

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE  
HUANCAVELICA**

(Creada por Ley N° 25265)



**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS CIVIL  
AMBIENTAL  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - LIRCAY**

**TESIS**

**INYECCIÓN DE ANCLAJE AL MURO DE  
CONCRETO PARA LA CONSERVACIÓN DEL  
TALUD DE LA AV. 28 DE ABRIL DEL BARRIO  
DE SAN CRISTOBAL, HUANCAVELICA**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:  
GEOTECNIA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERA CIVIL**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. QUISPE HILARIO, Jovica  
Bach. LANDEO ESCOBAR, Liliana**

**HUANCAVELICA – PERÚ**

**2019**



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS FINAL DE INVESTIGACION CIENTIFICA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



EN LA CIUDAD DE LIRCAY, EN EL AULA 23 DE LA ESCUELA PROFESIONAL INGENIERÍA MINAS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS CIVIL AMBIENTAL - UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA, A LOS 12 DÍAS DEL MES DE DICIEMBRE DEL AÑO 2019 A HORAS 10:00 A.M. SE REUNIERON LOS MIEMBROS DEL JURADOS DESIGNADO CON RESOLUCION N° 247-2019 – FIMCA – UNH (08/08/2019) CONFORMADO EN LA SIGUIENTE MANERA

**PRESIDENTE** : Ing. ENRIQUE RIGOBERTO CAMAC OJEDA  
**SECRETARIO** : Ing. DEDICACIÓN MIGUEL MEDINA CHAMPE  
**VOCAL** : Mg. FRANKLIN SURICHAQUI GUTIERREZ

Y EN CUMPLIMIENTO A LA RESOLUCIÓN N° 418 -2019-FIMCA-UNH, DE HORA Y FECHA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS TITULADO: "INYECCIÓN DE ANCLAJE AL MURO DE CONCRETO PARA LA CONSERVACIÓN DEL TALUD DE LA AV. 28 DE ABRIL DEL BARRIO DE SAN CRISTÓBAL, HUANCAMELICA"

CUYOS AUTORES (EL) (LOS) GRADUADOS (S):

**BACHILLER (S):**

QUISPE HILARIO JOVICA  
LANDEO ESCOBAR LILIANA

A FIN DE PROCEDER CON LA SUSTENTACION DE LA TESIS FINAL DE INVESTIGACION CIENTIFICA. ACTO SEGUIDO SE INVITA A LOS SUSTENTANTES Y PÚBLICO EN GENERAL ABANDONAR EL AULA 23 POR UNOS MINUTOS PARA LA **DELIBERACIÓN DE LOS RESULTADOS**; LUEGO SE INVITÓ A PASAR NUEVAMENTE AL AULA 23 A LOS SUSTENTANTES Y PÚBLICO EN GENERAL, EN LA QUE SE DA LA LECTURA DEL ACTA DE SUSTENTACIÓN, SIENDO EL RESULTADO **APROBADO POR MAYORÍA**, CULMINANDO A LAS 11:30 A.M (ONCE TREINTA) DE LA MAÑANA, Y SE DA POR CONCLUIDO EL ACTO DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS.

**BACHILLER: QUISPE HILARIO JOVICA**

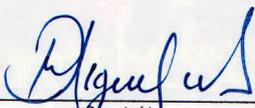
MIEMBROS:	RESULTADO FINAL:
PRESIDENTE	<b>APROBADO POR MAYORÍA</b>
SECRETARIO	
VOCAL	

**BACHILLER: LANDEO ESCOBAR LILIANA**

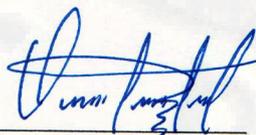
MIEMBROS:	RESULTADO FINAL:
PRESIDENTE	<b>APROBADO POR MAYORÍA</b>
SECRETARIO	
VOCAL	

EN CONFORMIDAD A LO ACTUADO FIRMAMOS AL PIE DEL PRESENTE.

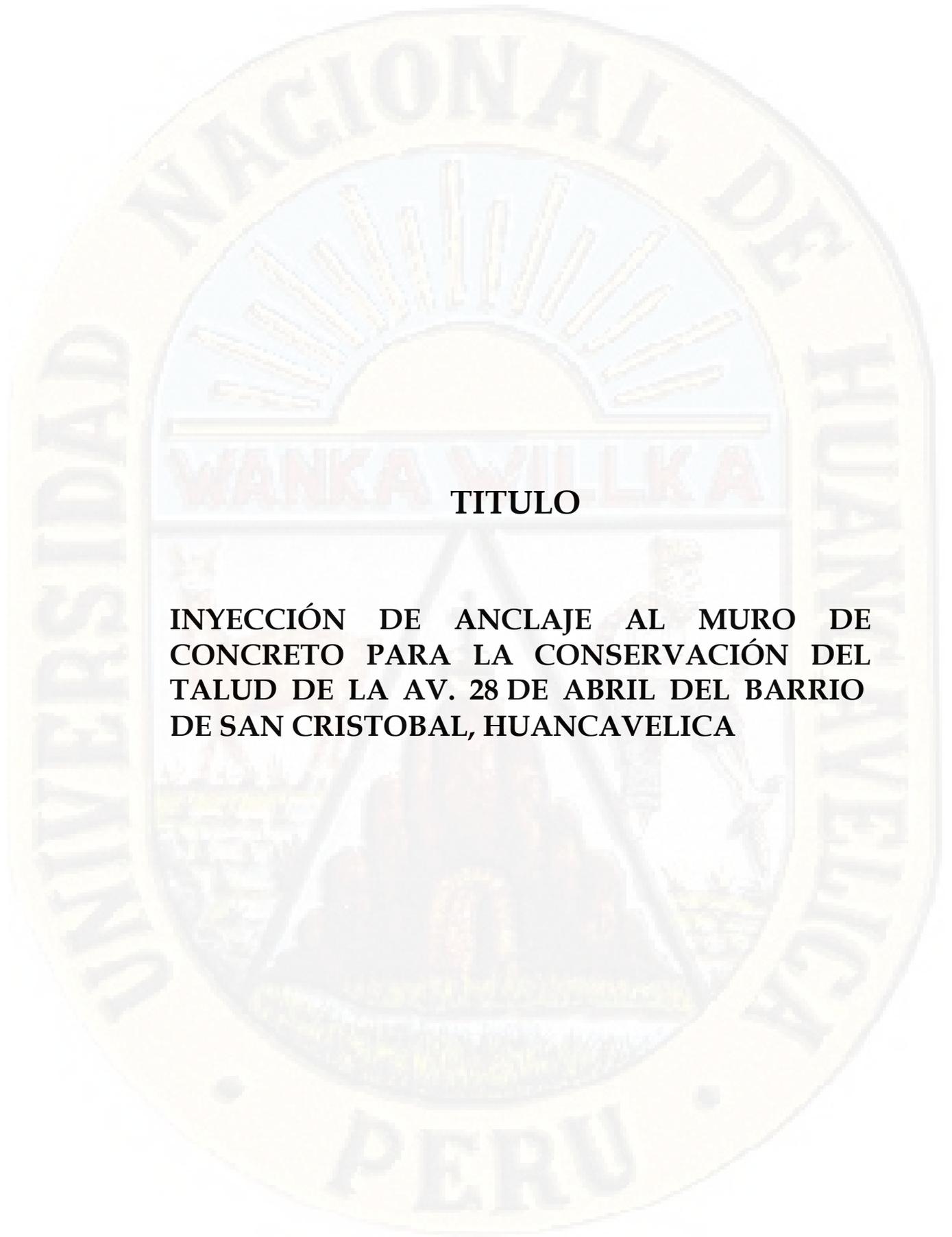
  
\_\_\_\_\_  
Presidente  
Ing. ENRIQUE RIGOBERTO CAMAC OJEDA

  
\_\_\_\_\_  
Secretario  
Ing. DEDICACIÓN MIGUEL MEDINA CHAMPE

  
\_\_\_\_\_  
Vocal  
Mg. FRANKLIN SURICHAQUI GUTIERREZ

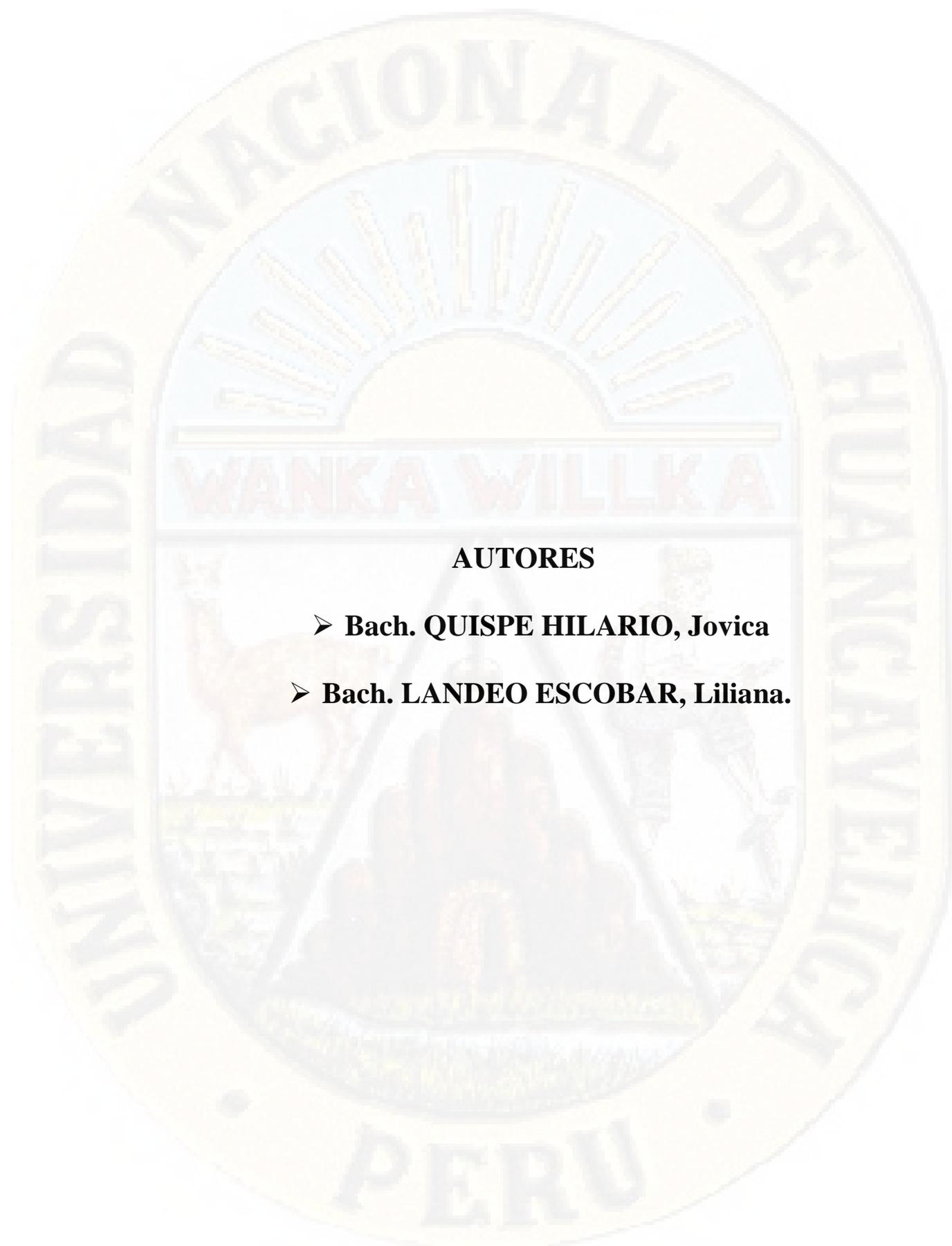
  
\_\_\_\_\_  
Sustentante  
QUISPE HILARIO JOVICA

  
\_\_\_\_\_  
Sustentante  
LANDEO ESCOBAR LILIANA



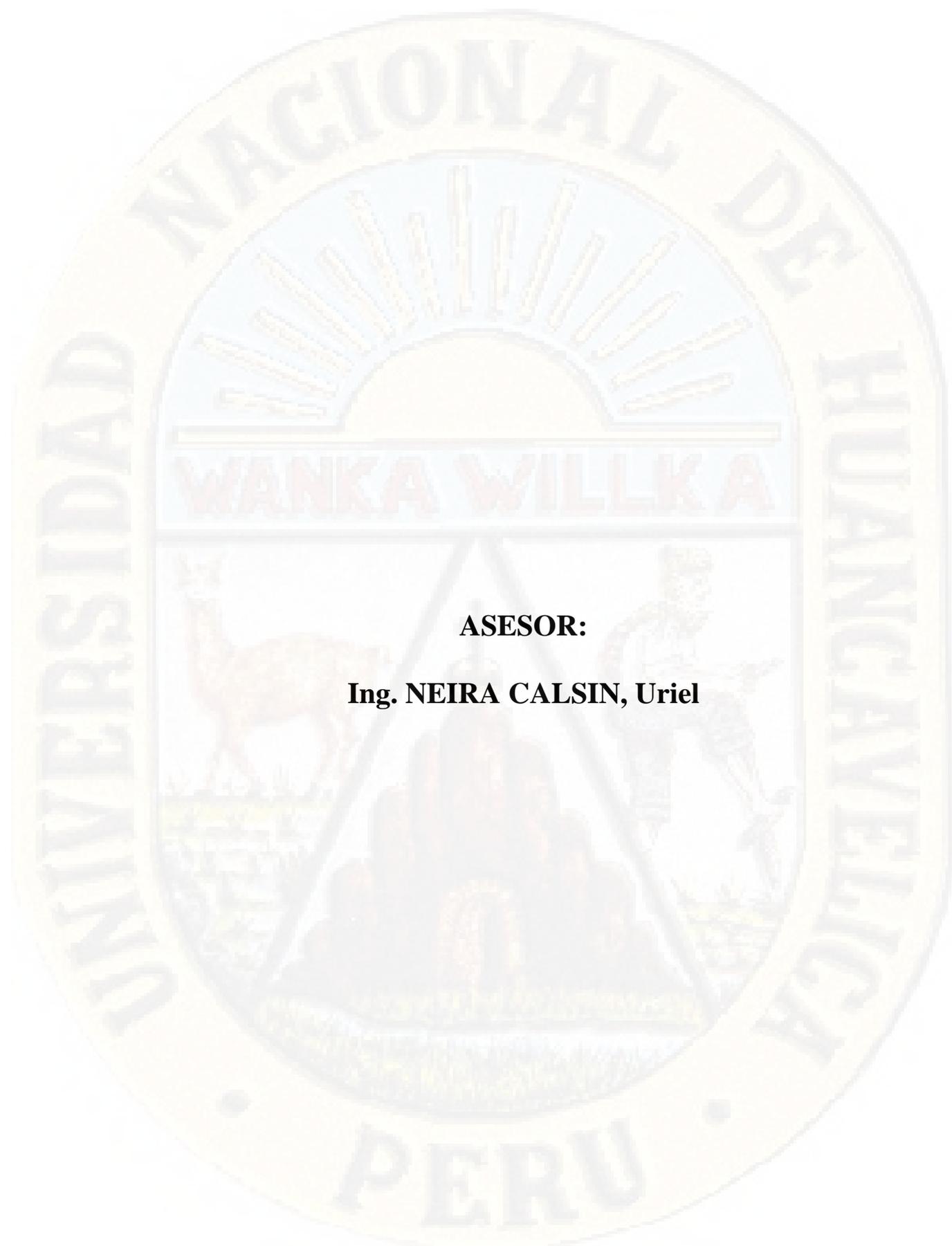
**TITULO**

**INYECCIÓN DE ANCLAJE AL MURO DE  
CONCRETO PARA LA CONSERVACIÓN DEL  
TALUD DE LA AV. 28 DE ABRIL DEL BARRIO  
DE SAN CRISTOBAL, HUANCVELICA**



## **AUTORES**

- **Bach. QUISPE HILARIO, Jovica**
- **Bach. LANDEO ESCOBAR, Liliana.**



**ASESOR:**

**Ing. NEIRA CALSIN, Uriel**

## DEDICATORIA

A la memoria de mi madre Patricia Hilario, por haber sido el pilar esencial de la familia, fruto de nobles virtudes, enseñanzas y valores que los conservaré conmigo el resto de mi vida.

Jovica Quispe Hilario

A mis padres Dalmacio y Herlinda por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo, humildad y valentía.

A mis hermanos Wilmer, Wilber y Deysi por su apoyo incondicional.

Liliana Landeo Escobar

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por darme salud y alcanzar este objetivo, iluminar mi mente, por fortalecer mi corazón, y por haber puesto en mi camino a personas que fueron mi guía durante este periodo.

A mis hermano, padres y abuelos, por los valores que me inspiran en cada momento y ser ejemplo de esmero, dedicación y superación.

Gracias a mi asesor el Ing. Uriel Neira Calsin, por el apoyo incondicional brindado en el desarrollo de esta investigación.

A mis docentes, que durante el tiempo de estudio compartieron su experiencia y sapiencia para desarrollar y formar profesionales de calidad.

Los tesistas.

# ÍNDICE

PORTADA.....	I
ACTA DE SUSENTACIÓN.....	II
TÍTULO .....	III
AUTORES .....	IV
ASESOR .....	V
DEDICATORIA.....	VI
AGRADECIMIENTO.....	VII
INDICE .....	VII
ÍNDICE DE IMAGEN .....	VIII
RESUMEN.....	XVII
ABSTRACT.....	XVIII
INTRODUCCIÓN .....	XIX

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	21
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	22
1.2.1 Problemas específicos .....	22
1.3 OBJETIVOS .....	23
1.3.1 Objetivo general .....	23
1.3.2 Objetivos específicos: .....	23
1.4 JUSTIFICACIÓN .....	23
1.5 LIMITACIONES .....	24

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES .....	25
2.1.1 Antecedentes internacionales .....	25
2.1.2 Antecedentes nacionales .....	28
2.1.3 Antecedente local .....	30
2.2 BASES TEÓRICAS.....	31
2.2.1 Inyección de anclaje al muro de concreto.....	31

2.2.2	Análisis del Talud a Estabilizar.....	35
2.2.3	Criterios de estabilidad a considerar .....	36
2.3	BASES CONCEPTUALES .....	37
2.3.1	Los anclajes como elemento estabilizador.....	37
2.3.2	Muros pantalla.....	47
2.3.3	Muros pantalla anclado .....	49
2.3.4	Estabilidad global del muro pantalla anclado .....	50
2.3.5	Diseño de anclajes.....	56
2.4	BASES CONCEPTUALES .....	64
2.5	HIPOTESIS.....	67
2.5.1	Hipótesis específica.....	67
2.6	VARIABLE .....	68
2.6.1	Variable 1.....	68
2.6.2	Variable 2.....	68
2.7	OPERALIZACIÓN DE VARIABLE .....	68

### **CAPÍTULO III**

#### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

3.1	ÁMBITO TEMPORAL Y ESPACIAL.....	69
3.2	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	69
3.3	NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	70
3.4	POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO.....	70
3.4.1	Población.....	70
3.4.2	Muestra.....	70
3.4.3	Muestreo.....	71
3.5	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS... ..	71
3.5.1	Técnicas.....	71
3.5.2	Instrumentos .....	72
3.6	TÉCNICAS Y PROCESAMIENTO DE ANÁLISIS DE DATOS.....	72
3.6.1	Técnicas.....	72
3.6.2	Procesamiento .....	73

## CAPÍTULO IV

### PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1	ANÁLISIS DE INFORMACIÓN .....	74
4.1.1	Ubicación del área de estudio .....	75
4.1.2	Análisis de estudio de suelos.....	77
4.1.3	Ensayos de laboratorio .....	81
4.2	PRUEVA DE HIPOTESIS.....	194
4.3	DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	197
	CONCLUSIONES .....	199
	RECOMENDACIÓN.....	200
	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA .....	201
	APÉNDICE .....	203

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resumen de desplazamientos máximos.....	55
Tabla 2. Factor de mayoración del bulbo.....	62
Tabla 3. Factor de mayoración del bulbo.....	63
Tabla 4. Operalización de variable.....	68
Tabla 5. Peso de suelo retenidos en cada malla.....	85
Tabla 6. Análisis granulométrico de la C-1.....	86
Tabla 7. Coeficiente de uniformidad y curvatura.....	87
Tabla 8. Resultados del límite plástico C -1.....	91
Tabla 9. Resultados de la consistencia de la muestra C -1.....	92
Tabla 10. Resultados del contenido de humedad y densidad natural para la C-1 Y C-2.....	97
Tabla 11. Clasificación de suelo C-1 según SUCS.....	99
Tabla 12. Datos de la prueba y muestra de la calicata C-1.....	103
Tabla 13. Detalles de la muestra A calicata C-1.....	103
Tabla 14. Condiciones de corte C-1.....	104
Tabla 15. Condiciones de falla C-1.....	104
Tabla 16. Datos de la prueba y muestra de la calicata C-1.....	105
Tabla 17. Detalles de la muestra calicata C-1.....	105
Tabla 18. Condiciones de corte C-1.....	106
Tabla 19. Condiciones de falla C-1.....	106
Tabla 20. Datos de la prueba y muestra de la calicata C-1.....	107
Tabla 21. Detalles de la muestra calicata C-1.....	107
Tabla 22. Condiciones de corte C-1.....	108
Tabla 23. Condiciones de falla calicata C-1.....	108
Tabla 24. Resumen de las condiciones de falla, calicata C-1.....	109
Tabla 25. Datos de la prueba y muestra de la calicata C-2.....	110
Tabla 26. Detalles de la muestra calicata C-2.....	110
Tabla 27. Condiciones de corte C-2.....	111
Tabla 28. Condiciones de falla calicata C-2.....	111
Tabla 29. Datos de la prueba y muestra de la calicata C-2.....	112
Tabla 30. Detalles de la muestra calicata C-2.....	112
Tabla 31. Condiciones de corte C-2.....	113
Tabla 32. Condiciones de falla calicata C-2.....	113
Tabla 33. Datos de la prueba y muestra de la calicata C-2.....	113
Tabla 34. Detalles de la muestra calicata C-2.....	114
Tabla 35. Condiciones de corte C-2.....	114
Tabla 36. Condiciones de falla calicata C-2.....	115
Tabla 37. Resumen de las condiciones de falla, calicata C-2.....	115
Tabla 38. Metrado de carga.....	119
Tabla 39. Tabla de Dimensionamiento del anclaje.....	127
Tabla 40. Resumen de la verificación de muro anclado y estabilidad global.....	194
Tabla 41. Resumen de la estabilidad global del talud del suelo.....	194
Tabla 42. Resultados de la estadística descriptiva.....	195
Tabla 43. Resultados de la frecuencia.....	195
Tabla 44. Resultados de la estadística.....	196

Tabla 45. Resultados de la prueba T ..... 196  
Tabla 46 Conservación del talud del suelo en función al FS ..... 197

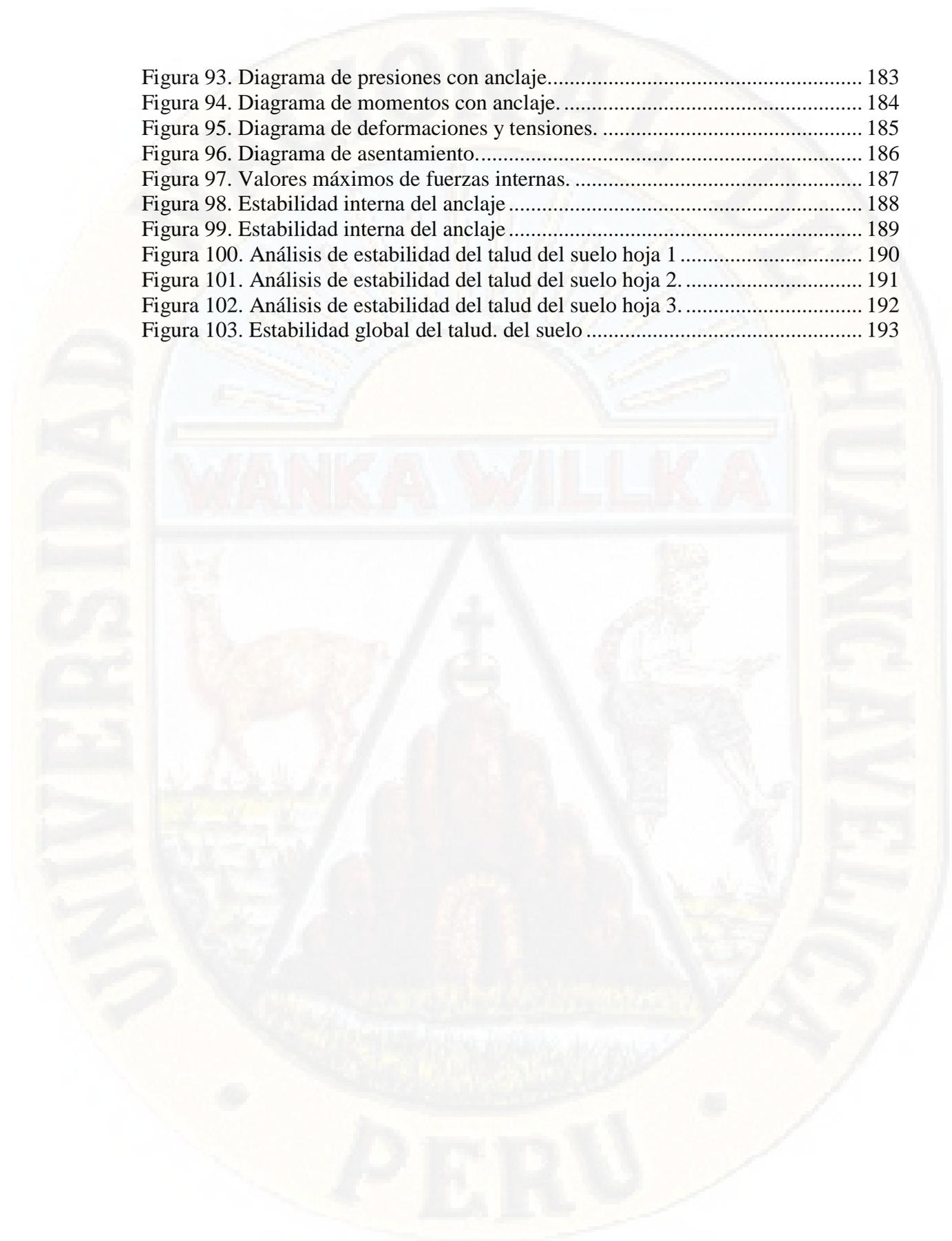


## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Aplicación de muro pantalla.....	34
Figura 2. Talud, después de falla. ....	35
Figura 3. Modelo geomecánica del talud. ....	36
Figura 4. Ejemplos de situación de rotura a considerar. ....	37
Figura 5. Muro anclado construido en el centro urbano. ....	39
Figura 6. Anclajes de barra. ....	41
Figura 7. Anclajes de cable. ....	42
Figura 8. Componentes de un anclaje de cable. ....	44
Figura 9. Aplicación de muros anclados en carreteras.....	44
Figura 10. Aplicación de muros anclados en taludes. ....	45
Figura 11. Aplicación de muros anclados en edificios. ....	46
Figura 12. Criterios de falla a considerar en el diseño de anclaje.....	47
Figura 13. Estado inicial, activos y pasivos. ....	53
Figura 14. Influencia de los movimientos en los empujes. ....	53
Figura 15. Falla del terreno según el movimiento del muro. ....	54
Figura 16. Localización de la superficie de falla crítica según rankine. ....	57
Figura 17. Hallando la longitud libre del anclaje .....	60
Figura 18. Metodo de areas tributarias, hinge o bisagra. ....	61
Figura 19. Ábacos para el cálculo de $q_s$ , para gravas y arenas .....	64
Figura 20. Curva de análisis granulométrico. ....	86
Figura 21. Carta de plasticidad.....	91
Figura 22. Determinación del límite líquido. ....	92
Figura 23. Sistema de clasificación de SUCS.....	98
Figura 24. Tensión axial vs tensión axial.....	104
Figura 25. Tensión axial vs tensión axial.....	106
Figura 26. Tensión axial vs tensión axial.....	108
Figura 27. Circulo de Mohr. del C-1.....	109
Figura 28. Tensión axial vs tensión axial.....	111
Figura 29. Tensión axial vs tensión axial.....	112
Figura 30. Tensión axial vs tensión axial.....	114
Figura 31. Circulo de Mohr. del C-2.....	116
Figura 32. Fuerzas de anclaje transmitidas detrás de la zona de falla.....	117
Figura 33. Plano del ángulo de falla.....	118
Figura 34. Diagrama de presión aparente de tierra con sobrecarga .....	120
Figura 35. Gráfica de presión activa y pasiva. ....	122
Figura 36. Localización del plano de falla. ....	123
Figura 37. Capacidad de carga última según al tipo suelo.....	125
Figura 38. Verificación de la estructura hoja 1. ....	128
Figura 39. Verificación de la estructura hoja 2. ....	129
Figura 40. Verificación de la estructura hoja 3. ....	130
Figura 41. Gráfica de muro con carga distribuida, sin anclaje.....	131
Figura 42. Diagrama de presiones del suelo sin anclaje. ....	132
Figura 43. Análisis de estabilidad de talud hoja 1. ....	133
Figura 44. Análisis de estabilidad de talud hoja 2. ....	134
Figura 45. Análisis de estabilidad de talud hoja 3. ....	135

Figura 46. Verificación de estabilidad de talud. ....	136
Figura 47. Verificación de estructura con anclaje hoja 1.....	137
Figura 48. Verificación de estructura con anclaje hoja 2.....	138
Figura 49. Verificación de estructura con anclaje hoja 3.....	139
Figura 50. Verificación de estructura con anclaje hoja 4.....	140
Figura 51. Verificación de estructura con anclaje hoja 5.....	141
Figura 52. Verificación de estructura con anclaje hoja 6.....	142
Figura 53. Verificación de estructura con anclaje hoja 7.....	143
Figura 54. Verificación de estructura con anclaje hoja 8.....	144
Figura 55. Diagrama de presiones con anclaje.....	145
Figura 56. Diagrama de momentos con anclaje.....	146
Figura 57. Diagrama de deformaciones y tensiones con anclaje. ....	147
Figura 58. Asentamiento de la estructura con anclaje.....	148
Figura 59. Valores máximos de fuerzas internas. ....	149
Figura 60. Estabilidad interna de los anclajes. ....	150
Figura 61. Estabilidad interna de los anclajes. ....	151
Figura 62. Estabilidad global hoja 1. ....	152
Figura 63. Estabilidad global hoja 2. ....	153
Figura 64. Estabilidad global hoja 3. ....	154
Figura 65. Estabilidad global del talud del suelo. ....	155
Figura 66. Verificación de estructura con anclaje hoja 1.....	156
Figura 67. Verificación de estructura con anclaje hoja 2.....	157
Figura 68. Verificación de estructura con anclaje hoja 3.....	158
Figura 69. Verificación de estructura con anclaje hoja 4.....	159
Figura 70. Verificación de estructura con anclaje hoja 5.....	160
Figura 71. Verificación de estructura con anclaje hoja 6.....	161
Figura 72. Verificación de estructura con anclaje hoja 7.....	162
Figura 73. Verificación de estructura con anclaje hoja 8.....	163
Figura 74. Diagrama de presiones.....	164
Figura 75. Diagrama de fuerzas internas.....	165
Figura 76. Diagrama de deformaciones y tensiones. ....	166
Figura 77. Diagrama de deformaciones y tensiones. ....	167
<i>Figura 78. Valores máximos de fuerzas internas.....</i>	<i>168</i>
<i>Figura 79. Estabilidad interna de los anclajes.....</i>	<i>169</i>
Figura 80. Estabilidad interna de los anclajes. ....	170
Figura 81. Análisis de estabilidad de talud del suelo hoja 1. ....	171
Figura 82. Análisis de estabilidad de talud del suelo hoja 2. ....	172
Figura 83. Análisis de estabilidad de talud del suelo hoja 3. ....	173
Figura 84. Estabilidad global del talud. del suelo. ....	174
Figura 85. Verificación de estructura con anclaje hoja 1.....	175
Figura 86. Verificación de estructura con anclaje hoja 2.....	176
Figura 87. Verificación de estructura con anclaje hoja 3.....	177
Figura 88. Verificación de estructura con anclaje hoja 4.....	178
Figura 89. Verificación de estructura con anclaje hoja 5.....	179
Figura 90. Verificación de estructura con anclaje hoja 6.....	180
Figura 91. Verificación de estructura con anclaje hoja 7.....	181
Figura 92. Verificación de estructura con anclaje hoja 8.....	182

Figura 93. Diagrama de presiones con anclaje.....	183
Figura 94. Diagrama de momentos con anclaje. ....	184
Figura 95. Diagrama de deformaciones y tensiones. ....	185
Figura 96. Diagrama de asentamiento.....	186
Figura 97. Valores máximos de fuerzas internas. ....	187
Figura 98. Estabilidad interna del anclaje.....	188
Figura 99. Estabilidad interna del anclaje.....	189
Figura 100. Análisis de estabilidad del talud del suelo hoja 1.....	190
Figura 101. Análisis de estabilidad del talud del suelo hoja 2. ....	191
Figura 102. Análisis de estabilidad del talud del suelo hoja 3. ....	192
Figura 103. Estabilidad global del talud. del suelo.....	193



## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Área de investigación, Av.28 de abril del barrio de San Cristóbal. ....	40
Fotografía 2. Muro pantalla de 72.00 metros que consta de 18 paño. ....	40
Fotografía 3. Lugar del área de investigación .....	75
Fotografía 4. Muro pantalla de 72 metros de longitud y con de 18 paños. ....	76
Fotografía 5. Medición de la altura del muro pantalla $H=3.43$ m.....	76
Fotografía 6. Excavación de calicata C- 1 con una profundidad de 2.00 metros.....	77
Fotografía 7. Excavación de calicata C- 2 con una profundidad de 2.00 metros.....	78
Fotografía 8. Calicata C-1 de solo un estrato.....	78
Fotografía 9. Obtención de muestras alteradas de las calicatas C-1 Y C-2 .....	79
Fotografía 10. Obtención de muestras alteradas de las calicatas C-1 Y C-2 .....	79
Fotografía 11. Obtención de muestras para determinar la densidad .....	80
Fotografía 12. Determinación del volumen con material de arena .....	80
Fotografía 13. Conjunto de tamices que tienen aberturas progresivamente. ....	81
Fotografía 14. Muestra para el lavado y ensayo de granulometría. ....	82
Fotografía 15. lavado de la muestra par el ensayo de granulometria.....	82
Fotografía 16. Secado de la muestra lavada para el ensayo de granulometría.....	83
Fotografía 17. Ensayo de granulometría mediante el análisis por cribado o sondeo. 83	
Fotografía 18. Determinación del peso de la muestra retenidas en cada malla .....	84
Fotografía 19. Determinación del peso de la muestra retenidas en cada malla .....	84
Fotografía 20. Dispositivo manual de LL y muestra de suelo fino.....	88
Fotografía 21. Corta de una ranura de la pasta de suelo. ....	89
Fotografía 22. Ensayo de casa grande.....	89
Fotografía 23. Prueba de limite plástico. ....	90
Fotografía 24. Obtención del límite plástico.....	90
Fotografía 25. Peso de la tara más muestra húmeda. ....	93
Fotografía 26. Secado de la muestra húmeda en el horno.....	94
Fotografía 27. Muestra seca extraído del horno.....	94
Fotografía 28. Peso de la muestra seca. ....	95
Fotografía 29. Cono de densidad de arena. ....	95
Fotografía 30. Peso de la muestra húmeda.....	96
Fotografía 31. Peso del cono de arena. ....	96
Fotografía 32. Panel de control del triaxial.....	100
Fotografía 33. Máquina triaxial.....	100
Fotografía 34. compactación del suelo.....	101
Fotografía 35. compactación del suelo en probeta.....	101
Fotografía 36. Obtención de la muestra cilíndrica. ....	102
Fotografía 37. Muestra para colocar en el equipo de triaxial, tres unidades de cada calicata C-1 y C-2.....	102

## RESUMEN

La presente tesis procura lograr una alternativa de reforzamiento al muro de concreto con la inyección de anclaje al que llamamos muros anclados, de tal manera se conservé el talud del suelo y reduzca la deformación del muro.

Para ello se estudiará los conceptos teóricos de anclajes, características propias del suelo, empujes laterales por parte del suelo y las sobrecargas producidas por el viento, sismo e infraestructura con el propósito de poder diseñar adecuadamente los anclajes e inyectarlos al muro de concreto. A partir de esto es que se puede conocer la viabilidad técnica del diseño de los anclajes quienes formaran parte de la construcción definitiva del muro de concreto para dar la sostenibilidad estructural del talud Av. 28 de abril del barrio de san Cristobal.

Asimismo se verificará el diseño de un anclaje general, que es independiente del tipo de técnica que se elija, con las características propias de un suelo grava con presencia de arcilla. Dichas características se obtienen con un estudio de mecánica de suelos, donde se conocerá los esfuerzos ejercidos por el suelo para una profundidad del terreno a 3.43m. Así se puede definir la profundidad de falla del terreno y asimismo determinar la longitud del anclaje a utilizar.

Finalmente se analizará la estabilidad global del muro y estabilidad de talud usando diferentes distribuciones de empuje estático y sobrecargas para ver la incidencia que tienen estas en el diseño de anclajes. Las modelaciones para este último análisis se realizaron en el software de ingeniería GEO5-VERIFICACION DE MURO PANTALLA Y ESTABILIDAD DE TALUD.

**Palabras clave:** inyección de anclaje, diseño de anclajes, empujes laterales, sobrecargas.

## **ABSTRACT**

The present thesis tries to achieve an alternative of reinforcement to the concrete wall with the injection of anchorage which we call anchored walls, in such a way the slope is conserved and reduces the deformation of the wall.

For this, the theoretical concepts of anchors, characteristics of the ground, lateral thrusts by the ground and the overloads produced by wind, earthquake and infrastructure) are studied, with the purpose of being able to design the anchors and injected into the concrete wall. From this it is possible to know the technical feasibility of the design of the anchors who will be part of the definitive construction of the concrete wall to give the structural sustainability of the slope Av. April 28 of the San Cristóbal neighborhood.

Likewise, the design of a general anchorage is verified, which is independent of the type of technique chosen, with the characteristics of a gravelly clay floor. These characteristics will be carried out with a study of soil mechanics, where the efforts exerted by the soil for a depth of land of 3.43m will be known. Thus, you can define the depth of the ground fault and determine the length of the anchor to be used.

Finally, the overall stability of the wall and the stability of the slope are analyzed using different distributions of static thrust and overloads to see the impact that these have on the design of anchors. The models for this last analysis can be found in the GEO5-WINDOW SCREEN AND STABILITY VERIFICATION engineering software.

**Keywords:** anchor injection, anchor design, lateral thrusts, overloads.

## INTRODUCCIÓN

En el ámbito de la construcción de obras civiles alrededor del mundo, los ingenieros civiles en el día a día se han encontrado con una serie de problemas relacionados con la excavación en suelos o rocas. Es por esto que, en el transcurrir de los años y con el avance de la tecnología en la construcción se han desarrollado estructuras alternativas a los muros anclados para la retención de suelos o rocas.

En la actualidad, en el ámbito de la construcción, se utiliza el sistema de Muros Anclados como sostenimientos temporales, conocidos en el Perú como Muros Pantalla. Este sistema consiste en la realización de un movimiento de tierras para la ejecución de cortes o excavaciones en los proyectos.

Al mismo tiempo en la ciudad de Huancavelica han ido ganando espacios para la construcción de viviendas en lugares donde existen deslizamiento de laderas, o lugares donde existe inseguridad de suelo. A partir de ello es que se genera el problema central de nuestro trabajo de investigación ¿En qué medida, la inyección de anclaje al muro de concreto favorecerá, en la conservación del talud de la Av. 28 de abril del barrio de San Cristóbal, Huancavelica?

Hoy en día, el tipo de suelo es fundamental para la construcción de los muros anclados, razón por la cual, en la presente tesis, se ha ejecutado, previamente en el lugar investigación un estudio de mecánica de suelos, el cual, tiene como objetivo garantizar la seguridad estructural de los asentamientos humanos y determinar la influencia de la inyección de anclaje al muro de concreto para la conservación del talud de la Av. 28 de abril del barrio de San Cristóbal, Huancavelica.

La tesis está estructurada en cinco capítulos. En el primer capítulo, se presenta la situación de la problemática de la investigación, el problema, los objetivos, justificación, los alcances y limitaciones de la misma; en el segundo capítulo, se expone los antecedentes del trabajo, las bases teóricas y la definición de términos básicos en los cuales se sustenta dicha investigación, lo que hace plausible la formulación de las hipótesis. La metodología es presentada en el tercer capítulo, esto es, el diseño, tipo y nivel de investigación. Asimismo, se presentan las variables, población, muestra y muestreo, las técnicas de investigación, los instrumentos de recolección de datos utilizados, las técnicas de instrumentos de recolección de datos,

el procesamiento y análisis estadísticos de los datos, y por último en el capítulo IV se presenta el análisis de información y discusión de resultados.





# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1 DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad, a nivel mundial se viene experimentando un crecimiento vertical relativamente acelerado de asentamientos humanos, debido a la reducida disponibilidad de áreas libres para la construcción de viviendas u otro tipo de infraestructuras que optan lugares donde existe inestabilidad de suelo o áreas accidentadas. Lo mismo se refleja en nuestro país.

En el lugar de estudio (ciudad de Huancavelica), se observa los muros pantalla de concreto armado sosteniendo taludes y viviendas multifamiliares así mismo viviendas en construcción; todos ellos con un exceso de sobrecarga, esto puede generar el desplazamiento excesivo del muro y disminuir el tiempo de vida útil y dejar de cumplir con el factor de seguridad del talud.

A partir de este problema es que se realizara un estudio de estabilidad de suelo y tomar como una alternativa de reforzamiento a los anclajes que se consideran como elementos de soporte lateral que eviten el colapso del muro de contención y la conservación del talud, daños y sobre todo ofrezcan seguridad a las viviendas.

(Rengifo, 2015) indica que, “un anclaje es un elemento estructural instalado en el suelo y que se utiliza para transmitir una carga de tracción aplicada. El objetivo del anclaje es sostener y, por lo tanto reforzar las masas del suelo que, debido a la baja capacidad portante que poseen, están propensas a fallar”(p.5).

Como indica (Rengifo, 2015) “Los muros anclados ofrecen mayor seguridad durante la construcción y menor vibración del suelo. Esto asegura la ausencia de riesgos innecesarios que podrían generar pérdidas humanas” (p.5).

Por los argumentos expuestos y lo relevante del tema, se pretende plantear una investigación relacionada con la inyección de anclaje al muro de concreto para la conservación del talud de la Av. de 28 de abril del barrio de San Cristóbal – Huancavelica.

## **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cuál será, la estabilidad con la inyección de anclaje al muro de concreto para la conservación del talud del suelo de la Av. 28 de abril del barrio de San Cristóbal, Huancavelica?

### **1.2.1 Problemas específicos**

- a) ¿Cuál será, la estabilidad con la inyección de anclaje al muro de concreto con la longitud de inyección para la conservación del talud del suelo de la Av. 28 de abril del barrio de San Cristóbal, Huancavelica?
- b) ¿Cuál será, la estabilidad con la inyección de anclaje al muro de concreto con el ángulo de inclinación para la conservación del talud del suelo de la Av. 28 de abril del barrio de San Cristóbal, Huancavelica?
- c) ¿Cuál será, la estabilidad con la inyección de anclaje al muro de concreto con la carga máxima de diseño para la conservación del talud del suelo de la Av. 28 de abril del barrio de San Cristóbal, Huancavelica?

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 Objetivo general**

Determinar la estabilidad con la inyección de anclaje al muro de concreto para la conservación del talud del suelo de la Av. 28 de abril del barrio de San Cristóbal, Huancavelica.

### **1.3.2 Objetivos específicos:**

- a) Determinar la longitud de inyección de anclaje al muro de concreto para la conservación del talud del suelo de la Av. 28 de abril del barrio de San Cristóbal, Huancavelica.
- b) Determinar el ángulo de inclinación en la inyección de anclaje al muro de concreto para la conservación del talud del suelo de la Av. 28 de abril del barrio de San Cristóbal, Huancavelica.
- c) Determinar la carga máxima de diseño en la inyección de anclaje al muro de concreto para la conservación del talud del suelo de la Av. 28 de abril del barrio de San Cristóbal, Huancavelica.

## **1.4 JUSTIFICACIÓN**

La presente investigación es importante, ya que aportará a la ingeniería civil con avances en cuanto a la tecnología y conocimiento en la construcción en toda la región de Huancavelica.

La investigación permitirá evaluar el comportamiento del talud y la estabilidad del muro pantalla con inyección de anclajes frente a las sobrecargas excesivas que presenta las mismas.

Los resultados expresados en fórmulas, tablas y gráficas, serán de utilidad para los proyectistas de anclajes usados como cimentaciones en tensión. Asimismo, esta información puede ser usada como una guía para el diseño de anclajes y será de utilidad para la elaboración de un informe técnico y regular la buena práctica de diseño y ejecución de anclajes en nuestra ciudad.

Los anclajes son de gran utilidad en cualquier obra que tenga relación con taludes. Da facilidad en su proceso constructivo confiabilidad respecto a su resistencia y uso.

## **1.5 LIMITACIONES**

Esta tesis se limita al estudio de la inyección de anclajes al muro de concreto para la conservación del talud para lo cual se procederá a la medición con ensayos de mecánica de suelos los que serán granulometría, humedad, densidad húmeda, densidad seca para obtener el tipo de suelo, el Angulo de fricción y la cohesión respectivamente, datos muy importantes para nuestra investigación. En el desarrollo de la investigación, se precisa el modelamiento de los muros anclados permanentes para la verificación de la estabilidad del talud y del muro.

Para muros anclados, se utilizará el método de cuña de Kranz, ya que el sistema de falla no es circular.



hidrostáticos, la variación del ángulo de colocación de los anclajes, la comparación de dos redistribuciones de empuje de suelo propuestas por la EAB (2008) y la comparación de un diseño propuesto por la NCh 3206 (2010) y la EAB (2008). 3) Para la variación del ángulo de colocación de anclaje se concluye lo siguiente:

- Se observó que la carga que toma cada anclaje está relacionada de manera

directamente proporcional con el ángulo de colocación del anclaje.

- El largo de los anclajes está gobernado por el ángulo de fricción de la arena y en un grado menor del ángulo de colocación del anclaje.

4) Se compararon 2 redistribuciones de empuje propuesta por la EAB (2008), una redistribución trapezoidal y una redistribución cuadrilateral, ambas redistribuciones se rigen por la ubicación de los anclajes superior e inferior. Para esta comparación se concluye lo siguiente:

- Se distinguió que, a mayores sobrecargas, mayores son las deformaciones originadas para las dos redistribuciones estudiadas, pero la redistribución cuadrilateral generó mayores deformaciones que la redistribución trapezoidal. como se dijo anteriormente, en este análisis también se observó que los ángulos de fricción altos disminuyen los desplazamientos

- Para los esfuerzos internos sobre el muro pantalla generados por estas de redistribuciones se concluye que los momentos máximos ocurren para una redistribución cuadrilateral, este momento máximo se encuentra justo en la ubicación del anclaje inferior, para las 2 redistribuciones. En los diagramas de corte y axial no se advirtieron cambios relevantes para las 2 redistribuciones en lo que respecta a esfuerzos máximos.

- La sobrecarga de estructuras vecinas al muro pantalla están relacionadas de manera directamente proporcional con los esfuerzos internos de momento, corte y axial, mientras que el ángulo de fricción

interna está relacionado de manera inversamente proporcional con los mismos esfuerzos internos.

El trabajo de investigación no contempla la hipótesis.

- b) Figueroa, Rodríguez y Enrique (2011) desarrollaron el trabajo de investigación Análisis y diseño de estructuras de retención de aplicación reciente en el salvador en la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de el Salvador. Menciona que tiene como objetivo principal desarrollar un documento que contenga las características, técnicas de análisis y procedimientos de cálculo que sean de ayuda para el diseño de estructuras de retención tipo Soil Nailing, muros anclados y sistemas de apuntalamiento gigante, cuyas aplicaciones son recientes en El Salvador. El autor enfatiza con las siguientes conclusiones: 1) Como parte del diseño de este sistema, se debe tener en cuenta que la altura de sobrecarga de suelo actuando desde la superficie del terreno hasta el centro de los bulbos en el primer nivel de anclajes es necesaria para garantizar una adecuada resistencia a la extracción y una adecuada adherencia con el suelo circundante, por lo tanto, el nivel de anclajes no debe ser muy superficial. 2) Para el cálculo de la longitud libre de los anclajes activos se debe establecer de manera adecuada la superficie de falla crítica y su orientación, para lo cual se utiliza el criterio propuesto por Peck, que representa una suposición conservadora, ya que incrementa la longitud detrás de la superficie de falla propuesta por Rankine. 3) Para el cálculo de la longitud de bulbo preliminar se debe considerar los siguientes factores: la separación entre anclajes en ambas direcciones, las propiedades del suelo donde se instalarán los bulbos (incluyendo la capacidad última de transferencia del suelo), la inclinación de los anclajes, las cargas y el factor de seguridad seleccionado. 4) Para el diseño de la placa de reacción o de apoyo se debe considerar la carga de tensado del anclaje, ya que ésta puede ocasionar punzonamiento o aplastamiento del concreto en la pantalla de revestimiento sino se considera.

- c) Malo (2018) elaboró la tesis denominada Metodología de construcción de muros anclados en sótano de parqueos del proyecto inmobiliario ágora XXI, ciudad viva. En la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Guayaquil – Guayaquil. Su estudio tuvo como objetivo central describir y analizar una metodología de construcción del sistema de muros anclados. Malo concluye que antes de ejecutar un proyecto se debe verificar el método donde se va emplear. Asimismo, en caso se desconozca el estado del suelo donde se desea construir, corresponde realizar un reconocimiento previo del área donde se harán las excavaciones con el propósito de no causar daños graves como derrumbes o colapsos de muros anclados en la construcción.
- d) Suarez (2006), este libro de investigación Deslizamiento: técnicas de remediación, específicamente el capítulo cuatro, se enfoca en íntimamente en estructuras anclados pretensadas como objetivo, donde describe el funcionamiento de dicho sistema, describiéndonos las ventajas y desventajas del uso de muros anclados. Además, realiza el análisis de diseño, el proceso constructivo, sus consideraciones finales con el fin de estandarizar una guía de apoyo para el uso del sistema de muros anclados.
- e) Asimismo, cuenta con información muy bien acotada de FHWA - Federal Highway Administration, con lo que su contenido es de bastante ayuda. Unas de los puntos clave para 13 considerarlo en el presente informe es que hace un análisis del por qué el diseño de muros anclados tiene una metodología o manera de analizar que no existe universalmente aceptada de cuál sería la forma correcta de asignar las fuerzas para el análisis de estabilidad, por lo tanto, cada software que realiza el modelo de muros anclados tiene su propio método y debemos conocerlo para hacer un buen análisis.

### **2.1.2 Antecedentes nacionales**

- a) Rengifo (2015) realizó la investigación *Muros anclados en arenas, análisis y comparación de técnicas de anclajes*, en la Facultad de Ciencias

e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú - Perú. El investigador menciona que tiene como **objetivo** describir las técnicas de anclaje conocidas: tradicional (anclajes temporales pos tensados), tirabuzón y suelo enclavado, para poder realizar un análisis comparativo. Y llega a las siguientes **conclusiones:** **1)** Es fundamental determinar con la mayor precisión posible el campo de esfuerzos que actúa sobre el terreno. Para ello, son importantes los estudios previos de mecánica de suelos para los reconocimientos en campo y las propiedades índices, que serán básicas para el cálculo a realizar en el diseño y el modelamiento (del suelo propiamente dicho y de los esfuerzos actuantes en el terreno) y, por ende, de las fuerzas de anclajes para mantener la estabilidad de taludes, para esto, se usan softwares auxiliares como Slope/w con el fin de determinar la posible falla del corte del terreno. También, se pueden usar programas más avanzados de diseño de anclajes como GGU Retain, o fórmulas manuales propuestas por los distintos métodos conocidos. El método más aplicado en el Perú, el cual es usado en el presente estudio, es el método alemán de Kranz. **2)** Los factores que influyen en las fallas de un talud pueden ser externos e internos. Los externos se dan por incrementos de tensiones provocadas por el hombre, en este caso por cortes muy pronunciados o excavaciones empinadas. Los métodos de estabilización de taludes y los cálculos que estos requieren son muy simplificados. Los métodos más utilizados para esto son los métodos de Fellenius y el de Bishop. **3)** Las dosificaciones de agua/cemento en peso serán menores a 0.4 en protección anti corrosión en contacto con la armadura y estará entre 0.4 a 0.6 en la zona de formación del bulbo.

- b)** Puelles (2011) realizó la investigación *Determinación de la capacidad de adherencia con fines de diseño optimizado de anclajes en suelo*, en la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería - Perú. La investigación tuvo como **objetivo** definir el diseño típico de los anclajes de prueba, así como su respectivo procedimiento de ejecución, con fines de uniformizar criterios y descartar variables de tipo constructivo que dificulten o alteren el análisis de los resultados.

Asimismo, presenta una **hipótesis** de considerar que el consumo promedio de cemento durante la fase de inyección, equivale a una (01) bolsa de cemento / metro de anclaje (considerando la longitud total del anclaje, es decir longitud para tensado más longitud libre más longitud de bulbo). Asimismo, se considera una presión de inyección promedio de 5.00 kg/cm<sup>2</sup> (5 bar). Este investigador **concluye**, En concordancia con investigaciones hechas en otros países, los resultados del presente estudio, muestran que la capacidad de adherencia última  $\tau_{ult}$  es variable en relación inversa a la longitud del bulbo  $L_b$ , apareciendo el concepto de factor de eficiencia  $f_{eff}$  en el diseño de los anclajes, el cual determina una longitud de bulbo  $L_b$  a partir de la cual, los incrementos no son significativos en términos de  $\tau_{ult}$  y por tanto de la capacidad de carga del anclaje en términos de la interacción suelo - lechada de cemento.

- c) Cerna (2011) en su tesis *Análisis y diseño de muros anclados para estabilización de excavaciones profundas*, en la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería. Planteó como **objetivo** central dar a conocer el estado de comportamiento del suelo con el fin de analizar un talud en el conglomerado suelo de Lima y realizar un análisis de estabilidad para los muros anclados, conocidos en Perú como muro pantalla. Este autor **concluye** que el tipo de suelo es fundamental para la construcción de muros anclados, especialmente, el sostenimiento de taludes, debido a que es importante realizar, previamente, ensayos de estudio de mecánica de suelos para una edificación.

### 2.1.3 Antecedente local

- a) Espinoza y Rivera (2018) realizaron la investigación *Análisis retrospectivo y prospectivo secuencial de deslizamiento de laderas en la ciudad universitaria de la universidad nacional de Huancavelica*, en la Facultad de Ciencias de Ingeniería de la Universidad Nacional de Huancavelica - Huancavelica. La investigación plantea como **objetivo** central determinar los resultados del análisis retrospectivo y prospectivo secuencial en el deslizamiento de ladera en la ciudad universitaria de la Universidad Nacional de Huancavelica. Asimismo. Y plantea la **hipotesis** de análisis

retrospectivo y prospectivo genera resultados en el deslizamiento de laderas en la ciudad universitaria de la Universidad Nacional de Huancavelica. Y **concluye** con el análisis de estabilidad de ladera realizado antes de concebir el proyecto en terreno natural, con parámetros obtenidos in situ, se obtiene como resultado un  $FS=1,379$  (Bishop Simplified). El factor de seguridad en este caso es mayor que 1 ( $FS>1$ ) entonces el talud es estable en ese momento. Ahora realizando un análisis de estabilidad con valores de análisis retrospectivo no saturado, obtenidos en el primer deslizamiento y segundo deslizamiento, se obtiene como resultado un  $FS=1.369$  y  $FS=1.262$  (Bishop Simplified) respectivamente. El factor de seguridad en este caso es mayor que 1 ( $FS > 1$ ) entonces el talud es estable en ese momento. Y por último se realizó también análisis de estabilidad con valores de análisis retrospectivo saturado, obtenidos en el primer deslizamiento y segundo deslizamiento, se obtiene como resultado un  $FS=1.113$  y  $FS=1.110$  (Bishop Simplified) respectivamente. El factor de seguridad en este caso es mayor que 1 ( $FS > 1$ ) entonces el talud es estable también en ese momento. Observándose todos los análisis de estabilidad realizados concluimos que la ladera donde se iba a construir la infraestructura académica era estable en todo sentido para esta primera etapa.

## **2.2 BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1 Inyección de anclaje al muro de concreto.**

Respecto a la inyección de anclaje (Rengifo, 2015) señala:

todo el sistema del muro anclado pos tensado, consiste básicamente en un muro o placa de concreto, el cual puede contar con varios niveles de anclajes que se construirá por paños desde el nivel superior (nivel 0.0) hacia niveles inferiores y que obedecerán a un diseño estructural. Estos muros tienen en promedio 30cm de espesor, 3.00 a 3.5 m. de altura y 4.5 a 5.0 m. (p.14)

(Ucar, 2002) define que los anclajes inyectados son armaduras metálicas, alojadas en taladros perforados, cementadas mediante inyecciones de lechada de cemento o mortero. El elemento estructural es sometido a

tracción, generando un esfuerzo de anclaje el cual es soportado por la resistencia al corte lateral en la zona de inyección en contacto con el terreno.

A través de la inyección, se forma un miembro empotrado en el extremo profundo del tirante metálico colocado dentro del barreno, por lo tanto, las fuerzas que actúan sobre el anclaje inyectado no se transmiten al terreno en toda su longitud, sino solamente en el tramo de la zona inyectada.

Cabe destacar que adicionalmente a los anclajes inyectados se emplean también los pernos de anclaje puntuales, los cuales tienen un dispositivo para empotrar el sistema de anclaje en el fondo del barreno, siendo en minería muy utilizados los de expansión. Este tipo de pernos se anclan debido a la apertura que se producen en dos valvas metálicas ranuradas al apretar el perno.

Igualmente, es práctica común emplear los pernos de anclaje repartidos (anclajes pasivos), en el cual el empotramiento a la roca se efectúa en toda la longitud del barreno con lechada de cemento o resina. En el último caso mencionado, la resina y el elemento endurecedor se coloca en unas cápsulas en el fondo del barreno.

Al colocar la varilla metálica y rotarla se rompen las cápsulas mezclándose sus componentes.

En las resinas rápidas, el fraguado tiene lugar en un tiempo menor del minuto y en las lentas entre tres y cuatro minutos.

También se cementan los pernos mediante el denominado tipo Perfo, el cual consiste en colocar el mortero en un cuerpo cilíndrico perforado (constituido por dos chapas) que se incorpora en el interior del barreno.

Posteriormente se introduce el perno que comprime el mortero, el cual es obligado a salir por los agujeros de las chapas relleno todo el volumen del barreno.

