



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**“INFLUENCIA DEL FILTRO TIPO CHIMENEA MEDIANTE MODELAMIENTO
BIDIMENSIONAL PARA UNA PRESA DE MATERIAL HOMOGÉNEO EXTRAÍDO
DE LA CANTERA TRES TOMAS”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR:

**PERALES ASMAT, JOSUE ELIAZER
SABOYA GUERRERO, ROBERT HENRY**

ASESOR:

CUBAS ARMAS MARLON ROBERT (0000-0001-9750-1247)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

DISEÑO DE OBRAS HIDRÁULICAS Y SANEAMIENTO

**CHICLAYO – PERÚ
2018**

DEDICATORIA

A Dios sobre todas las cosas, a mis padres y hermanos, a mis docentes y a cada persona que me brindo su ayuda de manera desinteresada durante mi educación superior.

Perales Asmat Josué Eliazer.

A Jehová Dios, mis Padres Crispín y Alejandrina por su inmenso apoyo, mis Hermanos, señora Beatriz Torres Catón y a mis grandes amigos Alex Gayoso Acosta, Hernán Tarrillo García, Rony Irigion Quesquén, Ángel delgado Sirlopu y Josué Perales Asmat por su apoyo

Saboya Guerrero Robert Henry.

AGRADECIMIENTO:

A nuestros padres por su apoyo incondicional, y las fuerzas que nos brindan día a día.

A nuestros docentes Ing. Arriola Carrasco Guillermo, Ing. Arbulú Ramos José, Ing. Marín Bardales Noé y al Ing. Cubas Armas Marlon.

Perales Asmat Josue Eliazer.
Saboya Guerrero Robert Henry.

PÁGINA DEL JURADO



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO



0273
0850

ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Chiclayo, siendo las 12:00 horas del día 17 de abril de 2019, de acuerdo a lo dispuesto por la Resolución de Dirección de Investigación N° 0638-2019/UCV-CH, de fecha 08 de abril, se procedió a dar inicio al acto protocolar de sustentación de la tesis "INFLUENCIA DEL FILTRO TIPO CHIMENEA MEDIANTE MODELAMIENTO BIDIMENSIONAL PARA UNA PRESA DE MATERIAL HOMOGÉNEO EXTRAÍDO DE LA CANTERA TRES TOMAS", presentada por el Bachilleres: PERALES ASMAT JOSUÉ ELIAZER y SABOYA GUERRERO ROBERT HENRY con la finalidad de obtener el Título de Ingeniero Civil, ante el jurado evaluador conformado por los profesionales siguientes:

- Presidente: Mgtr. Carlos Javier Ramírez Muñoz
- Secretario: Mgtr. Julio César Benites Chero
- Vocal: Mgtr. Marlon Robert Cubas Armas

Concluida la sustentación y absueltas las preguntas efectuadas por los miembros del jurado se resuelve:

Aprobar por Unanimidad

Siendo las 13:00 horas del mismo día, se dió por concluido el acto de sustentación, procediendo a la firma de los miembros del jurado evaluador en señal de conformidad.



Chiclayo, 17 de abril de 2019

Mgtr. Carlos Javier Ramírez Muñoz
Presidente

Mgtr. Julio César Benites Chero
Secretario

Mgtr. Marlon Robert Cubas Armas
Vocal

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.

Nosotros PERALES ASMAT JOSUE ELIAZER con DNI N° 46777038 y SABOYA GUERRERO ROBERT HENRY con DNI N° 43272255 a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

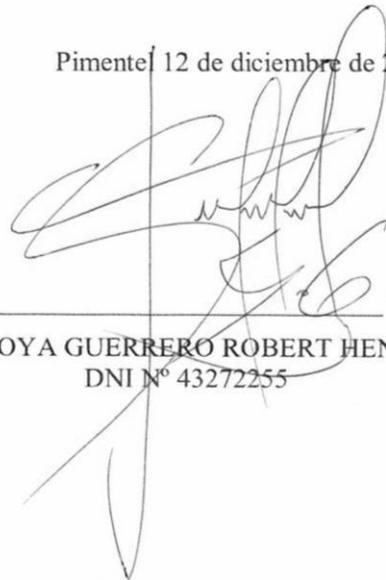
Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Pimente 12 de diciembre de 2018



PERALES ASMAT JOSUE ELIAZER
DNI N° 46777038



SABOYA GUERRERO ROBERT HENRY
DNI N° 43272255

ÍNDICE

DESCRIPCIÓN	Pág.
CARATULA.....	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO:	iii
PÁGINA DEL JURADO	iv
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	v
ÍNDICE.....	vi
RESUMEN.....	xix
ABSTRACT	xx
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Realidad problemática	1
1.2. Trabajos Previos.....	2
1.2.1. Antecedentes Internacionales.....	2
1.2.2. Antecedentes nacionales	2
1.2.3. Antecedentes locales	3
1.3. Teorías relacionadas al tema	4
1.3.1. Influencia del filtro tipo chimenea.....	4
1.3.1.1. Características físicas del material que conformara el filtro (según la norma E.050: Suelos y Cimentaciones)	4
1.3.1.1.1. Contenido de humedad.	4
1.3.1.1.2. Análisis granulométrico con mallas (o tamices)	4
1.3.1.1.3. Peso unitario de los agregados	4
1.3.1.1.4. Gravedad específica y absorción.....	4
1.3.1.1.5. Permeabilidad de suelos granulares (Carga constante).....	4
1.3.1.1.6. Corte directo.....	4
1.3.1.2. Teorías relacionadas al caudal de filtración.....	5
1.3.1.2.1. Solución de Dupuit.	5
1.3.1.2.2. Solución de L. Casagrande.	5
1.3.1.2.3. Teoría de Kozeny ($\alpha = 180^\circ$).	5
1.3.1.2.4. Solución de Shaffernak - Van Iterson.	5
1.3.1.3. Métodos la estabilidad de taludes.	5
1.3.1.3.1. Bishop simplificado.	5
1.3.1.3.2. Morgenstern y Price.....	5
1.3.1.3.3. Spencer.....	6
1.3.2. Modelamiento bidimensional de una presa de material homogéneo.	6

1.3.2.1.	Características físicas del material que conformara la presa (según la norma E.050: Suelos y Cimentaciones)	6
1.3.2.1.1.	Contenido de humedad.	6
1.3.2.1.2.	Análisis Granulométrico Con Mallas (O Tamices).....	6
1.3.2.1.3.	Peso específico relativo de las partículas sólidas (Gs).....	6
1.3.2.1.4.	Peso unitario de los agregados.	6
1.3.2.1.5.	Gravedad específica y absorción.....	6
1.3.2.1.6.	Próctor modificado.....	6
1.3.2.1.7.	Permeabilidad de suelos granulares (Carga constante).....	7
1.3.2.1.8.	Corte directo.....	7
1.3.2.2.	Características hidráulicas de la presa.	7
1.3.2.2.1.	Rebosamiento y borde libre.	7
1.3.2.2.2.	Ancho de coronación.	7
1.3.2.2.3.	Taludes.....	8
1.3.2.3.	Análisis mediante software (GeoStudio y Rocscience).....	8
1.3.2.4.	Modelo físico.....	8
1.4.	Formulación del problema.	9
1.5.	Justificación del estudio.	9
1.5.1.	Justificación tecnológica.	9
1.5.2.	Justificación social.....	9
1.5.3.	Justificación económica.	10
1.6.	Hipótesis.	10
1.7.	Objetivos.....	10
1.7.1.	Objetivo general.....	10
1.7.2.	Objetivos específicos.	10
II.	MÉTODO.....	11
2.1.	Tipo y Diseño de investigación.....	11
2.2.	Operacionalización de Variables.....	11
2.3.	Población, muestra y muestreo.	14
2.3.1.	Población.....	14
2.3.2.	Muestra.....	14
2.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.	14
2.4.1.	Técnicas de recolección de datos.	14
2.4.2.	Instrumentos de recolección de datos.....	14
2.4.3.	Validación y confiabilidad del instrumento.	14
2.5.	Método de análisis de datos.	15
2.6.	Aspectos éticos.....	15

III. Resultados.....	16
3.1. Descripción de las características físicas del confitillo (filtro) procedente de la cantera Tres Tomas.....	16
3.1.1. Recolección del material.....	16
3.1.2. E. M. S. al material del confitillo (filtro).....	16
3.2. Análisis de la influencia del filtro tipo chimenea.....	17
3.3. Características físicas, mecánicas e hidráulicas de la presa de material homogéneo.....	18
3.3.1. Características físicas y mecánicas de la cimentación y del cuerpo de la presa.....	18
3.3.2. Características hidráulicas de la presa de material homogéneo.....	19
3.4. Estimación de los resultados obtenidos con respecto a la línea de infiltración, el caudal de infiltración y la estabilidad de taludes.....	19
3.4.1. Línea de infiltración y caudal de infiltración, uso de programa GeoStudio (Seep/W), el equipo de infiltración y drenaje y los métodos analíticos.....	19
3.4.2. Estabilidad de taludes con los programas SLIDE v 5.0 y SLOPE/W v. 2016.....	20
IV. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	21
V. CONCLUSIONES.....	23
VI. RECOMENDACIONES.....	24
VII. REFERENCIAS.....	25
VIII. ANEXOS.....	28
8.1. Matriz de consistencia.....	28
8.2. Instrumentos.....	29
8.3. Juicio de expertos.....	34
8.4. Análisis y desarrollo.....	36
8.4.1. Descripción de las características físicas del confitillo (filtro) procedente de la cantera Tres Tomas.....	36
8.4.1.1. Recolección del material - cantera Tres Tomas.....	36
8.4.1.2. E. M. S. al material del confitillo (filtro).....	37
8.4.1.2.1. Análisis Granulométrico.....	37
8.4.1.2.2. Contenido de humedad.....	43
8.4.1.2.3. Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso.....	44
8.4.1.2.4. Gravedad específica y absorción.....	46
8.4.1.2.5. Permeabilidad de suelos granulares, confitillo.....	48
8.4.1.2.6. Corte directo.....	50
8.4.2. Análisis de la influencia del filtro tipo chimenea.....	51
8.4.2.1. Predimensionamiento del filtro.....	51
8.4.2.1.1. Verificación de las partículas que conforman el filtro.....	51

8.4.2.1.2. Espesor del filtro.....	53
8.4.3. Características físicas, mecánicas e hidráulicas de la presa de material homogéneo.	54
8.4.3.1. Características físicas y mecánicas de la cimentación de la presa.....	54
8.4.3.1.1. Análisis Granulométrico	54
8.4.3.1.2. Contenido de humedad.	58
8.4.3.1.3. Peso unitario suelto y compactado del agregado fino.....	59
8.4.3.1.4. Gravedad específica y absorción.....	61
8.4.3.1.5. Peso específico relativo de las partículas sólidas (Gs).....	63
8.4.3.1.6. Próctor modificado.....	65
8.4.3.1.7. Permeabilidad de suelos granulares.	67
8.4.3.1.8. Corte directo.....	69
8.4.3.2. Características físicas y mecánicas del cuerpo de la presa.	73
8.4.3.2.1. Análisis Granulométrico.	73
8.4.3.2.2. Contenido de humedad.	80
8.4.3.2.3. Peso unitario suelto y compactado del agregado fino.....	81
8.4.3.2.4. Gravedad específica y absorción.....	83
8.4.3.2.5. Peso específico relativo de las partículas sólidas (Gs).....	85
8.4.3.2.6. Próctor modificado.....	87
8.4.3.2.7. Permeabilidad de suelos granulares.	89
8.4.3.2.8. Corte directo.....	91
8.4.3.3. Características hidráulicas de la presa de material homogéneo.....	95
8.4.3.3.1. Cimentación de la presa.....	95
8.4.3.3.2. Cuerpo de la presa.....	95
8.4.3.3.3. Borde libre	95
8.4.3.3.4. Taludes.....	96
8.4.3.3.5. Ancho de corona	97
8.4.3.3.6. Ancho de presa.....	97
8.4.3.3.7. Reboces.....	97
8.4.4. Estimación de los resultados obtenidos con respecto a la línea de infiltración, el caudal de infiltración y la estabilidad de taludes	99
8.4.4.1. Línea de infiltración y caudal de infiltración, uso de programa GeoStudio (Seep/W)	99
8.4.4.2. Línea de infiltración y caudal de infiltración, con la ayuda del equipo de infiltración y drenaje	116
8.4.4.3. Línea de infiltración y caudal de infiltración, con la ayuda de principios teóricos ...	141
8.4.4.4. Estabilidad de taludes, uso de programa GeoStudio (Slope/W).....	148
8.4.4.5. Estabilidad de taludes, uso de programa Slide 5.0.	182
Acta de aprobación de originalidad de tesis.....	216
Autorización de publicación de tesis en repositorio institucional UCV.....	218

Reporte de originalidad de tesis.	220
Autorización de la versión final del trabajo de investigación.	221

ÍNDICE DE CUADROS, TABLAS, ILUSTRACIONES Y GRAFICAS.

DESCRIPCIÓN	Pag.
Cuadro N° 1. Operacionalización de variables.	12
Continuación del cuadro N° 1. Operacionalización de variables.	13
Tabla 1. Muestra de material, cantera tres tomas.	16
Tabla 2. Resumen de ensayos realizados al confitillo.	16
Tabla 3. Comparación entre las permeabilidades del filtro, la cimentación y el cuerpo de la presa.	17
Tabla 4. Características físicas y mecánicas del material de cimentación y cuerpo de la presa.	18
Tabla 5. Características hidráulicas de la cimentación y del cuerpo de la presa.	19
Tabla 6. Caudal de infiltración - resumen de cálculos teóricos, equipo y software.	19
Tabla 7. Primer análisis granulométrico realizado al confitillo.	38
Tabla 8. Distribución granulométrica del confitillo.	38
Tabla 9. Segundo análisis granulométrico realizado al confitillo.	39
Tabla 10. Distribución granulométrica del confitillo.	40
Tabla 11. Resumen de las características granulométricas del confitillo.	42
Tabla 12. Propiedades del confitillo procedentes del ensayo de corte directo.	50
Tabla 13. Comparación entre las permeabilidades del filtro, la cimentación y el cuerpo de la presa.	51
Tabla 14. Características granulométricas del filtro y del cuerpo de la presa.	52
Tabla 15. Espesor del filtro a utilizar.	53
Tabla 16. Análisis granulométrico realizado a la cimentación de la presa.	54
Tabla 17. Distribución granulométrica de la cimentación de la presa.	55
Tabla 18. Resumen de las características granulométricas de la cimentación de la presa.	57
Tabla 19. Propiedades de la cimentación de la presa confitillo procedentes del ensayo de corte directo.	69
Tabla 20. Primer análisis granulométrico realizado al cuerpo de la presa.	73
Tabla 21. Distribución granulométrica del cuerpo de la presa.	74
Tabla 22. Segundo análisis granulométrico realizado al cuerpo de la presa.	75
Tabla 23. Distribución granulométrica del cuerpo de la presa.	75
Tabla 24. Resumen de las características granulométricas del cuerpo de la presa.	79
Tabla 25. Propiedades del cuerpo de la presa procedentes del ensayo de corte directo.	91
Tabla 26. Altura máxima para presas de tierra.	95
Tabla 27. Borde libre.	96
Tabla 28. Taludes.	96
Tabla 29. Ancho de corona.	97
Tabla 30. Coordenadas según sección de presa de tierra con filtro tipo chimenea.	101

Tabla 31. <i>Coordenadas del filtro tipo chimenea.</i>	102
Tabla 32. <i>Propiedades del suelo para diseño.</i>	104
Tabla 33. <i>Contenido de humedad del material en la cimentación de presa.</i>	119
Tabla 34. <i>Estimación de materiales de la cimentación de la presa sin filtro estrato inferior.</i>	119
Tabla 35. <i>Estimación de materiales de la cimentación de la presa sin filtro estrato superior.</i>	119
Tabla 36. <i>Control de compactación en la cimentación de la presa.</i>	119
Tabla 37. <i>Humedad obtenida previa compactación.</i>	120
Tabla 38. <i>Estimación de materiales en el cuerpo de la presa sin filtro</i>	120
Tabla 39. <i>Control de compactación en el cuerpo de la presa.</i>	120
Tabla 40. <i>Caudal de salida en rebose n° 01.</i>	121
Tabla 41. <i>Caudal de salida en rebose n° 02.</i>	121
Tabla 42. <i>Lectura piezométrica.</i>	121
Tabla 43. <i>Humedad obtenida previa compactación.</i>	122
Tabla 44. <i>Estimación de materiales en el cuerpo de la presa sin filtro al 98%.</i>	122
Tabla 45. <i>Control de compactación en el cuerpo de la presa.</i>	122
Tabla 46. <i>Caudal de salida en rebose n° 01.</i>	123
Tabla 47. <i>Caudal de salida en rebose n° 02.</i>	123
Tabla 48. <i>Lectura piezométrica.</i>	123
Tabla 49. <i>Humedad obtenida previa compactación.</i>	124
Tabla 50. <i>Estimación de materiales en el cuerpo de la presa sin filtro al 96%.</i>	124
Tabla 51. <i>Control de compactación en el cuerpo de la presa.</i>	124
Tabla 52. <i>Caudal de salida en rebose n° 01.</i>	125
Tabla 53. <i>Caudal de salida en rebose n° 02.</i>	125
Tabla 54. <i>Lectura piezométrica.</i>	125
Tabla 55. <i>Resumen grado de compactación real y caudal de infiltración.</i>	126
Tabla 56. <i>Lectura piezométrica vs grado de compactación.</i>	127
Tabla 57. <i>Humedad obtenida previa compactación.</i>	129
Tabla 58. <i>Estimación de materiales en el cuerpo de la presa con filtro (lado derecho).</i>	129
Tabla 59. <i>Estimación de materiales en el cuerpo de la presa con filtro (lado izquierdo).</i>	129
Tabla 60. <i>Control de compactación en el cuerpo de la presa con filtro (lado derecho).</i>	130
Tabla 61. <i>Control de compactación en el cuerpo de la presa con filtro (lado izquierdo).</i>	130
Tabla 62. <i>Caudal de salida en rebose n° 01.</i>	130
Tabla 63. <i>Caudal de salida en rebose n° 02.</i>	131
Tabla 64. <i>Lectura piezométrica.</i>	131
Tabla 65. <i>Humedad obtenida previa compactación.</i>	132
Tabla 66. <i>Estimación de materiales en el cuerpo de la presa con filtro (lado derecho).</i>	132
Tabla 67. <i>Estimación de materiales en el cuerpo de la presa con filtro (lado izquierdo).</i>	132
Tabla 68. <i>Control de compactación en el cuerpo de la presa con filtro (lado derecho).</i>	132
Tabla 69. <i>Control de compactación en el cuerpo de la presa con filtro (lado izquierdo).</i>	133
Tabla 70. <i>Caudal de salida en rebose n° 01.</i>	133

Tabla 71. Caudal de salida en rebose n° 02.	134
Tabla 72. Lectura piezométrica.	134
Tabla 73. Humedad obtenida previa compactación.	135
Tabla 74. Estimación de materiales en el cuerpo de la presa con filtro (lado derecho).	135
Tabla 75. Estimación de materiales en el cuerpo de la presa con filtro (lado izquierdo).	135
Tabla 76. Control de compactación en el cuerpo de la presa con filtro (lado derecho).	136
Tabla 77. Control de compactación en el cuerpo de la presa con filtro (lado izquierdo).	136
Tabla 78. Caudal de salida en rebose n° 01.	136
Tabla 79. Caudal de salida en rebose n° 02.	137
Tabla 80. Lectura piezométrica.	137
Tabla 81. Resumen grado de compactación real y caudal de infiltración.	138
Tabla 82. Lectura piezométrica vs grado de compactación.	139
Tabla 83. Caudal de infiltración - resumen de cálculos teóricos, reales y software.	147
Tabla 84. Coordenadas según sección de presa.	153
Tabla 85. Propiedades mecánicas.	153
Tabla 86. Coordenadas según sección de presa con material homogéneo sin filtro.	183
Tabla 87. Tabla de propiedades mecánicas de suelos.	186
Tabla 88. Coordenadas según sección del filtro tipo chimenea.	195
Tabla 89. Propiedades mecánicas del material de filtro tipo chimenea.	197
Tabla 90. Coeficientes de seguridad a emplear en el análisis de estabilidad de taludes	213
Ilustración 1: Ubicación de la cantera tres tomas.	36
Ilustración 2: Visita panorámica de la cantera tres tomas.	36
Ilustración 3: Recolección del material seleccionado.	37
Ilustración 4: Cuarteo del material.	37
Ilustración 5: Pesado del material.	37
Ilustración 6: Primer tamizado.	37
Ilustración 7: Tamizado previo malla n° 10.	39
Ilustración 8: Cuarteo del material.	39
Ilustración 9: Pesado del material.	39
Ilustración 10: Segundo tamizado.	39
Ilustración 11: Tamizado previo malla n° 4.	42
Ilustración 12: Lavados sucesivos.	42
Ilustración 13: Cuarteo del material.	42
Ilustración 14: Pesado del material.	42
Ilustración 15: Tercer tamizado.	42
Ilustración 16: Peso inicial del confitillo.	43
Ilustración 17: Secado del confitillo en el horno.	43
Ilustración 18: Volumen y peso del recipiente.	44
Ilustración 19: Pesado del material compactado.	44

Ilustración 20: Pesado del material suelto.....	44
Ilustración 21: Secado superficial del material.....	46
Ilustración 22: Canastilla y material sumergidos en agua.....	46
Ilustración 23: Toma de la altura del permeámetro.....	48
Ilustración 24: Toma de caudal del permeámetro.....	48
Ilustración 25: Imagen de referencia del ensayo de corte directo.....	50
Ilustración 26: Cuarteo del material.....	55
Ilustración 27: Pesado del material.....	55
Ilustración 28: Tamizado del material.....	55
Ilustración 29: Peso inicial del material.....	58
Ilustración 30: Secado en horno.....	58
Ilustración 31: Volumen y peso del recipiente.....	59
Ilustración 32: Pesado del material compactado.....	59
Ilustración 33: Pesado del material suelto.....	59
Ilustración 34: Apisonado del material.....	61
Ilustración 35: Verificación del estado de humedad del material.....	61
Ilustración 36: Peso de la muestra.....	61
Ilustración 37: Peso para posterior agitación.....	61
Ilustración 38: Calibración de la fiola.....	63
Ilustración 39: Liberación del aire atrapado en las muestras.....	63
Ilustración 40: Incorporación de agua hasta el menisco de la fiola.....	63
Ilustración 41: Incorporación de agua a la muestra de suelo.....	65
Ilustración 42: Apisonado de la muestra dentro del molde cilíndrico.....	65
Ilustración 43: Toma de la altura del permeámetro.....	67
Ilustración 44: Toma de caudal del permeámetro.....	67
Ilustración 45: Imagen de referencia del ensayo de corte directo.....	69
Ilustración 46: Cuarteo del material.....	74
Ilustración 47: Pesado del material.....	74
Ilustración 48: Primer tamizado.....	74
Ilustración 49: Tamizado previo malla 1/4".....	76
Ilustración 50: Cuarteo del material.....	76
Ilustración 51: Pesado del material.....	76
Ilustración 52: Segundo tamizado.....	76
Ilustración 53: Tamizado previo malla 1/4".....	78
Ilustración 54: Lavados sucesivos.....	78
Ilustración 55: Cuarteo del material.....	78
Ilustración 56: Pesado del material.....	78
Ilustración 57: Tercer tamizado.....	78
Ilustración 58: Peso inicial del material.....	80
Ilustración 59: Secado en horno.....	80

Ilustración 60: Volumen y peso del recipiente.	81
Ilustración 61: Varillado del material.	81
Ilustración 62: Pesado del material suelto.	81
Ilustración 63: Pesado del material compactado.	81
Ilustración 64: Apisonado del material.	83
Ilustración 65: Verificación del estado de humedad del material.	83
Ilustración 66: Peso de la muestra.	83
Ilustración 67: Peso para posterior agitación.	83
Ilustración 68: Calibración de la fiola.	85
Ilustración 69: Liberación del aire atrapado en las muestras.	85
Ilustración 70: Incorporación de agua hasta el menisco de la fiola.	85
Ilustración 71: Incorporación de agua a la muestra de suelo.	87
Ilustración 72: Apisonado de la muestra dentro del molde cilíndrico.	87
Ilustración 73: Nivelación del material en el molde cilíndrico.	87
Ilustración 74: Toma de la altura del permeámetro.	89
Ilustración 75: Toma de caudal del permeámetro.	89
Ilustración 76: Imagen de referencia del ensayo de corte directo.	91
Ilustración 77: Acceso al programa seep/w.	100
Ilustración 78: Ventana principal del programa.	100
Ilustración 79: Presa de material homogéneo con filtro tipo chimenea.	101
Ilustración 80: Ventana “formato / unidad y escala”	102
Ilustración 81: Ventana “establecer unidades y escala”	102
Ilustración 82: Ventana “boceto”.	103
Ilustración 83: Ventana “introducir ejes”	103
Ilustración 84: Ventana “introducir ejes”	104
Ilustración 85: Ventana “introducir materiales”	104
Ilustración 86: Ventana de asignación de propiedades hidráulicas de los suelos.	105
Ilustración 87: Ventana “introducir materiales”	105
Ilustración 88: Ventana “introducir funciones de conductividad hidráulica”	106
Ilustración 89: Ventana “estimación de función de conductividad hidráulica”	106
Ilustración 90: Ventana “introducir materiales”	107
Ilustración 91: Regiones ingresadas en el programa	107
Ilustración 92: Seleccionando material cada región	108
Ilustración 93: Materiales asignados a cada región.	108
Ilustración 94: Puntos asignados según el talud vs el tirante de agua.	109
Ilustración 95: Proceso para llegar “introducir condiciones límites”	109
Ilustración 96: Ventana “dibujar las condiciones de límite”.	110
Ilustración 97: Ventana “gestor de solución”.	110
Ilustración 98: Franjas equipotenciales de la sección en análisis.	110
Ilustración 99: Ventana “dibujar las etiquetas de los contornos”.	111

