Spencer

Imagen 204. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 9 condición dinámica (Método de Spencer)



Consolidado de resultados Talud 9 condición dinámica

La siguiente tabla muestra los resultados de los factores de seguridad obtenidos para el talud 9 en condición dinámica por medio de los métodos de análisis de estabilidad propuestos por diferentes autores (Fellenius, Bishop, Janbú, Spencer), mediante las hojas electrónicas elaboradas previamente en Excel con la ayuda AutoCAD.

Tabla 33. Resultados ecuaciones originales programa Excel Talud 9 condición dinámica

RESULTADOS TALUD 9 EN CONDICION DINAMICA EXCEL	
METODO	F.S
Ordinario o de Fellenius	1.36
Simplificado de Bishop	1.51
Janbú	1.41
Spencer	2.0

9.2.19. Talud 10. Condición estática

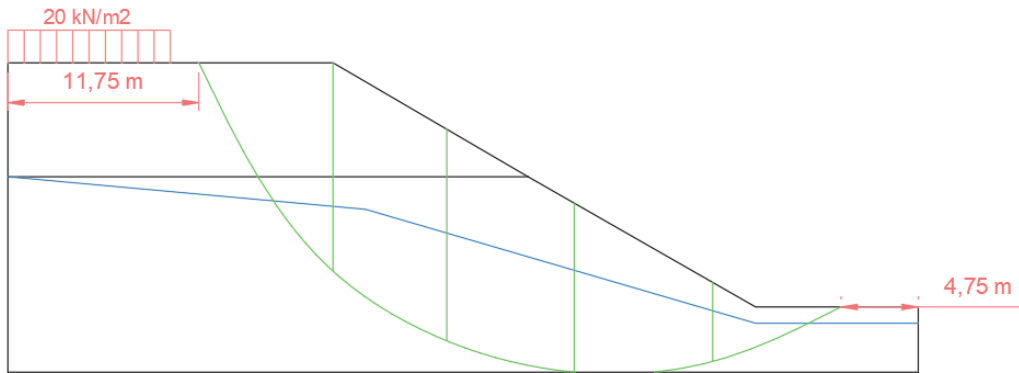
Las siguientes imágenes muestran las superficies de falla críticas correspondientes al Talud 10 en condición estática, obtenidas por medio del programa SLOPE/W por los métodos de Fellenius, Bishop, Janbú y Spencer respectivamente. Estas superficies de falla se dividieron en 5 dovelas con la ayuda de AutoCAD.

Para facilitar los cálculos se obtuvieron promedios de las propiedades físicas de cada uno de los taludes así: el peso específico promedio y el ángulo de fricción interna promedio se obtuvieron a partir del área de cada dovela ocupada en cada estrato, mientras que la cohesión promedio se obtuvo a partir de la longitud de la base de cada dovela que ocupa cada estrato.

Superficie de falla y dovelas

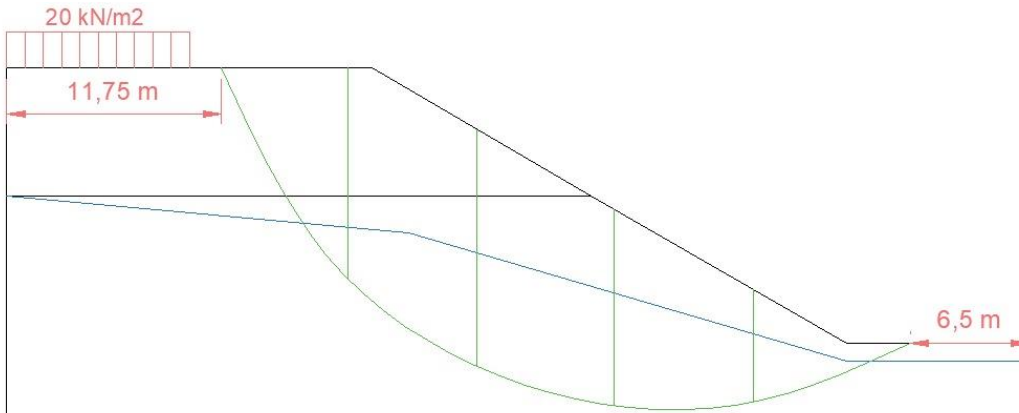
Método ordinario o de Fellenius

Imagen 205. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 10 condición estática (Método de Fellenius)



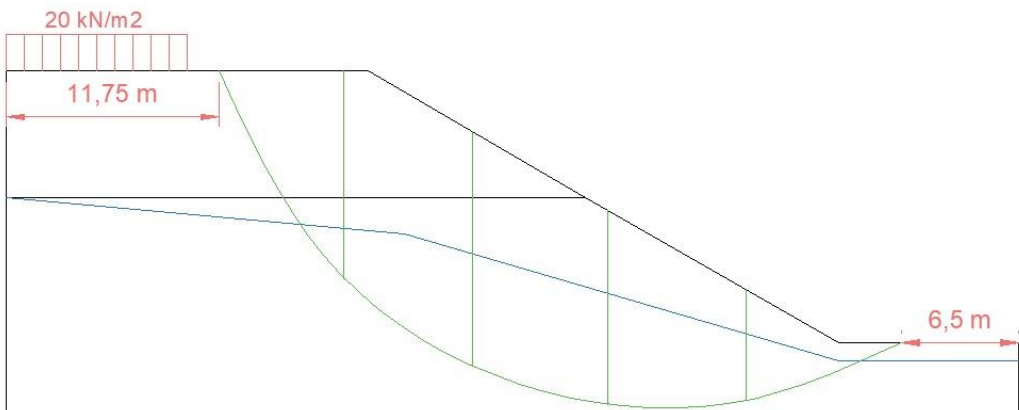
Método simplificado de Bishop

Imagen 206. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 10 condición estática (Método de Bishop)



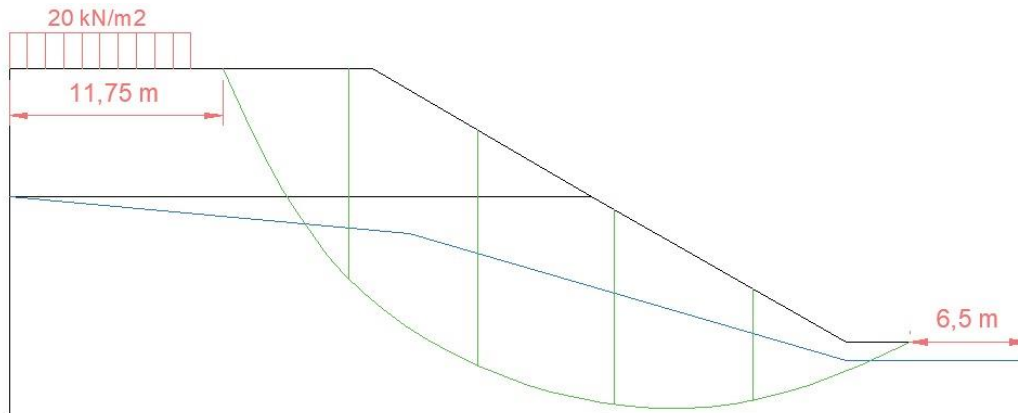
Método de Janbú

Imagen 207.. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 10 condición estática (Método de Janbú)



Método de Spencer

Imagen 208. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 10 condición estática (Método de Spencer)



Consolidado de resultados Talud 10 condición estática

La siguiente tabla muestra los resultados de los factores de seguridad obtenidos para el talud 10 en condición estática por medio de los métodos de análisis de estabilidad propuestos por diferentes autores (Fellenius, Bishop, Janbú, Spencer), mediante las hojas electrónicas elaboradas previamente en Excel con la ayuda AutoCAD.

Tabla 34. Resultados ecuaciones originales programa Excel Talud 10 condición estática

RESULTADOS TALUD 10 EN CONDICION ESTATICA EXCEL	
METODO	F.S
Ordinario o de Fellenius	0.98
Simplificado de Bishop	1.12
Janbú	1.185
Spencer	1.083

9.2.20. Talud 10. Condición dinámica

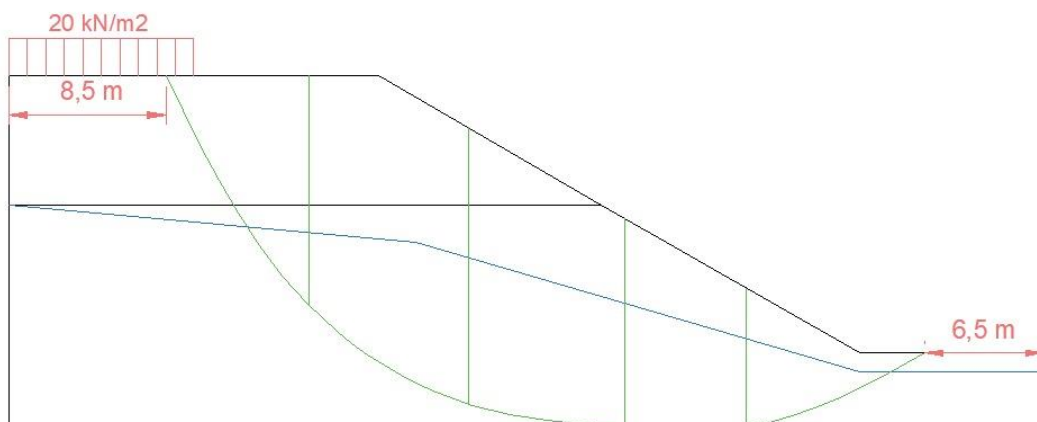
A continuación, se presentan las superficies de falla críticas correspondientes al Talud 10 en condición dinámica, obtenidas por medio del programa SLOPE/W mediante los métodos de Fellenius, Bishop, Janbú y Spencer respectivamente. Estas superficies de falla se dividieron en 5 dovelas con la ayuda de AutoCAD.

Para facilitar los cálculos se obtuvieron promedios de las propiedades físicas de cada uno de los taludes así: el peso específico promedio y el ángulo de fricción interna promedio se obtuvieron a partir del área de cada dovela ocupada en cada estrato, mientras que la cohesión promedio se obtuvo a partir de la longitud de la base de cada dovela que ocupa cada estrato.

Superficie de falla y dovelas

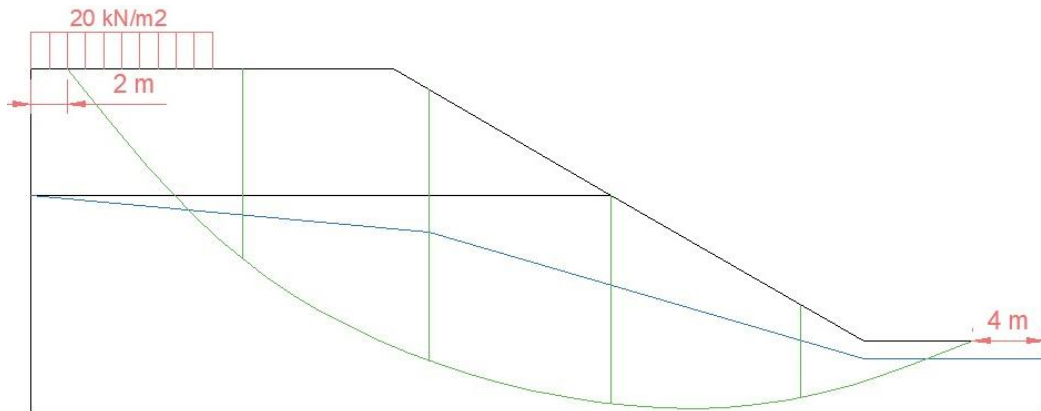
Método ordinario o de Fellenius

Imagen 209. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 10 condición dinámica (Método de Fellenius)



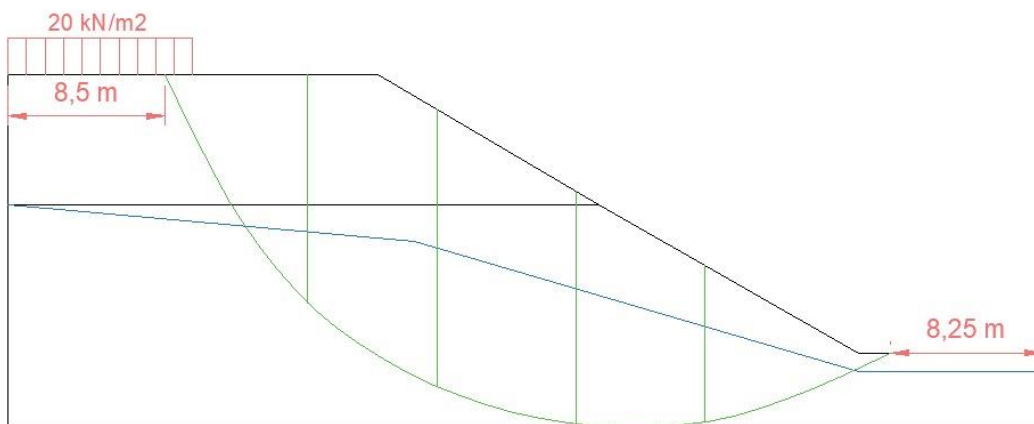
Método simplificado de Bishop

Imagen 210. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 10 condición dinámica (Método de Bishop)



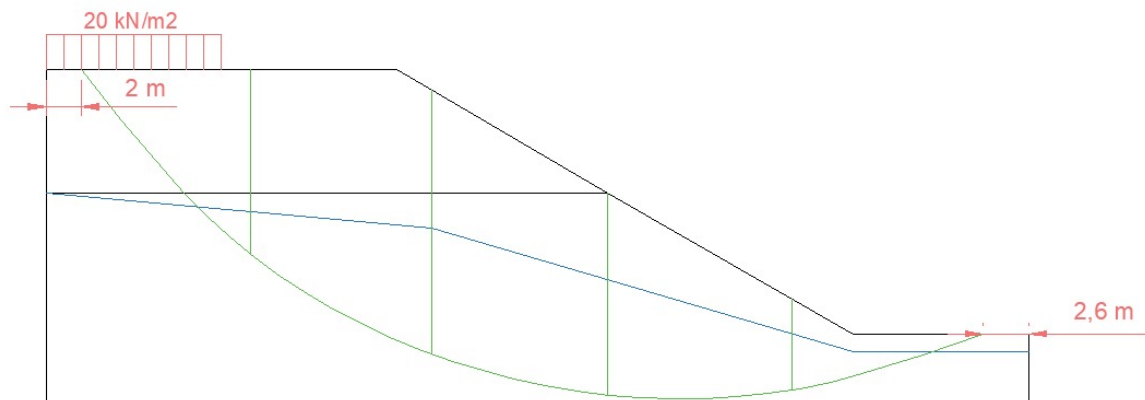
Método de Janbú

Imagen 211. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 10 condición dinámica (Método de Janbú)



Método de Spencer

Imagen 212. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 10 condición dinámica (Método de Spencer)



Consolidado de resultados Talud 10 condición dinámica

La siguiente tabla muestra los resultados de los factores de seguridad obtenidos para el talud 10 en condición dinámica por medio de los métodos de análisis de estabilidad propuestos por diferentes autores (Fellenius, Bishop, Janbú, Spencer), mediante las hojas electrónicas elaboradas previamente en Excel con la ayuda AutoCAD.

Tabla 35. Resultados ecuaciones originales programa Excel Talud 10 condición dinámica

RESULTADOS TALUD 10 EN CONDICION DINAMICA EXCEL	
METODO	F.S
Ordinario o de Fellenius	0.62
Simplificado de Bishop	0.77
Janbú	0.59
Spencer	0.80

9.2.21. Talud 11. Condición estática

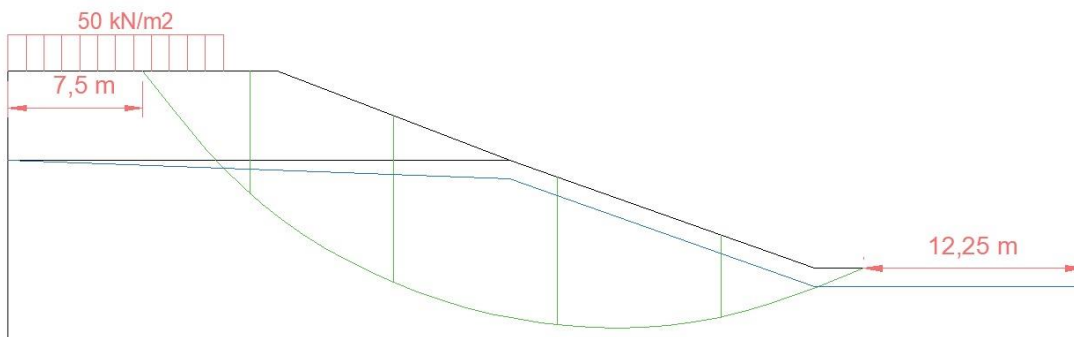
Las siguientes imágenes muestran las superficies de falla críticas correspondientes al Talud 11 en condición estática, obtenidas por medio del programa SLOPE/W por los métodos de Fellenius, Bishop, Janbú y Spencer respectivamente. Estas superficies de falla se dividieron en 5 dovelas con la ayuda de AutoCAD.

Para facilitar los cálculos se obtuvieron promedios de las propiedades físicas de cada uno de los taludes así: el peso específico promedio y el ángulo de fricción interna promedio se obtuvieron a partir del área de cada dovela ocupada en cada estrato, mientras que la cohesión promedio se obtuvo a partir de la longitud de la base de cada dovela que ocupa cada estrato.

Superficie de falla y dovelas

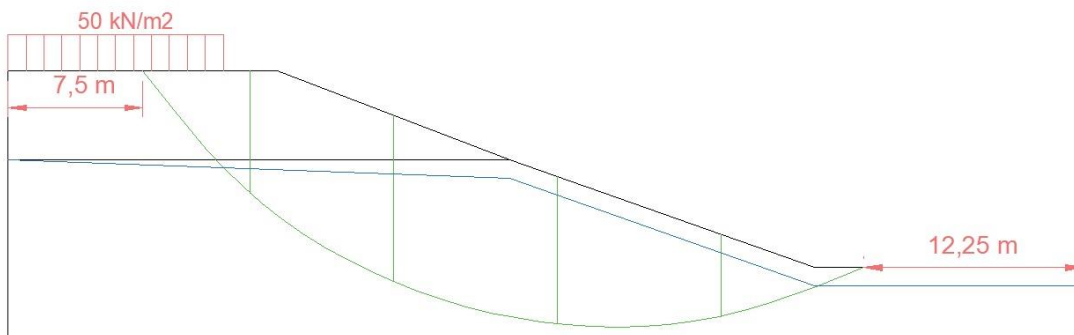
Método ordinario o de Fellenius

Imagen 213. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 11 condición estática (Método de Fellenius)



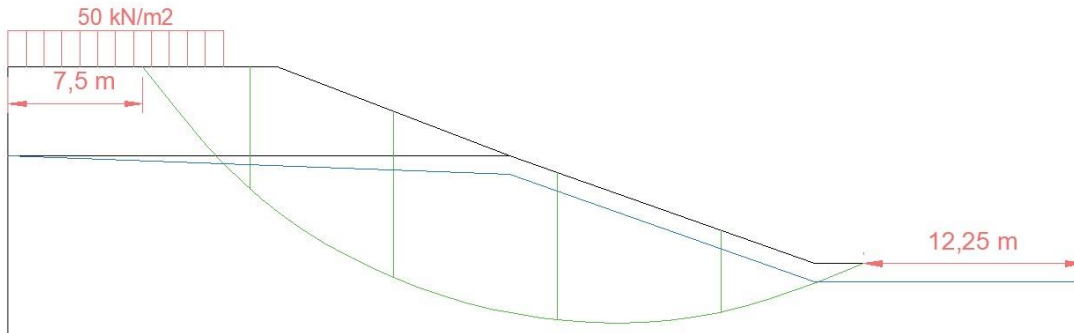
Método simplificado de Bishop

Imagen 214. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 11 condición estática (Método de Bishop)



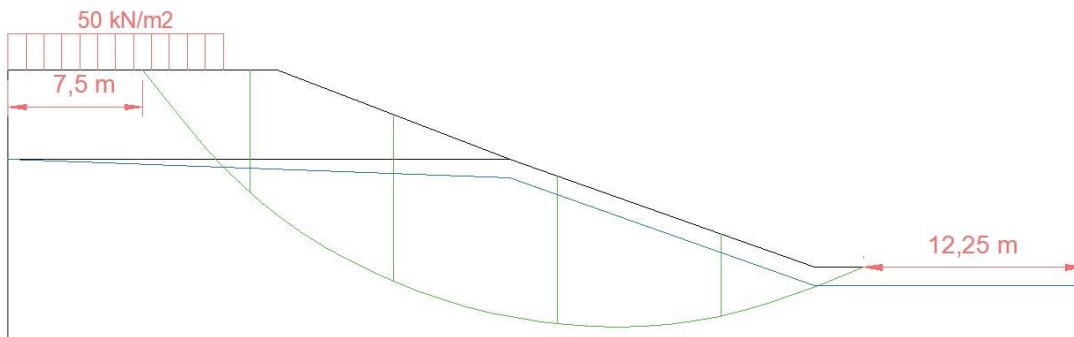
Método de Janbú

Imagen 215. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 11 condición estática (Método de Janbú)



Método de Spencer

Imagen 216. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 11 condición estática (Método de Spencer)



Consolidado de resultados Talud 11 condición estática

La siguiente tabla muestra los resultados de los factores de seguridad obtenidos para el talud 11 en condición estática por medio de los métodos de análisis de estabilidad propuestos por diferentes autores (Fellenius, Bishop, Janbú, Spencer), mediante las hojas electrónicas elaboradas previamente en Excel con la ayuda AutoCAD.

Tabla 36. Resultados ecuaciones originales programa Excel Talud 11 condición dinámica

RESULTADOS TALUD 11 EN CONDICION ESTATICA EXCEL	
METODO	F.S
Ordinario o de Fellenius	1.57
Simplificado de Bishop	1.63
Janbú	1.675
Spencer	2.5

9.2.22. Talud 11. Condición dinámica

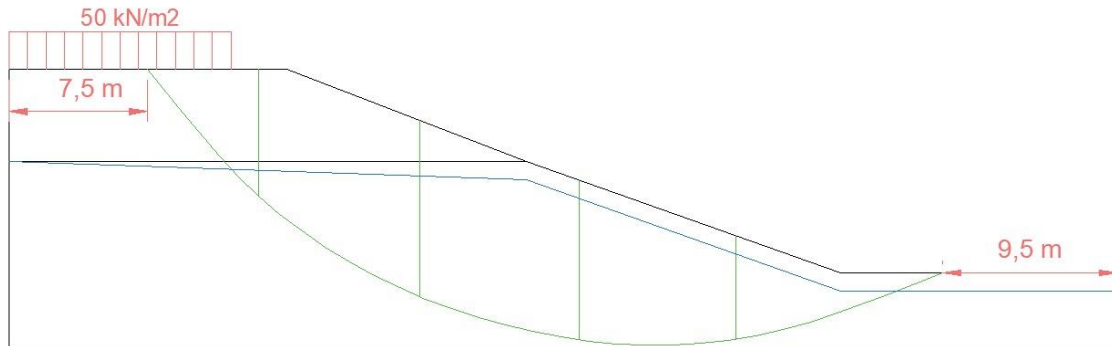
A continuación, se presentan las superficies de falla críticas correspondientes al Talud 11 en condición dinámica, obtenidas por medio del programa SLOPE/W mediante los métodos de Fellenius, Bishop, Janbú y Spencer respectivamente. Estas superficies de falla se dividieron en 5 dovelas con la ayuda de AutoCAD.

Para facilitar los cálculos se obtuvieron promedios de las propiedades físicas de cada uno de los taludes así: el peso específico promedio y el ángulo de fricción interna promedio se obtuvieron a partir del área de cada dovela ocupada en cada estrato, mientras que la cohesión promedio se obtuvo a partir de la longitud de la base de cada dovela que ocupa cada estrato.

Superficie de falla y dovelas

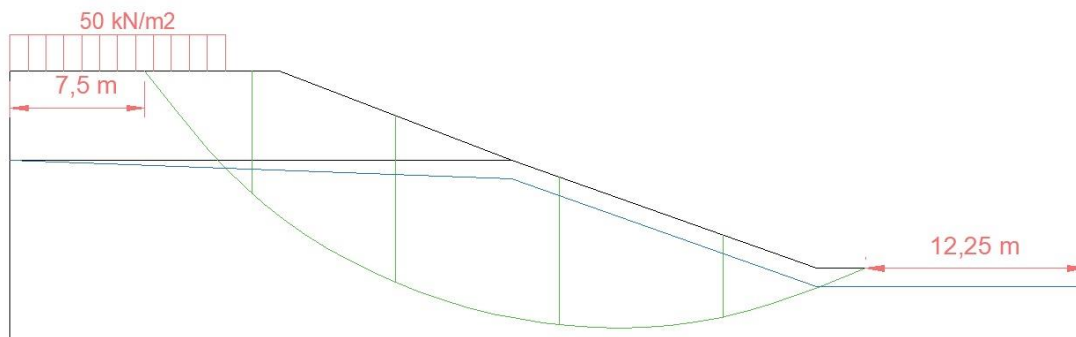
Método ordinario o de Fellenius

Imagen 217. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 11 condición dinámica (Método de Fellenius)



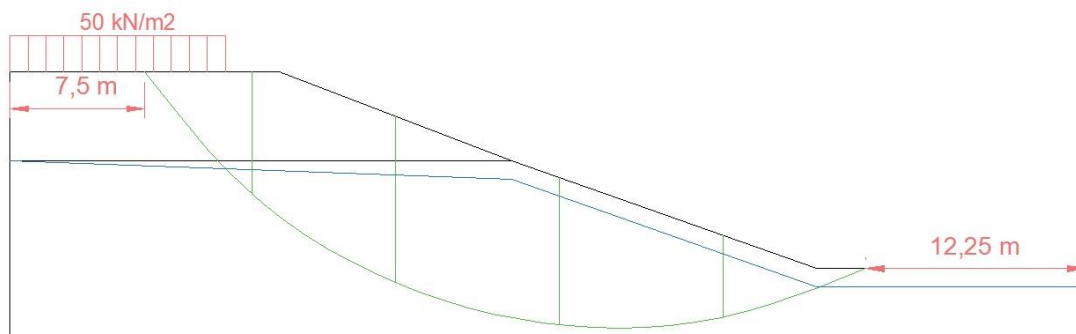
Método simplificado de Bishop

Imagen 218. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 11 condición dinámica (Método de Bishop)



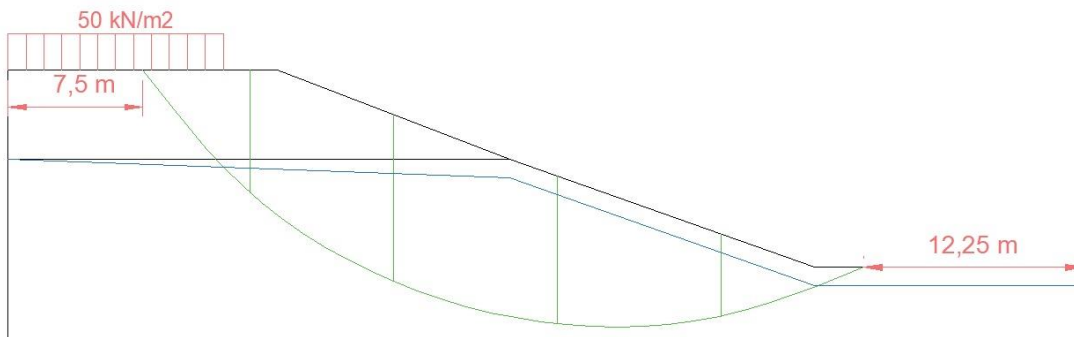
Método de Janbú

Imagen 219. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 11 condición dinámica (Método de Janbú)



Método de Spencer

Imagen 220. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 11 condición dinámica (Método de Spencer)



Consolidado de resultados Talud 11 condición dinámica

La siguiente tabla muestra los resultados de los factores de seguridad obtenidos para el talud 11 en condición dinámica por medio de los métodos de análisis de estabilidad propuestos por diferentes autores (Fellenius, Bishop, Janbú, Spencer), mediante las hojas electrónicas elaboradas previamente en Excel con la ayuda AutoCAD.

Tabla 37. Resultados ecuaciones originales programa Excel Talud 11 condición dinámica

RESULTADOS TALUD 11 EN CONDICION DINAMICA EXCEL	
METODO	F.S
Ordinario o de Fellenius	0.90
Simplificado de Bishop	0.95
Janbú	0.91
Spencer	1.3

9.2.23. Talud 12. Condición estática

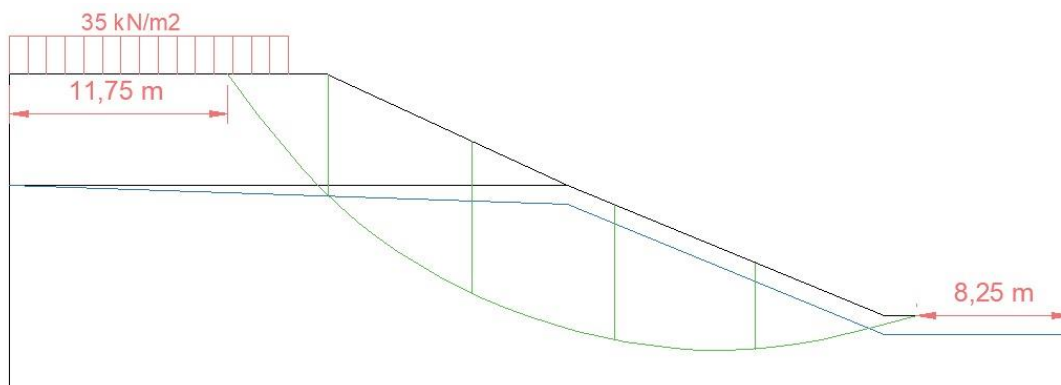
Las siguientes imágenes muestran las superficies de falla críticas correspondientes al Talud 12 en condición estática, obtenidas por medio del programa SLOPE/W por los métodos de Fellenius, Bishop, Janbú y Spencer respectivamente. Estas superficies de falla se dividieron en 5 dovelas con la ayuda de AutoCAD.

Para facilitar los cálculos se obtuvieron promedios de las propiedades físicas de cada uno de los taludes así: el peso específico promedio y el ángulo de fricción interna promedio se obtuvieron a partir del área de cada dovela ocupada en cada estrato, mientras que la cohesión promedio se obtuvo a partir de la longitud de la base de cada dovela que ocupa cada estrato.