Una vez colocado el bulón en el taladro, se bombea agua a alta presión (unos 30 MPa) en su interior a través del orificio de inyección del casquillo inferior. Como

resultado del proceso de bombeo, el bulón Swellex se comprime contra las paredes de barreno adaptándose a la vez a las irregularidades del terreno.

En estas condiciones, una vez expandido el bulón se produce una presión de contacto entre el bulón y la pared del barreno, en la cual actúan dos tipos de fuerzas, una radial perpendicular su eje en toda su longitud, y otra friccionante que dependerá principalmente de la estructura de la roca,

Por otra parte, en los tirantes de anclaje se utilizan como miembro de tracción barras de acero de alta resistencia. Las barras tienen generalmente un fileteado exterior que aumenta la adherencia en la zona de anclaje y permite por otra parte la unión por medio de manguitos especiales.

El bloqueo de la barra sobre la placa de apoyo se hace por medio de una tuerca. Los tirantes de este tipo corresponden a capacidades portantes relativamente bajas del orden de los 500,00 kN y aún menores.

Con mayor frecuencia se utilizan los tirantes constituidos por un cierto número de hilos o de cables unidos formando un haz. El anclaje se hace generalmente mediante enclavamientos cónicos, como se podrá observar más adelante. Para los tirantes anclados en roca se pueden alcanzar perfectamente unidades que sobrepasan los 3.000,00 kN. Para tirantes anclados en terrenos aluviones las tensiones son más bajas y actualmente se limitan a 1.000,00 ó 1.500,00 kN. (Veliz, 2009, pág. 78) Mortero para inyección de anclajes con resistencia a la compresión de 3000 psi.

a) **Aplicación del muro anclados**

En la siguiente figura se muestra la aplicación de muros anclados, el mismo que es nuestro punto de investigación (muros pantalla) y algunos casos más.

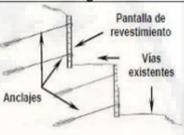
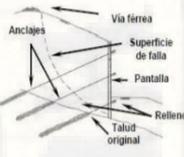
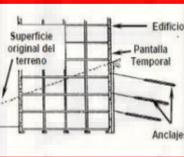
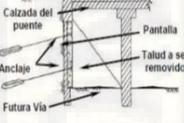
Aplicación	Descripción	Figura
Como Retención en Carreteras	Los muros anclados han sido utilizados comúnmente para la retención del suelo en vías o caminos que se encuentran en diferentes niveles de terreno (muros con escalonamiento), sobre todo en los de topografía irregular. También son muy utilizados para las aplicaciones de vías existentes, para la construcción de nuevas vías o bien para hacer reajustes en la infraestructura vial y se pueden hacer sistemas mixtos utilizando primero una pared temporal para luego colocar una pantalla permanente de concreto reforzado.	
Como Estabilización de Taludes	Los muros anclados permanentes son utilizados para la estabilización de taludes y para prevenir deslizamientos de rocas o suelos, sobre todo cuando se realizan cortes en el terreno para la construcción de carreteras, rellenos o vías férreas. La estabilización consiste en que el muro soporte el suelo que se encuentra detrás de él. La fuerza de los anclajes debe ser superior a la necesaria para estabilizar las paredes de una excavación con un muro convencional y la pantalla de revestimiento se encarga de distribuir estas fuerzas en los anclajes a la superficie del suelo, la cual no se comprime y es capaz de soportar las reacciones de los anclajes en la cara de la excavación.	
Como Fundación en Edificios	Se puede observar este tipo de aplicación en un edificio que se encuentra ubicado en un terreno en donde hay un talud y que, al realizar un corte del mismo se generan grandes fuerzas laterales ocasionadas por los empujes del terreno. Es por ello que los anclajes pueden ser los indicados en lugar de las fundaciones convencionales para soportar este tipo de fuerzas. En los edificios se puede utilizar como pantalla un muro de concreto reforzado temporal o un tablestacado temporal que sea reforzado con anclajes permanentes y luego se pueda construir el muro del edificio. Cabe mencionar que existen muchas variantes de este método en fundación de edificios.	
Como Estribos de Puentes	Los muros anclados también pueden ser utilizados en los estribos de los puentes, sobre todo cuando se tiene en cuenta la construcción de una nueva vía o camino cuyo trayecto pase justo bajo el estribo del puente y en el cual haya que realizar una remoción del material proveniente del terreno original del talud sobre el cual el estribo del puente se encuentra apoyado y en donde la construcción del muro le dará estabilidad a la masa de suelo detrás de él.	

Figura 1. Aplicación de muro pantalla.  
Fuente: Figueroa, Rodríguez y Zelada (2011)

**Conservación del talud.**

Para (Das B. , 2001) un talud o pendiente no restringida consiste en una superficie de terreno expuesta situada a un ángulo con la horizontal, que puede ser natural o construido. Si dicha superficie no es horizontal, una componente de la gravedad ocasionará que el suelo se mueva hacia abajo, tal como se muestra en la Figura 2.

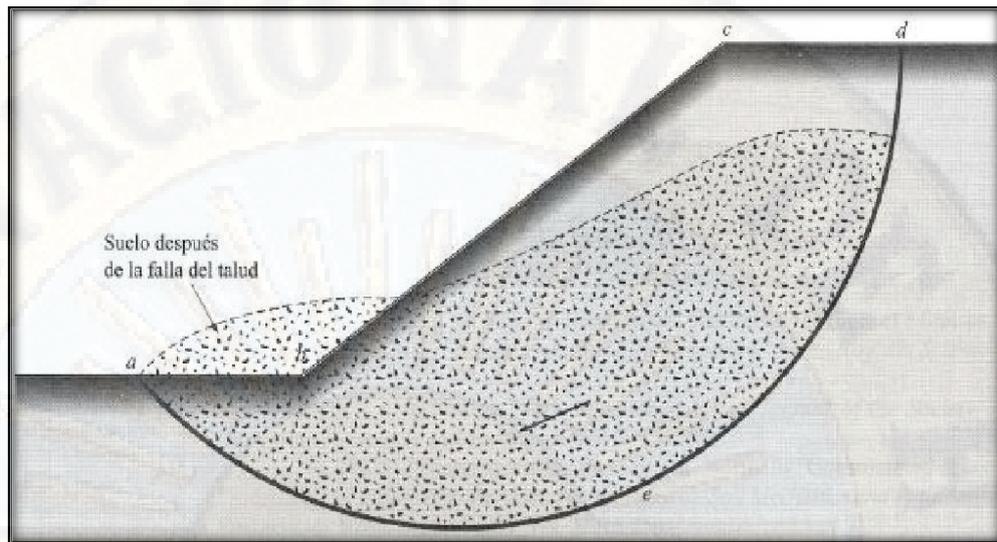


Figura 2. Talud, después de falla.  
Fuente: Das (2001)

(Das B. , 2001) acota que, si la componente de la gravedad es suficientemente grande, sucederá lo que llamamos la falla del talud; en otras palabras, la masa de suelo en la zona ABCDE (véase Figura 2) se deslizará hacia abajo. La fuerza actuante vence a la fuerza resistente de la resistencia al corte del suelo a lo largo de la superficie de ruptura. Y es a partir de aquí donde fluye otro término bastante importante para este informe: Factor de Seguridad.

### 2.2.2 Análisis del Talud a Estabilizar

Con los parámetros geomecánicas, sobrecargas y geometría de la excavación se procede a elaborar el modelo y cálculo numérico de la estabilidad del talud. Para su análisis existen diversas metodologías las mismas GGU-RETAIN, SLOPE, GEO5, en este trabajo de investigación se utilizará el software GO5.

Así mismo se podrá evaluar las condiciones locales de la obra, el diseñador selecciona la metodología necesaria para evaluar el comportamiento del macizo o estructura a estabilizar. Se suele emplear para estos fines (1) el método de equilibrio límite en su versión de métodos rigurosos; así como (2) el método de elementos finitos para

evaluar el estado de esfuerzos y deformaciones de la masa de suelo o roca.

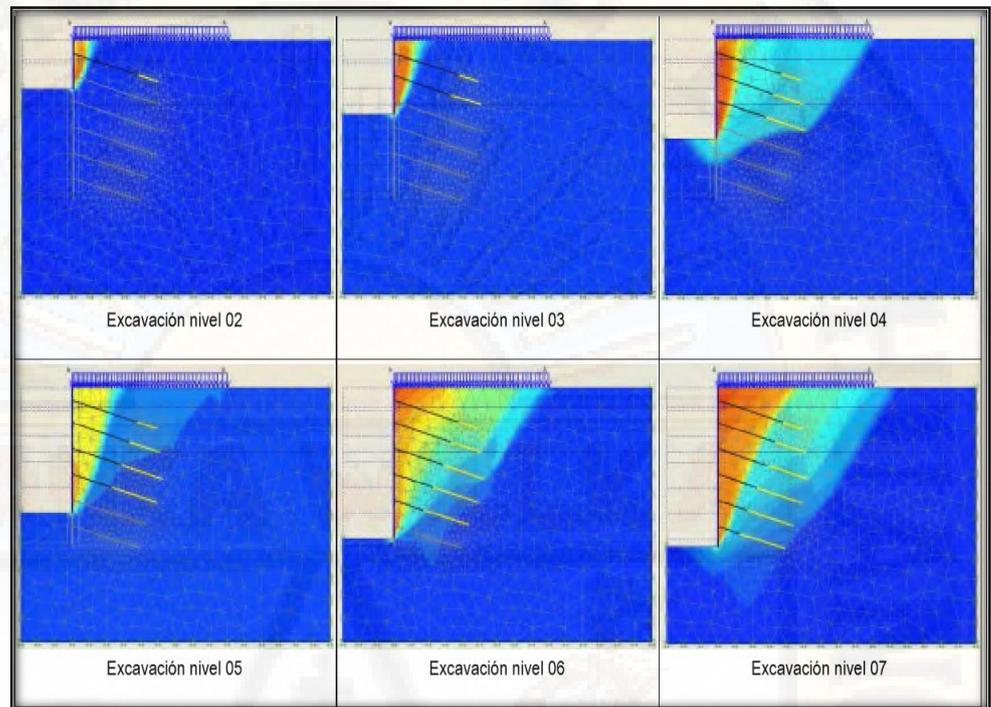


Figura 3. Modelo geomecánica del talud.

Fuente: (Sanhueza, 2008)

El modelo geomecánica del talud contempla del ámbito de investigación, y presenta la interacción de todos los fenómenos considerados para la estabilidad global, tales como: sobrecargas de construcciones vecinas, sobrecargas de equipos que operan en el local, efectos de viento considerando la aceleración estándar para la región en estudio.

En el modelo geomecánica empleando el método de elementos finitos (Figura 3), se contempla el procedimiento constructivo para la ejecución de los muros anclados, en este sentido se va modelando las etapas de excavación e incorporación de los anclajes al muro estructural de manera descendente hasta llegar a estabilizar la altura total del talud resultante de la excavación que incluye la excavación de la cimentación.

### 2.2.3 Criterios de estabilidad a considerar

(Alonso, 2001) señala que, en los muros anclados se deberán tener en cuenta dos aspectos:

- a) La estabilidad global de la zona en que se encuentra la estructura anclada.
- b) El comportamiento de cada uno de los elementos de los anclajes y sus efectos sobre el entorno más inmediato de los mismos (equilibrio local). En la figura 4 se muestran la posible configuración de rotura del muro pantalla a evaluar y algunos ejemplos más.

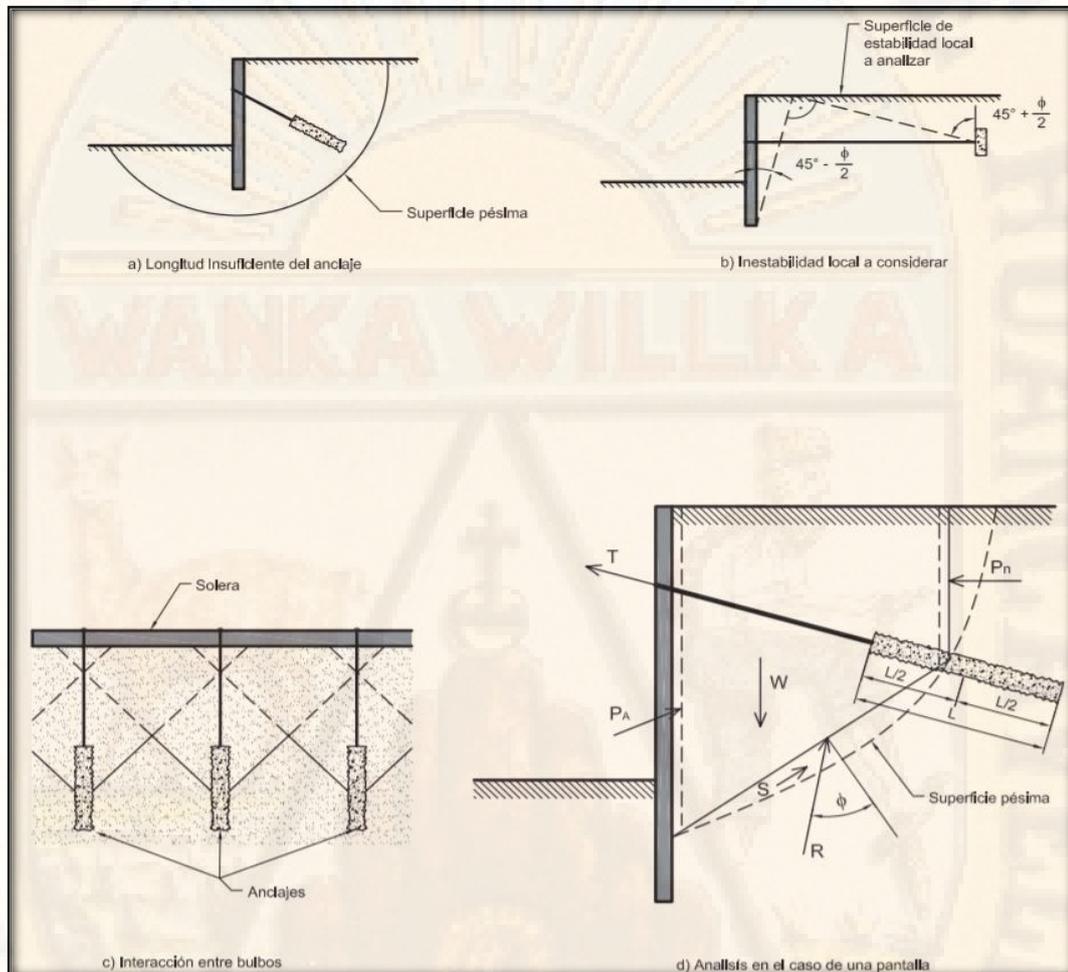


Figura 4. Ejemplos de situación de rotura a considerar.  
Fuente: (Alonso, 2001)

## 2.3 BASES CONCEPTUALES

### 2.3.1 Los anclajes como elemento estabilizador

Según lo establecido el Ph.D (Ucar Navarro, 2002) Los anclajes constituyen en los actuales momentos un medio esencial para garantizar la estabilidad de estructuras muy diversas, lográndose utilizar los procedimientos y posibilidades que la tecnología actual del soporte

mediante anclajes pone a nuestra disposición para aplicar la técnica moderna del sostenimiento.

Los anclajes pueden usarse en forma muy ventajosa en cualquier situación en que se necesite la ayuda de la masa de suelo para soportar un determinado estado de tensiones o esfuerzos.

Casos muy comunes se producen en los muros de tierra en donde es necesario garantizar la estabilidad de la masa de suelo, y por ende el de la obra.

En este sentido, cabe destacar que en las construcciones civiles se viene utilizando cada vez con mayor frecuencia y éxito los anclajes inyectados para sostener muros y absorber momentos volcadores. Este último como ocurre en las torres de alta tensión y en las presas para resistir las fuerzas volcadoras debidas al agua, así como en otras numerosas obras, en la cual la fuerza de tracción al terreno del anclaje transfiere las solicitaciones hasta una zona más profunda y estable, y por tanto de mayor capacidad portante.

Cabe destacar también, que el sistema de muros anclados o sistemas de contención por medio de anclajes, bien sea activos o pasivos, es cada vez de mayor utilización.

La razón fundamental se debe a que en los centros urbanos de gran desarrollo es frecuente la construcción de edificios con varios sótanos donde se requieren cortes de gran altura.

Lo dicho anteriormente indica que la utilización de los anclajes ha sido considerada como una excelente alternativa técnica y económica en la construcción de muros de retención, conjuntamente con los procedimientos modernos que nos ofrece el concreto proyectado bien sea por vía seca o húmeda. Por supuesto, al realizar este tipo de obra deben tenerse en cuenta otros aspectos que sin lugar a dudas son de vital importancia, tales como las construcciones vecinas y las redes de servicio. En este sentido, no se deben correr riesgos innecesarios que puedan causar pérdidas materiales y hasta humanas.

Por otra parte, al diseñar un sistema de anclajes es fundamental no sólo llevar a cabo todas las comprobaciones de estabilidad, sino a la vez un análisis detallado del tipo de anclaje que mejor se adapte al terreno, conjuntamente con una adecuada disposición, la cual permita una mejor ejecución y funcionamiento del refuerzo metálico.

De esta forma, se asegura que estos elementos que trabajan a tracción mejorarán las condiciones de equilibrio de la estructura incorporando al conjunto las fuerzas de masa por unidad de volumen que las circunda.

Finalmente, la gráfica que se muestra indica lo más representativos de la utilización de los anclajes empleados como medio estabilizador en las diferentes construcciones civiles.

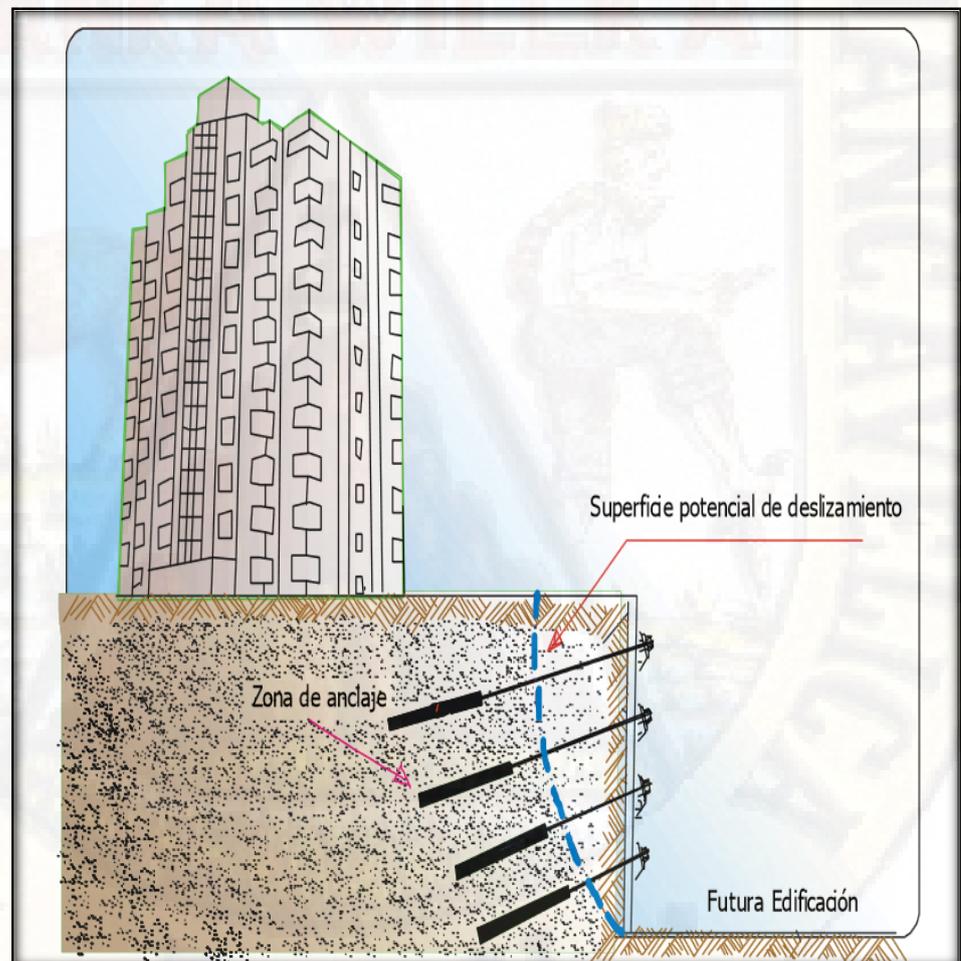


Figura 5. Muro anclado construido en el centro urbano.  
Fuente: (Ucar Navarro, 2002)



Fotografía 1. Área de investigación, Av.28 de abril del barrio de San Cristóbal.

En nuestro lugar de investigación que se muestra en fotografía 2, se observa un muro pantalla al que se propone inyectar anclajes y posteriormente se realice la modelación mediante un software GEO5 para la verificación de la estabilidad global.



Fotografía 2. Muro pantalla de 72.00 metros que consta de 18 paño.

#### **a) Clasificación de los anclajes**

Existe una amplia variedad de clasificaciones de anclaje, ya sea por el tipo de estructura, así como también por sus respectivas aplicaciones. Sin embargo, lo anterior, no excluye la posibilidad de

que se pueda incluir un determinado anclaje en más de una categoría. A continuación, se presentan, brevemente, los tipos más comunes; esto permitirá reconocer el tipo de anclaje utilizado en el proyecto (Espinoza & chate, 2018).

### **Según el Tipo de Tendón**

El investigador (Espinoza & chate, 2018) detalla sobre los anclajes de barra y anclajes de cable:

**Anclajes de barra.** Son utilizados para transmitir esfuerzos al suelo en toda la longitud del elemento metálico. Generalmente, se pueden emplear pernos roscados, corrugados o combinados.

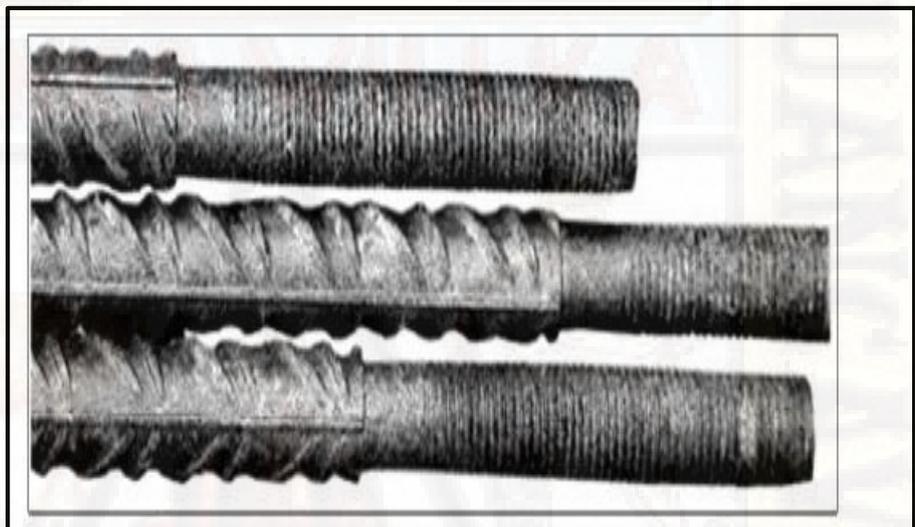


Figura 6. Anclajes de barra.  
Fuente: (Espinoza & chate, 2018)

**Anclajes de cables.** Los anclajes de cables están constituidos por cables, los cuales están compuestos por un conjunto de alambres de acero; donde el número de cables y alambres dependen de la carga de diseño de tensado. Usualmente un cable se conforma por 7 alambres trenzados. Presentan un mejor comportamiento en altos requerimientos a tensión, transmitiendo los esfuerzos al suelo en la parte final del elemento metálico.

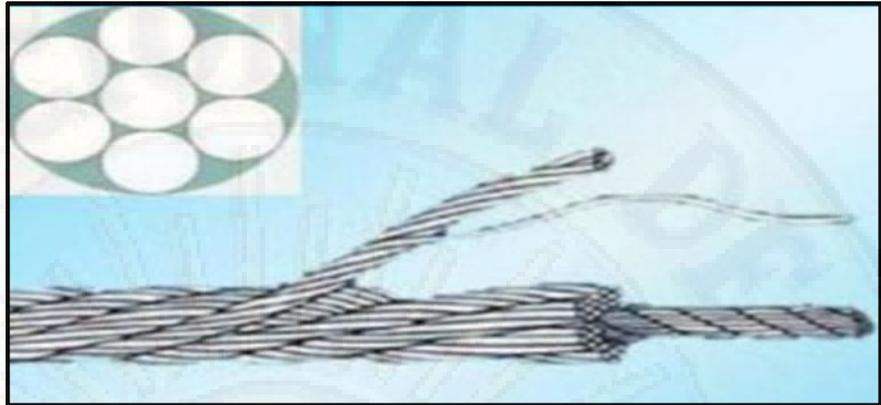


Figura 7. Anclajes de cable.  
Fuente: (Espinoza & chate, 2018)

### **Según su vida útil**

Según la Norma Española UNE-EN-1537 (2001).

**Anclaje temporal.** Este método de sostenimiento permite impedir las deformaciones de la pantalla. Los anclajes por lo general siempre son provisionales por los problemas legales con construcciones colindantes, aquello cuya vida útil no es superior a dos años.

**Anclajes permanentes.** Aquellos que se instalan de modo definitivo., En este caso, la protección deberá garantizar una valla continua de material anticorrosión entre el tirante y el terreno; de tal forma que no se deteriore durante la etapa prevista para la vida útil del anclaje, esto es, mayor a dos años.

(Rivera, 2004) Los anclajes permanentes son aquellos que, generalmente, se considera que tienen una vida útil de 75 a 100 años.

### **Según su forma de trabajo**

Según el trabajo de investigación (Espinoza & chate, 2018), indica lo siguiente sobre los anclajes activos y pasivos.

**Anclajes activos.** Barra o cable, con longitud libre y bulbo. Elemento retesando. Sus principales aplicaciones incluyen estabilización de deslizamientos de alto volumen, muros y pantallas de contención, estabilización de excavaciones, estabilización de taludes en presas y control de levantamiento o falla de fondo. Por ejemplo, en el proceso de estabilización de deslizamientos de alto volumen, muros y

pantallas de contención, una vez instalado el anclaje se tensiona la armadura hasta alcanzar su carga admisible, comprimiendo el terreno comprendido entre la zona de anclaje y la placa de apoyo de la cabeza. Lo cual indica que en nuestro trabajo de investigación se optara por los diseños de un anclaje activo.

**Anclajes pasivos.** Un anclaje pasivo surge al no tensionarse la armadura después de su instalación. El anclaje entra en tracción al empezar a originarse la deformación de la masa de suelo.

Los anclajes pasivos o pernos se construyen generalmente con barra roscada o corrugada en profundidades inferiores a 11 m y llenados con lechada a baja presión (en ocasiones incluso por gravedad). Su aplicación incluye deslizamientos potenciales de bajo volumen, control de falla de fondo y control de caídas en taludes rocosas acompañados de malla triple torsión.

**Anclajes mixtos.** son aquellos a los cuales su estructura metálica se pretensa con una carga menor a la admisible, quedando una fracción de su capacidad resistente en reserva para hacer frente a posibles movimientos aleatorios del terreno (Rengifo, 2015).

#### ***b) Componentes de los anclajes***

Los anclajes se dividen en 3 partes principales:

- Longitud libre,
- Longitud del bulbo y
- La cabeza del anclaje.

La longitud libre es la zona entre el bulbo y la cabeza o placa del anclaje. En esta zona se encuentra la vaina, centradores (garantizan la ubicación de los cables dentro de la vaina, proporcionándole un recubrimiento mínimo de grout) y el tendón (tirantes o cables metálicos). La longitud del bulbo es la zona donde se empotra el tendón y se encuentra en contacto directo con el suelo. La cabeza del anclaje es la conexión entre el tendón y el muro. La cabeza de anclaje está conformada por una placa de apoyo, que se ubica sobre el muro,

y una cuña, que permite que el tendón se mantenga tensionado (Bermudez & Carbajal , 2017).

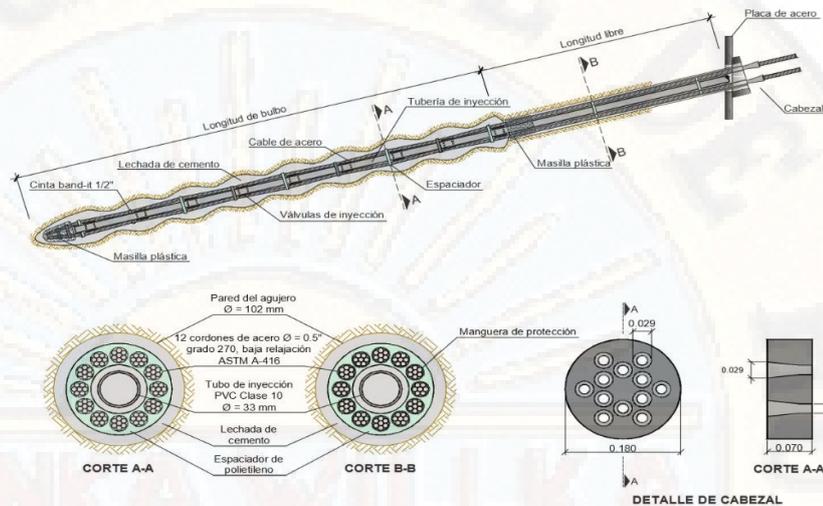


Figura 8. Componentes de un anclaje de cable.  
Fuente: (Puelles, 2011)

### c) Aplicación de los anclajes (muros anclados)

Retención de carreteras:

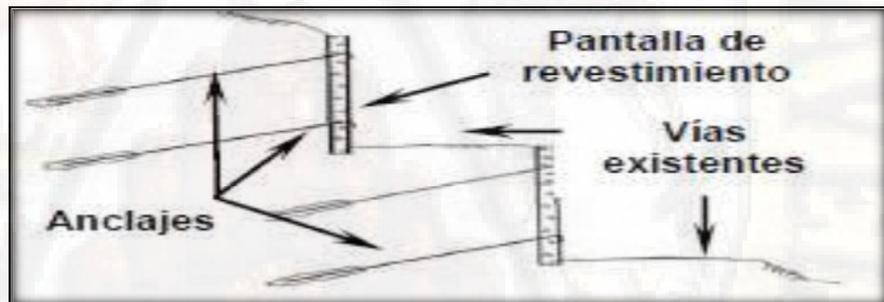


Figura 9. Aplicación de muros anclados en carreteras.  
Fuente: (Correa & Chavez, 2015)

Los muros anclados han sido utilizados comúnmente para la retención del suelo en vías o caminos que se encuentran en diferentes niveles de terreno (muros con escalonamiento), sobre todo en los de topografía irregular. También son muy utilizados para las aplicaciones de vías existentes, para la construcción de nuevas vías o bien para hacer reajustes en la infraestructura vial y se pueden hacer sistemas mixtos utilizando primero una pared temporal para luego colocar una pantalla permanente de concreto reforzado (Correa &

Chavez, Uso de inclinometro para mortero de las deformaciones de un muroanclado para un proyecto en un conglomerado en Lima, 2015)

Estabilización de taludes:

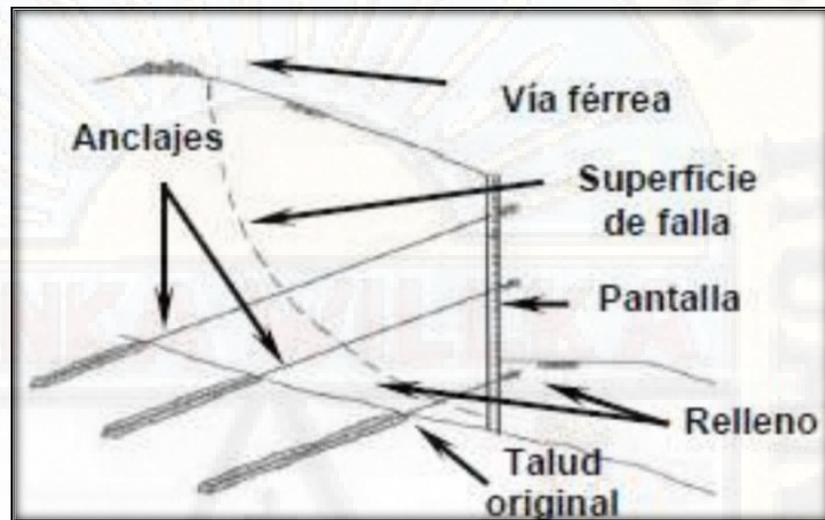


Figura 10. Aplicación de muros anclados en taludes.

Fuente: (Correa & Chavez, 2015)

Los muros anclados permanentes son utilizados para la estabilización de taludes y para prevenir deslizamientos de rocas o suelos, sobre todo cuando se realizan cortes en el terreno para la construcción de carreteras, rellenos o vías férreas. La estabilización consiste en que el muro soporte el suelo que se encuentra detrás de él. La fuerza de los anclajes debe ser superior a la necesaria para estabilizar las paredes de una excavación con un muro convencional y la pantalla de revestimiento se encarga de distribuir estas fuerzas en los anclajes a la superficie del suelo, la cual no se comprime y es capaz de soportar las reacciones de los anclajes en la cara de la excavación (Correa & Chavez, Uso de inclinometro para mortero de las deformaciones de un muroanclado para un proyecto en un conglomerado en Lima, 2015)

Fundación en Edificios:

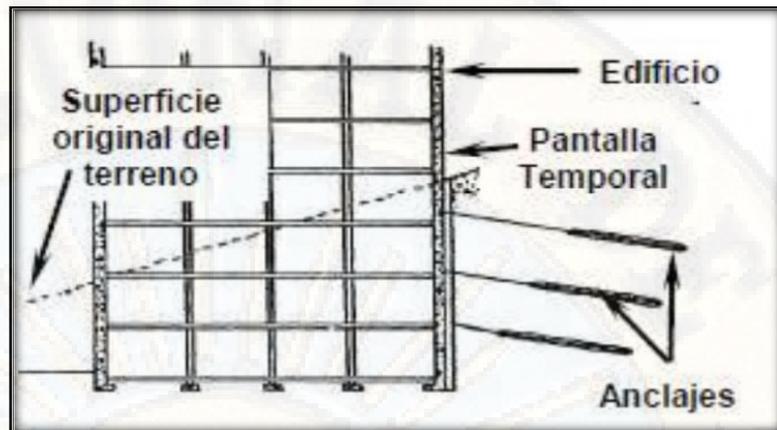


Figura 11. Aplicación de muros anclados en edificios.  
Fuente: (Correa & Chavez, 2015)

Se puede observar este tipo de aplicación en un edificio que se encuentra ubicado en un terreno en donde hay un talud y que, al realizar un corte del mismo se generan grandes fuerzas laterales ocasionadas por los empujes del terreno. Es por ello que los anclajes pueden ser los indicados en lugar de las fundaciones convencionales para soportar este tipo de fuerzas. En los edificios se puede utilizar como pantalla un muro de concreto reforzado temporal o un tablestacado temporal que sea reforzado con anclajes permanentes y luego se pueda construir el muro del edificio. Cabe mencionar que existen muchas variantes de este método en fundación de edificios (Correa & Chavez, Uso de inclinómetro para mortero de las deformaciones de un muro anclado para un proyecto en un conglomerado en Lima, 2015).

#### *d) Modos de rotura o falla de los muros anclados*

Los investigadores (Chavez & Correa, 2015) menciona que, estas fallas comúnmente son causadas por exceso de carga sobre un anclaje, que pueden estar relacionadas con la carga de tensionamiento, la secuencia de excavaciones, las fuerzas del agua y fuerzas sísmicas, entre otras.

- **Principales tipos de fallas locales en los muros anclados**

se puede apreciar que los mecanismos de falla pueden involucrar los tendones, la masa de suelo, el bulbo o las estructuras superficiales como se muestra en la siguiente figura.

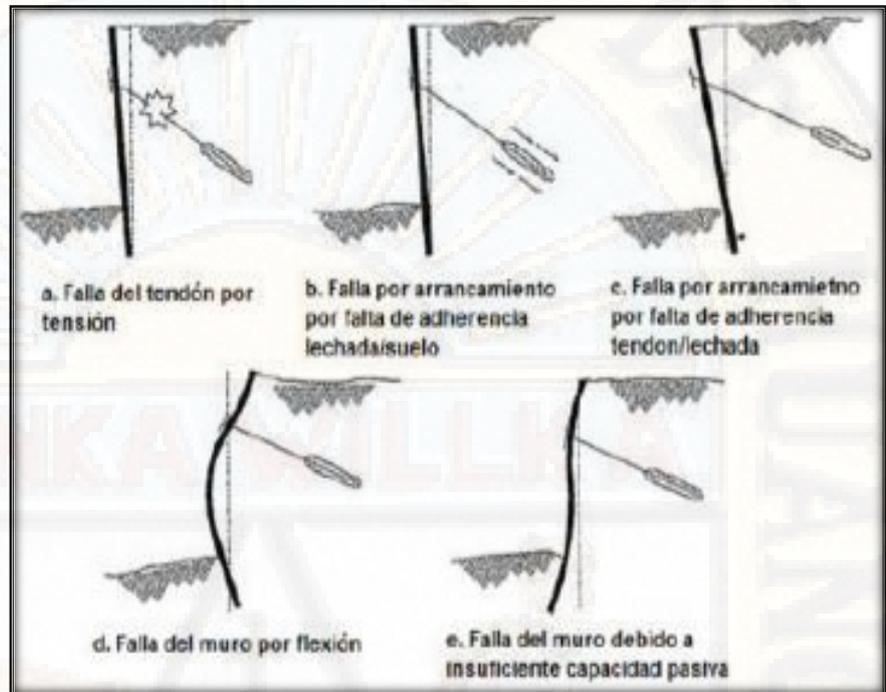
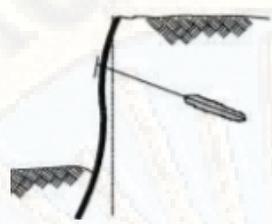


Figura 12. Criterios de falla a considerar en el diseño de anclaje.  
Fuente: (Rengifo, 2015)

- **Principales tipos de fallas generales en los muros anclados**

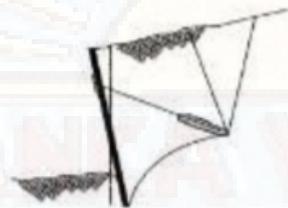
### 2.3.2 Muros pantalla



Falla del Muro debido a Insuficiente Capacidad Pasiva



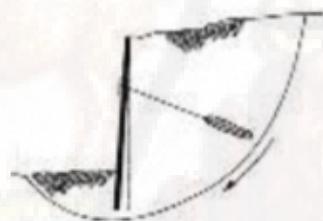
Falla por Rotación Progresiva (previa a la instalación del anclaje)



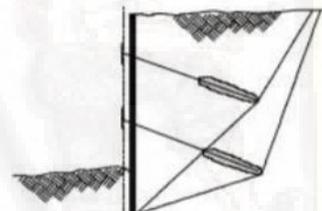
Falla por Vuelco



Falla debido a Insuficiente Capacidad Axial



Falla por Deslizamiento



Falla por Rotación de la Masa de Suelo

Se define como muros pantalla o pantallas continuas de hormigón armado a los muros construidos mediante la excavación en el suelo de zanjas profundas en las que primero se introduce la armadura del muro y posteriormente el hormigón, para constituir una estructura geoméricamente continua, empleando lodos bentónicos como protección de la excavación para evitar el desprendimiento de las paredes de la misma en caso que sea necesario (AETESS, 2006).

Un muro pantalla también es una estructura de fundación profunda que tiene como principal objetivo contener los empujes horizontales del terreno en las inmediaciones de una excavación vertical, como también

cumplen por si solas las funciones de estanqueidad, resistencia y protección. La estanqueidad impide el paso del agua, la resistencia soporta los empujes de suelo, de edificaciones circundantes y la protección de las excavaciones que se destina. Sin embargo, algunas pantallas, utilizadas en los sótanos para el estacionamiento de vehículos, quedan con frecuencia sin acabados o en el mejor de los casos con una mezcla de cemento y arena desfavoreciendo la impermeabilidad de estas estructuras (Puller, 1994).

### **2.3.3 Muros pantalla anclado**

Los muros anclados (o mal llamados muros pantalla) son estructuras de sostenimiento de taludes, los cuales poseen anclajes mecánicos al terreno que pueden ser temporales o permanentes. Los muros anclados están compuestos principalmente por un muro o placa de concreto armado vaciado in-situ, el cual está anclado al suelo con mediante un sistema de anclajes que evita que falle el talud generado por la excavación. Para el caso de sótanos, los anclajes de muros son temporales; esto debido a que durante la etapa de excavación los muros no tienen mayor soporte al empuje del terreno más que el soporte del mismo muro y de los anclajes. Sin embargo, cuando se comienzan a vaciar las losas de piso en sótanos, estas actúan como soporte fijo de los muros, por lo que los anclajes ya no serían necesarios (Bermudez & Carbajal , 2017).

El muro de concreto armado funciona a la vez como muros de sótano, siendo estos construidos por anillos de arriba hacia abajo conforme va progresando la excavación. Los anillos, a su vez, se dividen por paños, los cuales se construyen intercaladamente o por daderos (Bermudez & Carbajal , 2017).

#### **a) *Ventajas de los muros pantalla anclado mencionado por***

(Bermudez & Carbajal , 2017)

- Proporciona rigidez estructural que reduce los movimientos de suelo y reduce los asentamientos adyacentes durante la excavación.

- Se adapta fácilmente tanto a los anclajes como a sistemas internos de arriostramiento estructural.
- La construcción es expedita, debido a que solo es necesario construir las columnas interiores y las losas.
- Facilita la excavación por debajo del nivel freático mientras se deprime la napa.
- Provee de manera equitativa paredes herméticas o impermeables.
- Se adapta a las conexiones de la estructura.
- Puede alcanzar grandes profundidades, prácticamente a través de todos los tipos de suelo con un gran control sobre la geometría y la continuidad.

**b) *Desventajas de los muros pantalla anclado mencionado por***

(Figueroa, Rodríguez, & Zelada, 2011)

- La existencia de ambientes agresivos que puedan dañar los componentes del bulbo o anclaje si éstos no están protegidos adecuadamente.
- Los muros anclados no son efectivos en suelos blandos, ya que pueden causar deformaciones excesivas en la masa de suelo.
- La zona donde son instalados los anclajes queda limitada al desarrollo en el futuro.
- Puede interferir con estructuras vecinas o adyacentes al lugar del proyecto.

**2.3.4 Estabilidad global del muro pantalla anclado**

Para poder diseñar y construir, adecuadamente, un muro anclado se tiene que investigar el lugar de excavación. Teniendo en consideración por lo menos el empuje del suelo, las cargas de edificaciones vecinas, el efecto de variación de la humedad del suelo, las sobrecargas dinámicas producidas por sismos y las vibraciones (viento). A partir de esto es que se puede conocer la viabilidad técnica y económica de la construcción de muros anclados, además del tipo de sistema de anclajes que se utilizará (Bermudez & Carbajal , 2017).

**a) Estudio de mecánica de suelo**

El estudio de mecánica de suelos es muy importante porque permite conocer las propiedades físicas y mecánicas del suelo, y su composición estratigráfica, es decir las capas o estratos de diferentes características que lo componen en profundidad, y por cierta ubicación de napas de agua (freáticas), si las hubiere. El estudio de mecánica de suelo consta en general de tres etapas:

- Exploración y ensayos de terreno
- Ensayos de laboratorio
- Elaboración de informe

En la presente tesis se realizó el EMS para obtener los datos de densidad seca, sensibilidad húmeda, ángulo de fricción, contenido de humedad, granulometría y cohesión del lugar in situ, para ello se consideró dos puntos ensayo. Vale decir, que se escavaron 02 calicatas hasta una profundidad de 2.00 metros cada una, tal como se muestra en la fotografía.

**b) Presión lateral de tierras**

Muzás (2007) indicó que el empuje sobre el trasdós de una estructura de contención, proviene del desequilibrio tensional creado al realizar la excavación, separando dos niveles con su respectiva cota, las cuales definirán la altura del muro y están ligados con el movimiento de éste. La magnitud de los empujes de suelo experimentados en el muro, depende por encima de otros factores, de las propiedades físicas y de resistencia del suelo, de la interacción en la interfase suelo -estructura, de las condiciones del nivel de agua y de las deformaciones del sistema suelo -estructura.

**Estados de empujes.**

(Chavez & Correa, 2015). consideró un suelo indefinido en el que no existe desnivel y situando un elemento diferencial de suelo, a una profundidad  $Z$  junto a una línea vertical ( $A - A'$ ), como se refleja en la Figura (. Este elemento estará sometido a unas tensiones verticales ( $\sigma'_{V0}$ ) y horizontales ( $\sigma'_{H0}$ ). Si esta línea  $A - A'$  se cambia por una pantalla indefinida de espesor inapreciable, pero de rigidez muy grande y se estudian sus estados

tensionales para distintas posiciones, se podrán encontrar sus tres estados límites.

**- Estado en Reposo,  $K_0$**

La pantalla rígida no altera el estado de tensiones, esto quiere decir, a un lado y al otro de esta pantalla el terreno aplicará una tensión horizontal  $\sigma'_{H0}$ . Esta situación se denomina como inicial, o como estado de empuje en reposo (Chavez & Correa, 2015).

**- Estado Activo,  $K_a$**

Si se elimina el terreno del lado izquierdo de la pantalla, también se eliminarán las tensiones que equilibran el sistema, como consecuencia el muro tenderá a desplazarse hacia la izquierda produciendo una relajación del terreno a la derecha, con lo que disminuirá las tensiones horizontales del terreno. Se ha comprobado que cuando el movimiento de la pantalla aumenta, la tensión horizontal no disminuye indefinidamente, sino que alcanza un límite, con valor mínimo permanente  $\sigma'_{Ha}$ , cuando se produce la rotura del terreno. Este estado límite de tensiones se conoce como estado de empuje activo (Chavez & Correa, 2015).

**- Estado Pasivo,  $K_p$**

Se desplaza la pantalla en dirección al terreno contenido de la derecha, las presiones sobre la línea A – A' aumentarán, como reacción del terreno que se opone al movimiento A – A'. Se ha comprobado también, que al aumentar el movimiento la tensión no crece indefinidamente, sino que se llega a un límite de valor máximo permanente  $\sigma'_{Hp}$  en el que se produce la rotura del terreno. Este estado límite de tensiones se conoce como estado de empuje pasivo (Chavez & Correa, 2015).

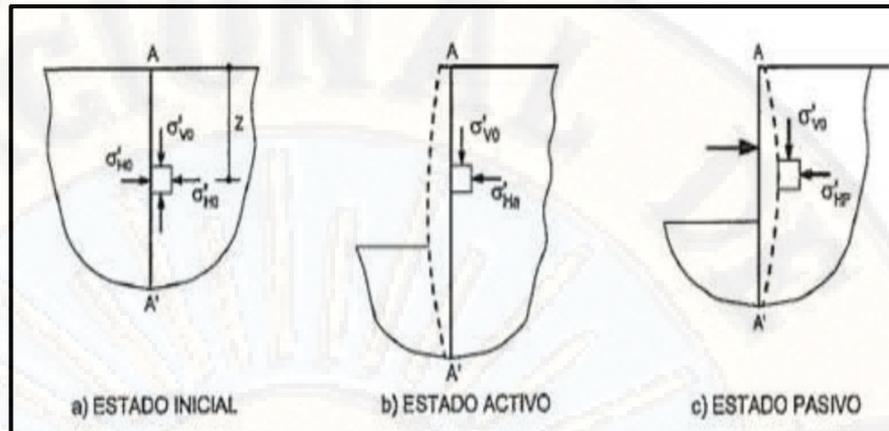


Figura 13. Estado inicial, activos y pasivos.  
Fuente: (Chavez & Correa, 2015).

Si se relaciona la variación de las tensiones horizontales (empujes) en un punto, con los movimientos que puede experimentar el terreno, se obtiene la Figura 14. En ella puede verse como para pasar del estado de empuje en reposo al estado de empuje activo es necesario un movimiento relativamente pequeño llegando a una tensión del orden de la mitad. Sin embargo, para pasar al estado de empuje pasivo, se necesitan grandes movimientos aumentados varias veces la tensión inicial. Estos dos estados límites, de empuje activo y de empuje pasivo, corresponden respectivamente, al empuje mínimo que el terreno puede ejercer sobre una estructura de contención y a la reacción máxima que el terreno puede ejercer sobre una estructura que transmita su reacción al terreno (Muzás, 2007).



Figura 14. Influencia de los movimientos en los empujes.  
Fuente: (Chavez & Correa, 2015).

Como se señaló anteriormente, al movilizarse el muro, se puede producir que el terreno llegue a un estado límite, agotando su capacidad resistente y produciendo una falla en forma de cuña sobre un plano de deslizamiento. Como se puede observar en la Figura 16 el plano de falla para 49 el caso activo tiene una forma de plano oblicuo, a diferencia del pasivo que generalmente es más curvo.

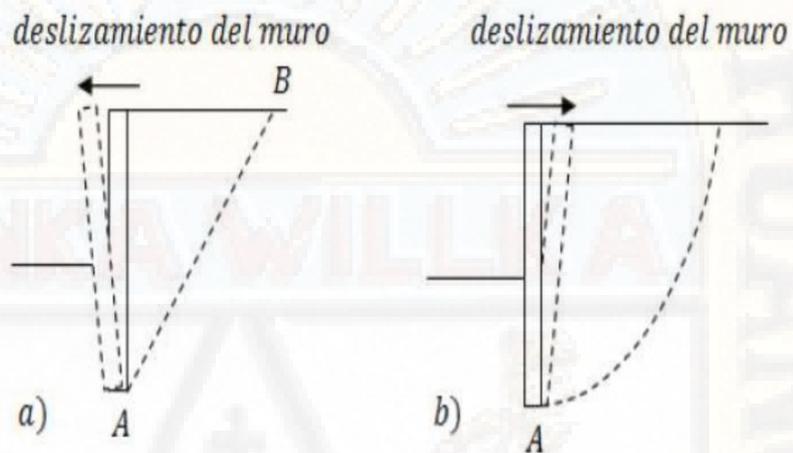


Figura 15. Falla del terreno según el movimiento del muro.  
Fuente: (Chavez & Correa, 2015).

### **Desplazamiento máximo horizontal para muros pantalla**

El investigador (Long, 2001) estudio aproximadamente 300 casos sobre la influencia de una excavación profunda, en los movimientos de terreno en los de la estructura de contención con el objetivo de obtener los desplazamientos máximos horizontales medidos en terreno. A partir de ello se han seleccionado 34 casos que se muestra en la tabla de resumen, en la cual se puede observar que las profundidades de vaciado oscilan entre 7 y 26 metros mientras que los desplazamientos horizontales máximos medidos en terreno varían entre 2,2 y 135 mm, con una media de 38 mm.

Tabla N° 1  
Resumen de desplazamientos máximos.

<b>Caso</b>	<b>Ubicación</b>	<b><math>H_{exc}</math> (m)</b>	<b><math>\delta_{hmax}</math> (mm)</b>	<b><math>\delta_{vmax}</math> (mm)</b>
1	Bermondsey (Dawson et al, 1996)	19,5	13	---
2	Eastbourne (Ferne et al, 1996)	11	60	---
3	Argyle Station, HK (Morton et al, 1980)	18,7	29	58
4	Geneva, Le Mail (Monnet et al, 1994)	14,8	13	---
5	New Palace Yard (Burland & Hancock, 1977)	18,5	30	20
6	Aldersgate (Ferne et al, 1991)	23	33	18
7	HK & S Bank, HK (Humpheson et al, 1986)	16	48	25
8	Charter Station, HK (Davies & Henkel, 1980)	26	36	180
9	Singapore multistory (Lee et al, 1998)	17,3	50	---
10	Bangkok D (Balasubramaniam et al, 1991)	16	25	---
11	Oslo Telephone (DiBiagio & Roti, 1972)	18,5	15	40
12	Oslo Studenterlu (Karlsrud, 1981, 1983, 1986)	16	42	65
13	Oslo Jerbanetorget (Karlsrud, 1981, 1983)	10	20	---
14	Oslo Bank of Norway (Roti & Friis, 1985)	16	16	62
15	Eastbourne 1 (Ferne & Suckling, 1996)	11	61	---
16	Eastbourne 2 (Ferne & Suckling, 1996)	14	15	---
17	Osaka A (Tamano et al, 1996)	20,6	78	---
18	Lake zone, México (Aurinet & Organista, 1998)	15,7	135	---
19	Shanghi-Jin Mao (Zhao et al, 1999)	19,65	81	---
20	Shanghi-Heng Long (Zhao et al, 1999)	18,2	99	---
21	Shanghi (Onishi & Sugawara, 1999)	17,85	129	---
22	Newton Singapore (Nicholson, 1987)	14,5	110	220
23	A329-Reading (Carder & Symons, 1989)	6,9	18	---
24	MBTA, Boston (Becker & Haley, 1990)	15,2	25,4	12,7
25	Harvard Square Boston (Hansmire et al, 1989)	15,7	10	---
26	Harvard Square Boston (Hansmire et al, 1989)	15,7	11	---
27	PO Square Boston (Whittle et al, 1993)	23,4	52	45
28	Taipei Gas (Kung et al, 2007)	18,1	76	---
29	MRT-3 (Kung et al, 2007)	12,4	22	---
30	MRT-4 (Kung et al, 2007)	16,2	49	---

<b>Caso</b>	<b>Ubicación</b>	<b><math>H_{exc}</math> (m)</b>	<b><math>\delta_{hmax}</math> (mm)</b>	<b><math>\delta_{vmax}</math> (mm)</b>
31	Subway-2 (Kung et al, 2007b)	19,4	60	---
32	Subway-3 (Kung et al, 2007b)	19,4	62	---
33	Subway-4 (Kung et al, 2007)	16,2	47	---
34	Lavender (Lim et al, 2003)	15,7	31	---

Fuente: (Sanhueza, 2008)

De los 34 casos seleccionados, se puede observar que aproximadamente el 75% de los casos se encuentran por debajo de 0.35%H, siendo el valor promedio, de 0.28%H.

Por lo tanto, el investigador señala que, para tener mayor consideración y seguridad de los muros propone el valor promedio **a 0.18%H de desplazamiento horizontal máximo** y la medida de **desplazamiento horizontal máximo será de 29.6mm** (Sanhueza, 2008).

*c) Cargas externas que afectan al diseño*

Para las sobrecargas tenemos que considerar no solo transporte vehicular o el asfalto, para esta investigación tenemos que adicionar los que son las cargas de edificación carga viva y carga muerta, entre otros, para tal fin se realizara un metrado de cargas considerando que estos equipos se encuentren al borde del lugar de investigación (Ugaz, 2018).

Cabe señalar que se debe agregar el 10% por situaciones aleatorias.

Por otro lado, la norma E0.20 – artículo 8.1 menciona que para todas las aceras y pistas que se apoyen sobre el suelo representarán una carga viva distribuida de 5 kN/m<sup>2</sup>. Además se tendrán que considerar el propio peso del asfalto y de la base, así mismo se consideró las cargas producidas por el viento (Ugaz, 2018).

Según la norma E0.20, para las sobrecargas en edificaciones de viviendas multifamiliares, locales comerciales, entre otros, se realizará un metrado por nivel construido tomando en cuenta las estructuras armados como columnas (1.5 kN/m<sup>2</sup>), vigas (1.5 kN/m<sup>2</sup>), losas (2.0kN/m<sup>2</sup>), sobrecarga (250 kN /m<sup>2</sup>), mampostería (1.50 kN/m<sup>2</sup>) y finalmente el acabado (1.0 kN /m<sup>2</sup>), da como resultado un sobre carga de por nivel de piso de construido de 10 kN/m<sup>2</sup> (Ugaz, 2018).

***Sc por piso cons:10 KN/m<sup>2</sup>***

### **2.3.5 Diseño de anclajes**

*a) Consideraciones para el diseño de anclajes*

La función del sistema de anclajes de un muro anclado es la de resistir empujes por parte del suelo, agua y sobrecargas. Para poder lograr ello, el bulbo se ancla fuera de la zona activa (ver figura). Esto quiere

decir que se tiene que calcular la longitud libre y la longitud del bulbo, de tal forma que este se ubique fuera de la zona potencial de falla del talud de la excavación. (Bermudez & Carbajal , 2017)

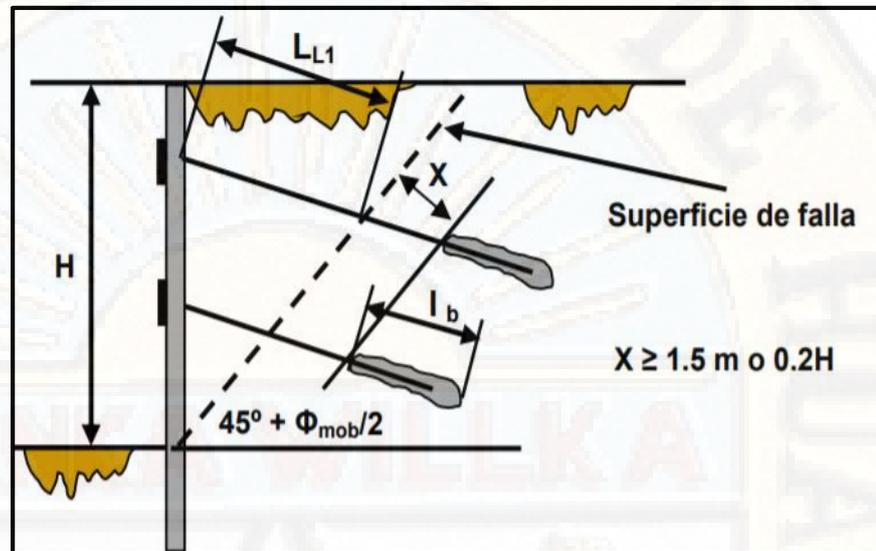


Figura 16. Localización de la superficie de falla crítica según Rankine.  
Fuente: (Figueroa, Rodríguez, & Zelada, 2011)

Para diseñar adecuadamente los anclajes de un muro pantalla es recomendable seguir la siguiente secuencia:

1. Hallar la ubicación de la superficie potencial de falla, ya que el bulbo del anclaje tiene que encontrarse fuera de esta zona y así poderse anclar en el suelo que no está propenso a una falla.
2. Se debe realizar el cálculo de las cargas de anclaje, la cual se puede calcular mediante diversos métodos, como por ejemplo el método de equilibrio límite.
3. Diseñar la longitud del anclaje, es decir, la longitud libre y la longitud del bulbo. Esta es una etapa muy importante, ya que, el anclaje es producido principalmente por la capacidad de adherencia grout-suelo, y esta a su vez depende de la longitud anclada.
4. Calcular la carga permisible de la tensión del tendón.
5. Calcular el espaciamiento horizontal, vertical y la inclinación de los anclajes. La inclinación de los anclajes usualmente varía entre

10° a 15°, esta depende del grosor del cable, de la longitud libre y anclada, y de la distribución de momentos y fuerzas cortantes. Con respecto a la ubicación del anclaje, se tiene que tener cuidado que los anclajes no se encuentren en zonas de intersección entre muro-losa o intersección muro-columna.