<i>Ilustración 100:</i> Ventana “dibujar líneas de flujo”.....	111
<i>Ilustración 101:</i> Proceso para elaborar “dibujar secciones de flujo”.....	112
<i>Ilustración 102:</i> “Dibujo secciones de flujo”.....	113
<i>Ilustración 103:</i> Análisis del flujo en el interior de la presa sin filtro.....	114
<i>Ilustración 104:</i> Análisis del flujo en el interior de la presa con filtro tipo chimenea.....	115
<i>Ilustración 105:</i> Puntos de control, compactación de la cimentación y del cuerpo de la presa.....	118
<i>Ilustración 106:</i> Toma de datos de los piezómetros.....	134
<i>Ilustración 107:</i> Línea de infiltración modelo físico, presa sin filtro.....	138
<i>Ilustración 108:</i> Línea de infiltración modelo físico, presa con filtro.....	138
<i>Ilustración 109:</i> Medida vertical de la línea de infiltración de la presa con filtro.....	140
<i>Ilustración 110:</i> Medida horizontal de la línea de infiltración de la presa con filtro.....	140
<i>Ilustración 111:</i> Ventana “nuevo”.....	148
<i>Ilustración 112:</i> Ventana para poder ingresar al programa slope/w.....	149
<i>Ilustración 113:</i> Ventana principal del programa slope/w.....	149
<i>Ilustración 114:</i> Ventana “unidades y escala”.....	150
<i>Ilustración 115:</i> Ventana “unidades y escala”.....	150
<i>Ilustración 116:</i> Ventana “cuadrícula”.....	150
<i>Ilustración 117:</i> Ventana “boceto / ejes”.....	151
<i>Ilustración 118:</i> Ejes ingresados en el área de trabajo.....	151
<i>Ilustración 119:</i> Ventanas: ingresar / análisis.....	152
<i>Ilustración 120:</i> Colocando los datos correspondiente.....	152
<i>Ilustración 121:</i> Presa de material homogéneo sin filtro.....	152
<i>Ilustración 122:</i> Opción “ingresar / materiales”.....	153
<i>Ilustración 123:</i> Ventana “introducir materiales”.....	154
<i>Ilustración 124:</i> Ventana “ingresar / regiones”.....	154
<i>Ilustración 125:</i> Barra de coordenadas.....	155
<i>Ilustración 126:</i> Ventana dibujar / materiales.....	155
<i>Ilustración 127:</i> Presa con los materiales seleccionados”.....	156
<i>Ilustración 128:</i> Ventanas para dibujar líneas piezométricas.....	156
<i>Ilustración 129:</i> Materiales afectados por la línea piezométrica.....	156
<i>Ilustración 130:</i> Ventanas “dibujar / superficie de deslizamiento”.....	157
<i>Ilustración 131:</i> Ventanas “entrada y salida”.....	157
<i>Ilustración 132:</i> Presa sin filtro. Estabilidad de taludes aguas abajo según método de morgenstern y price.....	158
<i>Ilustración 133:</i> Presa sin filtro. Estabilidad de taludes aguas abajo según método de spencer.....	159
<i>Ilustración 134:</i> Presa sin filtro. Estabilidad de taludes aguas abajo según método de janbú simplificado.....	160
<i>Ilustración 135:</i> Presa sin filtro. Estabilidad de taludes aguas arriba según método de morgenstern y price.....	161
<i>Ilustración 136:</i> Presa sin filtro. Estabilidad de taludes aguas arriba según método de spencer.....	162
<i>Ilustración 137:</i> Presa sin filtro. Estabilidad de taludes aguas arriba según método de janbu simplificado.....	163
<i>Ilustración 138:</i> Presa sin filtro en funcionamiento. Estabilidad de taludes aguas abajo según método de morgenstern y price.....	164

Ilustración 139: Presa sin filtro en funcionamiento. Estabilidad de taludes aguas abajo según método de spencer.	165
Ilustración 140: Presa sin filtro en funcionamiento. Estabilidad de taludes aguas abajo según método de janbú simplificado.	166
Ilustración 141: Presa sin filtro en funcionamiento. Estabilidad de taludes aguas arriba según método de morgenstern y price.	167
Ilustración 142: Presa sin filtro en funcionamiento. Estabilidad de taludes aguas arriba según método de spencer.	168
Ilustración 143: Presa sin filtro en funcionamiento. Estabilidad de taludes aguas arriba según método de janbu simplificado.	169
Ilustración 144: Presa con filtro tipo chimenea. Estabilidad de taludes aguas abajo según método de morgenstern y price.	170
Ilustración 145: Presa con filtro tipo chimenea. Estabilidad de taludes aguas abajo según método de spencer.	171
Ilustración 146: Presa con filtro tipo chimenea. Estabilidad de taludes aguas abajo según método de janbu simplificado.	172
Ilustración 147: Presa con filtro tipo chimenea. Estabilidad de taludes aguas arriba según método de morgenstern y price.	173
Ilustración 148: Presa con filtro tipo chimenea. Estabilidad de taludes aguas arriba según método de spencer.	174
Ilustración 149: Presa con filtro tipo chimenea. Estabilidad de taludes aguas arriba según método de janbu simplificado.	175
Ilustración 150: Presa con filtro tipo chimenea en funcionamiento. Estabilidad de taludes aguas abajo según método de morgenstern y price.	176
Ilustración 151: Presa con filtro tipo chimenea en funcionamiento. Estabilidad de taludes aguas abajo según método de spencer.	177
Ilustración 152: Presa con filtro tipo chimenea en funcionamiento. Estabilidad de taludes aguas abajo según método de janbu simplificado.	178
Ilustración 153: Presa con filtro tipo chimenea en funcionamiento. Estabilidad de taludes aguas arriba según método de morgenstern y price.	179
Ilustración 154: Presa con filtro tipo chimenea en funcionamiento. Estabilidad de taludes aguas arriba según método de spencer.	180
Ilustración 155: Presa con filtro tipo chimenea en funcionamiento. Estabilidad de taludes aguas arriba según método de janbu simplificado.	181
Ilustración 156: Pantalla de inicio del software.	182
Ilustración 157: Ventana “project settings”.....	182
Ilustración 158: Ventana “project settings”.....	183
Ilustración 159: “Add external boundary”	184
Ilustración 160: Ventana “coordinate table”	184
Ilustración 161: Contorno externo de diseño de presa	185
Ilustración 162: “Add material boundary”	185

Ilustración 163: Coordenadas límites de los materiales para la presa.	185
Ilustración 164: Límites dentro del contorno externo de diseño.	186
Ilustración 165: Ventana “properties”.....	187
Ilustración 166: Ventana “define material properties”.....	187
Ilustración 167: Ventana “assing material properties”.....	188
Ilustración 168: Materiales asignados a la sección de presa en análisis.....	188
Ilustración 169: Ventana “add water table line”.....	189
Ilustración 170: Línea piezométrica asignada a la sección de presa	189
Ilustración 171: Materiales influenciados por el nivel piezométrico.....	189
Ilustración 172: Ventana “auto grid”.	190
Ilustración 173: Grilla la cual se generada para el análisis de los centros de círculo de falla.	190
Ilustración 174: Procedimiento a seguir para generar resultado del factor de seguridad.	191
Ilustración 175: Ventana “interpret”.	192
Ilustración 176: Factor de seguridad más crítico.....	192
Ilustración 177: Ventanas “all surfaces” y “minium surfaces”.	193
Ilustración 178: Círculos evaluados en el análisis de estabilidad de taludes.....	193
Ilustración 179: Opción de edición “text box” y el cuadros de resumen.....	194
Ilustración 180: Oresentación de etiquetas insertadas según “text box”.	194
Ilustración 181: Sección de presa de material homogéneo con filtro tipo chimenea.....	195
Ilustración 182: “Add material boundary”.	196
Ilustración 183: Ventana “coordinate table”.	196
Ilustración 184: Materiales del filtro asignados a la sección de presa en análisis.	196
Ilustración 185: Presa sin filtro. Estabilidad de taludes aguas abajo según los métodos indicados.	198
Ilustración 186: Presa sin filtro. Estabilidad de taludes aguas arriba según los métodos indicados.....	199
Ilustración 187: Presa sin filtro en funcionamiento. Estabilidad de taludes aguas abajo según los métodos indicados.....	200
Ilustración 188: Presa sin filtro en funcionamiento. Estabilidad de taludes aguas arriba según los métodos indicados.....	201
Ilustración 189: Presa con filtro tipo chimenea. Estabilidad de taludes aguas abajo según los métodos indicados.	202
Ilustración 190: Presa con filtro tipo chimenea. Estabilidad de taludes aguas arriba según los métodos indicados.....	203
Ilustración 191: Presa con filtro tipo chimenea en funcionamiento. Estabilidad de taludes aguas abajo según los métodos indicados.	204
Ilustración 192: Presa con filtro tipo chimenea en funcionamiento. Estabilidad de taludes aguas arriba según los métodos indicados.	205
Ilustración 193: Mapa de zonificación del coeficiente sísmico en el Perú.	206
Ilustración 194: Presa con filtro tipo chimenea con sismo y en funcionamiento. Estabilidad de taludes aguas abajo según los métodos indicados.	207

Ilustración 195: Presa con filtro tipo chimenea con sismo y en funcionamiento. Estabilidad de taludes aguas arriba según los métodos indicados.	208
Grafica 1: Caudal de infiltración vs. Grado de compactación	126
Grafica 2: Lectura piezométrica vs grado de compactación / g.c: 95% - 96% / f1.	127
Grafica 3: Lectura piezométrica vs grado de compactación / g.c: 97% - 98% / f2.	127
Grafica 4: Lectura piezométrica vs grado de compactación / g.c: 99% - 100% / f3.	128
Grafica 5: Caudal de infiltración vs. Grado de compactación.	137
Grafica 6: Lectura piezométrica vs grado de compactación / g.c: 95% - 96% / f1.	139
Grafica 7: Lectura piezométrica vs grado de compactación / g.c: 97% - 98% / f2.	139
Grafica 8: Lectura piezométrica vs grado de compactación / g.c: 99% - 100% / f3.	140
Grafica 9. Resumen de los resultados obtenidos (talud en construcción aguas abajo).	209
Grafica 10. Resumen de los resultados obtenidos (talud en funcionamiento aguas abajo).	210
Grafica 11. Resumen de los resultados obtenidos (talud en construcción aguas arriba).	211
Grafica 12. Resumen de los resultados obtenidos (talud en funcionamiento aguas arriba).	212

RESUMEN

El tema a tratar en la presente tesis es acerca de la influencia que genera el uso del filtro tipo chimenea en una presa de material homogéneo, esto representado a través de la línea que genera la infiltración, el caudal infiltrado y la estabilidad de taludes de la presa.

El principal interés es de dar solución a los fenómenos que ocurren al interior de una presa de material homogéneo y que afectan su subsistencia, también de buscar tecnologías que abaraten la construcción de una presa sin afectar la seguridad de la misma.

Se empleó metodologías utilizadas en proyectos de gran envergadura como en Estados Unidos, Cuba entre otros, donde comparan por medio de programas y modelamientos físicos los beneficios que genera el uso de nuevas tecnologías.

La finalidad del presente trabajo de investigación es cuantificar la influencia del uso del filtro tipo chimenea en una presa de material homogéneo, y dar a conocer sus beneficios o desventajas con lo que respecta a lo ya mencionado, la línea que genera la infiltración, el caudal infiltrado y la estabilidad de taludes de la presa.

I. Introducción, se procedió a plantear los antecedentes, la problemática y la hipótesis de investigación, de igual manera el objetivo tanto general como específico.

II. Metodología, se plantea el diseño de investigación a seguir, las variables, la población y muestra, las técnicas de recolección de datos y el método de análisis de los datos obtenidos.

III. Resultados, se da a conocer el desarrollo de cada objetivo específico planteado al inicio de la investigación.

IV. Discusión de los resultados, para poder dar un valor agregado a la investigación, se procedió a comparar los resultados obtenidos con otras investigaciones relacionadas al tema tratado.

V. Conclusiones, se presentan los principales hallazgos como síntesis de la investigación realizada.

VI. Recomendaciones, en este punto se da a conocer los aspectos a tomar en cuenta para su aplicabilidad de los procedimientos realizados.

VII. Referencias, en este capítulo se ha realizado la enumeración de las citas realizadas a diversos autores.

VIII. Anexos, se detalla en paso a paso para el cumplimiento de cada objetivo.

Palabras Claves: presa de material homogéneo, influencia del filtro tipo chimenea, un modelamiento físico bidimensional

ABSTRACT

The topic to be addressed in this thesis is about the influence generated by the use of the chimney-type filter in a dam of homogeneous material, this represented by the line that generates the infiltration, the infiltrated flow and the stability of slopes of the dam.

The main interest is to solve the phenomena that occur inside a dam of homogeneous material and that affect their subsistence, also to look for technologies that make the construction of a dam cheaper without affecting the safety of it.

Methodologies used in large projects were used, such as in the United States, Cuba, among others, where they compare, through programs and physical models, the benefits generated by the use of new technologies.

The purpose of this research work is to quantify the influence of the use of the chimney-type filter on a dam of homogeneous material, and to make known its benefits or disadvantages with respect to the aforementioned, the line that generates the infiltration, the flow infiltrate and the slope stability of the dam.

I. Introduction, we proceeded to raise the background, the problem and the research hypothesis, in the same way the objective both general and specific.

II. Methodology, the design of the research to be followed, the variables, the population and sample, the data collection techniques and the method of analysis of the data obtained.

III. Results, the development of each specific objective raised at the beginning of the investigation is made known.

IV. Discussion of the results, in order to give added value to the research, we proceeded to compare the results obtained with other research related to the subject.

V. Conclusions, the main findings are presented as a synthesis of the research carried out.

SAW. Recommendations, in this point it is made known the aspects to take into account for its applicability of the procedures performed.

VII. References, in this chapter has been made the list of citations made to various authors.

VIII. Annexes, detailed in step by step for the fulfillment of each objective.

Keywords: dam of homogeneous material, influence of the chimney type filter, two-dimensional physical modeling

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Producto de la exploración se pudo observar que existen casos excepcionales de tragedias ocurridas por el desmoronamiento de obras hidráulicas, las que por su gran magnitud producen enormes catástrofes y perjuicios tanto económicos como humanas, a continuación se menciona las principales causas de falla en presas.

Principales causas de falla en presas:

Rebosamiento, infiltración a través de la presa o de su cimentación, deslizamientos, fugas en conductos, erosión en taludes, otras, o combinación de varias causas.

(XXVI Reunión Nacional de Mecánica de Suelos e Ingeniería Geotécnica, 2012, p. 2). Mencionó que “la frecuencia de fallas ha sido reportada por muchos autores y normalmente coinciden en que una tercera parte de las presas colapsa por desbordamiento, [...] y el otro gran grupo es la ruptura de terraplenes por tubificación e infiltraciones”.

(Carrillo Arnaldo, 2016, p. 9). El plausible y reconocido profesor de la Universidad Nacional de Ingeniería, menciona lo siguiente, “Las presas son habitualmente las más peligrosas obras de la ingeniería, más aún las presas conformadas por materiales simplemente compactados conocidas también como presas de material homogéneo”.

[...] Los desperfectos en una presa, puede causar grandes pérdidas de vidas humanas y económicas, cuyo valor puede ser mucho mayor que el de la presa en sí, una manera que una presa de material homogéneo puede fallar, se relaciona con su desempeño básico + fallas hidráulicas, debidas a erosión de la superficie de la estructura; infiltraciones excesivas o insuficiencia para resistir las infiltraciones a través de la presa o su cimentación (Carrillo, 2016, p. 9).

(Diario Gestión, Publicación 31 de marzo del 2017, p. 4).

[...] Las crecidas a causa de los desbordes de los ríos, por el conocido Niño Costero, tienen una alta repercusión en la agricultura en las regiones de Tumbes, Piura, Lambayeque y La Libertad, por lo ya expuesto, la importancia de las presas es incuestionable para el suministro de agua a la agricultura, la industria y la población, su utilidad en el control de inundaciones, producción de energía eléctrica, etc. Es de vital consideración el correcto diseño de las presas, esto lleva implícito garantizar la solidez de los taludes para los tres estados críticos a las que se ve sometida la presa a lo largo de su vida útil los cuales son; construcción, operación y desembalse rápido (Diario Gestión, 2017, p. 4).

1.2. Trabajos Previos

1.2.1. Antecedentes Internacionales

(Muro Genrry, 2016, p. 6). Realizó la presente investigación [Evaluación de riesgos y simulación de soluciones técnicas para infiltraciones, caso de estudio: presa Zaza]; “Se logró identificar toda la formulación necesaria para calcular el curso de la infiltración del agua en una pared de suelo, además de poder establecer los métodos de cálculo adecuados a cada geometría del tipo de filtro”.

(The Bureau of Reclamation, 2011, p. 5). Menciona lo siguiente, “los filtros y drenajes han sido reconocidos como un medio efectivo para dirigir y controlar el flujo de agua a través de medios porosos [...], es críticamente primordial que los filtros de presa de terraplén sean diseñados por ingenieros con practica activa en todos los aspectos del diseño y la construcción de presas”.

(The Interagency Committee on Dam Safety, 2015, p. 3 - p. 24). Menciona “cuando se reportan desprendimientos superficiales, puede concentrar el flujo dentro del terraplén hacia el área desprendida. Si hay suficiente infiltración dentro del terraplén, puede lavar el material desprendido”.

[...]Si bien el proceso que acabamos de describir es similar a uno de los mecanismos internos de ruptura de la erosión, es principalmente una función de la estabilidad de la pendiente y una mayor infiltración a través de la presa. Una vez que se inicia la infiltración, se deben tomar medidas lo más pronto posible para colocar material de filtro y estabilizar el área desprendida para evitar la continuación y la progresión a la falla (The Interagency Committee on Dam Safety, 2015, p. 23).

(Velázquez Armando, 2016, p. 14). En su tesis titulada [Análisis de las filtraciones y la estabilidad de taludes en presas de tierra] nos mencionan; “Para dar solución al problema real de las infiltraciones deben analizarse los métodos analíticos correspondientes, así como para el caso de estudio de la estabilidad de taludes”.

[...]La instrucción teórica apilada a lo largo de la carrera fortalecen la comprobación de los resultados y el desarrollo de la modelación puede ser rectificado si se presentan evidentes incoherencias en cuanto a la conducta entre el modelo y la estructura real o deja de cumplirse algún requisito (Velázquez, 2016, p. 14).

1.2.2. Antecedentes nacionales

(Carrillo Arnaldo, 2016, p. 2). Artículo que fue presentado en la revista: [Geotecnia de los suelos peruanos]; donde refiere que: “Las presas son normalmente las más peligrosas obras de la ingeniería, más aún las presas de relave conformadas de

materiales homogéneos. Los desperfectos en una presa, puede generar numerosas pérdidas de vidas humanas y pérdidas económicas”.

[...]El aprendizaje de los desperfectos de una presa de relave puede ser de gran importancia para la profesión de la ingeniería, si ésta se investiga completamente y se examina objetivamente. En dicho artículo recopila los nombres de las presas que han fallado en el Perú, dando a conocer también la altura del depósito, el año de ocurrencia, sus posibles causas, el estado actual de dichas presas y los daños humanos, materiales y ambientales causado por dichas fallas. (Carrillo, 2016, p. 2).

(Córdova Moisés, 2006, p. 13). En su investigación titulada: [Elaboración de una gráfica adimensional de diseño para filtros en presas de tierra homogénea], “tuvo como propósito la implementación de una nueva metodología en el diseño de filtros en presas de tierra homogénea modificada, mediante la elaboración de una gráfica adimensional obtenida a través de la modelación a escala restringida de la estructura”. La modelación fue realizada con ayuda del Equipo de Filtración y Drenaje, a través del cual obtuvo distintos caudales de infiltración y logró visualizar las líneas de flujo para cada caso contemplado en su análisis.

1.2.3. Antecedentes locales

(Briones, 2011, p. 10). En su investigación titulada [Presa Limón - Olmos análisis de filtración, riesgos e incertidumbre]; “toma interés en el sistema de impermeabilización empleado en la Presa Limón, el cual está constituido por una pantalla de concreto aguas arriba del proyecto de embalse, cuyo desempeño es otorgar seguridad ante el dilema de infiltración en la presa”.

(Gonzales y Peláez, 2017, p. 27). En su tesis [Influencia de la longitud de diseño del sistema de drenaje tipo horizontal para un modelamiento físico bidimensional en presas de material homogéneo no cohesivo y compactado], nos mencionan

[...] las longitudes del sistema de drenaje tipo horizontal pueden ser muy variables, provocando en el ingeniero proyectista cierta incertidumbre acerca de los efectos en la estructura. Por ello, en la su investigación el objetivo fue evaluar la influencia de la longitud de planteamiento del sistema de drenaje tipo horizontal a través de modelamientos físicos bidimensionales, cuya hipótesis comprobada fue; El aumento significativo del caudal de infiltración. Una vez finalizada la investigación, se concluyó que la longitud de drenaje es directamente proporcional con la estabilidad de taludes y caudales de infiltración, e inversamente proporcional a las lecturas piezométricas y línea de saturación. (Gonzales y Peláez, 2017, p. 27).

1.3. Teorías relacionadas al tema

1.3.1. Influencia del filtro tipo chimenea

1.3.1.1. Características físicas del material que conformara el filtro (según la norma E.050: Suelos y Cimentaciones)

1.3.1.1.1. Contenido de humedad.

Este ensayo tiene por finalidad, diagnosticar el contenido de humedad de una muestra de suelo, en este caso servirá para el material que conformara la estructura del filtro.

1.3.1.1.2. Análisis granulométrico con mallas (o tamices)

El análisis granulométrico con mallas involucra tomar una porción medida de suelo seco y hacerlo pasar por un conjunto de mallas, en su parte inferior dispone de una charola, se diagnostica la porción de suelo retenido en cada malla y se calcula el porcentaje aglomerado.

1.3.1.1.3. Peso unitario de los agregados

Este ensayo será realizado a las muestras de suelo seleccionadas en el análisis granulométrico que formaran parte de la estructura del filtro, consiste en diagnosticar el peso que ocupan en un mismo molde.

1.3.1.1.4. Gravedad específica y absorción.

Este ensayo será realizado al material que conformará la estructura del filtro; se usará una canastilla metálica y una balanza mecánica.

1.3.1.1.5. Permeabilidad de suelos granulares (Carga constante).

Es aplicado a todas las muestras de suelo en la estructura del filtro, este material será compactado directamente sobre la base del permeámetro y con un pequeño pisón a fin de no fracturar la piedra porosa ubicada en la parte inferior.

1.3.1.1.6. Corte directo.

Este ensayo será aplicado al material que conformará la estructura del filtro (sin lavar y lavada). De cada muestra, se prepararán 3 especímenes (una para cada carga estimada).

1.3.1.2. Teorías relacionadas al caudal de filtración.

1.3.1.2.1. Solución de Dupuit.

(Marsal y Reséndiz, 1975, p. 108). En 1863 Dupuit propuso para la solución de problemas de flujo no confinado las siguientes hipótesis de trabajo:

- Que el gradiente es constante en toda sección vertical.
- Que, en cada sección vertical, el gradiente es igual a la pendiente de la línea superior de flujo.

1.3.1.2.2. Solución de L. Casagrande.

(Milton y Groundwater, 1962, p. 98). Según [A. Casagrande] sugiere que, a fin de complacer la condición de entrada, “el punto de inicio de la parábola se tome a una distancia 0.3m aguas arriba de la presa, corrigiendo después localmente el comportamiento de la parábola según esta condición de entrada”.

1.3.1.2.3. Teoría de Kozeny ($\alpha = 180^\circ$).

(Gonzales y Peláez, 2016, p. 54). “Para el caso de una cara horizontal de descarga existe una solución rigurosa de la ecuación de Laplace, dada por (Kozeny). En este caso, las líneas de flujo y las equipotenciales son parábolas con foco común en el punto O”.

1.3.1.2.4. Solución de Shaffernak - Van Iterson.

(Marsal y Reséndiz, 1975, p. 110). En vista de esto, [Shaffernak e Van Iterson] propusieron, “independientemente, diagnosticar la posición de la línea superior de flujo y mantener las dos hipótesis de Dupuit, pero imponiendo la condición de salida correcta, para el caso de tirante nulo aguas debajo de la presa”.

1.3.1.3. Métodos la estabilidad de taludes.

1.3.1.3.1. Bishop simplificado.

(Bishop, 1955, p. 95). [Superficie de falla] Circulares Equilibrio, “De momentos singularidades: admite que todas las fuerzas de cortante entre dovelas son cero, restringiendo el número de incógnitas. La solución es sobre determinada debido a que no se establecen requisitos de equilibrio para una dovela”.

1.3.1.3.2. Morgenstern y Price.

(Morgenstern y Price, 1965, p. 95). [Superficie de falla] “Cualquier configuración de la superficie de falla admite que las fuerzas laterales siguen un predeterminado. El ángulo de la resultante de las fuerzas entre dovelas se admite que varía de acuerdo con una función arbitraria, similar al método de Bishop.

1.3.1.3.3. Spencer.

(Spencer, 1967, p. 96). [Superficie de falla] Cualquier configuración de la superficie de falla admite que el ángulo de las fuerzas laterales son las mismas para cada tajada. **Rigurosamente satisface el equilibrio estático suponiendo que la fuerza resultante** entre tajadas tiene un ángulo constante pero desconocido.

1.3.2. Modelamiento bidimensional de una presa de material homogéneo.

1.3.2.1. Características físicas del material que conformara la presa (según la norma E.050: Suelos y Cimentaciones)

1.3.2.1.1. Contenido de humedad.

Este ensayo tiene por finalidad, diagnosticar el contenido de humedad de una muestra de suelo en este caso servirá para el material que conformara el cuerpo de la presa.

1.3.2.1.2. Análisis Granulométrico Con Mallas (O Tamices).

El análisis granulométrico con mallas involucra tomar una porción medida de suelo seco y hacerlo pasar por un conjunto de mallas con aberturas cada vez más pequeñas, en su parte inferior dispone de una charola.

1.3.2.1.3. Peso específico relativo de las partículas sólidas (Gs).

Este ensayo se realizará al material que conformará el cuerpo de la presa, del cual se tomará una porción de material homogéneo (sin lavar y lavados continuos), tomando 30 gramos de cada muestra y haciendo uso de fiolas, balanzas y hornillas.

1.3.2.1.4. Peso unitario de los agregados.

Este ensayo fue realizado a las muestras de suelo seleccionadas en el análisis granulométrico que formaran parte del cuerpo de la presa, consiste en diagnosticar el peso que ocupan en un mismo molde (con o sin la aplicación de varillado).

1.3.2.1.5. Gravedad específica y absorción.

Este ensayo será realizado al material que conformará el cuerpo de la presa; para lo cual se recurrirá al empleo de una secadora, molde cónico trunco, pisón metálico, fiolas y balanza electrónica.

1.3.2.1.6. Próctor modificado.

Se efectuará a las muestras que conformaran el cuerpo de la presa (sin lavar y lavada). Se procederá a preparar 4 especímenes con diferentes contenidos de humedad, se compactaron en 5 capas (aplicando 25 golpes) dentro de un molde cilíndrico.

1.3.2.1.7. Permeabilidad de suelos granulares (Carga constante).

Este ensayo será aplicado a todas las muestras de suelo a usar en el modelamiento bidimensional que conformaran el cuerpo de la presa. Para el material homogéneo, se colocarán los datos obtenidos del ensayo realizado de modo análogo al ensayo de próctor modificado.

1.3.2.1.8. Corte directo.

Este ensayo será aplicado al material que conformará el cuerpo de presa (sin lavar y lavada). De cada muestra, se prepararán 3 especímenes (una para cada carga estimada).