Superficie de falla y dovelas

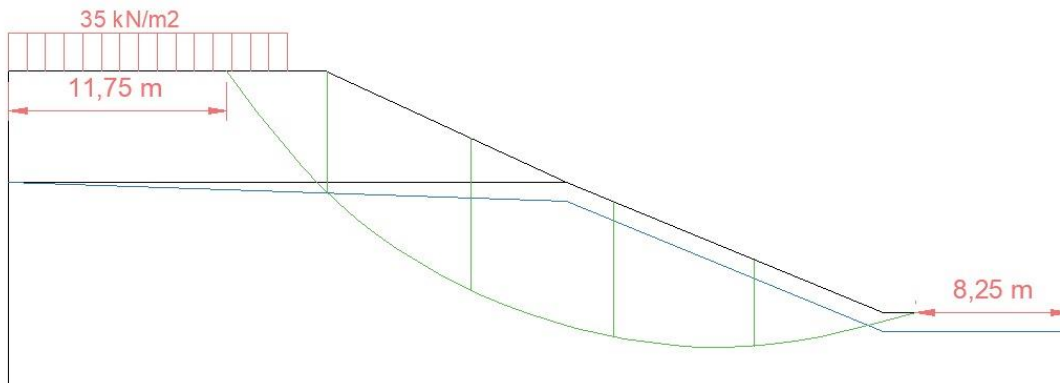
Método Ordinario o de Fellenius

Imagen 221. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 12 condición estática (Método de Fellenius)



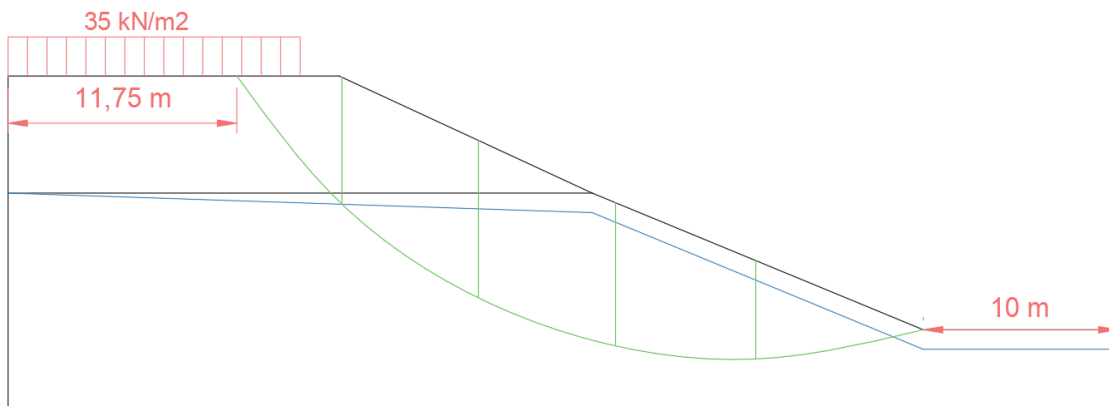
Método simplificado de Bishop

Imagen 222. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 12 condición estática (Método de Bishop)



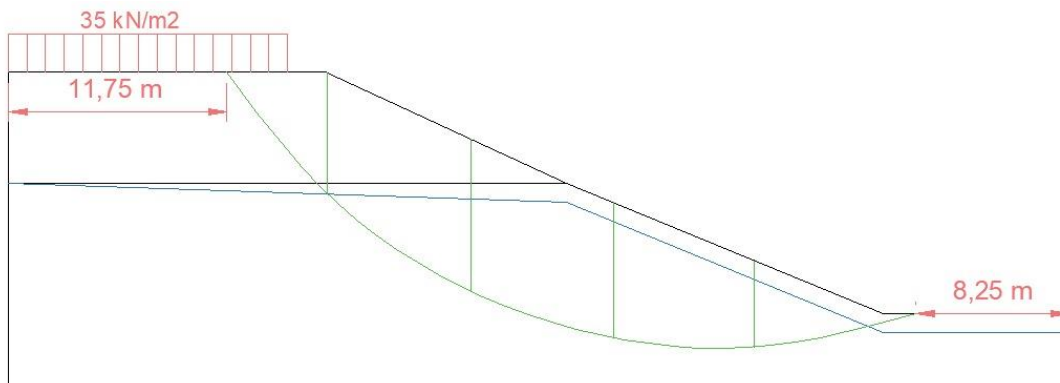
Método de Janbú

Imagen 223. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 12 condición estática (Método de Janbú)



Método de Spencer

Imagen 224. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 12 condición estática (Método de Spencer)



Consolidado de resultados Talud 12 condición estática

La siguiente tabla muestra los resultados de los factores de seguridad obtenidos para el talud 12 en condición estática por medio de los métodos de análisis de estabilidad propuestos por diferentes autores (Fellenius, Bishop, Janbú, Spencer), mediante las hojas electrónicas elaboradas previamente en Excel con la ayuda AutoCAD.

Tabla 38. Resultados ecuaciones originales programa Excel Talud 12 condición estática

RESULTADOS TALUD 12 EN CONDICION ESTATICA EXCEL	
METODO	F.S
Ordinario o de Fellenius	1.49
Simplificado de Bishop	1.50
Janbú	1.87
Spencer	2.0

9.2.24. Talud 12. Condición dinámica

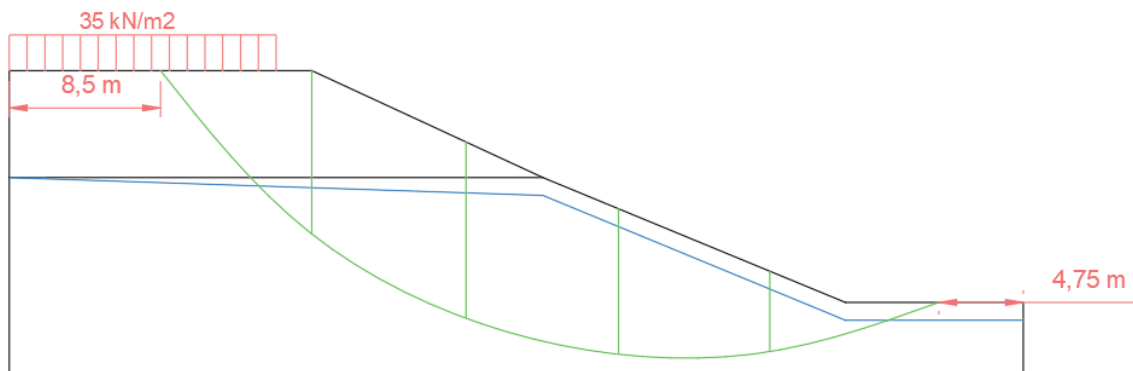
A continuación, se presentan las superficies de falla críticas correspondientes al Talud 12 en condición dinámica, obtenidas por medio del programa SLOPE/W mediante los métodos de Fellenius, Bishop, Janbú y Spencer respectivamente. Estas superficies de falla se dividieron en 5 dovelas con la ayuda de AutoCAD.

Para facilitar los cálculos se obtuvieron promedios de las propiedades físicas de cada uno de los taludes así: el peso específico promedio y el ángulo de fricción interna promedio se obtuvieron a partir del área de cada dovela ocupada en cada estrato, mientras que la cohesión promedio se obtuvo a partir de la longitud de la base de cada dovela que ocupa cada estrato.

Superficie de falla y dovelas

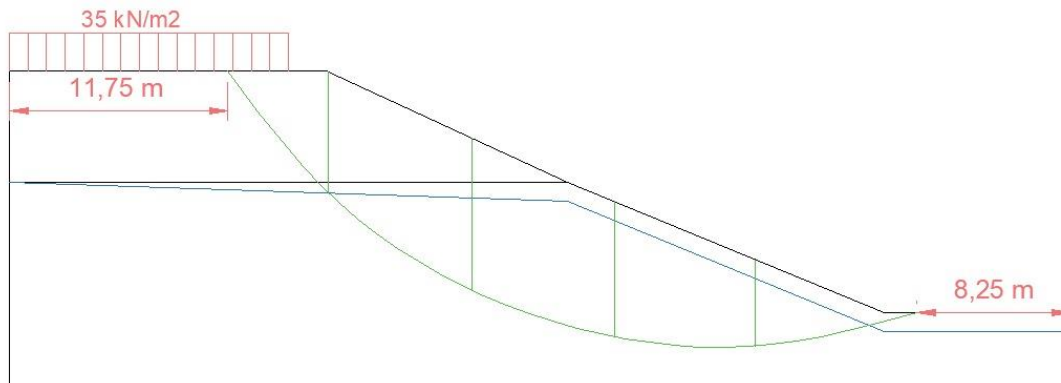
Método Ordinario o de Fellenius

Imagen 225. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 12 condición dinámica (Método de Fellenius)



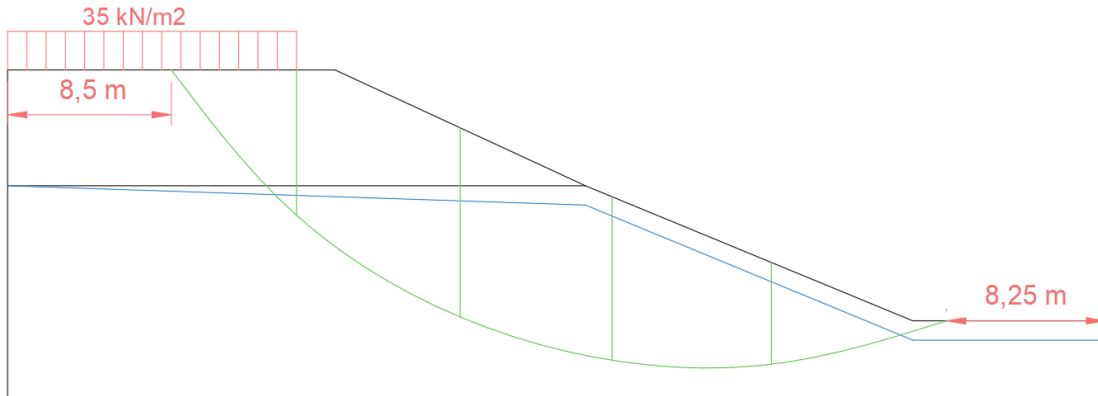
Método simplificado de Bishop

Imagen 226. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 12 condición dinámica (Método de Bishop)



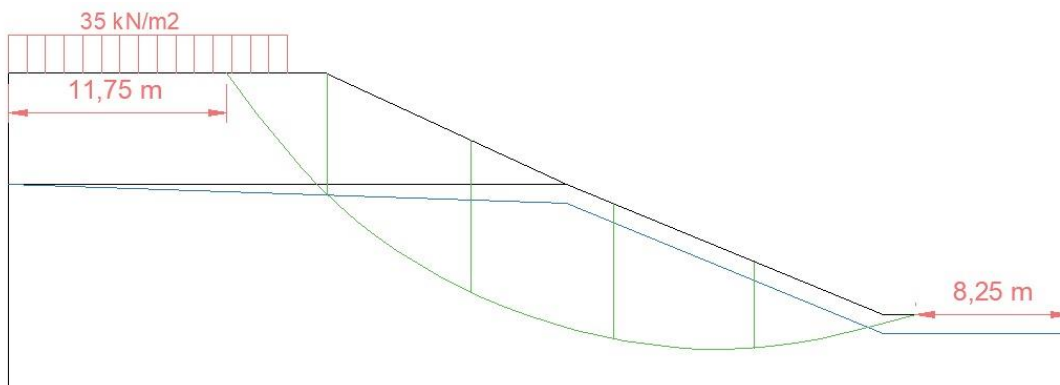
Método de Janbú

Imagen 227. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 12 condición dinámica (Método de Janbú)



Método de Spencer

Imagen 228. Superficie de falla y dovelas AutoCAD Talud 12 condición dinámica (Método de Spencer)



Consolidado de resultados Talud 12 condición dinámica

La siguiente tabla muestra los resultados de los factores de seguridad obtenidos para el talud 12 en condición dinámica por medio de los métodos de análisis de estabilidad propuestos por diferentes autores (Fellenius, Bishop, Janbú, Spencer), mediante las hojas electrónicas elaboradas previamente en Excel con la ayuda AutoCAD.

Tabla 39. Resultados ecuaciones originales programa Excel Talud 12 condición dinámica

RESULTADOS TALUD 12 EN CONDICION ESTATICA EXCEL	
METODO	F.S
Ordinario o de Fellenius	0.97
Simplificado de Bishop	0.96
Janbú	1.0
Spencer	1.5

10. ANALISIS DE RESULTADOS

De acuerdo con los resultados obtenidos y presentados en el capítulo 8, a continuación, se hace un análisis de los mismos de acuerdo con: a) las diferencias obtenidas a partir de la forma como se calcularon los factores de seguridad (programa SLOPE/W y ecuaciones originales con Excel y AutoCAD) y b) los factores de seguridad calculados para diferentes condiciones de carga, suelo y geometría de los taludes

10.1. Análisis de las diferencias obtenidas en los factores de seguridad de acuerdo a las herramientas computacionales con la que fueron calculados

A continuación, se presentan las tablas con los resultados de los factores de seguridad en condición estática y dinámica de SLOPE y Excel y el porcentaje de error correspondiente a cada uno de los doce (12) taludes calculados por medio de los métodos de Fellenius, Bishop, Janbú, Spencer.

10.1.1. Análisis de los errores de acuerdo con las geometrías de los taludes

Se realizó una segmentación de datos para el análisis de los resultados presentados en las siguientes tablas, las cuales están divididas de acuerdo con las tres (3) geometrías determinadas en el numeral 7.1.

Tabla 40. Taludes de geometría 1 en condición estática

Metodo	CONDICION ESTATICA											
	TALUD 1			TALUD 4			TALUD 7			TALUD 10		
	F.S SLOPE/W	F.S EXCEL	% ERROR	F.S SLOPE/W	F.S EXCEL	% ERROR	F.S SLOPE/W	F.S EXCEL	% ERROR	F.S SLOPE/W	F.S EXCEL	% ERROR
Ordinario o de Fellenius	1,58	1,54	2,24	1,15	1,10	4,48	1,58	1,30	17,39	1,15	0,98	14,88
Simplificado de Bishop	1,70	1,81	6,52	1,23	1,30	5,20	1,70	1,56	7,97	1,23	1,12	8,80
Janbu	1,512	1,195	20,97	1,112	1,217	9,48	1,512	1,480	2,09	1,112	1,185	6,58
Spencer	1,686	1,800	6,76	1,230	1,250	1,63	1,686	2,000	18,62	1,230	1,083	11,95

Tabla 41. Taludes de geometría 2 en condición estática

Metodo	CONDICION ESTATICA											
	TALUD 2			TALUD 5			TALUD 8			TALUD 11		
	F.S SLOPE/W	F.S EXCEL	% ERROR	F.S SLOPE/W	F.S EXCEL	% ERROR	F.S SLOPE/W	F.S EXCEL	% ERROR	F.S SLOPE/W	F.S EXCEL	% ERROR
Ordinario o de Fellenius	3,68	3,35	8,85	2,49	2,26	9,40	3,40	2,39	29,62	2,31	1,57	32,08
Simplificado de Bishop	3,90	3,57	8,45	2,64	2,65	0,10	3,53	2,64	25,19	2,49	1,63	34,71
Janbu	3,58	2,56	28,49	2,46	1,50	39,11	3,26	2,36	27,68	2,26	1,67	25,80
Spencer	3,90	3,61	7,46	2,65	2,68	1,21	3,55	2,58	27,34	2,50	2,50	0,00

Tabla 42. Taludes de geometría 3 en condición estática

Metodo	CONDICION ESTATICA											
	TALUD 3			TALUD 6			TALUD 9			TALUD 12		
	F.S SLOPE/W	F.S EXCEL	% ERROR	F.S SLOPE/W	F.S EXCEL	% ERROR	F.S SLOPE/W	F.S EXCEL	% ERROR	F.S SLOPE/W	F.S EXCEL	% ERROR
Ordinario o de Fellenius	3,37	3,02	10,27	2,34	1,94	17,28	3,18	2,12	33,42	2,25	1,49	33,99
Simplificado de Bishop	3,55	3,22	9,26	2,48	2,18	12,16	3,29	2,39	27,39	2,38	1,50	36,89
Janbu	3,26	2,39	26,77	2,28	1,32	41,93	3,05	2,30	24,53	2,17	1,87	13,94
Spencer	3,56	3,30	7,28	2,28	2,30	0,92	3,31	3,00	9,45	2,39	2,00	16,28

Tabla 43. Taludes de geometría 1 en condición dinámica

Metodo	CONDICION DINAMICA											
	TALUD 1			TALUD 4			TALUD 7			TALUD 10		
	F.S SLOPE/W	F.S EXCEL	% ERROR	F.S SLOPE/W	F.S EXCEL	% ERROR	F.S SLOPE/W	F.S EXCEL	% ERROR	F.S SLOPE/W	F.S EXCEL	% ERROR
Ordinario o de Fellenius	1,01	1,03	1,33	0,72	0,68	4,60	1,00	0,99	0,76	0,71	0,62	12,68
Simplificado de Bishop	1,08	1,15	6,50	0,77	0,81	5,52	1,07	1,09	1,67	0,76	0,77	1,31
Janbu	0,95	0,73	22,45	0,66	0,62	6,42	0,94	0,90	4,56	0,66	0,59	9,99
Spencer	1,07	1,10	2,52	0,77	0,78	0,91	1,07	1,00	6,19	0,77	0,80	4,58

Tabla 44. Taludes de geometría 2 en condición dinámica

Metodo	CONDICION DINAMICA											
	TALUD 2			TALUD 5			TALUD 8			TALUD 11		
	F.S SLOPE/W	F.S EXCEL	% ERROR	F.S SLOPE/W	F.S EXCEL	% ERROR	F.S SLOPE/W	F.S EXCEL	% ERROR	F.S SLOPE/W	F.S EXCEL	% ERROR
Ordinario o de Fellenius	2,01	1,79	10,61	1,31	1,23	6,46	1,91	1,46	23,36	1,25	0,90	28,30
Simplificado de Bishop	2,14	1,93	9,70	1,42	1,38	3,31	2,00	1,57	21,31	1,38	0,95	30,97
Janbu	1,95	1,43	26,68	1,29	0,98	24,31	1,84	1,38	25,07	1,24	0,91	25,94
Spencer	2,15	2,10	2,23	1,45	1,43	1,38	2,01	2,00	0,65	1,41	1,30	7,87

Tabla 45. Taludes de geometría 3 en condición dinámica

Metodo	CONDICION DINAMICA											
	TALUD 3			TALUD 6			TALUD 9			TALUD 12		
	F.S SLOPE/W	F.S EXCEL	% ERROR	F.S SLOPE/W	F.S EXCEL	% ERROR	F.S SLOPE/W	F.S EXCEL	% ERROR	F.S SLOPE/W	F.S EXCEL	% ERROR
Ordinario o de Fellenius	1,95	1,70	12,83	1,33	1,05	20,47	1,88	1,36	27,56	1,28	0,97	24,18
Simplificado de Bishop	2,05	1,85	9,79	1,42	1,22	14,15	1,95	1,51	22,66	1,39	0,95	31,28
Janbu	1,88	1,41	24,77	1,29	0,80	38,02	1,81	1,41	21,77	1,25	1,00	19,80
Spencer	2,06	2,10	1,74	1,45	1,50	3,38	1,97	2,00	1,32	1,42	1,50	5,56

Se calcularon los porcentajes de error correspondientes a cada geometría, para, de esta forma, determinar la que presenta mayores porcentajes de error y definir sus causas. Estos porcentajes de error se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 46. Promedio de porcentajes de error generales para cada geometría

N° geometría	Condición estática (%)	Condición dinámica (%)
Geometría 1	9,1	5,75
Geometría 2	19,09	15,51
Geometría 3	20,11	17,46

- La geometría 1 presenta porcentajes de error bajos ya que no se vio afectada en gran manera por la sobrecarga ni por el nivel freático, dado que la magnitud de la sobrecarga era la más baja y además ocupaba poco espacio en la longitud de la corona del talud y el nivel freático estaba alejado de la superficie del talud.
- Se observó que en la geometría 2 se presentaban porcentajes de error más altos que los de la geometría 1 ya que el nivel freático estaba bastante cercano de la superficie del talud y la magnitud de la sobrecarga era la mayor de las 3 geometrías, además estaba a 3 m del borde de la corona del talud por lo tanto ocupaba gran parte de la misma.
- Se encontró que la geometría 3 presenta los mayores porcentajes de error de las 3, aunque muy similares a los presentados en la geometría 2. Esto se debe probablemente a la incidencia notable de la sobrecarga y el nivel freático, la diferencia entre la condición de carga de estas dos geometrías radica en que, la sobrecarga a pesar de tener una magnitud más baja en la geometría 3, su longitud es más larga y está muy cercana al borde de la corona del talud y además, el nivel freático está muy cercano a la superficie del talud.

10.1.2. Análisis de porcentajes de errores de acuerdo a los métodos de análisis

Se realizó una comparación de los errores encontrados de acuerdo con los métodos usados, para de esta forma identificar las posibles causas de los mismos de acuerdo a las consideraciones e hipótesis de cada uno de ellos. Los porcentajes de error se muestran a continuación, según su condición estática o dinámica.

Tabla 47. Promedio de error por método condición estática

Método C. estática	Promedio de error (%)
Janbú	22,28
Fellenius	17,82
Bishop	15,22
Spencer	9,07

Imagen 229. Promedio de error por método condición estática

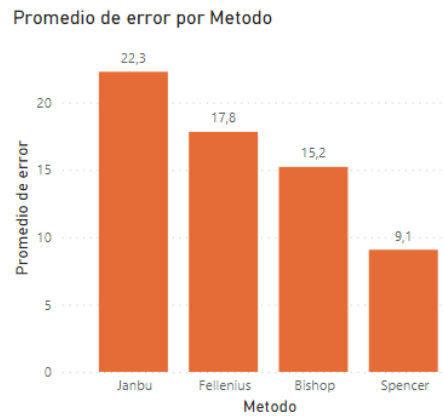
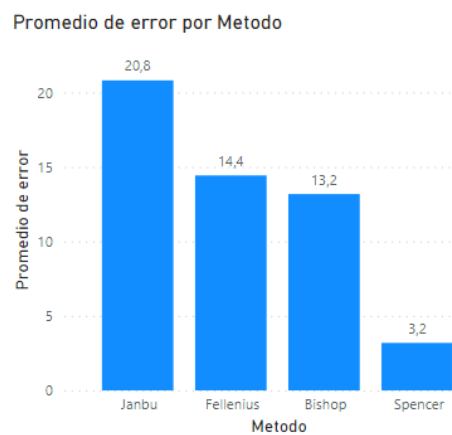


Tabla 48. Promedio de error por método condición dinámica

Método C. dinámica	Promedio de error (%)
Janbú	20,81
Fellenius	14,43
Bishop	13,18
Spencer	3,19

Imagen 230. Promedio de error por método condición dinámica



Al comparar los errores de los diferentes métodos en condición estática y en condición dinámica, la tendencia encontrada fue la misma, el mayor error es el de Janbú, seguido el de Fellenius, luego el de Bishop y finalmente Spencer, que fue el que presentó el error mínimo.

- El método de Janbú presenta los mayores errores debido a que se hace una corrección con una carta que relaciona la profundidad/longitud del talud con el tipo de suelo que conforma el talud (friccionante, cohesivo o con cohesión y fricción). Esta corrección es muy general ya que no tiene en cuenta aspectos específicos tales como: propiedades físicas del suelo, presencia del nivel freático, sobrecargas, condición sísmica, entre otros.
- En el método de Fellenius, se desprecian las fuerzas entre dovelas (cortantes y normales), por esta razón este método viola la Ley N° 3 de Newton “Principio de acción y reacción”, esta situación se agrava para geometrías y condiciones de carga complejas (como las analizadas en el presente trabajo), pudiendo llegar a tener errores hasta del 60% (D.G Fredlund, 1977)
- El método de Bishop desprecia las fuerzas cortantes entre dovelas, pero no las normales, por esta razón, los errores son menores que los de Janbú y Fellenius.
- En el método de Spencer se encontraron los menores errores, resultado que es lógico ya que no desprecia las fuerzas cortantes y normales entre dovelas, pero supone que existe una relación constante entre ellas.

10.1.3. Análisis de porcentajes de error de acuerdo a las condiciones de carga

A continuación, la siguiente tabla muestra la condición de carga de cada uno de los 12 taludes estudiados según lo presentado en el numeral 7.1.

Tabla 49. Condiciones respectivas de cada talud

TALUD 1, 2, 3	ESTATICO Y DINAMICO SIN SOBRECARGA Y NIVEL FREATICO
TALUD 4, 5, 6	ESTATICO Y DINAMICO CON NIVEL FREATICO
TALUD 7, 8, 9	ESTATICO Y DINAMICO CON SOBRECARGA
TALUD 10, 11, 12	ESTATICO Y DINAMICO CON SOBRECARGA Y NIVEL FREATICO

La siguiente tabla presenta una comparación de los errores encontrados para los taludes que no tienen sobrecarga ni nivel freático y los encontrados para los taludes que solo tienen nivel freático (todos en condición estática)

Tabla 50. Comparación talud 1, talud 2 y talud 3 vs talud 4, talud 5 y talud 6 en condición estática

Condición	Incremento en el error
Solo Estático	11,94
Estático con Nivel freático	11,91

En la tabla anterior se puede apreciar una disminución del 0.25% en el error al colocar nivel freático, es decir, no hay un cambio significativo en el mismo.

La siguiente tabla presenta una comparación de los errores encontrados para los taludes que no tienen sobrecarga ni nivel freático y los encontrados para los taludes que solo tienen nivel freático (todos en condición dinámica)

Tabla 51. Comparación talud 1, talud 2 y talud 3 vs talud 4, talud 5 y talud 6 en condición dinámica

Condición	Incremento en el error
Solo Dinámico	10.93
Dinámico con Nivel freático	10.74

En la tabla anterior se puede apreciar una disminución del 1.74% en el error al colocar nivel freático, es decir, no hay un cambio significativo en el mismo.

La siguiente tabla presenta una comparación de los errores encontrados para los taludes que no tienen sobrecarga ni nivel freático y los encontrados para los taludes que solo tienen sobrecarga (todos en condición estática)

Tabla 52. Comparación talud 1, talud 2 y talud 3 vs talud 7, talud 8 y talud 9 en condición estática

Condición	Incremento en el error
Solo Estático	11,94
Estático con Sobrecarga	20.89

En la tabla anterior se puede apreciar un aumento del 75% en el error al colocar sobrecarga. Este incremento se ve influenciado porque en las ecuaciones originales de los autores, esta sobrecarga la toman como una carga concentrada o puntual mientras que el programa SLOPE/W la toma como una carga distribuida y esto se ve reflejado en la gran diferencia que se presenta de no tener nada a tener sobrecarga en el talud.

La siguiente tabla presenta una comparación de los errores encontrados para los taludes que no tienen sobrecarga ni nivel freático y los encontrados para los taludes que solo tienen sobrecarga (todos en condición dinámica)

Tabla 53. Comparación talud 1, talud 2 y talud 3 vs talud 7, talud 8 y talud 9 en condición dinámica

Condición	Incremento en el error
Solo Dinámico	10.93
Dinámico con Sobrecarga	13.07

En la tabla anterior se puede apreciar un aumento del 20% en el error al colocar sobrecarga. Este incremento se ve influenciado porque en las ecuaciones originales de los autores, esta sobrecarga la toman como una carga concentrada o puntual mientras que en el programa

SLOPE/W la toma como una carga distribuida y esto se ve reflejado en la diferencia que se presenta de no tener nada a tener sobrecarga en el talud.

La siguiente tabla presenta una comparación de los errores encontrados para los taludes que no tienen sobrecarga ni nivel freático y los encontrados para los taludes que tienen sobrecarga y nivel freático (todos en condición estática)

Tabla 54. Comparación talud 1, talud 2 y talud 3 vs talud 10, talud 11 y talud 12 en condición estática

Condición	Incremento en el error
Solo Estático	11,94
Estático con Sobrecarga y Nivel freático	19.66

En la tabla anterior se puede apreciar un aumento del 65% en el error al colocar sobrecarga y nivel freático. Este incremento en el error supone la misma tendencia que el incremento en los que tienen solo sobrecarga, pero en este caso el incremento en el error no es tan grande como la de solo sobrecarga ya que cuando se le coloca nivel freático hay una leve disminución en el error.

La siguiente tabla presenta una comparación de los errores encontrados para los taludes que no tienen sobrecarga ni nivel freático y los encontrados para los taludes que tienen sobrecarga y nivel freático (todos en condición dinámica)

Tabla 55. Comparación talud 1, talud 2 y talud 3 vs talud 10, talud 11 y talud 12 en condición dinámica

Condición	Incremento en el error
Solo Dinámico	10.93
Dinámico con Sobrecarga y Nivel freático	16.87

En la tabla anterior se puede apreciar un aumento del 54% en el error al colocar sobrecarga y nivel freático. Para la condición dinámica se observa la siguiente progresión en el error: al colocar solo nivel freático este disminuye en un 1.74%, al colocar solo sobrecarga este aumenta 20% y finalmente al tener sobrecarga y nivel freático en el talud, dicho error se maximiza llegando hasta un 54%.

10.2. Análisis de los factores de seguridad de acuerdo con condiciones de carga, suelo y geometría de los taludes

A continuación, se mostrará la incidencia en los factores de seguridad de variables tales como: la pendiente de los taludes, la presencia del nivel freático y/o sobrecargas, además de la condición dinámica.

Conforme los resultados del factor de seguridad obtenidos en el programa SLOPE/W y en Excel para los 12 taludes, tanto en condición estática como dinámica, se puede observar que 8 de los 12 (que pertenecen a la geometría 2 y geometría 3) fueron estables, ya que sus factores de seguridad no fueron inferiores a 1.5 en condición estática y a 1.05 en condición dinámica como lo especifica el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 en el capítulo H, por lo tanto, no requieren ningún tipo de intervención en los mismos. Los factores de seguridad obtenidos de la geometría 1, en su mayoría no fueron estables o estuvieron muy cercanos al valor mínimo que se especifica en la norma. Las tendencias de los factores de seguridad se vieron influenciadas por factores como las cargas y la presencia de agua.

En la mayoría de los taludes se presenta una similitud entre los métodos Bishop y Spencer, además que las coordenadas de los círculos de falla eran las mismas para estos métodos, mientras que para Fellenius y Janbú no había una tendencia específica.