Para este análisis, usaremos el cálculo de la carga total de tierras ( $TL$ ), que es hallado en la comparación del coeficiente de reposo ( $Ko$ ) y el coeficiente de Rankine modificado ( $Kamob$ ). Este último, generalmente, es afectado por el 1.5 de la resistencia al corte del suelo ( $\phi$  y  $c$ ) (Federal Highway Administration, 1999).

Por Rankine modificado afirmamos que:

$$\phi_{mob} = \tan^{-1}(\tan\phi / FS) \quad \text{Ec. 1}$$

$$C_{mob} = C / FS \quad \text{Ec. 2}$$

Donde:  $\phi_{mob}$  = Ángulo de fricción interna del suelo afectado por un factor de seguridad ( $^\circ$ )

$\phi$  = Ángulo de fricción interna del suelo ( $^\circ$ )

FS = Factor de seguridad de 1.5

$C_{mob}$  = Cohesión del suelo afectada por un factor de seguridad ( $KN/m^2$ )

C = Cohesión del suelo ( $KN/m^2$ )

Para poder obtener la carga de presiones activas del suelo, debemos hallar  $KAmob$ :

$$K_{Amob} = \frac{1 - \sin\phi_{mob}}{1 + \sin\phi_{mob}} \quad \text{Ec.3}$$

Seguidamente se halla  $TL$ :

$$TL = (1/2)K_{Amob} * \gamma * H^2 \quad \text{Ec.4}$$

Donde:

$K_{Amob}$  = Coeficiente de presión de tierras en condición activa movilizada

$K$  = Coeficiente de presión de tierras en condición de reposo

$TL$  = Carga total debida a la presión de tierra ( $KN/m$ )

### **Cálculo de presión de sobrecargas**

Para poder hallar la presión que ejerce la sobrecarga horizontalmente, se multiplica por el coeficiente  $K$ . Este coeficiente de presión depende del estado del suelo en el que se analiza ( $K_0$ ,  $K_a$  o  $K_{Amob}$ ) y que su vez estos dependen del factor de seguridad del sistema.

$$P_s = q_s \cdot K \quad \text{Ec. 5}$$

Donde:

$P_s$  = Presión de sobrecargas horizontal

$q_s$  = Sobrecarga

### **Cálculo de longitudes de los anclajes**

Como primera condición, Sabatini y otros (1999), recomiendan que la longitud de un anclaje no debe de ser menor a 9 metros ni mayor a 45 metros, ya que a partir de ese punto pierde la eficiencia adecuada con la que debería trabajar y por consecuencia no es económicamente rentable. El anclaje está conformado por tres zonas: Longitud de bulbo ( $L_b$ ), longitud libre ( $L_f$ ) y longitud de tensado ( $L_t$ ). Para fines de diseño, la longitud o la zona de bulbo debe localizarse por detrás de la falla crítica tal como se muestra en la Figura 18.

Rankine, establece que la superficie crítica de falla se halla desde la horizontal de la excavación con un ángulo de  $45^\circ + \frac{\phi_{mob}}{2}$  hasta la superficie. Asimismo, se recomienda que la longitud libre sobrepase esta superficie crítica de falla entre el mayor valor de 1.5 metros o la

quinta parte de la altura de excavación ( $H/5$ ). Esto nos ayudará a preservar que el la longitud libre no asuma cargas que el bulbo debería de tomar.

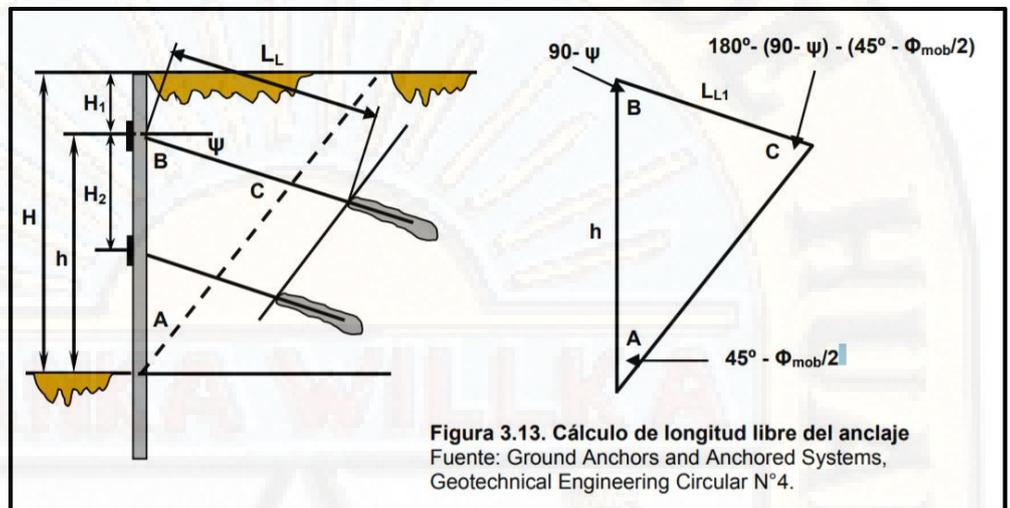


Figura 17. Hallando la longitud libre del anclaje .  
Fuente: (Ugaz, 2018)

Para hallar la longitud libre del primer nivel de anclaje, se usa la ley de senos llegando a la siguiente expresión:

$$LL1 / \text{Sen}(45^\circ - \Phi_{mob} / 2) = h / \text{sen}[180 - (90 - \Psi) - (45 - \Phi_{mob} / 2)]$$

Ec. 6

Donde:  $LL1$  = Longitud libre del anclaje hasta la superficie de falla de  $45^\circ + \Phi_{mob}/2$  (m)

$h$  = Altura del muro desde el anclaje analizado (m)

$\Psi$  = Ángulo de inclinación del anclaje ( $^\circ$ )

$\Phi_{mob}$  = Ángulo de fricción del suelo afectado por el factor de seguridad ( $^\circ$ )

Una vez obtenido la longitud libre del anclaje hasta la superficie de falla, se procede a la suma del coeficiente “X”, quedando la expresión de la siguiente manera:

$$LL = LL1 + X$$

Ec. 7

### Cálculo de fuerzas de anclajes

La FHWA menciona que existen dos métodos para poder calcular las fuerzas de anclaje mediante las envolventes de presión: El método de áreas tributarias y el método de hinge o bisagra, las cuales permiten calcular manualmente sistemas estáticamente indeterminadas (véase Figura 13).

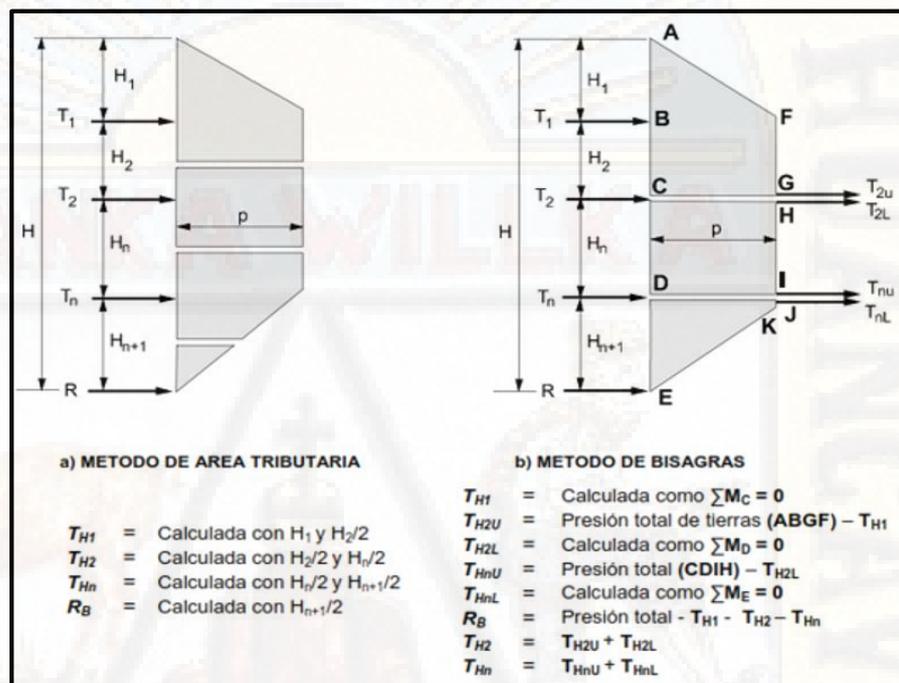


Figura 18. Metodo de areas tributarias, hinge o bisagra.

Fuente: (Ugaz, 2018)

Ambos métodos mencionados, que utilizan los diagramas de presión de tierra, proporcionan las cargas de anclaje al suelo y momentos de flexión en la pared con un buen estimado. Sin embargo, se tomará el método de área tributaria, que a partir de dichos diagramas obtenemos las siguientes fórmulas para calcular las componentes horizontales de la fuerza del anclaje incluyendo una sobrecarga uniforme:

$$TH1 = [(2/3)H_1 + (1/2)H_2] * P + (H_1 + H_2/2) * PS \quad \text{Ec. 8}$$

$$TH2 = [(1/2)H_2 + (1/2)H_n] * P + (H_2/2 + H_n/2) * PS \quad \text{Ec. 9}$$

$$THn = [(1/2)H_n + (23/48)H_{n+1}] * P + (H_n/2 + H_{n+1}/2) * PS \quad \text{Ec. 10}$$

10

Asimismo, obtenemos la reacción en la base del muro con la siguiente fórmula:

$$RB = [(3/16)n+1]*P + (Hn+1/2)*PS \quad \text{Ec. 11}$$

### **Cálculo de longitud de bulbo de anclajes**

Finalmente, luego de calcular la longitud libre y la carga del anclaje, se procede al cálculo de la longitud del bulbo. Bustamante, M. (1986), menciona que, para la determinación de la longitud de bulbo, el método propuesto toma en consideración los estudios relativos al mecanismo de resistencia a los esfuerzos a lo largo del bulbo y del mecanismo de ruptura, por lo que plantea la siguiente ecuación principal (ver Ec. 3.16) para obtener la capacidad de bulbo, que es la resistencia de carga por metro lineal de bulbo.

$$TLB = \pi * D_s * \alpha * q_s \quad \text{Ec. 12}$$

Donde:

$TLB$  = Capacidad de bulbo

$D_s$  = Diámetro de perforación

$\alpha$  = Factor de mayoración del bulbo

$q_s$  = Fricción lateral límite unitario

Según el tipo de inyección y el suelo donde se ejecute y trabaje la totalidad de longitud de bulbo, el factor de mayoración ( $\alpha$ ) para la capacidad de bulbo variará según muestra en la Tabla

Tabla 2.

*Factor de mayoración del bulbo*

Suelos	Coeficiente		Cantidad mínima de Lechada aconsejada
	IRS	IGU	
Grava	1,8 a 1,8	1,3 a 1,4	1.5V
Grava arenosa	1,6 a 1,8	1,2 a 1,4	1.5V
Arena con grava	1,5 a 1,6	1,2 a 1,3	1.5V
Arena gruesa	1,4 a 1,5	1,1 a 1,2	1.5V
Arena mediana	1,4 a 1,5	1,1 a 1,2	1.5V
Arena fina	1,4 a 1,5	1,1 a 1,2	1.5 a 2,0V para IRS
Arena limosa	1,4 a 1,5	1,1 a 1,2	1.5V para IGU

Fuente: (Bustamante, 1986)

Por otro lado, para el cálculo de fricción lateral límite unitario o  $q_s$ , necesitamos valores de NSPT del suelo y saber qué tipo de inyección vamos a utilizar (ver Tabla 3). Con estos datos, podemos usar el ábaco planteado por Bustamante, M. (1986) (ver Figura 14).

Tabla 3.  
*Factor de mayoración del bulbo*

Suelos	Tipo de Inyección	
	IRS	IGU
Grava	SG1	SG2
Grava arenosa		
Arena con grava		
Arena gruesa		
Arena mediana		
Arena fina		
Arena limosa		

Fuente: (Bustamante, 1986)

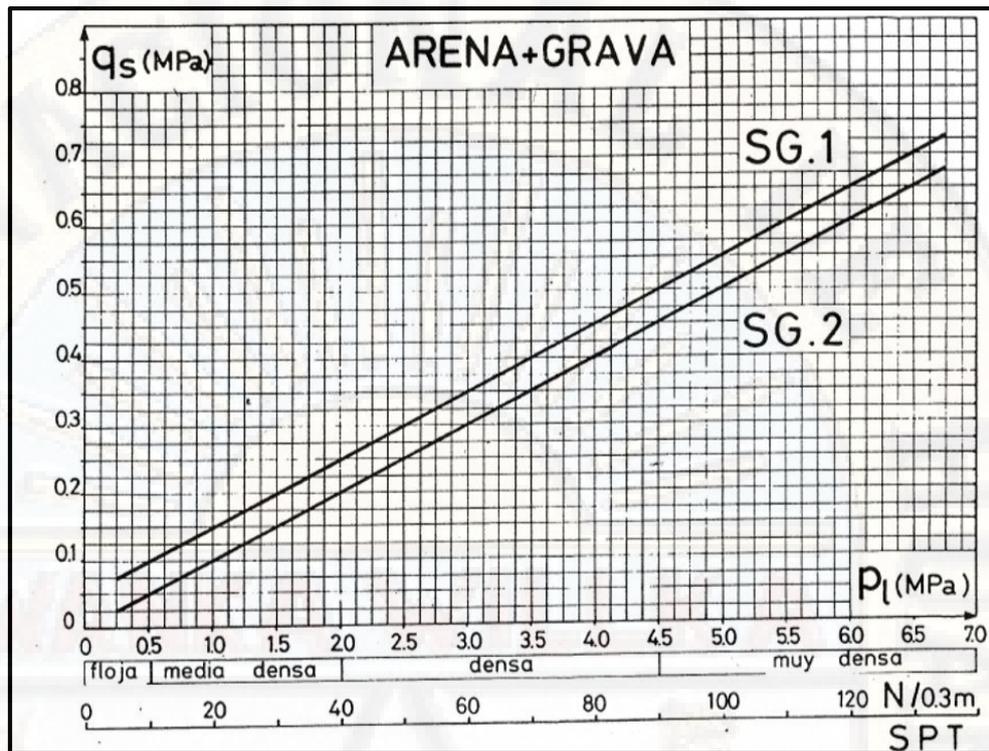


Figura 19. Ábacos para el cálculo de  $q_s$ , para gravas y arenas  
Fuente: (Bustamante, 1986)

## 2.4 BASES CONCEPTUALES

**Anclaje:** Conectores usados para transmitir tracción, corte, o combinaciones de ellos, niveles de seguridad (factores de carga y  $\phi$ ) para condiciones de servicio (Das B. M., 1983, pág. 52).

**Anclajes inyectados:** Estos tipos de anclaje son armaduras metálicas, alojados en taladros perforados cementados mediante inyecciones de la lechada de cemento mortero (Ucar, 2002, pág. 12).

**Anclajes provisionales:** Tienen carácter de medio auxiliar y proporcionan las condiciones de estabilidad a la estructura durante el tiempo necesario para disponer otros elementos resistentes que los sustituyan (Ucar, 2002, pág. 18).

**Anclajes pasivos:** No se pretensa la armadura después de su instalación. El anclaje entra en tracción al empezar a producirse la deformación de la masa de suelo o roca (Ucar, 2002, pág. 19).

**Anclajes activos:** Una vez instalado se pretensa la armadura hasta alcanzar su carga admisible, comprimiendo el terreno comprendido entre la zona de anclaje y la placa de apoyo de la cabeza (Ucar, 2002, pág. 19).

**Anclajes mixtos:** La estructura metálica se pretensa con una carga menor a la admisible, quedando una fracción de su capacidad resistente en reserva para hacer frente a posibles movimientos aleatorios del terreno. (Ucar, 2002, pág. 19)

**Cimentación:** Se denomina cimentación al conjunto de elementos estructurales cuya misión es transmitir las cargas de la edificación o elementos apoyados a este al suelo distribuyéndolas de forma que no superen su presión admisible ni produzcan cargas zonales. (Das B. M., 1983, pág. 152)

**Clasificación de suelos:** Es una categorización de tierras basado en características distintivas y en criterios de uso. Una clasificación de suelos es muy dinámica, en sí mismo de la estructura del sistema, a las definiciones de clases, y finalmente en la aplicación a campo. (Das B. M., 1983)

**Conservación:** Conservación es el mantenimiento o el cuidado que se le da a algo con la clara misión de mantener, de modo satisfactorio, e intactas, sus cualidades, formas entre otros aspectos.

**Durabilidad del concreto:** Un concreto durable es aquel que puede resistir en forma satisfactoria las condiciones de servicio a que estará sujeto, tales como: la meteorización, la acción química y el desgaste (Crespo Villadaz, 2004).

**Esfuerzo cortante:** Es el esfuerzo interno o resultante de las tensiones paralelas a la sección transversal de un prisma mecánico como por ejemplo una viga o un pilar (Crespo Villadaz, 2004).

**Empuje activo:** Es la fuerza del suelo que se efectúa sobre un soporte que resiste, cediendo cierta magnitud que depende de sus características estructurales (Das B. M., 1983).

**Empuje pasivo:** Es la fuerza que actúa sobre una pared que avanza contra el talud.

**Empuje reposo:** Es la fuerza horizontal por unidad de ancho de muro resultante de la integración de las tensiones horizontales efectivas a lo largo de la altura de la estructura, en la condición de reposo.

**Estabilidad:** Dar equilibrio, o compensar (Das B. M., 1983).

**Estrato:** Se llama estrato a cada una de las capas en que se presentan divididos los sedimentos, las rocas sedimentarias y las rocas metamórficas que deriva de ellas, cuando esas capas se deben al proceso de sedimentación (Das B. M., 1983).

**Factor de seguridad:** La tarea del ingeniero encargado de analizar la estabilidad de un talud es determinar el factor de seguridad (Das B. M., 1983).

**Granulometría:** Es la medición y graduación que se lleva a cabo de los granos de una formación sedimentaria, de los materiales sedimentarios, así como de los suelos, con fines de análisis, tanto de su origen como de sus propiedades mecánicas, y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una *escala granulométrica* (Das B. M., 1983).

**Inyección:** Acción que consiste en introducir un líquido o un gas a presión en el interior de un cuerpo.

**Límites de Atterberg:** Conocidos también como límites de consistencia, se utilizan para caracterizar el comportamiento de los suelos finos, aunque su comportamiento varía a lo largo del tiempo, se basan en el concepto de que en un suelo de grano fino solo pueden existir cuatro estados de consistencia según su humedad, estos límites son: *Límite líquido*, *Límite plástico*, *Límite de Contracción*. (Das B. M., 1983)

**Muros de contención:** Estructuras, capaces de contener o soportar las presiones laterales o empuje de tierra generadas por terrenos generadas naturales o rellenos artificiales (Crespo Villadaz, 2004).

**Muros de contención por gravedad:** Soportan los empujes con su peso propio. Los muros construidos con hormigón en masa u hormigón ciclópeo, por ser más pesados, se utilizan habitualmente como muro de gravedad ya que contrarrestan los empujes con su propia masa.

**Muros de contención ligeros (a flexión):** Cuando el muro trabaja a flexión podemos construirlo de dimensiones más livianas. Dado que aparecen esfuerzos de flexión, la construcción se efectúa con hormigón armado, y la estabilidad esta en relación a la gran resistencia del material empleado (Crespo Villadaz, 2004).

**Resistencia a la compresión:** Es la medida más común de desempeño que emplean los ingenieros para diseñar edificios y otras estructuras, se mide fracturando probetas cilíndricas de concreto en una máquina de ensayos de

compresión, se calcula a partir de la carga de ruptura dividida por el área de la sección que resiste a la carga y se reporta en unidades de libra-fuerza por pulgada cuadrada (psi) en unidades corrientes utilizadas en EEUU o en mega pascales (MPa) en unidades SI (Das B. M., 1983).

**Resistencia Mecánica:** Es la capacidad de los cuerpos para resistir las fuerzas aplicadas sin romperse, esta resistencia depende del material y de su geometría. El parámetro empleado habitualmente para valorar la resistencia mecánica de un cuerpo es el coeficiente de seguridad.

**Suelo:** Desde el punto de vista de la ingeniería, suelo es el sustrato físico sobre el que se realizan las obras, del que importan las propiedades físico-químicas, especialmente las propiedades mecánicas. Desde el punto de vista ingenieril se diferencia del término roca al considerarse específicamente bajo este término un sustrato formado por elementos que pueden ser separados sin un aporte significativamente alto de energía (Das B. M., 1983).

**Talud:** Es una superficie cuya extensión en altura separa dos planos (Crespo Villadaz, 2004).

## 2.5 HIPOTESIS

La inyección de anclaje al muro de concreto estabiliza favorablemente en la conservación del talud de la Av. 28 de abril del barrio de San Cristóbal, Huancavelica.

### 2.5.1 Hipótesis específica.

- a) La longitud de inyección de anclaje al muro de concreto estabiliza favorablemente en la conservación del talud de la Av. 28 de abril del barrio de San Cristóbal, Huancavelica.
- b) El ángulo de inclinación en la inyección de anclaje al muro de concreto estabiliza favorablemente en la conservación del talud de la Av. 28 de abril del barrio de San Cristóbal, Huancavelica
- c) La carga máxima de diseño en la inyección de anclaje al muro de concreto estabiliza favorablemente en la conservación del talud de la Av. 28 de abril del barrio de San Cristóbal, Huancavelica.

## 2.6 VARIABLE

### 2.6.1 Variable 1

Inyección de anclaje al muro de concreto.

### 2.6.2 Variable 2

Conservación del talud.

## 2.7 OPERALIZACIÓN DE VARIABLE

Tabla 4.

*Operalización de variable*

Fuente: Elaboración por los autores.

VARIABLES	DEFINICIÓN OPERATIVA	DIMENSIÓN	INDICADOR
<b>Variable 1:</b> Inyección de anclaje al muro de concreto.	Esfuerzo sometido a tracción, generando una fuerza de anclaje el cual es soportado por la resistencia al corte lateral en la zona de inyección con el terreno.	Longitud de la inyección	Distancia desde el muro hasta pasar la superficie de falla del talud (ml)
		Ángulo de inclinación	Ángulo de inclinación de los anclajes en grados sexagesimales
		Carga máxima de diseño	Esfuerzos de tensión que transmite desde la superficie del muro de concreto hasta una zona firme del terreno en kN
<b>Variable 2:</b> Conservación del talud.	Estado de conservación del talud	Grado de conservación	Bueno
			Regular
			malo

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1 ÁMBITO TEMPORAL Y ESPACIAL

El ámbito de estudio se realizó en la Av. 28 de abril del barrio de San Cristóbal, del distrito, provincia y región de Huancavelica, cuya información fue recopilada de in situ, la misma que fue analizada, procesada y sistematizada.

El periodo de ejecución del presente trabajo de investigación fue desde el mes de mayo del 2019 hasta octubre del 2019.

#### 3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación corresponderá al tipo **Aplicada**, porque utiliza los conocimientos adquiridos en la práctica misma, además lo que interesa en la investigación primordialmente son las consecuencias prácticas.

(Hernandez, R; Fernandez ,C. y Baptista, P., 2010) indica que, “tal clase de investigación cumple dos fundamentales: *a.* producir conocimientos y teorías (*investigación básica*) y *b.* resolver problemas (*investigación aplicada*). Gracias a estos dos tipos de investigación la humanidad ha evolucionado”

### 3.3 NIVEL DE INVESTIGACIÓN

La investigación es del nivel **DESCRIPTIVO - COMPARATIVO**, porque la variable 1 estabilizará favorablemente a la variable 2 ya que el resultado de este se dará en función de cuanto estén estudiadas.

Vale decir, que se busca determinar la estabilidad del talud con la **inyección de anclaje al muro de concreto (V1)** para la **conservación del talud (V.2)**.

(Hernandez, R; Fernandez ,C. y Baptista, P., 2010), indica que el nivel descriptivo es describir fenómenos, situaciones, contextos y sucesos; esto es, detallar cómo son y se manifiestan. Con los estudios descriptivos se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas.

### 3.4 POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO

#### 3.4.1 Población

La población de estudio de la presente tesis está conformada por: 72.00 metros de longitud de muro de concreto (muro pantalla), constituidos por 18 paños, cada paño de 4.00 metros de longitud y 3.43 metros de altura

#### 3.4.2 Muestra

Como la investigación es aplicada y de nivel explicativo, el muestreo se tomará no probabilísticamente, es decir intencionadamente, para lograr el objetivo de la investigación.

En definitiva, la muestra está conformado por 2 paños de muro de concreto; u 8.00 metros de longitud de muro para todos los ensayos ya mencionados en el capítulo III.

### 3.4.3 Muestreo

La muestra, de la cual se extraerá los datos para su posterior tratamiento será No Probabilística y el tipo de muestreo es Intencionado, para lograr los objetivos.

Se realizó un diagnóstico in situ y de gabinete del lugar de investigación y posterior a ello se tomó 2 paños de muro de concreto, los más críticos, para realizar los ensayos requerido.

## 3.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

### 3.5.1 Técnicas

Las técnicas a utilizar en este estudio fueron:

- **Observación directa e indirecta del terreno:** Se inspeccionará el terreno para poder determinar las condiciones geológicas del terreno, reuniendo información como la topografía, el tipo y características de los materiales geológicos.
- **NTP 339.150 (ASTM D2488):** Descripción e identificación de suelos (Procedimiento visual – manual)
- **Exploración detallada del sitio:** Ensayos in-situ y muestreo. Estudio de las características del terreno usando calicatas.
- **NTP 339.134 (ASTM D2487):** Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (sistema unificado de clasificación de suelos SUCS).
- **NTP 339.143 (ASTM D1556):** Método de prueba estándar para obtener la densidad in-situ mediante el método del cono de arena.
- **NTP 339.127 (ASTM D2216):** Contenido de Humedad
- **NTP 339.164 (ASTM D2850)** Compresión Triaxial no Consolidado no Drenado para obtener el ángulo de fricción, cohesión y densidad seca.

- **Informe Técnico:** resumen detallado del estudio geotécnico, definiendo el alcance y el enfoque, incluyendo la estratigrafía del terreno en los diferentes sondeos, interpretación, comentarios, recomendaciones relacionados con el diseño del proyecto de investigación.
- **Análisis de estabilidad del talud:** una vez realizado los estudios pertinentes para la obtención de las propiedades mecánicas del suelo a analizar se procede métodos de Bishop para el análisis del talud y así obtener un factor de seguridad el cual nos servirá para cuestiones de diseño de las anclas.

### 3.5.2 Instrumentos

Los instrumentos y equipos a utilizar en estas técnicas serán:

- Guía de la norma E-050 suelos y cimentaciones.
- Fichas de ensayo
- Sondeo de tamices de mallas cuadradas
- Equipo para densidad in situ (cono de área)
- Dispositivo de copa Casagrande.
- Equipo para obtener el contenido de humedad (taras, balanza analítica y horno)
- Equipo de comprensión triaxial no drenado no consolidado
- Software GEO5- VERIFICACION DE MURO PANTALLA y ESTABILIDAD GLOBAL DE TALUDES.

## 3.6 TÉCNICAS Y PROCESAMIENTO DE ANÁLISIS DE DATOS

### 3.6.1 Técnicas

#### a) *Estadísticos Descriptivos o Cuantitativos*

Para el procesamiento de los datos se utilizó la estadística descriptiva al emplear: Medias Aritméticas, Mediana, Desviación

Estándar, Varianza y Coeficiente de variación de los resultados obtenidos por el software GEO5-VERIFICACIÓN DE MURO PANTALLA Y ESTABILIDAD GLOBAL DEL TALUD con y sin anclaje.

**b) Estadísticos Inferenciales**

Para la constatación de datos se analizará la comprobación media con la PRUEVA T PARA UNA MUESTRA, con un 5% de nivel de significancia.

**3.6.2 Procesamiento**

En el presente trabajo de investigación se tiene como **resultado (03) datos y (01) dato como valor de prueba** los cuales se realizarán un proceso de análisis de datos mediante una PRUEBA T DE UNA MUESTRA de tal manera se logre el valor de  $P =$  valor de significancia.

$P > 0.05$  se aplica la hipótesis alterna ( $H_a$ )

$P < 0.05$  se aplica la hipótesis alterna ( $H_o$ )

$H_a =$  si es significativo

$H_o =$  no es significativo

## **CAPÍTULO IV**

### **PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

#### **4.1 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN**

En el informe de investigación se precisa las etapas abordados para cumplir los objetivos planteados. como se muestra de la siguiente manera:

- Exploración geotécnica realizada en el terreno para obtener las propiedades del suelo.
- Estudios y ensayos pertinentes para la obtención de las propiedades mecánicas de suelo.
- Así mismo, se realizó el diseño de anclajes de manera manual por método de Peck, determinando la longitud libre del anclaje, longitud del bulbo del anclaje, ángulo de inclinación del anclaje, separación de anclajes, diámetro de perforación del anclaje y fuerza de tensión del anclaje.
- Una vez realizado los estudios pertinentes para la obtención de las propiedades de mecánicas del suelo y el diseño de anclajes se procedió a realizar el modelamiento del muro de concreto inyectado el anclaje mediante el software GEO5, posterior a ello se hizo la verificación de muros pantalla (muros anclados) y análisis de estabilidad del talud del suelo con anclajes; cumpliendo con el factor de seguridad respectivamente, utilizando los Softwares GEO5- VERIFICACION DE MURO PANTALLA (muro

anclado) y ESTABILIDAD DE TALUDES, los cuales están especializados en la modelización de suelos

#### 4.1.1 Ubicación del área de estudio

El área de investigación se encuentra ubicado en la Av. 28 de abril del barrio de San Cristobal de la región de Huancavelica. Tal como se muestra en la siguiente fotografía.



Fotografía 3. Lugar del área de investigación

En nuestro lugar de investigación que se muestra en la fotografía, se observa un muro pantalla de 72.00 metros de longitud, constituidos por 18 paños, cada paño de 4.00 metros de longitud y 3.43 metros de altura, al que se propone inyectar anclajes y posteriormente se realice la modelación mediante un software GEO5 para la verificación de la estabilidad global del talud.



Fotografía 4. Muro pantalla de 72 metros de longitud y con de 18 paños.



Fotografía 5. Medición de la altura del muro pantalla  $H=3.43$  m

#### 4.1.2 Análisis de estudio de suelos

##### a) *Excavación de calicatas*

La exploración geotécnica del terreno se realizó con el fin obtener las propiedades del suelo, se desarrolló en base a excavaciones a atajo abierto, se excavaron dos calicatas; ambas de 2.00 metros de profundidad, donde se encontró superficialmente un solo estrato tal como se muestra en la fotografía 6.

Vale decir, casi homogénea en cuanto a su estratificación, en la parte superficial se encontró un material de grava con presencia de arcilla.



Fotografía 6. Excavación de calicata C- 1 con una profundidad de 2.00 metros



Fotografía 7. Excavación de calicata C- 2 con una profundidad de 2.00 metros



Fotografía 8. Calicata C-1 de solo un estrato

De cada una de las calicatas se extrajeron unas muestras alteradas de aproximadamente 12 kg, tal como se muestra en la fotografía 9, las muestras se requieren para realizar los diferentes ensayos para la presente investigación.



Fotografía 9. Obtención de muestras alteradas de las calicatas C-1 Y C-2



Fotografía 10. Obtención de muestras alteradas de las calicatas C-1 Y C-2

**b) Obtención de muestra para determinar la densidad in situ.**

Se tendrá la necesidad de obtener la muestra para determinar la densidad in- situ mediante el método cono de arena



Fotografía 11. Obtención de muestras para determinar la densidad



Fotografía 12. Determinación del volumen con material de arena

### 4.1.3 Ensayos de laboratorio

Los ensayos de laboratorio nos permitirán conocer los parámetros y las características geotécnicas de nuestra área de investigación. Los ensayos ejecutados fueron:

a) **Ensayo de granulometría NTP 339.128 (ASTM D-422).**

Se tomaron muestras alteras de las calicatas, para la ejecución de clasificación de suelo mediante el método SUCS, En este estudio, se realizaron dos calicatas C-1, C-2, de las cuales, solo de 1 se realizó el ensayo (C-1), por razón de que la segunda muestra presenta un ángulo de fricción interna mayor que la otra, así mismo presenta una cohesión menor, y por ende se sabe que si un suelo con un ángulo de fricción menor y cohesión alta es considerado mas inestable. En la fotografía se muestra el conjunto de tamices que tienen aberturas progresivamente más pequeñas.



Fotografía 13. Conjunto de tamices que tienen aberturas progresivamente.



Fotografía 14. Muestra para el lavado y ensayo de granulometría.



Fotografía 15. lavado de la muestra par el ensayo de granulometria.



Fotografía 16. Secado de la muestra lavada para el ensayo de granulometría

El análisis por cribado consiste en sacudir la muestra lavada del suelo a través de un conjunto de tamices que tienen aberturas progresivamente más pequeñas. Primero el suelo se seca en el horno, y luego se pasa por las mallas.

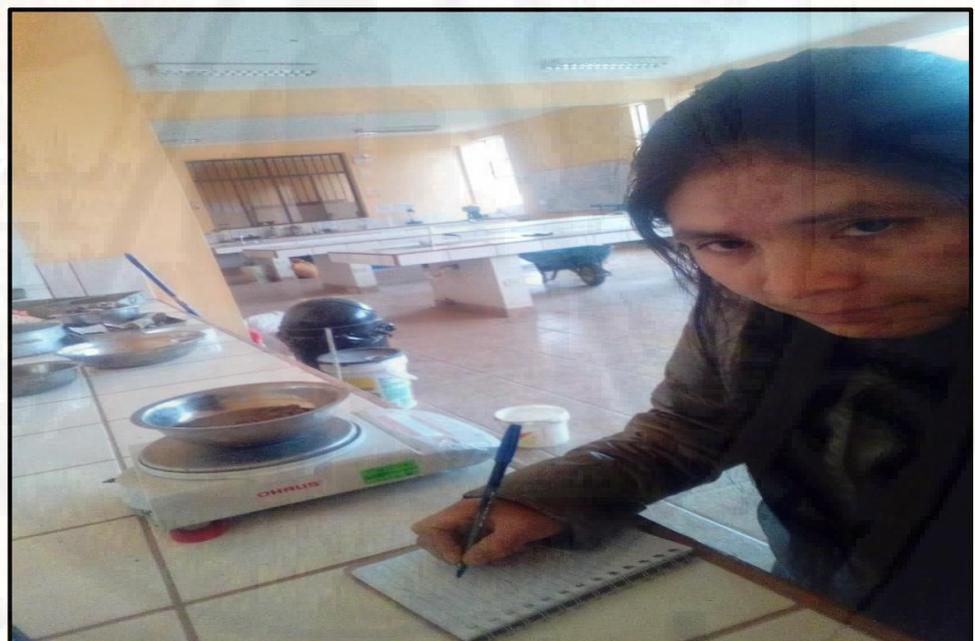
En la fotografía 17 se muestra un conjunto de estas en un vibrador de mallas, después de que el periodo de 5 minutos de vibración concluya.



Fotografía 17. Ensayo de granulometría mediante el análisis por cribado o sondeo  
Una vez concluido el periodo de vibración se determina la masa de suelo retenido de cada malla.



Fotografía 18. Determinación del peso de la muestra retenidas en cada malla



Fotografía 19. Determinación del peso de la muestra retenidas en cada malla  
Según el análisis por cribado se determinaron los siguientes datos:

Tabla 5.

*Peso de suelo retenidos en cada malla*

<b>Tamiz</b>	<b>Abertura</b>	<b>Retenido</b>
	<b>(mm)</b>	<b>(gr.)</b>
<b>0.25</b>	6.350	186.15
<b>4</b>	4.760	126.15
8	2.380	14.3
20	0.840	16.5
30	0.590	8.40
40	0.420	6.50
60	0.250	14.50
80	0.177	24.50
100	0.149	28.00
120	0.125	5.00
200	0.074	24.00
<b>Cazoleta</b>		45.80
<b>Total, Retenido</b>		499.80

Fuente. Elaboración por los autores.

Donde el peso inicial de la muestra seca después de lavado es igual a 499.80 gramos.

A partir de ello se ejecuta el análisis por medio de las mallas de la muestra seca. En primer lugar, las masas retenidas se expresan en porcentajes de la masa total, y en el porcentaje que pasa por cada tamiz por las sustracciones sucesivas.

La serie completa de resultados corresponden a la siguiente tabulación.

Tabla 6.  
Análisis granulométrico de la C-1

Peso inicial de la muestra seca = 499.80 gr				
<i>Análisis por medio de mallas</i>				
Tamiz	Abertura	Retenido		% Q' Pasa
	(mm)	(gr.)	(%)	
0.25	6.350	186.15	37.24	62.76
4	4.760	126.15	25.24	37.52
8	2.380	14.3	2.86	34.65
20	0.840	16.5	3.30	31.35
30	0.590	8.40	1.68	29.67
40	0.420	6.50	1.30	28.37
60	0.250	14.50	2.90	25.47
80	0.177	24.50	4.90	20.57
100	0.149	28.00	5.60	14.97
120	0.125	5.00	1.00	13.97
200	0.074	24.00	4.80	9.16
<b>Cazoleta</b>		45.80	9.16	
<b>Total, Retenido</b>		499.80	100.00	

Fuente: Elaboración por los autores.

Los resultados obtenidos de análisis por cribado se presentan en gráficos semilogarítmicos, como curva de distribución granulométrica como se muestra en la figura 21.

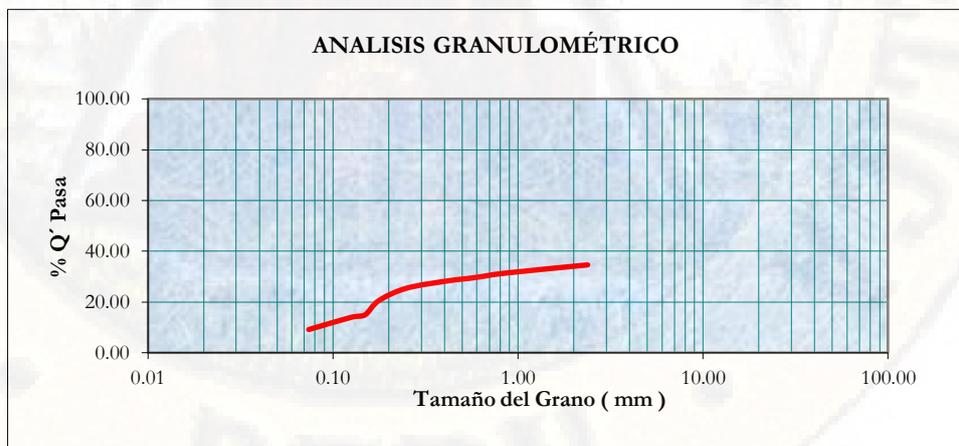


Figura 20. Curva de análisis granulométrico.  
Elaboración por los autores.

El tamaño efectivo, coeficiente de uniformidad y coeficiente de curvatura se calcula mediante la ecuación Ec. 14, el cual es muy importante contar con estos datos ya que se requieren para la clasificación de suelos por el método SUCS.

Se analizaron los diámetros efectivos. D10, D30 y D60 necesarios para poder calcular el coeficiente de uniformidad (Cu) y el coeficiente de curvatura (Cc) mediante la ecuación.

$$D_x = [(D_{20} - D_{10} / \log \% 20 - \log \% 10) * g \% x - g \% 10] + D_{10} \quad \text{Ec.13}$$

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad \text{Ec. 14}$$

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = 126.0$$

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} * D_{60}} \quad \text{Ec. 15}$$

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} * D_{60}} = 36.68$$

Tabla 7.  
Coeficiente de uniformidad y curvatura.

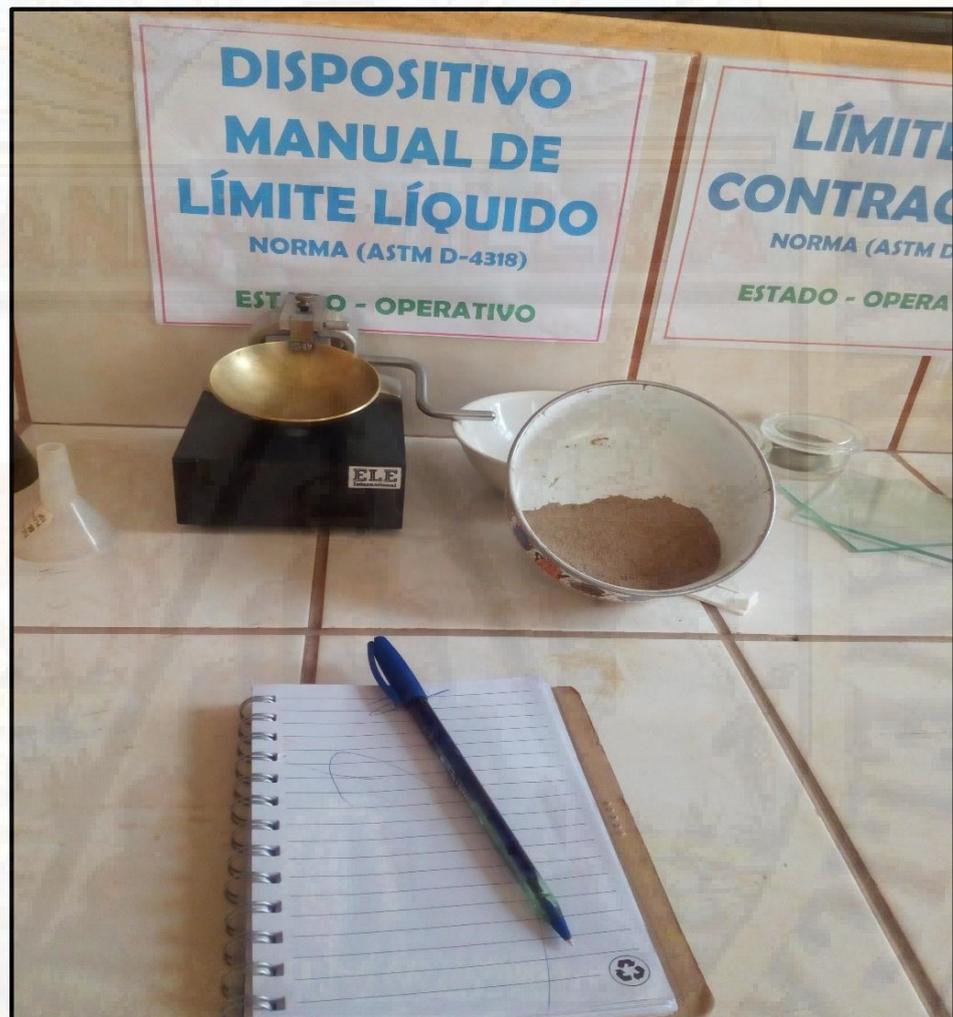
D10	6.3 mm
D30	3.4 mm
D60	0.05 mm
Cu	126.00
Cc	36.698

Fuente: Elaboración por los autores.

**b) Ensayo de límite de plasticidad**

El ensayo de límite de plasticidad se ejecutará con el fin de obtener la consistencia de los suelos de grano fino con contenido de agua variable y poder clasificar el suelo mediante el método SUCS.

El ensayo se realizará con el dispositivo manual de casa grande copa de casa grande tal como se muestra en la fotografía, de igual manera se observa la muestra de suelo de unos 200 gr. Pasado por la malla N° 200



Fotografía 20. Dispositivo manual de LL y muestra de suelo fino.

Para la ejecución del límite líquido se coloca una pasta en la copa. Se corta una ranura en el centro de la pasta de suelo, luego con la leva

operada con la manivela se levanta la copa y se deja caer desde una altura de 10 mm. A los 25 golpes se define como el límite líquido.



Fotografía 21. Corta de una ranura de la pasta de suelo.

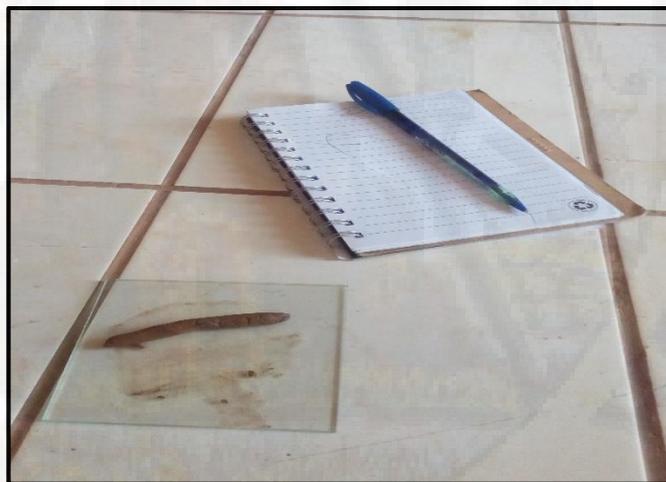


Fotografía 22. Ensayo de casa grande.

Por otro lado, el límite de contracción es cuando el suelo se contrae conforme se pierde gradualmente el agua del suelo con una pérdida continua de agua.



Fotografía 23. Prueba de limite plástico.



Fotografía 24. Obtención del límite plástico.

Para obtener los resultados se tuvo que desarrollar las siguientes ecuaciones de limite plástico.

$$PI=LL-LP \quad Ec.16$$

Ecuación para obtener el límite de contracción (SL)

$$SL = W(\%) - \Delta W(\%) \quad \text{Ec.17}$$

La carta de plasticidad nos ayuda a diferenciar los índices de plasticidad contra límites líquidos como se visualiza en la figura 22.

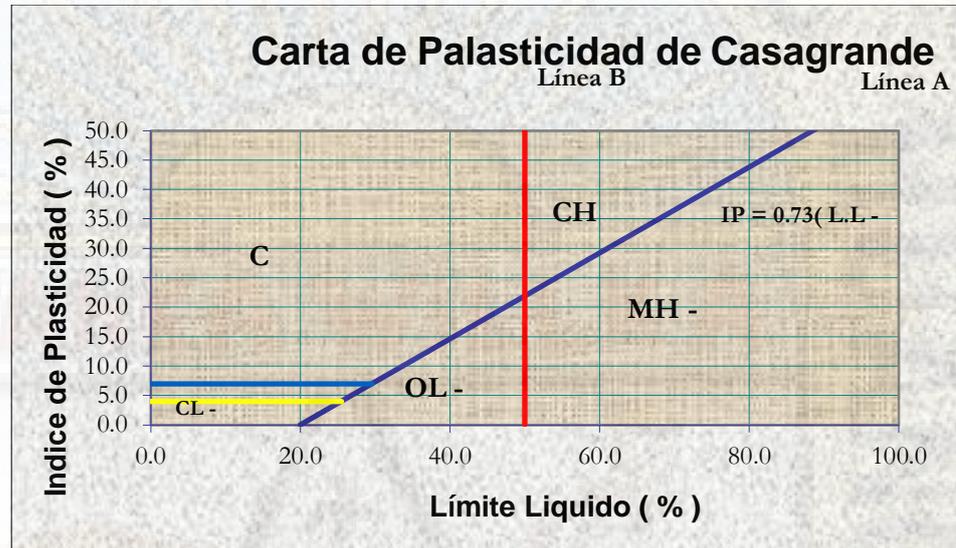


Figura 21. Carta de plasticidad.  
Fuente: Elaboración por los autores.

Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 8  
*Resultados del límite plástico C -1*

Calicata	C1
Estrato	E1
profundidad:	2.00 m
Contenido de humedad del LIMITE PLASTICO	15.62%
<b>Número de Golpes</b>	<b>Contenido de Humedad ( % )</b>
29	61.02
18	66.30
14	73.96
25	19.5

Fuente: Elaboración por los autores.

Tabla 9

Resultados de la consistencia de la muestra C -1

Límites de Consistencia		
Límite Líquido:	LL =	19.50%
Límite Plástico:	LP =	15.62%
Índice de Plasticidad	IP =	3.88%
Contenido de Humedad	Wn =	15.63%
Grado de Consistencia	Kw =	1.00
Grado de Consistencia	Plástica	

Fuente: Elaboración por los autores.

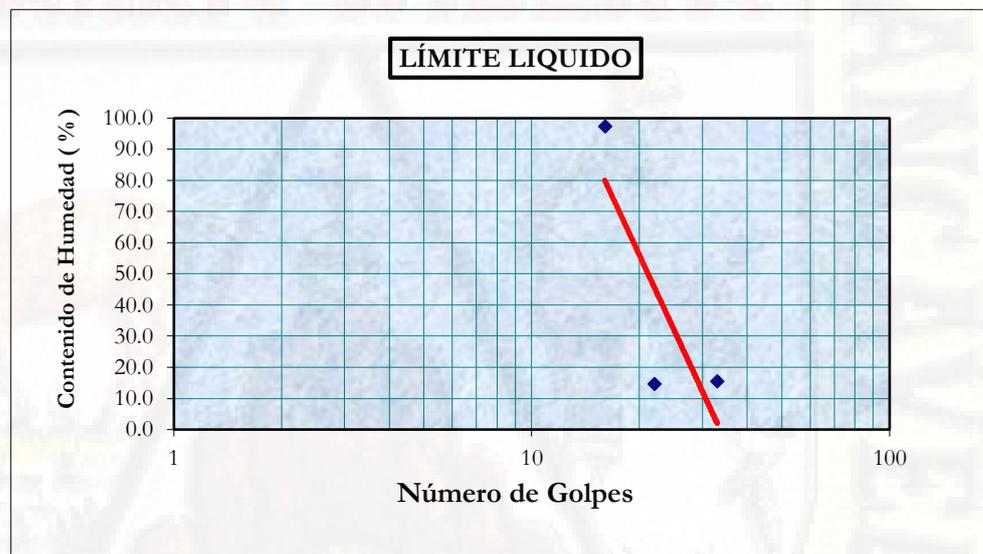


Figura 22. Determinación del límite líquido.

Fuente: Elaboración por los autores.

**c) Ensayo de contenido de humedad y densidad**

El presente ensayo de contenido de humedad se ejecutó con el equipo de balanza analítica, horno y taras. Con el fin de obtener la cantidad de agua que posee el terreno a estudiar, el contenido de humedad será calculado en porcentaje % con la siguiente ecuación:

$$W\% = \frac{\text{peso del agua del suelo}}{\text{peso del suelo seco}} * 100 \quad \text{Ec. 18}$$

### **Datos del ensayo**

Peso recipiente + suelo húmedo

Peso recipiente + suelo seco

Peso recipiente

### **Obtenemos**

Peso del agua en el suelo = (Peso recipiente + suelo húmedo) – (Peso recipiente + suelo seco)

Peso del suelo seco = (Peso recipiente + suelo seco) – (Peso recipiente)

En la siguiente figura se muestra el peso de la tara mas la muestra húmeda.



Fotografía 25. Peso de la tara más muestra húmeda.



Fotografía 26. Secado de la muestra húmeda en el horno.



Fotografía 27. Muestra seca extraído del horno.



Fotografía 28. Peso de la muestra seca.

El ensayo de densidad in situ se realizó con el instrumento cono de arena, balanza y el material que es la arena.



Fotografía 29. Cono de densidad de arena.



Fotografía 30. Peso de la muestra húmeda



Fotografía 31. Peso del cono de arena.

Los resultados obtenidos del contenido de humedad y densidad se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 10.

*Resultados del contenido de humedad y densidad natural para la C-1 Y C-2*

<b>CONTENIDO NATURAL DE HUMEDAD</b>									
<b>Observaciones</b>		Ubicación		C - 1		Ubicación		C - 2	
		Estrato		E1		Estrato		E1	
		profundidad		2.00	m	profundidad		2.00	m
<b>Tara Número</b>	<b>Unidades</b>	<b>1</b>				<b>1</b>			
<b>Peso Tara + Muestra Húmeda</b>	Gr	98.42				81.00			
<b>Peso Tara + Muestra Seca</b>	Gr	89.10				73.73			
<b>Peso de la Tara</b>	Gr	29.46				24.10			
<b>Peso de la Muestra Seca</b>	Gr	59.64				49.63			
<b>Peso del Agua</b>	Gr	9.32				7.27			
<b>Contenido de Humedad</b>	%	<b>15.63</b>				<b>14.65</b>			

<b>PESO ESPECÍFICO</b>									
<b>Observaciones</b>		Ubicación		C - 1		Ubicación		C - 2	
		Estrato		E1		Estrato		E1	
		profundidad		2.00	m	profundidad		2.00	m
<b>Tara Número</b>	<b>Unidades</b>	<b>1</b>				<b>1</b>			
<b>Peso del Suelo Seco</b>	Gr	147.80				149.95			
<b>Peso Frasco Vacío</b>	Gr	164.00				164.00			
<b>Peso Frasco + Agua</b>	Gr	660.00				660.00			
<b>Peso Frasco + Agua + Suelo</b>	Gr	732.00				748.00			
<b>Volumen de Sólidos</b>	Cm <sup>3</sup>	75.80				61.95			
<b>Peso Específico de Sólidos</b>	Gr / Cm <sup>3</sup>	<b>1.95</b>				<b>2.42</b>			

Fuente: Elaboración por los autores.

Con los ensayos realizados anteriormente se procede a clasificar el tipo suelo de nuestro punto de investigación mediante el método SUCS, para ello se requiere el uso de la siguiente figura.

## Sistema USCS de Clasificación de Suelos

IDENTIFICACION EN EL CAMPO				SIMBOLO DEL GRUPO	NOMBRES TIPICOS	CRITERIOS DE CLASIFICACION EN EL LABORATORIO			
SUELOS DE GRANO GRUESO - MAS DE LA MITAD DEL MATERIAL ES RETENIDO POR EL TAMIZ # 200	GRAVAS - MAS DE LA MITAD DE LA FRACCION GRUESA ES RETENIDA POR EL TAMIZ # 4	GRAVAS LIMPIAS (CON POCOS FINOS O SIN ELLOS)	AMPLIA GAMA DE TAMAÑOS Y CANTIDADES APRECIABLES DE TODOS LOS TAMAÑOS INTERMEDIOS	<b>GW</b>	GRAVA BIEN GRADUADA, MEZCLA DE GRAVA Y ARENA CON POCOS FINOS O SIN ELLOS	$C_c = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ MAYOR DE 4 ; $C_u = \frac{(D_{60})^2}{D_{10} \times D_{30}}$ ENTRE 1 Y 3  NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS GRANULOMETRICOS DE LAS GW  LIMITES DE ATTERBERG POR DEBAJO DE LA LINEA "A" O $I_p$ MENOR QUE 4  POR ENCIMA DE LA LINEA "A", CON $I_p$ ENTRE 4 Y 7; CASOS LIMITES QUE REQUIEREN EL USO DE SIMBOLOS DOBLES  LIMITES DE ATTERBERG POR ENCIMA DE LA LINEA "A" O $I_p$ MAYOR QUE 7  $C_c = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ MAYOR DE 6 ; $C_u = \frac{(D_{60})^2}{D_{10} \times D_{30}}$ ENTRE 1 Y 3  NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS GRANULOMETRICOS DE LAS SW  LIMITES DE ATTERBERG POR DEBAJO DE LA LINEA "A" O $I_p$ MENOR QUE 4  POR ENCIMA DE LA LINEA "A", CON $I_p$ ENTRE 4 Y 7; CASOS LIMITES QUE REQUIEREN EL USO DE SIMBOLOS DOBLES  LIMITES DE ATTERBERG POR ENCIMA DE LA LINEA "A" O $I_p$ MAYOR QUE 7			
			PREDOMINIO DE UN TAMAÑO O UN TIPO DE TAMAÑO, CON AUSENCIA DE ALGUNOS TAMAÑOS INTERMEDIOS	<b>GP</b>	GRAVAS MAL GRADUADAS, MEZCLAS DE ARENA Y GRAVA CON POCOS FINOS O SIN ELLOS				
		GRAVAS CON FINOS (CANTIDAD APRECIABLE DE FINOS)	FRACCION FINA NO PLASTICA (PARA LA IDENTIFICACION VER EL GRUPO ML, MAS ABAJO)	<b>GM</b>	GRAVAS LIMOSAS, MEZCLAS MAL GRADUADAS DE GRAVA, ARENA Y LIMO				
			FINOS PLASTICOS (PARA IDENTIFICARLOS VER EL GRUPO CL MAS ABAJO)	<b>GC</b>	GRAVAS ARCILLOSAS, MEZCLAS MAL GRADUADAS DE GRAVA, ARENA Y ARCILLA				
		ARENAS - MAS DE LA MITAD DE LA FRACCION GRUESA PASA POR EL TAMIZ # 4	ARENAS LIMPIAS (CON POCOS FINOS O SIN ELLOS)	AMPLIA GAMA DE TAMAÑOS Y CANTIDADES APRECIABLES DE TODOS LOS TAMAÑOS INTERMEDIOS	<b>SW</b>		ARENAS BIEN GRADUADAS, ARENAS CON GRAVA, CON POCOS FINOS O SIN ELLOS		
				PREDOMINIO DE UN TAMAÑO O UN TIPO DE TAMAÑO, CON AUSENCIA DE ALGUNOS TAMAÑOS INTERMEDIOS	<b>SP</b>		ARENAS MAL GRADUADAS, ARENAS CON GRAVA, CON POCOS FINOS O SIN ELLOS		
	ARENAS CON FINO (CANTIDAD APRECIABLE DE FINOS)		FINOS NO PLASTICOS (PARA IDENTIFICACION VER EL GRUPO ML MAS ABAJO)	<b>SM</b>	ARENAS LIMOSAS, MEZCLAS DE ARENA Y LIMO MAL GRADUADAS				
			FINOS PLASTICOS (PARA IDENTIFICACION VER EL GRUPO CL MAS ABAJO)	<b>SC</b>	ARENAS ARCILLOSAS, MEZCLAS MAL GRADUADAS DE ARENAS O ARCILLAS				
	METODOS DE IDENTIFICACION PARA LA FRACCION QUE PASA POR EL TAMIZ # 40								
	SUELOS DE GRANO FINO - MAS DE LA MITAD DEL MATERIAL PASA POR EL TAMIZ # 200		LIMOS Y ARCILLAS CON LIMITE LIQUIDO MENOR DE 50	RESISTENCIA EN ESTADO SECO (A LA DISGREGACION)	DILATANCIA (REACCION A LA AGITACION)		TENACIDAD (CONSISTENCIA CERCA DEL LIMITE PLASTICO)		
		NULA A LIGERA		RAPIDA A LENTA	NULA		<b>ML</b>	LIMOS INORGANICOS Y ARENAS MUY FINAS, POLVO DE ROCA, ARENAS FINAS LIMOSAS O ARCILLAS CON LIGERA PLASTICIDAD	
		MEDIA A ALTA		NULA A MUY LENTA	MEDIA		<b>CL</b>	ARCILLAS INORGANICAS DE PLASTICIDAD BAJA A MEDIA, ARCILLAS CON GRAVA, ARCILLAS ARENOSAS, ARCILLAS LIMOSAS, ARCILLAS MAGRAS	
LIGERA A MEDIA		LENTA		LIGERA	<b>OL</b>	LIMOS ORGANICOS Y ARCILLAS LIMOSAS ORGANICAS DE BAJA PLASTICIDAD			
LIMOS Y ARCILLAS CON LIMITE LIQUIDO MAYOR DE 50		LIGERA A MEDIA	LENTA A NULA	LIGERA A MEDIA	<b>MH</b>	LIMOS INORGANICOS, SUELOS LIMOSOS O ARENOSOS FINOS MICACEOS O CON DIATOMEAS, LIMOS ELASTICOS			
		ALTA A MUY ALTA	NULA	ALTA	<b>CH</b>	ARCILLAS INORGANICAS DE PLASTICIDAD ELEVADA, ARCILLAS GRASAS			
		MEDIA A ALTA	NULA A MUY LENTA	LIGERA A MEDIA	<b>OH</b>	ARCILLAS ORGANICAS DE PLASTICIDAD MEDIA A ALTA			
		<b>SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS</b>		FACILMENTE IDENTIFICABLES POR SU COLOR, OLORES, SENSACION ESPONJOSA Y FRECUENTEMENTE POR SU TEXTURA FIBROSA		<b>Pt</b>	TURBA Y OTROS SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS		

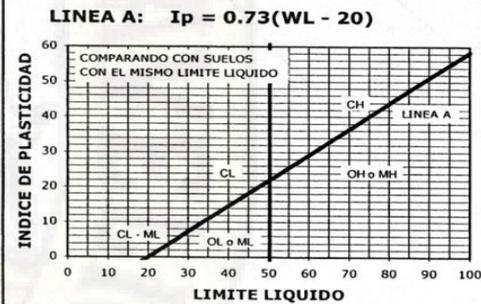


GRAFICO DE PLASTICIDAD PARA LA CLASIFICACION EN LABORATORIO DE SUELOS DE GRANO FINO

Figura 23. Sistema de clasificación de SUCS.  
Fuente: (Das B. M., 1983)

Finalmente se concluye que el tipo de suelo es GC- grava con partículas de arcilla

Tabla 11

<i>CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN S.U.C.S</i>					
Ubicación	<b>C - 1</b>	Profundidad = 2.00 m			
Estrato	<b>E - 1</b>				
% Que Pasa la Malla N° 200		37.52	coeficiente de curvatura y de uniformidad		
% Que Pasa la Malla N° 4		9.16			
Límite Líquido	LL	19.50%	D60 = 6.3	Cu =	126.000
Límite Plástico	LP	15.62%	D30 = 3.40	Cc =	36.698
Índice de Plasticidad	IP	3.88%	D10 = 0.05	Suelo Mal Graduado	
Tipo de Suelo Según su Granulometría		Suelo Grueso	Grava		
Tipo de Simbología		Simbología Normal			
Tipo de Suelo		GM, GC			
Suelo		<b>GC</b>	orgánico		
<i>Características del Suelo</i>		<b>GC</b>	<b>Gravas con partículas de Arcillosas</b>		

*Clasificación de suelo C-1 según SUCS*

Fuente: Elaboración por los autores.