1.3.2.2. Características hidráulicas de la presa.

(Ferrufino y Moreira, 2006, p. 25). Mencionan que el principal criterio para diseñar presas de tierra es: “Proteger contra las conocidas causas de falla y anticiparse a ellas”. Dado este concepto, los criterios a tener en cuenta para el planteamiento de una presa de terraplén (dentro de los márgenes de seguridad) son:

1.3.2.2.1. Rebosamiento y borde libre.

(Ferrufino y Moreira, 2006, p. 25). “El vertedero de excesos y la capacidad de desagüe deben ser suficientes para evitar el rebosamiento, con riesgo de erosión severa y posible lavado del relleno”, es decir,

[...] la diferencia entre el nivel máximo del embalse y el nivel mínimo de la cresta de la presa, debe ser suficiente para impedir rebosamientos por la acción de las olas. También debe incluir un margen para la sedimentación a largo plazo en la presa previsible en una cimentación compresible. (Ferrufino y Moreira, 2006, p. 25).

1.3.2.2.2. Ancho de coronación.

(Vega, 2016, p. 14). El ancho de la coronación de una presa de tierra depende de varias consideraciones como las siguientes:

- a. Naturaleza del material de relleno y percolación aceptables a través del cuerpo de la presa, con el embalse a nivel de operación usual.
- b. Altura e importancia de la estructura.
- c. Posible uso de la coronación de la presa como vía de comunicación.
- d. Practicidad de la construcción.
- e. Por lo general no debe ser menor a 3.6 m para facilitar la maniobrabilidad de los equipos mecánicos, aunque esta consideración es relativa.

1.3.2.2.3. Taludes.

(Óre y Parodi, 2008, p. 154). En la presa se pueden distinguir dos tipos de taludes:

Talud aguas arriba. - La pendiente del talud aguas arriba está en función del muro y su altura; y de las lecturas sísmicas de diseño. El talud aguas arriba de la presa debe protegerse de la acción erosiva del fluido que almacenará.

b. Talud aguas abajo. - La pendiente del talud aguas debajo de la presa y su resistencia ha demostrado ser un componente clave en la solidez sísmica de la misma. A menor pendiente, más estable será la presa.

1.3.2.3. Análisis mediante software (GeoStudio y Rocscience).

SEEP/W de GeoStudio:

[...] Se usa para el análisis de la circulación de agua subterránea a través de medios porosos, como el suelo y la roca. SEEP / W se puede usar para el modelado de procesos transitorios tales como la infiltración en suelo seco, con ayuda de este programa se conocerán tanto la línea de infiltración como el caudal de infiltración que se producirá en la presa, sin el filtro y posteriormente con el filtro. De esta manera se podrá comparar los resultados arrojados por el modelo virtual, físico y los resultados matemáticos. (GeoStudio, 2018, p.1)

SLOPE/W de ROCSCIENCE:

[...] Software para el análisis de la solidez de taludes de tierra y roca. Puede analizar de forma eficaz los problemas simples y complejos para una variedad de modos de falla, los requisitos de presión del agua intersticial, las propiedades del suelo, las circunstancias de carga, y las opciones de refuerzo, con ayuda de este programa se podrá conocer que tal estable estructuralmente hablando es la presa diseñada, de igual manera se realizara en el caso cuando la presa no cuenta con filtro y posteriormente con el filtro. (Rocscience, 2016, p.1)

1.3.2.4. Modelo físico.

Depósito de drenaje e infiltración

[...]Este dispositivo autónomo está diseñado para aprobar una investigación exhaustiva de la circulación del agua a través de medios permeables. Mediante el uso de arena y los diversos modelos bidimensionales suministrados, es posible diagnosticar los recorridos de infiltración, los niveles de infiltración y la distribución de las subpresiones. Este dispositivo será replicado para ser usado en el modelamiento físico correspondiente al ensayo a realizar. (S1 Armfield, 2015, p. 7).

1.4. Formulación del problema.

¿De qué manera influye el filtro tipo chimenea en el modelamiento bidimensional para una presa de material homogéneo extraído de la cantera Tres Tomas?

1.5. Justificación del estudio.

Situación actual en la Región Lambayeque. El PEOT ha formulado la propuesta preliminar del Plan de Desarrollo Hidráulico de la Región Lambayeque, por los siguientes motivos:

Déficit en la irrigación de 65.000 hectáreas, Desastres a causa del Fenómeno El Niño, ha tomado la siguiente solución, la construcción de 13 presas de embalse.

Además, el Plan de Desarrollo Hidráulico de la Región Lambayeque ha tomado la decisión de que tanto Técnica como Económica es factible que las Presas estén conformadas de material homogéneos, el cual es abundantes en la zona

1.5.1. Justificación tecnológica.

Una presa que no cuentan con un adecuado sistema de drenaje, representa un peligro latente debido a la diversidad de fallas que puede ocasionar la circulación del agua, no solo en su cimentación sino también en el propio cuerpo de la presa. Es por ello que la presente investigación demostrara la proyección de la influencia del filtro tipo chimenea mediante un modelamiento bidimensional de presas de material homogéneo empleando la cantera Tres Tomas, además se espera lograr el impulso del empleo de nuevos instrumentos de investigación, como lo es el “Equipo de Drenaje”, el cual permitirá el análisis bidimensional y recopilación de información mediante ensayos de laboratorio; de esta manera complementar los aprendizajes tradicionales efectuados previamente a la construcción de presas, y se incorpore los modelamientos físicos para evaluar con más precisión el comportamiento de la estructura en su etapa de funcionamiento representándolo en una escala menor.

1.5.2. Justificación social.

Las presas son estructuras importantes en el crecimiento de un país, ya que contribuyen al aprovechamiento del recurso hídrico y su almacenamiento en período de fuertes avenidas. Otra utilidad de las presas es amortiguar las crecidas (máximas avenidas) para evitar daños y perjuicios materiales y humanos. De entre todos los factores a tener en cuenta, los sistemas de drenaje constituyen uno de los más importantes y en la presente investigación se abordó con mayor detalle el de tipo chimenea.

1.5.3. Justificación económica.

Los costos de proyecto pueden limitarse considerablemente haciendo uso de los recursos de la zona (las presas de tierra resultan ser la primera opción). La presente investigación profundizó y amplió la información que se tiene al respecto acerca de las presas de material homogéneo y compactado; centrándose en la evaluación del sistema de drenaje más trabajable constructivamente (tipo chimenea) y logrando alargar el periodo de vida de una presa.

1.6. Hipótesis.

“Si existe influencia del filtro tipo chimenea entonces se demuestra mediante el modelamiento bidimensional para una presa de material homogéneo extraído de la cantera Tres Tomas”.

1.7. Objetivos.

1.7.1. Objetivo general.

Evaluar la Influencia del filtro tipo chimenea mediante el modelamiento bidimensional para una presa de material homogéneo extraído de la cantera Tres Tomas.

1.7.2. Objetivos específicos.

- Describir las características físicas del material que conformara el filtro, extraído de la cantera Tres Tomas.
- Analizar la influencia del filtro chimenea con respecto al caudal de infiltración mediante métodos analíticos, conociendo las propiedades del material extraído de la cantera Tres Tomas.
- Plantear las características físicas, mecánicas e hidráulicas de la presa de material homogéneo, extraído de la cantera Tres Tomas.
- Estimar los resultados obtenidos de manera analítica con respecto a la influencia del filtro, mediante el uso de software (GeoStudio y Rocscience) y el modelo físico, con respecto a la variación de: la línea de infiltración, el caudal de infiltración y la estabilidad de taludes, conociendo de antemano las propiedades del material extraído de la cantera Tres Tomas.

II. MÉTODO

2.1. Tipo y Diseño de investigación.

Experimental: estudios explicativos.

Experimental puro.

Tipo de estudio.

Por su tendencia

Investigación cuantitativa.

Por su orientación:

De acuerdo al periodo que se capta la investigación: PROSPECTIVA.

De acuerdo a la evolución del fenómeno estudiado: LONGITUDINAL.

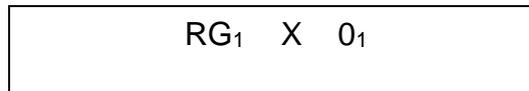
De acuerdo a la comparación de los factores: COMPARATIVO (causa efecto)

De acuerdo a la interferencia del investigador: EXPERIMENTAL.

Por el propósito o la finalidad perseguidos: APLICADA.

Por el nivel o alcance que se logran los resultados: EXPLORATORIO.

El diseño se diagrama de la siguiente manera:



En este diseño, la única diferencia entre los grupos debe ser la presencia-ausencia de la variable independiente.

2.2. Operacionalización de Variables.

a) Variable independiente:

Influencia del filtro tipo chimenea.

b) Variable dependiente:

Modelamiento bidimensional para una presa de material homogéneo.

Operacionalización de variables.

Cuadro N° 1: Operacionalización de Variables.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
INFLUENCIA DEL FILTRO TIPO CHIMENEA	<p>GENRRY Muro (2016, p. 56) La utilización de filtros en presas de tierra es una solución habitual para salvaguardar suelos protegidos de granulometrías diferentes o para encausar las infiltraciones que constituyen una de las patologías más desfavorables y habituales en este tipo de embalses.</p>	<p>Para realizar el análisis de la influencia del filtro tipo chimenea se tendrá en cuenta las características físicas del material, el caudal de infiltración con respecto a una presa de material homogéneo.</p>	<p>Características físicas del material que conformara el filtro</p>	<ul style="list-style-type: none"> · Contenido de humedad. (%) · Dimensiones de las partículas. (mm) · Peso unitario suelto húmedo/seco. (gr/cm³) · Peso unitario compactado húmedo/seco. (gr/cm³) · Peso específico. (gr/cm³) · Peso específico de la masa s.s.s. (gr/cm³) · Porcentaje de absorción. (%) · Coeficiente de permeabilidad. (cm/seg) · Angulo de fricción. (°) · Cohesión interna. (kg/cm²) 	Razón
			<p>Condiciones de estabilidad filtro – material protegido</p>	<ul style="list-style-type: none"> · Ecuaciones empíricas. (ecuación) 	

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Continuación del Cuadro N° 1: Operacionalización de Variables.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
<p>MODELAMIENTO BIDIMENSIONAL PARA UNA PRESA DE MATERIAL HOMOGÉNEO</p>	<p>ARNALDO Carrillo (2016, p. 9), Los conocimientos teóricos obtenidos en la carrera propician que puedan ser comprobados los resultados y el proceso de modelación puede ser rectificado si se presentan visibles incoherencias en cuanto al comportamiento entre el modelo y la estructura real o deja de cumplirse algún requisito.</p>	<p>Se debe conocer las características físicas e hidráulicas del modelo bidimensional para de presa de material homogéneo que saranes utilizados en los programas (GeoStudio y Rocscience) y el modelo físico con para poder conocer: línea de infiltración, el caudal de infiltración y la estabilidad de taludes.</p>	<p>Características físicas del material que conformara la presa</p>	<ul style="list-style-type: none"> ∗ Contenido de humedad. (%) ∗ Dimensiones de las partículas. (mm) ∗ Peso específico relativo. (gr/cm³) ∗ Peso unitario suelto húmedo/seco. (gr/cm³) ∗ Peso unitario compactado húmedo/seco. (gr/cm³) ∗ Peso específico. (gr/cm³) ∗ Peso específico de la masa s.s.s. (gr/cm³) ∗ Porcentaje de absorción. (%) ∗ Máxima densidad seca. (gr/cm³) ∗ Optimo contenido de humedad. (%) ∗ Coeficiente de permeabilidad. (cm/seg) ∗ Angulo de fricción. (°) ∗ Cohesión interna. (kg/cm²) 	<p>Razón</p>
			<p>Características hidráulicas de la presa</p>	<ul style="list-style-type: none"> ∗ Altura de la cortina. (cm) ∗ Ancho de coronación y base. (cm) ∗ Angulo de talud. (°) 	
			<p>Análisis mediante software (GeoStudio y Rocscience)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ∗ Línea de tendencia. (ecuación) ∗ Caudal. (l/seg) ∗ Factor de seguridad. 	
			<p>Visualización y medición de resultados mediante el modelo físico</p>	<ul style="list-style-type: none"> ∗ Línea de tendencia. (ecuación) ∗ Caudal. (l/seg) ∗ Descripción de los efectos producidos por el uso del filtro. 	

Fuente: Elaborado por los investigadores

2.3. Población, muestra y muestreo.

2.3.1. Población

Presas de tierra con filtro.

2.3.2. Muestra

Presas de tierra con filtro tipo chimenea.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.

2.4.1. Técnicas de recolección de datos.

- a) **Observación:** Se estudiará la influencia del filtro tipo chimenea de diseño para el sistema de drenaje en presas de material homogéneo mediante el modelamiento bidimensional a realizarse en el Laboratorio de la Universidad Cesar Vallejo, del cual se pretende adquirir datos parciales experimentales de igual manera se pretenderá lograr apreciar el comportamiento y las características de la circulación del agua en su recorrido a través del cuerpo de presa.
- b) **Análisis de documentos:** Se recopilará, analizará y seleccionará información relacionada con el tema de investigación la cual se adquirirá de libros, tesis, revistas, artículos, normas, etc.

2.4.2. Instrumentos de recolección de datos.

Guía de observación y documentos:

Se empleó formatos de recopilación de datos, a fin de registrar los resultados obtenidos según cada ensayo realizado en laboratorio, para ello se tuvo que revisar previamente ciertas normas técnicas adecuadas las cuales nos facilitaron este proceso. Se empleó como guía de documentos, las normativas ASTM y NTP; las cuales establecen especificaciones adecuadas en cuanto a la ejecución de ensayos de laboratorio a fin de obtener resultados confiables.

- Ensayos del laboratorio de mecánica de suelos de la UCV.
- Manual de la Bureau of Reclamation para el diseño de la sección transversal de la presa.
- Recolección de datos con ayuda del equipo de drenaje e infiltración, uso de los softwares GeoStudio y Rocscience.

2.4.3. Validación y confiabilidad del instrumento.

La validación y confiabilidad, con respecto a los ensayos a realizar al cuerpo de la presa y al filtro será realizado por parte de laboratorista del laboratorio de la UCV,

además serán sustentados con los respectivos formatos realizado en de cada ensayo, la elección de las características hidráulicas de la presa y los resultados adquiridos en el modelo bidimensional estará bajo el juicio de dos expertos en el área de obras hidráulicas con una experiencia conjunta de más de 35 años en el área a investigar. Todos los estudios realizados durante la investigación son confiables, ya que se ejecutarán según los parámetros brindados por la respectiva normativa. Además, se consideró el gran aporte de metodólogos de la Universidad Cesar Vallejo – Chiclayo.

2.5. Método de análisis de datos.

Se efectuará un análisis cuantitativo, utilizando para el procesamiento de la información el programa Excel 2016. Con los resultados adquiridos de los ensayos al material que conforma el cuerpo de la presa y del filtro se procederá a cotejar con el marco teórico de esta manera poder establecer si las características del material cumplen con lo recomendado. De igual manera los resultados obtenidos por métodos matemáticos con respecto a la línea de infiltración, el caudal de infiltración y la estabilidad de taludes serán cotejados con el modelo físico y el uso de los softwares GeoStudio y Rocscience para poder ser analizados e interpretados por los encargados del estudio.

2.6. Aspectos éticos.

Se realizará la aplicación los formatos para los estudios de mecánica de suelos que conformaran el cuerpo de la presa y del filtro, siendo estos correspondientes a la Norma Técnica Peruana vigente y al ASTM. Además, se contó con base teórica actualizada y confidencial, la cual nos sirvió como guía para recopilar la información hidráulica del tema en estudio otorgada por nuestros asesores. Con los resultados a adquirir, en la presente investigación se pretende servir de apoyo en posteriores estudios.

III. RESULTADOS.

3.1. Descripción de las características físicas del confitillo (filtro) procedente de la cantera Tres Tomas.

3.1.1. Recolección del material.

Las muestras de suelo se obtuvieron de la cantera Tres Tomas la cual se encuentra ubicada en el departamento de Ferreñafe, distrito Mesones Muro, se procedió a recolectar el material que será utilizado como material de filtro de igual manera para la cimentación y el cuerpo de la presa.

Tabla 1. Muestra de material, cantera Tres Tomas.

Muestra de suelo	Cantera natural	Cantidad adquirida
Afirmado seleccionado	"Tres Tomas" - Ferreñafe	0.29 m ³
Confitillo	"Tres Tomas" - Ferreñafe	0.036 m ³

Fuente: Elaborado por los investigadores.

3.1.2. E. M. S. al material del confitillo (filtro).

Los ensayos realizados al confitillo han sido muy rigurosos ya que dichas propiedades están directamente relacionados con el material que conforma el cuerpo de la presa.

Tabla 2. Resumen de ensayos realizados al confitillo.

E. M. S. del confitillo (filtro).						
Ensayo	Normativa	Datos obtenidos	Ud.	Resultados		
Análisis granulométrico	MTC E-204, AASHTO T-27, AASHTO T-88	Diámetros de las partículas	Pul.	3/8"	1/4"	Nº4
			%	39.6	34.7	25.7
Contenido de humedad	ASTM D 2216, MTC E 108-2000	% h.	%	0.545		
Peso unitario suelto y compactado	AASHTO T-19, ASTM C-29	Peso unitario suelto húmedo	g/cm ³	1.347		
		Peso unitario compactado húmedo	g/cm ³	1.451		
Gravedad específica y absorción	MTC E-205, E-206, AASHTO T-84, T-85	Peso específico.	g/cm ³	2.605		
		Peso específico de la masa S.S.S.	g/cm ³	2.675		
		Porcentaje de absorción	%	2.681		
Permeabilidad de suelos granulares	ASTM D-2434, NTP 339.147	Coef. de permeabilidad a una T° de agua de 20°C	m / s	3.601 x 10 ⁻⁴		
Corte directo	ASTM D - 3080	Ángulo de fricción	°	45		
		Cohesión interna	Kg/cm ²	0		

Fuente: Elaborado por los investigadores.

3.2. Análisis de la influencia del filtro tipo chimenea.

Para analizar que influencia tiene el filtro en la presa primero debemos conocer que, cuando el agua circula a través de la presa ocasiona un arrastre incontrolado total o parcial de partículas (en general comienza por las más finas), es decir que se produce erosión interna. Es por ello que se deben verificar algunas condiciones dadas por Bureau of Reclamation:

- Primera condición, que el filtro debe ser permeable, más que el suelo que protege.

Tabla 3. Comparación entre las permeabilidades del filtro, la cimentación y el cuerpo de la presa.

	Unidad	Filtro	Cimentación	Cuerpo presa
Coef. de permeabilidad a una T° de agua de 20°C	m / s	3.6099 x 10 ⁻⁴	6.948 x 10 ⁻⁷	2.4416 x 10 ⁻⁶

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Esto se verifica con el ensayo de permeabilidad, comprobándose que efectivamente se cumple esta condición.

- Segunda condición, el filtro debe ser estable, es decir debe impedir el tránsito a través de él, de las partículas del suelo que protege.

Terzaghi: Límite superior.

$$\frac{d_{25} \text{ (filtro)}}{d_{25} \text{ (suelo)}} \leq 5 \rightarrow \frac{5.601}{1.606} = 3.49$$

U.S.B.R: Límite inferior.

$$\frac{d_{25} \text{ (filtro)}}{d_{25} \text{ (suelo)}} \geq 5 \rightarrow \frac{5.601}{0.472} = 11.87$$

Con estas fórmulas podemos demostrar que se cumple la segunda condición.

- Tercera y última condición, ser auto estable, lo que se traduce en tampoco sus propias partículas puedan emigrar hacia afuera de él.

Para esta condición se toma el siguiente criterio, el cual asegura una permeabilidad del filtro 25 veces a la del suelo protegido, es decir:

$$\frac{d_{80} \text{ (filtro)}}{d_{80} \text{ (suelo)}} < 25 \rightarrow \frac{8.40}{0.960} = 8.75$$

Con estas tres condiciones se puede afirmar que el filtro influye en la presa tanto en su estabilidad como en su mejora al conducir el agua infiltrada en el cuerpo de la presa.

- Para la elección del espesor del filtro se tomó como referencia el libro titulado “Tratado Básico de Presas”, y se optó por utilizar un espesor vertical de 3m y horizontal 3m. en el modelo físico en escala 1/100 ($V = 3\text{cm}$ y $H = 3\text{cm}$).

3.3. Características físicas, mecánicas e hidráulicas de la presa de material homogéneo.

3.3.1. Características físicas y mecánicas de la cimentación y del cuerpo de la presa.

Tabla 4. Características físicas y mecánicas del material de cimentación y cuerpo de la presa

Características físicas y mecánicas de la cimentación y cuerpo de la presa									
Ensayo	Normativa	Datos obtenidos	Ud.	Cimentación de la presa			Cuerpo de la presa		
Análisis granulométrico	MTC E-204, AASHTO T-27, AASHTO T-88	Diámetros de las partículas	Pul.	Nº 10	Nº 20	Nº 40	Nº 20	Nº 40	Nº 60
			%	12.2	39.9	28.8	58.5	31.2	10.3
Contenido de humedad	ASTM D 2216, MTC E 108-2000	% h.	%	1.802			0.705		
Peso unitario suelto y compactado	AASHTO T-19, ASTM C-29	Peso unitario suelto húmedo	g/cm ³	1.471			1.478		
		Peso unitario compactado húmedo	g/cm ³	1.635			1.609		
Gravedad específica y absorción	MTC E-205, E-206, AASHTO T-84, T-85	Peso específico.	g/cm ³	2.585			2.582		
		Peso específico de la masa S.S.S.	g/cm ³	2.648			2.643		
		Porcentaje de absorción	%	2.417			2.344		
Peso específico relativo de las partículas sólidas	ASTM D-854	Peso específico relativo de sólidos a 20°C (Gs)	g/cm ³	1.88			1.53		
Próctor modificado	NTP 399.141: 1999	Máxima Densidad Seca	g/cm ³	1.576			1.935		
		Optimo Contenido de Humedad	%	7.91			6.57		
Permeabilidad de suelos granulares	ASTM D-2434, NTP 339.147	Coef. de permeabilidad a una T° de agua de 20°C	m / s	6.948 x 10 ⁻⁷			2.4416 x 10 ⁻⁶		
Corte directo	ASTM D - 3080	Ángulo de fricción	°	23.9			29.9		
		Cohesión interna	Kg/cm ²	0.02			0.01		

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Se realizaron los ensayos al material que conformaría la cimentación y el cuerpo de la presa, teniendo en cuenta la funcionalidad que estas tendrían con el filtro, buscando que ambos se complementen. Es decir que cumplan con las condiciones evaluadas en el ítem 3.2.

3.3.2. Características hidráulicas de la presa de material homogéneo.

Las características hidráulicas elegidas para la presa se realizaron con ayuda de “Manual de pequeñas presas de tierra”, Bureau of Reclamation y el “Reglamento de Arizona”.

Tabla 5. Características hidráulicas de la cimentación y del cuerpo de la presa

	Simbología	Valor	Und.
Características de la cimentación			
Profundidad Total de Cimentación	Hc	24	M
Prof. Estrato Superior – Cimentación	Hcs	3	M
Prof. Estrato Inferior – Cimentación	Hci	21	M
Características geométricas de la presa			
Talud Aguas Arriba	m1	01/03	
Talud Aguas Abajo	m2	1/2.5	
Ángulo Aguas Arriba	Θ	18.43	Deg.
Ángulo Aguas Abajo	α	21.8	Deg.
Ancho de Corona	Bc	5	M
Altura de la Presa	Hp	21	M
Borde Libre (H-hs)	Bl	4	M
Longitud de la Presa	Bp	120.5	M
Tirante Aguas Arriba (NAN)	Hs	17	M
Tirante Aguas Abajo (NAA)	Hi	1.7	M

Fuente: Elaborado por los investigadores.

3.4. Estimación de los resultados obtenidos con respecto a la línea de infiltración, el caudal de infiltración y la estabilidad de taludes.

3.4.1. Línea de infiltración y caudal de infiltración, uso de programa GeoStudio (Seep/W), el equipo de infiltración y drenaje y los métodos analíticos.

Tabla 6. Caudal de infiltración - resumen de cálculos teóricos, equipo y software.

Observación	Métodos de Análisis	Caudal Unitario m3/s/m	Caudal Unitario cm3/s/m	Factor de Conversión Escala 1:100	Caudal Unitario cm3/s/m	Longitud de Corona cm	Q Infiltración Total cm3/s
PRESA SIN FILTRO	Gradiente hidráulico	7.6028E-06	7.60	1.00E-02	0.08	30.00	2.28
	Dupuit	8.1356E-06	8.14	1.00E-02	0.08	30.00	2.44
	A. Casagrande	7.1189E-06	7.12	1.00E-02	0.07	30.00	2.14
PRESA CON FILTRO	Kozeny ($\alpha=180^\circ$)	1.7186E-05	17.19	1.00E-02	0.17	30.00	5.16
SEEP/W	Presa sin filtro	8.9789E-06	8.98	1.00E-02	0.09	30.00	2.69
	Presa con filtro	2.7122E-05	27.12	1.00E-02	0.27	30.00	8.14
EQUIPO DE DRENAJE	Presa sin filtro						2.28
	Presa con filtro						8.68

Fuente: Elaborado por los investigadores.

3.4.2. Estabilidad de taludes con los programas SLIDE v 5.0 y SLOPE/W v. 2016.

Tabla 7. Resumen de los métodos utilizados para la evaluación del factor de seguridad del talud.

ESTABILIDAD DEL TALUD AGUAS ABAJO (EN CONSTRUCCION)			
SLIDE V 5.0	Bishop	Spencer	Janbu
Presa de material homogéneo sin filtro	1.548	1.543	1.516
Presa de material homogéneo con filtro	1.551	1.548	1.518
SLOPE/W	Morgenstern - Price	Spencer	Janbu
Presa de material homogéneo sin filtro	1.576	1.528	1.575
Presa de material homogéneo con filtro	1.928	1.936	1.664
ESTABILIDAD DEL TALUD AGUAS ABAJO (EN FUNCIONAMIENTO)			
SLIDE V 5.0	Bishop	Spencer	Janbu
Presa de material homogéneo sin filtro	1.236	1.231	1.092
Presa de material homogéneo con filtro	1.551	1.548	1.502
SLOPE/W	Morgenstern - Price	Spencer	Janbu
Presa de material homogéneo sin filtro	1.268	1.275	1.078
Presa de material homogéneo con filtro	1.656	1.666	1.666
ESTABILIDAD DEL TALUD AGUAS ARRIBA (EN CONSTRUCCION)			
SLIDE V 5.0	Bishop	Spencer	Janbu
Presa de material homogéneo sin filtro	1.848	1.844	1.773
Presa de material homogéneo con filtro	1.848	1.844	1.774
SLOPE/W	Morgenstern - Price	Spencer	Janbu
Presa de material homogéneo sin filtro	1.907	1.907	1.844
Presa de material homogéneo con filtro	1.906	1.905	1.77
ESTABILIDAD DEL TALUD AGUAS ARRIBA (EN FUNCIONAMIENTO)			
SLIDE V 5.0	Bishop	Spencer	Janbu
Presa de material homogéneo sin filtro	1.805	1.808	1.723
Presa de material homogéneo con filtro	1.832	1.834	1.756
SLOPE/W	Morgenstern - Price	Spencer	Janbu
Presa de material homogéneo sin filtro	1.867	1.868	1.728
Presa de material homogéneo con filtro	1.921	1.928	1.761

Fuente: Elaborado por los investigadores.