En el programa SLOPE/W, para los 12 taludes en condición estática y condición dinámica, nos arrojaba círculos de falla en los cuales hay entre 30 a 40 dovelas para la simplificación del análisis de la superficie de falla más crítica o la que tenga un menor factor de seguridad mientras que para el presente trabajo, en cada uno de los 12 taludes en condición estática y en condición dinámica se tomaron 5 dovelas por cada superficie de falla para el cálculo en el AutoCAD y en el programa Excel en las ecuaciones originales de los autores, los cuales empleaban entre 5 y 10 dovelas.

10.2.1. Incidencia de solo el nivel freático en los factores de seguridad

Las siguientes tablas muestran la variación de los factores de seguridad en condición estática y dinámica respectivamente con respecto a la presencia de solo nivel freático

Tabla 56. Incidencia del nivel freático. Condición estática

F.S SLOPE/W Condición Estática INCIDENCIA DE SOLO NIVEL FREÁTICO								
GEOMETRIA 1 (30°)			GEOMETRÍA 2 (20°)			GEOMETRÍA 3 (25°)		
TALUD 1	TALUD 4	Variación en el F.S (%)	TALUD 2	TALUD 5	Variación en el F.S (%)	TALUD 3	TALUD 6	Variación en el F.S (%)
1,618	1,180	-27,066	3,763	2,562	-31,934	3,435	2,346	-31,700

Tabla 57. Incidencia del nivel freático. Condición dinámica

F.S SLOPE/W Condición Dinámica INCIDENCIA DE SOLO NIVEL FREÁTICO								
GEOMETRIA 1 (30°)			GEOMETRÍA 2 (20°)			GEOMETRÍA 3 (25°)		
TALUD 1	TALUD 4	Variación en el F.S (%)	TALUD 2	TALUD 5	Variación en el F.S (%)	TALUD 3	TALUD 6	Variación en el F.S (%)
1,028	0,729	-29,068	2,061	1,369	-33,564	1,984	1,374	-30,762

Al realizar una comparación entre los resultados de SLOPE/W de los factores de seguridad de los taludes que no contenían ni sobrecarga ni nivel freático versus los taludes que contenían solo nivel freático se observa que hay una disminución en el factor de seguridad entre 27 y 34% en todos los taludes en condición estática y dinámica.

En la geometría 1 (talud 1 vs talud 4) se observa una disminución del factor de seguridad entre el 27 y el 29%, ya que la línea piezométrica está más alejada del borde del talud.

En la geometría 2 (talud 2 vs talud 5) y geometría 3 (talud 3 vs talud 6) se puede observar que se presenta mayor disminución del factor de seguridad (entre 30 y 34%), esto se debe a que, en los taludes pertenecientes a estas geometrías, el nivel freático está más cercano a la superficie del talud y se generan unas mayores presiones de poros.

10.2.2. Incidencia de solo la sobrecarga en los factores de seguridad

Las siguientes tablas muestran la variación de los factores de seguridad en condición estática y dinámica respectivamente con respecto a la presencia de solo sobrecarga

Tabla 58. Incidencia de la sobrecarga. Condición estática

F.S SLOPE/W Condición Estática INCIDENCIA DE SOLO SOBRECARGA								
GEOMETRIA 1 (30°)			GEOMETRÍA 2 (20°)			GEOMETRÍA 3 (25°)		
TALUD 1	TALUD 7	Variación en el F.S (%)	TALUD 2	TALUD 8	Variación en el F.S (%)	TALUD 3	TALUD 9	Variación en el F.S (%)
1,618	1,618	0,000	3,763	3,435	-8,716	3,435	3,209	-6,573

Tabla 59. Incidencia de la sobrecarga. Condición dinámica

F.S SLOPE/W Condición Dinámica INCIDENCIA DE SOLO SOBRECARGA								
GEOMETRIA 1 (30°)			GEOMETRÍA 2 (20°)			GEOMETRÍA 3 (25°)		
TALUD 1	TALUD 7	Variación en el F.S (%)	TALUD 2	TALUD 8	Variación en el F.S (%)	TALUD 3	TALUD 6	Variación en el F.S (%)
1,028	1,020	-0,803	2,061	1,940	-5,895	1,984	1,903	-4,071

Además, la siguiente tabla muestra algunas características de las sobrecargas correspondientes a cada una de las 3 geometrías:

Tabla 60. Descripción detallada de las cargas

N° Geometría	Magnitud de la sobrecarga	Longitud de la sobrecarga	Longitud de la corona del talud	Distancia de la sobrecarga al borde del talud
Geometría 1	20 kN/m ²	10 m	20 m	10 m
Geometría 2	50 kN/m ²	12 m	15 m	3 m
Geometría 3	35 kN/m ²	15 m	17 m	2 m

Las tablas 58 y 59 muestran que la presencia de la sobrecarga por si sola, no genera grandes variaciones en los factores de seguridad tanto en condición dinámica como la condición estática.

En las tablas 58, 59 y 60 se observa que la variación del factor de seguridad es directamente proporcional a la variación de la magnitud de la sobrecarga tanto en condición dinámica como la condición estática.

10.2.3. Incidencia de sobrecarga y nivel freático en los factores de seguridad

Las siguientes tablas muestran la variación de los factores de seguridad en condición estática y dinámica respectivamente con respecto a la presencia de sobrecarga y nivel freático

Tabla 61. Incidencia de la sobrecarga y nivel freático. Condición estática

F.S SLOPE/W Condición Estática INCIDENCIA DE SOBRECARGA Y NIVEL FREÁTICO								
GEOMETRIA 1 (30°)			GEOMETRÍA 2 (20°)			GEOMETRÍA 3 (25°)		
TALUD 1	TALUD 10	Variación en el F.S (%)	TALUD 2	TALUD 11	Variación en el F.S (%)	TALUD 3	TALUD 12	Variación en el F.S (%)
1,618	1,180	-27,066	3,763	2,389	-36,518	3,435	2,298	-33,105

Tabla 62. Incidencia de la sobrecarga y nivel freático. Condición dinámica

F.S SLOPE/W Condición Dinámica INCIDENCIA DE SOBRECARGA Y NIVEL FREÁTICO								
GEOMETRIA 1 (30°)			GEOMETRÍA 2 (20°)			GEOMETRÍA 3 (25°)		
TALUD 1	TALUD 10	Variación en el F.S (%)	TALUD 2	TALUD 11	Variación en el F.S (%)	TALUD 3	TALUD 12	Variación en el F.S (%)
1,028	0,724	-29,579	2,061	1,319	-35,990	1,984	1,336	-32,653

Al realizar una comparación entre los resultados de SLOPE/W de los factores de seguridad de los taludes que no contenían ni sobrecarga ni nivel freático versus los taludes que contenían tanto nivel freático como sobrecarga, se observa que hay una disminución en el factor de seguridad entre 27 y 36.5% en todos los taludes en condición estática y dinámica.

En la geometría 1 (talud 1 vs talud 10) se observa una disminución del factor de seguridad entre el 27 y el 29%, ya que la línea piezométrica está más alejada del borde del talud y, además, la presencia de la sobrecarga no genera una disminución significativa en el factor de seguridad.

En la geometría 2 (talud 2 vs talud 11) y geometría 3 (talud 3 vs talud 12) se puede observar que se presenta mayor disminución del factor de seguridad (entre 32.6 y 36.5%), esto se debe a que, en los taludes pertenecientes a estas geometrías, el nivel freático está más cercano a la superficie del talud y se generan unas mayores presiones de poros, pero además en estos taludes se tienen las mayores magnitudes de la sobrecarga.

10.2.4. Incidencia de la pendiente y los suelos en los factores de seguridad

Se pudo observar que, sin importar el tipo de herramienta computacional, el incremento del factor de seguridad es inversamente proporcional a la pendiente del talud

Con los resultados obtenidos en el siguiente trabajo de grado se puede inferir que si se tienen suelos con propiedades mecánicas malas en la parte baja de los taludes, los factores de seguridad serán bajos así sobre estos se tengan suelos con unas mejores propiedades físicas.

11. CONCLUSIONES

- Al establecer las comparaciones entre los factores de seguridad obtenidos a partir del SLOPE/W y los estimados por las ecuaciones originales de los autores (Fellenius, Bishop, Janbú y Spencer) en el programa Excel se determinó que los porcentajes de error mayores se presentan en los métodos de Janbú y luego Fellenius ya que estos dos métodos desprecian las fuerzas cortantes y normales entre dovelas. Así mismo los métodos de Bishop y Spencer son los que presentan los menores errores debido a que el método de Bishop solo desprecia las fuerzas cortantes y el de Spencer no desprecia ni las fuerzas cortantes ni normales entre dovelas, solamente asume una relación constante entre ellas.
- Se definieron 3 geometrías con las propiedades físicas de sus estratos. Por cada una de estas geometrías se determinaron 4 taludes con diferentes condiciones de sobrecarga y nivel freático. Para cada uno de estos 12 taludes se calculó el factor de seguridad, tanto por medio del programa SLOPE/W así como por medio de las ecuaciones originales de diferentes autores con la ayuda de los programas Excel y AutoCAD. Los taludes con pendiente más baja fueron aquellos que presentaron los factores de seguridad más alto como era de esperarse.
- Con el programa SLOPE/W se definieron las superficies de falla críticas de cada talud, estas superficies se dividieron en 5 dovelas y con la ayuda del AutoCAD se

determinaron las propiedades de dichas dovelas (coordenadas de los centroides, áreas, ángulo entre la tangente a la base de cada dovela y la horizontal) y finalmente con el programa Excel se calcularon los factores de seguridad, los cuales se compararon con los obtenidos en el programa SLOPE/W. Se encontraron diferencias en los resultados obtenidos usando las herramientas computacionales seleccionadas para este trabajo, estas diferencias, en parte, muy probablemente se deban a la reducción de dovelas de 30 a solo 5.

- En el presente trabajo se pudo observar que los taludes que tenían sobrecarga (independientemente de la presencia del nivel freático o no), fueron los que mayor porcentaje de error presentaron en el cálculo del factor de seguridad con Excel, la razón de esto se debe a que el programa SLOPE/W al calcular el factor de seguridad, tiene en cuenta las sobrecargas como tal, mientras que en las ecuaciones originales la magnitud de las sobrecargas se multiplica por la longitud de estas para transformarlas en cargas concentradas.
- Con respecto al nivel freático se pudo concluir que aquellos taludes en los cuales está presente el nivel freático y no tienen sobrecarga, los errores cometidos al calcular el factor de seguridad con Excel y AutoCAD son muy pequeños en comparación con el obtenido en el programa SLOPE/W.

- Con respecto a la proximidad de la sobrecarga al borde de la corona del talud, se concluye que incide más en los errores dicha cercanía que su magnitud.
- Con respecto al nivel freático se puede concluir que, si este está cercano a la superficie del talud, el factor de seguridad disminuye ya que se aumentan las presiones de poros, este comportamiento se pudo evidenciar en las geometrías 2 y 3.
- En el presente trabajo se pudo comprobar que en los taludes que tenían suelos cohesivos en sus estratos inferiores (situación que se agrava si están saturados), los factores de seguridad eran los menores debido a que estos son la base de toda la estratigrafía y sus propiedades geotécnicas bajas fácilmente provocan la falla.
- Con los resultados obtenidos se puede concluir que entre mayor sea la magnitud de la sobrecarga, mayor será la disminución en el factor de seguridad.
- Los programas de diseño en ingeniería civil están diseñados para reducir tiempos en cálculos repetitivos, largos y tediosos, pero de ninguna manera reemplazar la capacidad de análisis del ingeniero

12. RECOMENDACIONES

- Para el correcto uso de las herramientas computacionales que se utilizaron en el presente trabajo como lo fueron SLOPE/W, AutoCAD y Excel se requiere un conocimiento básico del manejo de estos softwares para la buena y correcta elaboración de las modelaciones de los taludes y cálculos en las ecuaciones originales.
- Antes de usar cualquier tipo de software, en cualquier rama de la ingeniería civil se deben tener claros los principios que gobiernan el comportamiento que se va a modelar, es decir, que una persona que utilice un programa computacional debe ser capaz de realizar los cálculos de forma manual e interpretar sus resultados.
- Como futuras tesis de investigación, se recomienda analizar la incidencia de aspectos no contemplados en esta investigación tales como el uso de anclajes, clavos, pilotes, etc.
- Se recomienda como futuro trabajo de grado comparar los resultados obtenidos en el cálculo de los factores de seguridad usando diferentes programas de uso comercial como el SLIDE, SLOPE/W, GEO5, etc.

13. BIBLIOGRAFIA

- Bowles, J. E. (1981). *Manual de laboratorio de suelos en ingeniería civil*. Mexico: Libros McGraw-Hill de Mexico S.A.
- D.G Fredlund, K. (1977). Comparision of slope stability methods of analysis. págs. 429-439.
- Das, B. M. (2013). *Fundamentos de ingeniería geotécnica Cuarta Edición*. México: CENGACE Learning Editores S.A.
- García, M. (1998). *Manual de estabilidad de taludes*. Bogotá, D.C: INVIAS.
- González, L. d. (2016). *Guia metodologica para la estabilización de taludes en el software GeoSlope*. Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana.
- Jerez, Y. L. (2018). *Comparación de los factores de seguridad para análisis de estabilidad de taludes calculados con métodos basados en dovelas usando las ecuaciones originales y el programa SLOPE/W*. Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana.
- Jonnathan Camargo Orozco, L. F. (2017). *Análisis de estabilidad de los taludes del sector noroccidental de la Universidad Pontificia Bolivariana, seccional Bucaramanga*. Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana.
- Juan Pablo Hernández Quintero, W. A. (2006). *Análisis de la estabilidad de los taludes de las zonas de futuro desarrollo Sector B de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga por medio del SLOPE/W*. Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana.
- Leidy Celina Nuñez Rincón, S. M. (2006). *Análisis de la estabilidad de los taludes de las zonas de futuro desarrollo Sector A de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga por medio del SLOPE/W*. Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana.
- Matteis, A. F. (2003). *Geología y geotecnia Estabilidad de taludes*. Argentina: Universidad Nacional de Rosario Facultad de Cs. Exactas, ingeniería y agrimensura.
- Ruiz, A. L. (1983). Mejora Geotecnica del suelo. *Informes de la construccion*, 35(354), 37-50.
- Suarez, J. (1998). *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales Capitulo 4: Modelos de analisis de estabilidad*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, UIS.
- Suarez, J. (2009). *Deslizamientos: Analisis Geotecnico Capitulo 1: Nomenclatura y clasificación de movimientos*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander UIS.

Suarez, J. (2009). *Deslizamientos: Analisis Geotecnico Capitulo 4 Analisis de estabilidad*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander UIS.

ANEXOS

ANEXO A

Hojas de cálculo de Excel con las ecuaciones originales de Fellenius, Bishop, Janbú y Spencer para la obtención del factor de seguridad

CONDICIÓN ESTÁTICA

TALUD 1

METODO ORDINARIO O DE FELLENIUS

K estatico	0
------------	---

Dovela	γ (Kn/m3)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ' (°)	hw	U (kPa)	P (kN)	C'*l*R	(P-U*l)*R*TAN(ϕ')	X _{cent} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y _{cent} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)
1	20,46603747	33,3707	682,9659966	6	61	33,3924051	26,5760999	0	0	331,108485	4578,6998	3785,235239	18,9045	18,1395	12388,6617	15,3695	9,6555	0
2	18,60246444	53,0627	987,0969898	6	44	40	21,6065718	0	0	710,058152	5484,72	6426,860639	23,5519	13,4921	13318,0113	11,6142	13,4108	0
3	17,16415623	71,1429	1221,10785	6	18	40	17,7710833	0	0	1161,34258	5484,72	8506,340816	29,3744	7,6696	9365,408766	8,4306	16,5944	0
4	16,5	44,6267	736,34055	6	2	40	16	0	0	735,891991	5484,72	4822,294553	35,7899	1,2541	923,4446838	6,0605	18,9645	0
5	16,5	21,0608	347,5032	7	11	40	16	0	0	341,118587	6398,84	2235,347477	41,3761	-4,3321	-1505,41861	4,6719	20,3531	0
												27431,6998	25776,07872	34490,10783		0		

Circulo	
Radio	22,853
Coordenada X	37,044
Coordenada Y	25,025

F.S	1,54
-----	------

CONDICIÓN ESTÁTICA

TALUD 1

METODO SIMPLIFICADO DE BISHOP

K estatico	0
------------	---

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ (°)	hw	U (kPa)	F_{sumado}	$m\alpha$	P (kN)	C'*l*R	(P-U*l)*R*TAN(ϕ)	X_{cent} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y_{cent} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)
1	20,87993592	30,4301	635,378538	6,88	50	32,4364821	27,6798291	0	0	1,81	0,86479776	625,4982591	7063,778336	10385,76323	16,2669	22,8551	14521,64	16,1361	18,7609	0
2	19,24250529	64,1186	1233,8025	6,82	33	40	23,3133475	0	0	1,81	0,96834408	1189,365945	8634,9384	16223,75761	22,0896	17,0324	21014,6177	13,0007	21,8963	0
3	17,47241429	57,9068	1011,7716	6,55	19	40	18,5931048	0	0	1,81	1,00602806	958,8650605	8293,086	10210,15903	28,6305	10,4915	10615,0017	9,5339	25,3631	0
4	16,5	45,5027	750,79455	7	5	40	16	0	0	1,81	1,01000216	730,0102143	8862,84	6625,829446	35,2143	3,9077	2933,87986	6,8478	28,0492	0
5	16,5	17,2434	284,5161	7	6	40	16	0	0	1,81	1,01108159	265,4048423	8862,84	2408,90769	41,365	-2,243	-638,169612	5,028	29,869	0
													41717,48274	45854,417	48446,9697			0		

Circulo	
Radio	31,653
Coordenada X	39,122
Coordenada Y	34,897

F.S	1,81
-----	------

CONDICIÓN ESTÁTICA

TALUD 1

METODO DE JANBÚ

K estatico	0
------------	---

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ' (°)	hw	U (kPa)	F _{asumido}	m α	P (kN)	C'*l*COS(α)	(P-U*l)*TAN(ϕ')*COS(a)	P*SEN(α)	k*W
1	20,43405148	34,5148	705,2772	6	61	33,1867354	26,4908039	0	0	1,19	0,85110713	656,7078855	96,53549138	158,6737673	574,3696585	0
2	18,53682449	61,861	1146,7065	6	43	40	21,431532	0	0	1,19	0,95631614	1055,258372	175,5248884	302,9422946	719,6844791	0
3	17,05808762	58,7948	1002,92685	6	20	40	17,4882337	0	0	1,19	1,03024835	906,5270472	225,526229	268,3970927	310,0505106	0
4	16,5	44,8247	739,60755	6	1	40	16	0	0	1,19	1,00405307	733,1163644	239,9634468	210,1857175	12,79464476	0
5	16,5	21,0139	346,72935	7	16	40	16	0	0	1,19	1,02767996	274,281402	269,1532749	75,6022004	75,6022004	0
													1006,70333	1015,801073	1692,501493	0

Circulo	
Radio	22,853
Coordenada X	37,044
Coordenada Y	25,025

do	7,8249
lo	34,4384
do/lo	0,23
fo	1,071

Fo	1,19
Ff	1,28

CONDICIÓN ESTÁTICA

TALUD 1

METODO DE SPENCER

K estatico	0
------------	---

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ (°)	hw	U (kPa)	F _{sumbo}	P (kN)	C'*l*R	(P-U'l)*R*TAN(ϕ)	X _{cent} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y _{cent} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)	C'*l*COS(α)	(P-U'l)*TAN(ϕ)*COS(α)	P*SEN(α)	k*W
1	20,87987167	30,4363	635,506038	6,88	42	32,4448512	27,6796578	0	0	1,8	582,573234	7065,6009	9672,966474	16,2674	22,8546	14524,2363	16,1418	18,7552	0	165,8852162	227,1005902	389,817581	0
2	19,24327113	64,1007	1233,50715	6,82	29	40	23,3153897	0	0	1,8	1164,2902	8634,9384	15883,26499	22,0901	17,0319	21008,97043	13,0082	21,8888	0	238,5962561	438,8783552	564,459089	0
3	17,48696305	57,8931	1012,3745	6,55	14	40	18,6319015	0	0	1,8	965,001816	8293,086	10298,5332	28,6315	10,4905	10620,31469	9,5409	25,3561	0	254,2174803	315,6927544	233,455069	0
4	16,5	45,5047	750,82755	7	10	40	16	0	0	1,8	719,767996	8862,84	6532,867468	35,215	3,907	2933,483238	6,8537	28,0433	0	275,7461708	203,2546214	124,986401	0
5	16,5	17,2428	284,5062	7	8	40	16	0	0	1,8	265,110665	8862,84	2406,237632	41,3654	-2,2434	-638,261209	5,0341	29,8629	0	277,2750592	75,27944565	36,8962733	0
												41719,3053	44793,86977			48448,74345			0	1211,720183	1260,205767	1349,61441	0

Circulo	
Radio	31,653
Coordenada X	39,122
Coordenada Y	34,897

θ (°)=	2
---------------	---

Fm	1,8
Ff	1,8

CONDICIÓN DINAMICA

TALUD 1

METODO ORDINARIO O DE FELLENIOUS

K dinamico	0,25
------------	------

Dovela	γ (Kn/m3)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ' (°)	hw	U (kPa)	P (kN)	C'*l*R	(P-U*l)*R*TAN(ϕ')	X _{cent} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y _{cent} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)
1	20,72	38,8788	805,7434224	7,944	51	32,3833017	27,2653149	0	0	350,525704	8552,63153	6005,928609	13,7101	23,3479	18812,41685	15,8367	20,1843	4065,84174
2	19,17	78,1468	1497,8262	7,156	37	40	23,1115388	0	0	970,863614	9516,33504	13775,13229	20,1405	16,9175	25339,47474	12,9624	23,0586	8634,443804
3	17,71	75,2226	1331,8929	7,2	22	40	19,2160547	0	0	1110,17563	9574,848	12864,63597	27,0878	9,9702	13279,23859	9,6262	26,3948	8788,761679
4	16,53	57,4695	950,13675	7,56	6	40	16,0876987	0	0	920,102718	10053,5904	8822,159043	34,2693	2,7887	2649,646355	6,8264	29,1946	6934,71559
5	16,5	21,9979	362,96535	7,64	17	40	16	0	0	320,575291	10159,9776	3056,088198	40,941	-3,883	-1409,39445	4,9965	31,0245	2815,204625
											47857,3826	44523,94411			58671,38208			31238,96744

Circulo	
Radio	33,246
Coordenada X	37,058
Coordenada Y	36,021

F.S	1,03
-----	------

CONDICIÓN DINAMICA

TALUD 1

METODO SIMPLIFICADO DE BISHOP

K dinamico	0,25
------------	------

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ (°)	hw	U (kPa)	F _{asumido}	m α	P (kN)	C'*l*R	(P-U*I)*R*TAN(ϕ)	X _{cent} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y _{cent} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)
1	20,72569927	38,8085	804,3333	7,94	49	32,3885714	27,2685314	0	0	1,147	0,99521324	638,1770454	8549,716139	10936,07154	13,7086	23,3494	18780,7	15,8397	20,1813	4058,122907
2	19,1641745	78,2719	1500,01635	7,16	33	40	23,1044653	0	0	1,147	1,04124982	1309,98609	9521,6544	18580,42774	20,1398	16,9182	25377,5766	12,9562	23,0648	8649,394277
3	17,70486568	75,2947	1333,08255	7,2	18	40	19,2129751	0	0	1,147	1,04494455	1201,491059	9574,848	13920,38489	27,0867	9,9713	13292,566	9,6216	26,3994	8798,144868
4	16,53289302	57,459	949,9635	7,56	1	40	16,0877147	0	0	1,147	1,00423595	941,3746597	10053,5904	9026,128855	34,2693	2,7887	2649,16321	6,8271	29,1939	6933,284856
5	16,5	22,0012	363,0198	7,64	12	40	16	0	0	1,147	1,03012469	298,6289173	10159,9776	2846,870409	40,9411	-3,8831	-1409,64219	4,9962	31,0248	2815,654173
													47859,78654	55309,88343	58690,3636	31254,60108				

Circulo	
Radio	33,246
Coordenada X	37,058
Coordenada Y	36,021

F.S	1,15
-----	------

CONDICIÓN DINAMICA

TALUD 1

METODO DE JANBÚ

K dinamico	0,25
------------	------

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ' (°)	hw	U (kPa)	F _{asumido}	$m\alpha$	P (kN)	C'*I*COS(α)	(P-U*I)*TAN(ϕ')*COS(α)	P*SEN(α)	k*W
1	20,16960459	45,7806	923,3766	7	62	33,1334293	25,7856122	0	0	0,73	1,05380039	610,0286426	108,8864198	138,3581548	538,6233216	230,84415
2	18,54707671	84,0543	1558,96155	6,7	38	40	21,4588712	0	0	0,73	1,11952463	1190,628454	211,186882	368,8000746	733,0240709	389,7403875
3	17,23913631	76,1828	1313,325674	6,55	21	40	17,9710302	0	0	0,73	1,092814	1084,087448	244,5980717	328,2799832	388,5021959	328,3314185
4	16,5	60,0064	990,1056	7	4	40	16	0	0	0,73	1,02496453	939,885887	279,3179341	268,8514334	65,5631252	247,5264
5	16,5	22,9604	378,8466	7	20	40	16	0	0	0,73	1,07403878	230,5883136	263,1139338	62,13260289	78,86584808	94,71165
													1107,103241	1166,422249	1804,578562	1291,154006

Circulo	
Radio	24,153
Coordenada X	35,01
Coordenada Y	25,507

do	8,8589
lo	37,3909
do/lo	0,24
fo	1,073

Fo	0,73
Ff	0,79

CONDICIÓN DINAMICA

TALUD 1

METODO DE SPENCER

K dinámico	0,25
------------	------

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C (kPa)	ϕ (°)	hw	U (kPa)	F_{asumido}	P (kN)	C**R	(P-U)**R*TAN(ϕ)	X_{cent} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y_{cent} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)	C**COS(α)	(P-U)**TAN(ϕ)*COS(α)	P*SEN(α)	k*W
1	20,72576306	38,8044	804,2508	7,94	44	32,3952659	27,2687015	0	0	1,10	382,436601	8551,483294	6553,642981	13,7095	23,3485	18778,0498	15,8384	20,1826	4057,968049	185,0274405	141,8004041	265,662786	201,0627
2	19,16385118	78,2814	1500,1731	7,16	26	40	23,1036032	0	0	1,10	989,624434	9521,6544	14035,93429	20,1406	16,9174	25379,0284	12,9541	23,0669	8651,08572	257,4146149	379,4566015	433,822798	375,043275
3	17,70478248	75,2999	1333,16835	7,2	15	40	19,2127533	0	0	1,10	1173,44241	9574,848	13595,24593	27,0873	9,9707	13292,62167	9,6198	26,4012	8799,311061	278,186638	394,9948612	303,709244	333,292088
4	16,53322983	56,8766	940,3539	7,56	7	40	16,0886129	0	0	1,10	1161,95305	10053,5904	11141,74401	34,2298	2,8282	2659,5089	6,8394	29,1816	6860,257842	300,1459563	332,6323511	141,606456	235,088475
5	16,5	22,5277	371,70705	7,64	11	40	16	0	0	1,10	613,219014	10159,9776	5845,900929	40,8764	-3,8184	-1419,3262	5,0138	31,0072	2881,39871	299,9852673	172,6070885	117,007704	92,9267625
												47861,55369	51172,46814			58689,88257			31250,02138	1320,759917	1421,491306	1261,80899	1237,4133

Circulo	
Radio	33,246
Coordenada X	37,058
Coordenada Y	36,021

θ (°)=	55
---------------	----

Fm	1,10
Ff	1,10

CONDICIÓN ESTÁTICA

TALUD 2

METODO ORDINARIO O DE FELLENIUS

K estatico	0
------------	---

Dovela	γ (Kn/m3)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ (°)	hw	U (kPa)	P (kN)	C'*l*R	(P-U*l)*R*TAN(ϕ)	X _{cent} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y _{cent} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)
1	19,26432393	19,7362	380,20455	6,19	51	33,4763948	26,2687549	0	0	239,270476	5537,92468	3156,022736	16,9383	18,7867	7142,788819	12,2614	16,8026	0
2	20,64547564	40,945	845,329	6,61	32	30	32,8982831	0	0	716,879649	5299,5675	12393,44539	22,604	13,121	11091,56181	8,9672	20,0968	0
3	21,44342673	41,1325	882,02175	6,45	16	30	36,7284483	0	0	847,853723	5171,2875	16906,92429	28,9697	6,7553	5958,321528	6,4785	22,5855	0
4	21,5	31,6408	680,2772	6,35	2	30	37	0	0	679,862794	5091,1125	13691,57459	35,1953	0,5297	360,3428328	4,9296	24,1344	0
5	21,5	12,5886	270,6549	6,4	14	30	37	0	0	262,615293	5131,2	5288,738997	40,7717	-5,0467	-1365,91408	4,2038	24,8602	0
											26231,0922	51436,706			23187,10091			0

Circulo	
Radio	26,725
Coordenada X	35,725
Coordenada Y	29,064

F.S	3,35
-----	------

CONDICIÓN ESTÁTICA

TALUD 2

METODO SIMPLIFICADO DE BISHOP

K estatico	0
------------	---

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ (°)	hw	U (kPa)	F _{asumido}	m α	P (kN)	C''*R	(P-U*l)*R*TAN(ϕ)	X _{cent} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y _{cent} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)
1	19,26432393	19,7362	380,20455	6,19	51	33,4763948	26,2687549	0	0	3,57	0,73676081	454,8226435	5537,924678	5999,196505	16,9383	18,7867	7142,78882	12,2614	16,8026	0
2	20,64547564	40,945	845,329	6,61	32	30	32,8982831	0	0	3,57	0,94406984	864,2305423	5299,5675	14940,8538	22,604	13,121	11091,5618	8,9672	20,0968	0
3	21,44342673	41,1325	882,02175	6,45	16	30	36,7284483	0	0	3,57	1,01887142	851,0217502	5171,2875	16970,09744	28,9697	6,7553	5958,32153	6,4785	22,5855	0
4	21,5	31,6408	680,2772	6,35	2	30	37	0	0	3,57	1,0067574	673,8613667	5091,1125	13570,71346	35,1953	0,5297	360,342833	4,9296	24,1344	0
5	21,5	12,5886	270,6549	6,4	14	30	37	0	0	3,57	1,02136049	252,2556686	5131,2	5080,109302	40,7717	-5,0467	-1365,91408	4,2038	24,8602	0
													26231,09218	56560,97051	23187,1009	0				