**d) Ensayo de compresión triaxial no consolidado no drenado**

Se realizó el ensayo compresión de triaxial no consolidado no drenado con el fin obtener el ángulo de fricción, cohesión y densidad seca.

El ensayo triaxial constituye el procedimiento más satisfactorio para medir la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo, en la mayoría de las situaciones.

El ensayo triaxial clásico consiste en someter a una probeta cilíndrica, preparada con una relación altura-diámetro de dos y que se encuentra confinada por medio de una presión hidráulica constante, a una carga vertical creciente hasta producir su rotura. Esta carga debe crecer con velocidad constante, que se suele aplicar por medio de una prensa de velocidad controlada.

A lo largo de todo el proceso de carga, hasta la rotura, se miden las deformaciones producidas en la probeta por las cargas correspondientes, de manera que se pueden obtener los datos necesarios para dibujar la relación Tensiones-Deformaciones a lo largo de todo el proceso. Todo esto se repite con tres probetas iguales, cambiando únicamente en cada caso la presión de confinamiento.



Fotografía 32. Panel de control del triaxial



Fotografía 33. Máquina triaxial.

En la fotografía que se muestra, se está reconstruyendo un suelo natural con la muestra alterada de la C-1 y C-2



Fotografía 34. compactación del suelo



Fotografía 35. compactación del suelo en probeta.

En la fotografía siguiente se muestra la obtención de suelo compactado para luego ser colocado en el oturador. La muestra cilíndrica consta de 13 cm de altura y 7 cm de diámetro.



Fotografía 36. Obtención de la muestra cilíndrica.



Fotografía 37. Muestra para colocar en el equipo de triaxial, tres unidades de cada calicata C-1 y C-2

Con los resultados obtenidos, se efectúa la construcción gráfica de los correspondientes círculos de Mohr, estableciendo seguidamente en primera aproximación, la mejor envolvente de dichos círculos, que nos permitirá determinar los valores de la cohesión "c" y del ángulo de rozamiento interno "  $\phi$  .

**Prueba de compresión triaxial no drenada - no consolidado  
(sin drenaje rápido), calicata C-1**

**Muestra A**

tabla 12

*Datos de la prueba y muestra de la calicata C-1*

<b>Datos de la Prueba y Muestra</b>			
<b>Norma</b>	ASTM D2850-95 / AASHTO T296-94	<b>Profundidad de las muestras</b>	2.00 m
<b>Tipo de muestra</b>	Muestra testigo	<b>Sp. Peso de Sólidos</b>	1.952
<b>Descripción de la muestra</b>	muestra alterado color marrón oscuro con gravas de canto rodado y presencia limos arcillas	<b>Temperatura del laboratorio</b>	10.0 deg.C
<b>Variaciones del procedimiento</b>	ninguno		

Fuente: Elaboración por los autores.

Tabla 13

*Detalles de la muestra A calicata C-1*

<b>Detalles de la Muestra</b>			
<b>Referencia de la Muestra</b>	A	<b>Fase de Referencia</b>	1
<b>Altura inicial</b>	140.00 mm	<b>Descripción</b>	cilíndrica
<b>Diámetro Inicial</b>	70.00 mm	<b>Profundidad de la muestra</b>	140.00 mm
<b>Peso unitario seco inicial</b>	14.96 kN/m <sup>3</sup>	<b>Orientación de la muestra</b>	axial
<b>Contenido de Humedad inicial*</b>	15.625 % (trimmings:26.95 %)	<b>Preparación</b>	Remoldeado
<b>Relación de Vacíos</b>	0.11	<b>Grado de Saturación</b>	179.24%

Fuente: Elaboración por los autores.

En la gráfica se muestra la etapa de cizallamiento (tensión vs tensión axial %)

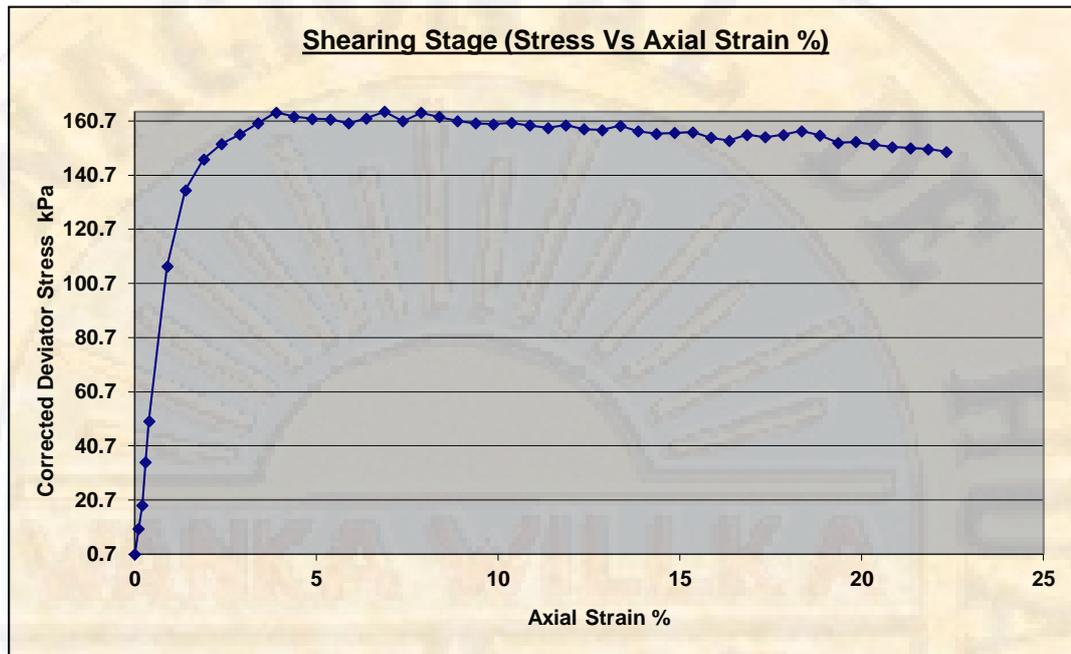


Figura 24. Tensión axial vs tensión axial.  
Fuente: Elaboración por los autores.

Tabla 14  
Condiciones de corte C-1

Condiciones de Corte			
Índice de Esfuerzo Axial	1.00%/min	Presión de la Celda	50.0 kPa

Fuente: Elaboración por los autores.

Tabla 15  
Condiciones de falla C-1

Condiciones de Falla			
Criterio de Falla	Máximo Esfuerzo Desviador		
Resistencia a la Compresión	164.2 kPa	Mayor Esfuerzo Principal	214.2 kPa
Axial Strain	6.87%	Menor Esfuerzo Principal	50.0 kPa
Corrección del Esfuerzo desviador Aplicado	1.65 kPa	Contenido de Humedad Final	15.625 %
Peso Unitario Final	17.30kN/m3		

Fuente: Elaboración por los autores.

### Muestra B

Tabla 16  
 Datos de la prueba y muestra de la calicata C-1

Datos de la Prueba y Muestra			
<b>Norma</b>	ASTM D2850-95 / AASHTO T296-94	<b>Profundidad de las muestras</b>	2.00 m
<b>Tipo de muestra</b>	Muestra testigo	<b>Sp. Peso de Sólidos</b>	1.952
<b>Descripción de la muestra</b>	muestra alterado color marrón oscuro con gravas de canto rodado y presencia limos arcillas	<b>Temperatura del laboratorio</b>	10.0 deg.C
<b>Variaciones del procedimiento</b>	ninguno		

Fuente: Elaboración por los autores.

Tabla 17  
 Detalles de la muestra calicata C-1

Detalles de la Muestra			
<b>Referencia de la Muestra</b>	B	<b>Fase de Referencia</b>	1
<b>Altura inicial</b>	140.00 mm	<b>Descripción</b>	cilíndrica
<b>Diámetro Inicial</b>	70.00 mm	<b>D Profundidad de la muestra</b>	140.00 mm
<b>Peso unitario seco inicial</b>	14.96 kN/m <sup>3</sup>	<b>Orientación de la muestra</b>	axial
<b>Contenido de Humedad inicial*</b>	15.625 %	<b>Preparación</b>	remoldeada
<b>Relación de Vacíos</b>	0.11	<b>Grado de Saturación</b>	179.24%
<b>Comentarios</b>			

Fuente: Elaboración por los autores.

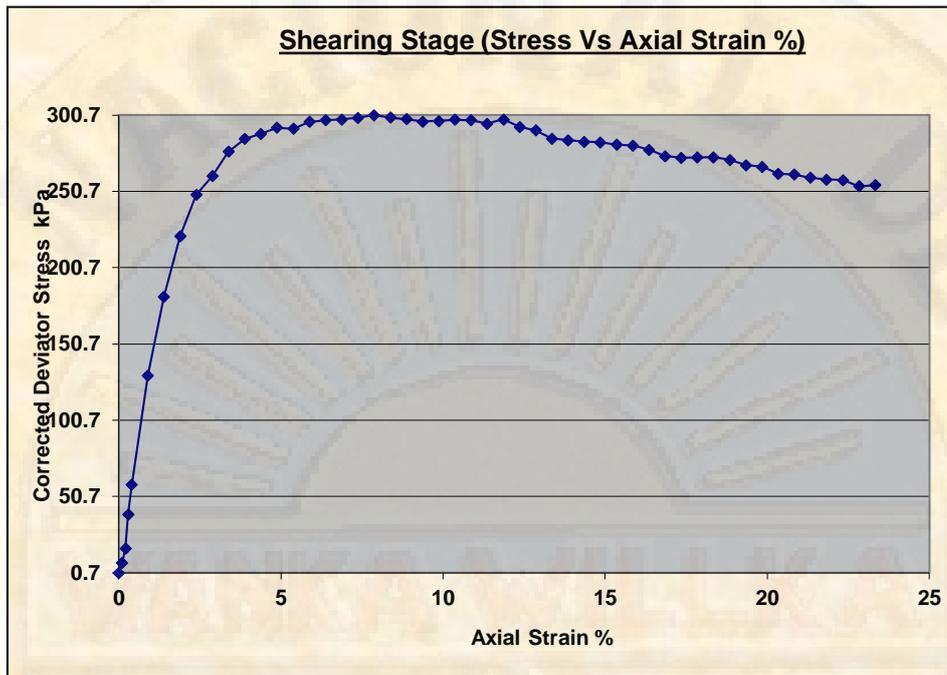


Figura 25. Tensión axial vs tensión axial.  
Fuente: Elaboración por los autores.

Tabla 18  
*Condiciones de corte C-1*

Condiciones de Corte			
<b>Índice de Esfuerzo Axial</b>	1.00%/min	<b>Presión de la Celda</b>	100.0 kPa

Fuente: Elaboración por los autores.

Tabla 19  
*Condiciones de falla C-1*

Condiciones de Falla			
<b>Criterio de Falla</b>	Máximo Esfuerzo Desviador		
<b>Resistencia a la Compresión</b>	300.8 kPa	<b>Mayor Esfuerzo Principal</b>	400.9 kPa
<b>Axial Strain</b>	7.87%	<b>Menor Esfuerzo Principal</b>	100.0 kPa
<b>Corrección del Esfuerzo desviador Aplicado</b>	1.89kPa	<b>Contenido de Humedad Final</b>	15.625 %
<b>Peso Unitario Final</b>	17.30 kN/m <sup>3</sup>		

Fuente:

Elaboración por los autores.

### Muestra C

Tabla 20

*Datos de la prueba y muestra de la calicata C-1*

<b>Datos de la Prueba y Muestra</b>			
<b>Norma</b>	ASTM D2850-95 / AASHTO T296-94	<b>Profundidad de las muestras</b>	2.00 m
<b>Tipo de muestra</b>	Muestra testigo	<b>Sp. Peso de Solidos</b>	1.952
<b>Descripción de la muestra</b>	muestra alterado color marrón oscuro con gravas de canto rodado y presencia limos arcillas	<b>Temperatura del laboratorio</b>	10.0 deg.C
<b>Variaciones del procedimiento</b>	ninguno		

Fuente: Elaboración por los autores.

Tabla 21

*Detalles de la muestra calicata C-1*

<b>Detalles de la Muestra</b>			
<b>Referencia de la Muestra</b>	C	<b>Fase de Referencia</b>	1
<b>Altura inicial</b>	140.00 mm	<b>Descripción</b>	cilíndrica
<b>Diámetro Inicial</b>	70.00 mm	<b>D Profundidad de la muestra</b>	140.00 mm
<b>Peso unitario seco inicial</b>	14.96 kN/m <sup>3</sup>	<b>Orientación de la muestra</b>	axial
<b>Contenido de Humedad inicial*</b>	15.625 %	<b>Preparación</b>	remoldeada
<b>Relación de Vacíos</b>	0.11	<b>Grado de Saturación</b>	179.24%
<b>Comentarios</b>			

Fuente: Elaboración por los autores.

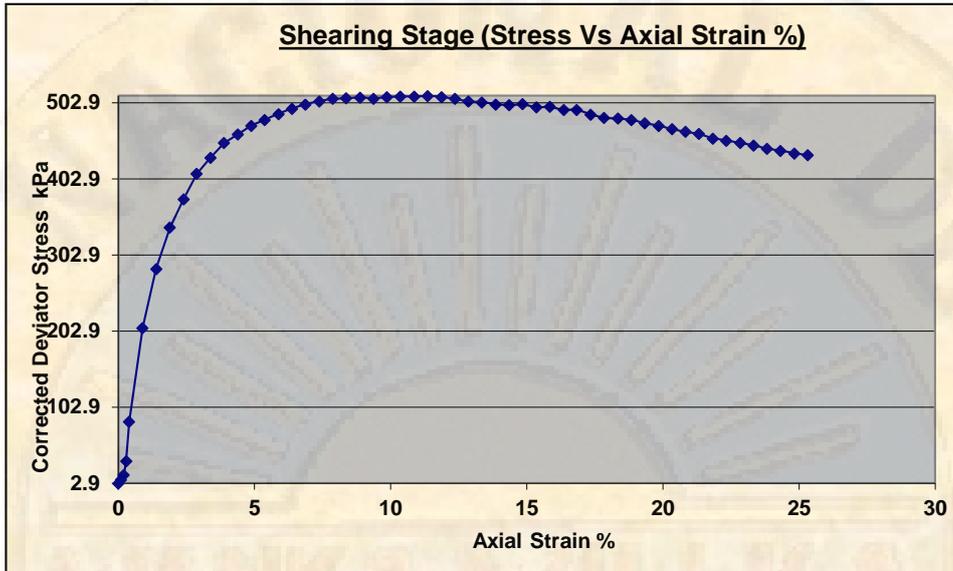


Figura 26. Tensión axial vs tensión axial.  
Fuente: Elaboración por los autores.

Tabla 22  
*Condiciones de corte C-1*

Condiciones de Corte			
<b>Índice de Esfuerzo Axial</b>	1.00%/min	<b>Presión de la Celda</b>	200.0 kPa

Fuente. Elaboración por los autores.

tabla 23  
*Condiciones de falla calicata C-1*

Condiciones de Falla			
<b>Criterio de Falla</b>	Máximo Esfuerzo Desviador		
<b>Resistencia a la Compresión</b>	511.9 kPa	<b>Mayor Esfuerzo Principal</b>	712.4 kPa
<b>Axial Strain</b>	11.36%	<b>Menor Esfuerzo Principal</b>	200.0 kPa
<b>Corrección del Esfuerzo desviador Aplicado</b>	2.73kPa	<b>Contenido de Humedad Final</b>	15.625 %
<b>Peso Unitario Final</b>	17.30 kN/m <sup>3</sup>		

Fuente: Elaboración por los autores.

## RESUMEN

### Todas las etapas Condiciones de Falla

tabla 24

Resumen de las condiciones de falla, calicata C-1

Ref	Menor Esfuerzo Principal	Mayor Esfuerzo Principal	Resistencia a la Compresión (corregido)	Deformación Acumulada	Modo de Falla
Etapa1	50.0kPa	214.2 kPa	164.2 kPa	6.87%	Máximo Esfuerzo Desviador
Etapa2	100.1kPa	385.3 kPa	285.2 kPa	7.87%	Máximo Esfuerzo Desviador
Etapa3	200.5kPa	712.4 kPa	511.9 kPa	11.36%	Máximo Esfuerzo Desviador

Fuente: Elaboración por los autores.

Finalmente se obtiene el ángulo de fricción y cohesión mediante el círculo de Mohr y sus envolventes de la calicata C-1.

$\phi = 27^\circ$  ángulo de fricción

$C = 10 \text{ Kpa}$  cohesión

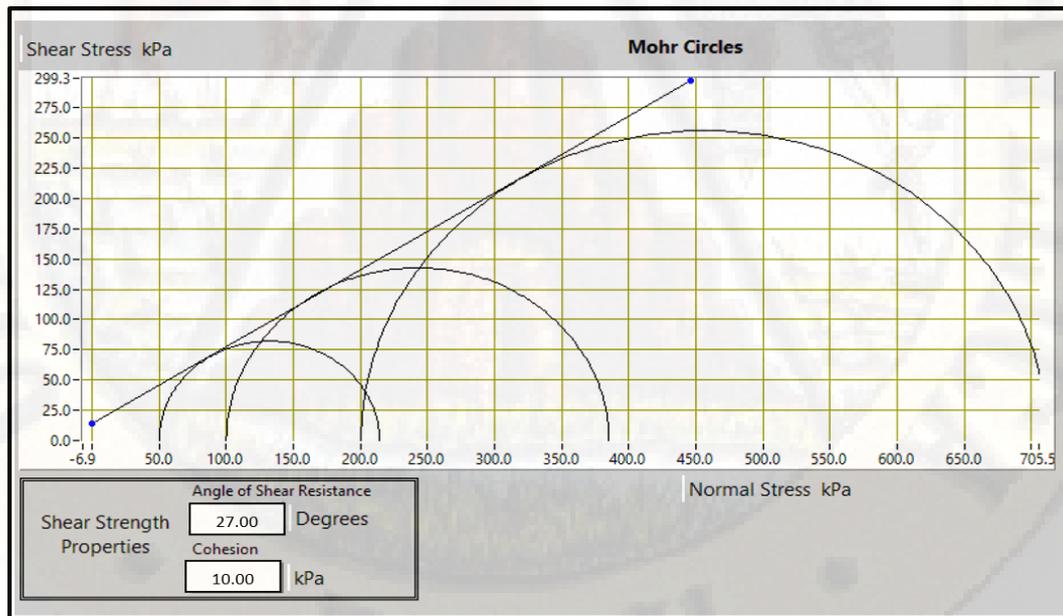


Figura 27. Círculo de Mohr. del C-1.

Fuente: Elaboración por los autores.

**Prueba de compresión triaxial no drenada - no consolidado en suelos cohesivos (sin drenaje rápido), calicata C-2**

## Muestra A

Tabla 25

*Datos de la prueba y muestra de la calicata C-2*

<b>Datos de la Prueba y Muestra</b>			
<b>Norma</b>	ASTM D2850-95 / AASHTO T296-94	<b>Profundidad de las muestras</b>	2.00 m
<b>Tipo de muestra</b>	Muestra testigo	<b>Sp. Peso de Solidos</b>	2.423
<b>Descripción de la muestra</b>	muestra alterado color marrón oscuro con presencia de gravas, arcilla y limos	<b>Temperatura del laboratorio</b>	10.0 deg.C
<b>Variaciones del procedimiento</b>	ninguno		

Fuente: Elaboración por los autores.

Tabla 26

*Detalles de la muestra calicata C-2*

<b>Detalles de la Muestra</b>			
<b>Referencia de la Muestra</b>	A	<b>Fase de Referencia</b>	1
<b>Altura inicial</b>	140.00 mm	<b>Descripción</b>	cilíndrica
<b>Diámetro Inicial</b>	70.00 mm	<b>Profundidad de la muestra</b>	140.00 mm
<b>Peso unitario seco inicial</b>	15.56 kN/m <sup>3</sup>	<b>Orientación de la muestra</b>	axial
<b>Contenido de Humedad inicial*</b>	14.648 %	<b>Preparación</b>	Remoldeado
<b>Relación de Vacíos</b>	0.12	<b>Grado de Saturación</b>	180.97%
<b>Comentarios</b>			

Fuente: Elaboración por los autores.

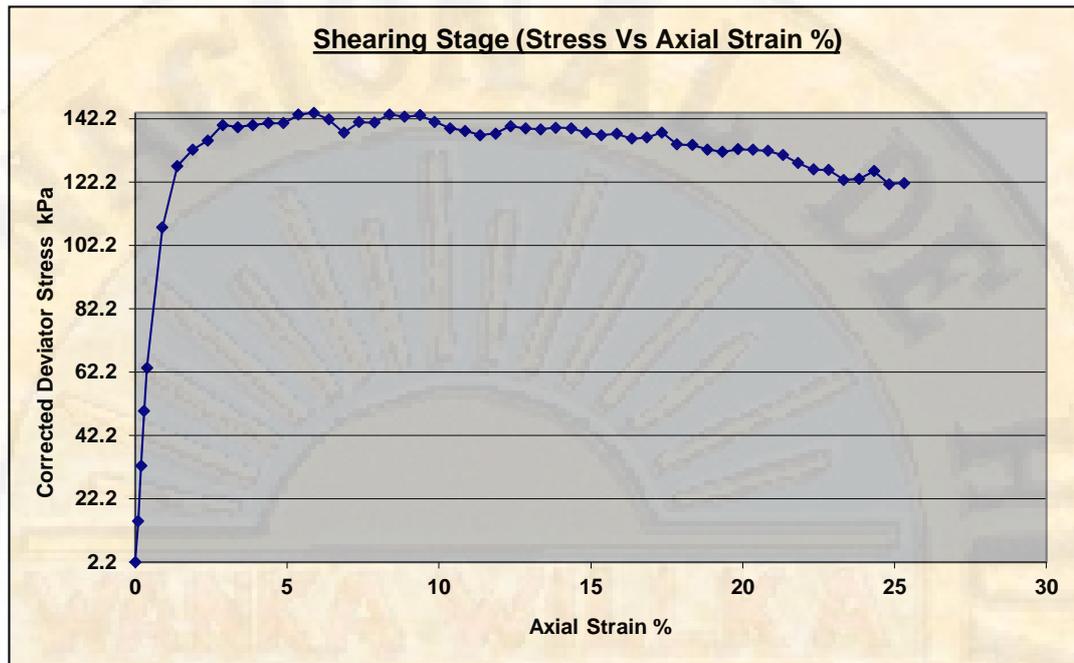


Figura 28. Tensión axial vs tensión axial.  
Fuente: Elaboración por los autores.

Tabla 27  
Condiciones de corte C-2

Condiciones de Corte			
Índice de Esfuerzo Axial	1.00%/min	Presión de la Celda	50.0 kPa

Fuente: Elaboración por los autores.

Tabla 28  
Condiciones de falla calicata C-2

Condiciones de Falla			
<b>Criterio de Falla</b>	Máximo Esfuerzo Desviador		
<b>Resistencia a la Compresión</b>	144.1 kPa	<b>Mayor Esfuerzo Principal</b>	194.6 kPa
<b>Axial Strain</b>	5.88%	<b>Menor Esfuerzo Principal</b>	50.0 kPa
<b>Corrección del Esfuerzo desviador Aplicado</b>	1.41kPa	<b>Contenido de Humedad Final</b>	14.648 %
<b>Peso Unitario Final</b>	17.84 kN/m <sup>3</sup>		

Fuente: Elaboración por los autores.

## Muestra B

Tabla 29

*Datos de la prueba y muestra de la calicata C-2*

Datos de la Prueba y Muestra			
<b>Norma</b>	ASTM D2850-95 / AASHTO T296-94	<b>Profundidad de las muestras</b>	2.00 m
<b>Tipo de muestra</b>	Muestra testigo	<b>Sp. Peso de Solidos</b>	2.423
<b>Descripción de la muestra</b>	muestra alterada color marrón oscuro con presencia de gravas, arcilla y limos	<b>Temperatura del laboratorio</b>	10.0 deg.C
<b>Variaciones del procedimiento</b>	ninguno		

Fuente: Elaboración por los autores.

Tabla 30

*Detalles de la muestra calicata C-2*

Detalles de la Muestra			
<b>Referencia de la Muestra</b>	B	<b>Fase de Referencia</b>	1
<b>Altura inicial</b>	140.00 mm	<b>Descripción</b>	cilíndrica
<b>Diámetro Inicial</b>	70.00 mm	<b>D Profundidad de la muestra</b>	140.00 mm
<b>Peso unitario seco inicial</b>	15.56 kN/m <sup>3</sup>	<b>Orientación de la muestra</b>	axial
<b>Contenido de Humedad inicial*</b>	14.648 %	<b>Preparación</b>	remoldeada
<b>Relación de Vacíos</b>	0.12	<b>Grado de Saturación</b>	180.97%
<b>Comentarios</b>			

Fuente: Elaboración por los autores.

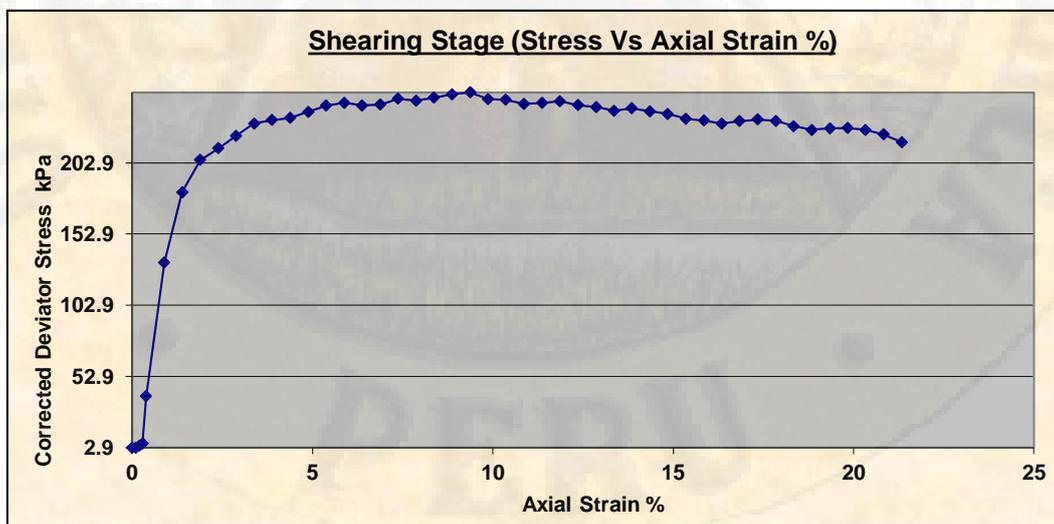


Figura 29. Tensión axial vs tensión axial.

Fuente: Elaboración por los autores.

Tabla 31  
*Condiciones de corte C-2*

<b>Condiciones de Corte</b>			
<b>Índice de Esfuerzo Axial</b>	1.00%/min	<b>Presión de la Celda</b>	100.0 kPa

Fuente: Elaboración por los autores.

Tabla 32  
*Condiciones de falla calicata C-2*

<b>Condiciones de Falla</b>			
<b>Criterio de Falla</b>	<b>Máximo Esfuerzo Desviador</b>		
<b>Resistencia a la Compresión</b>	252.5 kPa	<b>Mayor Esfuerzo Principal</b>	352.3 kPa
<b>Axial Strain</b>	9.37%	<b>Menor Esfuerzo Principal</b>	100.0 kPa
<b>Corrección del Esfuerzo desviador Aplicado</b>	2.25kPa	<b>Contenido de Humedad Final</b>	14.648 %
<b>Peso Unitario Final</b>	17.84 kN/m <sup>3</sup>		

Fuente: Elaboración por los autores.

### Muestra C

Tabla 33  
*Datos de la prueba y muestra de la calicata C-2*

<b>Datos de la Prueba y Muestra</b>			
<b>Norma</b>	ASTM D2850-95 / AASHTO T296-94	<b>Profundidad de las muestras</b>	2.00 m
<b>Tipo de muestra</b>	Muestra testigo	<b>Sp. Peso de Solidos</b>	2.423
<b>Descripción de la muestra</b>	muestra alterado color marrón oscuro con gravas de canto rodado y presencia limos arcillas	<b>Temperatura del laboratorio</b>	10.0 deg.C
<b>Variaciones del procedimiento</b>	ninguno		

Fuente: Elaboración por los autores.

tabla 34

Detalles de la muestra calicata C-2

Detalles de la Muestra			
Referencia de la Muestra	C	Fase de Referencia	1
Altura inicial	140.00 mm	Descripción	cilíndrica
Diámetro Inicial	70.00 mm	D Profundidad de la muestra	140.00 mm
Peso unitario seco inicial	15.56 kN/m <sup>3</sup>	Orientación de la muestra	
Contenido de Humedad inicial*	14.648 %	Preparación	remoldeada
Relación de Vacíos	0.12	Grado de Saturación	180.97%
Comentarios			

Fuente: Elaboración por los autores.

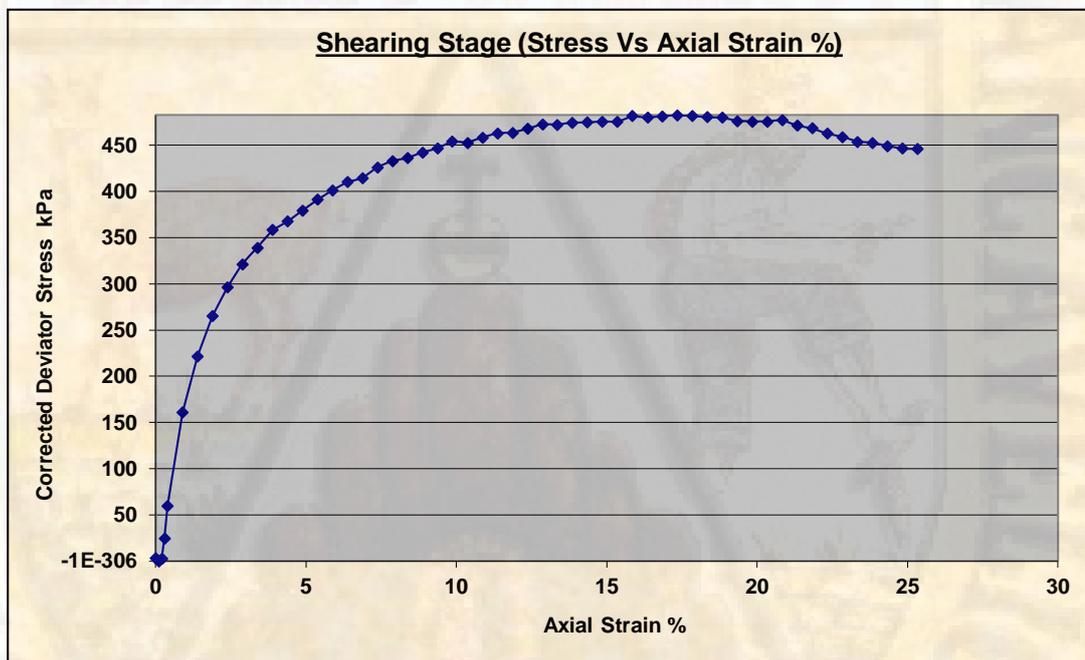


Figura 30. Tensión axial vs tensión axial.

Fuente: Elaboración por los autores.

Tabla 35

Condiciones de corte C-2

Condiciones de Corte			
Índice de Esfuerzo Axial	1.00%/min	Presión de la Celda	200.0 kPa

Fuente: Elaboración por los autores.

Tabla 36  
Condiciones de falla calicata C-2

Condiciones de Falla			
Criterio de Falla	Máximo Esfuerzo Desviador		
Resistencia a la Compresión	482.7 kPa	Mayor Esfuerzo Principal	682.8 kPa
Axial Strain	17.34%	Menor Esfuerzo Principal	200.0 kPa
Corrección del Esfuerzo desviador Aplicado	4.16kPa	Contenido de Humedad Final	14.648 %
Peso Unitario Final	17.84 kN/m <sup>3</sup>		

Fuente: Elaboración por los autores.

Finalmente se obtiene el ángulo de fricción y cohesión mediante el círculo de Mohr y sus envolventes de la calicata C-1.

$\phi = 32.40^\circ$  ángulo de fricción

$C = 6.74 \text{ Kpa}$  cohesión

## RESUMEN

Tabla 37  
Resumen de las condiciones de falla, calicata C-2

Ref.	Menor Esfuerzo Principal	Mayor Esfuerzo Principal	Resistencia a la Compresión (corregido)	Deformación Acumulada	Modo de Falla
Etapa 1	50.6kPa	194.6 kPa	144.1 kPa	5.88%	Máximo Esfuerzo Desviador
Etapa 2	99.8kPa	352.3 kPa	252.5 kPa	9.37%	Máximo Esfuerzo Desviador
Etapa 3	200.0kPa	682.8 kPa	482.7 kPa	17.34%	Máximo Esfuerzo Desviador

Fuente: Elaboración por los autores.

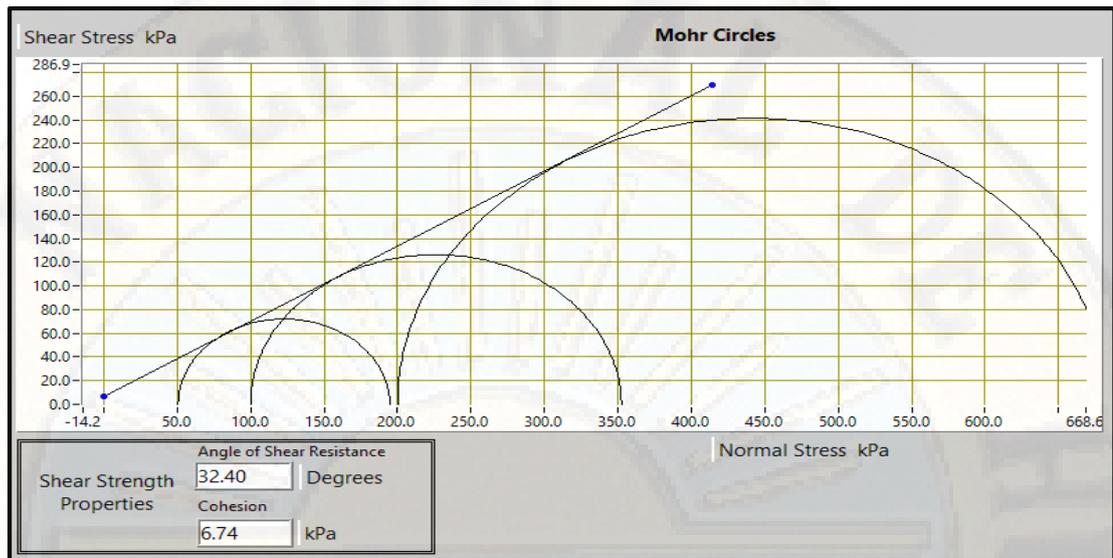


Figura 31. Circulo de Mohr. del C-2.  
Fuente: Elaboración por los autores.

### e) Diseño de anclajes

Cuando se diseñan anclajes como sistemas de estabilización en suelos, se consideran tres aspectos importantes los cuales son los siguientes: el criterio de rotura de Mohr- Coulomb, la superficie de falla plana y la fuerza de anclaje requerida para estabilizar la masa de suelo potencialmente deslizando (Barron et al, 1971). Es importante mencionar que se debe tener en cuenta las características geomecánicas del suelo. Además, tener presente las edificaciones adyacentes. (Rengifo, 2015)

De esta manera se basa en determinar la fuerza de anclaje requerida para estabilizar un suelo, cuya trayectoria de rotura es circular y, por ende, la superficie de falla está libre de escoger la línea de menor resistencia. (Rengifo, 2015).

Según los ensayos de laboratorio para el trabajo de investigación se diseña un tipo de anclaje activo pos-tensado.

Previo al diseño, se debe tener ciertos criterios importantes de falla que principalmente son por motivos del anclaje. como se mencionó en el capítulo III del trabajo de investigación.

Cuando se realiza el diseño del anclaje se debe tomar en cuenta, además, la inclinación natural que debe tener todo anclaje, que dependerá del grosor del cable, la longitud libre y la longitud anclada. (Rengifo, 2015)

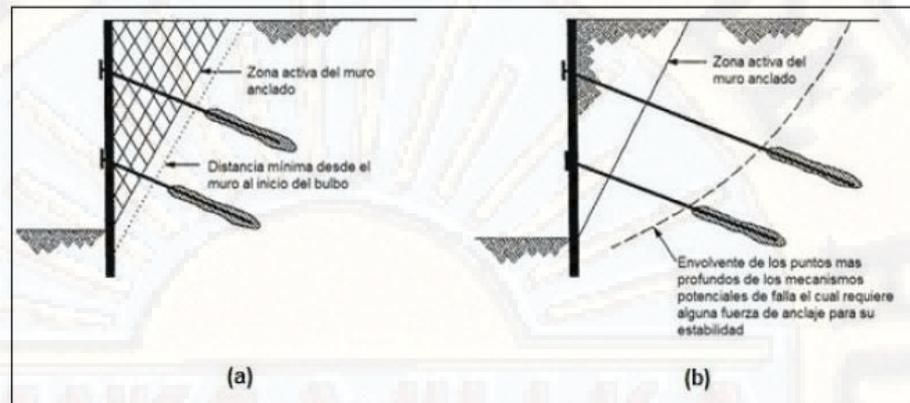


Figura 32. Fuerzas de anclaje transmitidas detrás de la zona de falla.  
Fuente: (Rengifo, 2015)

Se puede establecer de manera general un procedimiento para realizar el diseño de anclajes con los siguientes pasos:

- Ubicación de la superficie potencial de falla
- Cálculo de cargas de los anclajes (basados en el diagrama de presiones).
- Diseño de la longitud libre.
- Diseño de la longitud del bulbo.
- Carga permisible para tensión.
- Espaciamientos entre puntos.

#### Ubicación de la superficie de falla de un muro con desplazamiento

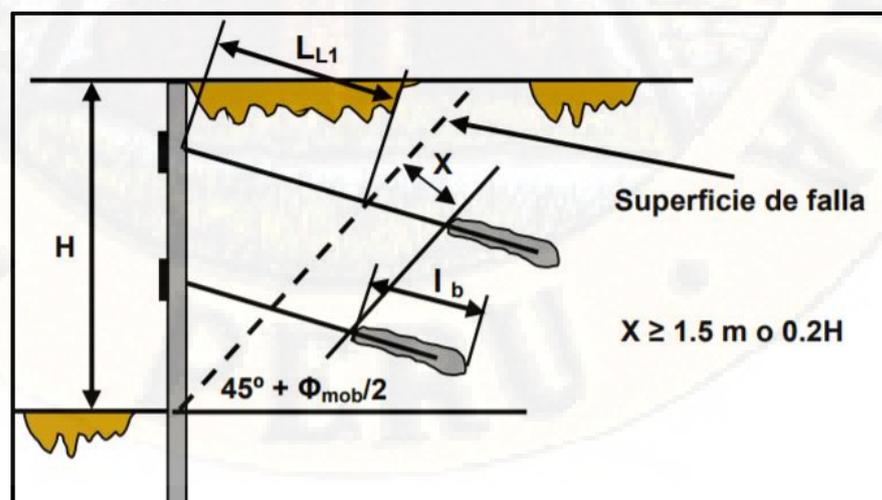


Figura 33. Plano del ángulo de falla  
Fuente. (Figueroa, Rodríguez, & Zelada, 2011)

**Datos:**

$$\phi = 27^\circ$$

$$c = 10 \text{ Kpa}$$

$$FS = 1.5$$

$$\phi_{mob} = \tan^{-1}\left(\frac{\tan\phi}{FS}\right)$$

$$\phi_{mob} = 18.76^\circ$$

$$\alpha = 90 - 45 + \frac{\phi_{mob}}{2}$$

Por lo tanto, el plano de ángulo de falla es  $\alpha = 54.38^\circ$

**Cálculo de cargas de los anclajes (basados en el diagrama de presiones).**

Se usará el método de Coulomb y Caquot Kérisel. Para ello, se debe evaluar sus estados de carga que dependen básicamente del desplazamiento del muro y encontraremos empujes en estado estático (empuje activo y pasivo).

**Metrado de carga de la infraestructura**

Según la norma E-020 para sobrecargas en edificaciones de vivienda multifamiliares, se realizó un metrado de carga por nivel construido tomando en cuenta las estructuras armadas como: columnas 1.5kN/m<sup>2</sup>, vigas 1.5 kN/m<sup>2</sup>, losas 2.0 kN/m<sup>2</sup>. Sobrecarga 2.5 kN/m<sup>2</sup>, mampostería 1.5 kN/m<sup>2</sup>, acabados 1.0 N/m<sup>2</sup>. Haciendo un total de 10 KN/m<sup>2</sup> por nivel. Cabe precisar que en el área de estudio se trabajó con una vivienda de 4 niveles.

La misma norma menciona que las aceras tendrán un metrado de carga de 5.00 KN/m<sup>2</sup>.

El metrado de carga producido por viento que también se le considera en nuestro trabajo de investigación aplicando la siguiente ecuación.

$$V_h = V \left( \frac{h}{10} \right)^{0.22}$$

h= 3660 msnm para Huancavelica

v= 14 Km/h velocidad de viento (promedio para Huancavelica)

Por lo tanto, la velocidad de diseño será  $V_h = 51.957$  km/h

Carga exterior de viento (presión o succión)

$$P_h = 0.005 * C * (V_h)^2$$

C= factor de forma adimensional

C =+ 0.8 Barlovento

C=-0.6 Sotavento

Por lo tanto, las cargas debido a viento serán

Ph=10.52 kg/m<sup>2</sup> Barlovento

Ph=-7.89 kg/m<sup>2</sup> Sotavento

Para casos de diseño se multiplicará con un factor de carga viva y carga muerta.

$$W_{total} = 1.5 C_m + 1.8 C_v + W_{viento} \quad \text{Ec. 19}$$

Tabla 38.

*Metrado de carga*

Tipo de sobrecarga	carga
Infraestructura	40.00 KN/m <sup>2</sup>
acera	5.00 KN/m <sup>2</sup>
viento	0.1052 KN/m <sup>2</sup>
Total, de sobrecarga	45.1052 KN/m <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración por los autores.

### Empuje activo y pasivo

Para calcular la presión activa de estrato de suelo se tiene los siguientes datos:

$$P_s = q_s K \quad \text{Ec. 20}$$

Donde K, es el coeficiente de presión de tierras necesario para convertir la sobrecarga vertical a horizontal y depende del estado del suelo a analizar ( $K_0$ ,  $K_a$ ,  $K_p$ ), que a su vez dependen del factor de seguridad.

En el trabajo de investigación se presenta una sobrecarga uniforme de 20.00 metros de longitud.

$$k_a = \tan^2\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right) \quad \text{para el empuje activo} \quad \text{Ec. 21}$$

$$k_p = \tan^2\left(45 + \frac{\varphi}{2}\right) \quad \text{para el empuje pasivo} \quad \text{Ec. 22}$$

Entonces el esfuerzo activo se expresa con la siguiente ecuación

$$\sigma_{a,p}' = q * k_a + \gamma * H - 2c \sqrt{k_a} \quad \text{Ec. 23}$$

Después de lo que ocurra la grieta de tensión la fuerza sobre el muro será

$$P_{a.p} = \frac{1}{2}(H - Z_c)(\gamma H * k_a - 2c\sqrt{k_a}) \quad \text{Ec. 24}$$

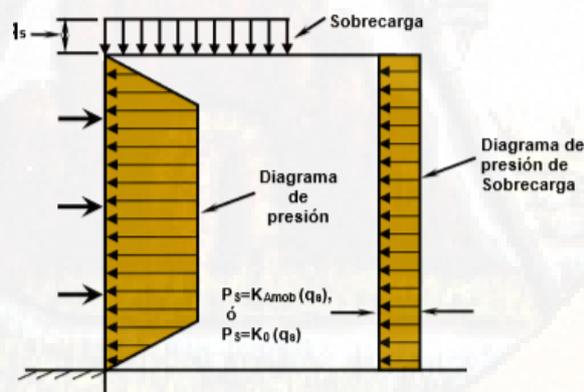


Figura 34. Diagrama de presión aparente de tierra con sobrecarga  
Fuente. (Ugaz, 2018)

Para el caso de nuestra investigación se tiene como dato lo siguiente. Los mismos que fueron obtenidos de los ensayos en laboratorio.

$\phi = 27^\circ$  ángulo de fricción

$C = 10$  KPa cohesión

$\gamma = 19.5$  KN/m<sup>3</sup> peso específico

$q = 45.10$  kN/m<sup>2</sup> sobrecarga

$H = 3.43$  altura del muro

$k_a = 0.3755$

$k_p = 2.6629$

$Z_c = \frac{2c}{\gamma \sqrt{k_a}} = 1.673$  m profundidad de grieta de tensión.

Resolviendo la ecuación 20 se obtiene la presión activa y pasiva.

**$P_a = 369.24$  KN**

**$P_p = 385.71$  KN**

En la figura 39 se muestra la gráfica con la línea de color azul la presión activa y pasiva.

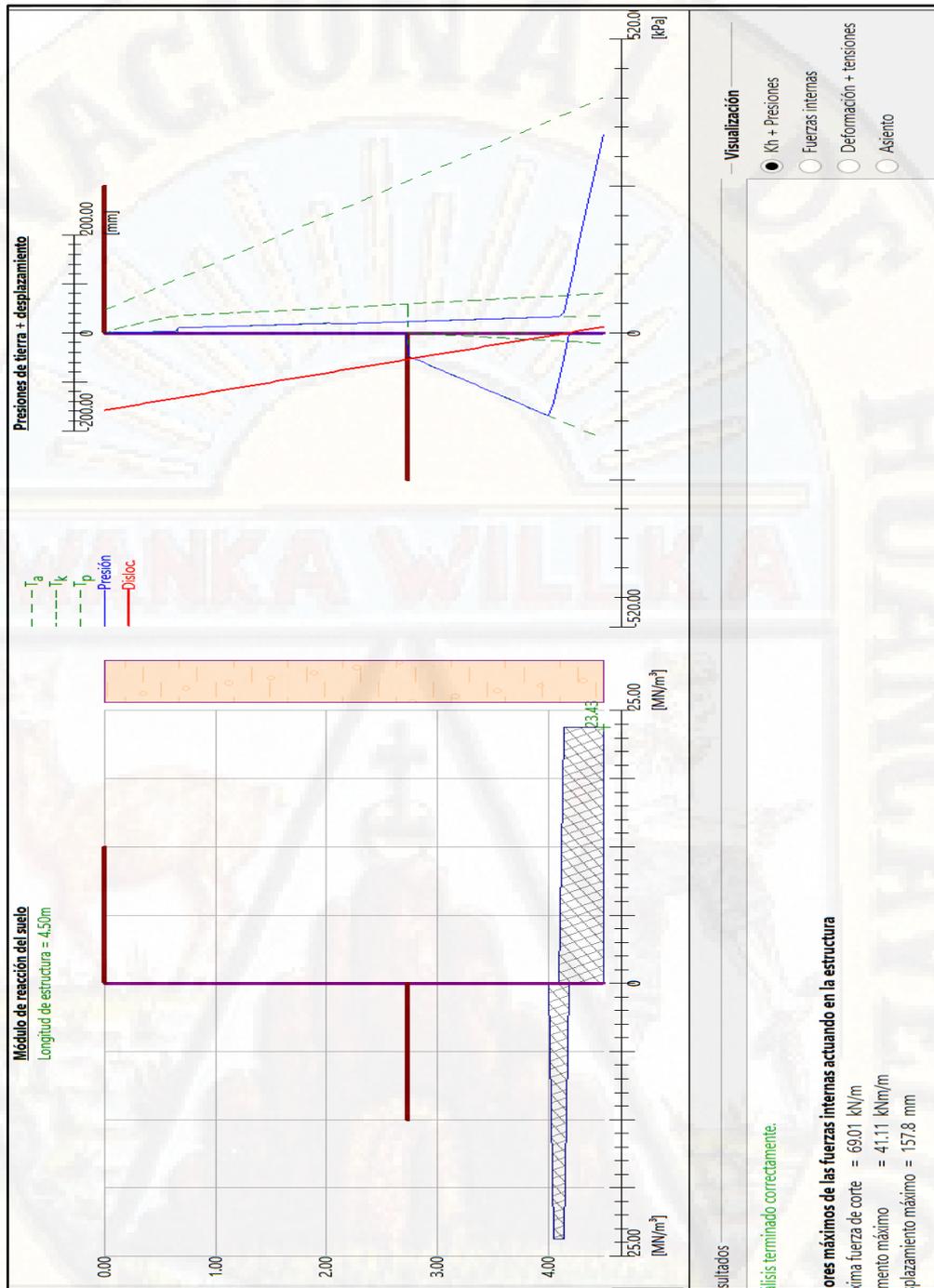


Figura 35. Gráfica de presión activa y pasiva.  
Fuente: Elaboración por los autores.

### Diseño de la longitud libre.

Para calcular la longitud libre del anclaje se recurre a la geometría de muro.

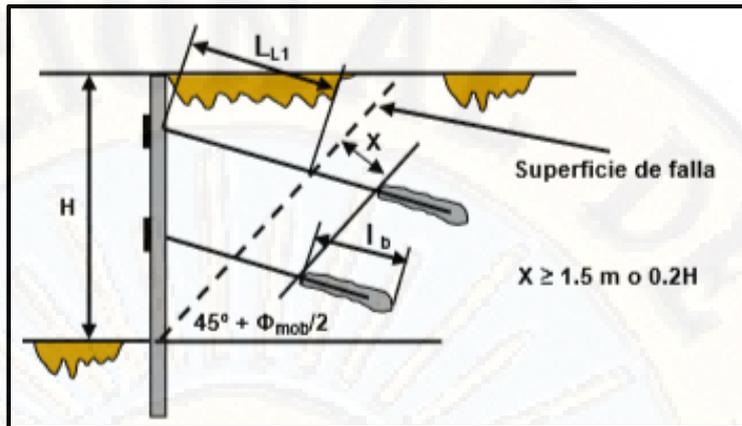


Figura 36. Localización del plano de falla.  
Fuente: (Ugaz, 2018)

Y, por ley de senos tenemos la longitud libre del anclaje.

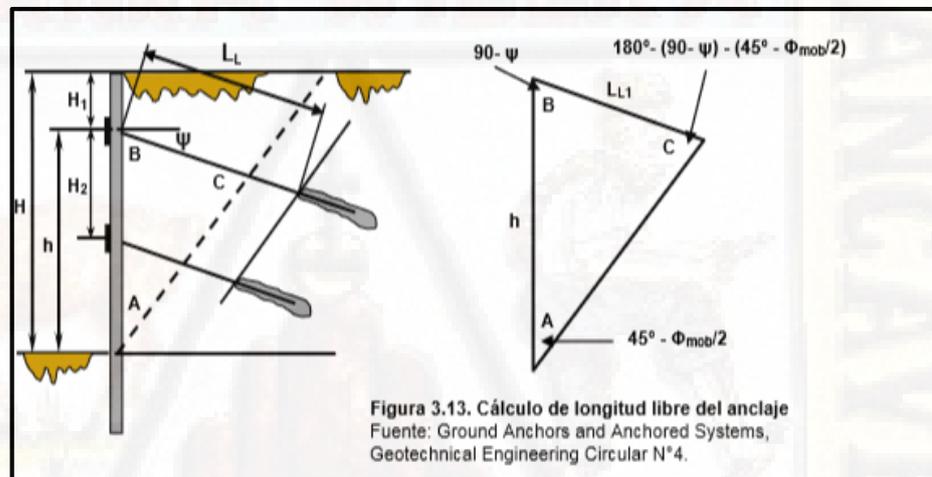


Figura 39. de cálculo de longitud libre del anclaje.  
Fuente: (Ugaz, 2018)

$$\frac{\text{longitud libre } L_{L1}}{\text{sen}\left(-\frac{\varphi_{mob}}{2}\right)} = \frac{h}{\text{sen}\left(180^\circ - (90^\circ - \psi) - \left(45^\circ - \frac{\varphi_{mob}}{2}\right)\right)} \quad \text{Ec. 23}$$

$\varphi_{mob}$  = Ángulo de fricción interna del suelo afectado por un factor de seguridad ( $^\circ$ )

$L_{L1}$  = Longitud libre del anclaje con superficie de falla a  $45^\circ + \Phi_{mob}/2$  (m)

$h$  = Altura desde base del muro hasta el anclaje en cuestión (m)

$\psi$  = Ángulo de inclinación del anclaje ( $^\circ$ )

para poder ejecutar la ecuación 23 se tiene los siguientes datos:

$$\varphi_{mob} = 18.76^\circ$$

$h = 3.43$  altura del muro

$\psi = 13^\circ$  (Bermudez & Carbajal , 2017) recomienda la inclinación de anclaje de  $10^\circ$  a  $15^\circ$ , para tener una mayor seguridad, y se tomó por conveniencia  $13^\circ$ .

Por lo tanto,  $L_{11} = 4.314$  m

Entonces la longitud libre del anclaje tomando en cuenta la consideración de Peck queda de la siguiente manera:

$$LL = L_{11} + X$$

$$X = 0.2h$$

$$X = 0.686 \text{ m}$$

$$\therefore LL = 4.314 \text{ m} + 0.686 \text{ m} = 5.00 \text{ m longitud libre del anclaje}$$

#### **Diseño de la longitud del bulbo.**

El primer paso para estimar la longitud de bulbo es encontrar la máxima carga permisible del ancla considerando la capacidad de carga última de transferencia entre el bulbo y el suelo.

TABLA 3.2: CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA DE TRANSFERENCIA ENTRE EL BULBO Y EL SUELO (SABATINI Y OTROS, 1998)		
TIPO DE SUELO	DENSIDAD RELATIVA (SPT)	CAPACIDAD DE CARGA DE TRANSFERENCIA (KN/m)
	Suelta (5-10)	145
Arena y Grava	Media (10-30)	220
	Densa (30-50)	290
Arena	Suelta (5-10)	100
	Media (10-30)	145
	Densa (30-50)	190
Arena y Limos	Suelta (5-10)	70
	Media (10-30)	100
	Densa (30-50)	130
Mezcla de Arena y Arcilla de baja plasticidad	Dura (30-60)	30
	Muy Dura (>60)	60

Figura 37. Capacidad de carga ultima según al tipo suelo.  
Fuente: (Sanhueza, 2008)

La carga máxima de diseño permisible para el anclaje en un suelo puede determinarse multiplicando la longitud del bulbo por la capacidad de carga última de transferencia y luego dividirlo por un factor de seguridad óptimo de 2.0 ó mayor (Sabatini y otros, 1998).

Es necesario recalcar que el factor de seguridad mínima es de 1.5

$$T_{max} = \frac{l_b Q_u}{FS} \rightarrow l_b = \frac{T_{max} FS}{Q_u} \quad \text{Ec. 23}$$

$l_b$  = Longitud del bulbo del anclaje (m)

$Q_u$  = Capacidad de carga última de transferencia del bulbo del anclaje (KN/m)

$T_{max}$  = Carga máxima de diseño (KN)

$FS$  = Factor de seguridad 1.5

Teniendo los datos para calcular la longitud del bulo se tiene:

$Q_u = 220$  KN/m por ser una grava con presencia de arcilla según la figura 40.

### **Carga permisible para tensión.**

Para un muro con un solo nivel de anclajes y con una sobrecarga (PS) se tendrá que calcular las fuerzas de anclaje (tensión) mediante la fórmula.

$$T_{H1} = \frac{7}{8}PH - \frac{1}{2}PH_2 + P_s \left( H - \frac{1}{2}H_2 \right)$$

Teniendo como dato:

$$Pa = 369.24 \text{ KN}$$

$$Pp = 385.71 \text{ KN}$$

H = 4.5 m altura de muro desde el fondo de excavación

Finalmente, resolviendo la ecuación se obtiene la fuerza de tensión de un anclaje para un solo nivel

$$T_{max} = 341.50 \text{ tensión máxima del diseño}$$

Posterior a ello recién se pasa a desarrollar la ecuación 23 para obtener la longitud del bulbo, teniendo como dato la tensión máxima del anclaje.

$$Q_u = 220 \text{ KN/m}$$

$$L_b = 4.00 \text{ m longitud del bulbo}$$

### **Diámetro del agujero del anclaje.**

Esta parte depende principalmente del tamaño y del tipo de ancla, requerimientos de protección contra la corrosión, procedimientos de perforación y de las condiciones del suelo.