De los resultados obtenidos en los programas SLIDE v 5.0 y SLOPE/W v. 2016, se puede concluir que el uso del filtro en estudio (tipo chimenea), brinda a la presa un mayor factor de seguridad, esto debido a que el talud aguas abajo se mantiene seco, evitando así un posible deslizamiento en el mismo.

Además en el equipo de infiltración y drenaje se observó que el talud aguas abajo de la presa sin filtro se mantenía húmedo, mientras que en el talud de la presa con filtro se mantenía seco, por una mejor conducción del agua a través del cuerpo de la presa.

IV. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.

(Gonzales y Peláez, 2017), Al Realizar ensayos de mecánica de suelos a las muestras adquiridas.

Los investigadores determinaron, para poder obtener las características físicas del drenaje es necesario realizar los ensayos de mecánica de suelos.

Se Llegó a la conclusión que es necesario hacer los ensayos requeridos (Contenido de humedad, Dimensiones de las partículas, Peso unitario suelto húmedo/seco, Peso unitario compactado húmedo/seco, Peso específico, Peso específico de la masa, Porcentaje de absorción, Coeficiente de permeabilidad, Angulo de fricción, Cohesión interna) para poder determinar las características de filtro

(Bureau of Reclamation), nos menciona que para analizar que influencia tiene el filtro en la presa primero debemos conocer cuando la circulación de agua atraviesa la presa ocasiona un arrastre incontrolado total o parcial de partículas (en general comienza por las más finas), se dice que se produce erosión interna.

Donde se concluyó que la información recogida del “Manual de pequeñas presas de tierra” (Bureau of Reclamation) es aceptable ya que se verifico mediante en equipo de drenaje e infiltración.

(Gonzales y Peláez, 2017), donde los autores recoge información del “Manual de pequeñas presas de tierra” (Bureau of Reclamation), donde explica los ensayos de mecánica de suelos necesarios que se deberá realizar para obtener las características físicas debe tener la cimentación y el cuerpo de la presa con material homogéneo.

Los investigadores al realizar los ensayos de mecánica de suelos que le recomienda el “Manual de pequeñas presas de tierra” (Bureau of Reclamation), pudieron determinar cuáles son las características que necesita la cimentación y el cuerpo de la presa, se pudo llegando a la conclusión que la información recopilada es correcta.

Los investigadores (Córdova Moisés, 2006) y (Gonzales y Peláez, 2017), recogieron información del “Reglamento de Arizona” y “Manual de pequeñas presas de tierra” (Bureau of Reclamation), respectivamente, donde explico cuáles deben ser las predimensiones que debe tener la presa de material homogéneo con respecto a sus características hidráulicas.

Se determinó que para nuestro caso hemos considerado recogido información de tres fuentes “Reglamento de Arizona”, “Manual de pequeñas presas de tierra” (Bureau of Reclamation) y El libro titulado “Tratado Básico de Presas”, los cuales utilizamos para determinar el Predimensionamiento de la presa.

Los investigadores (Córdova Moisés, 2006) y (Gonzales y Peláez, 2017) recopilaron información para poder determinar las características hidráulicas debe cumplir el filtro para una presa de material homogéneo.

Los investigadores llegaron determinaron que las características del filtro en estudio obedecen a los parámetros proporcionados por el Manual de la Bureau of Reclamation llegando a la conclusión que idóneo utilizar la información de dicho manual

(Velázquez Armando, 2016) elaboro varios ejemplos explicando detalladamente el proceso que se utilizara para verificar la estabilidad de talud para una presa de material homogéneo por medio del software GeoStudio (Slope/W) y Rocscience (Slide)

El investigador teniendo las características del material (peso unitario, cohesión y su ángulo de fricción) Para determinar el análisis de estabilidad de talud. Se llegó a concluir que el software GeoStudio (Slope/W) y Rocscience (Slide) proporcionando datos reales.

(Velázquez Armando, 2016) elaboro un procedimiento para el análisis de las filtración en presas de tierra a partir de las formulas teóricas conocidas y la implementación de los mismo en el programa computacional GeoStudio 2007.

El investigador elaboro varios ejemplos Los ejercicios teóricos elaborados y el software (Seep/W) para una presa de material homogéneo. Se llegó a determinar que los ejemplos utilizados son adecuados y útiles para el análisis línea de filtración.

V. CONCLUSIONES

La influencia del filtro tipo chimenea, radica en un aumento de la estabilidad de taludes y caudales de infiltración; asimismo, la reducción de las lecturas piezométricas y línea de saturación. Lo mencionado, fue corroborado con el uso de programas y del equipo de infiltración y drenaje.

- El material obtenido de la cantera Tres Tomas a ser utilizado como filtro, fue tamizado y lavado antes de determinar sus propiedades. Concluidos los ensayos, se pudo observar que a mayor presencia de finos, las muestras aumentan su contenido de humedad (natural y saturado), peso específico, peso unitario (suelto y compactado), máxima densidad seca, cohesión interna; y paralelamente disminuyen su porcentaje de absorción, coeficiente de permeabilidad y ángulo de fricción.
- La influencia del filtro tipo chimenea, es verificable con condiciones dadas por Bureau of Reclamation, en las cuales intervienen el análisis granulométrico del filtro y del cuerpo de la presa de igual manera la permeabilidad que debe ser mínimo 50 veces superior del filtro con respecto al cuerpo de la presa.
- Las características físicas del material homogéneo de la presa fueron obtenidas previo tamizado y lavado (eliminando la materia orgánica e impurezas) antes de determinar sus propiedades. Finalizados los ensayos, se logró apreciar que a mayor presencia de finos, las muestras aumentan su contenido de humedad tanto natural como saturada. La sección transversal de la presa predimensionada bajo los parámetros otorgados por el Manual de la Bureau of Reclamation, tuvo las siguientes características: altura de 21.00 m, ancho de corona de 5.0 m, en la sección aguas arriba el talud es de 1/3.0 y tirante de 17.00 m, mientras que aguas abajo el talud es de 1/2.5 y tirante de 1.70 m.
- La presa modelada tanto en los software como en el equipo de infiltración y drenaje nos concedieron que existe una mejora en el caudal de infiltración, lectura piezométricas, factor de estabilidad de taludes y trazo de línea de saturación, considerándose una compactación óptima. Por ejemplo lo que respecta a estabilidad de taludes el filtro en estudio brinda a la presa un mayor factor de seguridad, esto debido a que el talud aguas abajo se mantiene seco, evitando así un posible deslizamiento del mismo.

VI. RECOMENDACIONES

- Se debe realizar los ensayos pertinentes al material que será utilizado como filtro debido a que interactúa directamente con el material que protege, en este caso se necesitó realizar tres granulometrías, eligiéndose finalmente una granulometría sin material fino (eliminado con lavados sucesivos), y una permeabilidad mínima de 50 veces mayor al cuerpo de la presa.
- Es necesario corroborar que se cumplan las condiciones dadas por Bureau of Reclamation, y así verificar la relación que existe entre el filtro y el material protegido (cuerpo de la presa), tanto en granulometría como en permeabilidad, además se deberá elegir dimensiones adecuadas para el filtro, teniendo en cuenta su puesta en obra, es decir tener un ancho horizontal mínimo para que trabaje la maquinaria de compactación.
- Se debe conocer las propiedades físicas y mecánicas del material del cuerpo de la presa, debido a que serán utilizadas en los programas y en el equipo de infiltración y drenaje, además se debe verificar si su granulometría y permeabilidad son adecuadas para el filtro elegido. De igual manera se debe tener un dimensionamiento de la presa que cumpla no solo con el volumen de agua que se desea almacenar sino que también cumpla con taludes que eviten su deslizamiento.
- Se recomienda verificar el diseño de la presa elegida mediante programas computacionales como (Slide y Slope/W) los cuales nos permiten conocer el factor de seguridad (1.5 min.) que tiene la presa tan en su construcción, funcionamiento y con efecto sísmico, garantizando así una estabilidad de talud que cumpla con la norma CE.020, de igual manera se pueden verificar por medio de un modelamiento en el equipo de infiltración y drenaje, tomando en consideración diversos grados de compactación con el objetivo de poder obtener un óptimo desempeño entre caudal filtrado y estabilidad de taludes.

VII. REFERENCIAS

1. **MURILLO, Rodrigo.** Presas de tierra y sus fallas. Ingeniero civil. Cancún, Quintana Roo. Sociedad Mexicana de Ingeniería Geotécnica, A.C. 2012 2pp.
2. **CARRILLO Gil, Arnaldo.** Accidentes y Fallas en Presas de Relave. Investigación (Doctorado en Ingeniería). Lima. Universidad Nacional de Ingeniería. 2016 9pp.
3. **TORO, Rodrigo.** Evaluación De Filtraciones En Presas. Modelación Numérica De Flujo En Medios Porosos Saturados Y No Saturados Investigación (Optar al título de ingeniero civil). Santiago de Chile, Universidad de Chile 2016 16pp.
4. **ANDINO, Juan.** Análisis comparativo en la reducción del gasto de filtración y el gradiente hidráulico entre las pantallas contra filtración y la geo membrana en presas de tierra homogénea. Tesis (Optar al título de ingeniero civil). Cuenca-Ecuador Universidad de Cuenca 2014 15pp.
5. **MURO, Genrry.** Evaluación de riesgos y simulación de soluciones técnicas para filtraciones, caso de estudio presa zaza Trabajo de diploma (Optar al título de ingeniero hidráulico). Santa Clara-Cuba Universidad Central Marta Abreu de las Villas 2016 11pp.
6. **RODRÍGUEZ, Roberto.** Mecanismos de fallas de las presas de residuos mineros, Investigación (Facultad de Ciencias – Ingeniería Civil), Girona - España Universidad de Girona. España. 2007 09pp.
7. **VELAZQUEZ, Armando.** Mecanismos de fallas de las presas de residuos mineros. Trabajo De Diplomado: (optar el título de ingeniería civil). Santa Clara- Cuba Universidad Central “Marta Abreu” Las Villas. 2016 95pp.
8. **GONZÁLEZ, Carlos y DUSSÁN, Edgar.** Modelación del flujo en taludes para drenes horizontales. Grado de tesis. Bogotá - Colombia Pontificia Universidad Javeriana Bogotá. 2011 41pp.
9. **BRIONES, Jorge.** Depósito de drenaje e infiltración. Olmos análisis de filtración. Chiclayo - Perú 2011 Disponible en:
<https://ingenieriahidraulica.files.wordpress.com/2011/06/presa-limon-olmos-analisis-de-filtracion-riesgos-e-incertidumbres.pdf>.
10. **BAENA, Carmen.** Análisis de la filtración en presas con cimiento yásíferos. Tesis doctoral. Madrid - España. Universidad politécnica de Madrid. 2011 77pp.
11. **S1 Armfield.** Depósito de drenaje e infiltración. 2015 Disponible en:
<http://discoverarmfield.com/es/products/view/s1/deposito-de-drenaje-e-infiltracion>.

12. **PERALTA, Luis.** Modelización de las filtraciones en la presa de San Bartolomé. Tesis de Master. Madrid- España. Universidad Politécnica de Madrid. 2016/2017 60pp.
13. **Cuervo, Astrid.** Comparación de los modelos hidráulicos unidimensional (HEC-RAS) y bidimensional (IBER) en el análisis del rompimiento de presas de materiales sueltos. Grado de Master. Barcelona- España. Universidad politécnica de Cataluña. 2012 50pp.
14. **Interagency Committee on Dam Safety (ICODS).** Evaluation and Monitoring of Seepage and Internal Erosion. Scientific investigation. Oklahoma- Estados Unidos. Federal Emergency Management Agency. 2015 3pp-12pp.
15. **Bhagu, Chahar.** Design of horizontal filter length in homogeneous earth dams scientific investigation. India. Indian Institute of Technology Delhi. 2016 Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/241713665>.
16. **TEODORO, Moisés.** Elaboración de una gráfica adimensional de diseño para filtros en presas de tierra homogéneas. Tesis (Optar Al Título De Ingeniero Civil). Piura - Perú Universidad de Piura. 2006 85pp.
17. **GONZALES, Emilio y PELÁEZ, Ricardo.** Elaboración de una gráfica adimensional de diseño para filtros en presas de tierra homogéneas. Tesis (Optar Al Título De Ingeniero Civil). Chiclayo - Perú Universidad Señor de Sipan. 2017 214pp.
18. **United States.** Design of Samll Dams. 3rd edition. Department of the Interior. Bureau of Reclamation. 1987 Disponible en: www.usbr.gov.
19. **Terzaghi, Kart y Ralph, Peck.** Mecánica de Suelos en la Ingeniería Práctica, 2da. Edición. 1973 254pp.
20. **JUARES, Eulalio y RICO, Afonso.** Teoría y aplicación de la mecánica de suelo tomo II 2.a ed. México Editorial Limusa S.A. 2004 165pp.
21. **GARCÍA, Jaime.** Apuntes de modelos hidráulicos. Tesis de Master Madrid - España Universidad Politécnica de Madrid. 2013 Disponible en: http://www1.camino.upm.es/sic/files/04_seminarios/01/01_FichaSeminario_modelos_hidraulicos.pdf.
22. **GeoStudio.** Geo-slope. 2016 Disponible en: <https://www.geo-slope.com>.

23. **International Comlsslon On Large Dams (ICOLD)** Use of granular filters and drains in embankment dams. Olmos análisis de filtración. París - France 2011 Disponible: www.icold-cigb.net/.
24. **DE LA CRUZ, Everson** Análisis de Estabilidad Mediante el uso del Programa Slide/ v. 2005. Para Optar el Título Ingeniero Agrícola. Ayacucho - Perú. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. 2013. 116pp - 174pp
25. **GONZALEZ, Carlos y DUSSÁN Edgar** Modelación del flujo en taludes para drenes horizontales. Maestría (Ingeniería Civil). Bogotá – Colombia. La Pontificia Universidad Javeriana. 2011. 55pp.
26. **TORO, ángel** Evaluación de Filtraciones en Presas. Modelación Numérica de Flujo en Medios Porosos Saturados y no Saturados. Tesis (Optar el título de ingeniero Civil). Santiago – Chile. Universidad de Chile. 2009. 30pp.
27. **FERNÁNDEZ, José** Estudio De La Influencia De Parámetros Geométricos Y Geotécnicos En La Estabilidad De Taludes Mediante El Programa Geoslope. Maestría (Ingeniero de Caminos, Canales y Puerto). Cartagena – España. Universidad Politécnica de Cartagena 2010.20pp.
28. **PÉREZ, Miguel.** Estudio Hidráulico Y De Estabilidad De Una Presa De Materiales Suelos Sobre El Río Callazas En La Región De Tacna. Tesis (Optar el Título de Ingeniero Civil) Lima – Perú. Pontificia Universidad Católica Del Perú. 2018. 78pp.
29. **MARTÍNEZ, Eduardo.** Diseño De Pequeñas Presas (Traducción De La 3ª Edición Americana - Bureau Of Reclamation. Madrid - España 2007. ISBN: 9788496486492
30. **CÁNOVAS, Eugenio.** Tratamiento básico de presas (7a. edición). Madrid – España 2015. ISBN: 9788416228096

VIII. ANEXOS

8.1. Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	TIPO DE INVESTIGACION	POBLACION	TECNICAS	METODOS DE ANALISIS DE DATOS
¿De qué manera influye el filtro tipo chimenea en el modelamiento bidimensional para una presa de material homogéneo extraído de la cantera Tres Tomas?	<p>Objetivo General:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Evaluar la Influencia del filtro tipo chimenea mediante el modelamiento bidimensional para una presa de material homogéneo extraído de la cantera Tres Tomas. <p>Objetivos específicos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Describir las características físicas del material que conformara el filtro, extraído de la cantera Tres Tomas. • Analizar la influencia del filtro chimenea con respecto al caudal de infiltración mediante métodos analíticos, conociendo las propiedades del material extraído de la cantera Tres Tomas. • Plantear las características físicas, mecánicas e hidráulicas de la presa de material homogéneo , extraído de la cantera Tres Tomas. • Estimar los resultados obtenidos de manera analítica con respecto a la influencia del filtro, mediante el uso de software (GeoStudio y Rocscience) y el modelo físico, con respecto a la variación de: la línea de infiltración, el caudal de infiltración y la estabilidad de taludes, conociendo de antemano las propiedades del material extraído de la cantera Tres Tomas. 	“Si existe influencia del filtro tipo chimenea entonces se demuestra mediante el modelamiento bidimensional para una presa de material homogéneo extraído de la cantera Tres Tomas”.	<p>Variable independiente: INFLUENCIA DEL FILTRO TIPO CHIMENEA.</p> <p>Variable dependiente: MODELAMIENTO BIDIMENSIONAL PARA UNA PRESA DE MATERIAL HOMOGENEO.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • De acuerdo al fin que persigue: Investigación Aplicada. • De acuerdo a la técnica de contrastación: Investigación Experimental. • De acuerdo al régimen de investigación: Investigación Libre. 	Presas De Tierra Con Filtro.	<p>a) Observación: Se estudiara la influencia del filtro tipo chimenea de diseño para el sistema de drenaje en presas de material homogéneo mediante el modelamiento bidimensional a realizarse en el Laboratorio de la Universidad Cesar Vallejo, del cual se pretende adquirir datos parciales experimentales de igual manera se pretenderá lograr apreciar el comportamiento y las características de la circulación del agua en su recorrido a través del cuerpo de presa.</p> <p>b) Análisis de documentos: Se recopilara, analizara y seleccionara información relacionada con el tema de investigación la cual se adquirirá de libros, tesis, revistas, artículos, normas, etc.</p>	Se efectuará un análisis cuantitativo, utilizando para el procesamiento de la información el programa Excel 2016. Con los resultados adquiridos de los ensayos al material que conforma el cuerpo de la presa y del filtro se procederá a cotejar con el marco teórico de esta manera poder establecer si las características del material cumplen con lo recomendado. De igual manera los resultados obtenidos por métodos matemáticos con respecto a la línea de infiltración, el caudal de infiltración y la estabilidad de taludes serán cotejados con el modelo físico y el uso de los softwares GeoStudio y Rocscience para poder ser analizados e interpretados por los encargados del estudio.
				Diseño de investigación.	MUESTRA	INSTRUMENTOS	
				Experimental: estudios explicativos.	Presas De Tierra Con Filtro Tipo Chimenea.	<p>Ensayos del laboratorio de mecánica de suelos de la UCV.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Manual de la Bureau of Reclamation para el diseño de la sección transversal de la presa. • Recolección de datos con ayuda del equipo de drenaje e infiltración, uso de los softwares GeoStudio y Rocscience. 	

Fuente: Elaborado por los investigadores.

8.2. INSTRUMENTOS

Formatos de mecánica de suelos UCV.

TAMICES		PESO RETENIDO	CONTENIDO DE HUMEDAD D-2216			
(Pul)	(mm)		DESCRIPCIÓN			TARA
3"	76.200					
2 1/2"	63.500		Peso de Tarro	(gr.)	A	
2"	50.000		Peso de Tarro + Suelo Humedo	(gr.)	B	
1 1/2"	37.500		Peso de Tarro + Suelo Seco	(gr.)	C	
1"	25.000		Peso de Suelo Seco	(gr.)	D = C - A	
3/4"	19.000		Peso de Agua	(gr.)	E = B - C	
1/2"	12.500		% de Humedad	(%)	(E/D) x 100	
3/8"	9.525		% De Humedad Promedio	(%)	(%1 + %2)/2	
1/4"	6.350					
Nº4	4.750					
Nº10	2.000					
Nº20	0.850					
N40	0.425					
Nº60	0.250					
Nº140	0.106					
Nº200	0.075					
< Nº 200	FONDO					
	TOTAL					

PESO VOLUMÉTRICO	
Peso de la Muestra al aire libre	(gr.)
Peso de la Muestra + Parafina al aire libre	(gr.)
Peso de la Muestra + Parafina sumergido	(gr.)
Volumen de Muestra + Parafina	(cm ³)
Volumen de Parafina	(cm ³)
Volumen de la Muestra	(cm ³)
Peso Unitario Húmedo	(gr/cm ³)
Peso Unitario Seco	(gr/cm ³)

LÍMITES DE CONSISTENCIA		LÍMITE LÍQUIDO		LÍMITE PLÁSTICO	
Nº de golpes					
Peso tara	(g)				
Peso tara + suelo húmedo	(g)				
Peso tara + suelo seco	(g)				
Humedad %					
Límites					

ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO						
MUESTRA Nº	1.00	2.00	3.00	4.00	Molde Nº	C-205
Peso de Suelo húmedo + Molde (gr.)					Peso del Molde gr.	
Peso de Molde (gr.)					Volumen del Molde cm ³ .	
Peso del suelo Húmedo (gr.)					Nº de Capas	
Densidad Húmeda (gr/cm ³)					Nº de Golpes por capa	
CAPSULA Nº						
Peso de suelo Húmedo + Cápsula (gr.)						
Peso de suelo seco + Cápsula (gr.)						
Peso de Agua (gr)						
Peso de Cápsula (gr.)						
Peso de Suelo Seco (gr.)						
% de Humedad						
Densidad de Suelo Seco (gr/cm ³)						

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ANÁLISIS MECÁNICO POR TAMIZADO
(NORMA MTC E-204, AASHTO T-27 Y AASHTO T-88)

PROYECTO :

SOLICITANTE :

RESPONSABLE :

UBICACIÓN :

FECHA :

MATERIAL : _____

AGREGADO GRUESO

Malla		PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	POCENTAJE ACUMULADO	POCENTAJE QUE PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
Pulg.	(mm.)					
2"	50.000				100.00	
1 1/2"	38.000				100.00	PESO TOTAL
1"	25.000				95.66	
3/4"	19.000				72.59	TAMAÑO MAX :
1/2"	12.700				39.17	
3/8"	9.520				14.93	TAMAÑO MAXIMO NOMINAL
Nº 4	4.750				0.00	
FONDO					0.00	

MATERIAL : _____

AGREGADO FINO

TAMIZ		PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
Pulg.	(mm.)					
1/2"	12.70					
3/8"	9.52					TAMAÑO MAX :
Nº 4	4.75					PESO TOTAL
Nº 8	2.36					
Nº 16	1.18					
Nº 30	0.60					MODULO DE FINEZA
Nº 50	0.30					MATERIAL PASA Nº 200 AASHTO T-11
Nº 100	0.15					PESO INICIAL
< # 200	FONDO					% PASA LA MALLA Nº 200

Observaciones: Las muestras fueron proporcionadas e identificadas por el solicitante.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

HUMEDAD NATURAL
(ASTM D 2216, MTC E 108-2000)

PROYECTO :
SOLICITANTE :
RESPONSABLE :
UBICACIÓN :
FECHA :

MATERIAL : _____

HUMEDAD NATURAL AGREGADO FINO				
TARRO				PROMEDIO
TARRO + SUELO HUMEDO				
TARRO + SUELO SECO				
AGUA				
PESO DEL TARRO				
PESO DEL SUELO SECO				
CONTENIDO DE HUMEDAD				

MATERIAL : _____

HUMEDAD NATURAL AGREGADO GRUESO				
TARRO				PROMEDIO
TARRO + SUELO HUMEDO				
TARRO + SUELO SECO				
AGUA				
PESO DEL TARRO				
PESO DEL SUELO SECO				
CONTENIDO DE HUMEDAD				

Observaciones:

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS

(NORMA MTC E-205, E-206, AASHTO T-84, T-85)

PROYECTO :

SOLICITANTE :

RESPONSABLE :

UBICACIÓN :

FECHA :

MATERIAL : _____

AGREGADO FINO

A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en Aire) (gr)				
B	Peso Frasco + agua				
C	Peso Frasco + agua + A (gr)				
D	Peso del Mat. + agua en el frasco (gr)				
E	Vol de masa + vol de vacío = C-D (gr)				
F	Pe. De Mat. Seco en estufa (105°C) (gr)				
G	Vol de masa = E - (A - F) (gr)				PROMEDIO
	Pe bulk (Base seca) = F/E				
	Pe bulk (Base saturada) = A/E				
	Pe aparente (Base Seca) = F/G				
	% de absorción = ((A - F)/F)*100				

MATERIAL : _____

AGREGADO GRUESO

A	Peso Mat.Sat. Sup. Seca (En Aire) (gr)				
B	Peso Mat.Sat. Sup. Seca (En Agua) (gr)				
C	Vol. de masa + vol de vacíos = A-B (gr)				
D	Peso material seco en estufa (105 °C)(gr)				
E	Vol. de masa = C- (A - D) (gr)				PROMEDIO
	Pe bulk (Base seca) = D/C				
	Pe bulk (Base saturada) = A/C				
	Pe Aparente (Base Seca) = D/E				
	% de absorción = ((A - D) / D * 100)				

Observaciones:

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO AGREGADO FINO
(NORMA AASHTO T-19, ASTM C-29)

PROYECTO :
SOLICITANTE :
RESPONSABLE :
UBICACIÓN :
FECHA :

MATERIAL : _____

PESO UNITARIO SUELTO AGREGADO FINO

		IDENTIFICACION			Promedio
		1	2	3	
Peso del recipiente + muestra	(gr)				
Peso del recipiente	(gr)				
Peso de la muestra	(gr)				
Volumen	(m ³)				
Peso unitario suelto humedo	(Kg/m ³)				
Peso unitario suelto seco	(Kg/m ³)				

PESO UNITARIO COMPACTADO AGREGADO FINO

		IDENTIFICACION			Promedio
		1	2	3	
Peso del recipiente + muestra	(gr)				
Peso del recipiente	(gr)				
Peso de la muestra	(gr)				
Volumen	(m ³)				
Peso unitario compactado humedo	(Kg/m ³)				
Peso unitario compactado seco	(Kg/m ³)				

Observaciones:

8.3. JUICIO DE EXPERTOS

CONSTANCIA

VALIDACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDO EN LA INVESTIGACIÓN

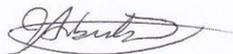
Por la presente se deja constancia haber revisado los resultados obtenidos en la investigación para ser utilizados en la tesis, cuyo título es: **“INFLUENCIA DEL FILTRO TIPO CHIMENEA MEDIANTE MODELAMIENTO BIDIMENSIONAL PARA UNA PRESA DE MATERIAL HOMOGÉNEO EXTRAÍDO DE LA CANTERA TRES TOMAS”**. Por los autores: Perales Asmat Josué Eliazar, Saboya Guerrero Robert Henry. Estudiantes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Cesar Vallejo – Campus Chiclayo.

Dichos resultados obtenidos tiene por finalidad determinar las características del material para el filtro que ha sido extraído de la cantera tres tomas, analizar la influencia del filtro chimenea con respecto al caudal de infiltración, plantear las características físicas, mecánicas e hidráulicas de la presa de material homogéneo por último estimar los resultados obtenidos de manera analítica con respecto a la influencia del filtro, mediante el uso de software (GeoStudio y Rocscience) y el modelo físico, con respecto a la variación de: la línea de infiltración, el caudal de infiltración y la estabilidad de taludes.