Circulo	
Radio	26,725
Coordenada X	35,725
Coordenada Y	29,064

F.S	3,57
-----	------

CONDICIÓN ESTÁTICA

TALUD 2

METODO DE JANBÚ

K estatico	0
------------	---

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ' (°)	hw	U (kPa)	F _{asumido}	m α	P (kN)	C'*I*COS(α)	(P-U*I)*TAN(ϕ')*COS(α)	P*SEN(α)	k*W
1	19,26432393	19,7362	380,20455	6,19	51	33,4763948	26,2687549	0	0	2,56	0,77914941	407,2371275	130,4070692	126,4889143	316,482689	0
2	20,64547564	40,945	845,329	6,61	32	30	32,8982831	0	0	2,56	0,98195342	819,0622316	168,1679375	449,330062	434,0368551	0
3	21,44342673	41,1325	882,02175	6,45	16	30	36,7284483	0	0	2,56	1,04160026	826,7926517	186,0041382	593,0129909	227,8949403	0
4	21,5	31,6408	680,2772	6,35	2	30	37	0	0	2,56	1,00966374	671,193943	190,3839525	505,4728061	23,4243308	0
5	21,5	12,5886	270,6549	6,4	14	30	37	0	0	2,56	1,04150714	242,4474568	186,2967794	177,2703735	58,65334834	0
													861,2598768	1851,575147	1060,492164	0

Circulo	
Radio	26,725
Coordenada X	35,725
Coordenada Y	29,064

do	6,03
lo	33,84
do/lo	0,18
fo	1,06

Fo	2,56
Ff	2,71

CONDICIÓN ESTÁTICA

TALUD 2

METODO DE SPENCER

K estatico	0
------------	---

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ (°)	hw	U (kPa)	F _{sumbo}	P (kN)	C'*l*R	(P-U'l)*R*TAN(ϕ)	X _{cent} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y _{cent} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)	C'*l*COS(α)	(P-U'l)*TAN(ϕ)*COS(α)	P*SEN(α)	k*W
1	19,26432393	19,7362	380,20455	6,19	51	33,4763948	26,2687549	0	0	3,61	205,256142	5537,924678	2707,367247	16,9383	18,7867	7142,788819	12,2614	16,8026	0	130,4070692	63,75309315	159,513982	0
2	20,64547564	40,945	845,329	6,61	32	30	32,8982831	0	0	3,61	559,941856	5299,5675	9680,298247	22,604	13,121	11091,56181	8,9672	20,0968	0	168,1679375	307,1789897	296,723976	0
3	21,44342673	41,1325	882,02175	6,45	16	30	36,7284483	0	0	3,61	830,480474	5171,2875	16560,48692	28,9697	6,7553	5958,321528	6,4785	22,5855	0	186,0041382	595,6580634	228,911442	0
4	21,5	31,6408	680,2772	6,35	2	30	37	0	0	3,61	1095,49572	5091,1125	22061,89467	35,1953	0,5297	360,3428328	4,9296	24,1344	0	190,3839525	825,0123538	38,2322462	0
5	21,5	12,5886	270,6549	6,4	14	30	37	0	0	3,61	319,300647	5131,2	6430,310161	40,7717	-5,0467	-1365,91408	4,2038	24,8602	0	186,2967794	233,4631419	77,2458179	0
												26231,09218	57440,35724			23187,10091			0	861,2598788	2025,065642	800,627467	0

Circulo	
Radio	26,725
Coordenada X	35,725
Coordenada Y	29,064

θ (°)=	60,2
---------------	------

Fm	3,61
Ff	3,61

CONDICIÓN DINAMICA

TALUD 2

METODO ORDINARIO O DE FELLENIUS

K dinamico	0,25
------------	------

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ (°)	hw	U (kPa)	P (kN)	C'*l*R	(P-U*l)*R*TAN(ϕ)	X _{cont} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y _{cont} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)
1	19,40	29,9694	581,2900604	7,35	48	33,0277778	26,9013731	0	0	280,963295	7222,66472	4241,268772	14,9991	20,3159	11809,43074	12,1447	18,8853	2744,459294
2	20,69	60,1408	1244,2772	7,8	27	30	33,1091306	0	0	967,436596	6962,202	18770,68246	21,5902	13,7248	17077,45571	8,603	22,427	6976,351191
3	21,44	56,5794	1213,2071	7,46	14	30	36,7242813	0	0	1103,79432	6658,7214	24500,72753	29,0413	6,2737	7611,297383	5,8487	25,1813	7637,532987
4	21,5	41,0667	882,93405	7,28	6	30	37	0	0	855,02431	6498,0552	19170,06712	36,1936	-0,8786	-775,745856	4,2272	26,8028	5916,276189
5	21,5	13,9351	299,60465	7,58	19	30	37	0	0	258,896329	6765,8322	5804,583494	40,7717	-5,4567	-1634,85269	3,5922	27,4378	2055,123116
											34107,4755	72487,32938			34087,58529			25329,74278

Circulo	
Radio	29,753
Coordenada X	35,315
Coordenada Y	31,03

F.S	1,79
-----	------

CONDICIÓN DINAMICA

TALUD 2

METODO SIMPLIFICADO DE BISHOP

K dinamico	0,25
------------	------

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ (°)	hw	U (kPa)	F _{asumido}	m α	P (kN)	C'*l*R	(P-U*l)*R*TAN(ϕ)	X _{cent} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y _{cent} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)
1	19	19,1985	364,7715	7,39	34	35	25	0	0	1,93	0,96414427	300,6095319	13418,762	7272,358213	9,6386	27,7584	10125,4732	13,2941	42,0259	3832,462645
2	19,77798012	50,9575	1007,836422	8,06	24	30	28,7343046	0	0	1,93	1,02908869	929,8308745	12544,584	26447,97559	16,3195	21,0775	21242,6722	11,1424	44,1776	11130,94858
3	20,90166552	48,8857	1021,79255	7,8	16	30	34,1279945	0	0	1,93	1,05805807	934,1390017	12139,92	32846,55139	24,032	13,365	13656,2574	8,3976	46,9224	11986,23969
4	21,5	38,0436	817,9374	7,85	7	30	37	0	0	1,93	1,04012912	772,0837688	12217,74	30184,13943	31,6653	5,7317	4688,1718	6,2511	49,0689	10033,82212
5	21,5	18,0465	387,99975	9,15	4	30	37	0	0	1,93	1,02479994	368,9290092	14241,06	14423,0524	38,9542	-1,5572	-604,193211	4,8415	50,4785	4896,411345
													64562,066	111174,077			49108,3814			41879,88438

Circulo	
Radio	51,88
Coordenada X	37,397
Coordenada Y	55,32

F.S	1,93
-----	------

CONDICIÓN DINAMICA

TALUD 2

METODO DE JANBÚ

K dinámico	0,25
------------	------

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ' (°)	hw	U (kPa)	F _{asumido}	$m\alpha$	P (kN)	C'*I*COS(α)	(P-U*I)*TAN(ϕ')*COS(α)	P*SEN(α)	k*W
1	19,35791239	28,3568	548,92845	7,11	51	33,1184336	26,7179795	0	0	1,43	0,90286536	466,2479307	148,1873708	147,6899333	362,3426964	137,2321125
2	20,59453186	53,4185	1100,129	7,09	29	30	32,6537529	0	0	1,43	1,09188539	941,5070627	186,0316117	527,7142057	456,4516815	275,03225
3	21,38318536	51,8685	1109,11375	6,95	14	30	36,4392897	0	0	1,43	1,0952023	980,4951305	202,3066589	702,4181383	237,2032406	277,2784375
4	21,5	38,8676	835,6534	6,8	4	30	37	0	0	1,43	1,03432298	798,3020204	203,5030663	600,0983417	55,68673393	208,91335
5	21,5	15,2064	326,9376	6,8	17	30	37	0	0	1,43	1,11037321	256,8763621	195,0861702	185,1121249	75,1033799	81,7344
													935,1148779	2163,032744	1186,787732	980,19055

Circulo	
Radio	28,222
Coordenada X	34,128
Coordenada Y	30,044

do	6,67
lo	36,45
do/lo	0,18
fo	1,06

Fo	1,43
Ff	1,52

CONDICIÓN DINAMICA

TALUD 2

METODO DE SPENCER

K dinámico	0,25
------------	------

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ (°)	hw	U (kPa)	F _{sumbo}	P (kN)	C'*R	(P-U)*R*TAN(ϕ)	X _{cent} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y _{cent} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)	C'*COS(α)	(P-U)*TAN(ϕ)*COS(α)	P*SEN(α)	k*W
1	19	19,1985	364,7715	7,39	34	35	25	0	0	2,1	190,482368	13418,762	4608,157314	9,6386	27,7584	10125,47321	13,2941	42,0259	3832,462645	214,4305681	73,63792509	106,516388	91,192875
2	19,77798012	50,9575	1007,836422	8,06	24	30	28,7343046	0	0	2,1	511,265999	12544,584	14542,3765	16,3195	21,0775	21242,67219	11,1424	44,1776	11130,94858	220,8952917	256,0740554	207,950616	251,959106
3	20,90166552	48,8857	1021,79255	7,8	16	30	34,1279945	0	0	2,1	721,845414	12139,92	25381,8034	24,032	13,365	13656,25743	8,3976	46,9224	11986,23969	224,9352368	470,2882687	198,967561	255,448138
4	21,5	38,0436	817,9374	7,85	7	30	37	0	0	2,1	1058,1212	12217,74	41366,59663	31,6653	5,7317	4688,171796	6,2511	49,0689	10033,82212	233,7446187	791,4081784	128,952536	204,48435
5	21,5	18,0465	387,99975	9,15	4	30	37	0	0	2,1	924,068857	14241,06	36125,90287	38,9542	-1,5572	-604,193211	4,8415	50,4785	41879,88438	1167,837047	2286,048019	706,846887	900,084406
											64562,066		122024,8367			49108,38141			41879,88438	1167,837047	2286,048019	706,846887	900,084406

Circulo	
Radio	51,88
Coordenada X	37,397
Coordenada Y	55,32

θ (°)=	62,1
---------------	------

Fm	2,1
Ff	2,1

CONDICIÓN ESTÁTICA

TALUD 3

MÉTODO ORDINARIO O DE FELLENIUS

K estático	0
------------	---

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ (°)	hw	U (kPa)	P (kN)	C'*l*R	(P-U)*l*R*TAN(ϕ)	X _{cent} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y _{cent} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)
1	19,07697016	18,1356	345,9723	5,77	51	30,7466814	25,3591941	0	0	217,727423	5067,31475	2947,54789	18,6618	20,9012	7231,236237	14,2614	17,3156	0
2	20,58738916	37,163	765,0891433	6,15	37	35	32,4078161	0	0	611,027358	6148,18575	11079,20745	23,9487	15,6143	11946,33141	10,7605	20,8165	0
3	21,83355129	39,4571	861,4886166	6,26	23	35	38,2232394	0	0	793,004453	6258,1533	17839,13475	30,0082	9,5548	8231,351434	7,8819	23,6951	0
4	22	32,7903	721,3866	6,38	11	35	39	0	0	708,132696	6378,1179	16379,01108	36,1729	3,3901	2445,572713	5,8587	25,7183	0
5	22	15,8527	348,7594	7,44	3	35	39	0	0	348,281437	7437,8052	8055,701354	42,0895	-2,5265	-881,140624	4,687	26,89	0
											31289,5769	56300,60251			28973,35117			0

Círculo	
Radio	28,563
Coordenada X	39,563
Coordenada Y	31,577

F.S	3,02
-----	------

CONDICIÓN ESTÁTICA

TALUD 3

METODO SIMPLIFICADO DE BISHOP

K estatico	0
------------	---

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ (°)	hw	U (kPa)	F _{asumido}	m α	P (kN)	C'*l*R	(P-U*l)*R*TAN(ϕ)	X _{cent} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y _{cent} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)
1	19,07697016	18,1356	345,9723	5,77	51	30,7466814	25,3591941	0	0	3,22	0,74371107	407,6244976	5067,314752	5518,334395	18,6618	20,9012	7231,23624	14,2614	17,3156	0
2	20,58738916	37,163	765,0891433	6,15	37	35	32,4078161	0	0	3,22	0,91728104	790,2257734	6148,18575	14328,45053	23,9487	15,6143	11946,3314	10,7605	20,8165	0
3	21,83355129	39,4571	861,4886166	6,26	23	35	38,2232394	0	0	3,22	1,01607373	821,6942207	6258,1533	18484,52915	30,0082	9,5548	8231,35143	7,8819	23,6951	0
4	22	32,7903	721,3866	6,38	11	35	39	0	0	3,22	1,02961292	687,7870274	6378,1179	15908,41858	36,1729	3,3901	2445,57271	5,8587	25,7183	0
5	22	15,8527	348,7594	7,44	3	35	39	0	0	3,22	1,01179128	340,5119421	7437,8052	7875,994006	42,0895	-2,5265	-881,140624	4,687	26,89	0
													31289,5769	62115,72665			28973,3512			0

Circulo	
Radio	28,563
Coordenada X	39,563
Coordenada Y	31,577

F.S	3,22
-----	------

CONDICIÓN ESTÁTICA

TALUD 3

METODO DE JANBÚ

K estatico	0
------------	---

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ' (°)	hw	U (kPa)	F _{asumido}	$m\alpha$	P (kN)	C'*I*COS(α)	(P-U*I)*TAN(ϕ')*COS(α)	P*SEN(α)	k*W
1	19,07697016	18,1356	345,9723	5,77	51	30,7466814	25,3591941	0	0	2,39	0,7834367	367,9750925	111,6466933	109,7574844	285,970357	0
2	20,58738916	37,163	765,0891433	6,15	37	35	32,4078161	0	0	2,39	0,9584843	741,6793612	171,9062935	376,018341	446,3537819	0
3	21,83355129	39,4571	861,4886166	6,26	23	35	38,2232394	0	0	2,39	1,04926292	786,9036969	201,6826134	570,482082	307,4677695	0
4	22	32,7903	721,3866	6,38	11	35	39	0	0	2,39	1,04627743	672,4403251	219,1973501	534,5268623	128,3076629	0
5	22	15,8527	348,7594	7,44	3	35	39	0	0	2,39	1,0163621	337,5344189	260,0431309	272,9553939	17,66518658	0
													964,4760812	1863,740164	1185,764758	0

Circulo	
Radio	28,563
Coordenada X	39,563
Coordenada Y	31,577

do	5,81
lo	34,54
do/lo	0,17
fo	1,059

Fo	2,39
Ff	2,53

CONDICIÓN ESTÁTICA

TALUD 3

METODO DE SPENCER

K estatico	0
------------	---

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ (°)	hw	U (kPa)	F _{sumbo}	P (kN)	C'*R	(P-U')*R*TAN(ϕ)	X _{cent} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y _{cent} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)	C'*COS(α)	(P-U')*TAN(ϕ)*COS(α)	P*SEN(α)	k*W
1	19,07697016	18,1356	345,9723	5,77	51	30,7466814	25,3591941	0	0	3,3	187,415265	5067,314752	2537,188289	18,6618	20,9012	7231,236237	14,2614	17,3156	0	111,6466933	55,90114224	145,649016	0
2	20,58738916	37,163	765,0891433	6,15	37	35	32,4078161	0	0	3,3	481,662871	6148,18575	8733,557989	23,9487	15,6143	11946,33141	10,7605	20,8165	0	171,9062935	244,1945713	289,871952	0
3	21,83355129	39,4571	861,4886166	6,26	23	35	38,2232394	0	0	3,3	718,125497	6258,1533	16154,68547	30,0082	9,5548	8231,351434	7,8819	23,6951	0	201,6826134	520,6199062	280,593986	0
4	22	32,7903	721,3866	6,38	11	35	39	0	0	3,3	875,718179	6378,1179	20255,24006	36,1729	3,9901	2445,572713	5,8587	25,7183	0	219,1973501	696,1136523	167,094906	0
5	22	15,8527	348,7594	7,44	3	35	39	0	0	3,3	713,307443	7437,8052	16498,70225	42,0895	-2,5265	-881,140624	4,687	26,89	0	260,0431309	576,8333633	37,3316271	0
												31289,5769	64179,37406			28973,35117			0	964,4760812	2093,662635	920,541487	0

Circulo	
Radio	28,563
Coordenada X	39,563
Coordenada Y	31,577

θ (°)=	60,15
---------------	-------

Fm	3,3
Ff	3,3

CONDICIÓN DINAMICA

TALUD 3

METODO ORDINARIO O DE FELLENIUS

K dinamico	0,25
------------	------

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ (°)	hw	U (kPa)	P (kN)	C* ϕ *R	(P-U* ϕ)*R*TAN(ϕ)	X _{cent} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y _{cent} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)
1	19,13814284	25,4382	486,8399051	6,43	51	31,082996	25,6446666	0	0	211,791863	6040,67938	3073,07792	15,9519	21,6151	10523,09323	14,3717	18,3423	2232,440898
2	20,52362726	55,0233	1129,2777	7,09	35	35	32,1102606	0	0	763,118367	7500,0856	14474,08338	21,3089	16,2581	18359,90977	10,8928	21,8212	6160,548637
3	21,71869739	55,0617	1195,8684	7,15	20	35	37,6872545	0	0	1021,49594	7563,556	23850,93327	28,7688	8,7982	10521,48936	7,7364	24,9776	7467,480637
4	22	43,0782	947,7204	7,29	6	35	39	0	0	917,762749	7711,6536	22462,16309	35,8015	1,7655	1673,200366	5,6037	27,1103	6423,24609
5	22	16,9167	372,1674	7,29	9	35	39	0	0	353,03045	7711,6536	8640,389408	42,1821	-4,6151	-1717,58977	4,4627	28,2513	2628,553217
											36527,6282	72500,64707			39360,10296			24912,26948

Circulo	
Radio	30,224
Coordenada X	37,567
Coordenada Y	32,714

F.S	1,70
-----	------

CONDICIÓN DINAMICA

TALUD 3

METODO SIMPLIFICADO DE BISHOP

K dinamico	0,25
------------	------

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ (°)	hw	U (kPa)	F _{asumido}	m α	P (kN)	C'*l*R	(P-U*l)*R*TAN(ϕ)	X _{cent} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y _{cent} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)
1	19	19,8193	376,5667	7,22	37	30	25	0	0	1,85	0,95032792	322,1051816	11581,602	8031,200037	13,2773	30,2957	11408,3518	15,1966	42,1634	3969,3331
2	19,56087944	39,639	775,3737	6,48	28	34,0629275	27,6174374	0	0	1,85	1,01571287	708,2316142	11802,31387	19812,18756	19,0193	24,5537	19038,2932	12,9516	44,4084	8608,276355
3	21,08737536	46,1526	973,2372	7,8	20	35	34,741085	0	0	1,85	1,06790289	864,0917903	14597,31	32041,5057	26,0007	17,5723	17102,016	9,8814	47,4786	11551,98493
4	22	35,8863	789,4986	7,84	11	35	39	0	0	1,85	1,06514831	714,6394356	14672,168	30943,28173	33,6654	9,9076	7822,03633	7,1728	50,1872	9905,681034
5	22	17,1243	376,7346	9,16	4	35	39	0	0	1,85	1,02809793	354,6802117	17142,482	15357,35249	40,9478	2,6252	989,003672	5,2672	52,0928	4906,290043
													69795,87587	106185,5275			56359,701			38941,56546

Circulo	
Radio	53,47
Coordenada X	43,573
Coordenada Y	57,36

F.S	1,85
-----	------

CONDICIÓN DINAMICA

TALUD 3

METODO DE JANBÚ

K dinamico	0,25
------------	------

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ' (°)	hw	U (kPa)	F _{asumido}	$m\alpha$	P (kN)	C'*I*COS(α)	(P-U*I)*TAN(ϕ')*COS(α)	P*SEN(α)	k*W
1	19,13814284	25,4382	486,8399051	6,43	51	31,082996	25,6446666	0	0	1,41	0,89392405	421,3798477	125,7782792	127,3086541	327,4736468	121,7099763
2	20,52362726	55,0233	1129,2777	7,09	35	35	32,1102606	0	0	1,41	1,07443358	957,0924902	203,2725798	492,0006212	548,9656998	282,319425
3	21,71869739	55,0617	1195,8684	7,15	20	35	37,6872545	0	0	1,41	1,12708389	1007,170712	235,1580784	731,1486735	344,4726713	298,9671
4	22	43,0782	947,7204	7,29	6	35	39	0	0	1,41	1,05455415	880,7562847	253,7522616	709,3152697	92,06410096	236,9301
5	22	16,9167	372,1674	7,29	9	35	39	0	0	1,41	1,07753099	319,1178932	252,0086801	255,2350378	49,92103691	93,04185
													1069,969879	2315,008256	1362,897156	1032,968451

Circulo	
Radio	30,224
Coordenada X	37,567
Coordenada Y	32,714

do	6,54
lo	37,57
do/lo	0,17
fo	1,059

Fo	1,41
Ff	1,50

CONDICIÓN DINAMICA

TALUD 3

METODO DE SPENCER

K dinámico	0,25
------------	------

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ (°)	hw	U (kPa)	F _{sumbo}	P (kN)	C'*R	(P-U')*R*TAN(ϕ)	X _{cent} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y _{cent} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)	C'*COS(α)	(P-U')*TAN(ϕ)*COS(α)	P*SEN(α)	k*W
1	19	19,8193	376,5667	7,22	37	30	25	0	0	2,1	83,2008259	11581,602	2074,485338	13,2773	30,2957	11408,35177	15,1966	42,1634	3969,3331	172,9844515	30,98480748	50,071507	94,141675
2	19,56087944	39,639	775,3737	6,48	28	34,0629275	27,6174374	0	0	2,1	96,4852968	11802,31387	2699,095548	19,0193	24,5537	19038,29322	12,9516	44,4084	8608,276355	194,8910534	44,57003773	45,2971031	193,843425
3	21,08737536	46,1526	973,2372	7,8	20	35	34,741085	0	0	2,1	263,299936	14597,31	9763,460893	26,0007	17,5723	17102,01605	9,8814	47,4786	11551,98493	256,5360855	171,5850412	90,0538819	243,3093
4	22	35,8863	789,4986	7,84	11	35	39	0	0	2,1	3767,88977	14672,168	163146,4329	33,6654	9,9076	7822,036329	7,1728	50,1872	9905,681034	269,3584991	2995,118261	718,947262	197,37465
5	22	17,1243	376,7346	9,16	4	35	39	0	0	2,1	-1175,52864	17142,482	-50899,39369	40,9478	2,6252	989,0036719	5,2672	52,0928	4906,290043	319,8190345	-949,6054858	-82,0007329	94,18365
											69795,87587		126784,081			56359,70104			38941,56546	1213,589124	2292,652862	822,369021	822,8527

Círculo	
Radio	53,47
Coordenada X	43,573
Coordenada Y	57,36

θ (°)=	78,76
---------------	-------

Fm	2,1
Ff	2,1

CONDICIÓN ESTÁTICA

TALUD 4

MÉTODO ORDINARIO O DE FELLENIUS

K estático	0
------------	---

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ (°)	hw	U (kPa)	P (kN)	C'*l*R	(P-U*l)*R*TAN(ϕ)	X _{cent} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y _{cent} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)
1	20,38948454	60,2237	1227,9302	8,25	56	26,9368771	24,5811134	2,4588	24,1134516	686,649854	5867,07406	5890,02115	17,0864	20,0346	24601,09038	14,3935	11,9095	0
2	19,44077158	92,2336	1793,09235	7	34	30	19,2683209	5,8587	57,4562709	1486,54093	5544,21	10007,5629	23,5064	13,6146	24412,23511	10,3658	15,9372	0
3	18,69570116	93,1484	1741,47465	7,84	17	30	15,0959265	6,7485	66,1825395	1665,38049	6209,5152	8164,892795	30,7751	6,3459	11051,22398	6,7549	19,5481	0
4	18,5	66,6877	1233,72245	8,52	7	30	14	5,0062	49,0958034	1224,52647	6748,0956	5307,017392	38,6116	-1,4906	-1838,98668	4,1533	22,1497	0
5	18,5	16,4784	304,8504	7,89	25	30	14	1,8369	18,0144783	276,288291	6249,1167	883,0702384	45,8616	-8,7406	-2664,57541	3,0206	23,2824	0
											30618,0116	30252,56448			55560,98738			0

Círculo	
Radio	26,401
Coordenada X	37,121
Coordenada Y	26,303

F.S	1,10
-----	------

CONDICIÓN ESTÁTICA

TALUD 4

METODO SIMPLIFICADO DE BISHOP

K estatico	0
------------	---

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ ' (°)	hw	U (kPa)	F _{asumido}	m α	P (kN)	C'*l*R	(P-U*l)*R*TAN(ϕ)	X _{cent} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y _{cent} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)
1	20,54315262	44,7748	919,81555	6,9	61	26,9955556	25,4416547	1,7377	17,0416239	1,3	0,80487075	1033,869782	4778,367208	11182,13195	16,2274	20,1736	18555,991	14,8946	11,1414	0
2	19,59840323	91,059	1784,611	7,1	34	30	20,1510581	5,2061	51,0562227	1,3	0,98688432	1773,468957	5464,089	13282,29798	22,2491	14,1519	25255,6364	11,1942	14,8418	0
3	18,81566057	90,233	1697,7935	7,52	16	30	15,7676992	6,4547	63,3012429	1,3	1,0211307	1643,725905	5787,3168	8458,180323	29,3919	7,0091	11900,0044	7,505	18,531	0
4	18,5	65,7559	1216,48415	7,64	0	30	14	5,2155	51,1484085	1,3	1	1216,48415	5879,6676	5281,252432	36,7526	-0,3516	-427,715827	4,8796	21,1564	0
5	18,5	22,7624	421,1044	8,59	21	30	14	2,3268	22,8189276	1,3	1,00231209	362,6986621	6610,7781	1066,113214	43,4772	-7,0762	-2979,81896	3,5426	22,4934	0
													28520,21871	39269,9759		52304,097		0		

Circulo	
Radio	25,653
Coordenada X	36,401
Coordenada Y	26,036

F.S	1,30
-----	------

CONDICIÓN ESTÁTICA

TALUD 4

METODO DE JANBÚ

K estatico	0
------------	---

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ' (°)	hw	U (kPa)	F _{asumido}	m α	P (kN)	C'*l*cos(α)	(P-U*l)*TAN(ϕ')*COS(α)	P*SEN(α)	k*W
1	20,54284208	44,7505	919,3024543	6,9	51	26,9935995	25,4399156	1,6744	16,4208408	1,22	0,93233656	895,5880252	117,2145958	234,1851854	696,0026169	0
2	19,61088555	91,1461	1787,455736	7,1	25	30	20,2209591	5,2466	51,4534062	1,22	1,03390516	1702,558981	193,0435586	446,4145066	719,5325172	0
3	18,8157092	90,2192	1697,538232	7,52	7	30	15,7679715	6,4457	63,2129799	1,22	1,02075269	1654,084003	223,9184118	330,3523716	201,5821313	0
4	18,5	65,758	1216,523	7,64	4	30	14	5,2386	51,3749502	1,22	1,01181999	1194,88987	228,6416803	199,5697829	83,35130384	0
5	18,5	22,7616	421,0896	8,59	23	30	14	2,7147	26,6230629	1,22	1,00035749	356,6898113	237,2141007	29,37644986	139,3698125	0
													1000,032347	1239,898296	1839,838382	0

Circulo	
Radio	25,635
Coordenada X	36,401
Coordenada Y	26,036

do	9,9846
lo	40,621
do/lo	0,25
fo	1,075

Fo	1,22
Ff	1,31

CONDICIÓN ESTÁTICA

TALUD 4

METODO DE SPENCER

K estatico	0
------------	---

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ (°)	hw	U (kPa)	F _{sumado}	P (kN)	C''*R	(P-U'')*R*TAN(ϕ)	X _{cent} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y _{cent} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)	C''*COS(α)	(P-U'')*TAN(ϕ)*COS(α)	P*SEN(α)	k*W
1	20,54313894	44,7948	920,2258	6,91	52	26,9883742	25,441578	0,9375	9,1940625	1,25	824,407193	4780,662579	9279,03599	16,2155	20,1855	18575,21789	14,9174	11,1186	0	114,8145027	222,8494241	649,641734	0
2	19,59852156	91,0013	1783,49094	7,09	28	30	20,1517207	5,2363	51,3523941	1,25	1667,19335	5452,5645	12258,73255	22,2366	14,1644	25262,07907	11,2179	14,8181	0	187,802953	422,2281412	782,69987	0
3	18,8156987	90,2221	1697,59185	7,52	7	30	15,7679127	6,4512	63,2669184	1,25	1698,02424	5783,256	8847,27118	29,3781	7,0229	11922,0178	7,5284	18,5076	0	223,9184118	342,5521733	206,937099	0
4	18,5	65,7573	1216,51005	7,64	0	30	14	5,2677	51,6603339	1,25	1279,97764	5875,542	5658,368916	36,7387	-0,3377	-410,815444	4,9023	21,1337	0	229,2	220,7282589	0	0
5	18,5	22,7619	421,09515	8,59	24	30	14	2,3989	23,5260123	1,25	367,752956	6006,1395	1058,848588	43,4653	-7,0643	-2974,74247	3,5655	22,4705	0	235,4206644	37,73381385	149,578603	0
											28498,16458		37102,25723			52373,75685			0	991,1565319	1246,091811	1788,8573	0

Circulo	
Radio	25,635
Coordenada X	36,401
Coordenada Y	26,036

θ (°)=	10
---------------	----

Fm	1,25
Ff	1,25

CONDICIÓN DINAMICA

TALUD 4

METODO ORDINARIO O DE FELLENIUS

K dinamico	0,25
------------	------

Dovela	γ (Kn/m3)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ (°)	hw	U (kPa)	P (kN)	C'*l*R	(P-U'l)*R*TAN(ϕ)	X _{cent} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y _{cent} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)
1	20,44015279	53,9032	1101,789644	7,71	58	26,9945075	24,8648556	2,091	20,506437	350,266905	5633,80744	2410,644221	13,5032	20,9968	23134,0568	14,5646	11,9684	3296,664794
2	19,54961523	127,7117	2496,714595	8,64	28	30	19,8778453	6,7775	66,4669425	1911,43402	7016,2848	13086,78726	20,6414	13,8586	34600,96889	10,7648	15,7682	9842,173769
3	18,83253478	112,0988	2111,10455	8,46	9	30	15,8621948	7,5691	74,2301637	2002,55097	6870,1122	10572,45874	28,8798	5,6202	11864,82979	7,1512	19,3818	10229,25154
4	18,5	61,439	1136,6215	6,55	0	30	14	5,746	56,351022	1136,6215	5319,0585	5180,05387	36,3672	-1,8672	-2122,29966	4,7522	21,7808	6189,131392
5	18,5	33,2728	615,5468	9,64	20	30	14	3,3877	33,2231739	525,792435	7828,3548	1387,073758	42,8238	-8,3238	-5123,68845	3,3813	23,1517	3562,738712
											32667,6177	32637,01785			62353,86736			33119,96021