Es importante notar, que un rango común para diámetros de es **de 20 mm – 150 mm (3-6 in)**, según (Figuroa, Rodríguez, & Zelada, 2011)

Por lo tanto, se toma un diámetro **de 25mm** por conveniencia. De esa manera cumplir la estabilidad del muro.

### **Espaciamiento mínimo de las anclas en suelos**

La distancia horizontal y vertical de las anclas en suelos varía en función de requisitos específicos del proyecto y las limitaciones. (Ebeling, Azene y Strom, 2002) indica que las separaciones deben ser entre 1.5 a 2.00 m, tanto la vertical, así como la horizontal.

En el trabajo de investigación solo se plantea los anclajes a un solo nivel, por lo tanto, solo existe el espaciamiento horizontal de **2.00m de longitud**

Finalmente se muestra en la siguiente tabla el dimensionamiento de los anclajes

#### **ANCLAJE 1**

Tabla 39

*Tabla de Dimensionamiento del anclaje*

Longitud libre m (LL)	Longitud del bulbo (Lb) m	Fuerza de tensión KN	Diámetro mm	Espaciamiento m	Angulo de inclinación en grados sexagesimales °
5.00	4	341.5	25	2	13°

Fuente: Elaboración por los autores.

#### **f) Modelamiento con el software GEO 5**

Una vez dimensionado el anclaje se pasa a modelar utilizando el software GEO5 -VERIFICACIÓN DE MURO PANTALLA Y ANÁLISIS DE ESTABILIDAD GLOBAL DEL TALUD.

Inicialmente se hizo el análisis del muro pantalla y la verificación de la estabilidad del talud de nuestro lugar de investigación y muestra lo siguiente (vale decir sin anclaje).

**Proceso de datos y resultados de la verificación del muro sin anclaje mediante el software GEO - VERIFICACIÓN MURO PANTALLA.**

JOVICA QUISPE HILARIO	ANÁLISIS DE MURO PANTALLA PARA LA INVESTIGACIÓN
-----------------------	---

**Verificación de estructuras pantalla**

**Entrada de datos**

**Proyecto**

Tarea : ANÁLISIS DE MURO PANTALLA PARA LA INVESTIGACIÓN  
 Descripción : TESIS DE INYECCION DE ANCLAJE AL MURO DE CONCRETO PARA LA CONSERVACION DE LA  
 Cliente : UNH-INGENIERIA CIVIL  
 Autor : JOVICA QUISPE HILARIO  
 Fecha : 27/10/2019  
 Número de proyecto : 02

**Configuración**

Estándar - Factor de seguridad

**Materiales y estándares**

Estructuras de hormigón :	EN 1992-1-1 (EC2)
Coefficientes EN 1992-1-1 :	Estándar
Estructuras de acero :	EN 1993-1-1 (EC3)
Factor parcial en capacidad portante de sección transversal de acero :	$\gamma_{M0} = 1.00$
Estructuras de madera :	EN 1995-1-1 (EC5)
Factor parcial para propiedades de madera :	$\gamma_M = 1.30$
Modif. factor de duración de la carga y contenido de humedad :	$k_{mod} = 0.50$
Coefficiente de ancho efectivo para el esfuerzo de corte :	$k_{ct} = 0.67$

**Análisis de presión**

Cálculo de la presión activa de la tierra : Coulomb  
 Cálculo de la presión pasiva de la tierra : Caquot-Kerisel  
 Configuración : presiones dependientes  
 Análisis sísmico : Mononobe-Okabe  
 Módulo de reacción del suelo : Por defecto  
 Reducción del módulo de reacción del suelo por lámina reforzada  
 Asiento : método parabólico  
 Metodología de verificación : Factores de seguridad (ASD)

Factores de seguridad		
Situación de diseño permanente		
Factor de seguridad para la estabilidad interna del anclajes :	$SF_a =$	1.50 [-]

**Anclajes**

Metodología de verificación : Factores de seguridad (ASD)

Factores de seguridad		
Factor de seguridad de la fuerza de acero :	$SF_f =$	1.50 [-]
Factor de seguridad de la resistencia a la extracción (suelo) :	$SF_e =$	1.50 [-]
Factor de seguridad de la resistencia a la extracción (lechada) :	$SF_c =$	1.50 [-]

**Geometría de la estructura**

Longitud de estructura = 4.50 m

Nombre Sec. Trans. : Muro rectangular RC h = 0.30 m  
 Área de la sección transversal : A = 3.00E-01 m<sup>2</sup>m  
 Momento de inercia : I = 2.25E-03 m<sup>4</sup>m  
 Módulo Elástico : E = 30000.00 MPa  
 Módulo de corte : G = 12500.00 MPa

**Material de la estructura**

Análisis de estructuras de hormigón según los estándares EN 1992-1-1 (EC2).

**Hormigón: C 20/25**

1

[GEO5 - Verificación de Muro Pantalla (Versión Demo) | versión 5.2019.T4.0 | Copyright © 2019 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.fine-software.es]  
 [Fine Latin America | +54 9 341 3686185 | hola@fine-latinamerica.com | http://www.fine-software.es]

Figura 38. Verificación de la estructura hoja 1.  
Fuente: Elaboración por los autores.

JOVICA QUISPE HILARIO		ANÁLISIS DE MURO PANTALLA PARA LA INVESTIGACIÓN					
Resistencia de compresión (prob. cilíndrica) Fuerza tensora Módulo de elasticidad Módulo de corte <b>Acero longitudinal : B500</b> Tensión de fluencia <b>Proyección de acero: B500</b> Tensión de fluencia <b>Módulo de reacción</b>	$f_{ck} = 20.00 \text{ MPa}$ $f_{ctm} = 2.20 \text{ MPa}$ $E_{cm} = 30000.00 \text{ MPa}$ $G = 12500.00 \text{ MPa}$ $f_{yk} = 500.00 \text{ MPa}$ $f_{yk} = 500.00 \text{ MPa}$						
El módulo de reacción del subsuelo se calcula por el método Schmitt							
<b>Datos básicos del suelo</b>							
Nro.	Nombre	Trama	$\varphi_{ef}$ [°]	$c_{ef}$ [kPa]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\delta$ [°]
1	Grava arcillosa (GC)		27.00	10.00	19.50	9.50	17.00
Todos los suelos son considerados como granulares para el análisis de la presión en reposo.							
<b>Parámetros de suelos para calcular el módulo de reacción del suelo (Schmitt)</b>							
Nro.	Nombre	Trama	$\nu$ [-]	$E_{oed}$ [MPa]	$E_{def}$ [MPa]		
1	Grava arcillosa (GC)		0.35	17.50	-		
<b>Datos del suelo</b>							
Peso unitario :	$\gamma = 19.50 \text{ kN/m}^3$						
Estado de tensión : efectivo	$\varphi_{ef} = 27.00^\circ$						
Ángulo de fricción interna :	$c_{ef} = 10.00 \text{ kPa}$						
Cohesión de suelo :	$\delta = 17.00^\circ$						
Ángulo de fricción estructura-suelo :	Suelo : granular						
Módulo edométrico :	$E_{oed} = 17.50 \text{ MPa}$						
Peso unitario de suelo saturado :	$\gamma_{sat} = 19.50 \text{ kN/m}^3$						
<b>Perfil geológico y suelos asignados</b>							
Nro.	Espesor de capas t [m]	Profundidad z [m]	Suelo asignado			Trama	
1	-	0.00 , ∞	Grava arcillosa (GC)				
<b>Excavación</b>							
El suelo en el frente del muro está excavado a una profundidad de 3.40 m.							
<b>Perfil de terreno</b>							
Detrás de la estructura el terreno es plano.							
<b>Influencia del agua</b>							
El nivel freático está ubicado debajo de la estructura.							
						2	
[GED5 - Verificación de Muro Pantalla (Versión Demo)   versión 5.2019.74.0   Copyright © 2019 Fina spol. s r.o. All Rights Reserved   www.finaoftware.es] [Fina Latin America   +54 9 341 3880100   hola@fina-latinamerica.com   http://www.finaoftware.es]							

Figura 39. Verificación de la estructura hoja 2.  
Fuente: Elaboración por los autores.

JOVICA QUISPE HILARIO			ANÁLISIS DE MURO PANTALLA PARA LA INVESTIGACIÓN					
<b>Entrada de cargas de superficie</b>								
Nro.	Sobrecarga		Acción	Mag.1	Mag.2	Ord.x	Longitud	Profundidad
	nueva	cambiar		[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	x [m]	l [m]	z [m]
1	Si		Permanente	40.10		1.30	20.00	sobre el terreno
2	Si		Permanente	5.00		0.00	1.30	sobre el terreno
Nro.	Nombre							
1	VIVIENDA							
2	ACERA							
<b>Configuraciones generales</b>								
Número de EFs para discretizar muros = 100								
La presión mínima de dimensionado se considera como $\sigma_{a,min} = 0.20\sigma_z$								
<b>Configuraciones de la etapa de construcción</b>								
Situación de diseño : permanente								
<b>Resultados del análisis</b>								
<b>La estructura no es estable</b>								
							<b>3</b>	
<small>           [3205 - Verificación de Muro Pantalla (Versión Dens)] [versión 5.2019.04.0] [Copyright © 2019 Fina spol. s r.o. All Rights Reserved] [www.finesoftware.es]            [Fin Latin America] [+54 9 341 3880100] [follina@fina-labsoftwares.com] [http://www.finesoftware.es]         </small>								

Figura 40. Verificación de la estructura hoja 3.  
Fuente: Elaboración por los autores.

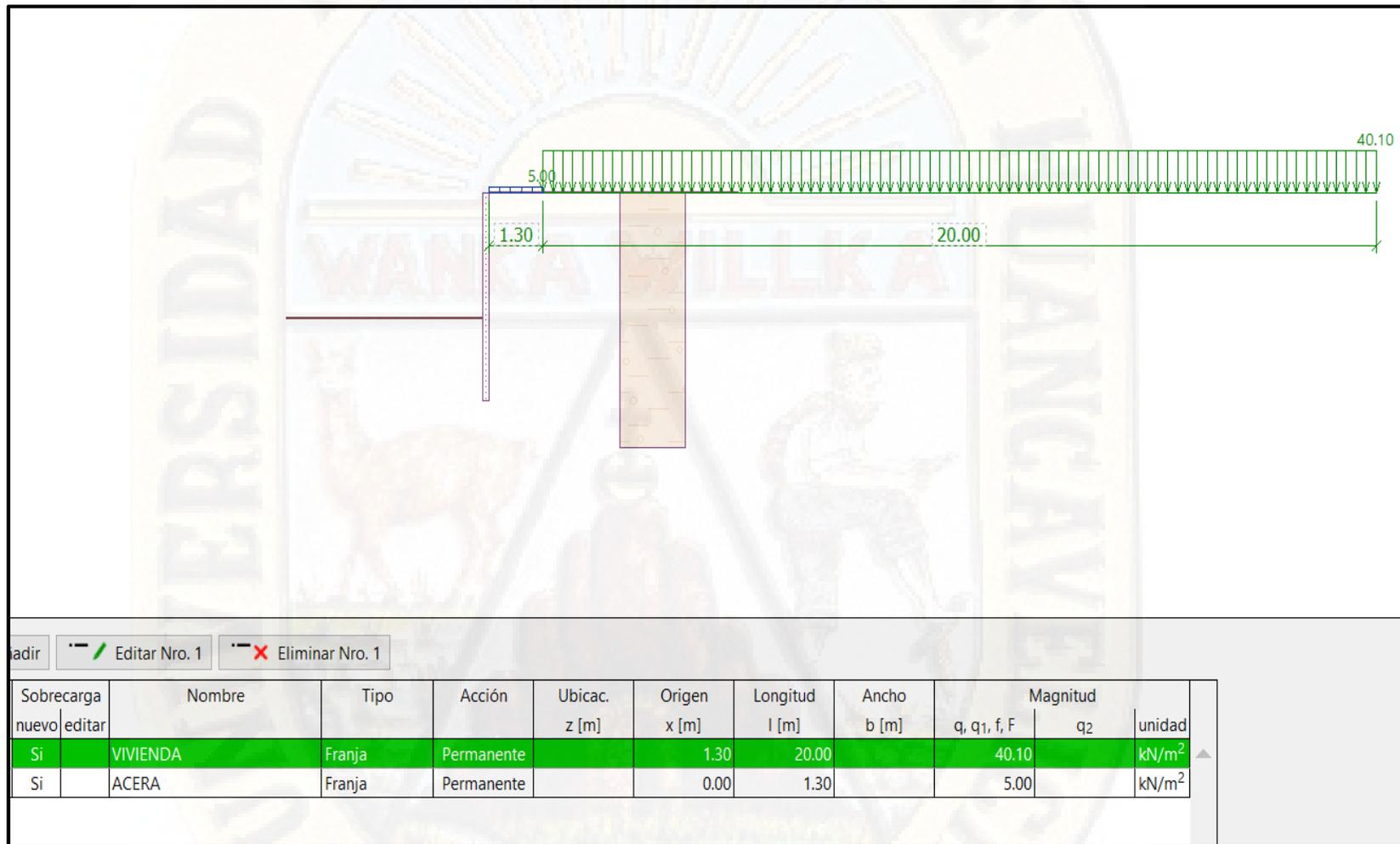


Figura 41. Gráfica de muro con carga distribuida, sin anclaje.  
Fuente: Elaboración por los autores.

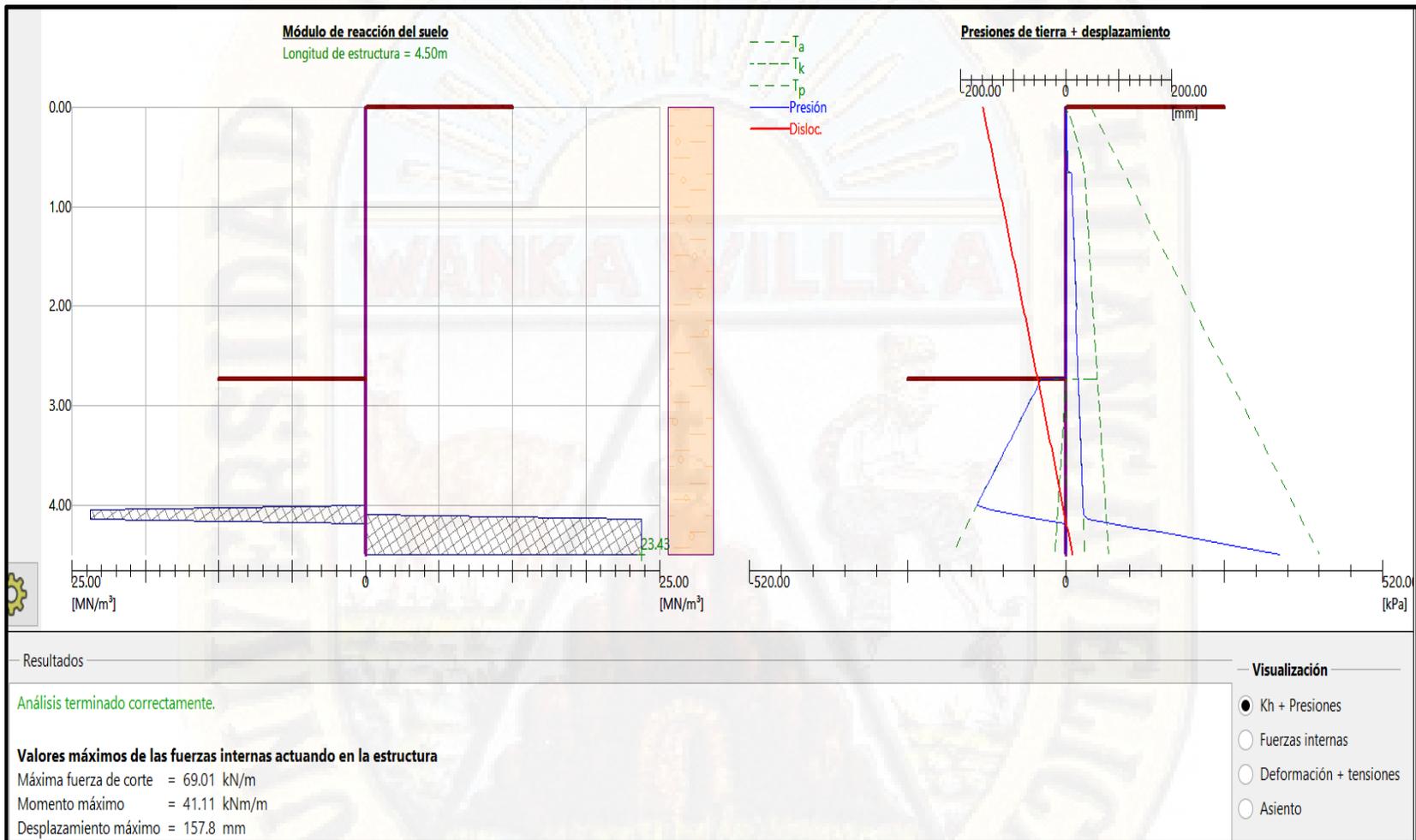


Figura 42. Diagrama de presiones del suelo sin anclaje.  
 Fuente: Elaboración por los autores.

**Resultados de la estabilidad global del talud del suelo sin anclaje mediante el software GEO 5**

estadística

JOVICA QUISPE HILARIO

**Análisis de estabilidad de taludes**

**Entrada de datos**

Proyecto

Configuración

Estándar - Factor de seguridad

Análisis de estabilidad

Análisis sísmico: Estándar

Metodología de verificación: Factores de seguridad (ASD)

---

**Factores de seguridad**

Situación de diseño permanente

Factor de seguridad:  $SF_s = 1.50 [-]$

**Interfaz**

Nro.	Ubicación de la interfaz	Coordenadas de puntos de interfaz [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-11.25	-3.40	-0.30	-3.40	-0.30	0.00
		0.00	0.00	13.50	0.00		
2		-0.30	-3.40	-0.30	-4.50	0.00	-4.50
		0.00	0.00				

**Parámetros de suelo - Estado de tensión efectiva**

Nro.	Nombre	Trama	$\phi_{ef}$ [°]	$c_{ef}$ [kPa]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]
1	Grava arcillosa (GC)		27.00	10.00	19.50

**Parámetros de suelo - subpresión**

Nro.	Nombre	Trama	$\gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_n$ [kN/m <sup>3</sup> ]	n [-]
1	Grava arcillosa (GC)		19.50		

**Datos del suelo**

Peso unitario:  $\gamma = 19.50 \text{ kN/m}^3$

Estado de tensión: efectivo

Ángulo de fricción interna:  $\phi_{ef} = 27.00^\circ$

Cohesión de suelo:  $c_{ef} = 10.00 \text{ kPa}$

Peso unitario de suelo saturado:  $\gamma_{sat} = 19.50 \text{ kN/m}^3$

---

1

©2005 - Verificación de Muro Perforado (Version Dens) | versión 5.2019.74.0 | Copyright © 2019 Free software | www.free-software.es | Free Latin America | +54 9 341 3990 953 | info@free-software.com | http://www.free-software.es

Figura 43. Análisis de estabilidad de talud hoja 1.  
Fuente: Elaboración por los autores

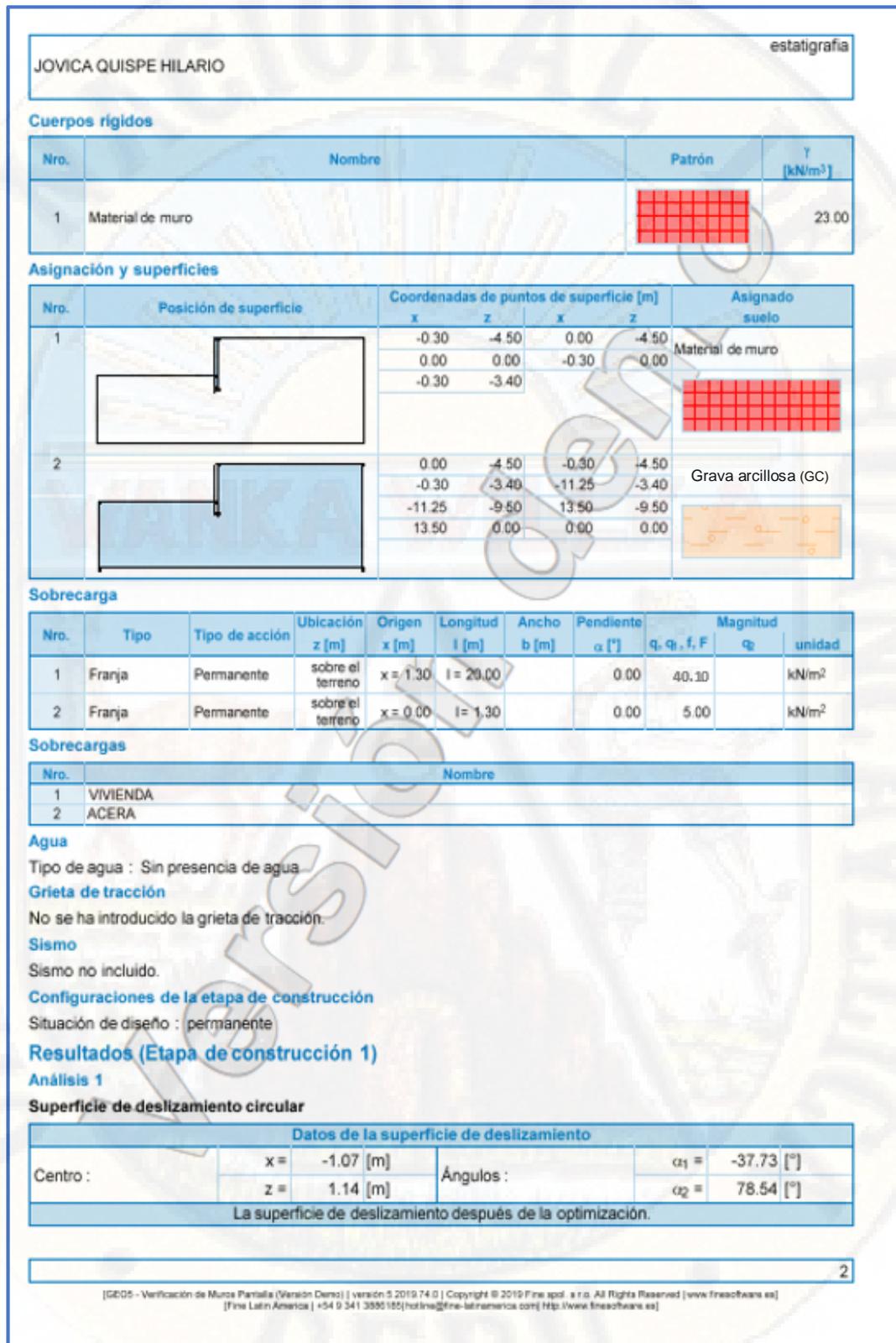


Figura 44. Análisis de estabilidad de talud hoja 2.  
Fuente: Elaboración por los autores.

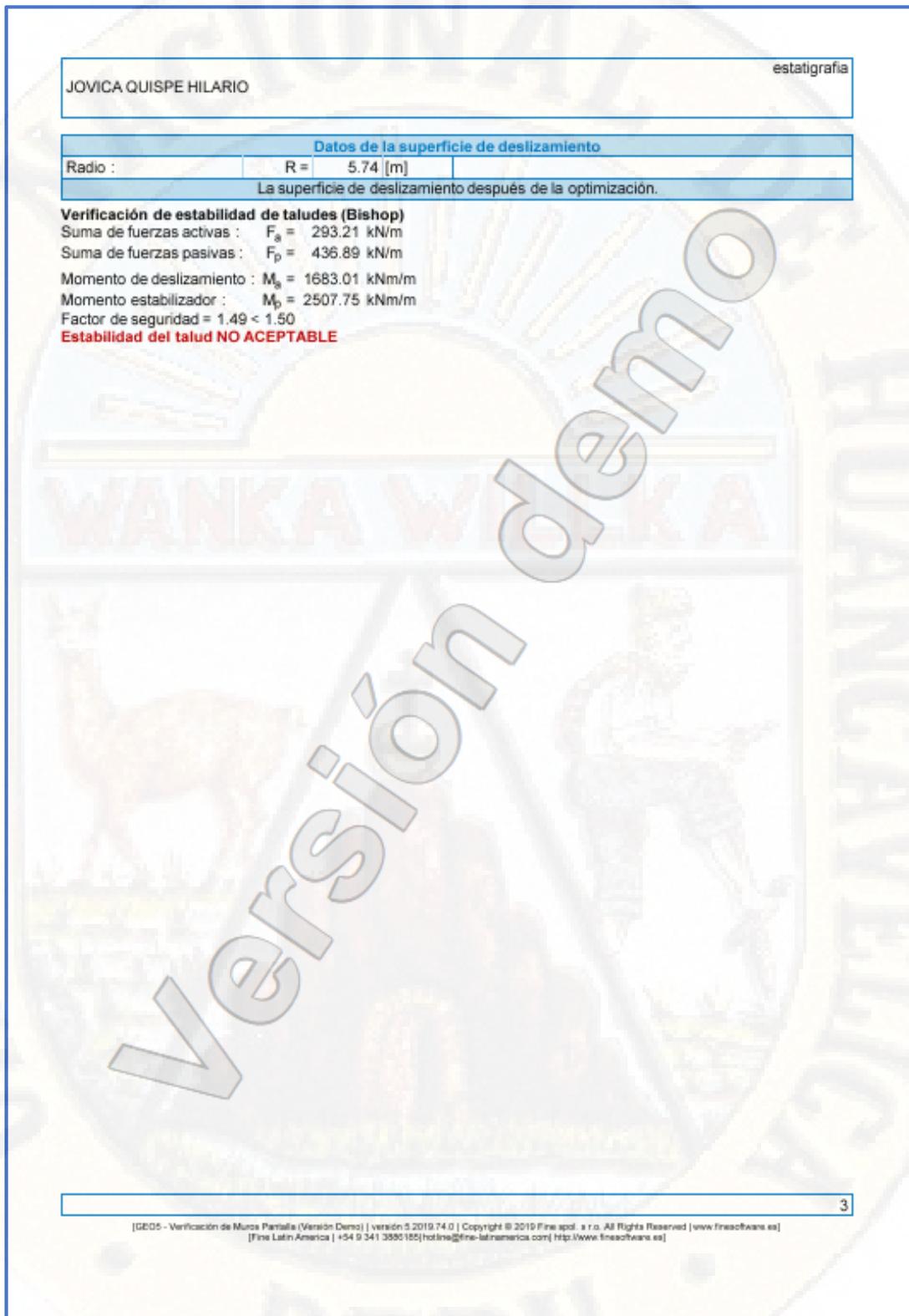


Figura 45. Análisis de estabilidad de talud hoja 3.  
Fuente: Elaboración por los autores.

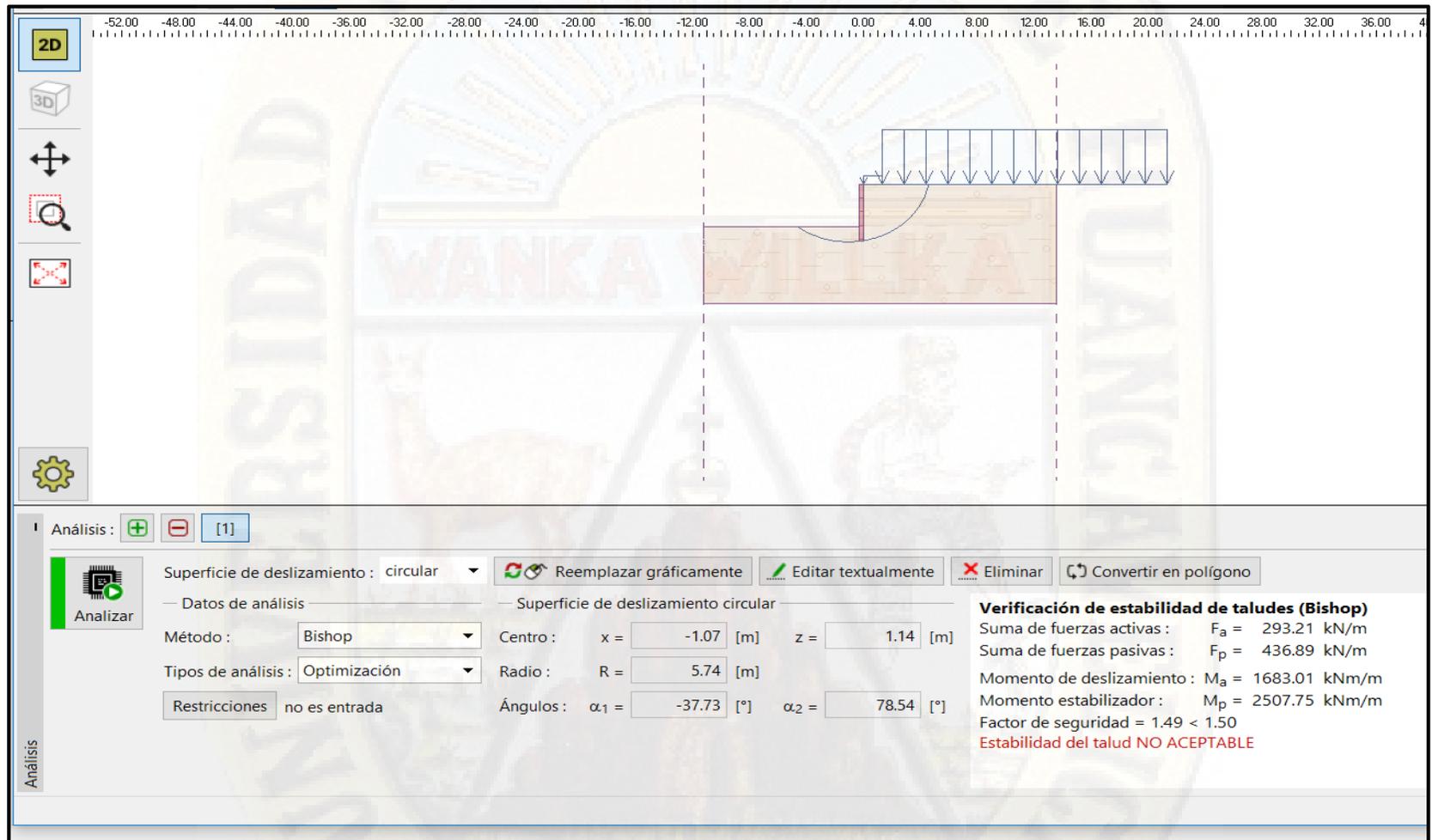


Figura 46. Verificación de estabilidad de talud.  
Fuente: Elaboración por los autores.

Debido a la inestabilidad del talud del suelo se pretende inyectar anclajes al muro de concreto para la conservación del talud del suelo con los datos obtenidos a diferentes profundidades.

## VERIFICACIÓN DE MURO PANTALLA A UNA PROFUNDIDAD DE Z=0.9 M MEDIANTE EL SOFTWARE GEO 5.

JOVICA QUISPE HILARIO
VERIFICACION DE MURO PANTALLA

---

**Verificación de estructuras pantalla**

**Entrada de datos**

**Proyecto**

Tarea : VERIFICACION DE MURO PANTALLA  
 Descripción : TESIS DE INYECCION DE ANCLAJE AL MURO DE CONCRETO PARA LA CONSERVACION DE  
 Cliente : UNH - ING. CIVIL  
 Autor : JOVICA QUISPE HILARIO  
 Fecha : 09/11/2019  
 Número de proyecto : 02- SEGUNDA VERIFICACIÓN

**Configuración**

Estándar - Factor de seguridad  
**Materiales y estándares**

Estructuras de hormigón : EN 1992-1-1 (EC2)  
 Coeficientes EN 1992-1-1 : Estándar  
 Estructuras de acero : EN 1993-1-1 (EC3)  
 Factor parcial en capacidad portante de sección transversal de acero :  $\gamma_{M0} = 1.00$   
 Estructuras de madera : EN 1995-1-1 (EC5)  
 Factor parcial para propiedades de madera :  $\gamma_M = 1.30$   
 Modif. factor de duración de la carga y contenido de humedad :  $k_{mod} = 0.50$   
 Coeficiente de ancho efectivo para el esfuerzo de corte :  $k_{cr} = 0.67$

**Análisis de presión**

Cálculo de la presión activa de la tierra : Coulomb  
 Cálculo de la presión pasiva de la tierra : Caquot-Kerisel  
 Configuración : presiones dependientes  
 Análisis sísmico : Mononobe-Okabe  
 Módulo de reacción del suelo : Por defecto  
 Reducción del módulo de reacción del suelo por lámina reforzada : método parabólico  
 Asiento : método parabólico  
 Metodología de verificación : Factores de seguridad (ASD)

Factores de seguridad		
Situación de diseño permanente		
Factor de seguridad para la estabilidad interna del anclajes :	$SF_s =$	1.50 [-]

**Anclajes**

Metodología de verificación : Factores de seguridad (ASD)

Factores de seguridad		
Factor de seguridad de la fuerza de acero :	$SF_f =$	1.50 [-]
Factor de seguridad de la resistencia a la extracción (suelo) :	$SF_e =$	1.50 [-]
Factor de seguridad de la resistencia a la extracción (lechada) :	$SF_c =$	1.50 [-]

**Geometría de la estructura**

Longitud de estructura = 4.50 m

Nombre Sec. Trans. : Muro rectangular RC h = 0.30 m  
 Área de la sección transversal :  $A = 3.00E-01 \text{ m}^2/\text{m}$   
 Momento de inercia :  $I = 2.25E-03 \text{ m}^4/\text{m}$   
 Módulo Elástico :  $E = 30000.00 \text{ MPa}$   
 Módulo de corte :  $G = 12500.00 \text{ MPa}$

**Material de la estructura**

Análisis de estructuras de hormigón según los estándares EN 1992-1-1 (EC2).

**Hormigón: C 20/25**

1

[GEO5 - Verificación de Muro Pantalla (Versión Demo) | versión 5.2019.74.0 | Copyright © 2019 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftwares.es]  
 [Fine Latin America | +54 9 341 3886100 | hotline@fine-latinamerica.com | http://www.finesoftwares.es]

Figura 47. Verificación de estructura con anclaje hoja 1.  
 Fuente: Elaboración por los autores.

JOVICA QUISPE HILARIO		VERIFICACION DE MURO PANTALLA					
Resistencia de compresión (prob. cilíndrica)	$f_{ck} =$	20.00					
Fuerza tensora	$f_{ctm} =$	2.20					
Módulo de elasticidad	$E_{cm} =$	30000.00					
Módulo de corte	$G =$	12500.00					
<b>Acero longitudinal : B500</b>							
Tensión de fluencia	$f_{yk} =$	500.00					
<b>Proyección de acero : B500</b>							
Tensión de fluencia	$f_{yk} =$	500.00					
<b>Módulo de reacción</b>							
El módulo de reacción del subsuelo se calcula por el método Schmitt.							
<b>Datos básicos del suelo</b>							
Nro.	Nombre	Trama	$\varphi_{ef}$ [°]	$c_{ef}$ [kPa]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\delta$ [°]
1	Grava arcillosa (GC)		27.00	10.00	19.50	9.50	18.00
Todos los suelos son considerados como granulares para el análisis de la presión en reposo.							
<b>Parámetros de suelos para calcular el módulo de reacción del suelo (Schmitt)</b>							
Nro.	Nombre	Trama	$\nu$ [-]	$E_{oed}$ [MPa]	$E_{def}$ [MPa]		
1	Grava arcillosa (GC)		0.35	17.50	-		
<b>Datos del suelo</b>							
Peso unitario :	$\gamma =$	19.50	kN/m <sup>3</sup>				
Estado de tensión :	efectivo						
Ángulo de fricción interna :	$\varphi_{ef} =$	27.00	°				
Cohesión de suelo :	$c_{ef} =$	10.00	kPa				
Ángulo de fricción estructura-suelo :	$\delta =$	18.00	°				
Suelo :	granular						
Módulo edométrico :	$E_{oed} =$	17.50	MPa				
Peso unitario de suelo saturado :	$\gamma_{sat} =$	19.50	kN/m <sup>3</sup>				
<b>Perfil geológico y suelos asignados</b>							
Nro.	Espesor de capas t [m]	Profundidad z [m]	Suelo asignado		Trama		
1	-	0.00 , ∞	Grava arcillosa (GC)				
<b>Excavación</b>							
El suelo en el frente del muro está excavado a una profundidad de 2.70 m.							
<b>Perfil de terreno</b>							
Detrás de la estructura el terreno es plano.							
<b>Influencia del agua</b>							
El nivel freático está ubicado debajo de la estructura.							
						2	

Figura 48. Verificación de estructura con anclaje hoja 2.  
Fuente: Elaboración por los autores.

JOVICA QUISPE HILARIO			VERIFICACION DE MURO PANTALLA					
<b>Entrada de cargas de superficie</b>								
Nro.	Sobrecarga		Acción	Mag.1 [kN/m <sup>2</sup> ]	Mag.2 [kN/m <sup>2</sup> ]	Ord.x x [m]	Longitud l [m]	Profundidad z [m]
	nueva	cambiar						
1	Si		Permanente	40.10		1.30	20.00	sobre el terreno
2	Si		Permanente	5.00		0.00	1.30	sobre el terreno
Nro.	Nombre							
1	VIVIENDA							
2	ACERA							
<b>Configuraciones generales</b>								
Número de EFs para discretizar muros = 100								
La presión mínima de dimensionado se considera como $\sigma_{a,min} = 0.20\sigma_z$								
<b>Configuraciones de la etapa de construcción</b>								
Situación de diseño : permanente								
<b>Resultados del análisis (Etapa de construcción 1)</b>								
Distribución de presiones actuando en la estructura (enfrente y atrás del muro)								
Profundidad [m]	Ta,p [kPa]	Tk,p [kPa]	Tp,p [kPa]	Ta,z [kPa]	Tk,z [kPa]	Tp,z [kPa]		
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	40.37		
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	40.38		
0.03	0.00	0.00	0.00	0.10	1.62	42.50		
0.17	0.00	0.00	0.00	0.65	10.58	54.29		
0.33	0.00	0.00	0.00	1.30	18.03	68.22		
0.50	0.00	0.00	0.00	1.95	24.78	82.14		
0.66	0.00	0.00	0.00	2.58	30.02	95.70		
0.67	0.00	0.00	0.00	8.59	30.16	96.08		
0.83	0.00	0.00	0.00	9.61	32.51	109.98		
1.00	0.00	0.00	0.00	10.62	33.92	123.91		
1.17	0.00	0.00	0.00	11.64	35.41	137.83		
1.33	0.00	0.00	0.00	12.65	36.96	151.75		
1.50	0.00	0.00	0.00	13.67	38.56	165.67		
1.60	0.00	0.00	0.00	14.29	39.58	174.27		
1.60	0.00	0.00	0.00	14.34	39.58	174.27		
1.67	0.00	0.00	0.00	14.73	40.21	179.60		
1.83	0.00	0.00	0.00	15.74	41.88	193.52		
2.00	0.00	0.00	0.00	16.76	43.57	207.44		
2.03	0.00	0.00	0.00	16.94	43.88	209.99		
2.03	0.00	0.00	0.00	15.46	43.88	209.99		
2.17	0.00	0.00	0.00	16.30	45.28	221.37		
2.33	0.00	0.00	0.00	17.32	47.00	235.29		
2.50	0.00	0.00	0.00	18.35	48.74	249.21		
2.67	0.00	0.00	0.00	19.37	50.48	263.13		
2.70	0.00	0.00	0.00	19.58	50.83	265.92		
2.70	0.00	-0.00	-40.38	19.62	50.83	265.93		
2.83	0.00	-1.42	-51.51	20.44	52.22	277.06		
							3	
<small>[GEDS - Verificación de Muro Pantalla (Versión Demo)   versión 5.2019.14.0   Copyright © 2019 Finsa spol. s r.o. All Rights Reserved   www.finssoftware.es]  [Fine Latin America   +54 9 341 3880100   hola@fina-latam.com   http://www.finssoftware.es]</small>								

Figura 49. Verificación de estructura con anclaje hoja 3.  
Fuente: Elaboración por los autores.

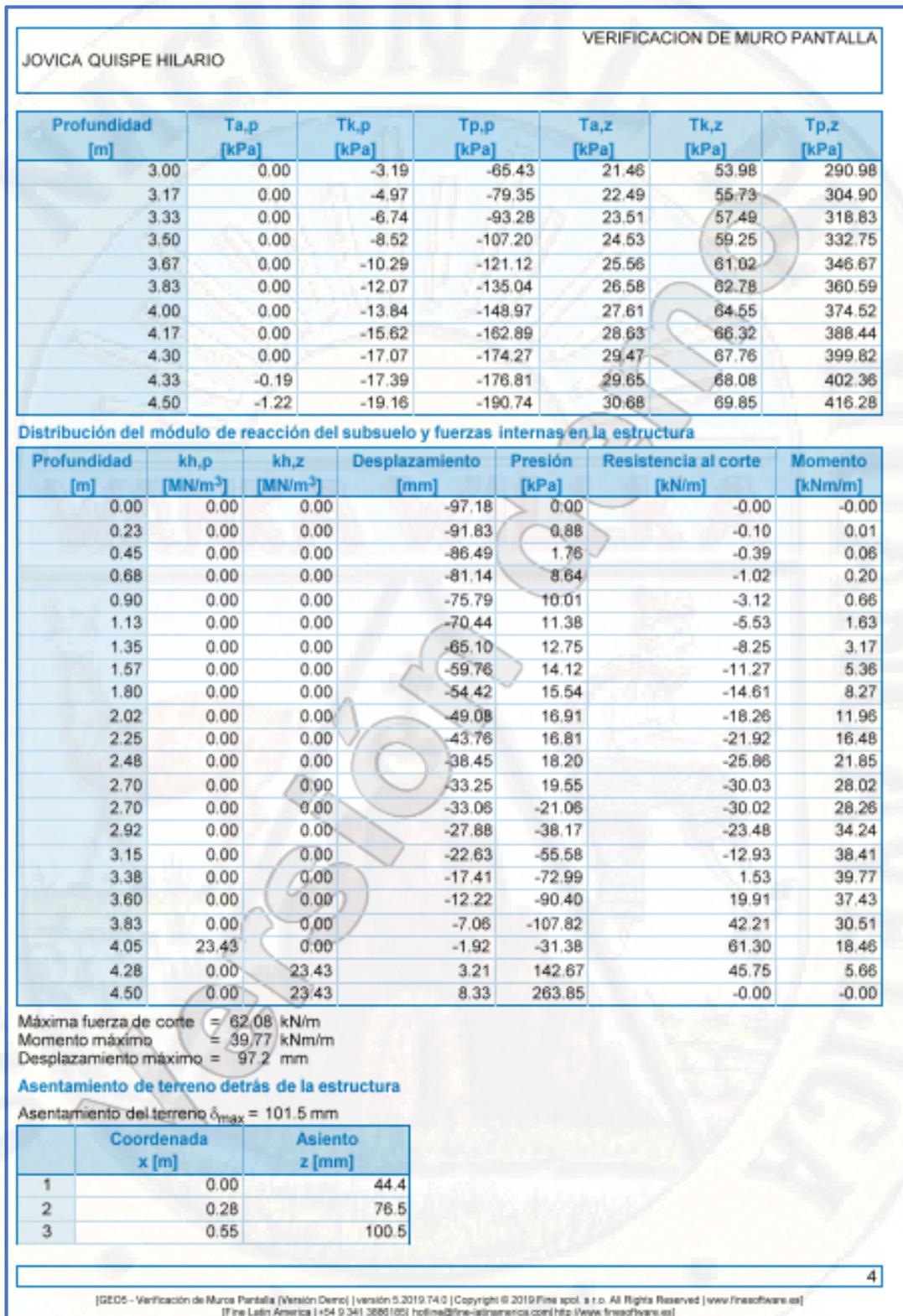


Figura 50. Verificación de estructura con anclaje hoja 4.

Fuente: Elaboración por los autores.

JOVICA QUISPE HILARIO	VERIFICACION DE MURO PANTALLA
-----------------------	-------------------------------

	Coordenada x [m]	Asiento z [mm]
4	0.83	116.4
5	1.10	124.1
6	1.38	123.7
7	1.65	115.2
8	1.93	98.8
9	2.21	73.9
10	2.48	41.0
11	2.76	0.0

**Entrada de datos (Etapas de construcción 2)**  
**Perfil geológico y suelos asignados**

Nro.	Espesor de capas t [m]	Profundidad z [m]	Suelo asignado	Trama
1	-	0.00 .. ∞	Grava arcillosa (GC)	

**Excavación**  
El suelo en el frente del muro está excavado a una profundidad de 2.70 m.

**Perfil de terreno**  
Detrás de la estructura el terreno es plano.

**Influencia del agua**  
El nivel freático está ubicado debajo de la estructura.

**Entrada de cargas de superficie**

Nro.	Sobrecarga nueva	Sobrecarga cambiar	Acción	Mag.1 [kN/m <sup>2</sup> ]	Mag.2 [kN/m <sup>2</sup> ]	Ord.x x [m]	Longitud l [m]	Profundidad z [m]
1	Si		Permanente	40.10		1.30	20.00	sobre el terreno
2	Si		Permanente	5.00		0.00	1.30	sobre el terreno

Nro.	Nombre
1	VIVIENDA
2	ACERA

**Entradas de anclajes**

Nro.	Nuevo Anclaje	Profundidad z [m]	Nombre	Pos-esfuerzo	Fuerza F [kN]
1	Si	0.90	ANCLAJE 1 (Definido por usuario)		341.50

**Lista de nuevos anclajes**  
**ANCLAJE 1 (Definido por usuario)**  
Tipo de anclaje : no especificado  
Conjunto de producción : Definido por usuario  
Profundidad : z = 0.90 m  
longitud libre : l = 5.00 m  
Longitud de la raíz : l<sub>k</sub> = 4.00 m  
Pendiente : α = 13.00 °  
Espaciado : b = 2.00 m

5

[GEOS - Verificación de Muro Pantalla (Versión Demo) | versión 5.2019.74.0 | Copyright © 2019 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.es]  
[Finé Latin America | +54 9 341 3880100 | hotline@fine-latinamerica.com | http://www.finesoftware.es]

Figura 51. Verificación de estructura con anclaje hoja 5.  
Fuente: Elaboración por los autores.

Diámetro:  $d_s = 25.00$  mm  
 Módulo de elasticidad:  $E = 210000.00$  MPa  
 Fuerza de tesado:  $F = 341.50$  kN

Configuraciones de la etapa de construcción

Situación de diseño: permanente

### Resultados del análisis (Etapa de construcción 2)

Distribución de presiones actuando en la estructura (enfrente y atrás del muro)

Profundidad [m]	Ta,p [kPa]	Tk,p [kPa]	Tp,p [kPa]	Ta,z [kPa]	Tk,z [kPa]	Tp,z [kPa]
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	40.37
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	40.38
0.03	0.00	0.00	0.00	0.10	1.62	42.50
0.17	0.00	0.00	0.00	0.65	10.58	54.29
0.33	0.00	0.00	0.00	1.30	18.03	68.22
0.50	0.00	0.00	0.00	1.95	24.78	82.14
0.66	0.00	0.00	0.00	2.58	30.02	95.70
0.67	0.00	0.00	0.00	8.59	30.16	96.06
0.83	0.00	0.00	0.00	9.61	32.51	109.98
1.00	0.00	0.00	0.00	10.62	33.92	123.91
1.17	0.00	0.00	0.00	11.64	35.41	137.83
1.33	0.00	0.00	0.00	12.65	36.96	151.75
1.50	0.00	0.00	0.00	13.67	38.56	165.67
1.60	0.00	0.00	0.00	14.29	39.58	174.27
1.60	0.00	0.00	0.00	14.34	39.58	174.27
1.67	0.00	0.00	0.00	14.73	40.21	179.60
1.83	0.00	0.00	0.00	15.74	41.88	193.52
2.00	0.00	0.00	0.00	16.76	43.57	207.44
2.03	0.00	0.00	0.00	16.94	43.88	209.99
2.03	0.00	0.00	0.00	15.48	43.88	209.99
2.17	0.00	0.00	0.00	16.30	45.28	221.37
2.33	0.00	0.00	0.00	17.32	47.00	235.29
2.50	0.00	0.00	0.00	18.35	48.74	249.21
2.67	0.00	0.00	0.00	19.37	50.48	263.13
2.70	0.00	0.00	0.00	19.58	50.83	265.92
2.70	0.00	-0.00	-40.38	19.62	50.83	265.93
2.83	0.00	-1.42	-51.51	20.44	52.22	277.06
3.00	0.00	-3.19	-65.43	21.46	53.98	290.98
3.17	0.00	-4.97	-79.35	22.49	55.73	304.90
3.33	0.00	-6.74	-93.28	23.51	57.49	318.83
3.50	0.00	-8.52	-107.20	24.53	59.25	332.75
3.67	0.00	-10.29	-121.12	25.56	61.02	346.67
3.83	0.00	-12.07	-135.04	26.58	62.78	360.59
4.00	0.00	-13.84	-148.97	27.61	64.55	374.52
4.17	0.00	-15.62	-162.89	28.63	66.32	388.44
4.30	0.00	-17.07	-174.27	29.47	67.76	399.82
4.33	-0.19	-17.39	-176.81	29.65	68.08	402.36
4.50	-1.22	-19.16	-190.74	30.68	69.85	416.28

Figura 52. Verificación de estructura con anclaje hoja 6.  
 Fuente: Elaboración por los autores.

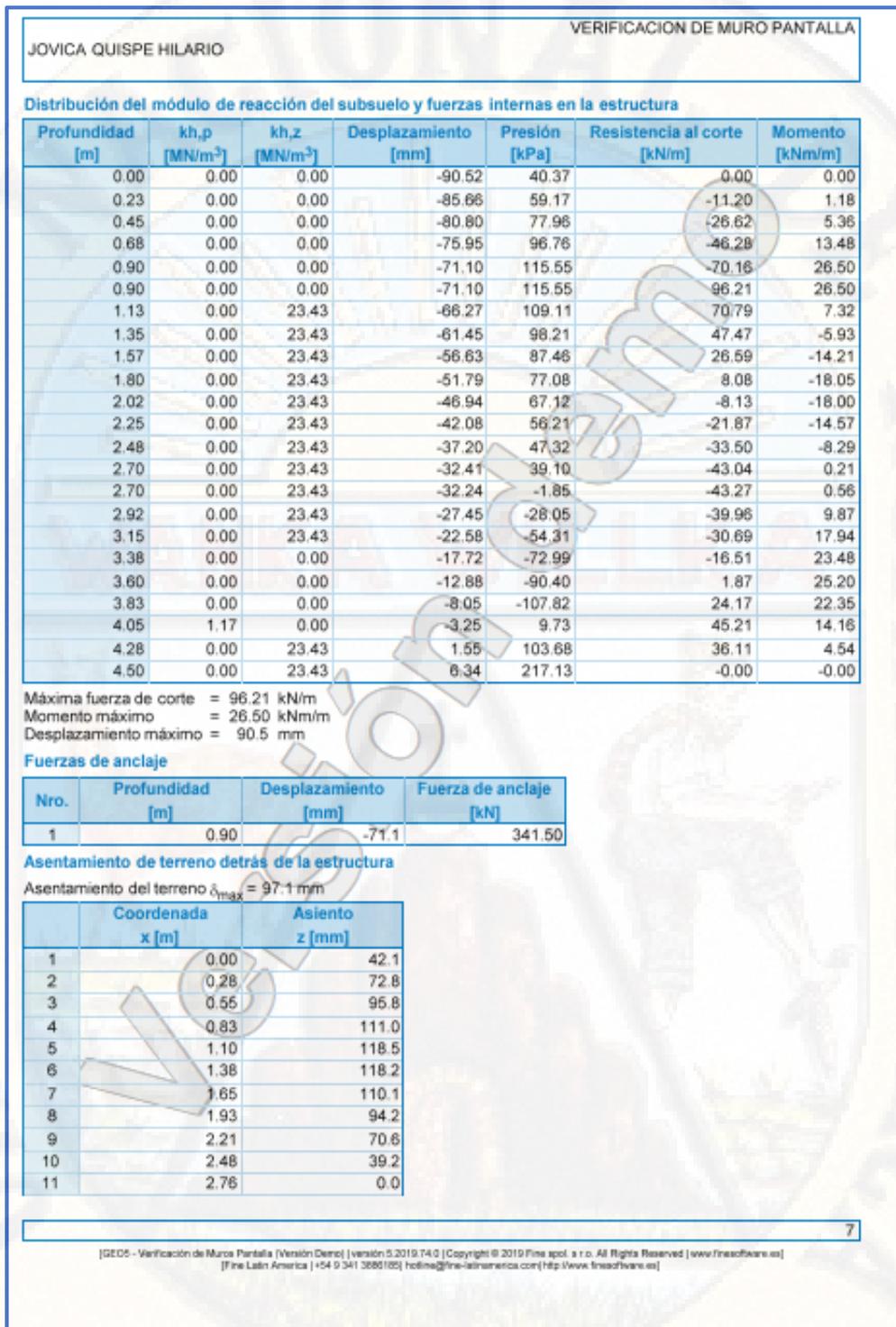


Figura 53. Verificación de estructura con anclaje hoja 7.  
 Fuente: Elaboración por los autores.

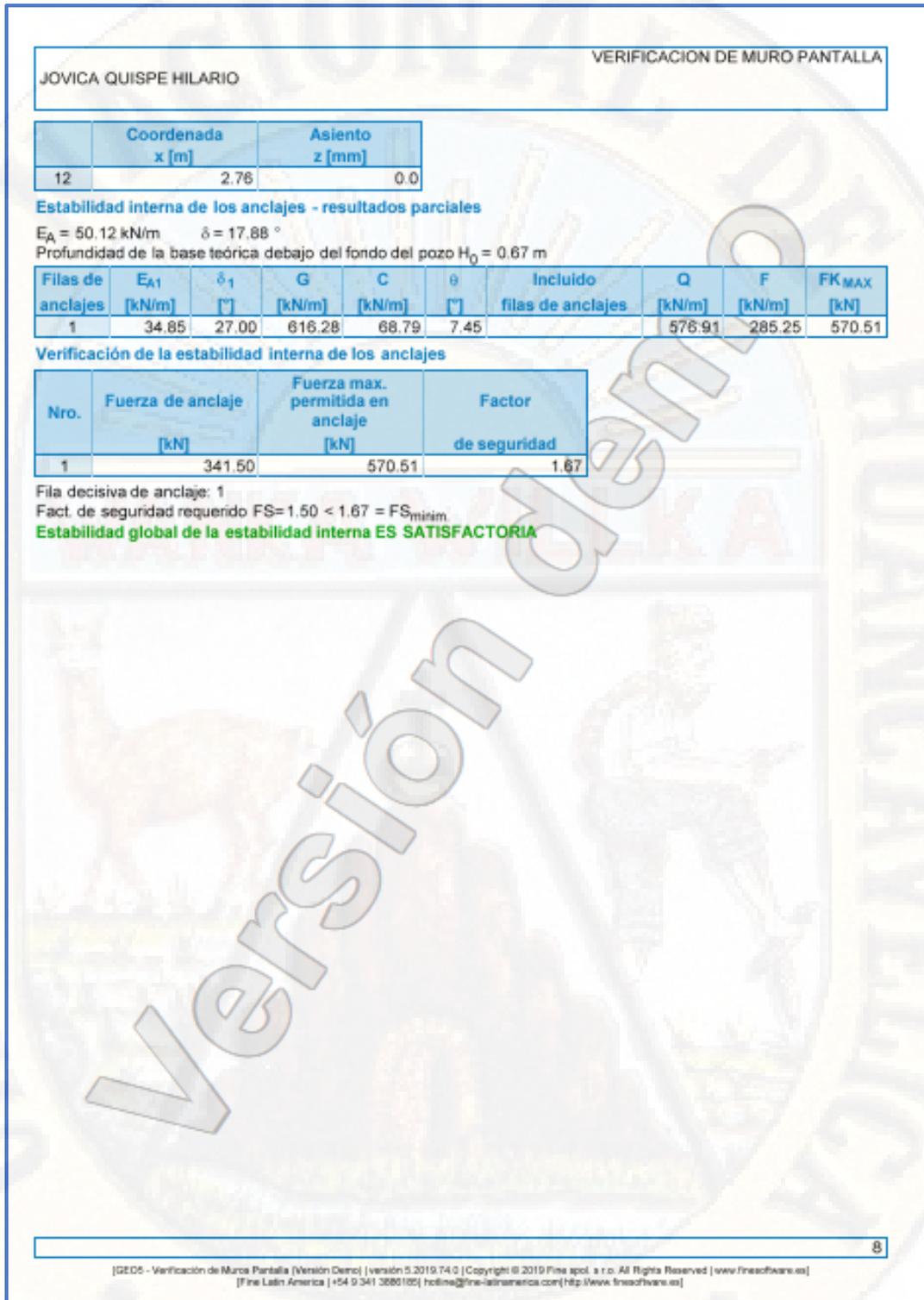


Figura 54. Verificación de estructura con anclaje hoja 8.  
 Fuente: Elaboración por los autores.