Las observaciones realizadas han sido levantadas por los autores, quedando finalmente aprobadas. Por lo tanto, cuenta con la validez de contenido correspondiente con las variables de estudio del problema, objetivos e hipótesis.

Se extiende la presente constancia a solicitud del interesado, para los fines que considere pertinentes.

Chiclayo, 10 de Diciembre de 2018



DR. ING. ARBULÚ RAMOS, JOSÉ DEL CARMEN
INGENIERO CIVIL
DNI: 16486578
CIP: 21482

CONSTANCIA

VALIDACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDO EN LA INVESTIGACIÓN

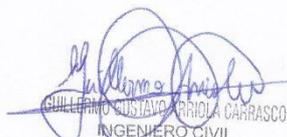
Por la presente se deja constancia haber revisado los resultados obtenidos en la investigación para ser utilizados en la tesis, cuyo título es: **“INFLUENCIA DEL FILTRO TIPO CHIMENEA MEDIANTE MODELAMIENTO BIDIMENSIONAL PARA UNA PRESA DE MATERIAL HOMOGÉNEO EXTRAÍDO DE LA CANTERA TRES TOMAS”**. Por los autores: Perales Asmat Josué Eliazar, Saboya Guerrero Robert Henry. Estudiantes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Cesar Vallejo – Campus Chiclayo.

Dichos resultados obtenidos tiene por finalidad determinar las características del material para el filtro que ha sido extraído de la cantera tres tomas, analizar la influencia del filtro chimenea con respecto al caudal de infiltración, plantear las características físicas, mecánicas e hidráulicas de la presa de material homogéneo por último estimar los resultados obtenidos de manera analítica con respecto a la influencia del filtro, mediante el uso de software (GeoStudio y Rocscience) y el modelo físico, con respecto a la variación de: la línea de infiltración, el caudal de infiltración y la estabilidad de taludes.

Las observaciones realizadas han sido levantadas por los autores, quedando finalmente aprobadas. Por lo tanto, cuenta con la validez de contenido correspondiente con las variables de estudio del problema, objetivos e hipótesis.

Se extiende la presente constancia a solicitud del interesado, para los fines que considere pertinentes.

Chiclayo, 10 de Diciembre de 2018



GUILLERMO GUSTAVO ARRIOLA CARRASCO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 169897

MG. ING. ARRIOLA CARRASCO GUILLERMO GUSTAVO
INGENIERO CIVIL
CIP: 169897

8.4. ANÁLISIS Y DESARROLLO

8.4.1. Descripción de las características físicas del confitillo (filtro) procedente de la cantera Tres Tomas.

8.4.1.1. Recolección del material - cantera Tres Tomas.

Ubicación de la cantera.

Las muestras de suelo se obtuvieron de la cantera Tres Tomas la cual se encuentra ubicada en el departamento de Ferreñafe, distrito Mesones Muro, cuenta con un área de 21,347.98 m², cuya potencia útil es de 45,472.08 m³, estos datos fueron obtenidos durante la visita a la cantera Tres Tomas. Coordenadas UTM: 641971.35 m E, 9267022.79 m S.



Ilustración 1: Ubicación de la cantera Tres Tomas.

Fuente: Google Earth Pro 2018.



Ilustración 2: Visita panorámica de la cantera Tres Tomas.

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Se procedió a la recolección del material. El volumen de material recolectado de afirmado seleccionado fue de 0.29 m³ y de confitillo 0.036 m³, este material posteriormente será tamizado y se verificarán sus propiedades físicas y mecánicas para ser utilizadas en el modelamiento de la presa.



Ilustración 3: Recolección del material seleccionado.

Fuente: Elaborado por los investigadores.

8.4.1.2. E. M. S. al material del confitillo (filtro).

Los ensayos de mecánica de suelo para el filtro fueron realizados en el laboratorio de la Universidad Cesar Vallejo. Se procedió a realizar los siguientes ensayos:

8.4.1.2.1. Análisis Granulométrico.

El análisis granulométrico realizado a la muestra del confitillo, fue por medio del tamizado a través de un conjunto de mallas normadas por la ASTM comprendidas entre los tamices 3" y N° 200.



Ilustración 4: Cuarteo del material.



Ilustración 5: Pesado del material.



Ilustración 6: Primer tamizado.

Fuente: Elaborado por los investigadores.

El primer análisis granulométrico fue realizado el día 6 setiembre del presente año la muestra tomada no fue sometida a ninguna alteración externa, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 8. *Primer análisis granulométrico realizado al confitillo.*

N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados	
		Retenido	Que pasa
3"	75.000	0.00	100.00
2"	50.000	0.00	100.00
1 1/2"	37.500	0.00	100.00
1"	25.000	0.00	100.00
3/4"	19.000	0.00	100.00
1/2"	12.500	0.00	100.00
3/8"	9.500	0.00	100.00
1/4"	6.300	7.25	92.75
Nª 4	4.750	15.15	84.85
Nª 10	2.000	75.15	24.85
Nª 20	0.850	88.65	11.35
Nº 40	0.425	98.35	1.65
Nº 60	0.250	99.05	0.95
Nª 140	0.106	99.15	0.85
Nº 200	0.075	99.55	0.45

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Se puede deducir de la tabla anterior que la distribución granulométrica es la siguiente:

Tabla 9. *Distribución granulométrica del confitillo.*

Distribución granulométrica			
% Grava	G.G. %	0.0	15.2
	G. F %	15.2	
% Arena	A.G %	60.0	84.4
	A.M %	23.2	
	A.F %	1.2	
% Arcilla y Limo		0.4	0.4
Total			100.0

Fuente: Elaborado por los investigadores.

La muestra analizada tiene mucho material fino por que no se puede considerar como un filtro adecuado, en este sentido se procederá a realizar un segundo análisis granulométrico.

Este segundo análisis fue realizado el día 10 de setiembre, se realizó un tamizado previo por la malla N°10.



Ilustración 7: Tamizado previo malla N° 10.



Ilustración 8: Cuarteo del material.



Ilustración 9: Pesado del material.



Ilustración 10: Segundo tamizado.

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Se obtuvieron los siguientes valores:

Tabla 10. Segundo análisis granulométrico realizado al confitillo.

N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados	
		Retenido	Que pasa
3"	75.000	0.00	100.00
2"	50.000	0.00	100.00
1 1/2"	37.500	0.00	100.00
1"	25.000	0.00	100.00
3/4"	19.000	0.00	100.00
1/2"	12.500	0.00	100.00
3/8"	9.500	39.20	60.80
1/4"	6.300	73.75	26.25
Nª 4	4.750	96.45	3.55
Nª 10	2.000	99.50	0.50
Nª 20	0.850	99.50	0.50
Nº 40	0.425	99.50	0.50
Nº 60	0.250	99.50	0.50
Nª 140	0.106	99.50	0.50
Nº 200	0.075	99.55	0.45

Fuente: Elaborado por los investigadores.

De igual manera se puede deducir de la tabla anterior que la distribución granulométrica es la siguiente para este segundo análisis:

Tabla 11. *Distribución granulométrica del confitillo.*

Distribución granulométrica			
% Grava	G.G. %	0.0	96.5
	G. F %	96.5	
% Arena	A.G %	3.1	3.1
	A.M %	0.0	
	A.F %	0.0	
% Arcilla y Limo		0.5	0.5
Total			100.0

Fuente: Elaborado por los investigadores.

En este segundo análisis se obtuvo una mejor distribución granulométrica para el confitillo, pero aún queda un porcentaje de material fino que podría ocasionar alguna alteración en los resultados posteriores por lo que se realizó un tercer análisis granulométrico en el cual el material a ensayar fue lavado de manera sucesiva y de igual manera tuvo un tamizado previo, pero en esta ocasión fue por el tamiz N°4.

Este tercer análisis se realizó el día 17 de setiembre cuyos resultados se muestran en la siguiente tabla.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ANÁLISIS MECÁNICO POR TAMIZADO

ASTM D-422 / MTC E 107

PROYECTO: TESIS: 'INFLUENCIA DEL FILTRO TIPO CHIMENEA MEDIANTE MODELAMIENTO BIDIMENSIONAL DE UNA PRESA DE MATERIAL HOMOGENEO EXTRAIDO DE LA CANTERA TRES TOMAS'.

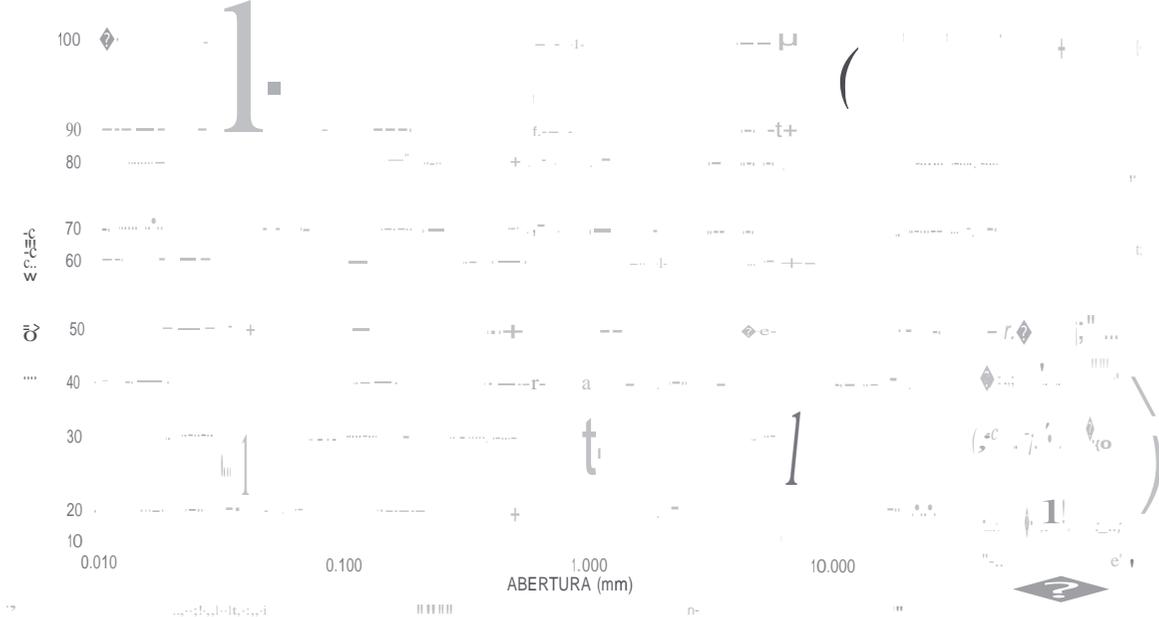
SOLICITANTE: SABOYA GUERRERO ROBERT / PERALES ASMAT JOSUE
 RESPONSABLE: ING. VICTORIA DE LOS ANGELES AGUSTIN DIAZ
 UBICACIÓN: CHICLAYO - LAMBAYEQUE
 FECHA: OCTUBRE DEL 2018

DATOS DEL ENSAYO

IDENTIFICACIÓN	REFERENCIA	FILTRO	PESO INICIAL	2000.00gr
ESTRATO	E-01	FECHA	OCTUBRE DEL 2018	PESO LAVADO SECO : 2000.00 gr
PROFUNDIDAD				

Diámetro (mm)	Peso Retenido (g)	% Retenido	% Pasa	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	0.00	0.00	100.00	Peso de tara: 113.30 / 123.80
2 1/2"	0.00	0.00	100.00	Sh - Tara: 1613.30 / 1508.60
2"	0.00	0.00	100.00	Ss - Tara: 1605.10 / 1501.20
1 1/2"	0.00	0.00	100.00	Peso Suelo Seco: 1491.80 / 1377.40
1"	0.00	0.00	100.00	Peso del agua: 8.20 / 7.40
3/4"	0.00	0.00	100.00	Contenido de Humedad(%): 0.54
1/2"	0.00	0.00	100.00	Limite Líquido (LL): N.P.
3/8"	792.00	39.60	60.40	Limite Plástico (LP): N.P.
1/4"	694.00	34.70	25.70	Índice Plástico (IP): N.P.
No4	514.00	25.70	0.00	Clasificación SUCS: GP
10	0.00	0.00	100.00	Clasificación AASHTO: A-1-a / OI
20	0.00	0.00	100.00	Descripción: GRAVA POBREMENTE GRADUADA
40	0.00	0.00	100.00	Observación AASTHO: BUENO
60	0.00	0.00	100.00	Bolonería > 3":
140	0.00	0.00	100.00	Grava 3"-N-4: 100.00%
200	0.00	0.00	100.00	Arena N-4 - N-200: 0.00%
<200	0.00	0.00	100.00	Finos < N-200: 0.00%
Total	2000.00	100.0		

CURVA GRANULOMETRICA



••• Muestreo e identificación realizada por el solicitante.

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
IWA·iH®



Ilustración 11: Tamizado previo malla N° 4.



Ilustración 12: Lavados sucesivos.



Ilustración 13: Cuarteo del material.



Ilustración 14: Pesado del material.



Ilustración 15: Tercer tamizado.

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Tabla 12. Resumen de las características granulométricas del confitillo.

	Confitillo en estado natural	Confitillo con previo tamizado N° 10	Confitillo con previo tamizado N° 4 y lavados sucesivos
D10	0.772	5.147	5.302
D15	1.071	5.477	5.601
D30	2.154	6.587	6.629
D60	3.32	9.41	9.46
D85	4.78	11.25	11.27
Cu	4.3	1.8	1.8
Cc	1.8	0.9	0.9
CLASIFICACIÓN (S.U.C.S.)	SP (arena pobremente graduada con grava)	GP (grava pobremente graduada)	GP (grava pobremente graduada)
OBSERVACIÓN	DESCARTADO	DESCARTADO	MATERIAL ELEGIDO

Fuente: Elaborado por los investigadores.

8.4.1.2.2. Contenido de humedad.

El contenido de humedad se realizó según las normas ASTM D 2216, MTC E 108-2000, el objetivo principal de este ensayo es cuantificar el contenido de humedad que tiene el material en su estado natural.



Ilustración 16: Peso inicial del confitillo.



Ilustración 17: Secado del confitillo en el horno.

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Se procedió a realizar el ensayo el día 17 de setiembre, obteniéndose 0.545% de humedad promedio, en la siguiente tabla se detallan los datos ingresados para tal resultado.

Tabla 13. *Contenido de humedad del filtro.*

Datos de ensayo.	CONTENIDO DE HUMEDAD	
N° de tarro	-	-
Tarro + suelo húmedo	1613.3	1508.6
Tarro + suelo seco	1605.1	1501.2
Agua	8.2	7.4
Peso del tarro	113.3	123.8
Peso del suelo seco	1491.8	1377.4
Porcentaje de humedad	0.55	0.54

Fuente: Elaborado por los investigadores.

8.4.1.2.3. Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso

El ensayo de peso unitario suelto y compactado del agregado grueso se realizó según la norma AASHTO T-19, ASTM C-29. Dicho ensayo se realizó el día 17 de setiembre del presente año. Este ensayo consiste básicamente en determinar el peso que ocupa el materia de confitillo en un mismo molde (con o sin la aplicación de varillado). Para el ensayo se necesita conocer el peso y el volumen de recipiente, el ensayo se realizó 3 veces para poder obtener un resultado promedio tanto para el material suelto y compactado.



Ilustración 18: Volumen y peso del recipiente.



Ilustración 19: Pesado del material compactado.



Ilustración 20: Pesado del material suelto.

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Del ensayo se obtuvieron los siguientes resultados; peso unitario suelto húmedo promedio 1.347 g/cm³, peso unitario compactado húmedo promedio 1.451 g/cm³ en la siguiente tabla se detallan los datos ingresados para tales resultados.



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO AGREGADO GRUESO

(NORMA AASHTO T-19, ASTM C-29)

PROYECTO TESIS "INFLUENCIA DEL FILTRO TIPO CHIMENEA MEDIANTE MODELAMIENTO BIDIMENSIONAL DE UNA PRESA DE MATERIA L HOMOGENEO EXTRAIDO DE LA CANTERA TRES TOMAS"

SOLICITANTE SABOYA GUERRERO ROBERT / PERALES ASMAT JOSUE

RESPONSABLE ING. VICTORIA DE LOS ANGELES AGUSTIN OIAZ

UBICACIÓN CHICLAYO - LAMBAYEQUE

FECHA OCTUBRE DEL 2018

MATERIAL TRES TOMAS- AGREGADO GRUESO- FILTRO

PESO UNITARIO SUELTO AGREGADO GRUESO

		IDENTIFICACION			Promedio
		1	2	3	
Peso del recipiente + muestra	(ar)	13199	13137	12965	
Peso del recipiente	(ar)	3543	3543	3543	
Peso de la muestra	(ar)	9656	9594	9421	
Volumen	(m ³)	0.0071	0.0071	0.0071	
Peso unitario suelto humado	(K/m ³)	1359.9	1351.3	1327.0	1346

PESO UNITARIO COMPACTADO AGREGADO GRUESO

		IDENTIFICACION			Promedio
		1	2	3	
Peso del recipiente + muestra	(ar)	13855.4	13810.2	13851.1	
Peso del recipiente	(ar)	3543.1	3543.1	3543.1	
Peso de la muestra	(ar)	10312.3	10267.1	10308.0	
Volumen	(m ³)	0.0071	0.0071	0.0071	
Peso unitario compactado humedo	(K/m ³)	1452.4	1446.1	1451.8	1450

Observaciones:



8.4.1.2.4. Gravedad específica y absorción

El ensayo de gravedad específica y absorción se realizó al confitillo según las siguientes normas: MTC E-205, E-206, AASHTO T-84, T-85, el procedimiento a seguir para el agregado grueso es diferente al del agregado fino, para el confitillo se utilizó una canastilla metálica y una balanza mecánica. La finalidad de este ensayo es encontrar el peso específico, el peso específico de la masa S.S.S. y el porcentaje de absorción del material a ensayar.



Ilustración 21: Secado superficial del material.



Ilustración 22: Canastilla y material sumergidos en agua.

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Con este procedimiento se determinó el peso del confitillo con superficie saturada seca, antes y durante su inmersión dentro del agua.

Del ensayo se obtuvieron los siguientes resultados; peso específico 2.605 g/cm³, el peso específico de la masa S.S.S. 2.675 g/cm³ y el porcentaje de absorción 2.681% en la siguiente tabla se detallan los datos ingresados para tales resultados.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS

(NORMA MTC E-205, E-206, AASHTO T-84, T-85)

PROYECTO TESIS : INFLUENCIA DEL FILTRO TIPO CHIMENEA MEDIANTE MODELAMIENTO BIDIMENSIONAL DE UNA PRESA DE MATERIAL HOMOGENEO EXTRAIDO DE LA CANTERA TRES TOMAS.
 SOLICITANTE SABOYA GUERRERO ROBERT / PERALES ASMAT JOSUE
 RESPONSABLE ING. VICTORIA DE LOS ANGELES AGUSTIN DIAZ
 UBICACIÓN CHICLAYO- LAMBAYEQUE
 FECHA OCTUBRE DEL 2018

MATERIAL : TRES TOMAS - AGREGA00 GRUESO - ALTRO

AGREGADO GRUESO

A	Peso Mat.Sat. Sup. Seca (En Air!)_gr	1025.00	1024.00	
B	Peso Mat.Sat. Sup. Seca (En Agua) (g. 1)	640.0	642.9	
C	Vol. de masa+ vol. de vacios= A.B (g. 1)	385	381.1	
D	Peso material seco en er.tuta (105 °C)(gr)	998.1	997.4	
E	Vol. demasa=C-(A-D)(g/L)	358.1	355.5	PROMEDIO
	Pe bulk (Base seca) " O/C	2.592	2.617	2.605
	Pe bulk (Base saturada)= AJC	2.662	2.687	2.675
	Pe Aparente (Base Seca)	2.787	2.814	2.800
	wce acercon = ((A - D / D) * 100)	2.695	2.667	2.681

Observaciones:

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Victoria de los Angeles Agustín Díaz
 Ing. Victoria de los Angeles Agustín Díaz
 CEE DEL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIAS



8.4.1.2.5. Permeabilidad de suelos granulares, confitillo.

El ensayo de permeabilidad se envió a realizar a la empresa Servicios de laboratorios de suelos y pavimentos S.A.C., este ensayo se refiere a la facilidad o dificultad que tiene un suelo de permitir que lo atraviese el agua, este ensayo se realizó según la norma ASTM D-2434, NPT 339.147.



Ilustración 23: Toma de la altura del permeámetro.



Ilustración 24: Toma de caudal del permeámetro.

Fuente: Elaborado por los investigadores.

El confitillo fue compactado directamente sobre la base del permeámetro, con la ayuda de un pequeño pisón metálico a fin de no fracturar la piedra porosa ubicada en la parte inferior.

Del ensayo se obtuvieron los siguientes resultados; coeficiente de permeabilidad a una T° de agua de 20°C , $K_{\text{PROMEDIO}} 3.601 \times 10^{-4} \text{ m/s}$, en la siguiente tabla se detallan los datos ingresados para tal resultado.



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Calle Juan Pablo U N° 682, Of. 2do Piso, Urb. Las Brisas – Chiclayo. Telf. (074) 619319, RPM # 948 852 622–
 RPC 954 131476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.
 Búscanos en Facebook: [Laboratorios de Suelos Chiclayo](#)
 Pág. Web: www.emplaboratorios.com

PERMEABILIDAD DEL SUELO

TESIS : "Influencia del Filtro Tipo Chimenea Mediante Modelamiento Bidimensional para una Presa de Material Homogéneo Extraído de la Cantera Tres Tomas".
 UBICACIÓN : Chiclayo - Lambayeque
 MUESTRA : 03
 MATERIAL : Gravilla RESP. LAB.: S.B.F.
 DESCRIPCIÓN : Filtro de presa TEC. LAB.: S.A.C.M.
 TÉCNICOS : Sabaya Guerrero Robert Henry FECHA : 12/10/2018
 PERMEABILIDAD : Perales Asmat Josue Eliaser

Donde:

$$K = \frac{Q \cdot L}{A \cdot T \cdot H}$$



- K: Coeficiente de permeabilidad (cm/s)
- Q: Cantidad de agua descargada (cm3)
- L: Distancia entre piezómetros (cm)
- A: Área de la sección de la muestra ensayada (cm2)
- T: Tiempo del ensayo (seg)
- H: Diferencia de carga, altura, sobre piezómetros (cm)
- fe: Factor de corrección de temperatura (fe)
- Yt: Viscosidad del agua a temperatura de la muestra
- Y20: Viscosidad del agua a 20°C

Muestra	Hora	T(seg)	Q(cm3)	L(cm)	A(cm2)	H(cm)	fe	K20 (cm/s)
01	8:30:00	60	670.00	13.00	78.540	85.00	1.783	0.038775
02	8:31:00	60	1395.00	13.00	78.540	85.00	1.723	0.077994
03	8:32:00	60	2800.00	13.00	78.540	85.00	1.620	0.147189
04	8:33:00	60	4200.00	13.00	78.540	85.00	1.611	0.219604
05	8:34:00	60	5600.00	13.00	78.540	85.00	1.560	0.283456
06	8:35:00	60	6995.00	13.00	78.540	85.00	1.511	0.343088
07	8:36:00	60	8395.00	13.00	78.540	85.00	1.465	0.399284
08	8:37:00	60	9800.00	13.00	78.540	85.00	1.421	0.452057
09	8:38:00	60	11198.00	13.00	78.540	85.00	1.379	0.501211
10	8:39:00	60	12598.00	13.00	78.540	85.00	1.340	0.547682
11	8:40:00	60	14004.00	13.00	78.540	85.00	1.301	0.591395
12	8:41:00	60	17524.00	13.00	78.540	85.00	1.265	0.719447

K promedio 0.360099

OBSERVACIONES:

- LAS MUESTRAS FUERON PROPORCIONADAS POR EL SOLICITANTE.
- EL CERTIFICADO CORRESPONDE ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA EMITIDA.
- LAS COPIAS DE ESTE ENSAYO NO SON VÁLIDAS SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO.
- EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL USO Y LAS INTERPRETACIONES DEL OS DATOS DEL CERTIFICADO DE ENSAYO.

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 Segundo A. Carranza Mejia
 TÉCNICO LABORATORISTA

SERVICIO DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 secundario, José María Fernández
 INGENIERO
 REG. C.I.R. 167278

8.4.1.2.6. Corte directo

Como no se logró determinar el ángulo de fricción y la cohesión interna del confitillo a través del equipo, se asumió valores de 45.0° y 0.000 Kg/cm^2 respectivamente, por tratarse de una grava sin presencia de partículas finas.

Tabla 14. *Propiedades del confitillo procedentes del ensayo de corte directo.*

	Unidad	Confitillo lavado
Ángulo de fricción	$^\circ$	45
Cohesión interna	Kg/cm^2	0

Fuente: Elaborado por los investigadores.



Ilustración 25: Imagen de referencia del ensayo de corte directo.

Fuente: Elaborado por los investigadores.

8.4.2. Análisis de la influencia del filtro tipo chimenea.

Para poder hablar de la influencia que causa el uso del filtro tipo chimenea, primero es necesario conocer los efectos que se producen en una presa de material homogéneo sin ningún tipo de filtro:

Erosiona interna:

Cuando la circulación de agua a través de la presa o del terreno ocasiona un arrastre incontrolado total o parcial de partículas (en general comienza por las más finas), se dice que se produce erosión interna. Ante esta erosión interna, que constituye una gran amenaza para las presas de materiales sueltos, la mejor defensa parece ser los filtros. La erosión interna puede iniciarse por el fenómeno de fracturación hidráulica.

8.4.2.1. Predimensionamiento del filtro.

Para realizar el Predimensionamiento del filtro primero se tuvo que conocer si este contaba con las siguientes propiedades hidráulicas:

8.4.2.1.1. Verificación de las partículas que conforman el filtro.

Para la elección del filtro se debe tener en cuenta las siguientes propiedades:

- Ser permeable, más que el suelo que protege.
- Ser estable, es decir debe impedir el tránsito a través de las partículas del suelo base.
- Ser auto estable, lo que se traduce en tampoco sus propias partículas puedan emigrar hacia afuera de él. (Esta condición es una extensión de la anterior)

Se verificaron que estas propiedades se cumplieran para que así el filtro elegido tenga un buen funcionamiento:

- La primera propiedad se cumplió realizando el ensayo de permeabilidad tanto al confitillo que como al material de la cimentación y el cuerpo de la presa, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 15. Comparación entre las permeabilidades del filtro, la cimentación y el cuerpo de la presa.

	Unidad	Filtro	Cimentación	Cuerpo presa
Coef. de permeabilidad a una T° de agua de 20°C	m / s	3.6099×10^{-4}	6.948×10^{-7}	2.4416×10^{-6}

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Los resultados obtenidos nos confirman que el filtro es mucho más permeable que el suelo que protege.

Otra forma de verificar esta propiedad es dividir la permeabilidad del filtro entre la permeabilidad de la cimentación, el Bureau of Reclamation recomienda que como mínimo debe ser unas 20 veces superior a la del suelo base y mejor si es de 50 o más.

$$\frac{3.601 \times 10^{-4}}{6.984 \times 10^{-7}} = 51.561$$

Por lo tanto, tenemos una relación superior inclusive a lo que denominan mejor.