Circulo	
Radio	27,069
Coordenada X	34,5
Coordenada Y	26,533

F.S	0,68
-----	------

CONDICIÓN DINAMICA

TALUD 4

METODO SIMPLIFICADO DE BISHOP

K dinamico	0,25
------------	------

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ (°)	hw	U (kPa)	F _{asumido}	m α	P (kN)	C'*R	(P-U)*R*TAN(ϕ)	X _{cent} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y _{cent} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)
1	20,67858716	55,3837	1145,256668	9,76	49	26,6079295	26,2000881	1,5933	15,6254931	0,81	1,11453384	873,1987057	10516,54361	14360,9643	8,4057	27,7153	31741,1321	15,3277	25,4823	7295,943497
2	19,76787273	139,039	2748,505257	10,24	29	30	21,1000873	5,2307	51,2974749	0,81	1,10557441	2429,464715	12440,3712	29755,03103	17,1908	18,9302	52029,7542	12,0047	28,8053	19792,87962
3	19,04260721	134,3821	2558,985546	10	10	30	17,0386004	7,1739	70,3544373	0,81	1,0505084	2418,728613	12148,8	21286,65115	26,7827	9,3383	23896,5747	8,2859	32,5241	20807,17545
4	18,5	90,0765	1666,41525	10,5	8	30	14	5,2518	51,5044026	0,81	1,03310727	1583,04922	12756,24	10523,40626	36,6095	-0,4885	-814,04385	4,8844	35,9256	14966,74193
5	18,5	21,9263	405,63655	10,5	19	30	14	2,0706	20,3063742	0,81	1,04573247	287,2570369	12756,24	747,5671829	45,7397	-9,6187	-3901,69628	3,158	37,652	3818,256845
													60618,19481	76673,61994			102951,721			66680,99734

Circulo	
Radio	40,496
Coordenada X	36,121
Coordenada Y	40,81

F.S	0,81
-----	------

CONDICIÓN DINAMICA

TALUD 4

METODO DE JANBÚ

K dinamico	0,25
------------	------

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ (°)	hw	U (kPa)	F _{asumido}	m α	P (kN)	C'*I*COS(α)	(P-U*I)*TAN(ϕ)*COS(α)	P*SEN(α)	k*W
1	20,44527209	54,0018	1104,081495	7,73	51	26,9658226	24,8935237	2,3393	22,9415151	0,62	1,21098552	781,1439676	131,1791979	176,3321052	607,0628797	276,0203736
2	19,64011216	101,4136	1991,774479	7,02	24	30	20,3846281	6,1852	60,6582564	0,62	1,15731933	1691,338946	192,3926734	429,599752	687,9295251	497,9436197
3	19,02605936	103,9569	1977,89015	7,5	14	30	16,9459324	7,5646	74,1860322	0,62	1,08918829	1796,059682	218,3165384	366,5046228	434,5061629	494,4725375
4	18,51543337	73,8173	1366,7593	6,96	0	30	14,0864269	6,498	63,725886	0,62	1	1366,7593	208,8	231,666134	0	341,689825
5	18,5	41,1899	762,01315	10,04	19	30	14	3,6082	35,3856174	0,62	1,07644318	604,1785061	284,790195	58,67837423	196,7012812	190,5032875
													1035,478605	1262,780988	1926,199849	1800,629643

Circulo	
Radio	26,291
Coordenada X	33,767
Coordenada Y	26,264

do	10,4468
lo	42,0186
do/lo	0,25
fo	1,075

Fo	0,62
Ff	0,66

CONDICIÓN DINAMICA

TALUD 4

METODO DE SPENCER

K dinámico	0,25
------------	------

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ (°)	hw	U (kPa)	F _{sumbo}	P (kN)	C'*I*R	(P-U*I)*R*TAN(ϕ)	X _{cent} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y _{cent} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)	C'*I*COS(α)	(P-U*I)*TAN(ϕ)*COS(α)	P*SEN(α)	k*W
1	20,67848643	55,3818	1145,2118	9,76	40	26,611556	26,199524	0,9925	9,7334475	0,78	551,186064	10517,97693	9090,032989	8,6936	27,4274	31410,18212	15,3765	25,4335	7281,686079	198,9637935	171,9520263	354,295573	286,30295
2	19,76722289	139,1099	2749,8164	10,24	22	30	21,0964482	5,1919	50,9169633	0,78	1685,34814	12440,3712	18184,78083	17,4788	18,6422	51262,62729	12,05	28,76	19771,17992	284,8308801	416,3531012	631,342525	687,4541
3	19,04230454	134,4572	2560,37495	10	17	30	17,0369054	7,2006	70,6162842	0,78	1623,96718	12148,8	11389,3991	27,07	9,051	23173,95367	8,3312	32,4788	20789,47648	286,8914268	268,9583298	474,802053	640,093738
4	18,5	90,0929	1666,71865	10,5	1	30	14	5,373	52,693011	0,78	3128,83311	12756,24	26004,84483	36,8968	-0,7758	-1293,04033	4,9326	35,8774	14949,38292	314,952024	642,0605534	54,6056671	416,679663
5	18,5	21,9241	405,59585	10,5	19	30	14	1,3518	13,2571026	0,78	690,572199	12756,24	5567,091812	46,0272	-9,9062	-4017,91361	3,2071	37,6029	3812,895047	297,838513	129,5829297	224,828316	101,988963
												60619,62813	70236,14957			100535,8091			66604,62045	1383,476476	1629,30694	1739,87413	2131,92941

Circulo	
Radio	40,496
Coordenada X	36,121
Coordenada Y	40,81

θ (°)=	63
---------------	----

Fm	0,78
Ff	0,78

CONDICIÓN ESTÁTICA

TALUD 5

METODO ORDINARIO O DE FELLENIUS

K estatico	0
------------	---

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ ' (°)	hw	U (kPa)	P (kN)	C'*l*R	(P-U*U)*R*TAN(ϕ ')	X _{cent} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y _{cent} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)
1	19,74101229	21,0928	416,3932241	4,79	57	28,49	27,117178	1,6473	16,1550711	226,784004	3002,2762	1683,197864	16,069	18,025	7505,487864	11,798	9,451	0
2	21,49529485	62,0915	1334,6751	6,81	34	30	32,1294138	5,7825	56,7089775	1106,49581	4494,6	9951,999397	21,3428	12,7512	17018,70914	7,9738	13,2752	0
3	22,36643143	58,2536	1302,92515	6,07	16	30	34,6183755	8,4772	83,1359004	1252,45204	4006,2	11357,24763	27,5878	6,5062	8477,091611	5,3744	15,8746	0
4	22,5	61,0423	1373,45175	7,98	0	30	35	6,6714	65,4264198	1373,45175	5266,8	13114,66049	34,4152	-0,3212	-441,152702	3,8679	17,3811	0
5	22,5	27,9624	629,154	9,1	23	30	35	3,5346	34,6638222	579,139311	6006	4062,161345	41,5685	-7,4745	-4702,61157	3,1052	18,1438	0
												22775,8762	40169,26673	27857,52434				0

Circulo	
Radio	22
Coordenada X	34,094
Coordenada Y	21,249

F.S	2,26
-----	------

CONDICIÓN ESTÁTICA

TALUD 5

METODO SIMPLIFICADO DE BISHOP

K estatico	0
------------	---

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ (°)	hw	U (kPa)	F _{asumido}	m α	P (kN)	C'*l*R	(P-U*l)*R*TAN(ϕ)	X _{cent} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y _{cent} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)
1	19,28306166	17,8152	343,5316	5,82	50	30,98	25,8087476	0,5649	5,5399743	2,65	0,78258559	378,1287194	5088,528199	4720,778956	16,7139	20,1641	6927,00554	12,4136	17,6304	0
2	21,25606278	42,7362	908,40335	6,88	32	30	31,4458936	3,3298	32,6553486	2,65	0,97032998	921,9570442	5825,0208	12033,67917	22,4021	14,4759	13149,9561	9,0303	21,0137	0
3	22,42128894	45,2357	1014,2427	6,83	17	30	34,7751113	5,6944	55,8449808	2,65	1,03291432	988,3267135	5782,6878	11893,29951	29,0717	7,8063	7917,48279	6,3209	23,7231	0
4	22,5	40,4035	909,07875	7,92	3	30	35	4,2406	41,5875642	2,65	1,01245823	897,756638	6705,5472	11231,96518	36,1441	0,7339	667,172895	4,5157	25,5283	0
5	22,5	11,5775	260,49375	7,3	17	30	35	1,6115	15,8039805	2,65	1,03355792	237,2816575	6180,618	2409,146234	42,6627	-5,7847	-1506,8782	3,6924	26,3516	0
													29582,402	42288,86905			27154,7391			0

Circulo	
Radio	28,222
Coordenada X	36,878
Coordenada Y	30,044

F.S	2,65
-----	------

CONDICIÓN ESTÁTICA

TALUD 5

METODO DE JANBÚ

K estatico	0
------------	---

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ' (°)	hw	U (kPa)	F _{asumido}	$m\alpha$	P (kN)	C'*I*COS(α)	(P-U*I)*TAN(ϕ')*COS(α)	P*SEN(α)	k*W
1	19,67283581	19,8758	391,01335	4,63	60	28,8	26,922388	1,3236	12,9805452	1,5	0,79319023	418,1189518	66,672	90,9046773	362,101634	0
2	21,36982248	53,8361	1150,4679	6,23	35	30	31,7709214	5,0858	49,8764406	1,5	1,05597176	1091,494453	153,0995171	396,0976288	626,0554985	0
3	22,30343987	58,6912	1309,01565	6,28	17	30	34,4383996	8,0529	78,9747903	1,5	1,08995744	1228,103339	180,167816	480,0926387	359,0626669	0
4	22,5	57,6899	1298,02275	7,48	5	30	35	6,9161	67,8261927	1,5	1,03687944	1259,187131	223,5460903	524,4457859	109,7453896	0
5	22,5	23,3917	526,31325	7,38	24	30	35	3,2205	31,5834435	1,5	1,10341217	462,6867214	202,2589643	146,8691381	188,1916438	0
													825,7443877	1638,409869	1645,156833	0

Circulo	
Radio	20,726
Coordenada X	32,892
Coordenada Y	20,822

do	8,74
lo	33,84
do/lo	0,26
fo	1,075

Fo	1,50
Ff	1,61

CONDICIÓN ESTÁTICA

TALUD 5

METODO DE SPENCER

K estatico	0
------------	---

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ (°)	hw	U (kPa)	F _{sumbo}	P (kN)	C''*R	(P-U''I)*R*TAN(ϕ)	X _{cent} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y _{cent} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)	C''*COS(α)	(P-U''I)*TAN(ϕ)*COS(α)	P*SEN(α)	k*W
1	19,28306166	17,8152	343,5316	5,82	50	30,98	25,8087476	0,5649	5,5399743	2,68	193,197912	5088,528199	2196,775988	16,7139	20,1641	6927,005536	12,4136	17,6304	0	115,8969201	50,0340297	147,998187	0
2	21,25606278	42,7362	908,40335	6,88	32	30	31,4458936	3,3298	32,6553486	2,68	605,850197	5825,0208	6578,362229	22,4021	14,4759	13149,95605	9,0303	21,0137	0	175,037127	197,6744229	321,051691	0
3	22,42128894	45,2357	1014,2427	6,83	17	30	34,7751113	5,6944	55,8449808	2,68	889,06542	5782,6878	9948,113145	29,0717	7,8063	7917,482789	6,3209	23,7231	0	195,9468445	337,0926197	259,937572	0
4	22,5	40,4035	909,07875	7,92	3	30	35	4,2406	41,5875642	2,68	1384,64087	6705,5472	20853,40968	36,1441	0,7339	667,1728946	4,5157	25,5283	0	237,2743775	737,893516	72,466504	0
5	22,5	11,5775	260,49375	7,3	17	30	35	1,6115	15,8039805	2,68	297,678409	6180,618	3602,661969	42,6627	-5,7847	-1506,8782	3,6924	26,3516	0	209,4307416	122,0764926	87,0327439	0
												29582,402	43179,32301			27154,73908			0	933,5860106	1444,771081	888,486698	0

Circulo	
Radio	28,222
Coordenada X	36,878
Coordenada Y	30,044

θ (°)=	59,4
---------------	------

Fm	2,68
Ff	2,68

CONDICIÓN DINAMICA

TALUD 5

METODO ORDINARIO O DE FELLENIUS

K dinamico	0,25
------------	------

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ (°)	hw	U (kPa)	P (kN)	C* ϕ *R	(P-U* ϕ)*R*TAN(ϕ)	X _{cent} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y _{cent} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)
1	19,56901318	32,4822	635,6446	7,5	48	28,89	26,625752	1,5672	15,3695304	307,235258	7126,8741	3165,402392	12,4274	22,5896	14358,95726	12,192	20,827	3309,642521
2	21,21897901	78,8998	1674,1732	8,66	28	30	31,33994	4,9979	49,0144053	1281,71302	8545,3416	17170,74064	19,4397	15,5773	26079,09819	8,7272	24,2918	10167,17013
3	22,33689829	77,7289	1736,222534	8,59	14	30	34,5339951	8,0795	79,2356565	1579,64174	8476,2684	20348,84587	7,1622	12435,17303	5,5554	27,4636	11920,73029	
4	22,5	57,5363	1294,56675	8,5	5	30	35	5,8534	57,4042938	1261,4333	8387,46	17814,57996	36,1468	-1,1298	-1462,60151	3,6694	29,3496	9498,754071
5	22,5	21,4097	481,71825	9,75	18	30	35	2,4412	23,9408484	420,926499	9620,91	4318,42927	43,8381	-8,8211	-4249,28486	3,0532	29,9658	3608,768184
												42156,8541	62817,99814	47161,34211			38505,06521	

Circulo	
Radio	32,892
Coordenada X	35,017
Coordenada Y	33,019

F.S	1,23
-----	------

CONDICIÓN DINAMICA

TALUD 5

METODO SIMPLIFICADO DE BISHOP

K dinámico	0,25
------------	------

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ' (°)	hw	U (kPa)	F _{asumido}	m α	P (kN)	C'*I*R	(P-U*I)*R*TAN(ϕ')	X _{cent} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y _{cent} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)
1	19,29675766	21,7991	420,65195	6,05	49	30,62	25,847879	0,8742	8,5732794	1,38	0,9210005	361,6522668	5511,773003	4465,178401	14,2049	21,1101	8880,00473	12,5912	18,4388	1939,079294
2	21,0982652	58,4276	1232,721	7,8	30	30	30,9950434	3,9963	39,1917141	1,38	1,08368587	1120,69025	6962,202	14567,13947	20,3401	14,9749	18459,8737	9,1851	21,8449	6732,166743
3	22,32507774	58,526	1306,5975	7,54	14	30	34,5002221	6,7993	66,6807351	1,38	1,09078101	1217,036279	6730,1286	14605,86091	27,8034	7,5116	9814,63778	6,2174	24,8126	8105,020282
4	22,5	49,7457	1119,27825	8,5	0	30	35	5,0312	49,3409784	1,38	1	1119,27825	7587,015	14580,79104	35,508	-0,193	-216,020702	4,3521	26,6779	7464,988306
5	22,5	13,9241	313,29225	7,61	18	30	35	1,9651	19,2717357	1,38	1,10785074	257,4039926	6792,6099	2307,203608	42,4681	-7,1531	-2241,01079	3,5929	27,4371	2148,957698
													33583,7285	50526,17343			34697,4847			26390,22232

Circulo	
Radio	29,753
Coordenada X	35,315
Coordenada Y	31,03

F.S	1,38
-----	------

CONDICIÓN DINAMICA

TALUD 5

METODO DE JANBÚ

K dinamico	0,25
------------	------

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ' (°)	hw	U (kPa)	F _{asumido}	$m\alpha$	P (kN)	C'*I*COS(α)	(P-U*I)*TAN(ϕ')*COS(α)	P*SEN(α)	k*W
1	19,56901318	32,4822	635,6446	7,5	48	28,89	26,625752	1,5672	15,3695304	0,98	1,04929088	490,9593703	144,9838741	126,0252147	364,8539156	158,91115
2	21,21897901	78,8998	1674,1732	8,66	28	30	31,33994	4,9979	49,0144053	0,98	1,17467373	1424,687339	229,3897846	537,803612	668,8501914	418,5433
3	22,33689829	77,7289	1736,222534	8,59	14	30	34,5339951	8,0795	79,2356565	0,98	1,14017301	1568,385883	250,0452087	592,7639558	379,4268859	434,0556334
4	22,5	57,5363	1294,56675	8,5	5	30	35	5,8534	57,4042938	0,98	1,05846726	1230,338979	254,029648	517,8576817	107,2311075	323,6416875
5	22,5	21,4097	481,71825	9,75	18	30	35	2,4412	23,9408484	0,98	1,17184838	376,3491108	278,184031	95,17959606	116,298271	120,4295625
													1156,632546	1869,63006	1636,660371	1455,581333

Circulo	
Radio	32,892
Coordenada X	35,017
Coordenada Y	33,019

do	8,6
lo	44,38
do/lo	0,19
fo	1,063

Fo	0,98
Ff	1,04

CONDICIÓN DINAMICA

TALUD 5

METODO DE SPENCER

K dinámico	0,25
------------	------

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ (°)	hw	U (kPa)	F_{sumbo}	P (kN)	C'*R	(P-U)*R*TAN(ϕ)	X_{cent} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y_{cent} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)	C'*COS(α)	(P-U)*TAN(ϕ)*COS(α)	P*SEN(α)	k*W
1	19,29675766	21,7991	420,65195	6,05	49	30,62	25,847879	0,8742	8,5732794	1,43	187,392331	5511,773003	1953,422196	14,2049	21,1101	8880,00473	12,5912	18,4388	1939,079294	121,5355912	43,07331258	141,426788	105,162988
2	21,0982652	58,4276	1232,721	7,8	30	30	30,9950434	3,9963	39,1917141	1,43	694,324265	6962,202	6946,315183	20,3401	14,9749	18459,8737	9,1851	21,8449	6732,166743	202,6499445	202,1875243	347,162132	308,18025
3	22,32507774	58,526	1306,5975	7,54	14	30	34,5002221	6,7993	66,6807351	1,43	1012,29998	6730,1286	10419,24114	27,8034	7,5116	9814,637781	6,2174	24,8126	8105,020282	219,4808933	339,7891019	244,897531	326,649375
4	22,5	49,7457	1119,27825	8,5	0	30	35	5,0312	49,3409784	1,43	1908,08728	7587,015	31014,26647	35,508	-0,193	-216,020702	4,3521	26,6779	7464,998306	255	1042,391237	0	279,819563
5	22,5	13,9241	313,29225	7,61	18	30	35	1,9651	19,2717357	1,43	323,288491	6792,6099	3679,793479	42,4681	-7,1531	-2241,01079	3,5929	27,4371	2148,957698	217,1262027	117,62483	99,9016379	78,3230625
												33583,7285	54013,03847			34697,48472			26390,22232	1015,792632	1745,066006	833,388089	1098,13524

Circulo	
Radio	29,753
Coordenada X	35,315
Coordenada Y	31,03

θ (°)=	51,5
---------------	------

Fm	1,43
Ff	1,43

CONDICIÓN ESTÁTICA

TALUD 6

METODO ORDINARIO O DE FELLENIUS

K estatico	0
------------	---

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ (°)	hw	U (kPa)	P (kN)	C'*l*R	(P-U*l)*R*TAN(ϕ)	X _{cent} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y _{cent} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)
1	19,65899363	24,9271	490,0417	5,28	65	28,1156716	26,9769809	1,4769	14,4839583	207,100571	3365,08152	1507,213662	18,3558	18,4322	9032,546623	13,4202	9,8348	0
2	21,67090036	58,3258	1263,9726	6,48	40	25	33,0127011	5,0334	49,3625538	968,259186	3672,216	9549,431365	23,6237	13,1643	16639,3145	9,4275	13,8275	0
3	22,86445429	71,4888	1634,5524	7,77	15	25	36,5933629	8,3398	81,7884186	1578,85638	4403,259	15877,38577	30,5648	6,2232	10172,1465	6,1958	17,0592	0
4	23	53,5231	1231,0313	7,92	6	25	37	6,1325	60,1414275	1224,28758	4488,264	12776,45372	38,1149	-1,3269	-1633,45543	4,1877	19,0673	0
5	23	13,517	310,891	6,3	26	25	37	2,1797	21,3763179	279,42698	3570,21	2472,661788	44,4138	-7,6258	-2370,79259	3,5473	19,7077	0
												19499,0305	42183,1463	31839,7596			0	

Circulo	
Radio	22,668
Coordenada X	36,788
Coordenada Y	23,255

F.S	1,94
-----	------

CONDICIÓN ESTÁTICA

TALUD 6

METODO SIMPLIFICADO DE BISHOP

K estatico	0
------------	---

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ (°)	hw	U (kPa)	F _{asumido}	m α	P (kN)	C'*I*R	(P-U*I)*R*TAN(ϕ)	X _{cent} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y _{cent} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)
1	19,0587614	16,7593	319,4115	5,49	50	29,4290657	25,1762842	0	0	2,18	0,80796464	325,0611522	4614,797403	4364,365199	18,4911	21,0719	6730,60719	14,3855	17,1915	0
2	21,04899304	38,0054	799,9754	6,33	37	25	31,1469791	2,5992	25,4903544	2,18	0,96547559	811,215642	4520,09475	11218,08251	23,7734	15,7896	12631,2916	10,8584	20,7186	0
3	22,77159021	40,867	930,6065772	6,49	23	25	36,3147706	5,3236	52,2085452	2,18	1,05223681	899,1901561	4634,34675	11763,53917	30,018	9,545	8882,63978	7,8818	23,6952	0
4	23	33,5167	770,8841	6,63	8	25	37	4,236	41,542452	2,18	1,03837562	744,9641099	4734,31725	10106,21779	36,404	3,159	2435,22287	5,8013	25,7757	0
5	23	14,4433	332,1959	7,06	4	25	37	2,0424	20,0298168	2,18	1,02167656	322,9573433	5041,3695	3907,571329	42,3383	-2,7753	-921,943281	4,5807	26,9963	0
													23544,92565	41359,776		29757,8181		0		

Circulo	
Radio	28,563
Coordenada X	39,563
Coordenada Y	31,577

F.S	2,18
-----	------

CONDICIÓN ESTÁTICA

TALUD 6

METODO DE JANBÚ

K estatico	0
------------	---

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ' (°)	hw	U (kPa)	F _{asumido}	$m\alpha$	P (kN)	C'*I*COS(α)	(P-U*I)*TAN(ϕ')*COS(α)	P*SEN(α)	k*W
1	19,65899363	24,9271	490,0417	5,28	65	28,1156716	26,9769809	1,4769	14,4839583	1,32	0,77210942	537,2856776	62,73799634	99,12995802	486,9461935	0
2	21,67090036	58,3258	1263,9726	6,48	40	25	33,0127011	5,0334	49,3625538	1,32	1,08243366	1188,329863	124,0991998	432,2471634	763,8437118	0
3	22,86445429	71,4888	1634,5524	7,77	15	25	36,5933629	8,3398	81,7884186	1,32	1,11150876	1519,54016	187,6310918	634,0242931	393,2859331	0
4	23	53,5231	1231,0313	7,92	6	25	37	6,1325	60,1414275	1,32	1,05419451	1179,834734	196,9153353	527,2321551	123,3263116	0
5	23	13,517	310,891	6,3	26	25	37	2,1797	21,3763179	1,32	1,14904886	254,3733158	141,5600623	81,07330235	111,5099222	0
													712,9436855	1773,706872	1878,912072	0

Circulo	
Radio	22,668
Coordenada X	36,788
Coordenada Y	23,255

do	8,99
lo	36,17
do/lo	0,25
fo	1,074

Fo	1,32
Ff	1,42

CONDICIÓN ESTÁTICA

TALUD 6

METODO DE SPENCER

K estatico	0
------------	---

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ ' (°)	hw	U (kPa)	F _{sumbo}	P (kN)	C'*l*R	(P-U'l)*R*TAN(ϕ)	X _{cent} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y _{cent} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)	C'*l*COS(α)	(P-U'l)*TAN(ϕ)*COS(α)	P*SEN(α)	k*W
1	19,0587614	16,7593	319,4115	5,49	50	29,4290657	25,1762842	0	0	2,3	182,61435	4614,797403	2451,833162	18,4911	21,0719	6730,607187	14,3855	17,1915	0	103,8523471	55,17655629	139,890708	0
2	21,04899304	38,0054	799,9754	6,33	37	25	31,1469791	2,5992	25,4903541	2,3	506,157181	4520,09475	5952,083616	23,7734	15,7896	12631,29158	10,8584	20,7186	0	126,3840695	166,4231815	304,612996	0
3	22,77159021	40,867	930,6065772	6,49	23	25	36,3147706	5,3236	52,2085452	2,3	733,547891	4634,34675	8286,219664	30,018	9,545	8882,639779	7,8818	23,6952	0	149,3519125	267,0414669	286,619995	0
4	23	33,5167	770,8841	6,63	8	25	37	4,236	41,542452	2,3	1028,22174	4734,31725	16202,98821	36,404	3,159	2435,222872	5,8013	25,7757	0	164,1369324	561,7512811	143,100808	0
5	23	14,4433	332,1959	7,06	4	25	37	2,0424	20,0298168	2,3	651,104314	5041,3695	10970,5294	42,3383	-2,7753	-921,943281	4,5807	26,9963	0	176,0700549	383,1462291	45,418741	0
												23544,92565	43863,65405			29757,81813			0	719,7953164	1433,538715	919,643247	0

Circulo	
Radio	28,563
Coordenada X	39,563
Coordenada Y	31,577

θ (°)=	59,4
---------------	------

Fm	2,3
Ff	2,3

CONDICIÓN DINAMICA

TALUD 6

METODO ORDINARIO O DE FELLENIUS

K dinamico	0,25
------------	------

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ (°)	hw	U (kPa)	P (kN)	C'*l*R	(P-U*U)*R*TAN(ϕ)	X _{cent} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y _{cent} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)
1	19,73209048	26,4929	522,7603	5,47	64	28,0171635	27,1962715	1,3176	12,9217032	111,699571	3593,03732	-494,148849	18,4754	19,0436	9955,238049	13,2953	10,2277	1336,65888
2	21,81455185	66,3091	1446,5033	7,15	38	25	33,4436555	5,5555	54,4827885	917,221067	4190,79375	8170,836296	24,1585	13,3605	19326,00734	9,0436	14,4794	5236,124971
3	22,92366604	58,499	1341,01154	7,24	9	25	36,7709981	8,5742	84,0871794	1272,05636	4243,545	11620,80319	31,1735	6,3455	8509,388725	5,8013	17,7217	5941,25105
4	23	53,3186	1226,3278	7,28	9	25	37	6,2797	61,5850179	1163,26969	4266,99	12630,73508	38,2273	-0,7083	-868,607981	3,888	19,635	6019,736588
5	23	21,031	483,713	8,36	23	25	37	2,5962	25,4609334	398,009733	4900,005	3271,170703	44,7499	-7,2309	-3497,68033	3,2025	20,3205	2457,322504
											21194,3711	36187,69412			33424,3458			20991,09399

Circulo	
Radio	23,445
Coordenada X	37,519
Coordenada Y	23,523

F.S	1,05
-----	------

CONDICIÓN DINAMICA

TALUD 6

METODO SIMPLIFICADO DE BISHOP

K dinamico	0,25
------------	------

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ (°)	hw	U (kPa)	F _{asumido}	m α	P (kN)	C'*I*R	(P-U*I)*R*TAN(ϕ)	X _{cent} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y _{cent} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)
1	19,03534302	18,7873	357,6227	5,41	50	29,5246479	25,1060291	0	0	1,22	0,93700051	274,6299766	4975,058764	4008,037169	15,3074	22,9646	8212,66226	14,7329	18,5991	1662,86509
2	20,827035	58,9495	1227,7433	7,71	31	25	30,481105	3,1463	30,8557641	1,22	1,10565244	1090,293444	6003,58425	15627,09646	21,1451	17,1269	21027,4367	11,2531	22,0789	6776,805387
3	22,59459829	59,9219	1353,911259	7,65	16	25	35,7837949	6,5564	64,2986148	1,22	1,12411206	1237,247885	5956,86375	16733,80962	28,6175	9,6545	13071,3363	7,7361	25,5959	8663,644302
4	23	46,0378	1058,8694	7,55	3	25	37	5,2636	51,6201252	1,22	1,03095574	1031,44185	5878,99625	15061,53979	36,0247	2,2473	2379,5972	5,423	27,909	7387,996521
5	23	18,7174	430,5002	8,68	8	25	37	2,0957	20,5525299	1,22	1,07623074	391,2553495	6758,899	4996,011673	42,7295	-4,4575	-1918,95464	4,1981	29,1339	3135,537444
													29573,40201	56426,49471			42772,0778			27626,84874

Circulo	
Radio	31,147
Coordenada X	38,272
Coordenada Y	33,332

F.S	1,22
-----	------

CONDICIÓN DINAMICA

TALUD 6

METODO DE JANBÚ

K dinamico	0,25
------------	------

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ' (°)	hw	U (kPa)	F _{asumido}	$m\alpha$	P (kN)	C'*I*COS(α)	(P-U*I)*TAN(ϕ')*COS(α)	P*SEN(α)	k*W
1	19,65899363	24,9271	490,0417	5,28	65	28,1156716	26,9769809	1,4769	14,4839583	0,8	0,99927867	366,2285647	62,73799634	62,33199243	331,9158	122,510425
2	21,67090036	58,3258	1263,9726	6,48	40	25	33,0127011	5,0334	49,3625538	0,8	1,28808665	1009,864832	124,0991998	343,4221658	649,1286017	315,99315
3	22,86445429	71,4888	1634,5524	7,77	15	25	36,5933629	8,3398	81,7884186	0,8	1,20613767	1429,655681	187,6310918	569,5603824	370,0221182	408,6381
4	23	53,5231	1231,0313	7,92	6	25	37	6,1325	60,1414275	0,8	1,0929817	1145,544237	196,9153353	501,533965	119,7419787	307,757825
5	23	13,517	310,891	6,3	26	25	37	2,1797	21,3763179	0,8	1,31171449	213,6097531	141,5600623	53,46455326	93,64035241	77,72275
													712,9436855	1530,313059	1564,448851	1232,62225