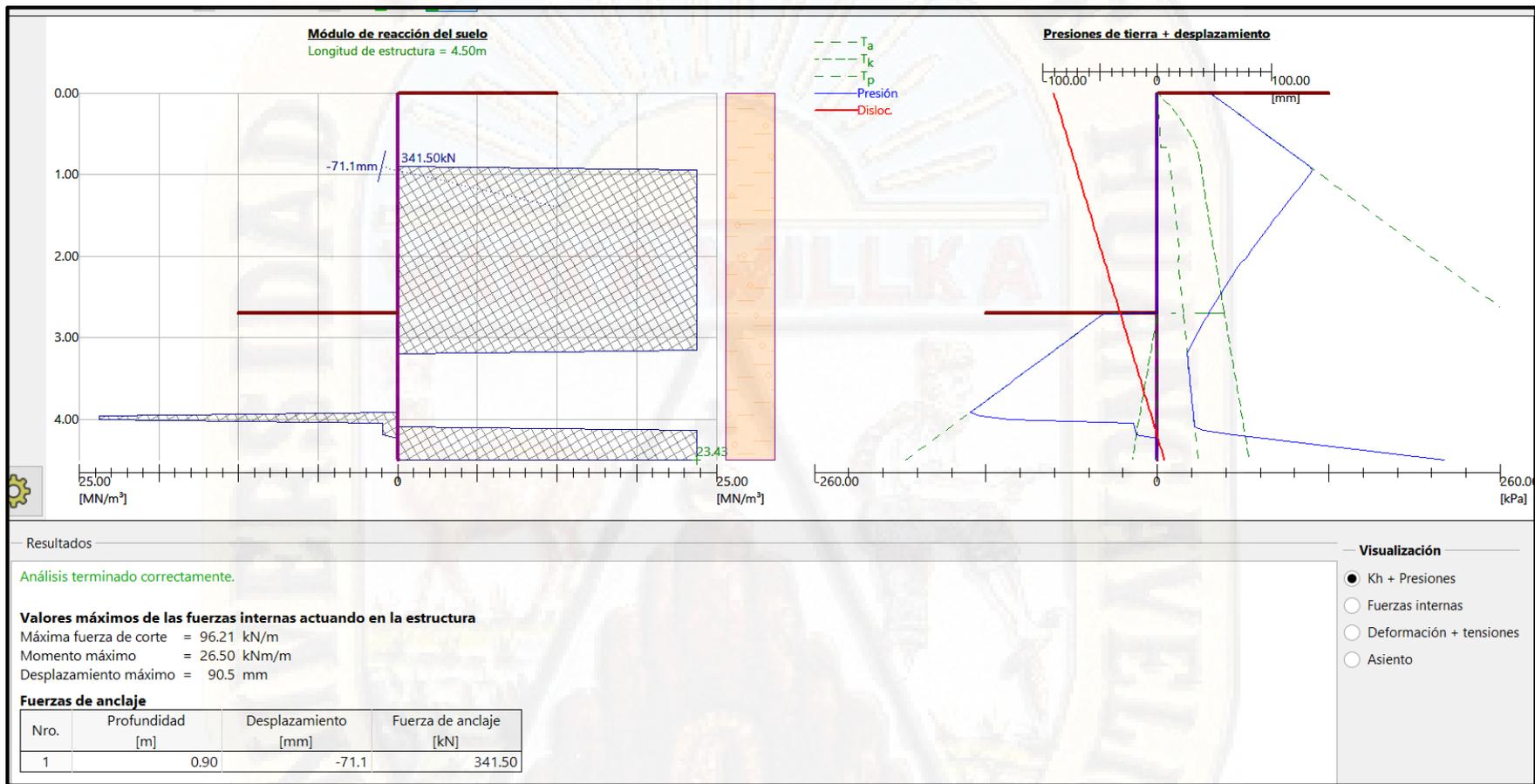


Figura 55. Diagrama de presiones con anclaje.  
 Fuente: Elaboración por los autores.

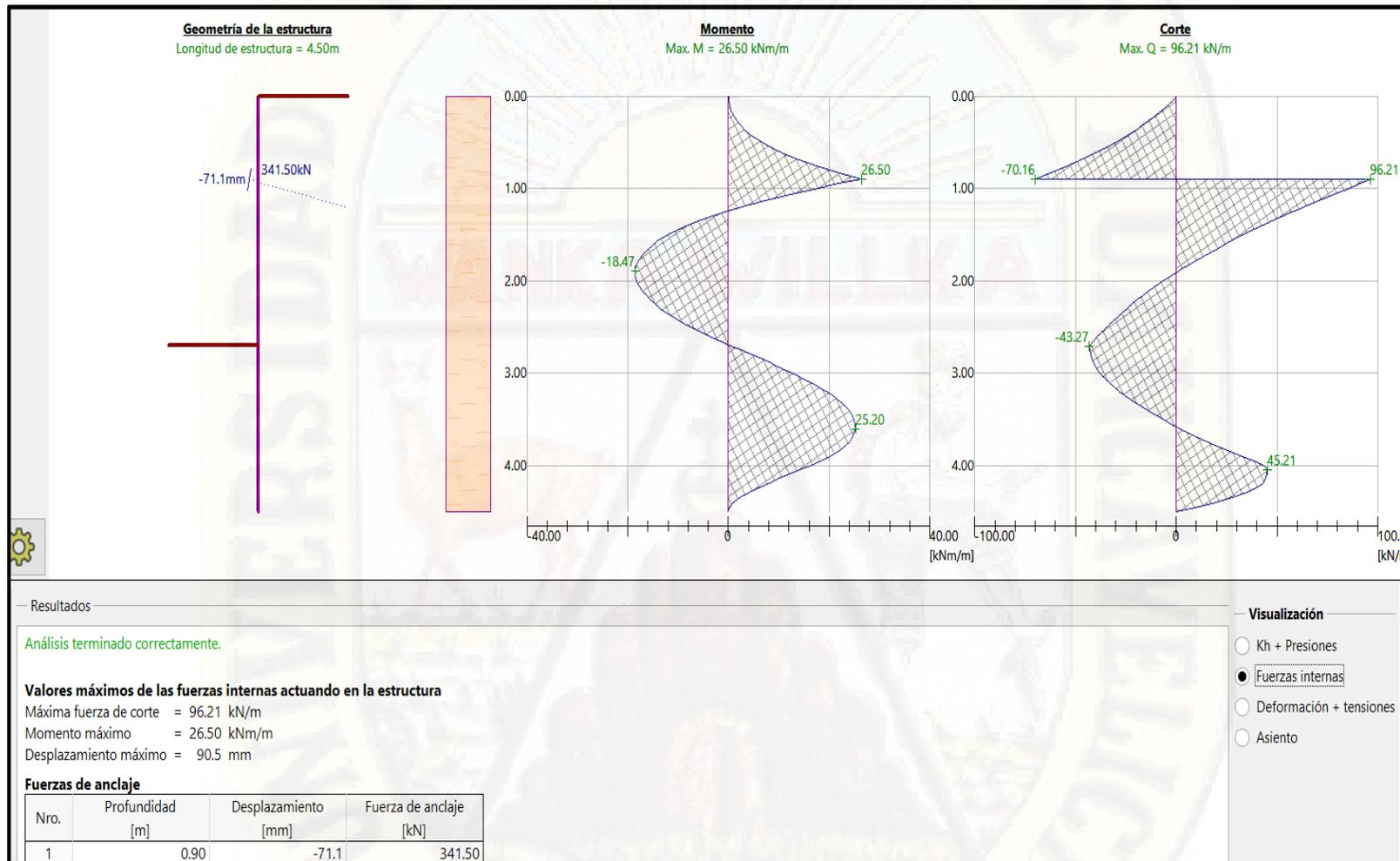


Figura 56. Diagrama de momentos con anclaje.  
Fuente: Elaboración por los autores.

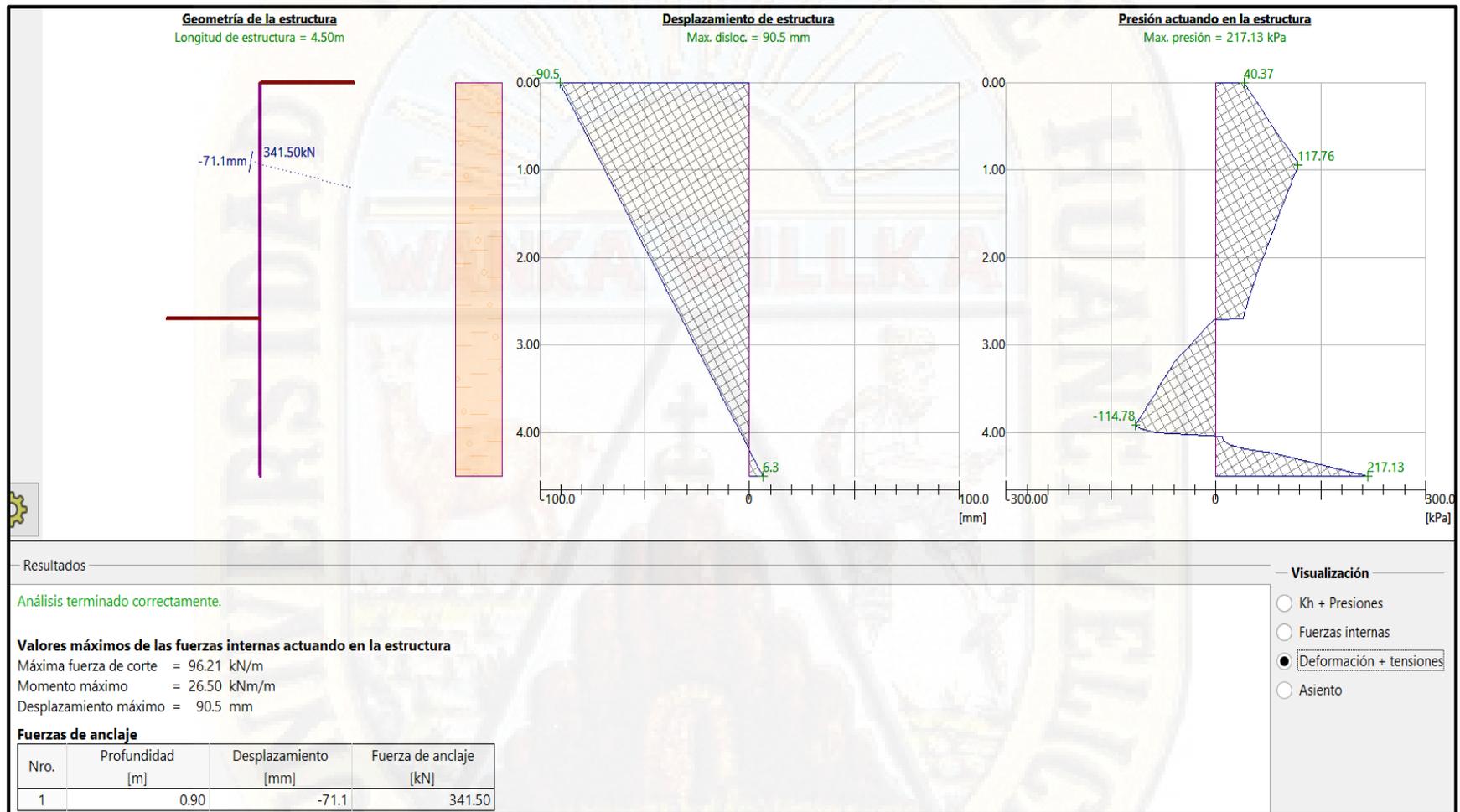


Figura 57. Diagrama de deformaciones y tensiones con anclaje.  
Fuente: Elaboración por los autores.

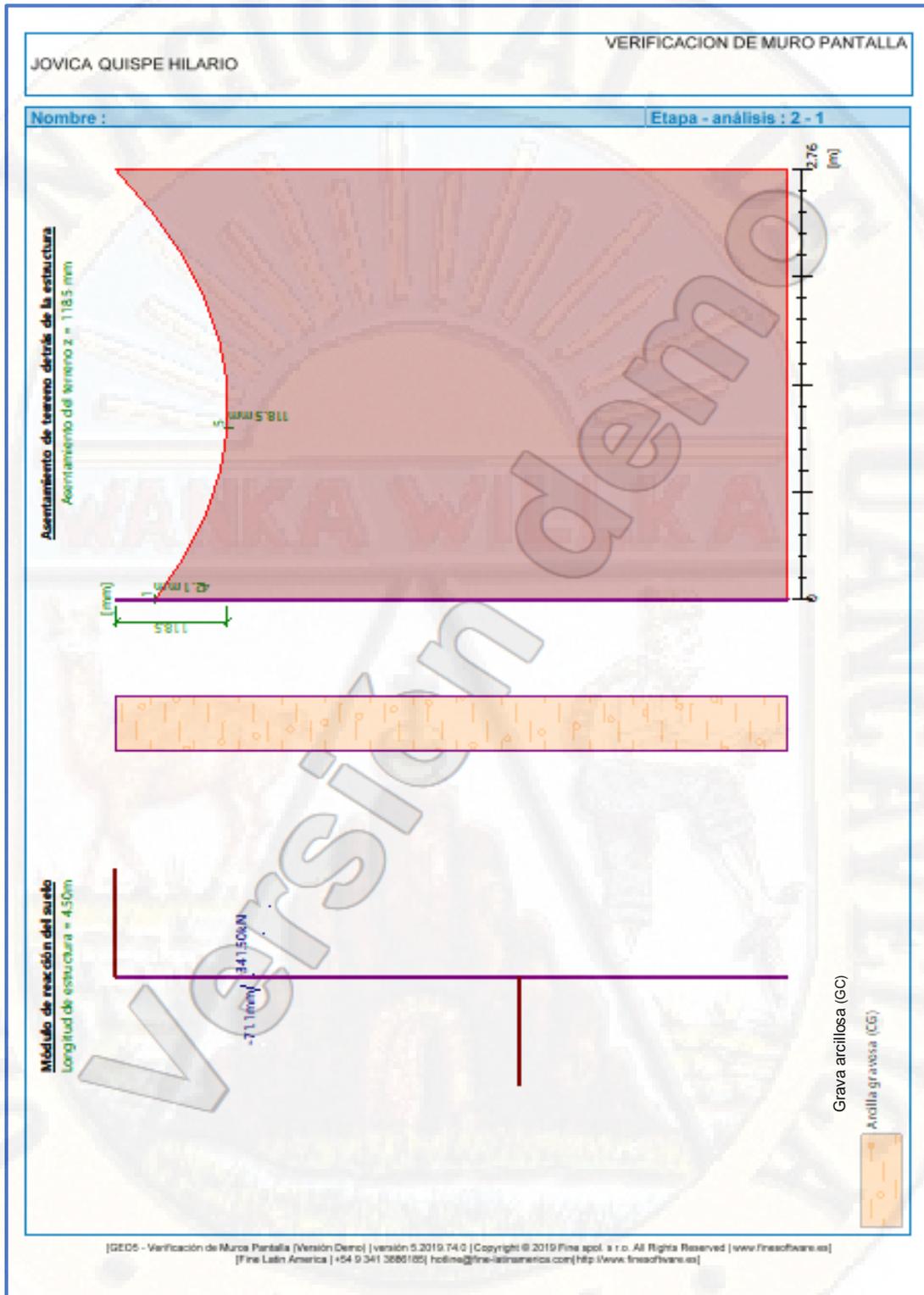


Figura 58. Asentamiento de la estructura con anclaje.  
Fuente: Elaboración por los autores.

Análisis terminado correctamente.

**Valores máximos de las fuerzas internas actuando en la estructura**

Máxima fuerza de corte = 96.21 kN/m

Momento máximo = 26.50 kNm/m

Desplazamiento máximo = 90.5 mm

**Fuerzas de anclaje**

Nro.	Profundidad [m]	Desplazamiento [mm]	Fuerza de anclaje [kN]
1	0.90	-71.1	341.50

**Asentamiento de terreno detrás de la estructura**

Asentamiento del terreno  $\delta_{\max} = 97.1$  mm

	Coordenada x [m]	Asiento z [mm]
1	0.00	42.1
2	0.28	72.8
3	0.55	95.8
4	0.83	111.0
5	1.10	118.5
6	1.38	118.2
7	1.65	110.1
8	1.93	94.2
9	2.21	70.6
10	2.48	39.2
11	2.76	0.0

Figura 59. Valores máximos de fuerzas internas.  
Fuente: Elaboración por los autores.

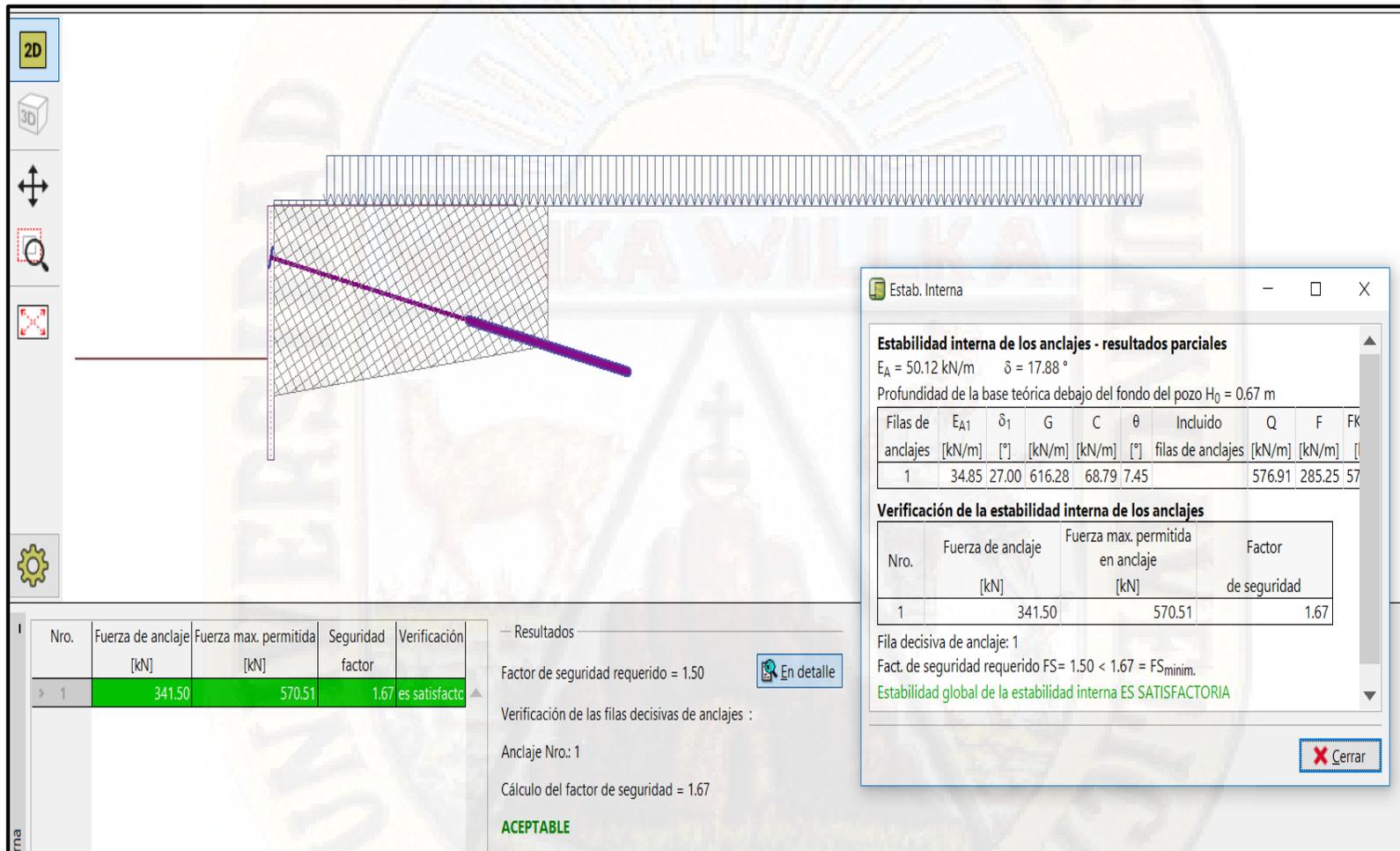
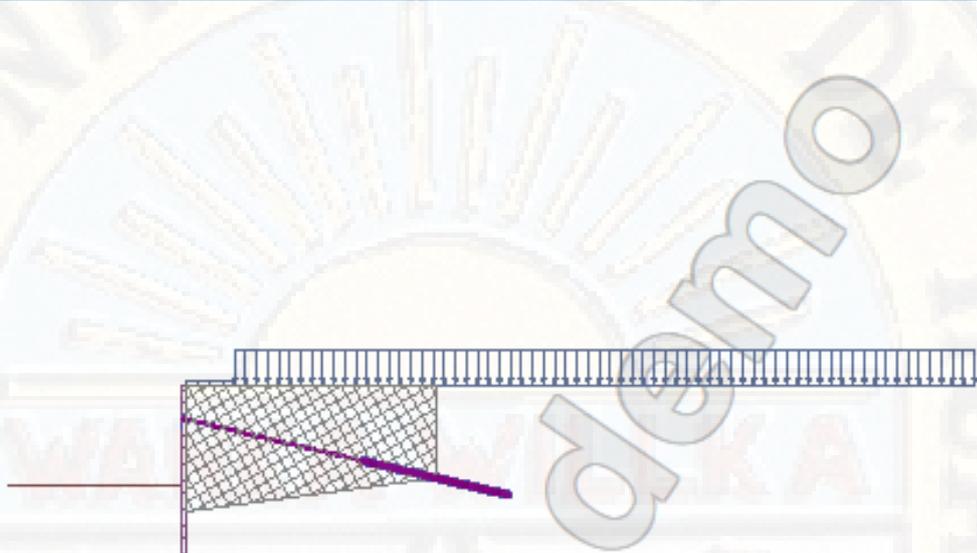


Figura 60. Estabilidad interna de los anclajes.  
 Fuente: Elaboración por los autores.

Nombre :

Etapa - análisis : 2 - -1



**Estabilidad interna de los anclajes - resultados parciales**

$E_A = 50.12 \text{ kN/m}$      $\delta = 17.88^\circ$

Profundidad de la base teórica debajo del fondo del pozo  $H_0 = 0.67 \text{ m}$

Filas de anclajes	$E_{A1}$ [kN/m]	$\delta_1$ [°]	G [kN/m]	C [kN/m]	$\theta$ [°]	Incluido filas de anclajes	Q [kN/m]	F [kN/m]	$FK_{MAX}$ [kN]
1	34.85	27.00	616.28	68.79	7.45		576.91	285.25	570.51

**Verificación de la estabilidad interna de los anclajes**

Nro.	Fuerza de anclaje [kN]	Fuerza max. permitida en anclaje [kN]	Factor de seguridad
1	341.50	570.51	1.67

Fila decisiva de anclaje: 1

Fact. de seguridad requerido  $FS = 1.50 < 1.67 = FS_{minim}$

**Estabilidad global de la estabilidad interna ES SATISFATORIA**

Figura 61. Estabilidad interna de los anclajes.  
Fuente: Elaboración por los autores.

**ANÁLISIS DE ESTABILIDAD GLOBAL DEL TALUD DEL SUELO A  
UNA PROFUNDIDAD DE Z=0.9 M MEDIANTE EL SOFTWARE GEO 5.**

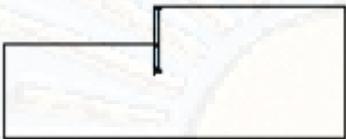
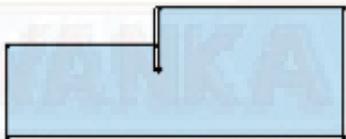
JOVICA QUISPE HILARIO		VERIFICACION DE MURO PANTALLA			
<b>Análisis de estabilidad de taludes</b>					
<b>Entrada de datos</b>					
Proyecto					
Configuración					
Estándar - Factor de seguridad					
<b>Análisis de estabilidad</b>					
Análisis sísmico : Estándar					
Metodología de verificación : Factores de seguridad (ASD)					
<b>Factores de seguridad</b>					
<b>Situación de diseño permanente</b>					
Factor de seguridad :		SF <sub>s</sub> = 1.50 [-]			
<b>Interfaz</b>					
Nro.	Ubicación de la Interfaz	Coordenadas de puntos de interfaz [m]			
		x	z	x	z
1		-11.25	-2.70	-0.30	-2.70
		0.00	0.00	13.50	0.00
2		-0.30	-2.70	-0.30	-4.50
		0.00	0.00	0.00	-4.50
<b>Parámetros de suelo - Estado de tensión efectiva</b>					
Nro.	Nombre	Trama	φ <sub>ef</sub> [°]	c <sub>ef</sub> [kPa]	γ [kN/m <sup>3</sup> ]
1	Grava arcillosa (GC)		27.00	10.00	19.50
<b>Parámetros de suelo - subpresión</b>					
Nro.	Nombre	Trama	γ <sub>sat</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	γ <sub>s</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	n [-]
1	Grava arcillosa (GC)		19.50		
<b>Datos del suelo</b>					
Peso unitario :	γ = 19.50 kN/m <sup>3</sup>				
Estado de tensión :	efectivo				
Ángulo de fricción interna :	φ <sub>ef</sub> = 27.00 °				
Cohesión de suelo :	c <sub>ef</sub> = 10.00 kPa				
Peso unitario de suelo saturado :	γ <sub>sat</sub> = 19.50 kN/m <sup>3</sup>				
1					
[GEO5 - Verificación de Muros Pantalla (Versión Demo)   versión 5.2019.74.0   Copyright © 2019 Fina spol. s r.o. All Rights Reserved   www.fina-software.es] [Fina Latin America   +54 9 341 3595185   hotline@fina-latnamerica.com   http://www.fina-software.es]					

Figura 62. Estabilidad global hoja 1.  
Fuente: Elaboración por los autores.

**Cuerpos rígidos**

Nro.	Nombre	Patrón	Y [kN/m <sup>3</sup> ]
1	Material de muro		23.00

**Asignación y superficies**

Nro.	Posición de superficie	Coordenadas de puntos de superficie [m]				Asignado suelo
		x	z	x	z	
1		-0.30	-4.50	0.00	-4.50	Material de muro 
		0.00	0.00	-0.30	0.00	
		-0.30	-2.70			
2		0.00	-4.50	-0.30	-4.50	Grava arcillosa (GC) 
		-0.30	-2.70	-11.25	-2.70	
		-11.25	-9.50	13.50	-9.50	
		13.50	0.00	0.00	0.00	

**Anclajes**

Nro.	Punto de inicio		longitud libre l [m]	Longitud de la raíz: l <sub>k</sub> [m]	Pendiente α [°]	Separación de anclajes b [m]	Fuerza de tesado F [kN]
	x [m]	z [m]					
1	-0.30	-0.90	5.00	4.00	13.00	2.00	341.50

**Sobrecarga**

Nro.	Tipo	Tipo de acción	Ubicación z [m]	Origen x [m]	Longitud l [m]	Ancho b [m]	Pendiente α [°]	Magnitud	
								q, q <sub>s</sub> , f, F	q <sub>s</sub> unidad
1	Franja	Permanente	sobre el terreno	x = -1.30	l = 20.00		0.00	40.10	kN/m <sup>2</sup>
2	Franja	Permanente	sobre el terreno	x = 0.00	l = 1.30		0.00	5.00	kN/m <sup>2</sup>

**Sobrecargas**

Nro.	Nombre
1	VIVIENDA
2	ACERA

**Agua**

Tipo de agua : Sin presencia de agua

**Grieta de tracción**

No se ha introducido la grieta de tracción.

**Sismo**

Sismo no incluido.

**Configuraciones de la etapa de construcción**

Situación de diseño : permanente

**Resultados (Etapa de construcción 1)**

**Análisis 1**

**Superficie de deslizamiento circular**

Figura 63. Estabilidad global hoja 2.  
Fuente: Elaboración por los autores.

JOVICA QUISPE HILARIO		VERIFICACION DE MURO PANTALLA	
<b>Datos de la superficie de deslizamiento</b>			
Centro :	x = -0.86 [m]	Ángulos :	$\alpha_1 = -50.99 [^\circ]$
	z = 0.51 [m]		$\alpha_2 = 84.26 [^\circ]$
Radio :	R = 5.10 [m]		
La superficie de deslizamiento después de la optimización.			
<b>Verificación de estabilidad de taludes (Bishop)</b>			
Suma de fuerzas activas : $F_a = 194.01$ kN/m			
Suma de fuerzas pasivas : $F_p = 482.11$ kN/m			
Momento de deslizamiento : $M_d = 989.44$ kNm/m			
Momento estabilizador : $M_e = 2458.75$ kNm/m			
Factor de seguridad = 2.49 > 1.50			
<b>Estabilidad del talud ACEPTABLE</b>			
			3
[GE05 - Verificación de Muros Pantalla (Versión Demo)   versión 5.2019.74.0   Copyright © 2019 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved   www.finesoftware.es] [Fine Latin America   +54 9 341 3880185 hotline@fine-latnamerica.com  http://www.finesoftware.es]			

Figura 64. Estabilidad global hoja 3.  
Fuente: Elaboración por los autores.

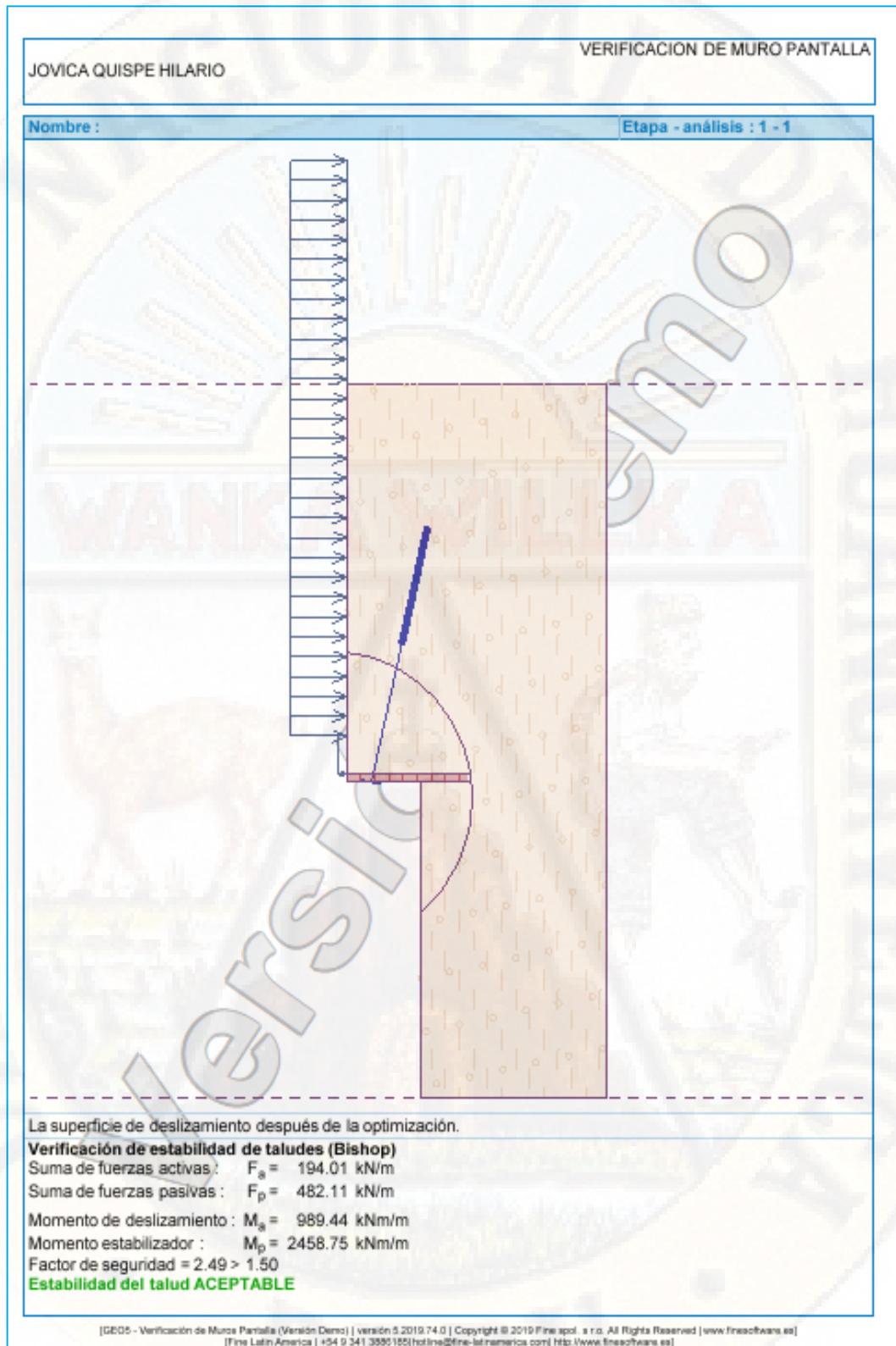


Figura 65. Estabilidad global del talud del suelo.  
 Fuente: Elaboración por los autores.

## VERIFICACIÓN DE MURO PANTALLA A UNA PROFUNDIDAD DE Z=1.10 M MEDIANTE EL SOFTWARE GEO 5.

JOVICA QUISPE HILARIO
VERIFICACION DE MURO PANTALLA

---

### Verificación de estructuras pantalla

#### Entrada de datos

**Proyecto**

Tarea : VERIFICACION DE MURO PANTALLA  
 Descripción : TESIS DE INYECCION DE ANCLAJE AL MURO DE CONCRETO PARA LA CONSERVACION  
 Cliente : UNH - ING. CIVIL  
 Autor : JOVICA QUISPE HILARIO  
 Fecha : 09/11/2019  
 Número de proyecto : 02- SEGUNDA VERIFICACIÓN

**Configuración**

Estándar - Factor de seguridad

**Materiales y estándares**

Estructuras de hormigón : EN 1992-1-1 (EC2)  
 Coeficientes EN 1992-1-1 : Estándar  
 Estructuras de acero : EN 1993-1-1 (EC3)  
 Factor parcial en capacidad portante de sección transversal de acero :  $\gamma_{M0} = 1.00$   
 Estructuras de madera : EN 1995-1-1 (EC5)  
 Factor parcial para propiedades de madera :  $\gamma_M = 1.30$   
 Modif. factor de duración de la carga y contenido de humedad :  $k_{mod} = 0.50$   
 Coeficiente de ancho efectivo para el esfuerzo de corte :  $k_{cr} = 0.67$

**Análisis de presión**

Cálculo de la presión activa de la tierra : Coulomb  
 Cálculo de la presión pasiva de la tierra : Caquot-Kerisel  
 Configuración : presiones dependientes  
 Análisis sísmico : Mononobe-Okabe  
 Módulo de reacción del suelo : Por defecto  
 Reducción del módulo de reacción del suelo por lámina reforzada  
 Asiento : método parabólico  
 Metodología de verificación : Factores de seguridad (ASD)

Factores de seguridad		
Situación de diseño permanente		
Factor de seguridad para la estabilidad interna del anclajes :	$SF_a =$	1.50 [-]

**Anclajes**

Metodología de verificación : Factores de seguridad (ASD)

Factores de seguridad		
Factor de seguridad de la fuerza de acero :	$SF_f =$	1.50 [-]
Factor de seguridad de la resistencia a la extracción (suelo) :	$SF_e =$	1.50 [-]
Factor de seguridad de la resistencia a la extracción (lechada) :	$SF_c =$	1.50 [-]

**Geometría de la estructura**

Longitud de estructura = 4.50 m

Nombre Sec. Trans : Muro rectangular RC h = 0.30 m  
 Área de la sección transversal A = 3.00E-01 m<sup>2</sup>/m  
 Momento de inercia I = 2.25E-03 m<sup>4</sup>/m  
 Módulo Elástico E = 30000.00 MPa  
 Módulo de corte G = 12500.00 MPa

**Material de la estructura**

Análisis de estructuras de hormigón según los estándares EN 1992-1-1 (EC2).

**Hormigón: C 20/25**

1

[GEO5 - Verificación de Muro Pantalla (Versión Demo) | versión 5.2019.74.0 | Copyright © 2019 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.fine-software.es]  
 [Fine Latin America | +54 9 341 3880185 | hotline@fine-latinamerica.com | http://www.fine-software.es]

Figura 66. Verificación de estructura con anclaje hoja 1.  
Fuente: Elaboración por los autores.

JOVICA QUISPE HILARIO		VERIFICACION DE MURO PANTALLA					
Resistencia de compresión (prob. cilíndrica)	$f_{ck} =$	20.00					
Fuerza tensora	$f_{ctm} =$	2.20					
Módulo de elasticidad	$E_{cm} =$	30000.00					
Módulo de corte	$G =$	12500.00					
<b>Acero longitudinal : B500</b>							
Tensión de fluencia	$f_{yk} =$	500.00					
<b>Proyección de acero: B500</b>							
Tensión de fluencia	$f_{yk} =$	500.00					
<b>Módulo de reacción</b>							
El módulo de reacción del subsuelo se calcula por el método Schmitt.							
<b>Datos básicos del suelo</b>							
Nro.	Nombre	Trama	$\varphi_{ef}$ [°]	$c_{ef}$ [kPa]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_{su}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\delta$ [°]
1	Grava arcillosa (GC)		27.00	10.00	19.50	9.50	18.00
Todos los suelos son considerados como granulares para el análisis de la presión en reposo.							
<b>Parámetros de suelos para calcular el módulo de reacción del suelo (Schmitt)</b>							
Nro.	Nombre	Trama	$\nu$ [-]	$E_{oed}$ [MPa]	$E_{def}$ [MPa]		
1	Grava arcillosa (GC)		0.35	17.50	-		
<b>Datos del suelo</b>							
Peso unitario :	$\gamma =$	19.50	kN/m <sup>3</sup>				
Estado de tensión :	efectivo						
Ángulo de fricción interna :	$\varphi_{ef} =$	27.00	°				
Cohesión de suelo :	$c_{ef} =$	10.00	kPa				
Ángulo de fricción estructura-suelo :	$\delta =$	18.00	°				
Suelo :	granular						
Módulo edométrico :	$E_{oed} =$	17.50	MPa				
Peso unitario de suelo saturado :	$\gamma_{sat} =$	19.50	kN/m <sup>3</sup>				
<b>Perfil geológico y suelos asignados</b>							
Nro.	Espesor de capas t [m]	Profundidad z [m]	Suelo asignado				Trama
1	-	0.00 - ∞	Grava arcillosa (GC)				
<b>Excavación</b>							
El suelo en el frente del muro está excavado a una profundidad de 2.70 m.							
<b>Perfil de terreno</b>							
Detrás de la estructura el terreno es plano.							
<b>Influencia del agua</b>							
El nivel freático está ubicado debajo de la estructura.							
						2	

Figura 67. Verificación de estructura con anclaje hoja 2.

Fuente: Elaboración por los autores.

**Entrada de cargas de superficie**

Nro.	Sobrecarga		Acción	Mag.1 [kN/m <sup>2</sup> ]	Mag.2 [kN/m <sup>2</sup> ]	Ord.x x [m]	Longitud l [m]	Profundidad z [m]
	nueva	cambiar						
1	Si		Permanente	40.10		1.30	20.00	sobre el terreno
2	Si		Permanente	5.00		0.00	1.30	sobre el terreno

Nro.	Nombre
1	VIVIENDA
2	ACERA

**Configuraciones generales**

Número de EFs para discretizar muros = 100

La presión mínima de dimensionado se considera como  $\sigma_{a,min} = 0.20\sigma_z$

**Configuraciones de la etapa de construcción**

Situación de diseño : permanente

**Resultados del análisis (Etapa de construcción 1)**

Distribución de presiones actuando en la estructura (enfrente y atrás del muro)

Profundidad [m]	Ta,p [kPa]	Tk,p [kPa]	Tp,p [kPa]	Ta,z [kPa]	Tk,z [kPa]	Tp,z [kPa]
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	40.37
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	40.38
0.03	0.00	0.00	0.00	0.10	1.62	42.50
0.17	0.00	0.00	0.00	0.65	10.58	54.29
0.33	0.00	0.00	0.00	1.30	18.03	68.22
0.50	0.00	0.00	0.00	1.95	24.78	82.14
0.66	0.00	0.00	0.00	2.58	30.02	95.70
0.67	0.00	0.00	0.00	8.59	30.16	96.06
0.83	0.00	0.00	0.00	9.61	32.51	109.98
1.00	0.00	0.00	0.00	10.62	33.92	123.91
1.17	0.00	0.00	0.00	11.64	35.41	137.83
1.33	0.00	0.00	0.00	12.65	36.96	151.75
1.50	0.00	0.00	0.00	13.67	38.56	165.67
1.60	0.00	0.00	0.00	14.29	39.58	174.27
1.60	0.00	0.00	0.00	14.34	39.58	174.27
1.67	0.00	0.00	0.00	14.73	40.21	179.60
1.83	0.00	0.00	0.00	15.74	41.88	193.52
2.00	0.00	0.00	0.00	16.76	43.57	207.44
2.03	0.00	0.00	0.00	16.94	43.88	209.99
2.03	0.00	0.00	0.00	15.46	43.88	209.99
2.17	0.00	0.00	0.00	16.30	45.28	221.37
2.33	0.00	0.00	0.00	17.32	47.00	235.29
2.50	0.00	0.00	0.00	18.35	48.74	249.21
2.67	0.00	0.00	0.00	19.37	50.48	263.13
2.70	0.00	0.00	0.00	19.58	50.83	265.92
2.70	0.00	-0.00	-40.38	19.62	50.83	265.93
2.83	0.00	-1.42	-51.51	20.44	52.22	277.06

Figura 68. Verificación de estructura con anclaje hoja 3.  
Fuente: Elaboración por los autores.

Profundidad [m]	Ta,p [kPa]	Tk,p [kPa]	Tp,p [kPa]	Ta,z [kPa]	Tk,z [kPa]	Tp,z [kPa]
3.00	0.00	-3.19	-65.43	21.46	53.98	290.98
3.17	0.00	-4.97	-79.35	22.49	55.73	304.90
3.33	0.00	-6.74	-93.28	23.51	57.49	318.83
3.50	0.00	-8.52	-107.20	24.53	59.25	332.75
3.67	0.00	-10.29	-121.12	25.56	61.02	346.67
3.83	0.00	-12.07	-135.04	26.58	62.78	360.59
4.00	0.00	-13.84	-148.97	27.61	64.55	374.52
4.17	0.00	-15.62	-162.89	28.63	66.32	388.44
4.30	0.00	-17.07	-174.27	29.47	67.76	399.82
4.33	-0.19	-17.39	-176.81	29.65	68.08	402.36
4.50	-1.22	-19.16	-190.74	30.68	69.85	416.28

## Distribución del módulo de reacción del subsuelo y fuerzas internas en la estructura

Profundidad [m]	kh,p [MN/m <sup>3</sup> ]	kh,z [MN/m <sup>3</sup> ]	Desplazamiento [mm]	Presión [kPa]	Resistencia al corte [kN/m]	Momento [kNm/m]
0.00	0.00	0.00	-97.18	0.00	-0.00	-0.00
0.23	0.00	0.00	-91.83	0.88	-0.10	0.01
0.45	0.00	0.00	-86.49	1.76	-0.39	0.06
0.68	0.00	0.00	-81.14	2.64	-1.02	0.20
0.90	0.00	0.00	-75.79	3.52	-1.71	0.42
1.13	0.00	0.00	-70.44	4.40	-2.40	0.63
1.35	0.00	0.00	-65.10	5.28	-3.10	0.85
1.57	0.00	0.00	-59.76	6.16	-3.80	1.06
1.80	0.00	0.00	-54.42	7.04	-4.50	1.28
2.02	0.00	0.00	-49.08	7.92	-5.20	1.50
2.25	0.00	0.00	-43.76	8.80	-5.90	1.71
2.48	0.00	0.00	-38.45	9.68	-6.60	1.93
2.70	0.00	0.00	-33.25	10.56	-7.30	2.14
2.70	0.00	0.00	-33.06	-21.06	-30.02	28.26
2.92	0.00	0.00	-27.88	-38.17	-23.48	34.24
3.15	0.00	0.00	-22.63	-55.58	-12.93	38.41
3.38	0.00	0.00	-17.41	-72.99	1.53	39.77
3.60	0.00	0.00	-12.22	-90.40	19.91	37.43
3.83	0.00	0.00	-7.06	-107.82	42.21	30.51
4.05	23.43	0.00	-1.92	-31.38	61.30	18.46
4.28	0.00	23.43	3.21	142.67	45.75	5.66
4.50	0.00	23.43	8.33	263.85	-0.00	-0.00

Máxima fuerza de corte = 62.08 kN/m

Momento máximo = 39.77 kNm/m

Desplazamiento máximo = 97.2 mm

## Asentamiento de terreno detrás de la estructura

Asentamiento del terreno  $\delta_{max} = 101.5$  mm

	Coordenada x [m]	Asiento z [mm]
1	0.00	44.4
2	0.28	76.5
3	0.55	100.5

Figura 69. Verificación de estructura con anclaje hoja 4.  
Fuente: Elaboración por los autores.

JOVICA QUISPE HILARIO		VERIFICACION DE MURO PANTALLA	
	<b>Coordenada x [m]</b>	<b>Asiento z [mm]</b>	
4	0.83	116.4	
5	1.10	124.1	
6	1.38	123.7	
7	1.65	115.2	
8	1.93	98.6	
9	2.21	73.9	
10	2.48	41.0	
11	2.76	0.0	

**Entrada de datos (Etapa de construcción 2)**

**Perfil geológico y suelos asignados**

Nro.	Espesor de capas t [m]	Profundidad z [m]	Suelo asignado	Trama
1	-	0.00 .. ∞	Grava arcillosa (GC)	

**Excavación**  
El suelo en el frente del muro está excavado a una profundidad de 2.70 m.

**Perfil de terreno**  
Detrás de la estructura el terreno es plano.

**Influencia del agua**  
El nivel freático está ubicado debajo de la estructura.

**Entrada de cargas de superficie**

Nro.	Sobrecarga		Acción	Mag.1 [kN/m <sup>2</sup> ]	Mag.2 [kN/m <sup>2</sup> ]	Ord.x x [m]	Longitud l [m]	Profundidad z [m]
	nueva	cambiar						
1	Si		Permanente	40.10		1.30	20.00	sobre el terreno
2	Si		Permanente	5.00		0.00	1.30	sobre el terreno

Nro.	Nombre
1	VIVIENDA
2	ACERA

**Entradas de anclajes**

Nro.	Nuevo Anclaje	Profundidad z [m]	Nombre	Pos-esfuerzo	Fuerza F [kN]
1	Si	1.10	ANCLAJE 1 (Definido por usuario)		341.50

**Lista de nuevos anclajes**

**ANCLAJE 1 (Definido por usuario)**  
 Tipo de anclaje : no especificado  
 Conjunto de producción : Definido por usuario  
 Profundidad : z = 1.10 m  
 longitud libre : l = 5.00 m  
 Longitud de la raíz : l<sub>r</sub> = 4.00 m  
 Pendiente : α = 13.00 °  
 Espaciado : b = 2.00 m

5

[GEOS - Verificación de Muro Pantalla (Versión Demo) | versión 5.2019.74.0 | Copyright © 2019 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.es]  
 [Fine Latin America | +54 9 341 3886185 | hotline@fine-latinamerica.com | http://www.finesoftware.es]

Figura 70. Verificación de estructura con anclaje hoja 5.  
Fuente: Elaboración por los autores.

JOVICA QUISPE HILARIO

VERIFICACION DE MURO PANTALLA

Diámetro:  $d_s = 25.00$  mm  
 Módulo de elasticidad:  $E = 210000.00$  MPa  
 Fuerza de tesado:  $F = 341.50$  kN

Configuraciones de la etapa de construcción

Situación de diseño: permanente

### Resultados del análisis (Etapa de construcción 2)

Distribución de presiones actuando en la estructura (enfrente y atrás del muro)

Profundidad [m]	Ta,p [kPa]	Tk,p [kPa]	Tp,p [kPa]	Ta,z [kPa]	Tk,z [kPa]	Tp,z [kPa]
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	40.37
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	40.38
0.03	0.00	0.00	0.00	0.10	1.62	42.50
0.17	0.00	0.00	0.00	0.65	10.58	54.29
0.33	0.00	0.00	0.00	1.30	18.03	68.22
0.50	0.00	0.00	0.00	1.95	24.78	82.14
0.66	0.00	0.00	0.00	2.58	30.02	95.70
0.67	0.00	0.00	0.00	8.59	30.16	96.08
0.83	0.00	0.00	0.00	9.61	32.51	109.98
1.00	0.00	0.00	0.00	10.62	33.92	123.91
1.17	0.00	0.00	0.00	11.64	35.41	137.83
1.33	0.00	0.00	0.00	12.65	36.96	151.75
1.50	0.00	0.00	0.00	13.67	38.56	165.67
1.60	0.00	0.00	0.00	14.29	39.58	174.27
1.60	0.00	0.00	0.00	14.34	39.58	174.27
1.67	0.00	0.00	0.00	14.73	40.21	179.60
1.83	0.00	0.00	0.00	15.74	41.88	193.52
2.00	0.00	0.00	0.00	16.76	43.57	207.44
2.03	0.00	0.00	0.00	16.94	43.88	209.99
2.03	0.00	0.00	0.00	15.46	43.88	209.99
2.17	0.00	0.00	0.00	16.30	45.28	221.37
2.33	0.00	0.00	0.00	17.32	47.00	235.29
2.50	0.00	0.00	0.00	18.35	48.74	249.21
2.67	0.00	0.00	0.00	19.37	50.48	263.13
2.70	0.00	0.00	0.00	19.58	50.83	265.92
2.70	0.00	-0.00	-40.38	19.62	50.83	265.93
2.83	0.00	-1.42	-51.51	20.44	52.22	277.06
3.00	0.00	-3.19	-65.43	21.46	53.98	290.98
3.17	0.00	-4.97	-79.35	22.49	55.73	304.90
3.33	0.00	-6.74	-93.28	23.51	57.49	318.83
3.50	0.00	-8.52	-107.20	24.53	59.25	332.75
3.67	0.00	-10.29	-121.12	25.56	61.02	346.67
3.83	0.00	-12.07	-135.04	26.58	62.78	360.59
4.00	0.00	-13.84	-148.97	27.61	64.55	374.52
4.17	0.00	-15.62	-162.89	28.63	66.32	388.44
4.30	0.00	-17.07	-174.27	29.47	67.76	399.82
4.33	-0.19	-17.39	-176.81	29.65	68.08	402.36
4.50	-1.22	-19.16	-190.74	30.68	69.85	416.28

6

[GEO5 - Verificación de Muros Pantalla (Versión Demo) | versión 5.2019.74.0 | Copyright © 2019 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoft.com] [Fine Latin America | +54 9 341 3880100 | hollina@fine-latinamerica.com | http://www.finesoft.com]

Figura 71. Verificación de estructura con anclaje hoja 6.

Fuente: Elaboración por los autores.

VERIFICACION DE MURO PANTALLA

JOVICA QUISPE HILARIO

Distribución del módulo de reacción del subsuelo y fuerzas internas en la estructura

Profundidad [m]	kh,p [MN/m <sup>3</sup> ]	kh,z [MN/m <sup>3</sup> ]	Desplazamiento [mm]	Presión [kPa]	Resistencia al corte [kN/m]	Momento [kNm/m]
0.00	0.00	0.00	-92.37	40.37	0.00	0.00
0.23	0.00	0.00	-87.29	59.17	-11.20	1.18
0.45	0.00	0.00	-82.21	77.96	-26.62	5.36
0.68	0.00	0.00	-77.13	96.76	-46.28	13.48
0.90	0.00	23.43	-72.06	97.36	-68.89	26.02
1.08	0.00	23.43	-68.03	92.86	-86.01	39.98
1.10	0.00	23.43	-67.58	92.33	-87.86	41.72
1.10	0.00	23.43	-67.58	92.33	78.51	41.72
1.13	0.00	23.43	-67.02	91.67	76.21	39.78
1.35	0.00	23.43	-62.00	85.38	56.28	24.91
1.57	0.00	23.43	-57.00	78.70	37.82	14.37
1.80	0.00	23.43	-52.01	71.89	20.87	7.80
2.02	0.00	23.43	-47.03	65.04	5.47	4.88
2.25	0.00	23.43	-42.05	56.84	-8.11	5.22
2.48	0.00	23.43	-37.08	50.31	-20.16	8.44
2.70	0.00	23.43	-32.20	44.13	-30.59	14.08
2.70	0.00	23.43	-32.02	3.24	-30.86	14.33
2.92	0.00	23.43	-27.15	-21.17	-28.88	21.04
3.15	0.00	23.43	-22.21	-45.79	-21.34	26.81
3.38	0.00	23.43	-17.29	-70.21	-8.29	30.25
3.60	0.00	0.00	-12.39	-90.40	9.71	30.27
3.83	0.00	0.00	-7.52	-107.82	32.01	25.65
4.05	1.17	0.00	-2.66	10.42	51.82	15.78
4.28	0.00	23.43	2.19	118.67	39.61	4.94
4.50	0.00	23.43	7.03	233.28	0.00	-0.00

Máxima fuerza de corte = 87.86 kN/m  
 Momento máximo = 41.72 kNm/m  
 Desplazamiento máximo = 92.4 mm

Fuerzas de anclaje

Nro.	Profundidad [m]	Desplazamiento [mm]	Fuerza de anclaje [kN]
1	1.10	-67.6	341.50

Asentamiento de terreno detrás de la estructura

Asentamiento del terreno  $\delta_{max} = 97.5$  mm

	Coordenada x [m]	Asiento z [mm]
1	0.00	42.7
2	0.28	73.5
3	0.55	96.5
4	0.83	111.7
5	1.10	119.2
6	1.38	118.8
7	1.65	110.6
8	1.93	94.7
9	2.21	70.9

Figura 72. Verificación de estructura con anclaje hoja 7.  
 Fuente: Elaboración por los autores.

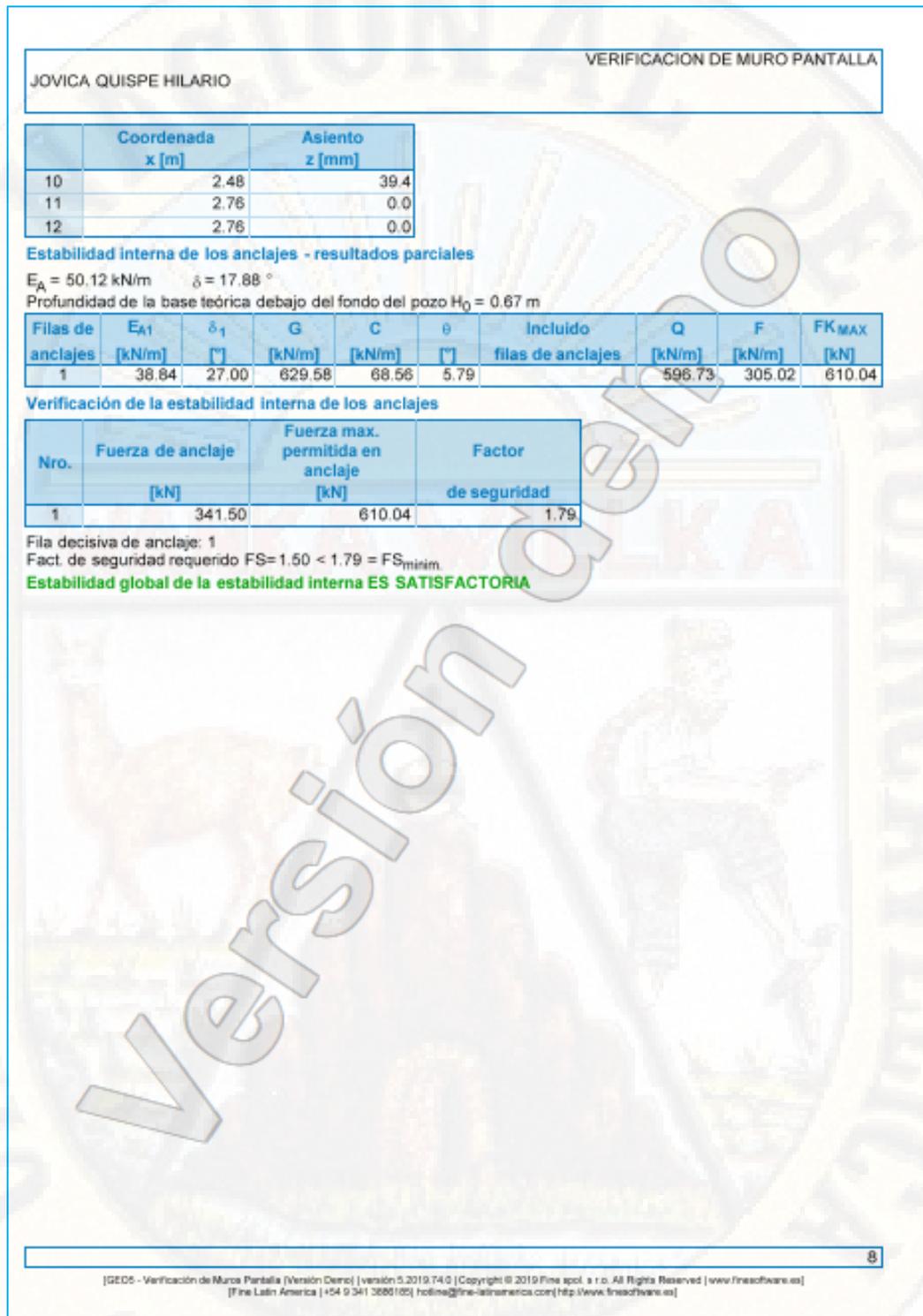


Figura 73. Verificación de estructura con anclaje hoja 8.  
 Fuente: Elaboración por los autores.

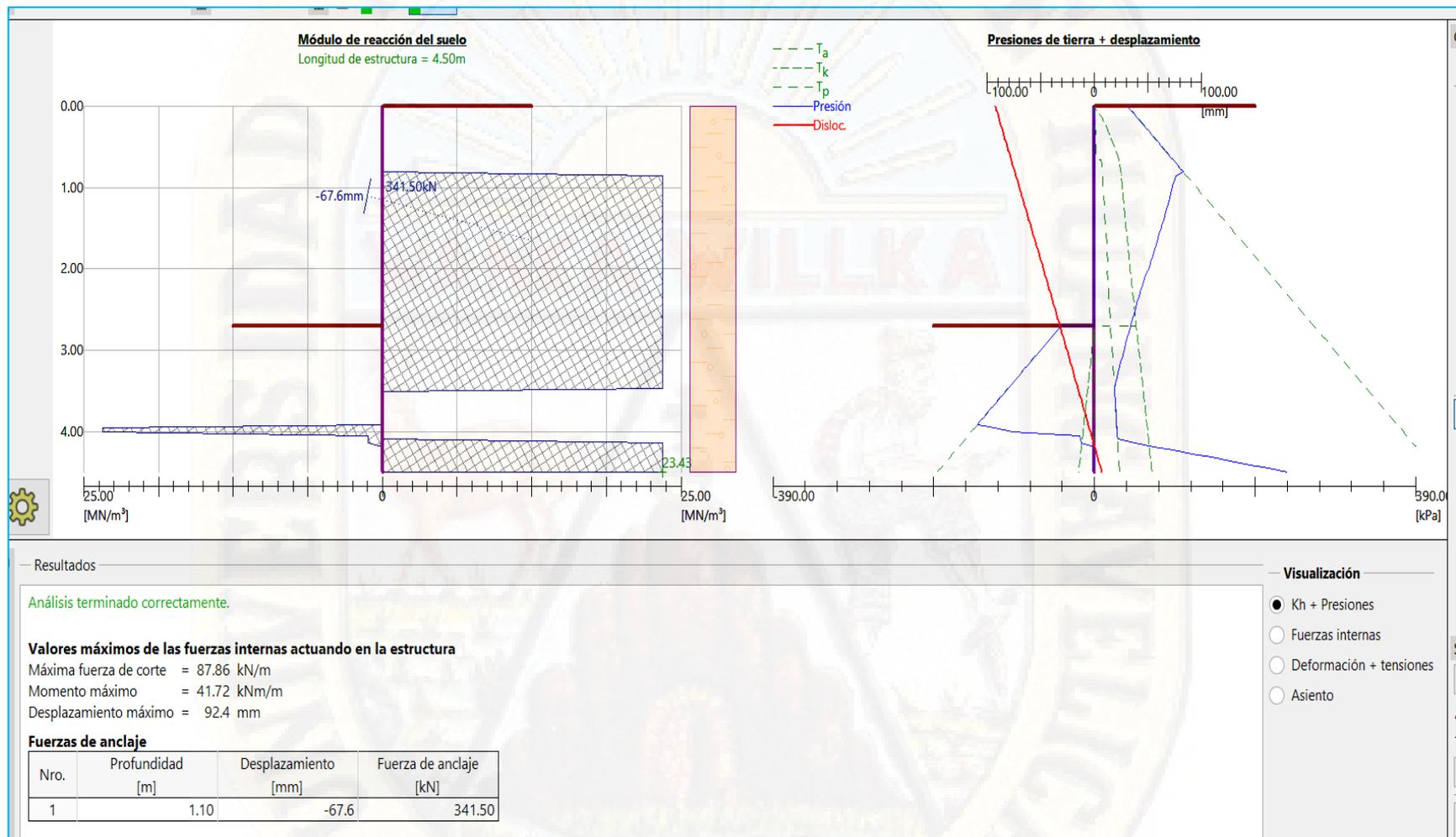


Figura 74. Diagrama de presiones.  
Fuente: Elaboración por los autores.