- La segunda propiedad se puede verificar con la granulometría realizada tanto al filtro como al cuerpo de la presa, el Bureau of Reclamation recomienda los siguientes límites que deben tener las partículas de filtro y la cimentación:

Tabla 16. Características granulométricas del filtro y del cuerpo de la presa.

	Filtro	Cuerpo de la presa
D15	5.601	0.472
D50	8.40	0.960
D85	11.27	1.606

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Un enfoque empírico de amplio uso para definir las envolventes de granulometría o relaciones límites del material del filtro apropiado, paralelas a la curva granulométrica del material protegido está dado por las expresiones:

- Terzaghi: Límite superior.

$$\frac{D_{15} \text{ filtro}}{D_{15} \text{ cuerpo}} \leq 5 \rightarrow \frac{5.601}{1.606} = 3.49$$

- U.S.B.R: Límite inferior.

$$\frac{D_{50} \text{ filtro}}{D_{50} \text{ cuerpo}} \geq 5 \rightarrow \frac{8.40}{0.960} = 8.75$$

- La tercera propiedad se puede verificar con lo siguiente:

Este criterio asegura una permeabilidad del filtro 25 veces a la del suelo protegido, es decir:

$$\frac{D_{80} \text{ filtro}}{D_{80} \text{ cuerpo}} < 25 \rightarrow \frac{11.27}{0.472} = 23.87$$

Se puede definir al material de filtro como adecuado para ser utilizado. Cumpliendo estas condiciones podemos afirmar que el filtro proporciona automáticamente otra propiedad por añadidura: el auto sellado de las fisuras del suelo protegido, que se produce porque, al no ser arrastrados los granos, la fisura no progresa, y sometida al peso del material que tiene encima, cede por plasticidad y acaba cerrándose.

8.4.2.1.2. Espesor del filtro.

El espesor del filtro viene determinado por las siguientes condiciones:

- El necesario para cumplir su función, de forma que la interface de penetración inicial ocupe solo una proporción reducida del espesor.
- Un margen añadido para prever la pérdida del espesor eficaz en los bordes por mezcla con los materiales adyacentes al ejecutarlo y por el paso de la maquinaria de compactación,
- En los verticales o subverticales, el ancho horizontal mínimo para que pueda trabajar la maquinaria de compactación.

El libro titulado “Tratado Básico de Presas”, nos sugiere utilizar filtros verticales en de un espesor del orden 2.50 a 3.00 m. y los horizontales con un espesor de 13 cm, pero por lo general se utilizan de mayores espesores por seguridad.

Por lo que se tomaran como espesores de los filtros tanto verticales como horizontales 3.00 m, esto debido a que espesores inferiores se podría perder combinar el filtro.

Tabla 17. *Espesor del filtro a utilizar.*

	Unidad	Espesor
Vertical	m	3.00
Horizontal	m	3.00

Fuente: Elaborado por los investigadores.

8.4.3. Características físicas, mecánicas e hidráulicas de la presa de material homogéneo.

8.4.3.1. Características físicas y mecánicas de la cimentación de la presa.

Los ensayos de mecánica de suelo para la cimentación de la presa fueron realizados en el laboratorio de la Universidad Cesar Vallejo. Se procedió a realizar los siguientes ensayos:

8.4.3.1.1. Análisis Granulométrico

El análisis granulométrico realizado a la muestra representativa de suelo, fue por medio del tamizado a través de un conjunto de mallas normadas por la ASTM comprendidas entre los tamices 3" y N° 200.

El análisis granulométrico fue realizado el día 10 setiembre del presente año la muestra tomada no fue sometida a ninguna alteración externa, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 18. Análisis granulométrico realizado a la cimentación de la presa.

N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados	
		Retenido	Que pasa
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.0	100.0
1/2"	12.500	0.0	100.0
3/8"	9.500	0.0	100.0
1/4"	6.300	0.0	100.0
Nª 4	4.750	0.0	100.0
Nª 10	2.000	12.2	87.8
Nª 20	0.850	52.1	47.9
Nº 40	0.425	80.9	19.1
Nº 60	0.250	91.3	8.7
Nª 140	0.106	98.5	1.5
Nº 200	0.075	99.4	0.6

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Se puede deducir de la tabla anterior que la distribución granulométrica es la siguiente:

Tabla 19. Distribución granulométrica de la cimentación de la presa.

<i>Distribución granulométrica</i>			
% Grava	G.G. %	0.0	0.0
	G. F %	0.0
% Arena	A.G %	12.2	99.4
	A.M %	68.7	
	A.F %	18.5	
% Arcilla y Limo		0.6	0.6
Total			100.0

Fuente: Elaborado por los investigadores.



Ilustración 26: Cuarteo del material.



Ilustración 27: Pesado del material.



Ilustración 28: Tamizado del material.

Fuente: Elaborado por los investigadores.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

**ANÁLISIS MECÁNICO POR TAMIZADO
ASTM D-422 / MTC E 107**

PROYECTO TESIS 'INFLUENCIA DEL FILTRO TIPO CHIMENEA MEDIANTE MODELAMIENTO BIDIMENSIONAL DE UNA PRESA DE MATERIAL HOMOGÉNEO EXTRAÍDO DE LA CANTERA TRES TOMAS'

SOLICITANTE RESPONSABLE SABOYA GUERRERO ROBERT I PERALES ASMAT JOSUE
UBICACIÓN ING VICTORIA DE LOS ANGELES AGUSTIN DIAZ CHIC LAYO- LAMBAYEQUE
FECHA OCTUBRE DEL 2018

DATOS DEL ENSAYO

IDENTIFICACION REFERENCIA CIMENTACION PRESA IPESO INICIAL 1000.00gr
E-01 FECHA OCTUBRE DEL 2018 IPESO LAVADO SECO : 994.00gr

PROFUNDIDAD

Tamices ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido	%Retenido Parcial	Retenido Acumulado	% que Pasa	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	Peso de tara 123.80 123.80
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	Sh + Tara 1623.80 1600.00
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00	Ss + Tara 1596.70 1574.40
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00	Peso Suelo Seco 1472.90 1450.60
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	Peso del agua 27.10 25.60
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00	Contenido de Humedad(%) : 1.80
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00	Limite Líquido (LL) : N.P.
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	Limite Plástico (LP) : N.P.
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00	Indice Plástico (IP) : N.P.
Nº4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00	Clasificación SUCS : SP
10	2.000	122.00	12.20	12.20	87.80	Clasificación AASHTO : A-1-b101
20	0.850	399.00	39.90	52.10	47.90	Descripción : ARENA PORREMENTE GRABADA
40	0.425	288.00	28.80	80.90	19.10	Observación AASTHO : BUENO
60	0.250	104.00	10.40	91.30	8.70	Bolonería > 3" : 0.00%
140	0.106	72.00	7.20	98.50	15.00	Grava 3"-Nº4 : 0.00%
200	0.075	9.00	0.90	99.40	0.60	Arena Nº4 - Nº200 : 99.40%
< 200		6.00	0.60	100.00	0.00	Finos < Nº200 : 0.60%
Total		1000.00	100.00			

CURVA GRANULOMETRICA



*** Muestreo e identificación realizada por el solicitante.

T.I. 074) 181 b'6Anx 65'4



Tabla 20. Resumen de las características granulométricas de la cimentación de la presa.

	Material en estado natural
D10	0.267
D15	0.345
D30	2.154
D50	0.890
D60	1.100
D85	1.883
Cu	4.1
Cc	1.0
CLASIFICACIÓN (S.U.C.S.)	SP (arena pobremente graduada)
OBSERVACIÓN	MATERIAL ELEGIDO

Fuente: Elaborado por los investigadores.

La muestra analizada presenta un porcentaje despreciable de material fino, lo cual sería consistente al suelo natural que se encontraría en una posible construcción.

El material al poseer material fino tendrá un buen comportamiento en el momento de su compactación en el modelo físico.

8.4.3.1.2. Contenido de humedad.

El contenido de humedad se realizó según las normas ASTM D 2216, MTC E 108-2000, el objetivo principal de este ensayo es cuantificar el contenido de humedad que tiene el material en su estado natural.



Ilustración 29: Peso inicial del material.



Ilustración 30: Secado en horno.

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Se procedió a realizar el ensayo de contenido de humedad natural el día 17 de setiembre, obteniéndose 1.802% de humedad promedio, en la siguiente tabla se detallan los datos ingresados para tal resultado.

Tabla 21. *Contenido de humedad de la cimentación de la presa.*

Datos de ensayo.	CONTENIDO DE HUMEDAD	
N° de tarro	-	-
Tarro + suelo húmedo	1623.8	1600
Tarro + suelo seco	1596.7	1574.4
Agua	27.1	25.6
Peso del tarro	123.8	123.8
Peso del suelo seco	1472.9	1450.6
Porcentaje de humedad	1.84	1.76

Fuente: Elaborado por los investigadores.

8.4.3.1.3. Peso unitario suelto y compactado del agregado fino

El ensayo de peso unitario suelto y compactado del agregado fino se realizó según la norma AASHTO T-19, ASTM C-29. Dicho ensayo se realizó el día 17 de setiembre del presente año. Este ensayo consiste básicamente en determinar el peso que ocupa el material de la cimentación de la presa en un mismo molde (con o sin la aplicación de varillado). Para el ensayo se necesita conocer el peso y el volumen de recipiente, el ensayo se realizó 3 veces para poder obtener un resultado promedio tanto para el material suelto y compactado.



Ilustración 31: Volumen y peso del recipiente.



Ilustración 32: Pesado del material compactado.



Ilustración 33: Pesado del material suelto.

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Del ensayo se obtuvieron los siguientes resultados; peso unitario suelto húmedo promedio 1.471 g/cm³, peso unitario compactado húmedo promedio 1.635 g/cm³ en la siguiente tabla se detallan los datos ingresados para tales resultados.



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO AGREGADO FINO
(NORMA AASHTO T-19, ASTM C-29)

PROYECTO TESIS "INFLUENCIA DEL FILTRO TIPO CHIMENEA MEDIANTE MODELAMIENTO BIOMENSIOML DE UNA PRESA DE MATERIAL HOMOGENEO EXTRAÍDO DE LA CANTERA TRES TOMAS.
SOLICITANTE SABOYA GUERRERO ROBERT IPERALESASMAT JOSUE
RESPONSABLE ING VICTORIA DE LOS ANGELES AGUSTIN DIAZ
UBICACIÓN CHICLAYO- IAMBAYEUUE
FECHA OCTUBRE DEL 2018

MATERIAL TRES TOMAS- AGREGADO FINO — — — — —

PESO UNITARIO SUELTO AGREGADO FINO

		IDENTIFICACION			Promedio
		1	2	3	
Peso del recolente + muestra	1011	9782	9806	9780	
Peso del recorente	1011	5187	5187	5187	
Peso de la muestra	10,1	4596	4619	4594	
Volumen	1m ³	0.0031	0.0031	0.0031	
Peso unitario suelto seco	(Kg/m ³)	1468	1476	1468	1471

PESO UNITARIO COMPACTADO AGREGADO FINO

		IDENTIFICACION			Promedio
		1	2	3	
Peso del recolente + muestra	1011	10302	10324	10287	
Peso del recimente	10,1	5187	5187	5187	
Peso de la muestra	1011	5115	5137	5098	
Volumen	1m ³	0.0031	0.0031	0.0031	
Peso unitario compactado seco	(Kg/m ³)	1634	1641	1629	1635

Observaciones:

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Victoria de los Angeles Agustín Díaz
SEDE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y FUNDACIONES



8.4.3.1.4. Gravedad específica y absorción

El ensayo de gravedad específica y absorción se realizó al material que conformara la cimentación de la presa según las siguientes normas: MTC E-205, E-206, AASHTO T-84, T-85. Dicho ensayo se realizó el día 19 de setiembre del presente año.

Para realizar este procedimiento al agregado fino (arena) es necesario el empleo de una secadora, molde cónico trunco, pisón metálico, fiolas y balanza electrónica.

La finalidad de este ensayo es encontrar el peso específico, el peso específico de la masa S.S.S. y el porcentaje de absorción del material a ensayar.



Ilustración 34: Apisonado del material.



Ilustración 35: Verificación del estado de humedad del material.



Ilustración 36: Peso de la muestra.



Ilustración 37: Peso para posterior agitación.

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Del ensayo se obtuvieron los siguientes resultados; peso específico 2.585 g/cm³, el peso específico de la masa S.S.S. 2.648 g/cm³ y el porcentaje de absorción 2.417% en la siguiente tabla se detallan los datos ingresados para tales resultados.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS

(NORMA MTC E-205, E-206, AASHTO T-84, T-85)

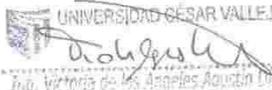
PROYECTO TESIS: "INFLUENCIA DEL FILTRO TIPO CHIMENEA MEDIANTE MODELAMIENTO BIDIMENSIONAL DE UNA PRESA DE MATERIAL HOMOGENEO EXTRAÍDO DE LA CANTERA TRES TOMAS".
 SOLICITANTE SABOYA GUERRERO ROBERT / PERALES ASMAT JOSUE
 RESPONSABLE ING VICTORIA DE LOS ANGELES AGUSTIN DIAZ
 UBICACIÓN CHICLAYO · LAMBAYEQUE
 FECHA OCTUBRE DEL 2018

MATERIAL : TRES TOMAS · AGREGADO FINO

AGREGADO FINO

A	Peso Mat Sat Sup Seco (en A!!!..I)(gr)	---	500 0	5000	f--	-
B	Peso Frasco 		1231 7	1231 7		
C	Peso Frasco+ agua+ A (gr		1731 7	1731.7		
D	Peso del Mat + agua en el frasco (gr)		1543 0	1542 7		
E	Vol de masa + vol de vacío = C:QJi!L_			189 0		
F	Pe De Mat Seco en estufa (10  (gr)	---	488 6			
G	Volde masa=E · (A · F) (gr)		177.3	176 6		PROMEDIO
	Pe bulk (Base seca) * FFE		2 589	2 581		2.59
f--	Pe bulk (Base saturada) * AJE	---	2 650	2 646	---	265
	Pe aparente (Base Seca) * F/G	---	2 756	2 759	---	2 76
	% de absorción** ((A- F) / F) · 100		2 333	2 501		2.42

Observaciones:

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

 Ing. Victoria de los Angeles Agustín Díaz



8.4.3.1.5. Peso específico relativo de las partículas sólidas (Gs)

El ensayo de peso específico relativo de las partículas sólidas se realizó según la norma ASTM D-854. Dicho ensayo se realizó el día 20 de setiembre del presente año.

Este ensayo fue realizado al material que conformara la cimentación de la presa, tomando 30 gramos de cada muestra y haciendo uso de fiolas, balanzas y hornillas (cuando el agua mezclada con el material empieza a hervir, libera el aire atrapado).



Ilustración 38: Calibración de la fiola.



Ilustración 39: Liberación del aire atrapado en las muestras.



Ilustración 40: Incorporación de agua hasta el menisco de la fiola.

Fuente: Elaborado por los investigadores.

La finalidad de este ensayo es conocer peso específico relativo de sólidos a 20°C (Gs), en el laboratorio se obtuvo el siguiente resultado: 1.88 g/cm³. En la siguiente tabla se detallan los datos ingresados para tal resultado.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS AGREGADOS

(NORMA MTC E-205, E-206, AASHTO T-84, T-85)

PROYECTO TESIS "INFLUENCIA DEL FILTRO TIPO CHIMENEA MEDIANTE MOEOLAMIENTO B/OIMENSIONAL DE UNA PRESA DE MATERIAL HOMOGENEEO EXTRAIDO OE LA CANTERA TRES TOMAS"
 SOUCITANTE SABOYA GUERRERO ROBERT / PERALES ASMAT JOSUE
 RESPONSABLE ING VICTORIA DE LOS ANGELES AGUSTIN DIAZ
 UBICACIÓN CHICLAYO • LAMBAYEOUE
 FECHA OCTUBRE DEL 2018

MATERIAL : TRES TOMAS • AGREGADO FINO • CIMENTACION PRESA

AGREGADO FINO

A	Peso Mat Sal...\$up Seco (en A	250 0	
B	Peso Frasco+ agua	639 0	
C	Peso Frasco+ agua+ A (gr)	889.0	
D	Peso del Mat + agua en el fra	685 9	
E	Vol de masa + vol de vacio = C-D (gr)	203.1	
F	Pe De Mat Seco en estufa (105°C) (gr)	100 0	
G	Vol de masa = E- $\frac{A}{F}$ (gr)		PROMEDIO
	Pe aparente (Base Seca) = FFG	1 883	

Observaciones:



8.4.3.1.6. Próctor modificado.

El ensayo de próctor modificado se realizó según la siguiente norma NTP 399.141: 1999. Dicho ensayo se realizó el día 20 de setiembre del presente año. Este ensayo se efectuó a las muestras de material que conformará la cimentación de la presa. Se prepararon 4 especímenes con diferentes contenidos de humedad, los cuales se compactaron en 5 capas (aplicando 56 golpes con el pisón en cada una) dentro de un molde cilíndrico de 4" de diámetro.



Ilustración 41: Incorporación de agua a la muestra de suelo



Ilustración 42: Apisonado de la muestra dentro del molde cilíndrico.

Fuente: Elaborado por los investigadores.

La finalidad del ensayo de próctor modificado es conocer máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad obteniéndose los siguientes resultados: máxima densidad 1.576 g/cm³ y óptimo contenido de humedad 7.91 %. En la siguiente tabla se detallan los datos ingresados para tales resultados.



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
ENSAYO DE COMPACTACION - PROCTOR MODIFICADO
MÉTODO C
ASTM D-1557

PROYECTO: TESIS - "INFLUENCIA DEL FILTRO TIPO CHIMENEA MEDIANTE MODELAMIENTO BIDIMENSIONAL DE UNA PRESA DE MATERIAL HOMOGÉNEO EXTRAÍDO DE LA CANTERA TRES TOMAS"

SOLICITANTE: SÁBOYA GUERRERO ROBERT / PERALES ASMAT JOSUE

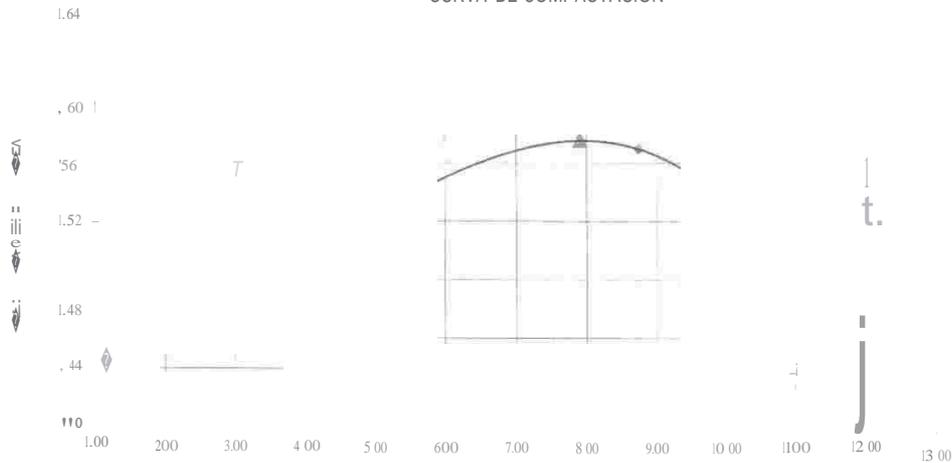
RESPONSABLE: ING VICTORIA DE LOS ANGELES AGUSTIN DIAZ

UBICACIÓN: CHICLAYO - LAMBAYEQUE

FECHA: OCTUBRE DEL 2018

CALICATA	MATERIAL DE CANTERA	Molde Nº					S-124
		Peso del Molde ar					6709.7
ESTRATO		Volumen del Molde cm ³					2252
		te DE CACES					5
		Nº de Golpes por capa					56
MUESTRANº		1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00
Peso de Suelo húmedo + Molde (gr.)		10145.60	1034860	10553.40	10322.00		
Peso de Molde (gr)		6709.70	6709.70	6709.70	6709.70		
Peso del suelo Húmedo (gr)		3435.90	3638.90	3843.70	3612.30		
Densidad Humeda (gr/cm ³)		1.53	1.62	1.71	1.60		
CAPSULANº		1	2	3	4	5	6
Peso de suelo Húmedo+ Capsula (gr)		72.50	59.20	62.20	75.20		
Peso de suelo seco+ Capsula (gr)		70.30	56.20	57.20	67.50		
Peso de Agua (gr)		2.20	3.00	5.00	7.70		
Peso de Cápsula (gr)		0.00	0.00	0.00	0.00		
Peso de Suelo Seco (gr)		70.30	56.20	57.20	67.50		
% de Humedad		3.13	5.34	8.74	11.41		
Densidad de Suelo Seco (gr/cm ³)		1.48	1.53	1.57	1.44		

CURVA DE COMPACTACIÓN



ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD

*** Ensayo realizado por el solicitante.

Máxima densidad Seca (gr/cm ³)	1.576
Óptimo Contenido de Humedad (%)	7.91



fblucv peru
@ucv peru
#sal radela n te
i'5'89.1'6®

8.4.3.1.7. Permeabilidad de suelos granulares.

El ensayo de permeabilidad se envió a realizar a la empresa Servicios de laboratorios de suelos y pavimentos S.A.C., este ensayo se refiere a la facilidad o dificultad que tiene un suelo de permitir que lo atraviese el agua, este ensayo se realizó según la norma ASTM D-2434, NPT 339.147.



Ilustración 43: Toma de la altura del permeámetro.



Ilustración 44: Toma de caudal del permeámetro.

Fuente: Elaborado por los investigadores.

La permeabilidad puede definirse como velocidad de flujo producida por un gradiente hidráulico unitario. El valor del coeficiente de permeabilidad (K) se usa como una unidad de resistencia al flujo medida por el suelo.

Este ensayo fue aplicado a las muestras de suelo que conformaran la cimentación de la presa a utilizar en el modelamiento físico.

Del ensayo se obtuvo el siguiente resultado; coeficiente de permeabilidad a una T° de agua de 20°C, $K_{\text{PROMEDIO}} 6.948 \times 10^{-7}$ m/s en la siguiente tabla se detallan los datos ingresados para tal resultado.



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Piso, Urb. las Brisas - Chiclayo, Tell. (074) 619319, RPM o 948 852 622 -
 RPC 9S4 131 476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.
 Búscanos en Facebook: Laboratorios de suelos Chiclayo
 Pág. Web: www.emplaboratorios.com

PERMEABILIDAD DEL SUELO

TESIS : "Influencia del Filtro Tipo Chimenea Mediante Modelamiento Bidimensional para una Presa de Material Homogéneo Extraído de la Cantera Tres Tomas".
UBICACIÓN : Chiclayo - Lambayeque
MUESTRA : 01

MATERIAL : Arena Media RESP. LAB.: S.B.F.
DESCRIPCIÓN : Cimentación de presa TEC. LAB.: S.A.C.M.
TESISTAS : Sabaya Guerrero Robert Henry FECHA : 12/10/2018
 : Perales Asmat Josue Eliaser

Donde:

$$K = \frac{Q \cdot L}{A \cdot T \cdot H}$$



- K: Coeficiente de permeabilidad (cm/s)
- Q: Cantidad de agua descargada (cm³)
- L: Distancia entre piezómetros (cm)
- A: Área de la sección de la muestra ensayada (cm²)
- T: Tiempo del ensayo (seg)
- H: Diferencia de carga, altura, sobre piezómetros (cm)
- fe: Factor de corrección de temperatura (fe)
- Yt: Viscosidad del agua a temperatura de la muestra
- Y20: Viscosidad del agua a 20°C

Muestra	Hora	T (seg)	Q(cm ³)	L(cm)	A(cm ²)	H (cm)	fe	K20 (cm/s)
01	8:00:00	60	40,00	13,00	78,540	85,00	1,783	0,002315
02	8:01:00	60	50,00	13,00	78,540	85,00	1,723	0,002796
03	8:02:00	60	65,00	13,00	78,540	85,00	1,620	0,003417
04	8:03:00	60	90,00	13,00	78,540	85,00	1,611	0,004706
05	8:04:00	60	110,00	13,00	78,540	85,00	1,560	0,005568
06	8:05:00	60	130,00	13,00	78,540	85,00	1,511	0,006376
07	8:06:00	60	160,00	13,00	78,540	85,00	1,465	0,007610
08	8:07:00	60	190,00	13,00	78,540	85,00	1,421	0,008764
09	8:08:00	60	200,00	13,00	78,540	85,00	1,379	0,008952
10	8:09:00	60	230,00	13,00	78,540	85,00	1,340	0,009999
11	8:10:00	60	250,00	13,00	78,540	85,00	1,301	0,010558
12	8:11:00	60	300,00	13,00	78,540	85,00	1,265	0,012316

K promedio 0,0069480

OBSERVACIONES.

- LAS MUESTRAS FUERON PROPORCIONADAS POR EL SOICITANTE
- EL CERTIFICADO CORRESPONDE ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA EMITIDA
- LAS COPIAS DE ESTE ENSAYO NO SON VÁLIDAS SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO.
- EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL USO Y LAS INTERPRETACIONES DE LOS DATOS DEL CERTIFICADO DE ENSAYO.



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 Ing. Olga Fernandez
 REG. PT. 1189276

8.4.3.1.8. Corte directo

Las muestras ensayadas para corte directo correspondientes al material que conformara la cimentación de la presa las cuales se enviaron a realizar a la empresa Servicios de laboratorios de suelos y pavimentos S.A.C., dicho ensayo se realizó según la norma ASTM D- 3080. Se tomaron 3 especímenes en estado remoldeado (una para cada carga estimada).

La finalidad de este ensayo es determinar la resistencia de la muestra de suelo, sometida a fatigas y/o deformaciones que simulen las que existen o existirán en el terreno producto de la aplicación de la carga, este ensayo nos permite conocer la resistencia al esfuerzo cortante en el suelo dando valores de: la cohesión y el ángulo de fricción del suelo.

Tabla 22. *Propiedades de la cimentación de la presa confitillo procedentes del ensayo de corte directo.*

	Unidad	Confitillo lavado
Ángulo de fricción	°	23.9
Cohesión interna	Kg / cm ²	0.02

Fuente: Elaborado por los investigadores.



Ilustración 45: *Imagen de referencia del ensayo de corte directo.*

Fuente: Elaborado por los investigadores.