Circulo	
Radio	22,668
Coordenada X	36,788
Coordenada Y	23,255

do	8,99
lo	36,17
do/lo	0,25
fo	1,074

Fo	0,80
Ff	0,86

CONDICIÓN DINAMICA

TALUD 6

METODO DE SPENCER

K dinamico	0,25
------------	------

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ ' (°)	hw	U (kPa)	F _{sumbo}	P (kN)	C'*I*R	(P-U'I)*R*TAN(ϕ)	X _{cent} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y _{cent} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)	C'*I* $\cos(\alpha)$	(P-U'I)*TAN(ϕ)* $\cos(\alpha)$	P* $\sin(\alpha)$	k*W
1	19,03534302	18,7873	357,6227	5,41	50	29,5246479	25,1060291	0	0	1,5	13,6603419	4975,058764	199,363371	15,3074	22,9646	8212,662256	14,7329	18,5991	1662,86509	102,6714011	4,114306505	10,464429	89,405675
2	20,827035	58,9495	1227,7433	7,71	31	25	30,481105	3,1463	30,8557641	1,5	-494,959313	6003,58425	-13435,58356	21,1451	17,1269	21027,43672	11,2531	22,0789	6776,805387	165,2189972	-369,7480623	-254,922892	306,935825
3	22,59459829	59,9219	1353,911259	7,65	16	25	35,7837949	6,5564	64,2986148	1,5	4340,03511	5956,86375	86393,04565	28,6175	9,6545	13071,33625	7,7361	25,5959	8663,644302	183,8412993	2666,270446	1196,2758	338,477815
4	23	46,0378	1058,8694	7,55	3	25	37	5,2636	51,6201252	1,5	648,36669	5878,99625	6070,402634	36,0247	2,2473	2379,597203	5,423	27,909	7387,996521	188,4913247	194,6281619	33,9328907	264,71735
5	23	18,7174	430,5002	8,68	8	25	37	2,0957	20,5525299	1,5	29,5297922	6758,899	-3494,030071	42,7295	-4,4575	-1918,95464	4,1981	29,1339	3135,537444	214,8881709	-111,0869879	4,10975276	107,62505
												29573,40201	75733,19802			42772,0778			27626,84874	855,1111933	2384,177864	989,859983	1107,16171

Circulo	
Radio	31,147
Coordenada X	38,272
Coordenada Y	33,332

θ (°)=	83,8
---------------	------

Fm	1,5
Ff	1,5

CONDICIÓN ESTÁTICA

TALUD 7

METODO ORDINARIO O DE FELLENIUS

K estatico	0
------------	---

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ' (°)	hw	U (kPa)	P (kN)	C'*I*R	(P-U*I)*R*TAN(ϕ')	X _{cent} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y _{cent} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)
1	20,43	34,50	705,06	6,0	61	33,2	26,49	0	0	341,82	4552,15	3893,35	18,87	18,17	12811,67	15,30	9,7246	0
2	18,54	61,87	1146,85	6,0	39	40	21,43	0	0	891,27	5484,72	7994,82	24,03	13,01	14920,96	11,49	13,5363	0
3	17,06	58,81	1003,13	6,0	21	40	17,49	0	0	936,50	5484,72	6743,04	29,92	7,12	7144,60	8,30	16,7226	0
4	16,50	44,80	739,27	6,0	3	40	16,00	0	0	738,26	5484,72	4837,82	35,79	1,25	927,57	6,05	18,9796	0
5	16,50	20,99	346,26	7,0	14	40	16,00	0	0	335,98	6398,84	2201,64	41,37	-4,33	-1498,96	4,68	20,3468	0
											27405,1511	25670,67357			34305,83905			0

Circulo	
Radio	22,853
Coordenada X	37,044
Coordenada Y	25,025

Sobrecarga	
ω (°)=	90
Valor (kN/m ³)=	20
Longitud (m)=	10
X _{cent} (m)=	5
L (kN/m)=	200

d (m)=	32,044
L*d=	6408,8

F.S	1,30
-----	------

CONDICIÓN ESTÁTICA

TALUD 7

METODO SIMPLIFICADO DE BISHOP

K estatico	0
------------	---

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ' (°)	hw	U (kPa)	F _{asumido}	m α	P (kN)	C'*l*R	(P-U*l)*R*TAN(ϕ')	X _{cent} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y _{cent} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)
1	20,87989255	30,434	635,459	6,88	54	32	27,680	0	0	1,560	0,860	604,458	7063,778	10036,354	16,267	22,855	14523,535	16,136	18,7612	0
2	19,2430914	64,105	1233,576	6,82	34	40	23,315	0	0	1,560	0,984	1154,816	8634,938	15753,655	22,089	17,033	21011,014	13,002	21,8952	0
3	17,47296877	57,874	1011,229	6,55	20	40	18,595	0	0	1,560	1,013	941,126	8293,086	10022,125	28,630	10,492	10609,409	9,537	25,3605	0
4	16,5	45,485	750,504	7,0	11	40	16,000	0	0	1,560	1,017	704,491	8862,840	6394,211	35,215	3,907	2932,520	6,849	28,048	0
5	16,5	17,246	284,564	7,0	6	40	16,000	0	0	1,560	1,014	262,201	8862,840	2379,828	41,365	-2,243	-638,305	5,028	29,8692	0
													41717,48274	44586,17355		48438,1719			0	

Circulo	
Radio	31,653
Coordenada X	39,122
Coordenada Y	34,897

Sobrecarga	
ω (°)=	90
Valor (kN/m3)=	20
Longitud (m)=	10
X _{cent} (m)=	5
L (kN/m)=	200

d (m)=	34,122
L*d=	6824,4

F.S	1,56
-----	------

CONDICIÓN ESTÁTICA

TALUD 7

METODO DE JANBÚ

K estatico	0
------------	---

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ (°)	hw	U (kPa)	F _{asumido}	m α	P (kN)	C'*I*COS(α)	(P-U*I)*TAN(ϕ)*COS(α)	P*SEN(α)	k*W
1	20,43	34,5154	705,2889	6	54	33,1940759	26,4907606	0	0	1,48	0,86021641	693,3360103	117,0659297	203,1062525	560,9206151	0
2	18,54	61,8599	1146,68835	6	33	40	21,4316286	0	0	1,48	0,98312233	1076,53796	201,2809363	354,4023093	586,3245954	0
3	17,06	58,7977	1002,974644	6	13	40	17,4881577	0	0	1,48	1,02225904	945,4512585	233,8488155	290,2500434	212,6802574	0
4	16,5	44,8058	739,2957	6	3	40	16	0	0	1,48	1,00876946	724,4557006	239,6710883	207,4496367	37,91508185	0
5	16,5	20,9849	346,25085	7	17	40	16	0	0	1,48	1,01295086	287,2175691	267,7653317	78,75964607	83,9742903	0
													1059,632102	1133,967888	1481,81484	0

Circulo	
Radio	22,853
Coordenada X	37,044
Coordenada Y	25,025

do	7,825
lo	34,4384
do/lo	0,23
fo	1,071

Sobrecarga	
ω (°)=	90
Valor (kN/m3)=	20
Longitud (m)=	10
X _{cent} (m)=	5
L (kN/m)=	200

d (m)=	32,044
L*d=	6408,8

Fo	1,48
Ff	1,59

CONDICIÓN ESTÁTICA

TALUD 7

METODO DE SPENCER

K estatico	0
------------	---

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ (°)	hw	U (kPa)	F _{sumado}	P (kN)	C''*R	(P-U'')*R*TAN(ϕ)	X _{cent} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y _{cent} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)	C''*COS(α)	(P-U'')*TAN(ϕ)*COS(α)	P*SEN(α)	k*W
1	20,88	30,4363	635,506038	6,88	44	32,4377321	27,6796578	0	0	2,0	288,971195	7064,050554	4798,038277	16,27	22,852	14522,58398	16,2599	18,6371	0	160,5362119	109,0392663	200,736259	0
2	19,24	64,1007	1233,50715	6,82	28	40	23,3153897	0	0	2,0	763,40631	8634,9384	10414,40076	22,0927	17,0293	21005,76331	13,1264	21,7706	0	240,8681033	290,5054838	358,397553	0
3	17,47	57,8931	1011,54555	6,55	14	40	18,5937184	0	0	2,0	1137,02032	8293,086	12107,6157	28,6341	10,4879	10608,98857	9,6591	25,2379	0	254,2174803	371,1486358	275,07011	0
4	16,5	45,5047	750,82755	7	10	40	16	0	0	2,0	1166,36121	8862,84	10586,30456	35,2176	3,9044	2931,531086	6,9719	27,9251	0	275,7461708	329,3676684	202,536499	0
5	16,5	17,2428	284,5062	7	8	40	16	0	0	2,0	892,942259	8862,84	8101,02745	41,3683	-2,2463	-639,086277	5,1523	29,7447	0	277,2750592	253,4416582	124,217874	0
												41717,75495	46007,38674			48429,78067			0	1208,643026	1353,502712	1160,9583	0

Circulo	
Radio	31,653
Coordenada X	39,122
Coordenada Y	34,897

Sobrecarga	
ω (°)=	90
Valor (kN/m3)=	20
Longitud (m)=	10
X _{cent} (m)=	5
L (kN/m)=	200

d (m)=	34,122
L*d=	6824,4

θ (°)=	77,5
---------------	------

Fm	2
Ff	2

CONDICIÓN DINAMICA

TALUD 7

METODO ORDINARIO O DE FELLENIUS

K dinamico	0,25
------------	------

Dovela	γ (Kn/m3)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ (°)	hw	U (kPa)	P (kN)	C'*l*R	(P-U*l)*R*TAN(ϕ)	X _{cent} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y _{cent} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)
1	20,68	41,08	849,73	8,22	52	32,40	27,16	0	0	355,75	9297,59	6371,10	10,64	24,43	20755,76	15,77	21,39	4544,377381
2	19,14	92,74	1775,52	7,86	35	40	23,05	0	0	1199,82	10976,96	17826,64	17,64	17,43	30952,43	12,96	24,20	10741,44032
3	17,94	97,33	1746,02	8,00	20	40	19,84	0	0	1491,42	11172,48	18785,61	25,20	9,87	17229,33	9,86	27,30	11914,63278
4	16,63	72,93	1212,68	8,27	5	40	16,34	0	0	1181,64	11549,55	12096,97	33,12	1,95	2359,63	6,86	30,29	9184,422235
5	16,50	28,08	463,35	8,40	13	40	16,00	0	0	425,41	11731,10	4258,99	40,44	-5,37	-2487,34	4,98	32,18	3727,610204
											54727,683	59339,31189			68809,80821			40112,48293

Circulo	
Radio	34,914
Coordenada X	35,070
Coordenada Y	37,159

Sobrecarga	
ω (°)=	90
Valor (kN/m3)=	20
Longitud (m)=	10
X _{cent} (m)=	5
L (kN/m)=	200

d (m)=	30,07
L*d=	6014

F.S	0,99
-----	------

CONDICIÓN DINAMICA

TALUD 7

METODO SIMPLIFICADO DE BISHOP

K dinamico	0,25
------------	------

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ (°)	hw	U (kPa)	F _{asumido}	m α	P (kN)	C'*R	(P-U')*R*TAN(ϕ)	X _{cent} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y _{cent} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)
1	20,68425052	41,0566	849,225	8,22	49	32,3834197	27,1580014	0	0	1,09	1,01125992	657,5118956	9293,817358	11776,70795	10,6439	24,4261	20743,2548	15,7687	21,3903	4541,294379
2	19,14503687	92,7278	1775,27715	7,86	32	40	23,0534317	0	0	1,09	1,05494794	1537,921422	10976,9616	22851,28973	17,6374	17,4326	30947,6964	12,9608	24,1982	10739,62788
3	17,93910251	97,3316	1746,04155	8	18	40	19,8376067	0	0	1,09	1,0533337	1571,506693	11172,48	19794,23636	25,2022	9,8678	17229,5888	9,8633	27,2957	11914,85658
4	16,62830222	72,9281	1212,670487	8,27	6	40	16,3421393	0	0	1,09	1,02264091	1154,801769	11549,5512	11822,22303	33,1242	1,9458	2359,61423	6,8643	30,2947	9184,372152
5	16,5	28,0818	463,3497	8,4	11	40	16	0	0	1,09	1,03182315	392,055088	11731,104	3925,031442	40,4382	-5,3682	-2487,35386	4,9791	32,1799	3727,636753
													54723,91416	70169,48852			68792,8004			40107,78775

Circulo	
Radio	34,914
Coordenada X	35,070
Coordenada Y	37,159

Sobrecarga	
ω (°)=	90
Valor (kN/m3)=	20
Longitud (m)=	10
X _{cent} (m)=	5
L (kN/m)=	200

d (m)=	30,07
L*d=	6014

F.S	1,09
-----	------

CONDICIÓN DINAMICA

TALUD 7

METODO DE JANBÚ

K dinámico	0,25
------------	------

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ' (°)	hw	U (kPa)	F _{asumido}	m α	P (kN)	C'*I*COS(α)	(P-U*I)*TAN(ϕ')*COS(α)	P*SEN(α)	k*W
1	19,97	55,9264	1117,100985	7,94	52	33,1025052	25,2652908	0	0	0,9	1,028892	862,07	161,8167011	250,4867104	679,3170538	279,2752462
2	18,53	103,1791	1912,25325	7,16	24	40	21,4222376	0	0	0,9	1,090857	1634,33	261,6394191	537,7713465	664,7419423	478,0633125
3	17,43	97,5636	1700,5194	7,2	9	40	18,4796133	0	0	0,9	1,045778	1578,21	284,4542421	513,9202925	246,8869859	425,12985
4	16,52516711	75,098	1241,007	7,56	4	40	16,0671123	0	0	0,9	1,019887	1193,83	301,6633688	343,3670158	83,27716115	310,25175
5	16,5	29,1741	481,37265	7,64	16	40	16	0	0	0,9	1,049081	369,64	293,7615743	101,3601487	101,8855421	120,3431625
													1303,335305	1746,905514	1776,108685	1613,063321

Círculo	
Radio	25,527
Coordenada X	33,049
Coordenada Y	25,998

do	9,9162
lo	40,3887
do/lo	0,25
fo	1,075

Sobrecarga	
ω (°)=	90
Valor (kN/m3)=	20
Longitud (m)=	10
X _{cent} (m)=	5
L (kN/m)=	200

d (m)=	28,049
L*d=	5609,8

Fo	0,90
Ff	0,97

CONDICIÓN DINAMICA

TALUD 7

METODO DE SPENCER

K dinámico	0,25
------------	------

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ (°)	hw	U (kPa)	F _{sumido}	P (kN)	C**R	(P-U)*R*TAN(ϕ)	X _{cent} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y _{cent} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)	C**COS(α)	(P-U)*TAN(ϕ)*COS(α)	P*SEN(α)	k*W
1	20,68	41,1223	850,4859	8,22	41	32,3859782	27,1516428	0	0	1	588,969135	9294,551645	10546,15478	9,1093	25,9607	22079,2093	14,4831	22,6759	4821,383305	200,9133061	227,9682662	386,398519	212,621475
2	19,14	92,7643	1775,8794	7,86	25	40	23,0506563	0	0	1	1511,92054	10976,9616	22461,93424	16,1027	18,9673	33683,63734	10,6777	26,4813	11756,89879	284,9431682	583,073435	638,96523	443,96985
3	17,94	97,3277	1745,9772	8	19	40	19,8377605	0	0	1	1545,05053	11172,48	19461,1659	23,6682	11,4018	19907,28284	8,5824	28,5766	12473,52301	302,5659442	527,0348245	503,019249	436,4943
4	16,63	72,9291	1212,687	8,27	5	40	16,342135	0	0	1	1162,86686	11549,5512	11904,78571	31,2902	3,4798	4219,908223	5,5831	31,5759	9572,920861	329,5412061	339,6770466	101,350525	303,17175
5	16,5	28,0815	463,34475	8,4	8	40	16	0	0	1	405,51602	11731,104	4059,794601	38,9041	-3,8341	-1776,51011	3,6979	33,4611	3876,006254	332,7300711	115,1482202	56,436922	115,836188
												54724,64844	68433,83523			78113,5276			42500,73222	1450,693696	1792,901792	1686,17044	1512,09356

Circulo	
Radio	34,914
Coordenada X	35,070
Coordenada Y	37,159

θ (°)=	1
---------------	---

Sobrecarga	
ω (°)=	90
Valor (kN/m3)=	20
Longitud (m)=	10
X _{cent} (m)=	5
L (kN/m)=	200

d (m)=	30,07
L*d=	6014

Fm	1,0
Ff	1,0

CONDICIÓN ESTÁTICA

TALUD 8

METODO ORDINARIO O DE FELLENIUS

K estatico	0
------------	---

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ' (°)	hw	U (kPa)	P (kN)	C'*l*R	(P-U*l)*R*TAN(ϕ')	X _{cent} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y _{cent} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)
1	19,39621716	32,3276	627,03315	7,5	50	32,98	26,9018424	0	0	403,04914	7359,40455	6084,33365	12,4198	20,1452	12631,70821	12,2131	18,8169	0
2	20,50614081	68,6717	1408,19155	7,8	28	30	32,2294759	0	0	1243,35934	6962,202	23322,74483	18,9774	13,5876	19133,9435	9,0622	21,9678	0
3	21,30136022	65,4451	1394,06965	7,63	13	30	36,0465291	0	0	1358,33974	6810,4617	29413,15972	26,5178	6,0472	8430,217987	6,2843	24,7457	0
4	21,5	47,1885	1014,55275	7,28	5	30	37	0	0	1010,69207	6498,0552	22660,21515	33,795	-1,23	-1247,89988	4,6578	26,3722	0
5	21,5	18,439	396,4385	7,29	20	30	37	0	0	372,530333	6506,9811	8352,313967	40,1821	-7,6171	-3019,7117	4,0424	26,9876	0
											34137,1046	89832,76732			35928,25812			0

Circulo	
Radio	29,753
Coordenada X	32,565
Coordenada Y	31,03

Sobrecarga	
ω (°)=	90
Valor (kN/m ³)=	50
Longitud (m)=	12
X _{cent} (m)=	6
L (kN/m)=	600

d (m)=	26,565
L*d=	15939

F.S	2,39
-----	------

CONDICIÓN ESTÁTICA

TALUD 8

METODO SIMPLIFICADO DE BISHOP

K estatico	0
------------	---

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kn)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ ' (°)	hw	U (kPa)	F _{sumido}	m α	P (kn)	C'*l*R	(P-U'l)*R*TAN(ϕ ')	X _{cent} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y _{cent} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)
1	19	19,1985	364,7715	7,39	34	35	25	0	0	2,64	0,92780876	334,1048674	13418,762	8082,678753	9,6386	27,7584	10125,4732	13,2941	42,0259	0
2	19,77798012	50,9575	1007,836422	8,06	24	30	28,7343046	0	0	2,64	0,99801456	972,5139114	12544,584	27662,04575	16,3195	21,0775	21242,6722	11,1424	44,1776	0
3	20,90166552	48,8857	1021,79255	7,8	16	30	34,1279945	0	0	2,64	1,03202571	966,4110576	12139,92	33981,31372	24,032	13,365	13656,2574	8,3976	46,9224	0
4	21,5	38,0436	817,9374	7,84	7	30	37	0	0	2,64	1,02733219	785,6075751	12202,176	30712,84431	31,6653	5,7317	4688,1718	6,2511	49,0689	0
5	21,5	18,0465	387,99975	9,16	4	30	37	0	0	2,64	1,01747514	374,1995463	14256,624	14629,1008	38,9542	-1,5572	-604,193211	4,8415	50,4785	0
													64562,066	115067,9833		49108,3814		0		

Circulo	
Radio	51,880
Coordenada X	37,397
Coordenada Y	55,32

Sobrecarga	
ω (°)=	90
Valor (kn/m3)=	50
Longitud (m)=	12
X _{cent} (m)=	6
L (kn/m)=	600

d (m)=	31,397
L*d=	18838,2

F.S	2,64
-----	------

CONDICIÓN ESTÁTICA

TALUD 8

METODO DE JANBÚ

K estatico	0
------------	---

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ (°)	hw	U (kPa)	F _{asumido}	m α	P (kN)	C'*l*COS(α)	(P-U*l)*TAN(ϕ)*COS(α)	P*SEN(α)	k*W
1	19,40	32,3276	627,03315	7,5	50	32,98	26,90	0	0	2,36	0,80747723	677,1021299	158,9935153	220,8238297	518,690324	0
2	20,51	68,6717	1408,19155	7,8	28	30	32,23	0	0	2,36	1,00836261	1350,349808	206,6097367	751,6807903	633,9508349	0
3	21,30	65,4451	1394,06965	7,63	13	30	36,05	0	0	2,36	1,04374116	1314,742925	223,0333078	932,3249124	295,7528072	0
4	21,50	47,1885	1014,55275	7,28	5	30	37,00	0	0	2,36	1,02402375	982,8748118	217,5689221	737,830901	85,66318425	0
5	21,50	18,439	396,4385	7,29	20	30	37,00	0	0	2,36	1,04890053	347,7390439	205,5107762	246,2372093	118,9337576	0
													1011,716258	2888,897643	1652,990908	0

Círculo	
Radio	29,753
Coordenada X	32,565
Coordenada Y	31,030

do	7,31
lo	39,08
do/lo	0,19
fo	1,063

Sobrecarga	
ω (°)=	90
Valor (kN/m3)=	50
Longitud (m)=	12
X _{cent} (m)=	6
L (kN/m)=	600

d (m)=	26,565
L*d=	15939

Fo	2,36
Ff	2,51

CONDICIÓN ESTÁTICA

TALUD 8

METODO DE SPENCER

K estatico	0
------------	---

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ (°)	hw	U (kPa)	F _{sumido}	P (kN)	C''*R	(P-U''l)*R*TAN(ϕ)	X _{cent} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y _{cent} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)	C''*COS(α)	(P-U'')*TAN(ϕ)*COS(α)	P*SEN(α)	k*W
1	19,00	19,1985	364,7715	7,39	34	35	25	0	0	2,578	203,24927	13418,762	4917,014728	9,6386	27,7584	10125,47321	13,2941	42,0259	0	214,4305681	78,57343782	113,655549	0
2	19,78	50,9575	1007,836422	8,06	24	30	28,7343046	0	0	2,578	403,311157	12544,584	11471,7245	16,3195	21,0775	21242,67219	11,1424	44,1776	0	220,8952917	202,0035044	164,041426	0
3	20,90	48,8857	1021,79255	7,8	16	30	34,1279945	0	0	2,578	3806,98881	12139,92	133862,7908	24,032	13,365	13656,25743	8,3976	46,9224	0	224,9352368	2480,284759	1049,34833	0
4	21,50	38,0436	817,9374	7,85	7	30	37	0	0	2,578	-538,882547	12217,74	-21067,2813	31,6653	5,7317	4688,171796	6,2511	49,0689	0	233,7446187	-403,0502887	-65,6732622	0
5	21,50	18,0465	387,99975	9,15	4	30	37	0	0	2,578	-478,821332	14241,06	-18719,22509	38,9542	-1,5572	-604,193211	4,8415	50,4785	0	273,8313318	-359,9388203	-33,4008877	0
											64562,066		110465,0236			49108,38141			0	1167,837047	1997,872593	1227,97116	0

Circulo	
Radio	51,880
Coordenada X	37,397
Coordenada Y	55,320

Sobrecarga	
ω (°)=	90
Valor (kN/m3)=	50
Longitud (m)=	12
X _{cent} (m)=	6
L (kN/m)=	600

d (m)=	31,397
L*d=	18838,2

θ (°)=	90
---------------	----

Fm	2,576
Ff	2,578

CONDICIÓN DINAMICA

TALUD 8

METODO ORDINARIO O DE FELLENIUS

K dinamico	0,25
------------	------

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ' (°)	hw	U (kPa)	P (kN)	C'*I*R	(P-U*I)*R*TAN(ϕ')	X _{cent} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y _{cent} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)
1	19,40103213	32,3989	628,5721	7,5	48	32,97	26,9249542	0	0	303,816805	7742,42753	4831,333605	12,4235	21,3565	13424,10005	12,2032	19,82	3114,386184
2	20,52021023	69,6578	1429,3927	7,8	31	30	32,2970091	0	0	1041,18077	7326,774	20606,7425	18,9891	14,7909	21142,00449	8,9927	23,03	8229,478327
3	21,31308196	69,5492	1482,3078	7,82	14	30	36,1027934	0	0	1348,62625	7345,5606	30795,49229	26,628	7,152	10601,46539	6,0879	25,93	9610,579679
4	21,5	54,1645	1164,53675	7,84	4	30	37	0	0	1141,3915	7364,3472	26930,59704	34,2616	-0,4816	-560,840899	4,2829	27,74	8075,80034
5	21,5	22,8013	490,22795	9,29	19	30	37	0	0	423,618981	8726,3757	9995,091116	41,3415	-7,5615	-3706,85864	3,5511	28,47	3489,307735
											38505,485	93159,25654			40899,87038			32519,55227

Circulo	
Radio	31,311
Coordenada X	33,780
Coordenada Y	32,022

Sobrecarga	
ω (°)=	90
Valor (kN/m ³)=	50
Longitud (m)=	12
X _{cent} (m)=	6
L (kN/m)=	600

d (m)=	27,78
L*d=	16668

F.S	1,46
-----	------

CONDICIÓN DINAMICA

TALUD 8

METODO SIMPLIFICADO DE BISHOP

K dinamico	0,25
------------	------

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ' (°)	hw	U (kPa)	F _{asumido}	m α	P (kN)	C'*l*R	(P-U*l)*R*TAN(ϕ')	X _{cent} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y _{cent} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)
1	19,00	19,1985	364,7715	7,39	34	35	25	0	0	1,57	0,99512415	273,9830395	13418,762	6628,209008	9,6386	27,7584	10125,4732	13,2941	42,0259	3832,462645
2	19,77798012	50,9575	1007,836422	8,06	24	30	28,7343046	0	0	1,57	1,05558267	895,4237512	12544,584	25469,30432	16,3195	21,0775	21242,6722	11,1424	44,1776	11130,94858
3	20,90166552	48,8857	1021,79255	7,8	16	30	34,1279945	0	0	1,57	1,08025341	907,852068	12139,92	31922,24022	24,032	13,365	13656,2574	8,3976	46,9224	11986,23969
4	21,50	38,0436	817,9374	7,85	7	30	37	0	0	1,57	1,05103987	760,8246096	12217,74	29743,96953	31,6653	5,7317	4688,1718	6,2511	49,0689	10033,82212
5	21,50	18,0465	387,99975	9,15	4	30	37	0	0	1,57	1,03104512	364,4879055	14241,06	14349,43018	38,9542	-1,5572	-604,193211	4,8415	50,4785	4896,411345
													64562,066	108013,1533			49108,3814			41879,88438

Circulo	
Radio	51,880
Coordenada X	37,397
Coordenada Y	55,320

Sobrecarga	
ω (°)=	90
Valor (kN/m3)=	50
Longitud (m)=	12
X _{cent} (m)=	6
L (kN/m)=	600

d (m)=	31,397
L*d=	18838,2

F.S	1,57
-----	------

CONDICIÓN DINAMICA

TALUD 8

METODO DE JANBÚ

K dinámico	0,25
------------	------

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ (°)	hw	U (kPa)	F _{asumido}	m α	P (kN)	C'*l*COS(α)	(P-U*l)*TAN(ϕ)*COS(α)	P*SEN(α)	k*W
1	19,40	32,3276	627,03315	7,5	50	32,97	26,90	0	0	1,38	0,924431	529,81	158,9453062	172,7862777	405,8555204	156,7582875
2	21,11	68,6717	1449,56325	7,8	28	30	32,23	0	0	1,38	1,097425	1248,34	206,6097367	694,8949264	586,0589022	362,3908125
3	22,22	65,4451	1454,31475	7,63	13	30	36,05	0	0	1,38	1,093005	1296,43	223,0333078	919,3374481	291,632914	363,5786875
4	21,50	47,1885	1014,55275	7,28	5	30	37,00	0	0	1,38	1,043786	958,78	217,5689221	719,7417193	83,56300533	253,6381875
5	21,50	18,439	396,4385	7,29	20	30	37,00	0	0	1,38	1,126454	303,82	205,5107762	215,135529	103,9114963	99,109625
													1011,668049	2721,8959	1471,021838	1235,4756

Circulo	
Radio	29,753
Coordenada X	32,565
Coordenada Y	31,030

do	7,31
lo	39,08
do/lo	0,19
fo	1,063

Sobrecarga	
ω (°)=	90
Valor (kN/m3)=	50
Longitud (m)=	12
X _{cent} (m)=	6
L (kN/m)=	600

d (m)=	26,565
L*d=	15939

Fo	1,38
Ff	1,47

CONDICIÓN DINAMICA

TALUD 8

METODO DE SPENCER

K dinamico	0,25
------------	------

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ (°)	hw	U (kPa)	F _{sumado}	P (kN)	C''*R	(P-U'')*R*TAN(ϕ)	X _{cent} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y _{cent} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)	C''*COS(α)	(P-U'')*TAN(ϕ)*COS(α)	P*SEN(α)	k*W
1	19,00	19,1985	364,7715	7,39	34	35	25	0	0	2	-124,426387	13418,762	-3010,1283	9,6386	27,7584	10125,47321	13,2941	42,0259	3832,462645	214,4305681	-48,10157015	-69,5783528	91,192875
2	19,78	50,9575	1007,836422	8,06	24	30	28,7343046	0	0	2	772,20348	12544,584	21964,44465	16,3195	21,0775	21242,67219	11,1424	44,1776	11130,94858	220,8952917	386,7678997	314,083451	251,959106
3	20,90	48,8857	1021,79255	7,8	16	30	34,1279945	0	0	2	1012,0039	12139,92	35584,46673	24,032	13,365	13656,25743	8,3976	46,9224	11986,23969	224,9352368	659,328929	278,94608	255,448138
4	21,50	38,0436	817,9374	7,85	7	30	37	0	0	2	1192,68391	12217,74	46627,24301	31,6653	5,7317	4688,171796	6,2511	49,0689	10033,82212	233,7446187	892,0526332	145,351605	204,48435
5	21,50	18,0465	387,99975	9,15	4	30	37	0	0	2	656,131385	14241,06	25651,05239	38,9542	-1,5572	-604,193211	4,8415	50,4785	41879,88438	1167,837047	2383,273946	714,572195	900,084406
												64562,066	126817,0785			49108,38141			41879,88438	1167,837047	2383,273946	714,572195	900,084406