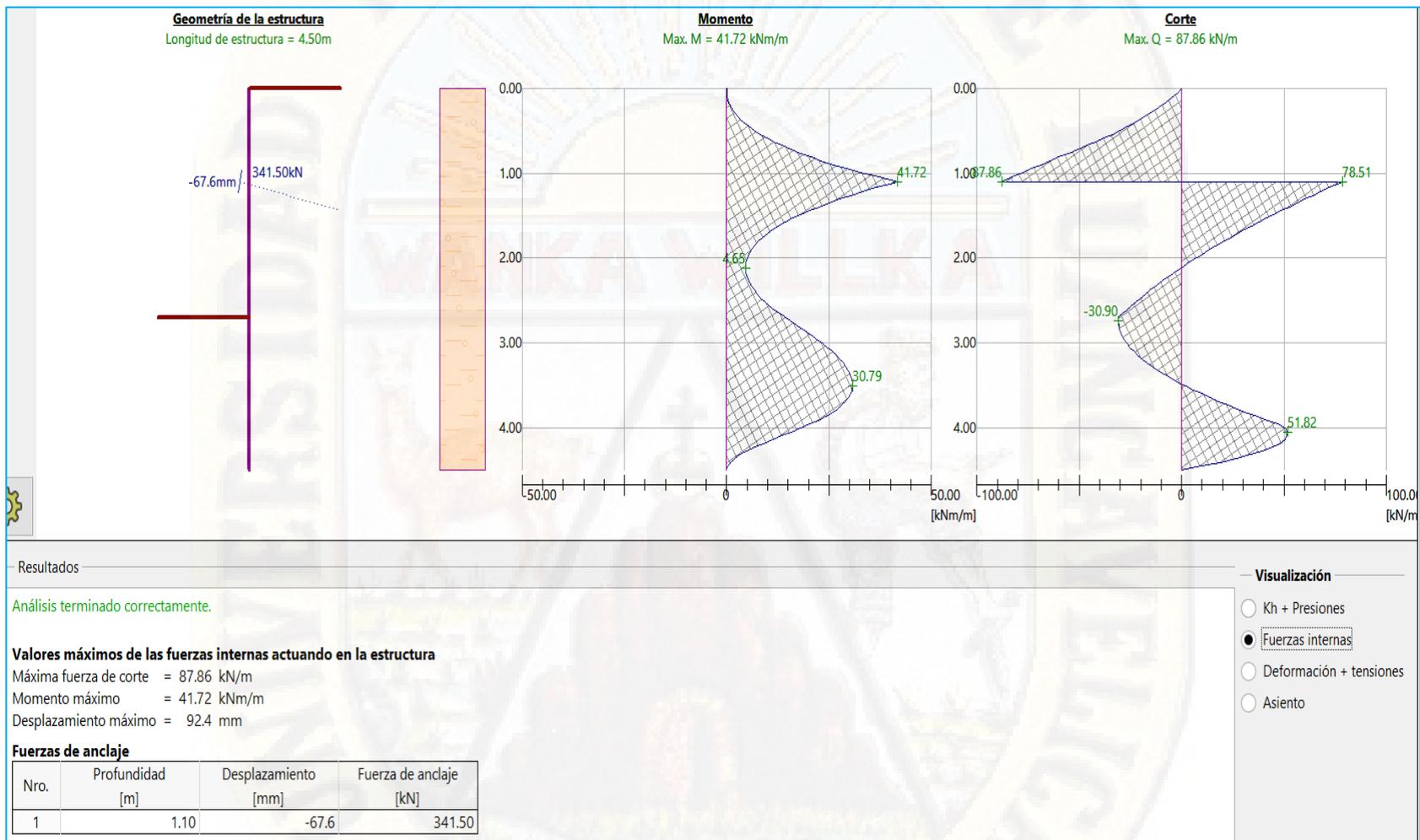


Figura 75. Diagrama de fuerzas internas.  
Fuente: Elaboración por los autores.

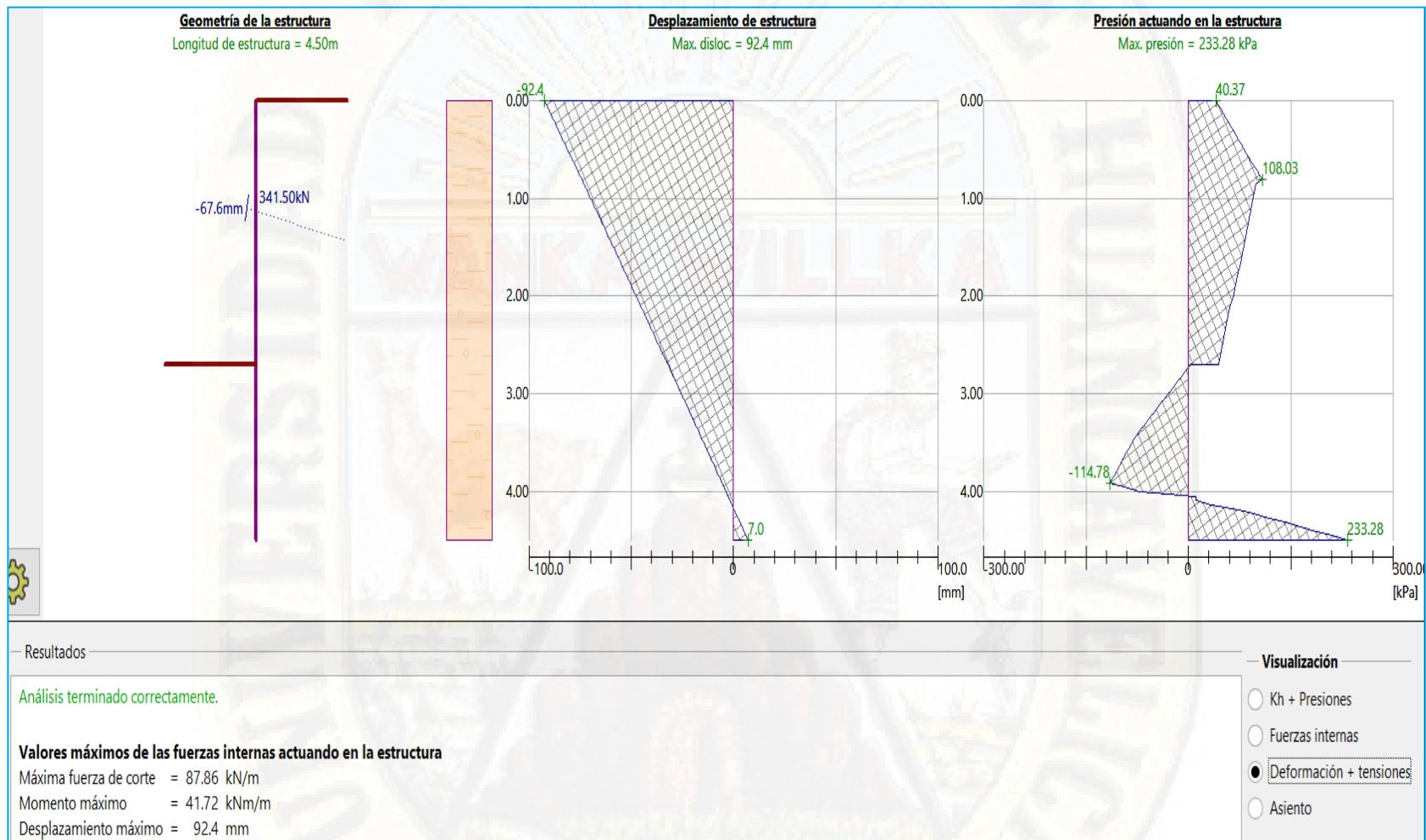


Figura 76. Diagrama de deformaciones y tensiones.  
Fuente: Elaboración por los autores.

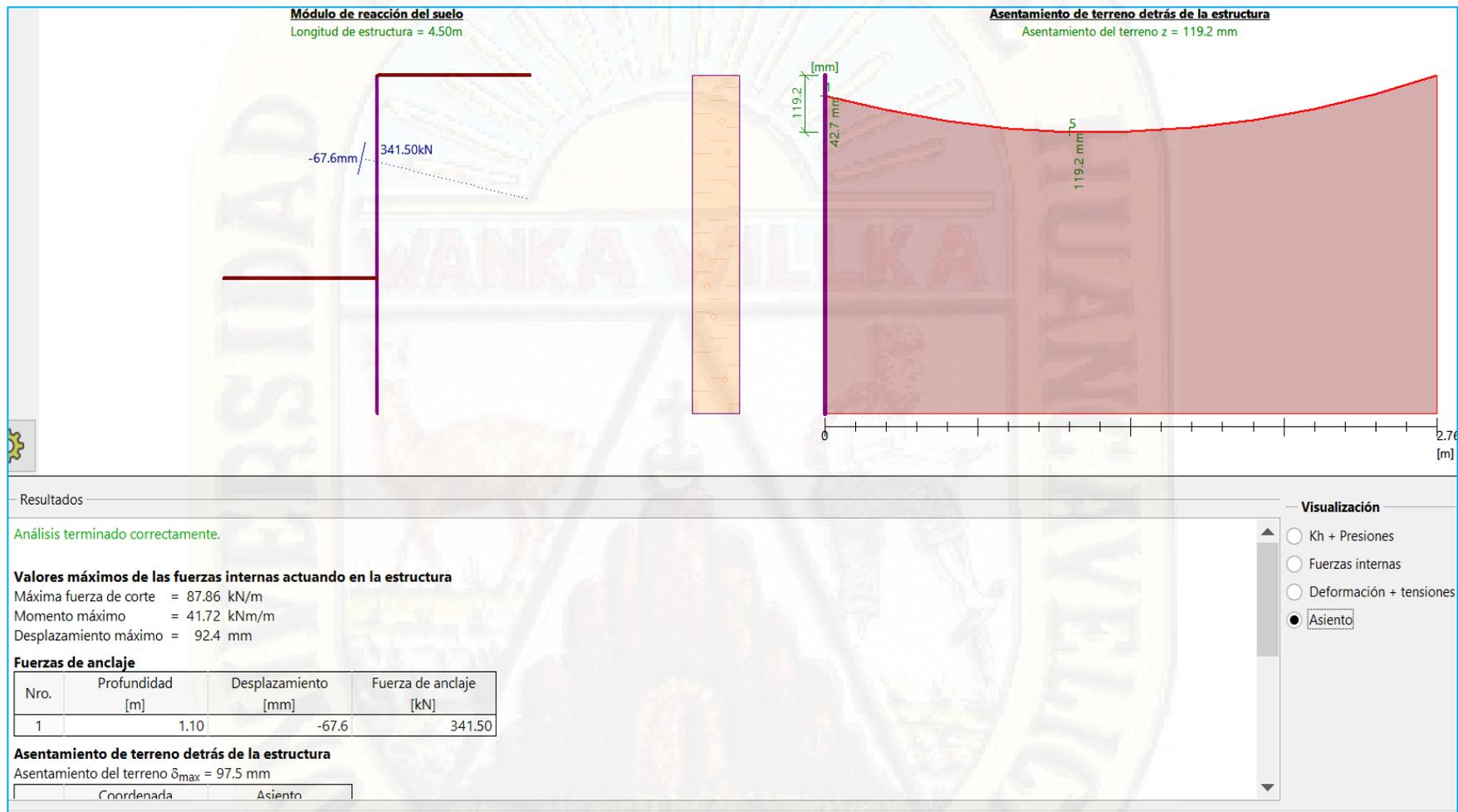


Figura 77. Diagrama de deformaciones y tensiones.  
Fuente: Elaboración por los autores.

Análisis terminado correctamente.

**Valores máximos de las fuerzas internas actuando en la estructura**

Máxima fuerza de corte = 87.86 kN/m

Momento máximo = 41.72 kNm/m

Desplazamiento máximo = 92.4 mm

**Fuerzas de anclaje**

Nro.	Profundidad [m]	Desplazamiento [mm]	Fuerza de anclaje [kN]
1	1.10	-67.6	341.50

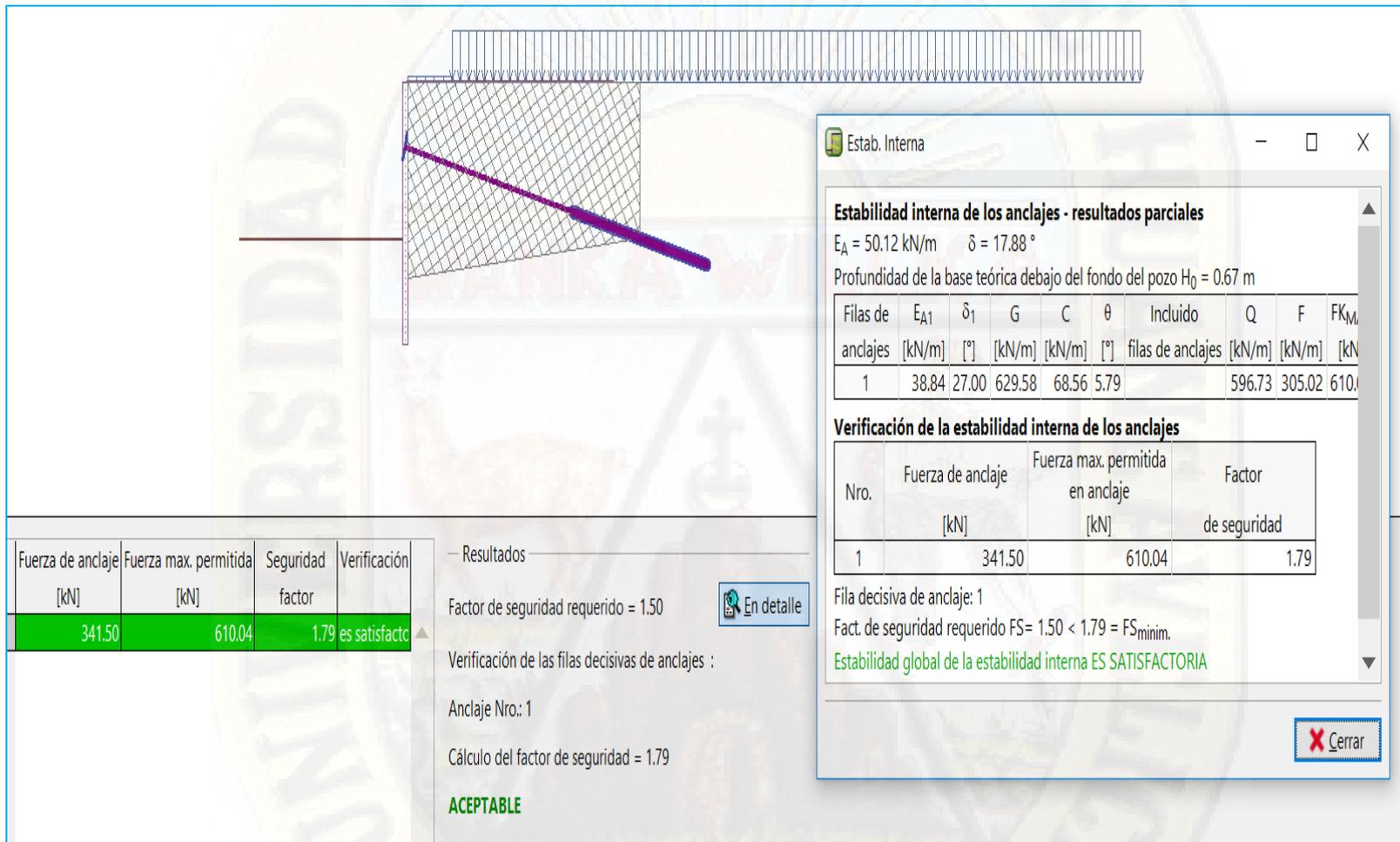
**Asentamiento de terreno detrás de la estructura**

Asentamiento del terreno  $\delta_{\max} = 97.5$  mm

	Coordenada x [m]	Asiento z [mm]
1	0.00	42.7
2	0.28	73.5
3	0.55	96.5
4	0.83	111.7
5	1.10	119.2
6	1.38	118.8
7	1.65	110.6
8	1.93	94.7
9	2.21	70.9
10	2.48	39.4
11	2.76	0.0

Figura 78. Valores máximos de fuerzas internas.

Fuente: Elaboración por los autores.



*Estabilidad interna de los anclajes.  
 Fuente: Elaboración por los autores.*

Figura 79.

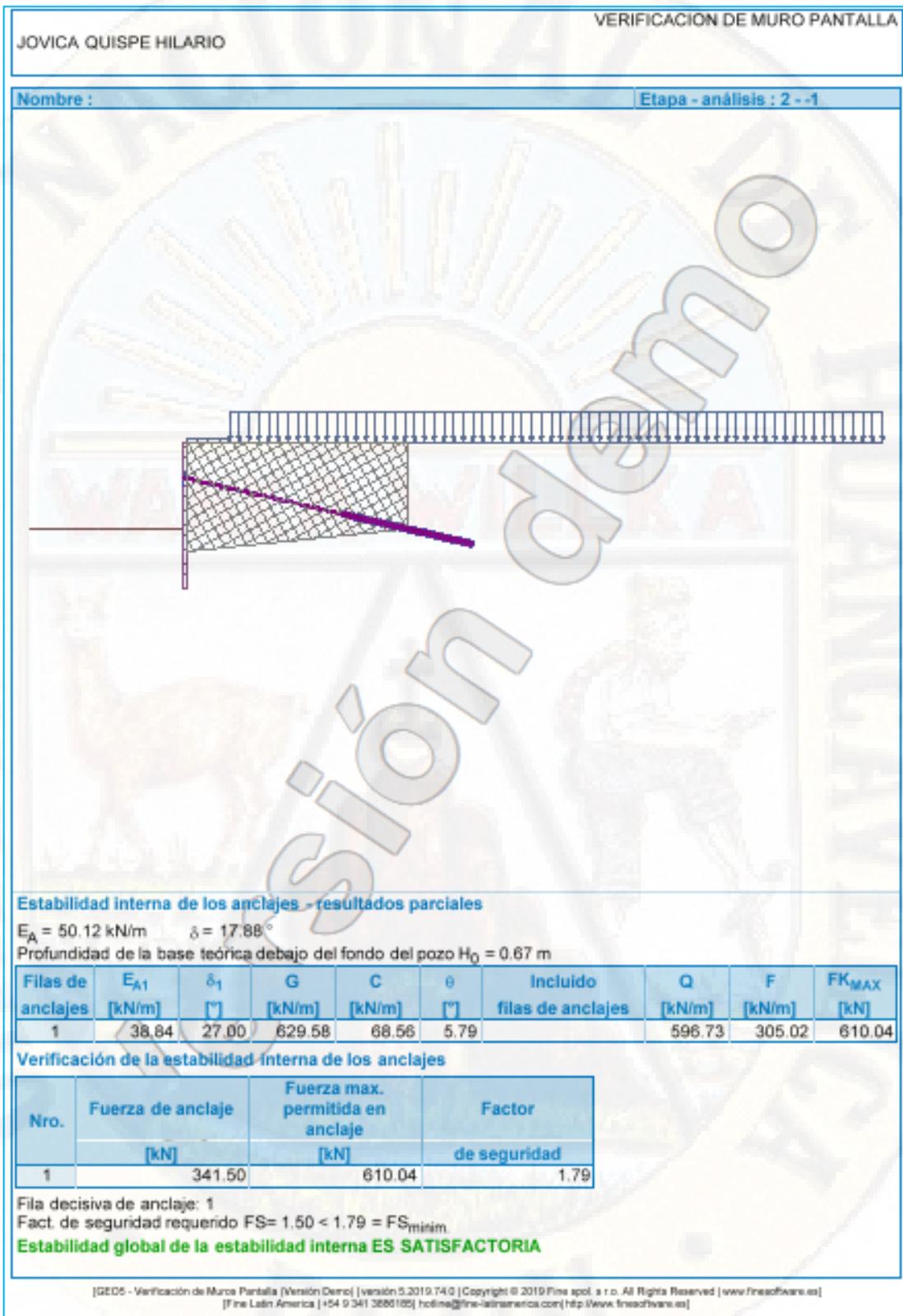


Figura 80. Estabilidad interna de los anclajes.  
 Fuente: Elaboración por los autores.

**ANÁLISIS DE ESTABILIDAD GLOBAL DEL TALUD DEL SUELO A  
UNA PROFUNDIDAD DE Z=1.10 M MEDIANTE EL SOFTWARE GEO 5.**

JOVICA QUISPE HILARIO		VERIFICACION DE MURO PANTALLA					
<b>Análisis de estabilidad de taludes</b>							
<b>Entrada de datos</b>							
Proyecto							
Configuración							
Estándar - Factor de seguridad							
Análisis de estabilidad							
Análisis sísmico : Estándar							
Metodología de verificación : Factores de seguridad (ASD)							
<b>Factores de seguridad</b>							
Situación de diseño permanente							
Factor de seguridad :		SF <sub>s</sub> = 1.50 [-]					
<b>Interfaz</b>							
Nro.	Ubicación de la Interfaz	Coordenadas de puntos de interfaz [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-11.25	-2.70	-0.30	-2.70	-0.30	0.00
		0.00	0.00	13.50	0.00		
2		-0.30	-2.70	-0.30	-4.50	0.00	-4.50
		0.00	0.00				
<b>Parámetros de suelo - Estado de tensión efectiva</b>							
Nro.	Nombre	Trama	φ <sub>ef</sub> [°]	c <sub>ef</sub> [kPa]	γ [kN/m <sup>3</sup> ]		
1	Grava arcillosa (GC)		27.00	10.00	19.50		
<b>Parámetros de suelo - subpresión</b>							
Nro.	Nombre	Trama	γ <sub>sat</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	γ <sub>s</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	n [-]		
1	Grava arcillosa (GC)		19.50				
<b>Datos del suelo</b>							
Peso unitario :	γ = 19.50 kN/m <sup>3</sup>						
Estado de tensión :	efectivo						
Ángulo de fricción interna :	φ <sub>ef</sub> = 27.00 °						
Cohesión de suelo :	c <sub>ef</sub> = 10.00 kPa						
Peso unitario de suelo saturado :	γ <sub>sat</sub> = 19.50 kN/m <sup>3</sup>						
					1		
<small>[GEO5 - Verificación de Muros Pantalla (Versión Demo)   versión 5.2019.74.0   Copyright © 2019 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved   www.finesoftware.es]          [Fine Latin America   +54 9 341 3990155   hotline@fine-latinamerica.com   http://www.finesoftware.es]</small>							

Figura 81. Análisis de estabilidad de talud del suelo hoja 1.  
Fuente: Elaboración por los autores.

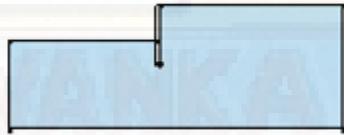
JOVICA QUISPE HILARIO		VERIFICACION DE MURO PANTALLA								
<b>Cuerpos rígidos</b>										
Nro.	Nombre	Patrón	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]							
1	Material de muro		23.00							
<b>Asignación y superficies</b>										
Nro.	Posición de superficie	Coordenadas de puntos de superficie [m]				Asignado suelo				
		x	z	x	z					
1		-0.30	-4.50	0.00	-4.50	Material de muro 				
		0.00	0.00	-0.30	0.00					
		-0.30	-2.70							
2		0.00	-4.50	-0.30	-4.50	Grava arcillosa (GC) 				
		-0.30	-2.70	-11.25	-2.70					
		-11.25	-9.50	13.50	-9.50					
		13.50	0.00	0.00	0.00					
<b>Anclajes</b>										
Nro.	Punto de inicio		longitud libre l [m]	Longitud de la raíz: l <sub>r</sub> [m]	Pendiente $\alpha$ [°]	Separación de anclajes b [m]	Fuerza de tesado F [kN]			
	x [m]	z [m]								
1	-0.30	-1.10	5.00	4.00	13.00	2.00	341.50			
<b>Sobrecarga</b>										
Nro.	Tipo	Tipo de acción	Ubicación z [m]	Origen x [m]	Longitud l [m]	Ancho b [m]	Pendiente $\alpha$ [°]	Magnitud q, q <sub>e</sub> , f, F	Magnitud q <sub>e</sub>	unidad
1	Franja	Permanente	sobre el terreno	x = -1.30	l = 20.00		0.00	40.10		kN/m <sup>2</sup>
2	Franja	Permanente	sobre el terreno	x = 0.00	l = 1.30		0.00	5.00		kN/m <sup>2</sup>
<b>Sobrecargas</b>										
Nro.	Nombre									
1	VIVIENDA									
2	ACERA									
<b>Agua</b>										
Tipo de agua : Sin presencia de agua										
<b>Grieta de tracción</b>										
No se ha introducido la grieta de tracción.										
<b>Sismo</b>										
Sismo no incluido.										
<b>Configuraciones de la etapa de construcción</b>										
Situación de diseño : permanente										
<b>Resultados (Etapa de construcción 1)</b>										
<b>Análisis 1</b>										
<b>Superficie de deslizamiento circular</b>										

Figura 82. Análisis de estabilidad de talud del suelo hoja 2.  
Fuente: Elaboración por los autores.

JOVICA QUISPE HILARIO		VERIFICACION DE MURO PANTALLA	
<b>Datos de la superficie de deslizamiento</b>			
Centro :	x =	-0.81 [m]	Ángulos :
	z =	0.59 [m]	$\alpha_1 =$
			$\alpha_2 =$
Radio :	R =	5.16 [m]	
La superficie de deslizamiento después de la optimización.			
<b>Verificación de estabilidad de taludes (Bishop)</b>			
Suma de fuerzas activas :	$F_a =$	197.59 kN/m	
Suma de fuerzas pasivas :	$F_p =$	498.05 kN/m	
Momento de deslizamiento :	$M_d =$	1019.56 kNm/m	
Momento estabilizador :	$M_p =$	2569.93 kNm/m	
Factor de seguridad =		2.52 > 1.50	
<b>Estabilidad del talud ACEPTABLE</b>			
			3
<small>IGEO5 - Verificación de Muros Pantalla (Versión Demo)   versión 5.2019.74.0   Copyright © 2019 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved   www.finesoftware.es</small>			

Figura 83. Análisis de estabilidad de talud del suelo hoja 3.

Fuente: Elaboración por los autores.

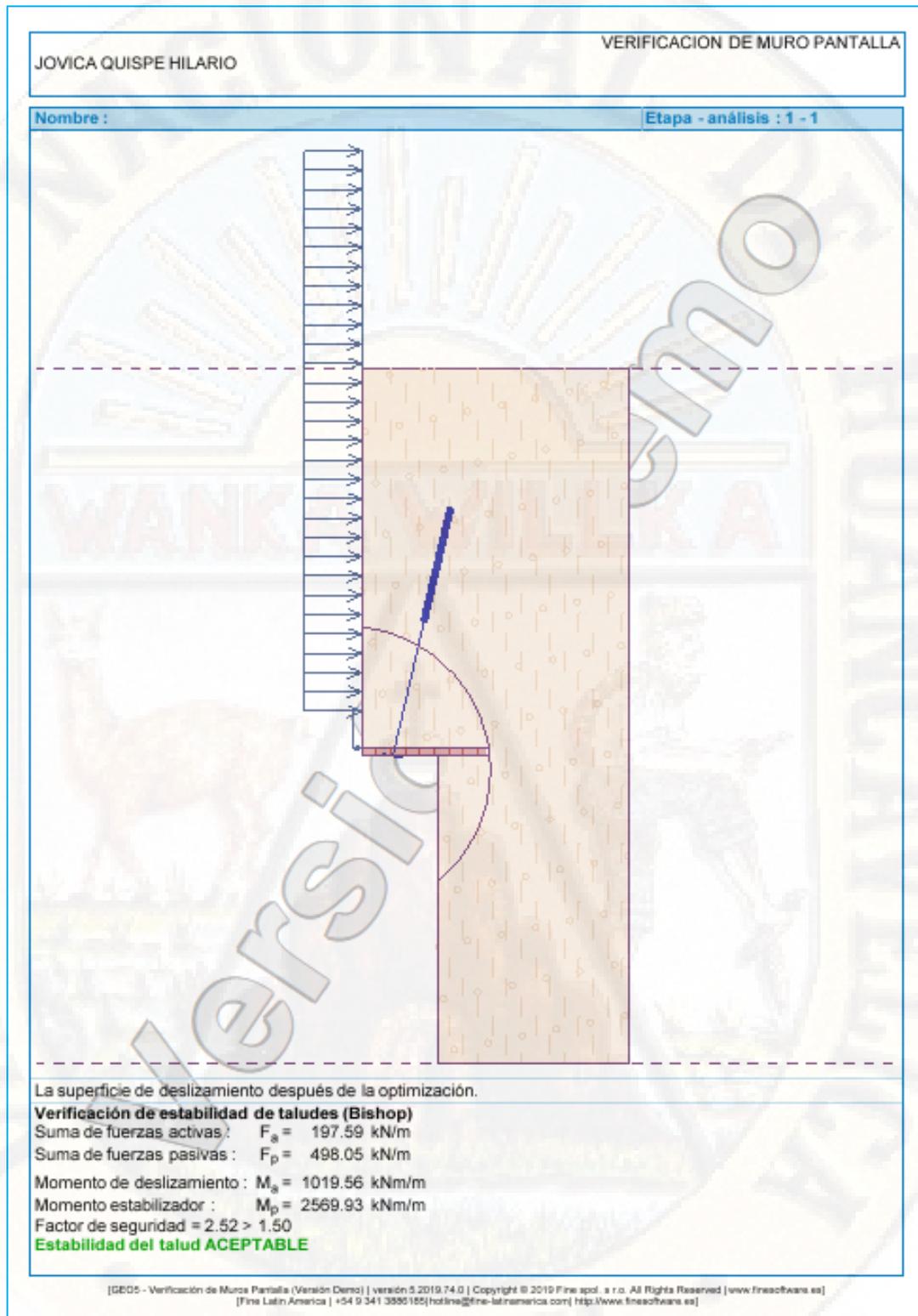


Figura 84. Estabilidad global del talud. del suelo.  
 Fuente: Elaboración por los autores.

## VERIFICACIÓN DE MURO PANTALLA A UNA PROFUNDIDAD DE Z=1.50 M MEDIANTE EL SOFTWARE GEO 5.

VERIFICACION DE MURO PANTALLA

JOVICA QUISPE HILARIO

**Verificación de estructuras pantalla**

**Entrada de datos**

**Proyecto**

Tarea : VERIFICACION DE MURO PANTALLA  
 Descripción : TESIS DE INYECCION DE ANCLAJE AL MURO DE CONCRETO PARA LA CONSERVACION DE LA  
 Cliente : UNH - ING. CIVIL  
 Autor : JOVICA QUISPE HILARIO  
 Fecha : 09/11/2019  
 Número de proyecto : 02- SEGUNDA VERIFICACIÓN

**Configuración**

Estándar - Factor de seguridad

**Materiales y estándares**

Estructuras de hormigón : EN 1992-1-1 (EC2)  
 Coeficientes EN 1992-1-1 : Estándar  
 Estructuras de acero : EN 1993-1-1 (EC3)  
 Factor parcial en capacidad portante de sección transversal de acero :  $\gamma_{M0} = 1.00$   
 Estructuras de madera : EN 1995-1-1 (EC5)  
 Factor parcial para propiedades de madera :  $\gamma_M = 1.30$   
 Modif. factor de duración de la carga y contenido de humedad :  $k_{mod} = 0.50$   
 Coeficiente de ancho efectivo para el esfuerzo de corte :  $k_{ct} = 0.67$

**Análisis de presión**

Cálculo de la presión activa de la tierra : Coulomb  
 Cálculo de la presión pasiva de la tierra : Caquot-Kerisel  
 Configuración : presiones dependientes  
 Análisis sísmico : Mononobe-Okabe  
 Módulo de reacción del suelo : Por defecto  
 Reducción del módulo de reacción del suelo por lámina reforzada : método parabólico  
 Asiento : método parabólico  
 Metodología de verificación : Factores de seguridad (ASD)

Factores de seguridad		
Situación de diseño permanente		
Factor de seguridad para la estabilidad interna del anclajes :	$SF_a =$	1.50 [-]

**Anclajes**

Metodología de verificación : Factores de seguridad (ASD)

Factores de seguridad		
Factor de seguridad de la fuerza de acero :	$SF_f =$	1.50 [-]
Factor de seguridad de la resistencia a la extracción (suelo) :	$SF_e =$	1.50 [-]
Factor de seguridad de la resistencia a la extracción (lechada) :	$SF_c =$	1.50 [-]

**Geometría de la estructura**

Longitud de estructura = 4.50 m

Nombre Sec. Trans : Muro rectangular RC h = 0.30 m  
 Área de la sección transversal :  $A = 3.00E-01 \text{ m}^2\text{m}$   
 Momento de inercia :  $I = 2.25E-03 \text{ m}^4\text{m}$   
 Módulo Elástico :  $E = 30000.00 \text{ MPa}$   
 Módulo de corte :  $G = 12500.00 \text{ MPa}$

**Material de la estructura**

Análisis de estructuras de hormigón según los estándares EN 1992-1-1 (EC2).

**Hormigón: C 20/25**

1

[GEO5 - Verificación de Muro Pantalla (Versión Democ) | versión 5.2019.14.0 | Copyright © 2019 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.fineadware.es]  
 [Fine Latin America | +54 9 341 3880105 | hotline@fine-latinamerica.com | http://www.fineadware.es]

Figura 85. Verificación de estructura con anclaje hoja 1.  
Fuente: Elaboración por los autores.

JOVICA QUISPE HILARIO		VERIFICACION DE MURO PANTALLA					
Resistencia de compresión (prob. cilíndrica)	$f_{ck} = 20.00$ MPa						
Fuerza tensora	$f_{ctm} = 2.20$ MPa						
Módulo de elasticidad	$E_{cm} = 30000.00$ MPa						
Módulo de corte	$G = 12500.00$ MPa						
<b>Acero longitudinal : B500</b>							
Tensión de fluencia	$f_{yk} = 500.00$ MPa						
<b>Proyección de acero: B500</b>							
Tensión de fluencia	$f_{yk} = 500.00$ MPa						
<b>Módulo de reacción</b>							
El módulo de reacción del subsuelo se calcula por el método Schmitt.							
<b>Datos básicos del suelo</b>							
Nro.	Nombre	Trama	$\varphi_{ef}$ [°]	$c_{ef}$ [kPa]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\delta$ [°]
1	Grava arcillosa (GC)		27.00	10.00	19.50	9.50	18.00
Todos los suelos son considerados como granulares para el análisis de la presión en reposo.							
<b>Parámetros de suelos para calcular el módulo de reacción del suelo (Schmitt)</b>							
Nro.	Nombre	Trama	$\nu$ [-]	$E_{bed}$ [MPa]	$E_{def}$ [MPa]		
1	Grava arcillosa (GC)		0.35	17.50	-		
<b>Datos del suelo</b>							
Peso unitario :	$\gamma = 19.50$ kN/m <sup>3</sup>						
Estado de tensión :	efectivo						
Ángulo de fricción interna :	$\varphi_{ef} = 27.00$ °						
Cohesión de suelo :	$c_{ef} = 10.00$ kPa						
Ángulo de fricción estructura-suelo :	$\delta = 18.00$ °						
Suelo :	granular						
Módulo edométrico :	$E_{bed} = 17.50$ MPa						
Peso unitario de suelo saturado :	$\gamma_{sat} = 19.50$ kN/m <sup>3</sup>						
<b>Perfil geológico y suelos asignados</b>							
Nro.	Espesor de capas t [m]	Profundidad z [m]	Suelo asignado	Trama			
1	-	< 0.00 , ∞	Grava arcillosa (GC)				
<b>Excavación</b>							
El suelo en el frente del muro está excavado a una profundidad de 2.70 m.							
<b>Perfil de terreno</b>							
Detrás de la estructura el terreno es plano.							
<b>Influencia del agua</b>							
El nivel freático está ubicado debajo de la estructura.							
							2
<small>[GEO5 - Verificación de Muro Pantalla (Versión Dens)   versión 5.2019.14.0   Copyright © 2019 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved   www.finesoftware.es] [Fine Latin America   +54 9 341 3680185   hola@fine-latinamerica.com   http://www.finesoftware.es]</small>							

Figura 86. Verificación de estructura con anclaje hoja 2.

Fuente: Elaboración por los autores.

## Entrada de cargas de superficie

Nro.	Sobrecarga nueva	Sobrecarga cambiar	Acción	Mag.1 [kN/m <sup>2</sup> ]	Mag.2 [kN/m <sup>2</sup> ]	Ord.x x [m]	Longitud l [m]	Profundidad z [m]
1	Si		Permanente	40.10		1.30	20.00	sobre el terreno
2	Si		Permanente	5.00		0.00	1.30	sobre el terreno

Nro.	Nombre
1	VIVIENDA
2	ACERA

## Configuraciones generales

Número de EFs para discretizar muros = 100

La presión mínima de dimensionado se considera como  $\sigma_{a,min} = 0.20\sigma_z$ 

## Configuraciones de la etapa de construcción

Situación de diseño : permanente

## Resultados del análisis (Etapa de construcción 1)

Distribución de presiones actuando en la estructura (enfrente y atrás del muro)

Profundidad [m]	Ta,p [kPa]	Tk,p [kPa]	Tp,p [kPa]	Ta,z [kPa]	Tk,z [kPa]	Tp,z [kPa]
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	40.37
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	40.38
0.03	0.00	0.00	0.00	0.10	1.62	42.50
0.17	0.00	0.00	0.00	0.65	10.58	54.29
0.33	0.00	0.00	0.00	1.30	18.03	68.22
0.50	0.00	0.00	0.00	1.95	24.78	82.14
0.66	0.00	0.00	0.00	2.58	30.02	95.70
0.83	0.00	0.00	0.00	3.19	34.76	108.91
1.00	0.00	0.00	0.00	3.78	39.00	121.83
1.17	0.00	0.00	0.00	4.35	42.75	134.46
1.33	0.00	0.00	0.00	4.90	46.00	146.80
1.50	0.00	0.00	0.00	5.43	48.75	158.85
1.60	0.00	0.00	0.00	5.67	50.25	165.67
1.60	0.00	0.00	0.00	5.67	39.58	174.27
1.67	0.00	0.00	0.00	5.83	40.21	179.60
1.83	0.00	0.00	0.00	6.35	41.88	193.52
2.00	0.00	0.00	0.00	6.87	43.57	207.44
2.03	0.00	0.00	0.00	6.94	43.88	209.99
2.03	0.00	0.00	0.00	6.94	43.88	209.99
2.17	0.00	0.00	0.00	7.30	45.28	221.37
2.33	0.00	0.00	0.00	7.65	47.00	235.29
2.50	0.00	0.00	0.00	8.00	48.74	249.21
2.67	0.00	0.00	0.00	8.35	50.48	263.13
2.70	0.00	0.00	0.00	8.58	50.83	265.92
2.70	0.00	-0.00	-40.38	8.58	50.83	265.92
2.70	0.00	-0.00	-40.38	19.62	50.83	265.93
2.83	0.00	-1.42	-51.51	20.44	52.22	277.06

3

Figura 87. Verificación de estructura con anclaje hoja 3.

Fuente: Elaboración por los autores.

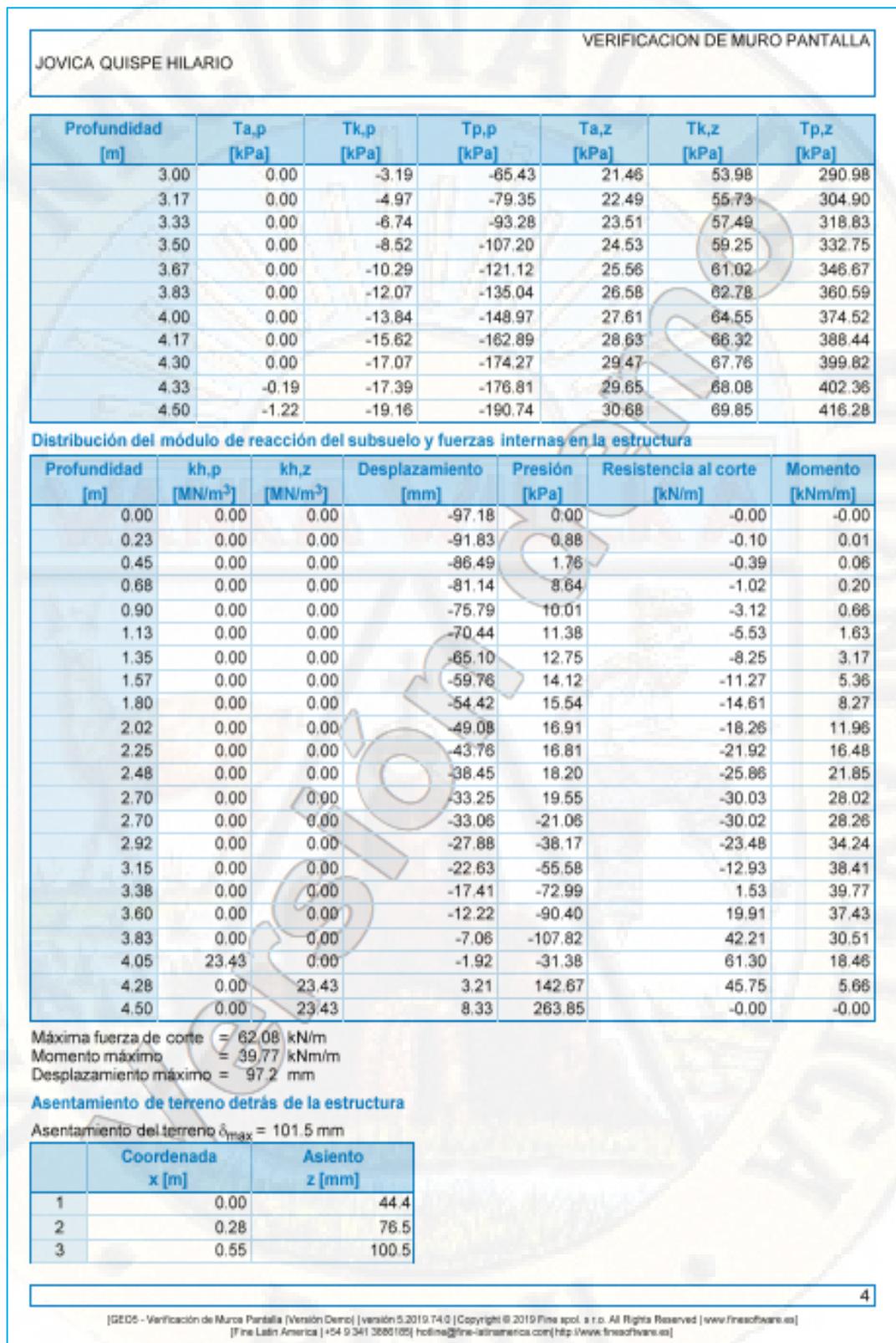


Figura 88. Verificación de estructura con anclaje hoja 4.  
 Fuente: Elaboración por los autores.

JOVICA QUISPE HILARIO	VERIFICACION DE MURO PANTALLA
-----------------------	-------------------------------

	Coordenada x [m]	Asiento z [mm]
4	0.83	116.4
5	1.10	124.1
6	1.38	123.7
7	1.65	115.2
8	1.93	98.6
9	2.21	73.9
10	2.48	41.0
11	2.76	0.0
12	2.76	0.0

**Entrada de datos (Etapa de construcción 2)**  
**Perfil geológico y suelos asignados**

Nro.	Espesor de capas t [m]	Profundidad z [m]	Suelo asignado	Trama
1	-	0.00 .. ∞	Grava arcillosa (GC)	

**Excavación**  
El suelo en el frente del muro está excavado a una profundidad de 2.70 m.

**Perfil de terreno**  
Detrás de la estructura el terreno es plano.

**Influencia del agua**  
El nivel freático está ubicado debajo de la estructura.

**Entrada de cargas de superficie**

Nro.	Sobrecarga		Acción	Mag.1 [kN/m <sup>2</sup> ]	Mag.2 [kN/m <sup>2</sup> ]	Ord.x x [m]	Longitud l [m]	Profundidad z [m]
	nueva	cambiar						
1	Si		Permanente	40.10		1.30	20.00	sobre el terreno
2	Si		Permanente	5.00		0.00	1.30	sobre el terreno

Nro.	Nombre
1	VIVIENDA
2	ACERA

**Entradas de anclajes**

Nro.	Nuevo Anclaje	Profundidad z [m]	Nombre	Pos-esfuerzo	Fuerza F [kN]
1	Si	1.50	ANCLAJE 1 (Definido por usuario)		341.50

**Lista de nuevos anclajes**  
**ANCLAJE 1 (Definido por usuario)**  
Tipo de anclaje : no especificado  
Conjunto de producción : Definido por usuario  
Profundidad : z = 1.50 m  
longitud libre : l = 5.00 m  
Longitud de la raíz : l<sub>k</sub> = 4.00 m  
Pendiente : α = 13.00 °

5

[GEOS - Verificación de Muro Pantalla (Versión Demo) (versión 5.2019.740) (Copyright) © 2019 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved (www.finesoftware.es) (Fine Latin America) (+54 9 341 3680100) hotline@fine-latinamerica.com (http://www.finesoftware.es)]

Figura 89. Verificación de estructura con anclaje hoja 5.  
Fuente: Elaboración por los autores.

JOVICA QUISPE HILARIO

VERIFICACION DE MURO PANTALLA

Espaciado:  $b = 2.00$  m  
 Diámetro:  $d_s = 25.00$  mm  
 Módulo de elasticidad:  $E = 210000.00$  MPa  
 Fuerza de tesado:  $F = 341.50$  kN

Configuraciones de la etapa de construcción

Situación de diseño: permanente

### Resultados del análisis (Etapa de construcción 2)

Distribución de presiones actuando en la estructura (enfrente y atrás del muro)

Profundidad [m]	Ta,p [kPa]	Tk,p [kPa]	Tp,p [kPa]	Ta,z [kPa]	Tk,z [kPa]	Tp,z [kPa]
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	40.37
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	40.38
0.03	0.00	0.00	0.00	0.10	1.62	42.50
0.17	0.00	0.00	0.00	0.65	10.58	54.29
0.33	0.00	0.00	0.00	1.30	18.03	68.22
0.50	0.00	0.00	0.00	1.95	24.78	82.14
0.66	0.00	0.00	0.00	2.58	30.02	95.70
0.67	0.00	0.00	0.00	8.59	30.18	96.06
0.83	0.00	0.00	0.00	9.61	32.51	109.98
1.00	0.00	0.00	0.00	10.62	33.92	123.91
1.17	0.00	0.00	0.00	11.64	35.41	137.83
1.33	0.00	0.00	0.00	12.65	36.96	151.75
1.50	0.00	0.00	0.00	13.67	38.56	165.67
1.60	0.00	0.00	0.00	14.29	39.58	174.27
1.60	0.00	0.00	0.00	14.34	39.58	174.27
1.67	0.00	0.00	0.00	14.73	40.21	179.60
1.83	0.00	0.00	0.00	15.74	41.88	193.52
2.00	0.00	0.00	0.00	16.76	43.57	207.44
2.03	0.00	0.00	0.00	16.94	43.88	209.99
2.03	0.00	0.00	0.00	15.46	43.88	209.99
2.17	0.00	0.00	0.00	16.30	45.28	221.37
2.33	0.00	0.00	0.00	17.32	47.00	235.29
2.50	0.00	0.00	0.00	18.35	48.74	249.21
2.67	0.00	0.00	0.00	19.37	50.48	263.13
2.70	0.00	0.00	0.00	19.58	50.83	265.92
2.70	0.00	-0.00	-40.38	19.62	50.83	265.93
2.83	0.00	-1.42	-51.51	20.44	52.22	277.06
3.00	0.00	-3.19	-65.43	21.46	53.98	290.98
3.17	0.00	-4.97	-79.35	22.49	55.73	304.90
3.33	0.00	-6.74	-93.28	23.51	57.49	318.83
3.50	0.00	-8.52	-107.20	24.53	59.25	332.75
3.67	0.00	-10.29	-121.12	25.56	61.02	346.67
3.83	0.00	-12.07	-135.04	26.58	62.78	360.59
4.00	0.00	-13.84	-148.97	27.61	64.55	374.52
4.17	0.00	-15.62	-162.89	28.63	66.32	388.44
4.30	0.00	-17.07	-174.27	29.47	67.76	399.82
4.33	-0.19	-17.39	-176.81	29.65	68.08	402.36
4.50	-1.22	-19.16	-190.74	30.68	69.85	416.28

6

[GEO5 - Verificación de Muro Pantalla (Versión Demo) | versión 5.2019.74.0 | Copyright © 2019 Pine Appl. s.r.o. All Rights Reserved | www.pine-software.es]  
 [Fin Latin America | +54 9 341 3886105 | hotline@fin-latnamerica.com | http://www.pine-software.es]

Figura 90. Verificación de estructura con anclaje hoja 6.  
 Fuente: Elaboración por los autores.

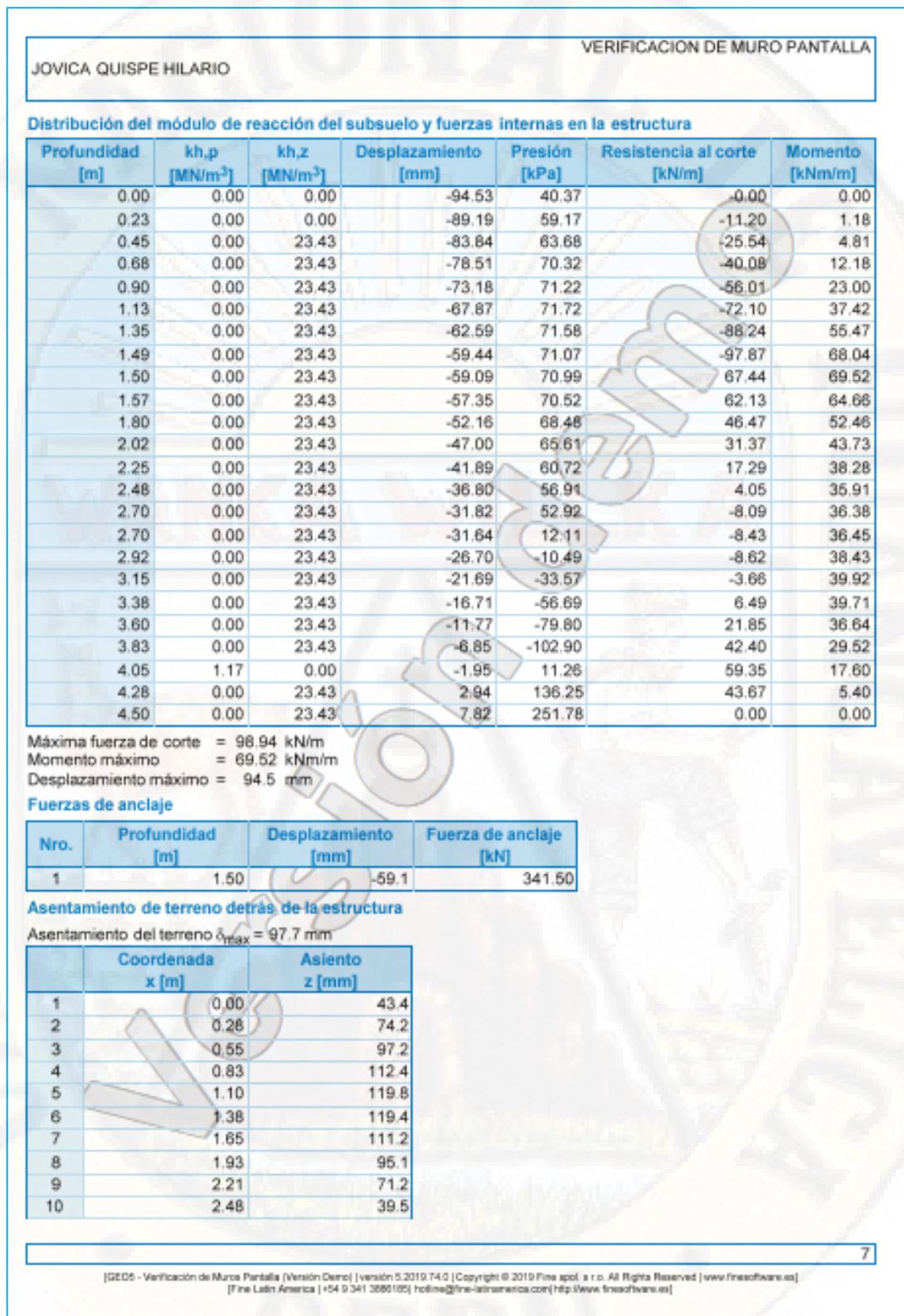


Figura 91. Verificación de estructura con anclaje hoja 7.  
Fuente: Elaboración por los autores.

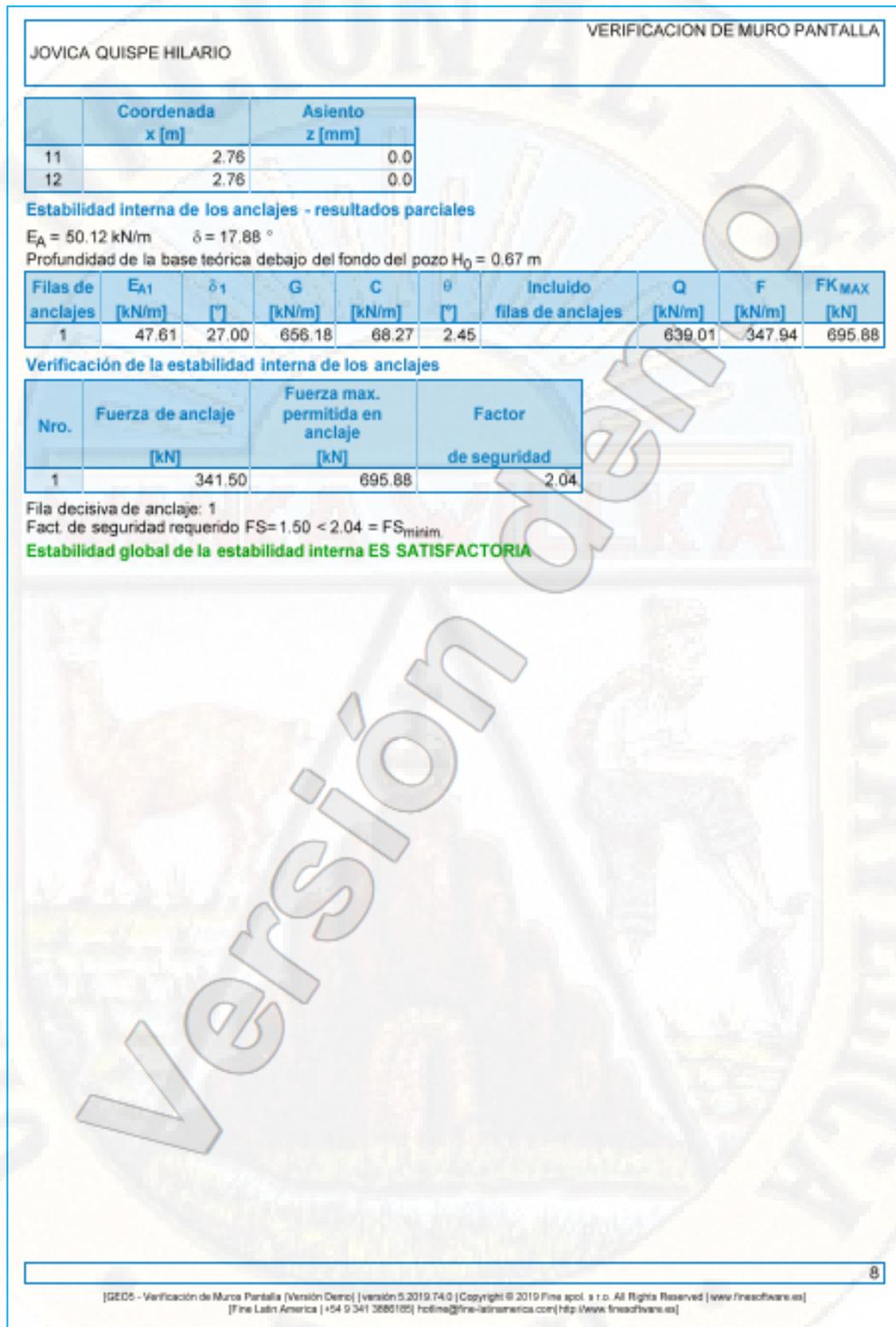


Figura 92. Verificación de estructura con anclaje hoja 8.  
 Fuente: Elaboración por los autores.

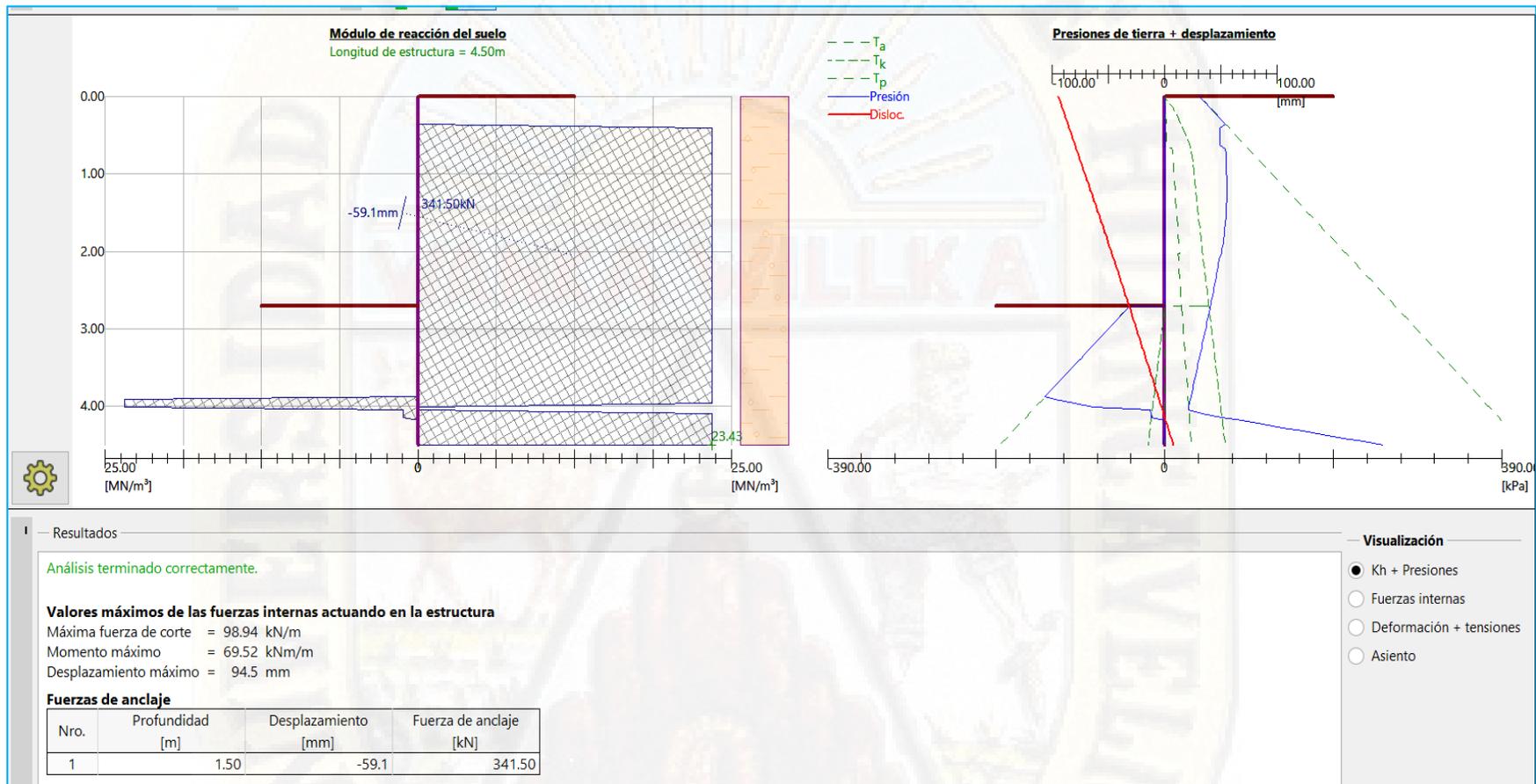


Figura 93. Diagrama de presiones con anclaje.  
Fuente: Elaboración por los autores.