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Calle P. Blo II N° 6112, Ot. Ido Pto. u.b. U.T.E., U., - Chiclayo. I.e.f (07C) 6J9319, RPM • 9CIJ ISJ 622 -
 R.P.C. 91.4 t.t. 476. E-mail: ..ervkios_iiib@hotmail.com.
 Bu. snot en feclfbok: D labot.ltorios; ft luelo, Chiclayo
 Pj.; Web: www.emplabotalorMn.com

CAPACIDAD ADMISIBLE DEL SUELO PARA ZAPATA SUPERFICIAL (Norma ASTM 0-3080)

Intluencia del F#tro Tipo uwnenu Mediarte ModelamiEI0lo Bld/mensi00al para una Presa de Material Homogéneo Extraído de la
 caneece Tres Tomas-
 UBICACIÓN: Ctw:lajo - Lambayeque

MUESTRA: Arena Media Tres
 CANTERA: Tomas Cimentación
 DESCRIPCIÓN: de presa
 ITESISTAS: Saboya Guerrero Roben Hetry
 Perales Asmat Josue Eha'el'

RESP.DEU.B: SBF
 TEC.LAB: SACM
 FECHA: 11110/2018
 ESTADO: REMOLOEAOA

Densidad Humeda gr/cm3	1,55	Profundidad de Cimentación, Df	24,00 m
Cohesión del Suelo ,kg/cm2	0,02	Ancho de Omeruacroo, B, m	30,00 m
Angulo de Fricción, f, °	23,89		
Angulo de mcooo, L, °	16,45		

SEGÚN FORMULA DE CAPACIDAD DE CARGA DE TERZAGHI (1943)

Formulas de capacidad de Carga

	Para falla General	Para falla local
Cimentación corrida	$q_u = c'N_c + qDN_c + 0.5g8N_c$	$q_u = 2/3 c'N_c + qDN_c + 0.5g8N_c$
cimentación cuadrada	$q_u = 1.3c'N_c + qDN_c + 0.4g8N_c$	$q_u = 2/3 c'N_c + qDN_c + 0.4g8N_c$
Cimentación circular	$q_u = 1.3c'N_c + qDN_c + 0.3g8N_c$	$q_u = 2/3 c'N_c + qDN_c + 0.3g8N_c$

Factores de Capacidad de Carga

Factor de Seguridad

	General	Local
N _e	23,19	14,07
N _q	11,28	5,16
N _g	7,78	2,67

Capacidad de Carga

falla local (kg/cm2)

	q _u	q _{adm}
Orientación corrida	25,57	8,52
Cimentación cuadrada	24,36	8,12

OBSERVACIONES

- LAS MUESTRAS AJERON PROPORCIONADAS POR EL SOLICITANTE
- EL CERTIFICADO CORRESPONDE ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA «E0111».
- LAS COPIAS DE ESTE ENSAYO NO SON VALIDAS SIN LA AUTORIZACION DEL LABORATORIO
- EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL USO Y LAS INTERPRETACIONES DE LOS DATOS DEL CERTIFICADO DE ENSAYO

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 Segundo A. Carranza Mejía
 TÉCNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS
 Segundo A. Carranza Mejía
 A.E.P. C.P. N° 3278



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

Calle Julián Pizarro N° 682, Ot. 2do Pw. Urb. Luce, Chiclayo. Tel: 1074 61119, RPM 948 852 622 -
 RPC954 Dirección: www.serviciosdeboasaltos.com lab@holmalt.com
 Contacto, en Facebook: @serviciosdeboasaltos Chiclayo
 Web: www.emplaboratorios.com

ENSAYOS DE CORTE DIRECTO (Norma ASTM D-3080)

Influencia del tipo de muestra Mediante el aumento dimensional para una presa de arena
 Homogénea Extraída de la Cantera Tres Tomas"

UBICACIÓN: Chiclayo - Lambayeque
 MUESTRA: Arena Media
 CANTERA: Tres Tomas
 DESCRIPCIÓN: Cuerpo de la presa
 TESIS: Saboya Guerrero Robert Henry
 Peralas Asma Josue Ellaser

RESP. DEL LAB: SBF
 TEC. LAB: SAC.M
 FECHA: 11/10/2018
 ESTADO: REMOLDEADO

DATOS	ESPECIMEN 01 1,00	ESPECIMEN 02 2,00		ESPECIMEN 03 3,00	
		Final	Final	Final	Final
Esfuerzo Normal	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Estandar	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Alínea	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00
200	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00
28,75	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Densidad Humeda	1,62	1,63	1,83	1,61	1,61
Humedad (%)	3,48	17,96	3,39	17,56	3,12
Densidad Seca	1,59	1,38	1,59	1,38	1,58

Especimen	ESPECIMEN 01			ESPECIMEN 02			ESPECIMEN 03		
	Esfuerzo de Corte	Deform Tangencial	Deform Normalizado	Esfuerzo de Corte	Deform Tangencial	Deform Normalizado	Esfuerzo de Corte	Deform Tangencial	Deform Normalizado
0.10	0.035	0.080	0.10	0.085	0.096	0.10	0.139	0.079	
0.20	0.050	0.113	0.20	0.114	0.128	0.20	0.223	0.125	
0.30	0.057	0.127	0.30	0.148	0.167	0.30	0.289	0.163	
0.40	0.065	0.147	0.40	0.171	0.193	0.40	0.337	0.190	
0.50	0.080	0.180	0.50	0.203	0.229	0.50	0.412	0.232	
0.80	0.088	0.199	0.60	0.246	0.277	0.60	0.477	0.269	
0.70	0.105	0.237	0.70	0.272	0.307	0.70	0.530	0.311	
0.80	0.116	0.262	0.80	0.290	0.327	0.80	0.511	0.318	
0.90	0.123	0.276	0.80	0.322	0.363	0.90	0.618	0.348	
1.00	0.127	0.286	1.00	0.351	0.396	1.00	0.645	0.361	
1.10	0.131	0.301	1.10	0.366	0.413	1.10	0.671	0.378	
1.20	0.138	0.311	1.20	0.376	0.423	1.20	0.679	0.383	
1.30	0.143	0.321	1.30	0.376	0.424	1.30	0.707	0.398	
1.40	0.145	0.327	1.40	0.386	0.435	1.40	0.722	0.407	
1.50	0.149	0.337	1.50	0.392	0.442	1.50	0.745	0.420	
1.60	0.150	0.338	1.60	0.407	0.459	1.60	0.751	0.424	
1.70	0.152	0.343	1.70	0.431	0.486	1.70	0.755	0.426	
1.80	0.152	0.343	1.80	0.432	0.487	1.80	0.768	0.433	
1.90	0.153	0.344	1.90	0.433	0.488	1.90	0.772	0.435	
2.00	0.153	0.345	2.00	0.433	0.489	2.00	0.778	0.439	
2.10	0.155	0.350	2.10	0.440	0.496	2.10	0.780	0.439	
2.20	0.156	0.351	2.20	0.441	0.497	2.20	0.781	0.440	
2.30	0.156	0.351	2.30	0.441	0.496	2.30	0.785	0.442	
2.40	0.158	0.357	2.40	0.442	0.496	2.40	0.786	0.443	
2.50	0.158	0.357	2.50	0.446	0.503	2.50	0.787	0.444	
2.60	0.161	0.363	2.60	0.447	0.503	2.60	0.789	0.445	
2.70	0.161	0.363	2.70	0.447	0.501	2.70	0.790	0.445	
2.80	0.161	0.364	2.80	0.451	0.509	2.80	0.791	0.446	
2.90	0.161	0.370	2.90	0.452	0.509	2.90	0.795	0.448	
3.00	0.164	0.370	3.00	0.453	0.510	3.00	0.797	0.449	
3.10	0.164	0.371	3.10	0.456	0.514	3.10	0.798	0.450	
3.20	0.167	0.376	3.20	0.457	0.515	3.20	0.799	0.451	
3.30	0.167	0.377	3.30	0.458	0.516	3.30	0.803	0.453	
3.40	0.170	0.383	3.40	0.462	0.520	3.40	0.810	0.453	
3.50	0.170	0.383	3.50	0.462	0.521	3.50	0.806	0.451	

OBSERVACIONES

- LAS MUESTRAS FUERON PROPORCIONADAS POR EL SOLICITANTE
- EL CERTIFICADO CORRESPONDE UNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA EMITIDA
- LAS COPIAS DE ESTE ENSAYO NO SON VALIDAS SIN LA AUTORIZACION DEL LABORATORIO
- EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL USO Y LAS INTERPRETACIONES DE LOS DATOS DEL CERTIFICADO DE ENSAYO

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C
 S: 051 948 852 622
 T: 051 948 852 622
 F: 051 948 852 622

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C
 S: 051 948 852 622
 T: 051 948 852 622
 F: 051 948 852 622



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

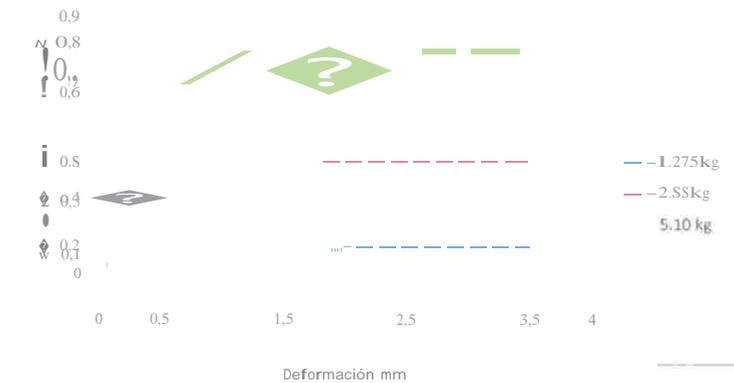
Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Pto. Urb. La Sra. - Chiclayo, Telf. (074) 619319, RPM # 771 852 622 -
 RPC 9S4 U1 476, E-mail: servicios_lab@hotmail.com.
 Bloques en Facebook: [«Laboratorios de Suelos y Pavimentos»](#) Chiclayo
 Págs. Web: www.emplaboratorios.com

ENSAYO DE CORTE DIRECTO (Norma ASTM D-3080)

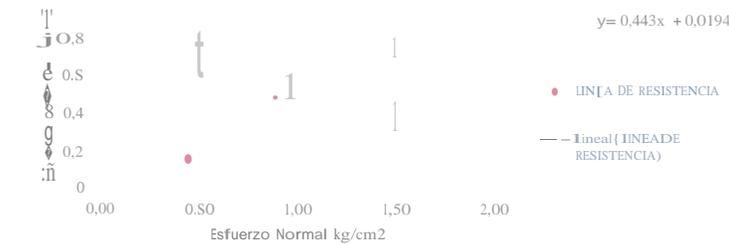
TESIS : "Influencia del Filtro Tipo Chimenea Mediante Modelamiento Bidimensional para una Presa de Material Homogéneo Extraído de la Cantera Tres Tornas".
 UBICACIÓN : Chiclayo - Lambayeque

MUESTRA : Arena Media
 CANTERA : Tres Tornas
 DESCRIPCIÓN : Cimentación de presa
 TESISISTAS : Saboya Guerrero Robert Henry
 Peralas Asmat Josue Ellaser

RESP. DE LAB: S.S.F.
 TEC. LAB: S.A.C.M.
 FECHA: 11/10/2018
 ESTADO: REMOLDEAOA
 VEL. ENSAYO: 0.5mm/mm



LINEA DE RESISTENCIA AL CORTE



Parámetros de Resistencia al Corte		
Cohesion	0.02	kg/cm ²
Angulo de Fricción Interna	23,9	

OBSERVACIONES

- LAS MUESTRAS FUERON PROPORCIONADAS POR EL SOLICITANTE
- EL CERTIFICADO CORRESPONDE ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA EMITIDA
- LAS COPIAS DE ESTE ENSAYO NO SON VÁLIDAS SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO
- EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL USO Y LAS INTERPRETACIONES DE LOS DATOS DEL CERTIFICADO DE ENSAYO

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

8.4.3.2. Características físicas y mecánicas del cuerpo de la presa.

Los ensayos de mecánica de suelo para la cimentación de la presa fueron realizados en el laboratorio de la Universidad Cesar Vallejo. Se procedió a realizar los siguientes ensayos:

8.4.3.2.1. Análisis Granulométrico.

El análisis granulométrico realizado a la muestra representativa de suelo, fue por medio del tamizado a través de un conjunto de mallas normadas por la ASTM comprendidas entre los tamices 3" y N° 200. El primer análisis granulométrico fue realizado el día 6 setiembre del presente año la muestra tomada fue sometida a un tamizado previo a través de la malla 1/4", no fue sometida a ninguna alteración por lavado, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 23. Primer análisis granulométrico realizado al cuerpo de la presa.

N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados	
		Retenido	Que pasa
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.0	100.0
1/2"	12.500	0.0	100.0
3/8"	9.500	0.0	100.0
1/4"	6.300	0.0	100.0
N° 4	4.750	0.5	99.6
N° 10	2.000	22.2	77.8
N° 20	0.850	52.3	47.7
N° 40	0.425	86.7	13.3
N° 60	0.250	95.7	4.4
N° 140	0.106	98.1	2.0
N° 200	0.075	99.1	1.0

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Se puede deducir de la tabla anterior que la distribución granulométrica es la siguiente:

Tabla 24. Distribución granulométrica del cuerpo de la presa.

<i>Distribución granulométrica</i>			
% Grava	G.G. %	0.0	0.45
	G. F %	0.45	
% Arena	A.G %	21.8	98.6
	A.M %	64.5	
	A.F %	12.4	
% Arcilla y Limo		0.95	0.95
Total			100.0

Fuente: Elaborado por los investigadores.



Ilustración 46: Cuarteo del material.



Ilustración 47: Pesado del material.



Ilustración 48: Primer tamizado.

Fuente: Elaborado por los investigadores.

La muestra analizada tiene mucho material fino por que no se puede considerar como un material adecuado, en este sentido se procederá a realizar un segundo análisis granulométrico. Este segundo análisis fue realizado el día 10 de setiembre, la muestra ensayada, fue sometida a un tamizado previo a través de la malla 1/4". Además el material después del tamizado previo, fue sometido a un solo lavado, para eliminar el exceso de finos que posee. Se obtuvieron los siguientes valores:

Tabla 25. Segundo análisis granulométrico realizado al cuerpo de la presa.

N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados	
		Retenido	Que pasa
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.0	100.0
1/2"	12.500	0.0	100.0
3/8"	9.500	0.0	100.0
1/4"	6.300	0.0	100.0
Nª 4	4.750	0.0	100.0
Nª 10	2.000	0.8	99.2
Nª 20	0.850	34.3	65.7
Nº 40	0.425	78.6	21.4
Nº 60	0.250	91.2	8.8
Nª 140	0.106	98.3	1.7
Nº 200	0.075	99.6	0.4

Fuente: Elaborado por los investigadores.

De igual manera se puede deducir de la tabla anterior que la distribución granulométrica es la siguiente para este segundo análisis:

Tabla 26. Distribución granulométrica del cuerpo de la presa.

<i>Distribución granulométrica</i>			
% Grava	G.G. %	0.0	0.0
	G. F %	0.0	
% Arena	A.G %	0.8	99.6
	A.M %	77.8	
	A.F %	21.0	
% Arcilla y Limo		0.4	0.4
Total			100.0

Fuente: Elaborado por los investigadores.

En este segundo análisis se obtuvo una mejor distribución granulométrica para el cuerpo de la presa, pero aún queda un porcentaje de material fino que podría ocasionar alguna alteración en los resultados posteriores.



Ilustración 49: Tamizado previo malla 1/4".



Ilustración 50: Cuarteo del material.



Ilustración 51: Pesado del material.



Ilustración 52: Segundo tamizado.

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Se procedió a realizar un tercer análisis granulométrico en el cual el material a ensayar fue lavado de manera sucesiva y de igual manera tuvo un tamizado previo por la malla 1/4".

Este tercer análisis se realizó el día 28 de setiembre cuyos resultados se muestran en la siguiente tabla.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ANÁLISIS MECÁNICO POR TAMIZADO

ASTM 0-422 / MTC E 107

PROYECTO TESIS: "INFLUENCIA DEL FILTRO TIPO CHIMENEA MEDIANTE MODELAMIENTO BIDIMENSIONAL DE UNA PRESA DE MATERIAL HOMOGÉNEO EXTRAÍDO DE LA CANTERA TRES TOMAS"

SOLICITANTE RESPONSABLE SABOYA GUERRERO ROBERT / PERALES ASMAT JOSUE

UBICACIÓN ING. VICTORIA DE LOS ANGELES AGUSTÍN DIAZ CHIC

FECHA LAYO - LAMBAYEQUE OCTUBRE DEL 2018

DATOS DEL ENSAYO

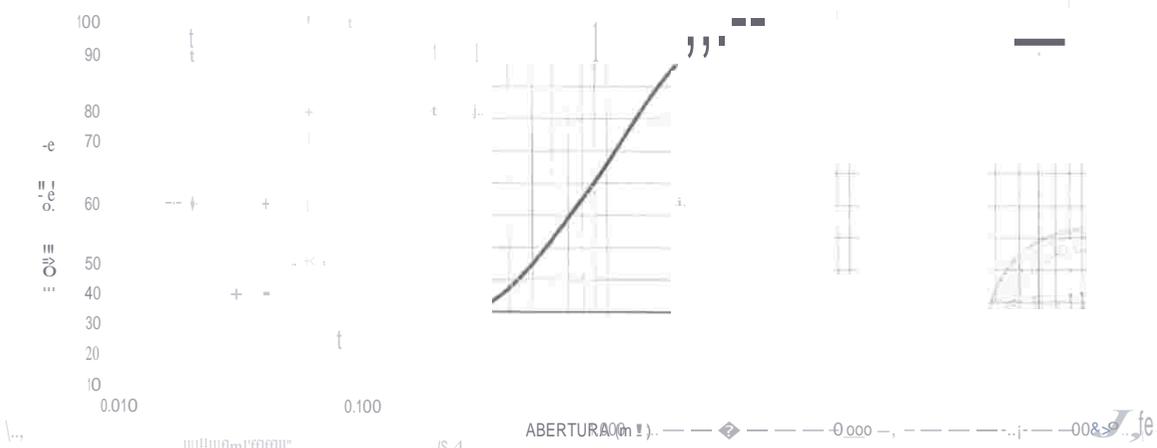
ALICATA REFERENCIA CIMENTACION PRESA PESO INICIAL 1000.00gr

ESTRATO E-01 FECHA OCTUBRE DEL 2018 PESO LAVADO SECO : 994.00 gr

PROFUNDIDAD

Tamizaje ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Pasa	Descripción de la Muestra
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	Peso de tara
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	Sh + Tara
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00	Ss + Tara
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00	Peso Suelo Seco
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	Peso del agua
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00	Contenido de Humedad (%) : 180
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00	Límite Líquido (LL) : N.P.
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	Límite Plástico (LP) : N.P.
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00	Índice Plástico (IP) : N.P.
No4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00	Clasificación SUCS : SP
10	2.000	122.00	12.20	12.20	87.80	Clasificación AASHTO : A-1-b(0)
20	0.850	399.00	39.90	52.10	47.90	Descripción : ARENA PORREMENTE GRAN LLADA
40	0.425	288.00	28.80	80.90	19.10	Observación AASHTO : BUENO
60	0.250	104.00	10.40	91.30	8.70	Bolonería > 3' : 0.00%
140	0.106	72.00	7.20	98.50	1.50	Grava 3"-N#4 : 0.00%
200	0.075	9.00	0.90	99.40	0.60	Arena N#4 - N#200 : 99.40%
< 200		6.00	0.60	100.00	0.00	Finos < N#200 : 0.60%
Total		1000.00	100.00			

CURVA GRANULOMETRICA



Muestreo e identificación realizada por el solicitante.

Carretera Pimentel Km 3.5
Tel: (074) 181 616A1., 65*4



fb ucv.pe
ucv.pe
#ahredelante
@414ih@



Ilustración 53: Tamizado previo malla 1/4".



Ilustración 54: Lavados sucesivos.



Ilustración 55: Cuarteo del material.



Ilustración 56: Pesado del material.



Ilustración 57: Tercer tamizado.

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Tabla 27. Resumen de las características granulométricas del cuerpo de la presa.

	Material con previo tamizado	Material con previo tamizado y un lavado	Material con previo tamizado y lavados sucesivos
D10	0.349	0.263	0.418
D15	0.44	0.32	0.472
D30	0.595	0.486	0.658
D50	1.21	0.78	0.960
D85	2.663	1.392	1.606
Cu	3.5	3.0	2.7
Cc	0.8	1.2	0.9
CLASIFICACIÓN (S.U.C.S.)	SP (arena pobremente graduada)	SP (arena pobremente graduada)	SP (arena pobremente graduada)
OBSERVACIÓN	DESCARTADO	DESCARTADO	MATERIAL ELEGIDO

Fuente: Elaborado por los investigadores.

La finalidad de lavar el material es el de eliminar exceso de finos, esta necesidad nace de la posible pérdida del mismo, a través de los poros que existen entre las partículas del filtro por ser de mayor diámetro, cubierta esta necesidad se puede aceptar dicha granulometría para ser usada como el material que conformara el cuerpo de la presa.

8.4.3.2.2. Contenido de humedad.

El contenido de humedad se realizó según las normas ASTM D 2216, MTC E 108-2000, el objetivo principal de este ensayo es cuantificar el contenido de humedad que tiene el material en su estado natural. Dicho ensayo se realizó el día 28 de setiembre del presente año.

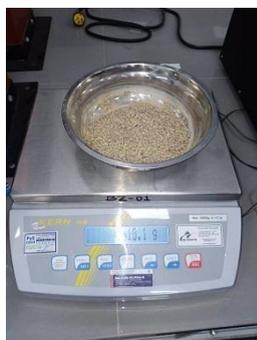


Ilustración 58: Peso inicial del material.



Ilustración 59: Secado en horno.

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Se procedió a realizar el ensayo de contenido de humedad natural el día 17 de setiembre, obteniéndose 0.705% de humedad promedio, en la siguiente tabla se detallan los datos ingresados para tal resultado.

Tabla 28. *Contenido de humedad del cuerpo de la presa.*

Datos de ensayo.	CONTENIDO DE HUMEDAD	
N° de tarro	-	-
Tarro + suelo húmedo	1513.4	1500
Tarro + suelo seco	1503.5	1490.4
Agua	9.9	9.6
Peso del tarro	113.4	113.4
Peso del suelo seco	1390.1	1377
Porcentaje de humedad	0.71	0.70

Fuente: Elaborado por los investigadores.

8.4.3.2.3. Peso unitario suelto y compactado del agregado fino

El ensayo de peso unitario suelto y compactado del agregado fino se realizó según la norma AASHTO T-19, ASTM C-29. Dicho ensayo se realizó el día 28 de setiembre del presente año. Este ensayo consiste básicamente en determinar el peso que ocupa el material del cuerpo de la presa en un mismo molde (con o sin la aplicación de varillado). Para el ensayo se necesita conocer el peso y el volumen de recipiente, el ensayo se realizó 3 veces para poder obtener un resultado promedio tanto para el material suelto y compactado.



Ilustración 60: Volumen y peso del recipiente.



Ilustración 61: Varillado del material.



Ilustración 62: Pesado del material suelto



Ilustración 63: Pesado del material compactado.

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Del ensayo se obtuvieron los siguientes resultados; peso unitario suelto húmedo promedio 1.478 g/cm³, peso unitario compactado húmedo promedio 1.609 g/cm³ en la siguiente tabla se detallan los datos ingresados para tales resultados.



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO AGREGADO FINO

(NORMA AASHTO T-19, ASTM C-29)

PROYECTO TESIS "INFLUENCIA DEL FILTRO TIPO CHIMENEA MEDIANTE MODELAMIENTO BIDIMENSIONAL DE UNA PRESA DE MATERIAL HOMOGENEO EXTRAIDO DE LA CANTERA TRES TOMAS"

SOLICITANTE SABOYA GUERRERO ROBERT / PERALES ASMAT JOSUE

RESPONSABLE ING. VICTORIA DE LOS ANGELES AGUSTIN DIAZ

UBICACIÓN CHICLAYO- LAMBAYEQUE

FECHA OCTUBRE DEL 2018

MATERIAL TRES TOMAS - AGREGADO FINO + CUERPO DE PRESA

PESO UNITARIO SUELTO AGREGADO FINO

	UNIDAD	IDENTIFICACION			Promedio
		1	2	3	
Peso del recticte + muestra	ln\	9803	9837	9799	
Peso del reocente	la''	5187	5187	5187	
Peso de la muestra	l''''	4616	4651	4612	
Volumen	(mJ)	0 0031	0 0031	0 0031	
Peso unitano suelto seco	lKa/m''l	1475	1486	1474	1478

PESO UNITARIO COMPACTADO AGREGADO FINO

	UNIDAD	IDENTIFICACION			Promedio
		1	2	3	
Peso del reocente + muestra	la''	10188	10251	10231	
Peso del reocente	la''	5187	5187	5187	
Peso de la muestra	l''''	5001	5065	5045	
Volumen	(mJ)	0 0031	0 0031	0 0031	
Peso unitano comoactado seco	lKa/m ³	1598	1618	1612	1609

Observaciones:

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Victoria de los Angeles Agustín Díaz



8.4.3.2.4. Gravedad específica y absorción

El ensayo de gravedad específica y absorción se realizó al material que conformara el cuerpo de la presa según las siguientes normas: MTC E-205, E-206, AASHTO T-84, T-85. Dicho ensayo se realizó el día 28 de setiembre del presente año.

Para realizar este procedimiento al material de granulometría fina es necesario el empleo de una secadora, molde cónico trunco, pisón metálico, fiolas y balanza electrónica.

La finalidad de este ensayo es encontrar el peso específico, el peso específico de la masa S.S.S. y el porcentaje de absorción del material a ensayar.



Ilustración 64: Apisonado del material.



Ilustración 65: Verificación del estado de humedad del material.



Ilustración 66: Peso de la muestra.



Ilustración 67: Peso para posterior agitación.

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Del ensayo se obtuvieron los siguientes resultados; peso específico 2.582 g/cm³, el peso específico de la masa S.S.S. 2.643 g/cm³ y el porcentaje de absorción 2.344% en la siguiente tabla se detallan los datos ingresados para tales resultados.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS

(NORMA MTC E-205, E-206, AASHTO T-84, T-85)

PROYECTO TESIS: "INFLUENCIA DEL FILTRO TIPO CHIMENEA MEDIANTE MODELAMIENTO BIDIMENSIONAL DE UNA PRESA DE MATERIAL HOMOGENEO EXTRAIDO DE LA CANTERA TRES TOMAS".

SOLICITANTE SABOYA GUERRERO ROBERT I PERALES ASMAT JOSUE

RESPONSABLE ING VICTOR L DE LOS ANGELES AGUSTÍN DÍAZ

UBICACIÓN CHICLAYO • LAMBAYEQUE

FECHA OCTUBRE DEL 2018

MATERIAL : TRES TOMAS - AGREGAOO FINO - CUERPO DE PRESA

AGREGADO FINO

A	Peso Frasco+ agua	1231.7	1231.7	
B	Peso Frasco+ agua+ A (gr)	1731.7	1731.7	
D	Peso del Mal. + agua en el frasco (gr)	1542.6	1542.4	
E	Vol de masa+ vol de vacio = C-D (gr)	189.3	189.3	
F	Pe De Mal. Seco en estufa (105°C) (gr)	488.2	488.2	
G	Vol de masa = E - (A - F) (gr)	178.0	177.5	PROMEDIO
H	Pe bulk (Base seca) ** F/E	2.585	2.579	2.58
I	Pe bulk (Base saturada) = A/E	2.644	2.641	2.64
J	Pe aparente (Base Seca)*** F/G	2.747	2.750	2.75
K	% de absorción : UA - FV/V*100	2.270	2.417	2.34

Observaciones:



CAMPUS CHICLAYO
Carretera Chiclayo Pimentel Km. 3.5
Telf.: (074) 481616 / Anexo: 6514



8.4.3.2.5. Peso específico relativo de las partículas sólidas (Gs)

El ensayo de peso específico relativo de las partículas sólidas se realizó según la norma ASTM D-854. Dicho ensayo se realizó el día 29 de setiembre del presente año.