Circulo	
Radio	51,880
Coordenada X	37,397
Coordenada Y	55,320

θ (°)=	55
---------------	----

Sobrecarga	
ω (°)=	90
Valor (kN/m3)=	50
Longitud (m)=	12
X _{cent} (m)=	6
L (kN/m)=	600

d (m)=	31,397
L*d=	18838,2

Fm	2
Ff	2

CONDICIÓN ESTÁTICA

TALUD 9

METODO ORDINARIO O DE FELLENIOUS

K estatico	0
------------	---

Dovela	γ (Kn/m3)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ' (°)	hw	U (kPa)	P (kN)	C'*I*R	(P-U*I)*R*TAN(ϕ')	X _{cent} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y _{cent} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)
1	19,13814284	25,4382	486,8399051	6,43	51	31,082996	25,6446666	0	0	306,378279	6040,67938	4445,516994	15,9519	21,6151	10523,09323	14,3717	18,3423	0
2	20,52362726	55,0233	1129,2777	7,09	35	35	32,1102606	0	0	925,050137	7500,0856	17545,44693	21,3089	16,2581	18359,90977	10,8928	21,8212	0
3	21,71869739	55,0617	1195,8684	7,15	20	35	37,6872545	0	0	1123,74871	7563,556	26238,43567	28,7688	8,7982	10521,48936	7,7364	24,9776	0
4	22	43,0782	947,7204	7,29	6	35	39	0	0	942,528688	7711,6536	23068,30729	35,8015	1,7655	1673,200366	5,6037	27,1103	0
5	22	16,9167	372,1674	7,29	9	35	39	0	0	367,585402	7711,6536	8996,620587	42,1821	-4,6151	-1717,58977	4,4627	28,2513	0
												36527,6282	80294,32747	39360,10296			0	

Circulo	
Radio	30,224
Coordenada X	37,567
Coordenada Y	32,714

Sobrecarga	
ω (°)=	90
Valor (kN/m3)=	35
Longitud (m)=	15
X _{cent} (m)=	7,5
L (kN/m)=	525

d (m)=	30,067
L*d=	15785,175

F.S	2,12
-----	------

CONDICIÓN ESTÁTICA

TALUD 9

METODO SIMPLIFICADO DE BISHOP

K estatico	0
------------	---

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ ' (°)	hw	U (kPa)	F _{sumido}	m α	P (kN)	C'*l*R	(P-U'l)*R*TAN(ϕ ')	X _{cent} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y _{cent} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)
1	19	21,074	400,406	7,47	36	30	25	0	0	2,39	0,92369849	373,8145243	11982,627	9320,493406	13,4414	30,1316	12064,8734	15,1475	42,2125	0
2	19,57666163	38,2186	748,1926	6,23	27	34,2094017	27,6910876	0	0	2,39	0,99069701	714,3543258	11395,7709	20046,04578	19,131	24,442	18287,3235	12,9098	44,4502	0
3	21,08664313	46,1156	972,4232	7,8	19	35	34,7376679	0	0	2,39	1,03997501	899,2859059	14597,31	33342,29676	26,0018	17,5712	17086,6425	9,8834	47,4766	0
4	22	35,8908	789,5976	7,85	10	35	39	0	0	2,39	1,04364354	737,4503828	14690,8825	31930,9764	33,6654	9,9076	7823,01718	7,1725	50,1875	0
5	22	17,1222	376,6884	9,15	5	35	39	0	0	2,39	1,02572496	355,8555255	17123,7675	15408,24258	40,9476	2,6254	988,957725	5,2674	52,0926	0
													69790,3579	110048,0549	56250,8144		0			

Circulo	
Radio	53,47
Coordenada X	43,573
Coordenada Y	57,36

Sobrecarga	
ω (°)=	90
Valor (kN/m3)=	35
Longitud (m)=	15
X _{cent} (m)=	7,5
L (kN/m)=	525

d (m)=	36,073
L*d=	18938,325

F.S	2,39
-----	------

CONDICIÓN ESTÁTICA

TALUD 9

METODO DE JANBÚ

K estatico	0
------------	---

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ (°)	hw	U (kPa)	F _{asumido}	m α	P (kN)	C'*I*COS(α)	(P-U*I)*TAN(ϕ)*COS(α)	P*SEN(α)	k*W
1	19,13814284	25,4382	486,8399051	6,43	51	31,082996	25,6446666	0	0	2,3	0,79153394	529,741104	125,7782792	160,0471103	411,6861596	0
2	20,52362726	55,0233	1129,2777	7,09	35	35	32,1102606	0	0	2,3	0,97565073	1094,03269	203,2725798	562,3957649	627,5113715	0
3	21,71869739	55,0617	1195,8684	7,15	20	35	37,6872545	0	0	2,3	1,05457162	1098,697424	235,1580784	797,5918625	375,7766504	0
4	22	43,0782	947,7204	7,29	6	35	39	0	0	2,3	1,03132428	907,6917682	253,7522616	731,0077061	94,87962565	0
5	22	16,9167	372,1674	7,29	9	35	39	0	0	2,3	1,04276579	340,2618117	252,0086801	272,146245	53,22867448	0
													1069,969879	2523,188689	1563,082482	0

Circulo	
Radio	30,224
Coordenada X	37,567
Coordenada Y	32,714

do	6,54
lo	37,57
do/lo	0,17
fo	1,059

Sobrecarga	
ω (°)=	90
Valor (kN/m ³)=	35
Longitud (m)=	15
X _{cent} (m)=	7,5
L (kN/m)=	525

d (m)=	30,067
L*d=	15785,175

Fo	2,30
Ff	2,43

CONDICIÓN ESTÁTICA

TALUD 9

METODO DE SPENCER

K estatico	0
------------	---

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ (°)	hw	U (kPa)	F _{sumido}	P (kN)	C**R	(P-U)*R*TAN(ϕ)	X _{cent} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y _{cent} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)	C**COS(α)	(P-U)*TAN(ϕ)*COS(α)	P*SEN(α)	k*W
1	19	21,074	400,406	7,47	36	30	25	0	0	3	182,585964	11982,627	4552,501739	13,4414	30,1316	12064,87343	15,1475	42,2125	0	181,3007084	68,88070458	107,321337	0
2	19,57666163	38,2186	748,1926	6,23	27	34,2094017	27,6910876	0	0	3	363,904932	11395,7709	10211,81599	19,131	24,442	18287,32353	12,9098	44,4502	0	189,8953847	170,1663488	165,209382	0
3	21,08664313	46,1156	972,4232	7,8	19	35	34,7376679	0	0	3	868,918501	14597,31	32216,38228	26,0018	17,5712	17086,64253	9,8834	47,4766	0	258,1265711	569,6874487	282,892193	0
4	22	35,8908	789,5976	7,85	10	35	39	0	0	3	5136,08124	14690,8825	222387,9638	33,6654	9,9076	7823,017182	7,1725	50,1875	0	270,5759901	4095,930259	891,871148	0
5	22	17,1222	376,6884	9,15	5	35	39	0	0	3	-2779,05719	17123,7675	-120330,8202	40,9476	2,6254	988,9577254	5,2674	52,0926	0	319,0313521	-2241,872548	-242,210793	0
											69790,3579		149037,8436			56250,8144			0	1218,929946	2662,792213	1205,08327	0

Circulo	
Radio	53,47
Coordenada X	43,573
Coordenada Y	57,36

θ (°)=	82,9
---------------	------

Sobrecarga	
ω (°)=	90
Valor (kN/m3)=	35
Longitud (m)=	15
X _{cent} (m)=	7,5
L (kN/m)=	525

d (m)=	36,073
L*d=	18938,325

Fm	3
Ff	3

CONDICIÓN DINAMICA

TALUD 9

METODO ORDINARIO O DE FELLENIUS

K dinamico	0,25
------------	------

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ' (°)	hw	U (kPa)	P (kN)	C'*I*R	(P-U*I)*R*TAN(ϕ')	X _{cent} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y _{cent} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)
1	19,13814284	25,4382	486,8399051	6,43	51	31,082996	25,6446666	0	0	211,791863	6040,67938	3073,07792	15,9519	21,6151	10523,09323	14,3717	18,34	2232,440898
2	20,52362726	55,0233	1129,2777	7,09	35	35	32,1102606	0	0	763,118367	7500,0856	14474,08338	21,3089	16,2581	18359,90977	10,8928	21,82	6160,548637
3	21,71869739	55,0617	1195,8684	7,15	20	35	37,6872545	0	0	1021,49594	7563,556	23850,93327	28,7688	8,7982	10521,48936	7,7364	24,98	7467,480637
4	22	43,0782	947,7204	7,29	6	35	39	0	0	917,762749	7711,6536	22462,16309	35,8015	1,7655	1673,200366	5,6037	27,11	6423,24609
5	22	16,9167	372,1674	7,29	9	35	39	0	0	353,03045	7711,6536	8640,389408	42,1821	-4,6151	-1717,58977	4,4627	28,25	2628,553217
												36527,6282	72500,64707	39360,10296			24912,26948	

Circulo	
Radio	30,224
Coordenada X	37,567
Coordenada Y	32,714

Sobrecarga	
ω (°)=	90
Valor (kN/m ³)=	35
Longitud (m)=	15
X _{cent} (m)=	7,5
L (kN/m)=	525

d (m)=	30,067
L*d=	15785,175

F.S	1,36
-----	------

CONDICIÓN DINAMICA

TALUD 9

METODO SIMPLIFICADO DE BISHOP

K dinámico	0,25
------------	------

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ' (°)	hw	U (kPa)	F _{asumido}	m α	P (kN)	C'*l*R	(P-U*l)*R*TAN(ϕ')	X _{cent} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y _{cent} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)
1	19	21,074	400,406	7,47	36	30	25	0	0	1,51	0,99053273	316,1656653	11982,627	7883,107283	13,4414	30,1316	12064,8734	15,1475	42,2125	4225,534569
2	19,57666163	38,2186	748,1926	6,23	27	34,2094017	27,6910876	0	0	1,51	1,04879478	652,2872165	11395,7709	18304,33293	19,131	24,442	18287,3235	12,9098	44,4502	8314,327677
3	21,08664313	46,1156	972,4232	7,8	19	35	34,7376679	0	0	1,51	1,09502247	834,2862597	14597,31	30932,34295	26,0018	17,5712	17086,6425	9,8834	47,4766	11541,83682
4	22	35,8908	789,5976	7,85	10	35	39	0	0	1,51	1,07793194	703,1999459	14690,8825	30447,96152	33,6654	9,9076	7823,01718	7,1725	50,1875	9906,982388
5	22	17,1222	376,6884	9,15	5	35	39	0	0	1,51	1,04293465	343,4576449	17123,7675	14871,42486	40,9476	2,6254	988,957725	5,2674	52,0926	4905,669536
													69790,3579	102439,1695			56250,8144			38894,35099

Circulo	
Radio	53,47
Coordenada X	43,573
Coordenada Y	57,36

Sobrecarga	
ω (°)=	90
Valor (kN/m3)=	35
Longitud (m)=	15
X _{cent} (m)=	7,5
L (kN/m)=	525

d (m)=	36,073
L*d=	18938,325

F.S	1,51
-----	------

CONDICIÓN DINÁMICA

TALUD 9

METODO DE JANBÚ

K dinámico	0,25
------------	------

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ (°)	hw	U (kPa)	F _{asumido}	m α	P (kN)	C'*l*COS(α)	(P-U*l)*TAN(ϕ)*COS(α)	P*SEN(α)	k*W
1	19,13814284	25,4382	486,8399051	6,43	51	31,082996	25,6446666	0	0	1,41	0,893924	421,38	125,7782792	127,3086541	327,4736468	121,7099763
2	20,52362726	55,0233	1129,2777	7,09	35	35	32,1102606	0	0	1,41	1,074434	957,09	203,2725798	492,0006212	548,9656998	282,319425
3	21,71869739	55,0617	1195,8684	7,15	20	35	37,6872545	0	0	1,41	1,127084	1007,17	235,1580784	731,1486735	344,4726713	298,9671
4	22	43,0782	947,7204	7,29	6	35	39	0	0	1,41	1,054554	880,76	253,7522616	709,3152697	92,06410096	236,9301
5	22	16,9167	372,1674	7,29	9	35	39	0	0	1,41	1,077531	319,12	252,0086801	255,2350378	49,92103691	93,04185
													1069,969879	2315,008256	1362,897156	1032,968451

Circulo	
Radio	30,224
Coordenada X	37,567
Coordenada Y	32,714

do	6,54
lo	37,57
do/lo	0,17
fo	1,059

Sobrecarga	
ω (°)=	90
Valor (kN/m3)=	35
Longitud (m)=	15
X _{cent} (m)=	7,5
L (kN/m)=	525

d (m)=	30,067
L*d=	15785,175

Fo	1,41
Ff	1,50

CONDICIÓN DINAMICA

TALUD 9

METODO DE SPENCER

K dinamico	0,25
------------	------

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ (°)	hw	U (kPa)	F _{sumido}	P (kN)	C**R	(P-U)*R*TAN(ϕ)	X _{cont} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y _{cont} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)	C**COS(α)	(P-U)*TAN(ϕ)*COS(α)	P*SEN(α)	k*W
1	19	21,074	400,406	7,47	36	30	25	0	0	2	-441,637073	11982,627	-11011,54493	13,4414	30,1316	12064,87343	15,1475	42,2125	4225,534569	181,3007084	-166,607948	-259,587759	100,1015
2	19,57666163	38,2186	748,1926	6,23	27	34,2094017	27,6910876	0	0	2	381,700847	11395,7709	10711,20085	19,131	24,442	18287,32353	12,9098	44,4502	8314,327677	189,8953847	178,4879342	173,288558	187,04815
3	21,08664313	46,1156	972,4232	7,8	19	35	34,7376679	0	0	2	897,621303	14597,31	33280,57926	26,0018	17,5712	17086,64253	9,8834	47,4766	11541,83682	258,1265711	588,5058143	292,236911	243,1058
4	22	35,8908	789,5976	7,85	10	35	39	0	0	2	4225,6979	14690,8825	182969,1367	33,6654	9,9076	7823,017182	7,1725	50,1875	9906,982388	270,5759901	3369,916297	733,78474	197,3994
5	22	17,1222	376,6884	9,15	5	35	39	0	0	2	-1989,78498	17123,7675	-86156,00268	40,9476	2,6254	988,9577254	5,2674	52,0926	4905,669536	319,0313521	-1605,164636	-173,421188	94,1721
											69790,3579		129793,3692			56250,8144			38894,35099	1218,929946	2365,137462	766,301263	821,82695

Circulo	
Radio	53,47
Coordenada X	43,573
Coordenada Y	57,36

θ (°)=	75,5
---------------	------

Sobrecarga	
ω (°)=	90
Valor (kN/m3)=	35
Longitud (m)=	15
X _{cent} (m)=	7,5
L (kN/m)=	525

d (m)=	36,073
L*d=	18938,325

Fm	2
Ff	2

CONDICIÓN ESTÁTICA

TALUD 10

METODO ORDINARIO O DE FELLENIUS

K estatico	0
------------	---

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ' (°)	hw	U (kPa)	P (kN)	C'*l*R	(P-U*l)*R*TAN(ϕ')	X _{cent} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y _{cent} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)
1	20,39	60,23	1228,05	8,25	57	26,94	24,58	2,40	23,58	668,85	5867,07	5727,94	17,09	20,03	24603,68	14,39	11,9098	0
2	19,44	92,22	1792,92	7,00	34	30,00	19,27	5,86	57,44	1486,40	5544,21	10007,37	23,51	13,61	24409,89	10,37	15,9365	0
3	18,70	93,14	1741,33	7,84	18	30,00	15,10	6,75	66,17	1656,10	6209,52	8099,41	30,78	6,35	11050,12	6,76	19,5477	0
4	18,5	66,69	1233,67	8,52	10	30,00	14,00	5,02	49,19	1214,93	6748,10	5238,41	38,61	-1,49	-1838,67	4,15	22,1495	0
5	18,5	16,47	304,74	7,89	25	30,00	14,00	1,95	19,08	276,19	6249,12	826,97	45,86	-8,74	-2663,59	3,02	23,282	0
											30618,0116	29900,09739			55561,44019			0

Circulo	
Radio	26,401
Coordenada X	37,121
Coordenada Y	26,303

Sobrecarga	
ω (°)=	90
Valor (kN/m ³)=	20
Longitud (m)=	10
X _{cent} (m)=	5
L (kN/m)=	200

d (m)=	32,121
L*d=	6424,2

F.S	0,98
-----	------

CONDICIÓN ESTÁTICA

TALUD 10

METODO SIMPLIFICADO DE BISHOP

K estatico	0
------------	---

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ' (°)	hw	U (kPa)	F _{asumido}	m α	P (kN)	C'*l*R	(P-U*l)*R*TAN(ϕ')	X _{cent} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y _{cent} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)
1	20,54315262	44,7748	919,81555	6,91	59	26,9955556	25,4416547	1,8492	18,1351044	1,12	0,87912459	935,7909094	4781,934671	9883,965494	16,2274	20,1736	18555,991	14,8946	11,1414	0
2	19,59840323	91,059	1784,611	7,09	38	30	20,1510581	5,2061	51,0562227	1,12	0,9897272	1758,776915	5452,5645	13139,57311	22,2491	14,1519	25255,6364	11,1942	14,8418	0
3	18,81566057	90,233	1697,7935	7,52	15	30	15,7676992	6,4547	63,3012429	1,12	1,03117657	1626,027007	5783,256	8324,134329	29,3919	7,0091	11900,0044	7,505	18,531	0
4	18,50	65,7559	1216,48415	7,64	7	30	14	5,2155	51,1484085	1,12	1,01967601	1178,949085	5875,542	5037,64048	36,7526	-0,3516	-427,715827	4,8796	21,1564	0
5	18,5	22,7624	421,1044	8,59	23	30	14	2,36	23,14452	1,12	1,00748719	345,9045835	6606,1395	940,1493461	43,4772	-7,0762	-2979,81896	3,5426	22,4934	0
													28499,43667	37325,46276			52304,097			0

Circulo	
Radio	25,635
Coordenada X	36,401
Coordenada Y	26,036

Sobrecarga	
ω (°)=	90
Valor (kN/m3)=	20
Longitud (m)=	10
X _{cent} (m)=	5
L (kN/m)=	200

d (m)=	31,401
L*d=	6280,2

F.S	1,12
-----	------

CONDICIÓN ESTÁTICA

TALUD 10

METODO DE JANBÚ

K estatico	0
------------	---

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ (°)	hw	U (kPa)	F _{asumido}	m α	P (kN)	C'*l*cos(α)	(P-U*l)*TAN(ϕ)*COS(α)	P*SEN(α)	k*W
1	20,54	44,7948	920,2258	6,91	51	26,9941285	25,441578	1,7288	16,9543416	1,185	0,94130974	886,4745651	117,3867724	230,3214514	688,9201282	0
2	19,60	91,0013	1783,49094	7,09	25	30	20,1517207	5,2665	51,6485655	1,185	1,03718462	1692,619779	192,7716663	441,1572279	715,3320287	0
3	18,82	90,2221	1697,59185	7,52	13	30	15,7679127	6,4516	63,2708412	1,185	1,02797233	1634,547405	219,8178866	318,806682	367,6931622	0
4	18,50	65,7573	1216,51005	7,64	0	30	14	5,2431	51,4190817	1,185	1	1216,51005	229,2	205,3635637	0	0
5	18,5	22,7619	421,09515	8,59	19	30	14	2,2496	22,0618272	1,185	1,01401922	358,2535765	243,6601369	39,78007096	116,6359557	0
													1002,836462	1235,428996	1888,581275	0

Circulo	
Radio	25,635
Coordenada X	36,401
Coordenada Y	26,036

do	9,9851
lo	40,621
do/lo	0,25
fo	1,075

Sobrecarga	
ω (°)=	90
Valor (kN/m3)=	20
Longitud (m)=	10
X _{cent} (m)=	5
L (kN/m)=	200

d (m)=	31,401
L*d=	6280,2

Fo	1,185
Ff	1,27

CONDICIÓN ESTÁTICA

TALUD 10

METODO DE SPENCER

K estatico	0
------------	---

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ (°)	hw	U (kPa)	F _{sumado}	P (kN)	C'*R	(P-U)*R*TAN(ϕ)	X _{cent} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y _{cent} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)	C'*COS(α)	(P-U)*TAN(ϕ)*COS(α)	P*SEN(α)	k*W
1	20,54	44,7505	919,3024543	6,9	65	26,9914469	25,4399156	0,9046	8,8734122	1,083	609,270202	4774,287611	6683,16919	16,1792	20,2218	18589,95037	14,8817	11,1543	0	78,70884069	110,1786365	552,186328	0
2	19,60	91,1461	1786,34485	7,1	36	30	20,1527065	6,1836	60,6425652	1,083	1433,53177	5460,255	9435,763636	22,2024	14,1986	25363,59599	11,1841	14,8519	0	172,3206198	297,7840116	842,608835	0
3	18,82	90,2192	1697,538232	7,52	13	30	15,7679715	6,1212	60,0306084	1,083	1725,67638	5783,256	9223,62962	29,349	7,052	11971,03961	7,494	18,542	0	219,8178866	350,5843023	388,192721	0
4	18,50	65,758	1216,523	7,64	0	30	14	4,6299	45,4054293	1,083	1596,98633	5875,542	7989,972066	36,7095	-0,3085	-375,297345	4,8676	21,1684	0	229,2	311,6821559	0	0
5	18,5	22,7616	421,0896	8,59	18	30	14	1,9681	19,3011567	1,083	462,13125	6806,1395	1894,027687	43,4341	-7,0331	-2961,56527	3,5309	22,5051	0	245,0872642	70,26828662	142,80641	0
											28499,48011	35226,5622				52587,72336			0	945,1346114	1140,497387	1925,79429	0

Circulo	
Radio	25,635
Coordenada X	36,401
Coordenada Y	26,036

θ (°)=	37,3
---------------	------

Sobrecarga	
ω (°)=	90
Valor (kN/m3)=	20
Longitud (m)=	10
X _{cent} (m)=	5
L (kN/m)=	200

d (m)=	31,401
L*d=	6280,2

Fm	1,083
Ff	1,083

CONDICIÓN DINAMICA

TALUD 10

METODO ORDINARIO O DE FELLENIUS

K dinamico	0,25
------------	------

Dovela	γ (Kn/m3)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ (°)	hw	U (kPa)	P (kN)	C'*I*R	(P-U*I)*R*TAN(ϕ)	X _{cent} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y _{cent} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)
1	20,44	53,9032	1101,789644	7,71	56	26,996337	24,8648556	2,6155	25,6502085	387,756697	5634,18925	2383,438408	13,5032	20,9968	23134,0568	14,5646	11,9684	3296,664794
2	19,55	127,7117	2496,714595	8,64	33	30	19,8778453	6,7775	66,4669425	1753,96899	7016,2848	11545,67635	20,6414	13,8586	34600,96889	10,7648	15,7682	9842,173769
3	18,83	112,0988	2111,10455	8,46	13	30	15,8621948	7,5691	74,2301637	1938,27328	6870,1122	10078,0668	28,8798	5,6202	11864,82979	7,1512	19,3818	10229,25154
4	18,50	61,439	1136,6215	6,55	0	30	14	5,746	56,351022	1136,6215	5319,0585	5180,05387	36,3672	-1,8672	-2122,29966	4,7522	21,7808	6189,131392
5	18,5	33,2728	615,5468	9,64	24	30	14	3,3108	32,4690156	499,738623	7828,3548	1260,301275	42,8238	-8,3238	-5123,68845	3,3813	23,1517	3562,738712
											32667,9996	30447,53671			62353,86736			33119,96021

Circulo	
Radio	27,069
Coordenada X	34,5
Coordenada Y	26,533

Sobrecarga	
ω (°)=	90
Valor (kN/m3)=	20
Longitud (m)=	10
X _{cent} (m)=	5
L (kN/m)=	200

d (m)=	29,5
L*d=	5900

F.S	0,62
-----	------

CONDICIÓN DINAMICA

TALUD 10

METODO SIMPLIFICADO DE BISHOP

K dinamico	0,25
------------	------

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ' (°)	hw	U (kPa)	F _{asumido}	m α	P (kN)	C'*l*R	(P-U*l)*R*TAN(ϕ')	X _{cent} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y _{cent} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)
1	20,69	54,4382	1126,1472	9,66	50	26,6126126	26,2455702	1,6232	15,9187224	0,77	1,13330409	834,5677979	10410,62412	13593,06923	8,3406	27,7804	31284,8197	15,3524	25,4576	7167,25124
2	19,77	140,1427	2770,6732	10,34	31	30	21,1140787	5,2109	51,1032963	0,77	1,1154557	2420,23786	12561,8592	29583,56241	17,149	18,972	52565,212	12,0156	28,7944	19944,9681
3	19,04	134,3533	2558,4528	10	14	30	17,039254	7,1688	70,3044216	0,77	1,06658692	2373,82855	12148,8	20736,46122	26,7828	9,3382	23891,3439	8,2874	32,5226	20801,88426
4	18,50	90,3109	1670,75165	10,5	6	30	14	5,2835	51,8152845	0,77	1,02836848	1600,987023	12756,24	10671,5619	36,6122	-0,4912	-820,67321	4,8727	35,9373	15010,57582
5	18,5	20,1718	373,1783	10,5	19	30	14	2,065	20,251455	0,77	1,05093839	249,6890672	12756,24	374,0737309	45,4197	-9,2987	-3470,07306	3,183	37,627	3510,394974
													60633,76332	74958,72848			103450,629			66435,07439

Circulo	
Radio	40,496
Coordenada X	36,121
Coordenada Y	40,81

Sobrecarga	
ω (°)=	90
Valor (kN/m3)=	20
Longitud (m)=	10
X _{cent} (m)=	5
L (kN/m)=	200

d (m)=	31,121
L*d=	6224,2

F.S	0,77
-----	------

CONDICIÓN DINÁMICA

TALUD 10

METODO DE JANBÚ

K dinámico	0,25
------------	------

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ (°)	hw	U (kPa)	F _{asumido}	m α	P (kN)	C'*l*COS(α)	(P-U*l)*TAN(ϕ)*COS(α)	P*SEN(α)	k*W
1	20,44	54,0588	1105,1458	7,72	50	26,9631602	24,8830533	2,0323	19,9307661	0,59	1,24500902	745,0080631	133,7998383	176,2438424	570,7092869	276,28645
2	19,64	101,4441	1992,038986	7,03	28	30	20,3661619	6,1426	60,2404782	0,59	1,17833635	1654,296029	186,2136473	403,4233463	776,6449421	498,0097466
3	19,02	104,61	1989,9725	7,5	15	30	16,9275404	7,6567	75,0892569	0,59	1,09943625	1788,606946	217,3333109	360,2515837	462,9255418	497,493125
4	18,51535135	74,2117	1374,0557	6,95	0	30	14,0859676	6,5794	64,5241758	0,59	1	1374,0557	208,5	232,2568532	0	343,513925
5	18,5	40,9963	758,43155	10,05	19	30	14	3,9102	38,3473314	0,59	1,08310037	595,5897205	285,0738505	49,55321673	193,9050461	189,6078875
													1030,920647	1221,728842	2004,184817	1804,911134

Circulo	
Radio	26,291
Coordenada X	33,767
Coordenada Y	26,264

do	10,4764
lo	42,0186
do/lo	0,25
fo	1,075

Sobrecarga	
ω (°)=	90
Valor (kN/m ³)=	20
Longitud (m)=	10
X _{cent} (m)=	5
L (kN/m)=	200

d (m)=	28,767
L*d=	5753,4

Fo	0,59
Ff	0,64

CONDICIÓN DINAMICA

TALUD 10

METODO DE SPENCER

K dinámico	0,25
------------	------

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ (°)	hw	U (kPa)	F _{sumado}	P (kN)	C**R	(P-U)*R*TAN(ϕ)	X _{cent} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y _{cent} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)	C**COS(α)	(P-U)*TAN(ϕ)*COS(α)	P*SEN(α)	k*W
1	20,69	54,4264	1125,9094	9,66	44	26,6144517	26,2462187	1,0067	9,8727069	0,8	815,149254	10411,34354	14371,89363	8,255	27,866	31374,59134	15,2458	25,5642	7195,743271	184,9390997	255,2912656	566,250252	281,47735
2	19,77	140,4885	2777,451487	10,34	25	30	21,1117545	4,9498	48,5426886	0,8	2523,85344	12561,8592	31614,0686	17,0636	19,0574	52931,00397	11,9061	28,9039	20069,79501	281,1366755	707,5285597	1066,62655	694,362872
3	19,04	134,4719	2560,6469	10	10	30	17,0365734	7,1948	70,5594036	0,8	2738,51752	12148,8	25226,83438	26,6966	9,4244	24132,56064	8,1744	32,6356	20892,06199	295,4423259	613,4823706	475,538577	640,161725
4	18,50	90,0215	1665,39775	10,5	0	30	14	5,4557	53,5040499	0,8	2112,23102	12756,24	15654,44693	36,5222	-0,4012	-668,157577	4,7801	36,0299	15001,0286	315	386,5677333	0	416,349438
5	18,5	22,6216	418,4996	10,5	19	30	14	1,4807	14,5212249	0,8	444,687679	12756,24	2950,430716	45,7824	-9,6614	-4043,29204	3,0423	37,7677	3951,441836	297,8383513	68,88796544	144,776147	104,6249
												60634,48274	89817,67426			103726,7063			67110,0707	1374,356452	2031,757895	2253,19153	2136,97628