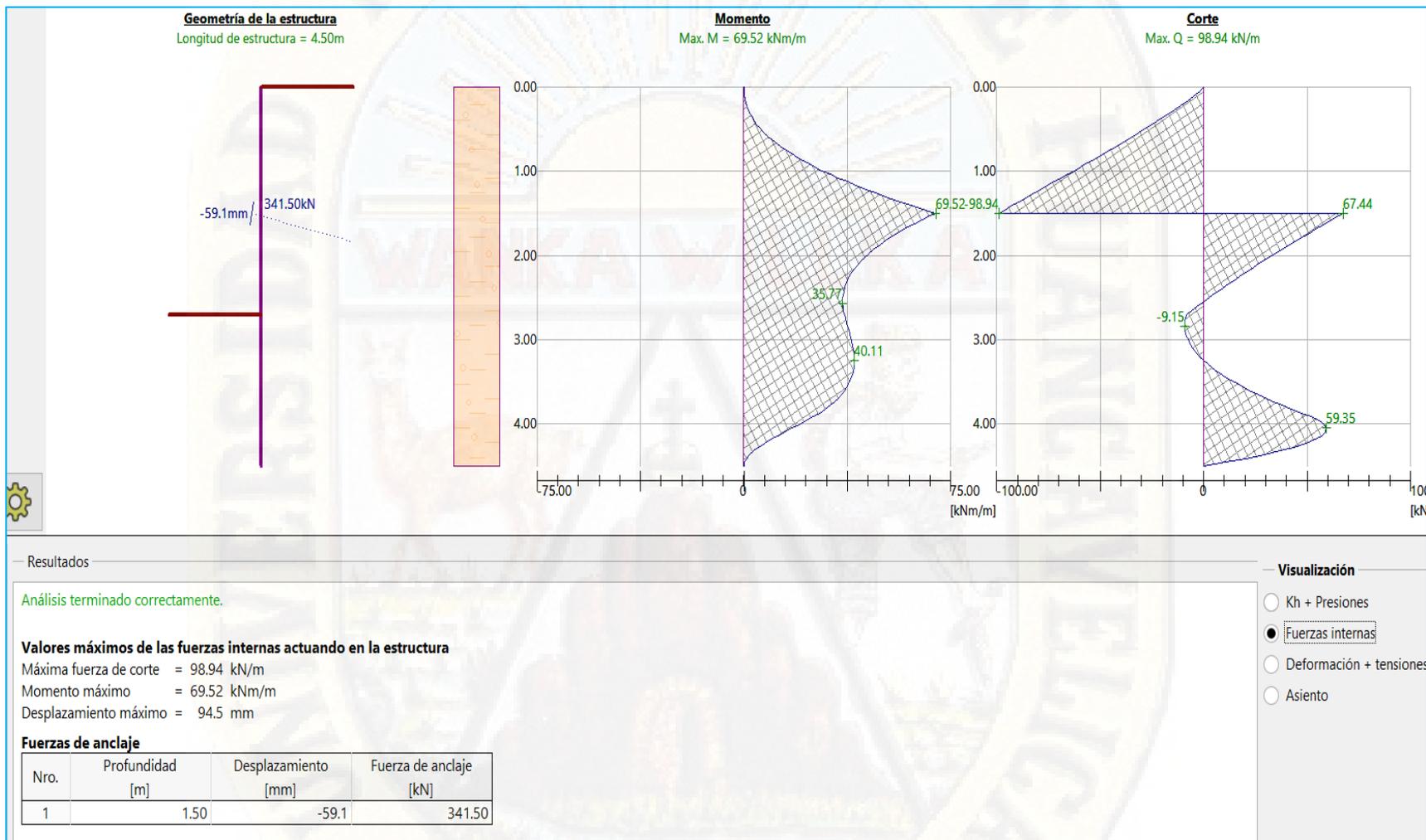


Figura 94. Diagrama de momentos con anclaje.  
Fuente: Elaboración por los autores.

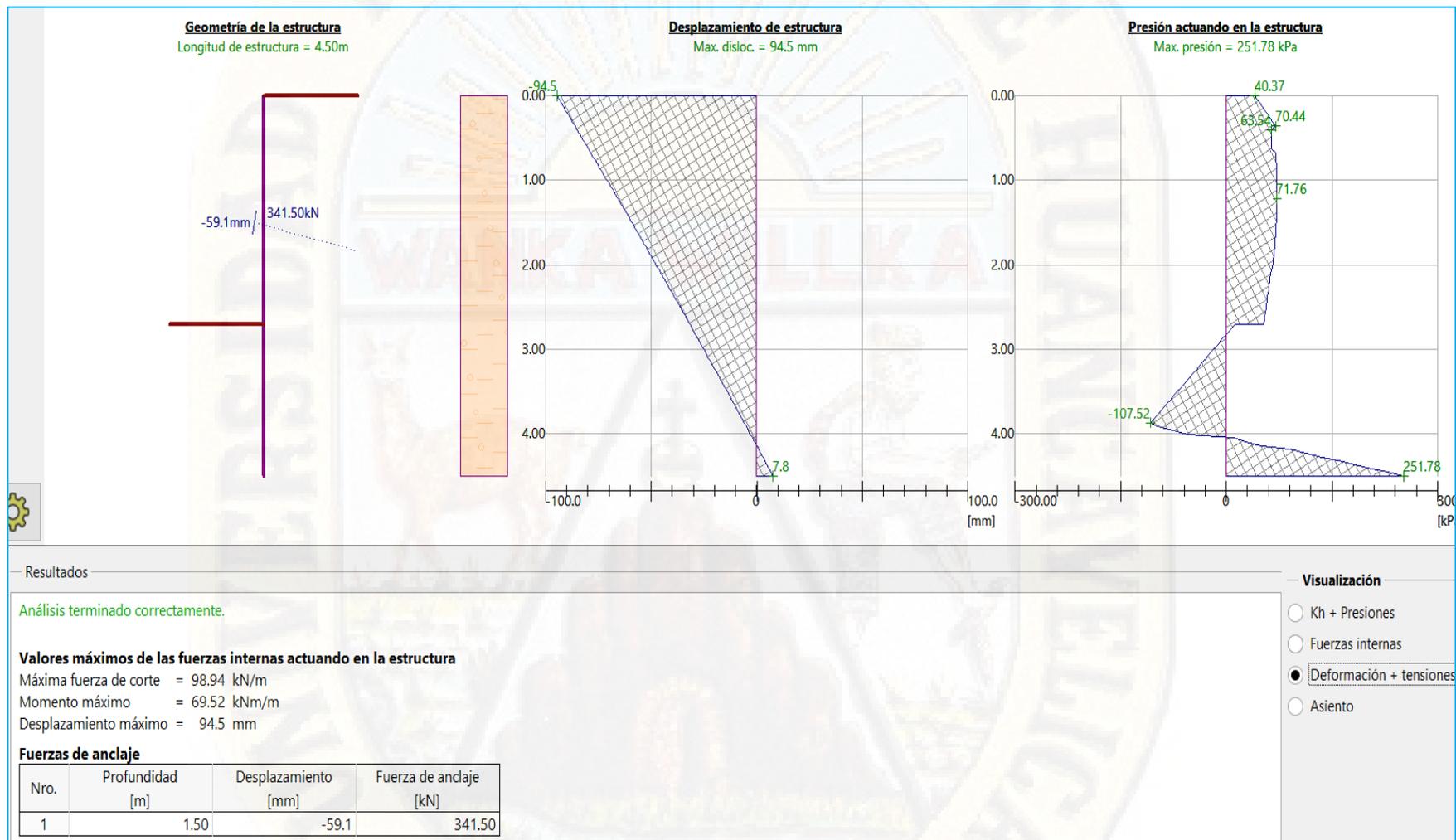


Figura 95. Diagrama de deformaciones y tensiones.  
Fuente: Elaboración por los autores.

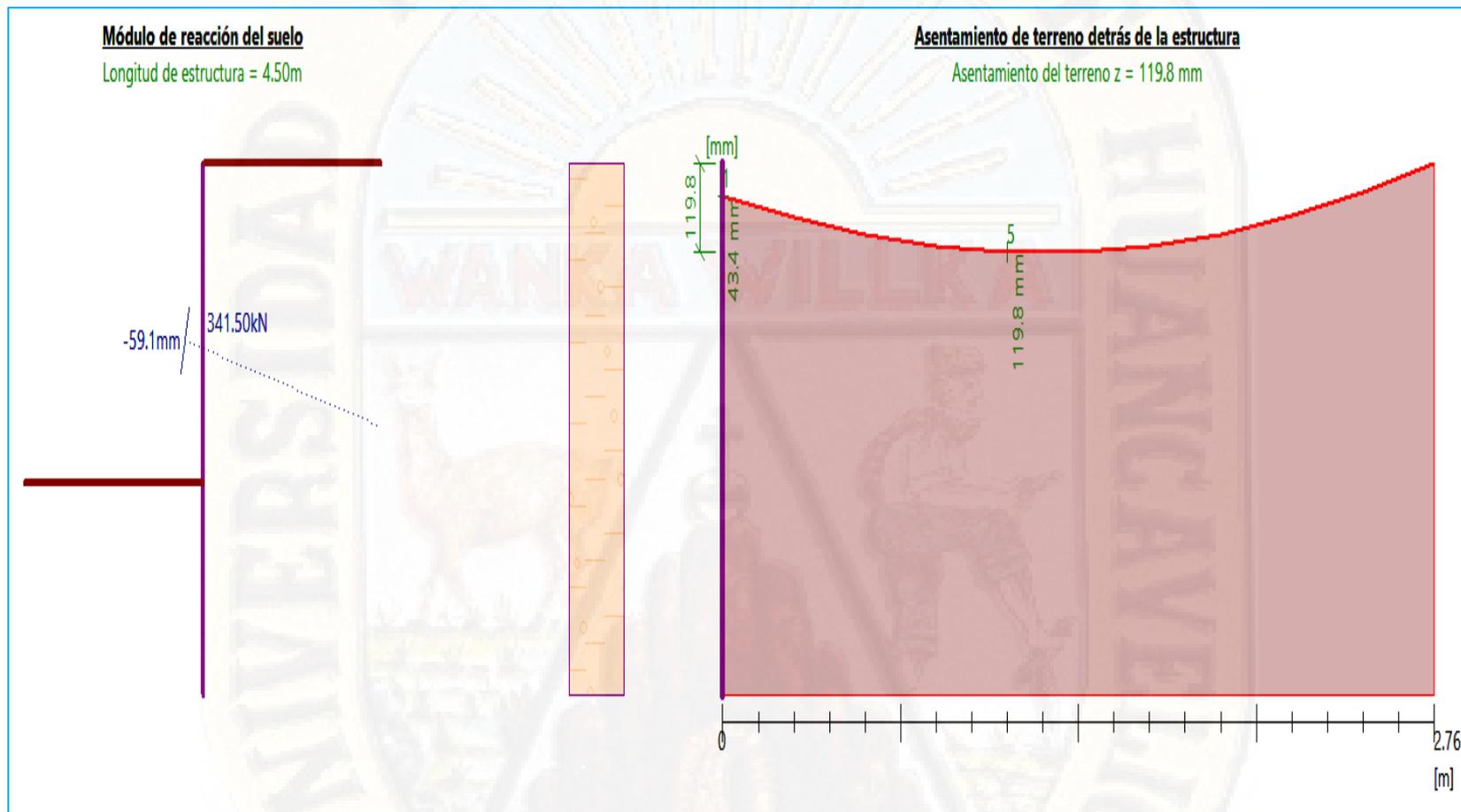


Figura 96. Diagrama de asentamiento.  
 Fuente: Elaboración por los autores.

Análisis terminado correctamente.

**Valores máximos de las fuerzas internas actuando en la estructura**

Máxima fuerza de corte = 98.94 kN/m

Momento máximo = 69.52 kNm/m

Desplazamiento máximo = 94.5 mm

**Fuerzas de anclaje**

Nro.	Profundidad [m]	Desplazamiento [mm]	Fuerza de anclaje [kN]
1	1.50	-59.1	341.50

**Asentamiento de terreno detrás de la estructura**

Asentamiento del terreno  $\delta_{\max} = 97.7$  mm

	Coordenada x [m]	Asiento z [mm]
1	0.00	43.4
2	0.28	74.2
3	0.55	97.2
4	0.83	112.4
5	1.10	119.8
6	1.38	119.4
7	1.65	111.2
8	1.93	95.1
9	2.21	71.2
10	2.48	39.5
11	2.76	0.0

Figura 97. Valores máximos de fuerzas internas.  
Fuente: Elaboración por los autores.

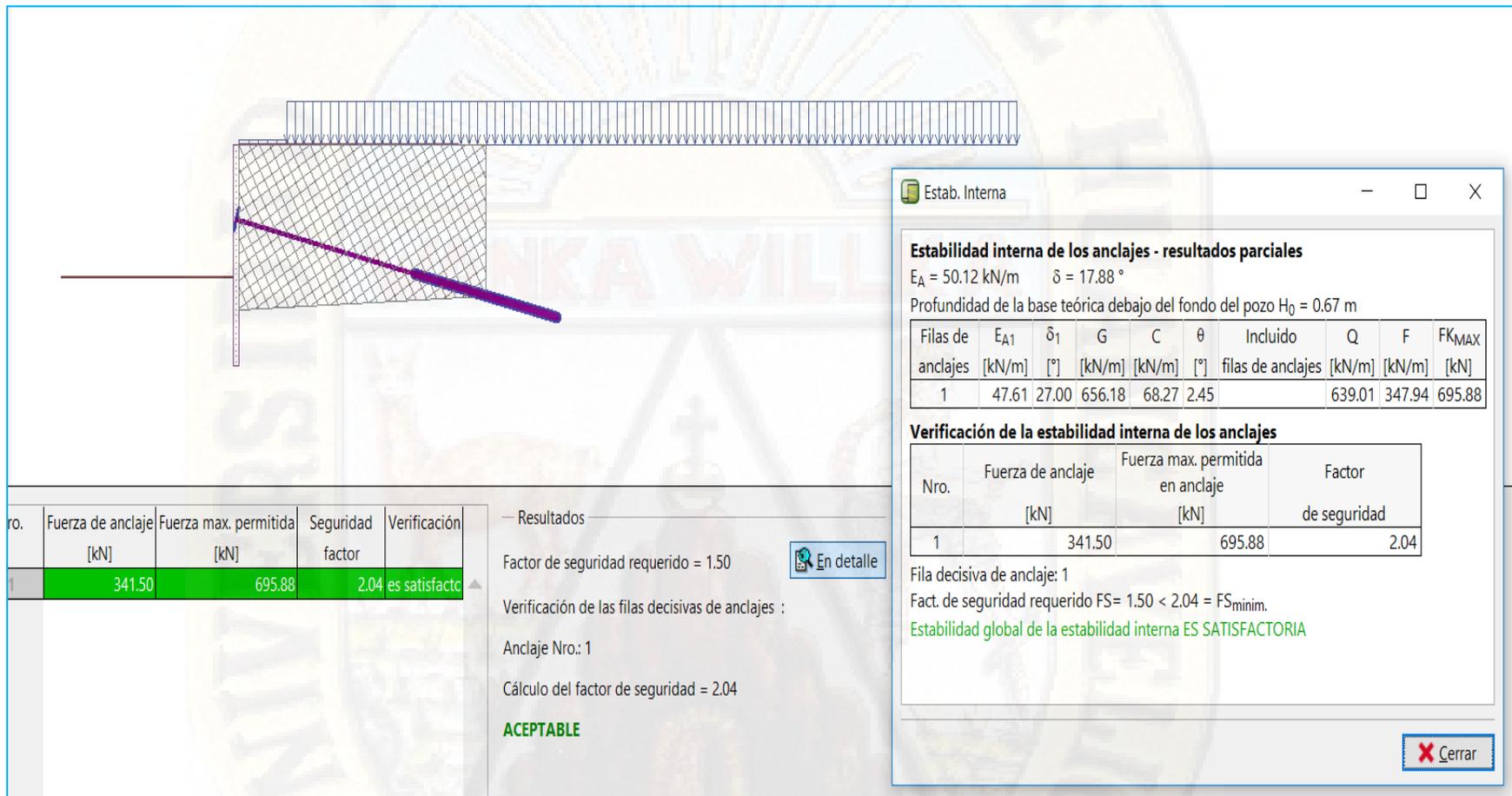
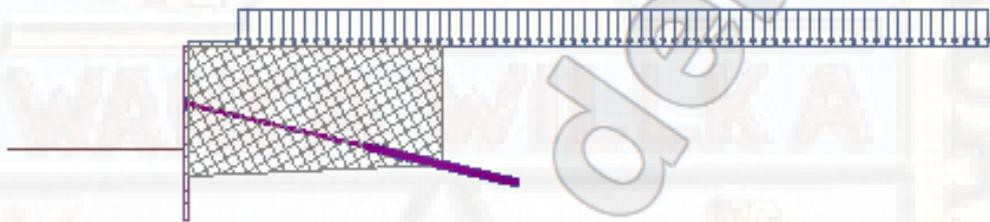


Figura 98. Estabilidad interna del anclaje  
 Fuente: Elaboración por los autores.

Nombre :

Etapa - análisis : 2 - -1



**Estabilidad interna de los anclajes - resultados parciales**

$E_A = 50.12 \text{ kN/m}$      $\delta = 17.88^\circ$

Profundidad de la base teórica debajo del fondo del pozo  $H_0 = 0.67 \text{ m}$

Filas de anclajes	$E_{A1}$ [kN/m]	$\delta_1$ [°]	G [kN/m]	C [kN/m]	$\theta$ [°]	Incluido filas de anclajes	Q [kN/m]	F [kN/m]	$FK_{MAX}$ [kN]
1	47.61	27.00	856.18	68.27	2.45		639.01	347.94	695.88

**Verificación de la estabilidad interna de los anclajes**

Nro.	Fuerza de anclaje [kN]	Fuerza max. permitida en anclaje [kN]	Factor de seguridad
1	341.50	695.88	2.04

Fila decisiva de anclaje: 1

Fact. de seguridad requerido  $FS = 1.50 < 2.04 = FS_{minim}$

**Estabilidad global de la estabilidad interna ES SATISFATORIA**

Figura 99. Estabilidad interna del anclaje

Fuente: Elaboración por los autores.

**ANÁLISIS DE ESTABILIDAD GLOBAL DEL TALUD DEL SUELO A  
UNA PROFUNDIDAD DE Z=1.50 M MEDIANTE EL SOFTWARE GEO 5.**

JOVICA QUISPE HILARIO		VERIFICACION DE MURO PANTALLA					
<b>Análisis de estabilidad de taludes</b>							
<b>Entrada de datos</b>							
Proyecto							
Configuración							
Estándar - Factor de seguridad							
Análisis de estabilidad							
Análisis sísmico : Estándar							
Metodología de verificación : Factores de seguridad (ASD)							
<b>Factores de seguridad</b>							
<b>Situación de diseño permanente</b>							
Factor de seguridad :		SF <sub>g</sub> = 1.50 [-]					
<b>Interfaz</b>							
Nro.	Ubicación de la interfaz	Coordenadas de puntos de interfaz [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-11.25	-2.70	-0.30	-2.70	-0.30	0.00
		0.00	0.00	13.50	0.00		
2		-0.30	-2.70	-0.30	-4.50	0.00	-4.50
		0.00	0.00				
<b>Parámetros de suelo - Estado de tensión efectiva</b>							
Nro.	Nombre	Trama	φ <sub>ef</sub> [°]	c <sub>ef</sub> [kPa]	γ [kN/m <sup>3</sup> ]		
1	Grava arcillosa (GC)		27.00	10.00	19.50		
<b>Parámetros de suelo - subpresión</b>							
Nro.	Nombre	Trama	γ <sub>sat</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	γ <sub>s</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	n [-]		
1	Grava arcillosa (GC)		19.50				
<b>Datos del suelo</b>							
Peso unitario :	γ = 19.50 kN/m <sup>3</sup>						
Estado de tensión :	efectivo						
Ángulo de fricción interna :	φ <sub>ef</sub> = 27.00 °						
Cohesión de suelo :	c <sub>ef</sub> = 10.00 kPa						
Peso unitario de suelo saturado :	γ <sub>sat</sub> = 19.50 kN/m <sup>3</sup>						
1							
[GEO5 - Verificación de Muro Pantalla (Versión Demo)   versión 5.2019.74.0   Copyright © 2019 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved   www.finesoftwares.es] [Fine Latin America   +54 9 341 3895105   hotline@fine-latnamerica.com   http://www.finesoftwares.es]							

Figura 100. Análisis de estabilidad del talud del suelo hoja 1  
Fuente: Elaboración por los autores.

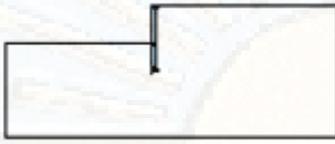
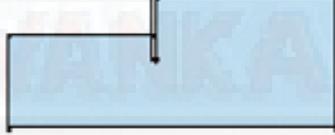
JOVICA QUISPE HILARIO		VERIFICACIÓN DE MURO PANTALLA							
<b>Cuerpos rígidos</b>									
Nro.	Nombre	Patrón	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]						
1	Material de muro		23.00						
<b>Asignación y superficies</b>									
Nro.	Posición de superficie	Coordenadas de puntos de superficie [m]				Asignado suelo			
		x	z	x	z				
1		-0.30	-4.50	0.00	-4.50	Material de muro 			
		0.00	0.00	-0.30	0.00				
		-0.30	-2.70						
2		0.00	-4.50	-0.30	-4.50	Grava arcillosa (GCI) 			
		-0.30	-2.70	-11.25	-2.70				
		-11.25	-9.50	13.50	-9.50				
		13.50	0.00	0.00	0.00				
<b>Anclajes</b>									
Nro.	Punto de inicio		longitud libre l [m]	Longitud de la raíz: l <sub>r</sub> [m]	Pendiente $\alpha$ [°]	Separación de anclajes b [m]	Fuerza de tesado F [kN]		
	x [m]	z [m]							
1	-0.30	-1.50	5.00	4.00	13.00	2.00	341.50		
<b>Sobrecarga</b>									
Nro.	Tipo	Tipo de acción	Ubicación z [m]	Origen x [m]	Longitud l [m]	Ancho b [m]	Pendiente $\alpha$ [°]	Magnitud	
1	Franja	Permanente	sobre el terreno	x = -1.30	l = 20.00		0.00	q, q <sub>r</sub> , f, F	q <sub>g</sub> kN/m <sup>2</sup>
2	Franja	Permanente	sobre el terreno	x = 0.00	l = 1.30		0.00		5.00    kN/m <sup>2</sup>
<b>Sobrecargas</b>									
Nro.	Nombre								
1	VIVIENDA								
2	ACERA								
<b>Agua</b>									
Tipo de agua : Sin presencia de agua									
<b>Grieta de tracción</b>									
No se ha introducido la grieta de tracción.									
<b>Sismo</b>									
Sismo no incluido.									
<b>Configuraciones de la etapa de construcción</b>									
Situación de diseño : permanente									
<b>Resultados (Etapa de construcción 1)</b>									
<b>Análisis 1</b>									
<b>Superficie de deslizamiento circular</b>									
			2						
[GEO5 - Verificación de Muro Pantalla (Versión Demo)   versión 5 2019.74.0   Copyright © 2019 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved   www.fine-software.es] [Fine Latin America   +54 9 341 3996185   hotline@fine-latinamerica.com   http://www.fine-software.es]									

Figura 101. Análisis de estabilidad del talud del suelo hoja 2.  
Fuente: Elaboración por los autores.

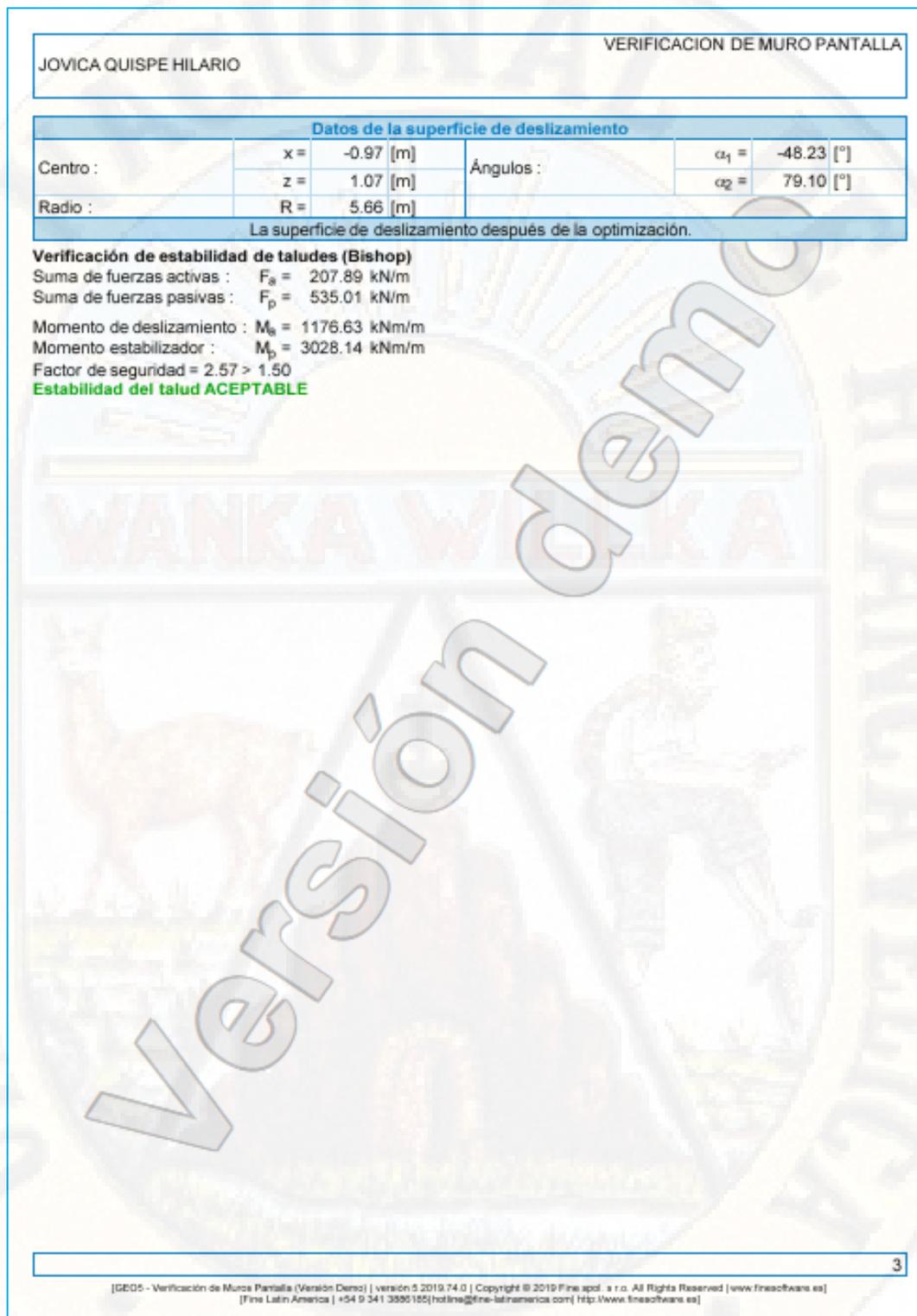


Figura 102. Análisis de estabilidad del talud del suelo hoja 3.  
Fuente: Elaboración por los autores.

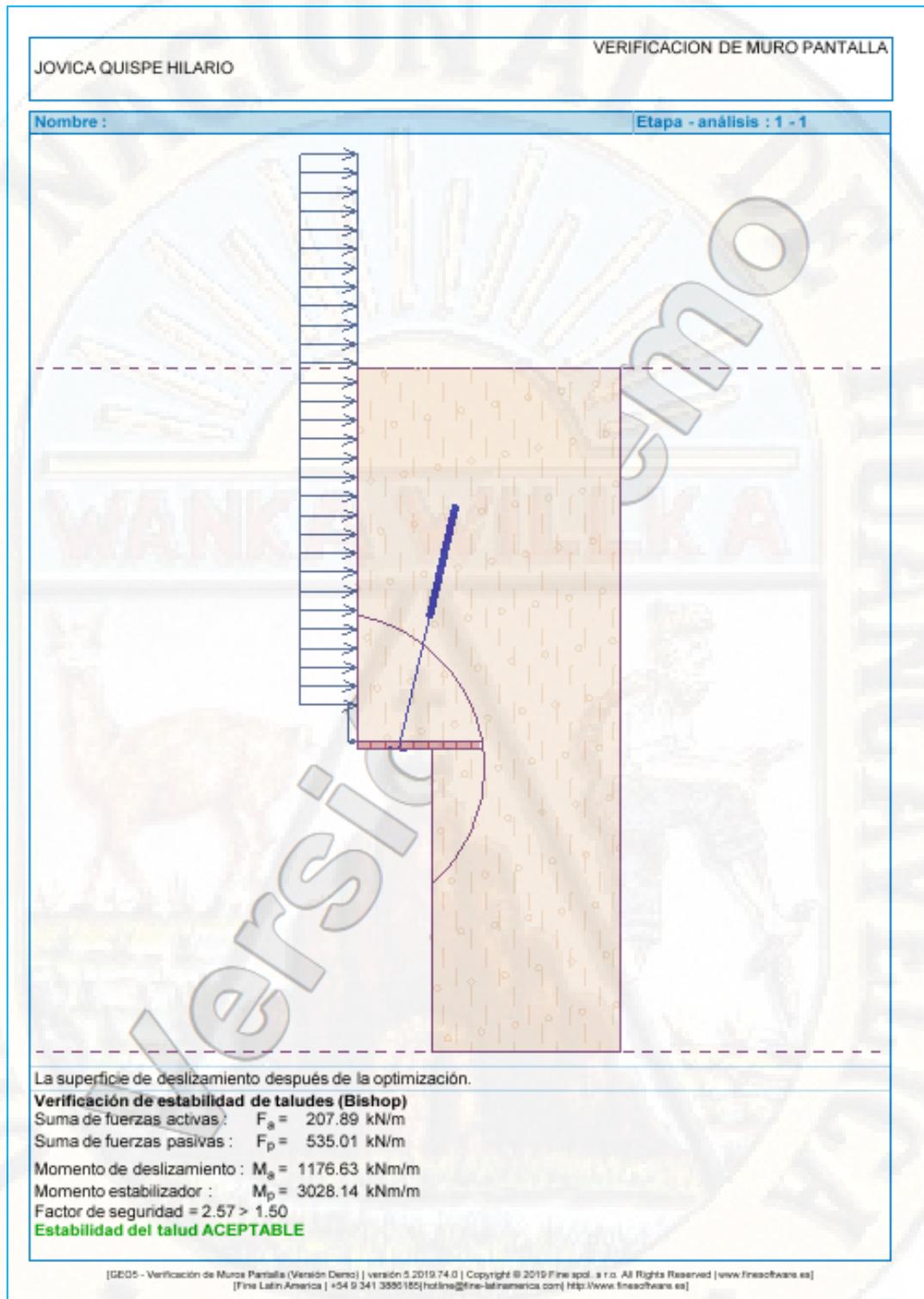


Figura 103. Estabilidad global del talud. del suelo  
 Fuente: Elaboración por los autores.

Resumen de la verificación del muro anclado y estabilidad global del talud del suelo con el mismo dimensionamiento de un anclaje, pero a diferentes profundidades.

Tabla 40  
Resumen de la verificación de muro anclado y estabilidad global

	Z=0.9m	Z=1.10m	Z=1.50m
$FS_{anclaje}$	1.67	1.79	2.04
$FS_{talud}$	2.49	2.52	2.57
$\delta_{Hmax}$	90.5 mm	92.4mm	94.5mm

Fuente. Elaboración por los autores

Sin embargo, sabemos que:FDHG

$$FS_{anclaje} = 1.5 \text{ minimo}$$

$$FS_{talud} = 1.5 \text{ minimo}$$

También podemos decir que, el factor de seguridad del talud del suelo sin anclaje es 1.49 como indica en la figura 46 y 47, el cual está fuera del factor de seguridad mínima.

$$FS_{talud} = 1.49 < 1.5 \text{ muro sin anclaje}$$

## 4.2 PRUEVA DE HIPOTESIS

Se tiene los datos:

Tabla 41  
Resumen de la estabilidad global del talud del suelo

	Z=0.9m	Z=1.10m	Z=1.50m
$FS_{talud}$	2.49	2.52	2.57

Fuente: Elaboración por los autores.

Utilizando la prueba T para una muestra, se prueba la hipótesis.

$$FS_{talud} = 1.49 \text{ valor de prueba}$$

$$FS_{talud} = 1.5$$

## Estadística descriptiva

Tabla 42  
*Resultados de la estadística descriptiva*

		N°	Rango	Mínimo	Máximo	Media		Desviación estándar	Varianza	Asimetría
		Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Error estándar	Estadístico	Estadístico	Error estándar
factor de seguridad		3	0.08	2.49	2.57	2.5267	0.04041	0.002	0.722	1.225
N valido por lista		3								

Fuente: Elaboración por los autores.

### FRECUENCIA

Estadísticos del factor de seguridad

Tabla 43  
*Resultados de la frecuencia*

N° Valido	3
media	2.5267
Error estándar de la media	0.2333
Mediana	0.5200
Moda	2.49
Desviación estándar	0.04041
varianza	0.002
Asimetría	0.722
Error estándar asimetría	1.225
Mínimo	2.49
Máximo	2.57

Fuente: Elaboración por los autores.

## PRUEBA T

Tabla 44  
*Resultados de la estadística*

	N	media	Desviación estándar	Media de error estándar
factor de seguridad	3	2.5267	0.04041	0.2333

Fuente: Elaboración por los autores.

Tabla 45  
*Resultados de la prueba T*

Prueba de muestra única						
	Valor de prueba = 1.49					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
FACTOR DE SEGURIDAD	44,429	2	,001	1,03667	,9363	1,1371

Fuente: Elaboración por los autores.

Se tiene como resultado (03) datos y (01) dato como valor de prueba los cuales se realizaron un proceso de análisis de datos mediante una PRUEBA T DE UNA MUESTRA de tal manera se logre el valor de  $P =$  valor de significancia.

$P < 0.05$  se aplica la hipótesis alterna ( $H_a$ )

$P > 0.05$  se aplica la hipótesis nula ( $H_0$ )

$H_a =$  si es significativo

$H_0 =$  no es significativo

Finalmente, se demuestra la prueba de hipótesis obteniendo el valor de  $P$  de la tabla de prueba de muestra única.

$P = 0.001$ , entonces podemos decir que, la inyección de anclaje al muro de concreto **estabiliza favorablemente** con un  $FS = 2.52$  con anclaje en función a al valor de prueba con un  $FS=1.49$  sin anclaje.

Tabla 46

*Conservación del talud del suelo en función al FS*

<b>Grado de conservación</b>	<b>Factor de seguridad FS</b>
Bueno	$FS \geq 2$
Regular	$2 \leq FS \geq 1.5$
Malo	$FS \leq 1.5$

Fuente: Elaborado por los autores.

También podemos mencionar que el **grado de conservación del talud del suelo es buena por tener un factor de seguridad de 2.52** según la figura 82 y 83 y **siendo mayor que 2** según la tabla 46.

### **4.3 DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

Respecto al desplazamiento horizontal máximo del muro pantalla, excede el límite de rango que es el 0.18%H establecido por (Sanhueza, 2008). Inicialmente el muro pantalla tenía un desplazamiento de 157.8 mm el cual se encuentra fuera del límite, asimismo en la estabilidad de talud del suelo no cumple el factor de seguridad mínima de  $FS=1.49 < 1.5$ .

Según establece (Das B. , 2001) que el factor de seguridad mínima del talud del suelo es de  $FS=1.5$ , los cuales cumplen cada uno de las tres pruebas realizadas a diferentes profundidades con el modelamiento de software GEO5.

La Norma Europea (UNE-EN-1537, 2001) en el capítulo III exactamente menciona que el factor de mayoración o factor de seguridad para anclajes permanentes es de 1.5 como mínimo.

El Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE, 2019) en el capítulo 4 Artículo 24 cimentaciones superficiales en taludes menciona que el factor de seguridad para taludes es de 1.5 como mínimo; con esto quiero decir, que el resultado del

factor de seguridad que se obtuvo del talud del suelo sin anclaje es de 1.49; y con anclaje es de 2.52 en el cual se cumple lo indica el RNE.

(Sabatine & otros, 1998) indica que el factor de seguridad óptimo para el anclaje es  $\geq 2$ ; por lo tanto, es pertinente mencionara que al haber realizado las tres pruebas de modelamiento a diferentes profundidades con un dimensionamiento de anclaje varía el factor de seguridad del anclaje en función a la profundidad. Por lo tanto, es tomado un FS de 1.79. Dicho FS no es el óptimo, pero tampoco es el mínimo vale decir que se encuentra sobre el FS  $\geq 1.5$  que es el mínimo.

## CONCLUSIONES

- ✓ Se determinó favorablemente la estabilidad del talud del suelo con la inyección del anclaje según la prueba de hipótesis tabla 45 para la conservación del talud con un factor de seguridad 2.52 y a una profundidad  $Z=1.10\text{m}$ . Asimismo el desplazamiento horizontal del muro disminuye en un 42.64 % del total, vale decir que, el desplazamiento horizontal del muro pantalla sin anclaje es 157.8 mm e inyectado el anclaje disminuye a 90.5 mm
- ✓ Se determinó la longitud de la inyección del anclaje conformado por la longitud libre de 5.00 m y longitud del bulbo de 4.00 m, asimismo se diseñó el anclaje teniendo en cuenta el plano de superficie de falla del terreno y adicionar un  $0.2H$  de longitud para tener un factor de seguridad del anclaje mayor a 1.5.
- ✓ Se determinó el Angulo de inclinación del anclaje de  $13^\circ$  para obtener un factor de seguridad del talud del suelo y anclaje mayor a 1.5 y disminuir el desplazamiento horizontal máximo.
- ✓ Se determinó la carga máxima de diseño para el anclaje de 341.5 kN, esfuerzo de tensión que transmite desde la superficie del muro hasta la zona firme del terreno.

## RECOMENDACIÓN

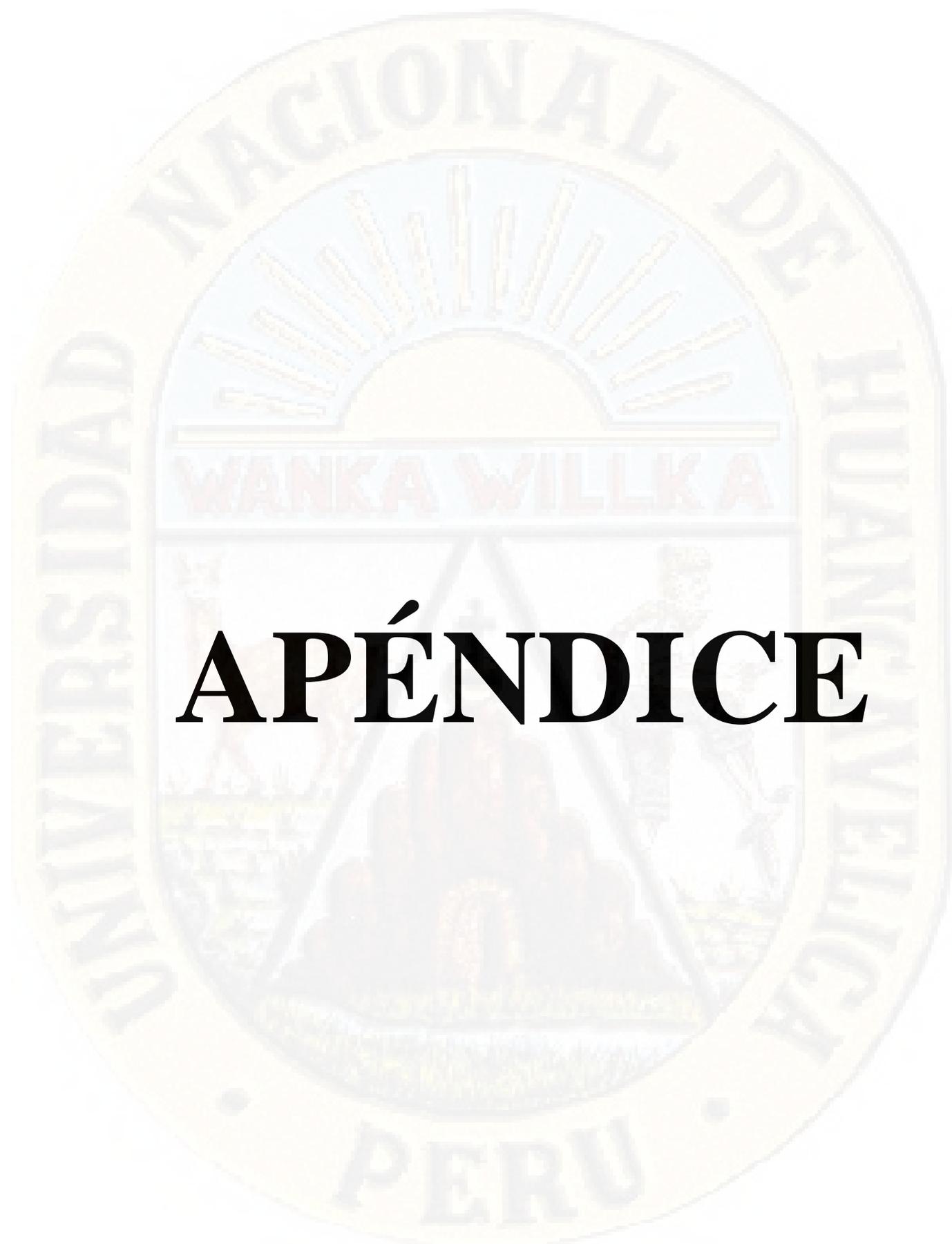
- ✓ Se recomienda realizar los ensayos de prueba de laboratorio con precisión para tener mejores resultados, pues estos datos son punto base del trabajo de investigación.
- ✓ Para el cálculo del incremento de la longitud libre de los anclajes activos a través de la teoría de Peck, se debe utilizar como mínimo la mayor distancia obtenida de 1.5 m o una quinta parte de la altura del muro.
- ✓ Se recomienda que las longitudes de bulbo mínimas sean de 4.0 m para anclajes instalados en muro y, mientras que para las longitudes máximas se debe considerar un valor de 12.0 m para suelos. Cuando se requieran longitudes mayores a los valores máximos establecidos, se debe contemplar la utilización de otro sistema de retención porque influye el costo/ beneficio.
- ✓ Se recomienda seguir investigando sobre el uso de este tipo de estructuras que es inyección de anclaje para seguir contribuyendo en el ámbito de la ingeniería.

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

1. Alonso, A. (2001). *Guía para el diseño y la ejecución de anclajes al terreno en obras de carretera*.
2. American Psychological Association. (2010) *Manual de Publicaciones*. Mexico
3. Bermudez, D., & Carbajal, G. (2017). FIRST RUN y optimización de procesos en la construcción de muros anclados. (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
4. Chavez, F., & Correa, L. (2015). *Uso de inclinómetros para monitoreo de las deformaciones en un muro anclado para un proyecto en el conglomerado de Lima*. (Tesis de pregrado). Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú
5. Correa, L., & Chavez, F. (2015). *Uso de inclinómetro para mortero de las deformaciones de un muro anclado para un proyecto en un conglomerado en Lima*. (tesis de pregrado). Universidad Ricardo Palma, Lima. Perú.
6. Crespo Villadaz, C. (2004). *Mecánica de suelos y cimentaciones*. México: Limusa Noriega Editores.
7. Das, B. M. (2001). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica* (Primera edición ed.). Thomson.
8. Das, B. M. (1983). *Fundamentos de ingeniería geotécnica*. Mexico: OVA.
9. Espinoza, J., & Chate, F. (2018). *Estudio de mecánica de suelos en el diseño de muros con anclaje temporal en un sótano del proyecto residencial Aguarico - Breña*. (tesis de pregrado). Universidad San Martín de Porras, Lima.
10. Figueroa, G., Rodríguez, F., & Zelada, E. (2011). *Análisis y diseño de estructuras de retención de aplicación reciente en el salvador*. (tesis de pregrado). Universidad de El Salvador, San Salvador.
11. Hernández, R.; Fernández, C. y Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación* (Quinta ed.). México, México: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES.
12. Lambe, W. (2001). *Mecánica de suelos*. México D.F., México: Limusa.
13. Puelles, J. A. (2011). *Determinación de la capacidad de adherencia con fines de diseño optimizado de anclajes en suelo*. (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.
14. Rengifo, J. (2015). *Muros anclados en arenas, análisis y comparación de técnicas de anclajes*. (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
15. Reglamento Nacional de Edificaciones. (2012). Normas de carga E-020. Lima. Peru
16. Reglamento Nacional de Edificaciones. (2012). Normas de carga E-050. Lima. Peru
17. Universidad Tecnológica Nacional, Rivera, E. (2004). *Anclajes y sistemas de anclaje*. Recuperado de [HYPERLINK "https://www.hilti.com.ar/medias/sys\\_master/documents/h47/9195393089566/Informacion\\_tecnica\\_ASSET\\_DOC\\_LOC\\_5591124.pdf"](https://www.hilti.com.ar/medias/sys_master/documents/h47/9195393089566/Informacion_tecnica_ASSET_DOC_LOC_5591124.pdf)

[https://www.hilti.com.ar/medias/sys\\_master/documents/h47/9195393089566/Informacion\\_tecnica\\_ASSET\\_DOC\\_LOC\\_5591124.pdf](https://www.hilti.com.ar/medias/sys_master/documents/h47/9195393089566/Informacion_tecnica_ASSET_DOC_LOC_5591124.pdf)

18. Sanhueza, C. (2008). *Criterios y parametros de diseño para pantallas continuas en Madrid*. (tesis de doctorado). Universidad Politecnica de Madrid, Madrid.
19. Ucar Navarro, R. (2002). *Manual de anclajes en obras de tierra*. merida.
20. Ucar, R. (2002). *Manual de anclajes en obras de tierra. (Manual)*. Universidad de los Andes, Mérida.
21. Ugaz, J. (2018). *Análisis técnico del uno de muro anclado y empotrados para excavaciones profundas en suelos gravoso y rellenos*. (Trabajo de suficiencia profesional). Universidad San Ignacio de Loyola, lima.
22. Veliz, C. (2009). *Estabilización de taludes con pantallas de concreto lanzado con malla electro soldada y anclajes de concreto reforzado*. (Tesis de posgrado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
23. Whitlow, R. (1989). *Fundamentos de mecanica de suelos*. Mexico: CECSA.



# APÉNDICE

## MATRÍZ DE CONSISTENCIA

### TÍTULO: “INYECCIÓN DE ANCLAJE AL MURO DE CONCRETO PARA LA CONSERVACIÓN DEL TALUD DE LA AV. 28 DE ABRIL DEL BARRIO DE SAN CRISÓBAL, HUANCAMELICA”

PROBLEMA	OBJETIVO	MARCO TEÓRICO	HIPÓTESIS	VARIABLE	METODOLOGÍA
<p><b>Problema General:</b></p> <p>¿Cuál será, la estabilidad con la inyección de anclaje al muro de concreto para la conservación del talud del suelo de la Av. 28 de abril del barrio de San Cristóbal, Huancavelica?</p> <p><b>Problemas específicos:</b></p> <p>a) ¿Cuál será, la estabilidad con la inyección de anclaje al muro de concreto con la longitud de inyección para la conservación del talud del suelo de la Av. 28 de abril del barrio de San Cristóbal, Huancavelica?</p> <p>b) ¿Cuál será, la estabilidad con la inyección de anclaje al muro de concreto con el ángulo de inclinación para la</p>	<p><b>Objetivo General:</b></p> <p>Determinar la estabilidad con la inyección de anclaje al muro de concreto para la conservación del talud del suelo de la Av. 28 de abril del barrio de San Cristóbal, Huancavelica.</p> <p><b>Objetivos específicos:</b></p> <p>a) Determinar la longitud de inyección de anclaje al muro de concreto para la conservación del talud del suelo de la Av. 28 de abril del barrio de San Cristóbal, Huancavelica 2019.</p> <p>b) Determinar el ángulo de inclinación en la inyección de anclaje al muro de concreto para la conservación del talud del suelo de la Av. 28 de abril del barrio de San</p>	<p><b>Antecedentes:</b></p> <p><b>Internacional</b></p> <p>Universidad Católica de la Santísima Concepción-Chile-(2012): Mozó, “Análisis y diseño de muros pantalla en suelos arenoso”</p> <p>Universidad de el Salvador-El Salvador-(2011): Figueroa, Rodríguez y Enrique, “Análisis y diseño de estructuras de retención de aplicación reciente en el salvador”</p> <p>Universidad de Guayaquil-Ecuador-(2018): Malo, “Metodología de construcción de muros anclados en sótano de parqueos del proyecto inmobiliario ágora XXI, ciudad viva”</p> <p>(2006): Suarez, “Deslizamiento: técnicas de remediación”</p> <p><b>Nacional</b></p> <p>Pontifica Universidad Católica del Perú-(2015): Rengifo, “Muros anclados en arenas,</p>	<p><b>Hipótesis General:</b></p> <p>La inyección de anclaje al muro de concreto estabiliza favorablemente en la conservación del talud de la Av. 28 de abril del barrio de San Cristóbal, Huancavelica.</p> <p><b>Hipótesis específicas:</b></p> <p>a) La longitud de inyección de anclaje al muro de concreto estabiliza favorablemente en la conservación del talud de la Av. 28 de abril del barrio de San Cristóbal, Huancavelica.</p> <p>b) El ángulo de inclinación en la inyección de anclaje al muro de concreto estabiliza favorablemente en la conservación del talud de la Av. 28 de abril del barrio de San Cristóbal, Huancavelica.</p>	<p><b>Identificación de variables:</b></p> <p><b>Variable 1:</b></p> <p><b>Inyección de anclaje al muro de concreto.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Longitud de la inyección</li> <li>- Ángulo de inclinación</li> <li>- Carga máxima de diseño</li> </ul> <p><b>Variable 2:</b></p> <p><b>Conservación del talud.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bueno</li> <li>- Regular</li> <li>- Deficiente</li> </ul>	<p><b>Tipo:</b> Aplicada</p> <p>Hernández Sampieri (2010).</p> <p><b>Nivel:</b> Descriptivo-Comparativo</p> <p>O1:----- R1 O2:----- R2 O3:----- R3</p> <p><b>Donde:</b></p> <p>O1, O2 y O3 = Observaciones R1, R2 y R3 = Resultados</p> <p><b>Población y Muestra:</b></p> <p><b>Población:</b></p> <p>72.00 metros de longitud de muro de concreto (muro pantalla), constituidos por 18 paños, cada paño de 4.00 metros de longitud y 3.43 metros de altura.</p> <p><b>Muestra:</b></p> <p>Está conformado por 2 paños de muro de</p>

<p>conservación del talud del suelo de la Av. 28 de abril del barrio de San Cristóbal, Huancavelica?</p> <p>c) ¿Cuál será, la estabilidad con la inyección de anclaje al muro de concreto con la carga máxima de diseño para la conservación del talud del suelo de la Av. 28 de abril del barrio de San Cristóbal, Huancavelica?</p>	<p>Cristóbal, Huancavelica.</p> <p>c) <b>Determinar la carga máxima de diseño</b> en la inyección de anclaje al muro de concreto para la conservación del talud del suelo de la Av. 28 de abril del barrio de San Cristóbal, Huancavelica 2019.</p>	<p>análisis y comparación de técnicas de anclajes”</p> <p>Universidad Nacional de Ingeniería-(2011): Puelles, “Determinación de la capacidad de adherencia con fines de diseño optimizado de anclajes en suelo”</p> <p>Universidad Nacional de Ingeniería-(2011): Cerna, “Análisis y diseño de muros anclados para estabilización de excavaciones profundas”</p> <p><b>Local</b></p> <p>Universidad Nacional de Huancavelica-(2018): Espinoza y Rivera, “Análisis retrospectivo y prospectivo secuencial de deslizamiento de laderas en la ciudad universitaria de la universidad nacional de Huancavelica”</p> <p><b>Marco Teórico Referencial:</b></p> <p>Inyección de anclaje al muro de concreto. Análisis del Talud a Estabilizar. Criterios de estabilidad a considerar. Los anclajes como elemento estabilizador. Muros pantalla. Muros pantalla anclado.</p>	<p>c) La <b>carga máxima de diseño</b> en la inyección de anclaje al muro de concreto <b>estabiliza favorablemente</b> en la conservación del talud de la Av. 28 de abril del barrio de San Cristóbal, Huancavelica.</p>	<p>concreto; u 8.00 metros de longitud de muro para todos los ensayos.</p> <p><b>Técnicas e instrumentos de recolección de datos:</b></p> <p><b>a. Técnicas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Observación directa e indirecta del terreno.</li> <li>• Exploración detallada del sitio.</li> <li>• Informe Técnico:</li> <li>• Análisis de estabilidad del talud.</li> </ul> <p><b>b. Instrumentos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Guía de la norma E-050 suelos y cimentaciones.</li> <li>• Fichas de ensayo.</li> <li>• Sondeo de tamices de mallas cuadradas.</li> <li>• Equipo para densidad in situ (cono de área).</li> <li>• Dispositivo de copa Casagrande.</li> <li>• Equipo para obtener el contenido de humedad (taras, balanza analítica y horno).</li> <li>• Equipo de comprensión triaxial no drenado no consolidado.</li> <li>• Software GEO5.</li> </ul>
---	---	--	--	---

		<p>Estabilidad global del muro pantalla anclado.  Diseño de anclajes.  Anclaje.  Anclajes inyectados.  Anclajes provisionales.  Anclajes pasivos.  Anclajes activos.  Anclajes mixtos.  Cimentación.  Clasificación de suelos.  Conservación.  Durabilidad del concreto.  Esfuerzo cortante.  Empuje activo.  Empuje pasivo.  Empuje reposo.  Estabilidad.  Estrato.  Factor de seguridad.  Granulometría.  Inyección.  Límites de Atterberg.  Muros de contención.  Muros de contención por gravedad.  Muros de contención ligeros (a flexión).  Resistencia a la compresión.  Resistencia Mecánica.  Suelo.  Talud.</p>			<p><b>Técnicas de Procesamiento de datos:</b>  Se Utilizó el software GEO 5.</p> <p><b>Para el análisis e interpretación de datos:</b></p> <p>En el presente trabajo de investigación se tiene como resultado (03) datos y (01) dato como valor de prueba los cuales se realizarán un proceso de análisis de datos mediante una PRUEBA T DE UNA MUESTRA de tal manera se logre el valor de <math>P =</math> valor de significancia.  <math>P &gt; 0.05</math> se aplica la hipótesis alterna (<math>H_a</math>)  <math>P &lt; 0.05</math> se aplica la hipótesis alterna (<math>H_o</math>)  <math>H_a =</math> si es significativo  <math>H_o =</math> no es significativo</p>
--	--	---	--	--	---

Fuente: Elaboración por los autores.

## CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

ACTIVIDADES	MESES				
	jul.	ago.	sep. Oct.	nov	dic
Presentación y aprobación del Proyecto	X				
Ejecución del Proyecto	X	X	X	X	
Toma de muestras en el Barrio San Cristóbal-Huancavelica	X				
Análisis de muestras en el Laboratorio de la Universidad Nacional de Huancavelica	X	X			
Caracterización		X	X		
Elaboración de informes final de la tesis			X	X	
Sustentación y Presentación de la tesis para su publicación					X

*Fuente: Elaboración propia*

## PRESUPUESTO

### RECURSOS MATERIALES Y SERVICIOS

RECURSOS	CANTIDAD	COSTO (S/.)
<i>Material de escritorio</i>		
✓ Papel Bond A4 de 70 g.	4 millares	72.00
✓ Lapiceros	10 unidades	8.50
✓ Lápices	4 unidades	4.80
✓ Grapas	4cajas	4.00
✓ CD-Room	5 unidades	10.00
✓ Cuadernillos	4 unidades	6.00
✓ Fólder	12 unidades	12.00
✓ Corrector	2 unidades	9.00
✓ Resaltador	2 unidades	3.00
✓ Tinta de Impresión a color	1 unidad	170.00
✓ Tinta de Impresión en negro	2 unidades	280.00
✓ Papel Bond A2 de 70 g.	12 unidades	7.20
<b>Subtotal</b>		<b>586.50</b>

<b><i>Bienes de consumo</i></b>		
➤ Internet	50 horas	50.00
➤ Fotos	Global	30.00
➤ Fotocopias	Global	120.00
➤ Escaneados	Global	55.00
➤ Anillado	8 unidades	30.00
➤ Encuadernación	10 unidades	100.00
<b>Subtotal</b>		<b>385.00</b>
<b><i>Equipos</i></b>		
➤ Alquiler de equipos	Global	800.00
➤ Estudio de Mecánica de Suelos (EMS).	Global	2000.00
<b>Subtotal</b>		<b>2800.00</b>
<b><i>Viáticos y fletes</i></b>		
✓ Movilidad	Global	100.00
✓ Alimentación	Global	200.00
✓ Otros	Global	500.00
<b>Subtotal</b>		<b>800.00</b>
<b>Total</b>		<b>4,571.50</b>

Fuente: Elaboración propia.