Circulo	
Radio	40,496
Coordenada X	36,121
Coordenada Y	40,81

θ (°)=	27
---------------	----

Sobrecarga	
ω (°)=	90
Valor (kN/m3)=	20
Longitud (m)=	10
X _{cent} (m)=	5
L (kN/m)=	200

d (m)=	31,121
L*d=	6224,2

Fm	0,8
Ff	0,8

CONDICIÓN ESTÁTICA

TALUD 11

METODO ORDINARIO O DE FELLENIUS

K estatico	0
------------	---

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ' (°)	hw	U (kPa)	P (kN)	C'*I*R	(P-U*I)*R*TAN(ϕ')	X _{cent} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y _{cent} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)
1	19,28581784	21,7971	420,3749	6	50	30,6695939	25,8166224	0,8601	8,4350007	270,211777	5761,77392	3326,425984	11,4496	22,3304	9387,139667	12,6362	19,3858	0
2	20,87810078	68,7851	1436,10225	8	31	20	30,3660022	4,2864	42,0367248	1230,97989	5009,76	16413,09597	17,6621	16,1179	23146,95246	9,6071	22,4149	0
3	22,15154179	81,6095	1807,77625	9,12	14	20	34,0044051	7,3647	72,2256129	1754,07757	5711,1264	23137,75392	25,9657	7,8143	14126,50595	6,3132	25,7088	0
4	22,5	60,6266	1364,0985	9,15	4	20	35	5,862	57,488634	1360,77562	5729,913	18301,32584	34,7769	-0,9969	-1359,86979	4,2113	27,8107	0
5	22,5	16,6427	374,46075	7,98	21	20	35	2,2299	21,8686293	349,589227	4997,2356	3838,435238	42,2293	-8,4493	-3163,93121	3,5002	28,5218	0
												27209,8089	65017,03696	42136,79706		0		

Circulo	
Radio	31,311
Coordenada X	33,78
Coordenada Y	32,022

Sobrecarga	
ω (°)=	90
Valor (kN/m ³)=	20
Longitud (m)=	10
X _{cent} (m)=	5
L (kN/m)=	200

d (m)=	27,78
L*d=	16668

F.S	1,57
-----	------

CONDICIÓN ESTÁTICA

TALUD 11

METODO SIMPLIFICADO DE BISHOP

K estatico	0
------------	---

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ' (°)	hw	U (kPa)	F _{asumido}	m α	P (kN)	C'*l*R	(P-U*l)*R*TAN(ϕ')	X _{cent} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y _{cent} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)
1	19,28581784	21,7971	420,3749	6	50	30,6695939	25,8166224	0,8601	8,4350007	1,63	0,87014624	396,9442404	5761,773919	5246,110661	11,4496	22,3304	9387,13967	12,6362	19,3858	0
2	20,87810078	68,7851	1436,10225	8	31	20	30,3660022	4,2864	42,0367248	1,63	1,04229637	1389,052256	5009,76	19312,9476	17,6621	16,1179	23146,9525	9,6071	22,4149	0
3	22,15154179	81,6095	1807,77625	9,12	14	20	34,0044051	7,3647	72,2256129	1,63	1,07042176	1725,16814	5711,1264	22527,09892	25,9657	7,8143	14126,506	6,3132	25,7088	0
4	22,5	60,6266	1364,0985	9,15	4	20	35	5,862	57,488634	1,63	1,0275297	1335,269926	5729,913	17742,13384	34,7769	-0,9969	-1359,86979	4,2113	27,8107	0
5	22,5	16,6427	374,46075	7,98	21	20	35	2,2299	21,8686293	1,63	1,0875264	336,7613314	4997,2356	3557,193918	42,2293	-8,4493	-3163,93121	3,5002	28,5218	0
													27209,80892	68385,48495	42136,7971	0				

Circulo	
Radio	31,311
Coordenada X	33,78
Coordenada Y	32,022

Sobrecarga	
ω (°)=	90
Valor (kN/m3)=	20
Longitud (m)=	10
X _{cent} (m)=	5
L (kN/m)=	200

d (m)=	27,78
L*d=	16668

F.S	1,63
-----	------

CONDICIÓN ESTÁTICA

TALUD 11

METODO DE JANBÚ

K estatico	0
------------	---

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ (°)	hw	U (kPa)	F _{asumido}	m α	P (kN)	C'*I*COS(α)	(P-U*I)*TAN(ϕ)*COS(a)	P*SEN(α)	k*W
1	19,28581784	21,7971	420,3749	6	50	30,6695939	25,82	0,8601	8,4350007	1,67	0,86470053	401,5209261	118,2842095	109,1212837	307,5828742	0
2	20,87810078	68,7851	1436,10225	8	31	20	30,37	4,2864	42,0367248	1,67	1,03786214	1394,716873	137,1467681	531,554476	718,3322932	0
3	22,15154179	81,6095	1807,77625	9,12	14	20	34	7,3647	72,2256129	1,67	1,06802354	1728,170002	176,9819405	700,0566177	418,0821628	0
4	22,5	60,6266	1364,0985	9,15	4	20	35	5,8620	57,488634	1,67	1,02681196	1336,018274	182,5542212	565,7846078	93,19592363	0
5	22,5	16,6427	374,46075	7,98	21	20	35	2,2299	21,8686293	1,67	1,08383907	338,0887698	148,9994361	106,930364	121,1601792	0
													763,9665754	2013,447349	1658,353433	0

Círculo	
Radio	31,311
Coordenada X	33,78
Coordenada Y	32,022

do	7,95
lo	41,73
do/lo	0,19
fo	1,063

Sobrecarga	
ω (°)=	90
Valor (kN/m ³)=	20
Longitud (m)=	10
X _{cent} (m)=	5
L (kN/m)=	200

d (m)=	27,78
L*d=	16668

Fo	1,67
Ff	1,78

CONDICIÓN ESTÁTICA

TALUD 11

METODO DE SPENCER

K estatico	0
------------	---

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ (°)	hw	U (kPa)	F _{sumido}	P (kN)	C''*R	(P-U'')*R*TAN(ϕ)	X _{cent} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y _{cent} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)	C''*COS(α)	(P-U'')*TAN(ϕ)*COS(α)	P*SEN(α)	k*W
1	19,28581784	21,7971	420,3749	6	50	30,6695939	25,8166224	0,8601	8,4350007	2,5	67,0441821	5761,773919	248,9373178	11,4496	22,3304	9387,139667	12,6362	19,3858	0	118,2842095	5,110466721	51,3588231	0
2	20,87810078	68,7851	1436,10225	8	31	20	30,3660022	4,2864	42,0367248	2,5	-11,3222087	5009,76	-6377,046592	17,6621	16,1179	23146,95246	9,6071	22,4149	0	137,1467681	-174,5774908	-5,83136857	0
3	22,15154179	81,6095	1807,77625	9,12	14	20	34,0044051	7,3647	72,2256129	2,5	6726,27377	5711,1264	128165,6477	25,9657	7,8143	14126,50595	6,3132	25,7088	0	176,9819405	3971,721766	1627,2329	0
4	22,5	60,6266	1364,0585	9,15	4	20	35	5,862	57,488634	2,5	321,497384	5729,913	-4484,01633	34,7769	-0,9969	-1359,86979	4,2113	27,8107	0	182,5542212	-142,8601288	22,4265238	0
5	22,5	16,6427	374,46075	7,98	21	20	35	2,2299	21,8686293	2,5	157,543951	4997,2356	-372,0034634	42,2293	-8,4493	-3163,93121	3,5002	28,5218	0	148,9994361	-11,09179368	56,4387026	0
												27209,80882	117181,5186			42136,79706			0	783,9665754	3648,302819	1751,64558	0

Circulo	
Radio	31,311
Coordenada X	33,78
Coordenada Y	32,022

θ (°)=	89,64
---------------	-------

Sobrecarga	
ω (°)=	90
Valor (kN/m3)=	20
Longitud (m)=	10
X _{cent} (m)=	5
L (kN/m)=	200

d (m)=	27,78
L*d=	16668

Fm	2,5
Ff	2,5

CONDICIÓN DINAMICA

TALUD 11

METODO ORDINARIO O DE FELLENIUS

K dinámico	0,25
------------	------

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ' (°)	hw	U (kPa)	P (kN)	C'*I*R	(P-U*I)*R*TAN(ϕ')	X _{cent} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y _{cent} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)
1	19,28836076	21,7918	420,3281	6	52	30,66	25,8238879	0,7142	7,0041594	175,974052	6050,81232	2132,139508	11,4523	23,5647	9904,905578	12,6338	20,3852	2142,118096
2	20,96219665	76,4165	1601,8577	8,72	31	20	30,6062761	4,4678	43,8157146	1166,80561	5736,3648	15268,65016	18,0478	16,9692	27182,24368	9,377	23,642	9467,779936
3	22,21698176	79,4523	1765,1903	8,61	15	20	34,1913765	7,7206	75,7159242	1590,82668	9664,0024	20981,07548	26,4534	8,5636	15116,38365	5,9908	27,0282	11927,47912
4	22,5	62,0977	1397,19825	8,7	0	20	35	6,4936	63,6827352	1397,19825	5723,208	19418,97319	34,7885	0,2285	319,2598001	3,8991	29,1199	10171,56833
5	22,5	28,3906	638,7885	11,17	18	20	35	3,2428	31,8021396	558,17484	7348,0728	4674,070862	42,8296	-7,8126	-4990,59904	3,0955	29,9235	4778,69692
											30522,4603	62474,9092			47532,19368			38487,6424

Circulo	
Radio	32,892
Coordenada X	35,017
Coordenada Y	33,019

Sobrecarga	
ω (°)=	90
Valor (kN/m ³)=	20
Longitud (m)=	10
X _{cent} (m)=	5
L (kN/m)=	200

d (m)=	29,017
L*d=	17410,2

F.S	0,90
-----	------

CONDICIÓN DINAMICA

TALUD 11

METODO SIMPLIFICADO DE BISHOP

K dinamico	0,25
------------	------

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ' (°)	hw	U (kPa)	F _{asumido}	m α	P (kN)	C'*l*R	(P-U*l)*R*TAN(ϕ')	X _{cent} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y _{cent} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)
1	19,28581784	21,7971	420,3749	6	50	30,6695939	25,8166224	0,8601	8,4350007	0,95	1,03288716	282,4441784	5761,773919	3511,716735	11,4496	22,3304	9387,13967	12,6362	19,3858	2037,325934
2	20,87810078	68,7851	1436,10225	8	31	20	30,3660022	4,2864	42,0367248	0,95	1,17480981	1239,502931	5009,76	16569,45193	17,6621	16,1179	23146,9525	9,6071	22,4149	8047,522081
3	22,15154179	81,6095	1807,77625	9,12	14	20	34,0044051	7,3647	72,2256129	0,95	1,14209093	1641,277664	5711,1264	20755,07713	25,9657	7,8143	14126,506	6,3132	25,7088	11618,93951
4	22,5	60,6266	1364,0985	9,15	4	20	35	5,862	57,488634	0,95	1,0489788	1313,378727	5729,913	17262,18687	34,7769	-0,9969	-1359,86979	4,2113	27,8107	9484,133538
5	22,5	16,6427	374,46075	7,98	21	20	35	2,2299	21,8686293	0,95	1,19771931	300,863689	4997,2356	2770,16689	42,2293	-8,4493	-3163,93121	3,5002	28,5218	2670,073655
													27209,80892	60868,59956	42136,7971	33857,99472				

Circulo	
Radio	31,311
Coordenada X	33,78
Coordenada Y	32,022

Sobrecarga	
ω (°)=	90
Valor (kN/m3)=	20
Longitud (m)=	10
X _{cent} (m)=	5
L (kN/m)=	200

d (m)=	27,78
L*d=	16668

F.S	0,95
-----	------

CONDICIÓN DINAMICA

TALUD 11

METODO DE JANBÚ

K dinámico	0,25
------------	------

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ (°)	hw	U (kPa)	F _{asumido}	m α	P (kN)	C'*I*COS(α)	(P-U*I)*TAN(ϕ)*COS(a)	P*SEN(α)	k*W
1	19,28581784	21,7971	420,3749	6	50	30,6695939	25,82	0,8601	8,4350007	0,91	1,05003439	272,446671	118,2842095	68,98360907	208,7062583	105,093725
2	20,87810078	68,7851	1436,10225	8	31	20	30,37	4,2864	42,0367248	0,91	1,18877212	1225,687184	137,1467681	446,6654655	631,2755678	359,0255625
3	22,15154179	81,6095	1807,77625	9,12	14	20	34	7,3647	72,2256129	0,91	1,14964237	1633,047621	176,9819405	637,7912878	395,069976	451,9440625
4	22,5	60,6266	1364,0985	9,15	4	20	35	5,8620	57,488634	0,91	1,05123879	1311,124178	182,5542212	548,3960352	91,45939926	341,024625
5	22,5	16,6427	374,46075	7,98	21	20	35	2,2299	21,8686293	0,91	1,20932981	297,4622846	148,9994361	80,3728285	106,600949	93,6151875
													763,9665754	1782,209226	1433,11215	1350,703163

Círculo	
Radio	31,311
Coordenada X	33,78
Coordenada Y	32,022

do	7,95
lo	41,73
do/lo	0,19
fo	1,063

Sobrecarga	
ω (°)=	90
Valor (kN/m3)=	20
Longitud (m)=	10
X _{cent} (m)=	5
L (kN/m)=	200

d (m)=	27,78
L*d=	16668

Fo	0,91
Ff	0,97

CONDICIÓN DINAMICA

TALUD 11

METODO DE SPENCER

K dinámico	0,25
------------	------

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ (°)	hw	U (kPa)	F _{sumido}	P (kN)	C**R	(P-U)*R*TAN(ϕ)	X _{cent} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y _{cent} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)	C**I* $\cos(\alpha)$	(P-U)*TAN(ϕ)* $\cos(\alpha)$	P* $\sin(\alpha)$	k*W
1	19,28581784	21,7971	420,3749	6	50	30,6695939	25,8166224	0,8601	8,4350007	1,3	269,866617	5761,773919	3321,197663	11,4496	22,3304	9387,139667	12,6362	19,3858	2037,325934	118,2842095	68,18130073	206,729823	105,093725
2	20,87810078	68,7851	1436,10225	8	31	20	30,3660022	4,2864	42,0367248	1,3	1142,85509	5009,76	14796,43864	17,6621	16,1179	23146,95246	9,6071	22,4149	8047,522081	137,1467681	405,0660589	588,613884	359,025563
3	22,15154179	81,6095	1807,77625	9,12	14	20	34,0044051	7,3647	72,2256129	1,3	2074,35844	5711,1264	29903,0593	25,9657	7,8143	14126,50595	6,3132	25,7088	11618,93951	176,9819405	926,6650903	501,832727	451,944063
4	22,5	60,6266	1364,0985	9,15	4	20	35	5,862	57,488634	1,3	2538,93126	5729,913	44131,44359	34,7769	-0,9969	-1359,86979	4,2113	27,8107	9484,133538	182,5542212	1406,021578	177,106892	341,024625
5	22,5	16,6427	374,46075	7,98	21	20	35	2,2299	21,8686293	1,3	415,853796	4997,2356	5291,23278	42,2293	-8,4493	-3163,93121	3,5002	28,5218	2670,073655	148,9994361	157,7653654	149,028672	93,6151875
												27209,80882	97443,37198			42136,79706			33857,99472	783,9665754	2963,699393	1623,312	1350,70316

Circulo	
Radio	31,311
Coordenada X	33,78
Coordenada Y	32,022

θ (°)=	50,2
---------------	------

Sobrecarga	
ω (°)=	90
Valor (kN/m3)=	20
Longitud (m)=	10
X _{cent} (m)=	5
L (kN/m)=	200

d (m)=	27,78
L*d=	16668

Fm	1,3
Ff	1,3

CONDICIÓN ESTÁTICA

TALUD 12

METODO ORDINARIO O DE FELLENIUS

K estatico	0
------------	---

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ' (°)	hw	U (kPa)	P (kN)	C'*I*R	(P-U*I)*R*TAN(ϕ')	X _{cent} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y _{cent} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)
1	19,03534302	18,7873	357,6227	5,41	50	29,5246479	25,1060291	0	0	229,875441	4975,05876	3354,875243	15,3074	22,9646	8212,662256	14,7329	18,5991	0
2	20,827035	58,9495	1227,7433	7,71	31	25	30,481105	3,1463	30,8557641	1052,38141	6003,58425	14932,04938	21,1451	17,1269	21027,43672	11,2531	22,0789	0
3	22,59459829	59,9219	1353,911259	7,65	16	25	35,7837949	6,5564	64,2986148	1301,46303	5956,86375	18175,47411	28,6175	9,6545	13071,33625	7,7361	25,5959	0
4	23	46,0378	1058,8694	7,55	3	25	37	5,2636	51,6201252	1057,41826	5878,99625	15671,23069	36,0247	2,2473	2379,597203	5,423	27,909	0
5	23	18,7174	430,5002	8,68	8	25	37	2,0957	20,5525299	426,310602	6758,899	5818,791673	42,7295	-4,4575	-1918,95464	4,1981	29,1339	0
											29573,402	57952,42109			42772,0778			0

Circulo	
Radio	31,147
Coordenada X	38,272
Coordenada Y	33,332

Sobrecarga	
ω (°)=	90
Valor (kN/m ³)=	35
Longitud (m)=	15
X _{cent} (m)=	7,5
L (kN/m)=	525

d (m)=	30,772
L*d=	16155,3

F.S	1,49
-----	------

CONDICIÓN ESTÁTICA

TALUD 12

METODO SIMPLIFICADO DE BISHOP

K estatico	0
------------	---

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ' (°)	hw	U (kPa)	F _{asumido}	m α	P (kN)	C'*l*R	(P-U*l)*R*TAN(ϕ')	X _{cent} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y _{cent} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)
1	19,03534302	18,7873	357,6227	5,41	50	29,5246479	25,1060291	0	0	1,5	0,88208077	312,9532299	4975,058764	4567,338907	15,3074	22,9646	8212,66226	14,7329	18,5991	0
2	20,827035	58,9495	1227,7433	7,71	31	25	30,481105	3,1463	30,8557641	1,5	1,05926855	1141,958174	6003,58425	16574,27381	21,1451	17,1269	21027,4367	11,2531	22,0789	0
3	22,59459829	59,9219	1353,911259	7,65	16	25	35,7837949	6,5564	64,2986148	1,5	1,09371333	1265,339239	5956,86375	17364,47557	28,6175	9,6545	13071,3363	7,7361	25,5959	0
4	23	46,0378	1058,8694	7,55	3	25	37	5,2636	51,6201252	1,5	1,02492152	1036,694616	5878,99625	15184,8272	36,0247	2,2473	2379,5972	5,423	27,909	0
5	23	18,7174	430,5002	8,68	8	25	37	2,0957	20,5525299	1,5	1,06018437	398,835607	6758,899	5173,927503	42,7295	-4,4575	-1918,95464	4,1981	29,1339	0
													29573,40201	58864,84299			42772,0778			0

Circulo	
Radio	31,147
Coordenada X	38,272
Coordenada Y	33,332

Sobrecarga	
ω (°)=	90
Valor (kN/m3)=	35
Longitud (m)=	15
X _{cent} (m)=	7,5
L (kN/m)=	525

d (m)=	30,772
L*d=	16155,3

F.S	1,50
-----	------

CONDICIÓN ESTÁTICA

TALUD 12

METODO DE JANBÚ

K estatico	0
------------	---

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ (°)	hw	U (kPa)	F _{asumido}	m α	P (kN)	C'*I*COS(α)	(P-U*I)*TAN(ϕ)*COS(α)	P*SEN(α)	k*W
1	19,03552515	18,8261	358,3647	5,4	49	29,5240893	25,1065754	0	0	1,87	0,84516995	347,8834402	104,595545	106,9436566	262,5509651	0
2	20,71459682	52,8992	1095,7856	7,01	32	25	30,1437905	3,0878	30,2820546	1,87	1,01260681	1067,596456	148,6204289	421,2127615	565,7399285	0
3	22,42896426	55,1314	1236,5402	7,04	20	25	35,2868928	5,7163	56,0597541	1,87	1,06912915	1174,25811	165,3859013	518,4453789	401,619927	0
4	23	45,7154	1051,4542	7,2	6	25	37	5,5844	54,7662108	1,87	1,03664374	1020,603264	179,0139412	469,3554229	106,6820908	0
5	23	21,6771	498,5733	8,6	3	25	37	2,3242	22,7934294	1,87	1,01971936	487,0851582	214,70535	219,0301117	25,49206753	0
													812,3211662	1734,987332	1362,084979	0

Circulo	
Radio	30,224
Coordenada X	37,567
Coordenada Y	32,714

do	6,53
lo	37,57
do/lo	0,17
fo	1,059

Sobrecarga	
ω (°)=	90
Valor (kN/m3)=	35
Longitud (m)=	15
X _{cent} (m)=	7,5
L (kN/m)=	525

d (m)=	30,067
L*d=	15785,175

Fo	1,87
Ff	1,98

CONDICIÓN ESTÁTICA

TALUD 12

METODO DE SPENCER

K estatico	0
------------	---

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ (°)	hw	U (kPa)	F _{sumido}	P (kN)	C'*R	(P-U)*R*TAN(ϕ)	X _{cent} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y _{cent} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)	C'*COS(α)	(P-U)*TAN(ϕ)*COS(α)	P*SEN(α)	k*W
1	19,03534302	18,7873	357,6227	5,41	50	29,5246479	25,1060291	0	0	2	107,088365	4975,058764	1562,881638	15,3074	22,9646	8212,662256	14,7329	18,5991	0	102,6714011	32,25353813	82,034447	0
2	20,827035	58,9495	1227,7433	7,71	31	25	30,481105	3,1463	30,8557641	2	322,518092	6003,58425	1551,354104	21,1451	17,1269	21027,43672	11,2531	22,0789	0	165,2189972	42,69335762	166,109097	0
3	22,59459829	59,9219	1353,911259	7,65	16	25	35,7837949	6,5564	64,2986148	2	5276,4379	5956,86375	107415,7902	28,6175	9,6545	13071,33625	7,7361	25,5959	0	183,8412993	3315,0764	1454,38339	0
4	23	46,0378	1058,8694	7,55	3	25	37	5,2636	51,6201252	2	-86,4224491	5878,99625	-11175,79503	36,0247	2,2473	2379,597203	5,423	27,909	0	188,4913247	-358,3163383	-4,52300151	0
5	23	18,7174	430,5002	8,68	8	25	37	2,0957	20,5525299	2	-438,347131	6758,899	-14475,54501	42,7295	-4,4575	-1918,95464	4,1981	29,1339	0	214,8881709	-460,226346	-61,0061295	0
												29573,40201	84878,68588			42772,0778			0	855,1111933	2571,480612	1636,99781	0

Circulo	
Radio	31,147
Coordenada X	38,272
Coordenada Y	33,332

θ (°)=	86
---------------	----

Sobrecarga	
ω (°)=	90
Valor (kN/m3)=	35
Longitud (m)=	15
X _{cent} (m)=	7,5
L (kN/m)=	525

d (m)=	30,772
L*d=	16155,3

Fm	2
Ff	2

CONDICIÓN DINAMICA

TALUD 12

METODO ORDINARIO O DE FELLENIUS

K dinámico	0,25
------------	------

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ' (°)	hw	U (kPa)	P (kN)	C'*I*R	(P-U*I)*R*TAN(ϕ')	X _{cent} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y _{cent} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)
1	19,54295821	41,9724	820,2648592	8,5	46	28,134984	26,6288746	1,4127	13,8543489	422,29156	8332,85076	5320,297761	14,0774	23,7976	19520,33501	13,8057	21,9343	4497,983875
2	21,37073619	85,1264	1819,213837	7,97	29	25	32,1122086	5,1314	50,3236398	1370,62718	6942,667	21202,01979	21,3849	16,4901	29999,01809	10,0642	25,6758	11677,44266
3	22,77962385	78,533	1788,9522	8,58	14	25	36,3388716	8,1046	79,4818122	1627,616	7474,038	24239,09235	29,8244	8,0506	14402,13858	6,5396	29,2004	13059,52996
4	23	55,4772	1275,9756	8,5	2	25	37	5,864	57,508248	1264,06558	7404,35	20355,49434	38,1053	-0,2303	-293,857181	4,3142	31,4258	10024,6385
5	23	18,321	421,383	9,5	10	25	37	1,698	16,652286	396,688148	8275,45	6262,030703	45,6661	-7,7911	-3283,03709	3,3328	32,4072	3413,960789
											38429,3558	77378,93494			60344,59742			42673,55578

Circulo	
Radio	34,844
Coordenada X	37,875
Coordenada Y	35,74

Sobrecarga	
ω (°)=	90
Valor (kN/m ³)=	35
Longitud (m)=	15
X _{cent} (m)=	7,5
L (kN/m)=	525

d (m)=	30,375
L*d=	15946,875

F.S	0,97
-----	------

CONDICIÓN DINAMICA

TALUD 12

METODO SIMPLIFICADO DE BISHOP

K dinamico	0,25
------------	------

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ' (°)	hw	U (kPa)	F _{asumido}	m α	P (kN)	C'*l*R	(P-U*l)*R*TAN(ϕ')	X _{cent} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y _{cent} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)
1	19,03534302	18,7873	357,6227	5,41	50	29,5246479	25,1060291	0	0	0,95	1,02061892	224,2009603	4975,058764	3272,060076	15,3074	22,9646	8212,66226	14,7329	18,5991	1662,86509
2	20,827035	58,9495	1227,7433	7,71	31	25	30,481105	3,1463	30,8557641	0,95	1,17627454	1019,455665	6003,58425	14328,41669	21,1451	17,1269	21027,4367	11,2531	22,0789	6776,805387
3	22,59459829	59,9219	1353,911259	7,65	16	25	35,7837949	6,5564	64,2986148	0,95	1,17039585	1197,279483	5956,86375	15836,49756	28,6175	9,6545	13071,3363	7,7361	25,5959	8663,644302
4	23	46,0378	1058,8694	7,55	3	25	37	5,2636	51,6201252	0,95	1,04014319	1023,561256	5878,99625	14876,57479	36,0247	2,2473	2379,5972	5,423	27,909	7387,996521
5	23	18,7174	430,5002	8,68	8	25	37	2,0957	20,5525299	0,95	1,10066223	380,1384244	6758,899	4735,086903	42,7295	-4,4575	-1918,95464	4,1981	29,1339	3135,537444
													29573,40201	53048,63602			42772,0778			27626,84874

Circulo	
Radio	31,147
Coordenada X	38,272
Coordenada Y	33,332

Sobrecarga	
ω (°)=	90
Valor (kN/m3)=	35
Longitud (m)=	15
X _{cent} (m)=	7,5
L (kN/m)=	525

d (m)=	30,772
L*d=	16155,3

F.S	0,95
-----	------

CONDICIÓN DINAMICA

TALUD 12

METODO DE JANBÚ

K dinámico	0,25
------------	------

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ (°)	hw	U (kPa)	F _{asumido}	m α	P (kN)	C'*l*COS(α)	(P-U*l)*TAN(ϕ)*COS(α)	P*SEN(α)	k*W
1	19,19013333	26,0554	500,0066	6,5	48	28,8955823	25,5704	0,5886	5,7724002	1	1,02471401	364,7553197	125,6769704	104,7703263	271,0660284	125,00165
2	20,92267831	79,4292	1661,8716	8,5	30	25	30,7680349	4,0667	39,8821269	1	1,16370728	1423,498175	184,0303983	559,1683861	711,7490875	415,4679
3	22,46655286	73,1094	1642,5162	7,88	17	25	35,3996586	7,2229	70,8349803	1	1,16407989	1461,149565	188,3920369	613,660019	427,1987892	410,62905
4	23	58,4327	1343,9521	8,27	4	25	37	6,2284	61,0819188	1	1,05012932	1291,348726	206,2463674	591,001975	90,07993348	335,988025
5	23	22,6917	521,9091	9,1	7	25	37	2,5623	25,1284761	1	1,08438129	475,0945916	225,8042495	184,3107611	57,89946593	130,477275
													930,1500225	2052,911468	1557,993305	1417,5639

Circulo	
Radio	32,903
Coordenada X	36,372
Coordenada Y	34,486

do	7,69
lo	42,3
do/lo	0,18
fo	1,06

Sobrecarga	
ω (°)=	90
Valor (kN/m3)=	35
Longitud (m)=	15
X _{cent} (m)=	7,5
L (kN/m)=	525

d (m)=	28,872
L*d=	15157,8

Fo	1,00
Ff	1,06

CONDICIÓN DINAMICA

TALUD 12

METODO DE SPENCER

K dinámico	0,25
------------	------

Dovela	γ (Kn/m ³)	AREA (m ²)	W (kN)	l (m)	α (°)	C' (kPa)	ϕ (°)	hw	U (kPa)	F _{sumido}	P (kN)	C**R	(P-U)*R*TAN(ϕ)	X _{cont} (m)	X (m)	W*X (kN-m)	Y _{cont} (m)	e (m)	k*W*e (kN-m)	C**COS(α)	(P-U)*TAN(ϕ)*COS(α)	P*SEN(α)	k*W
1	19,03534302	18,7873	357,6227	5,41	50	29,5246479	25,1060291	0	0	1,5	225,984441	4975,058764	3298,088765	15,3074	22,9646	8212,662256	14,7329	18,5991	1662,86509	102,6714011	68,06339595	173,114126	89,405675
2	20,827035	58,9495	1227,7433	7,71	31	25	30,481105	3,1463	30,8557641	1,5	967,57885	6003,58425	13377,35113	21,1451	17,1269	21027,43672	11,2531	22,0789	6776,805387	165,2189972	368,1455023	498,339948	306,935825
3	22,59459829	59,9219	1353,911259	7,65	16	25	35,7837949	6,5564	64,2986148	1,5	1464,19703	5956,86375	21828,93962	28,6175	9,6545	13071,33625	7,7361	25,5959	8663,644302	183,8412993	673,6868245	403,587399	338,477815
4	23	46,0378	1058,8694	7,55	3	25	37	5,2636	51,6201252	1,5	2191,79427	5878,99625	42296,11106	36,0247	2,2473	2379,597203	5,423	27,909	7387,996521	188,4913247	1356,090337	114,709649	264,71735
5	23	18,7174	430,5002	8,68	8	25	37	2,0957	20,5525299	1,5	826,980355	6758,899	15222,89062	42,7295	-4,4575	-1918,95464	4,1981	29,1339	3135,537444	214,8881709	483,9869808	115,09342	107,62505
											29573,40201	96023,3812				42772,0778			27626,84874	855,1111933	2949,97304	1304,84454	1107,16171

Circulo	
Radio	31,147
Coordenada X	38,272
Coordenada Y	33,332

θ (°)=	52,3
---------------	------

Sobrecarga	
ω (°)=	90
Valor (kN/m3)=	35
Longitud (m)=	15
X _{cent} (m)=	7,5
L (kN/m)=	525

d (m)=	30,772
L*d=	16155,3

Fm	1,5
Ff	1,6