Este ensayo fue realizado al material que conformara el cuerpo de la presa, tomando 30 gramos de cada muestra y haciendo uso de fiolas, balanzas y hornillas (cuando el agua mezclada con el material empieza a hervir, libera el aire atrapado).



Ilustración 68: Calibración de la fiola.



Ilustración 69: Liberación del aire atrapado en las muestras.



Ilustración 70: Incorporación de agua hasta el menisco de la fiola.

Fuente: Elaborado por los investigadores.

La finalidad de este ensayo es conocer peso específico relativo de sólidos a 20°C (Gs), en el laboratorio se obtuvo el siguiente resultado: 1.53 g/cm³. En la siguiente tabla se detallan los datos ingresados para tal resultado.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS AGREGADOS

(NORMA MTC E-205, E-206, AASHTO T-84, T-85)

PROYECTO TESIS- "INFLUENCIA DEL FILTRO TIPO CHIMENEA MEDIANTE MODELAMIENTO BIDIMENSIONAL DE UNA PRESA DE MATERIAL HOMOGÉNEO EXTRAÍDO DE LA CANTERA TRES TOMAS-
 SOLICITANTE SABOYA GUERRERO ROBERT / PERALES ASMAT JOSUE
 RESPONSABLE ING. VICTOR L. DE LOS ANGELES AGUSTIN DIAZ
 UBICACIÓN CHICLAYO - LAMBAYEQUE
 FECHA OCTUBRE DEL 2018

MATERIAL : TRES TOMAS • AGREGADO ANO- OJERPO DE PUESA

AGREGADO FINO

A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en Aire) (gr)	250.0			
B	Peso Frasco + agua	654.4			
C	Peso Frasco+ agua+ A (gr)	904.4			
D	Peso del Mat. + agua en el Iracido (gr)	689.4			
E	Vol de mat. + Vol de vacio = C-O (gr)	215.0			
F	Pe. De Mat. Seco en estufa (105°C) (gr)	1000	---	---	PROMEDIO
G	Vol de masa = E - (A - F) (gr)	650			
	Pe aparente (Base Seca) :: F/G	1.538	---	---	1.538

Observaciones:

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 J. Victor L. de los Angeles Agustín Díaz
 INGENIERO EN MECÁNICA DE SUELOS



8.4.3.2.6. Próctor modificado.

El ensayo de próctor modificado se realizó según la siguiente norma NTP 399.141: 1999. Dicho ensayo se realizó el día 2 de octubre del presente año. Este ensayo se efectuó a las muestras de material que conformará el cuerpo de la presa. Se prepararon 4 especímenes con diferentes contenidos de humedad, los cuales se compactaron en 5 capas (aplicando 56 golpes con el pisón en cada una) dentro de un molde cilíndrico de 4" de diámetro.



Ilustración 71: Incorporación de agua a la muestra de suelo.



Ilustración 72: Apisonado de la muestra dentro del molde cilíndrico.



Ilustración 73: Nivelación del material en el molde cilíndrico.

Fuente: Elaborado por los investigadores.

La finalidad del ensayo de próctor modificado es conocer máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad obteniéndose los siguientes resultados: máxima densidad 1.935 g/cm³ y óptimo contenido de humedad 6.57 %. En la siguiente tabla se detallan los datos ingresados para tales resultados.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ENSAYO DE COMPACTACIÓN • PROCTOR MODIFICADO
MÉTODO C
ASTM 0-1557

PROYECTO: TESIS - 'INFLUENCIA DEL FILTRO TIPO CHIMENEA MEDIANTE MODELAMIENTO BIDIMENSIONAL DE UNA PRESA DE MATERIAL HOMOGÉNEO EXTRAÍDO DE LA CANTERA TRES TOMAS'

SOLICITANTE: SABOYA GUERRERO ROBERT / PERALES ASMAT JOSUE

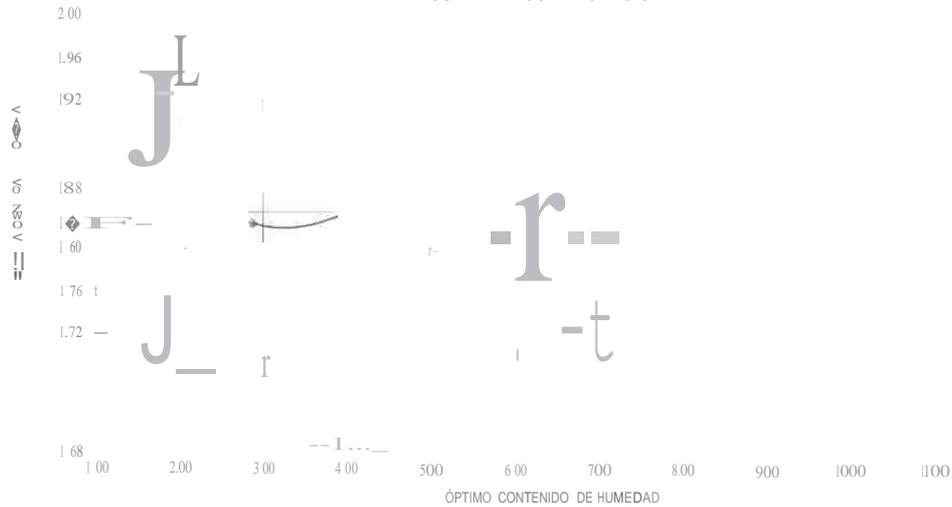
RESPONSABLE: ING. VICTORIA DE LOS ANGELES AGUSTIN DIAZ

UBICACIÓN: CHICLAYO - LAMBAYEQUE

FECHA: OCTUBRE DEL 2018

CALICATA	MATERIAL DE CANTERA	Molde N°					S- 124
		Peso del Molde ar					6709.7
ESTRATO	CUERPO DE PRESA	Volumen del Molde cm³					2252
		N° de Capas					5
		N° de Golpes por capa					56
MUESTRAN°		1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00
Peso de Suelo húmedo + Molde (gr)		10949.60	11074.40	11318.40	10969.20		
Peso de Molde (gr)		6709.70	6709.70	6709.70	6709.70		
Peso del suelo Húmedo (gr)		4239.90	4364.70	4608.70	4259.50		
Densidad Húmeda (gr/cm³)		1.88	1.94	2.05	1.89		
CAPSULAN°		1-01	1-02	1-03	1-04	1-05	1-06
Peso de suelo Húmedo + Cápsula (gr)		71.30	61.60	6600	76.00		
Peso de suelo seco + Cápsula (gr)		69.30	59.00	62.20	69.90		
Peso de Agua (gr)		2.00	2.60	3.80	6.10		
Peso de Cápsula (gr)		0.00	0.00	0.00	0.00		
Peso de Suelo Seco (gr)		69.30	59.00	62.20	69.90		
% de Humedad		2.89	4.41	6.11	8.73		
Densidad de Suelo Seco (gr/cm³)		1.81	1.86	1.93	1.74		

CURVA DE COMPACTACIÓN



*** Ensayo realizado por el solicitante

Máxima densidad Seca (gr/cm³) 1.935
 Óptimo Contenido de Humedad(%) 6.57



8.4.3.2.7. Permeabilidad de suelos granulares.

Las muestras ensayadas para permeabilidad correspondientes al material que conformara el cuerpo de la presa se envi6 a realizar a la empresa Servicios de laboratorios de suelos y pavimentos S.A.C., este ensayo se refiere a la facilidad o dificultad que tiene un suelo de permitir que lo atraviese el agua, este ensayo se realiz6 segun la norma ASTM D-2434, NPT 339.147.



Ilustración 74: Toma de la altura del permeámetro.



Ilustración 75: Toma de caudal del permeámetro.

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Este ensayo fue aplicado a las muestras de suelo que conformaran el cuerpo de la presa a utilizar en el modelamiento físico.

La permeabilidad puede definirse como velocidad de flujo producida por un gradiente hidráulico unitario. El valor del coeficiente de permeabilidad (K) se usa como una unidad de resistencia al flujo medida por el suelo.

Del ensayo se obtuvo el siguiente resultado; coeficiente de permeabilidad a una T° de agua de 20°C, $K_{\text{PROMEDIO}} 2.4416 \times 10^{-6}$ m/s en la siguiente tabla se detallan los datos ingresados para tal resultado.



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Piso, Urb. Las Brisas - Chiclayo, Telf. (074) 619319, RPM # 948 852 622 -
RPC9S4131476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.
Búscanos en Facebook: Laboratorios de Suelos Chiclayo
Pág. Web: www.emplaboratorios.com

PERMEABILIDAD DEL SUELO

TESIS : "Influencia del Filtro Tipo Chimenea Mediante Modelamiento Bidimensional para una Presa de Material Homogéneo Extraído de la Cantera Tres Tomas".
UBICACIÓN : Chiclayo - Lambayeque
MUESTRA : 02

MATERIAL : Arena Media RESP. LAB.: S.B.F.
DESCRIPCIÓN : Cuerpo de la presa TEC. LAB.: S.A.C.M.
TESISTAS : Sabaya Guerrero Robert Henry FECHA : 12/10/2018
: Perales Asmat Josue Eliaser

Donde:

$$K = \frac{Q \cdot L}{A \cdot T \cdot H}$$



K: Coeficiente de permeabilidad (cm/s)
Q: Cantidad de agua descargada (cm³)
L: Distancia entre piezómetros (cm)
A: Área de la sección de la muestra ensayada (cm²)
T: Tiempo del ensayo (seg)
H: Diferencia de carga, altura, sobre piezómetros (cm)
fe: Factor de corrección de temperatura (fe)
Yt: Viscosidad del agua a temperatura de la muestra
Y20: Viscosidad del agua a 20°C

Muestra	Hora	T(seg)	Q(cm ³)	l(cm)	A(cm ²)	H(cm)	fe	K20 (cm/s)
01	7:30:00	60	80,00	13,00	78,540	85,00	1,783	0,004630
02	7:30:30	60	110,00	13,00	78,540	85,00	1,723	0,006150
03	7:31:00	60	220,00	13,00	78,540	85,00	1,620	0,011565
04	7:31:30	60	320,00	13,00	78,540	85,00	1,611	0,016732
05	7:32:00	60	410,00	13,00	78,540	85,00	1,560	0,020753
06	7:32:30	60	510,00	13,00	78,540	85,00	1,511	0,025014
07	7:33:00	60	580,00	13,00	78,540	85,00	1,465	0,027586
08	7:33:30	60	680,00	13,00	78,540	85,00	1,421	0,031367
09	7:34:00	60	760,00	13,00	78,540	85,00	1,379	0,034017
10	7:34:30	60	840,00	13,00	78,540	85,00	1,340	0,036518
11	7:35:00	60	910,00	13,00	78,540	85,00	1,301	0,038430
12	7:35:30	60	980,00	13,00	78,540	85,00	1,265	0,040234

K promedio

0,024416

OBSERVACIONES:

- LAS MUESTRAS FUERON PROPORCIONADAS POR EL SOLICITANTE
- EL CERTIFICADO CORRESPONDE ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA EMITIDA
- LAS COPIAS DE ESTE ENSAYO NO SON VÁLIDAS SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO.
- EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL USO Y LAS INTERPRETACIONES DE LOS DATOS DEL CERTIFICADO DE ENSAYO

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

Segundo A. Carranza Mejía
INGENIERO LABORATORISTA

SERVICIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C
C. econd o ga Fernandei
RE, r o CIVIL
165278

8.4.3.2.8. Corte directo

Las muestras ensayadas para corte directo correspondientes al material que conformara el cuerpo de la presa se envi6 a realizar a la empresa Servicios de laboratorios de suelos y pavimentos S.A.C., dicho ensayo se realiz6 segun la norma ASTM D- 3080. Se tomaron 3 especimenes en estado remoldeado (una para cada carga estimada).

La finalidad de este ensayo es determinar la resistencia de la muestra de suelo, sometida a fatigas y/o deformaciones que simulen las que existen o existirán en el terreno producto de la aplicación de la carga, la cual es necesaria conocer para el posterior cálculo de estabilidad de taludes, este ensayo nos permite conocer la resistencia al esfuerzo cortante en el suelo dando valores de: la cohesión y el ángulo de fricción del suelo.

Tabla 29. *Propiedades del cuerpo de la presa procedentes del ensayo de corte directo.*

	Unidad	Confitillo lavado
Ángulo de fricción	°	29.9
Cohesión interna	Kg / cm ²	0.01

Fuente: Elaborado por los investigadores.



Ilustración 76: Imagen de referencia del ensayo de corte directo.

Fuente: Elaborado por los investigadores.



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Calle Juan Pajillo II N° 682, Of. 1do. Piso, Urb. La Brisa - Chiclayo, Telf. (071) 619301, RPM 1 M8852622 -
 BPC 954 131 476. E-mail: lervido1_lab@hotmail.com
 BÚscanos en Facebook: Laboratorio de Suelos y Pavimentos S.A.C.
 Páq. Web: www.servicioslaboratorios.com

CAPACIDAD ADMISIBLE DEL SUELO PARA ZAPATA SUPERFICIAL (Norma ASTM D-3080)

ESIS	"Influencia del Filtro Tipo Ctneneza Mediarte Moelamiento Bidimensional para una Pres.a de MatenII Homogéneo Extratdo de la cartera Tres Tomas-		
UBICACIÓN	Ctw:llo - Lambayeque		
MUESTRA	Arena Media	RESP.OELAB:	SGF
CANTERA	Tres Tomas	TEC. LAB :	5.A CM
DESCRIPCIÓN	Cu&fpo de la presa	FECHA:	11/10/2018
TESISTAS	Saboya Guerrero Robert Henry Perales Asmal Josue Etiaser	ESTADO:	REMOI.OEADA

		Profundidad de Cimentación, Df	
Densidad Humeda gr/cm3	1.98	Ancho de Cimentacion, B, m	3000 m
Cohesion del Suelo, kg/cm2	0.01		
Angulo de friccion, f, l	29.89		
Angulo de friccion, f, l	20.97		

SEGÚN FORMULA DE CAPACIDAD DE CARGA DE TERZAGHI (1943)

Formulas de capacidad de carga:

	para fallas General	para fallas Local
Omentilon corridil	$q_u = c'N_c + gDN_q + 0.5gBN_q$	$q_u = 2/3 c'N_c + gDN_q + 0.5gBN_q$
Omentilon cuadrada	$q_u = 1.3c'N_c + gDN_q + 0.4gBN_q$	$q_u = 2/3 * 1.3c'N_c + gDN_q + 0.4gBN_q$
Cimentilon circular	$q_u = 1.3c'N_c + gDN_q + 0.3gBN_q$	$q_u = 2/3 * 1.3c'N_c + gDN_q + 0.3gBN_q$

Factores de Capacidad de Carga	Factor de Seguridad	
	General	Local
Nc	36.84	18.89
Nq	22.18	8.24
Ng	19.78	5.07

Capacidad de Carga	Falla Local (kg/cm2)	
	qs	qs
Cimentacion corrida	54.26	18.09
Cimentacion cuadrada	51.27	17.09

OBSERVACIONES

- LAS MUESTRAS FUERON PROPORCIONADAS POR EL SOLICITANTE
- EL CERTIFICADO CORRESPONDE ÚNICAMENTE A LA MUESTRA EMITIDA.
- LAS COPIAS DE ESTE ENSAYO NO SON VÁLIDAS SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO
- EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL USO Y LAS INTERPRETACIONES DE LOS DATOS DEL CERTIFICADO DE ENSAYO

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 Calle Juan Pajillo II N° 682, Of. 1do. Piso, Urb. La Brisa - Chiclayo, Telf. (071) 619301, RPM 1 M8852622 - BPC 954 131 476.
 E-mail: lervido1_lab@hotmail.com

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 Secundino B. B. Fernandez
 ING. CIVIL
 REG. PROF. 1100708



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Calle Juan Pablo U NI 682, 01. Zdo Plo, Urb. La Brisa - Chiclayo. Telf. (074) 619319, RPM • 948 852 622 -
 RPC 954 131 476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.
 Blog: en Facebook: Laboratorio de Suelo, Chiclayo
 P.is. Web: www.emplaboratorios.com

ENSAYOS DE CORTE DIRECTO (Nonna ASTM D-3080)

ITESIS : Influencia del tipo de muestra en el Modelo de Deformación Bidimensional para una Presa de Material Homogéneo Extraído de la Cantera Tres Tomas

UBICACIÓN : Chiclayo - Lambayeque

LUZERA : Arena Media

ICANTERA : Tres Tomas

DESCRIPCIÓN : Cuerpo de la presa

RESISTAS : Saboya Guerrero Robert Henry
 Perales Asmat Josue Eliaser

RESP. DE LAB: S.B.F.

TEC. LAB : S.A.C.M.

FECHA: 11/10/2018

ESTADO : REMOLEADA

DATOS			ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
Esfuerzo Normal		lko/cm ²	1.00	Final	2.00	Final	4.00	Final
Etapa		(cm)	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
		(cm ³)	28.75	28.75	28.75	28.75	26.75	28.75
Densidad Humeda		(g/cm ³)	1.99	1.97	1.99	1.98	1.99	1.96
Humedad		(%)	3.98	16.27	3.57	16.51	4.09	15.51
Densidad Seca		(g/cm ³)	1.91	1.69	1.92	1.70	1.91	1.70
ESPECIMEN 01			ESPECIMEN 02			ESPECIMEN 03		
Ocorm	Tangencial	Esfuerzo de Corte Tangencial 'kn/cm ² '	Deform Tangencial (%)	Esfuerzo de Corte Tangencial 'kA/cm ² '	Normalizado 'k#/cm ² '	Dek-m Tangencial (mm)	Esfuerzo de Corte Tangencial 'kn/cm ² '	Normalizado 'kn/cm ² '
010		0.046	0.105	0.10	0.106	0.120	0.174	0.098
020		0.066	0.148	0.20	0.142	0.160	0.278	0.157
030		0.074	0.167	0.30	0.185	0.209	0.362	0.204
040		0.085	0.192	0.40	0.214	0.241	0.422	0.238
050		0.104	0.235	0.50	0.253	0.286	0.515	0.290
060		0.116	0.260	0.60	0.307	0.347	0.596	0.336
070		0.138	0.311	0.70	0.340	0.384	0.663	0.373
080		0.152	0.342	0.80	0.362	0.408	0.706	0.398
090		0.180	0.361	0.90	0.402	0.454	0.773	0.435
100		0.166	0.375	1.00	0.439	0.495	0.807	0.455
110		0.175	0.39	1.10	0.458	0.516	0.838	0.472
120		0.181	0.407	1.20	0.469	0.529	0.848	0.478
130		0.186	0.420	1.30	0.470	0.530	0.883	0.498
140		0.190	0.427	1.40	0.482	0.543	0.903	0.509
150		0.195	0.441	1.50	0.490	0.552	0.932	0.525
160		0.196	0.441	1.60	0.509	0.574	0.939	0.529
170		0.199	0.448	1.70	0.539	0.608	0.944	0.532
180		0.199	0.449	1.80	0.540	0.601	0.961	0.541
190		0.200	0.450	1.90	0.541	0.610	0.965	0.544
200		0.200	0.451	2.00	0.542	0.611	0.973	0.548
210		0.203	0.458	2.10	0.550	0.620	0.975	0.549
220		0.203	0.459	2.20	0.551	0.621	0.976	0.550
230		0.204	0.459	2.30	0.552	0.622	0.981	0.553
240		0.207	0.467	2.40	0.553	0.623	0.983	0.554
250		0.207	0.467	2.50	0.557	0.628	0.984	0.555
260		0.210	0.475	2.60	0.558	0.629	0.988	0.556
270		0.211	0.475	2.70	0.559	0.630	0.988	0.557
280		0.211	0.476	2.80	0.564	0.636	0.989	0.558
290		0.211	0.483	2.90	0.565	0.637	0.994	0.560
300		0.215	0.484	3.00	0.586	0.636	0.996	0.561
310		0.215	0.485	3.10	0.570	0.643	0.997	0.562
320		0.218	0.492	3.20	0.571	0.644	0.999	0.563
330		0.219	0.493	3.30	0.572	0.645	1.001	0.564
340		0.221	0.500	3.40	0.577	0.651	1.006	0.567
350		0.222	0.501	3.50	0.576	0.652	1.007	0.568

COMENTARIOS

- LAS MUESTRAS FUERON PROPORCIONADAS POR EL SOLICITANTE
- EL CERTIFICADO CORRESPONDE ÚNICAMENTE A LA MUESTRA EMITIDA
- LAS COPIAS DE ESTE ENSAYO NO SON VÁLIDAS SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO
- EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL USO Y LAS INTERPRETACIONES DE LOS DATOS DEL CERTIFICADO DE ENSAYO

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 Ricardo A. Carranza Mejía
 TÉCNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 Secundario de la Universidad de Chiclayo
 ING. CIVIL
 REG. Nº 66270



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

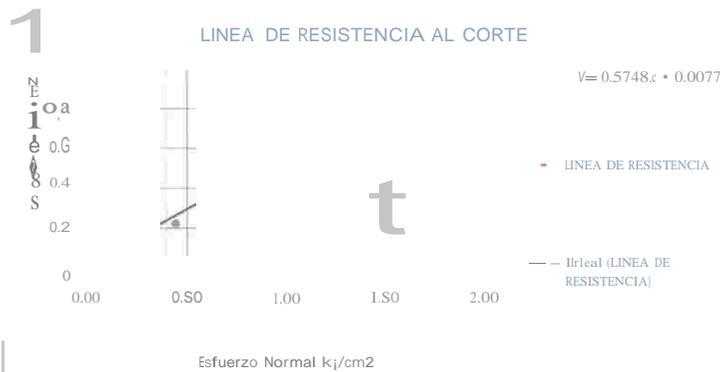
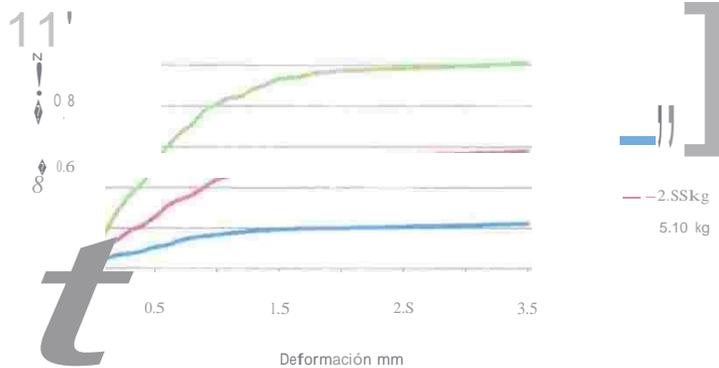
Ca. Juan Pablo II NI 682, Of. 2do Piso, Irb. las Brujas - Chiclayo, Tett. (074) 619319, RPM # 948 852 622 -
 RPC 954 131476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.
 SÚBSCRIBIRSE: Ouboratorios de Suelos Chiclayo
 P.iff. Web: www.emplaboratorios.com

ENSAYO DE CORTE DIRECTO (Norma ASTM 0.3080)

!TESIS : "Influencia del Filtro Tipo Ctimenea Mediante Modelamiento Bidimensional para una Presa
 de Material Homogéneo Extraído de la Cantera Tres Tomas".
 UBICACIÓN : Chtcayc- Lambayeque

MUESTRA : Arena Media
 CANTERA : Tres Tomas
 DESCRIPCIÓN : Cuerpo de la presa
 TESISTAS : Saboya Guerrero Robert Henry
 : Perales Asmat Josue Eliaser

RESP. DE LAB: S.B.F.
 TEC. LAB: S.A.C.M.
 FECHA: 11/10/2018
 ESTADO: REMOLEADA
 VEL. ENSAYO: 0.5mm/min



Parámetros de Resistencia al Corte

Cohesion	0.01	kg/cm2
Angulo de Fricción Interna	29.9	

06SERVICIOS

- LAS MUESTRAS FUERON PROPORCIONADAS POR EL SOLICITANTE
- EL CERTIFICADO CORRESPONDE ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA EMITIDA
- LAS COPIAS DE ESTE ENSAYO NO SON VÁLIDAS SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO
- EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL USO Y LAS INTERPRETACIONES DE LOS DATOS DEL CERTIFICADO DE ENSAYO

SERVICIOS DE LABORATORIOS
 DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 Segundo A. Carranza Mejía
 TÉCNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS
 DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 Segundo A. Carranza Mejía
 TÉCNICO LABORATORISTA
 REG. CIP. 69273

8.4.3.3. Características hidráulicas de la presa de material homogéneo.

8.4.3.3.1. Cimentación de la presa

La capa de suelo (estrato de arena sin lavar) tuvo por objetivo soportar las cargas que son transmitidas por la cimentación. Esta zona, se consideró colocar un espesor de 21 m. La cimentación de la parte superior de la presa (estrato de arena con lavado continuo) se encarga de transmitir el peso del cuerpo de la presa hacia el suelo; asimismo, posee un espesor de 3 m. Dicha parte, tiene por finalidad: mejorar la calidad del suelo, garantizar una capacidad de soporte suficiente, aumentar la estabilidad y los asentamientos en rangos aceptables.

8.4.3.3.2. Cuerpo de la presa

El modelamiento contemplo una presa de tierra homogénea que está compuesto por un solo material, cuyas características granulométricas son N°20 (58.5 %), N°40 (31.2 %) y N°60 (10.3 %)

Para la elección de la altura de la presa, se utilizaron dos fuentes reconocidas: el “Manual de pequeñas presas de tierra”, Bureau of Reclamation y el “Reglamento de Arizona”.

Tabla 30. *Altura máxima para presas de tierra.*

ALTURA MAX. PARA PRESAS DE TIERRA		
Autor	H (M)	ALTURA ELEGIDA
Bureau of Reclamation	30 máx.	21 m
Código Arizona	45 máx.	

Fuente: Elaborado por los investigadores.

8.4.3.3.3. Borde libre

Para defender la presa contra desbordamiento se hace mediante un borde libre; definido como la distancia vertical entre el punto más bajo de la corona y el nivel del tirante aguas arriba cuando el embalse llega a su máxima capacidad de diseño. Debido a que el diseño presentado no está sometido a condiciones de arrastre del agua por el viento, efectos de sismo u asentamiento máximo de la corona; el borde libre se diseñó en base a una altura de seguridad, que en este caso es aquella que permite evitar el agrietamiento de la corona por secado o cualquier variación en el gasto de agua entrante.

Para efectos prácticos el Bureau of Reclamation, recomienda para el borde libre en el rango de 1 a 4 m.

Tabla 31. Borde libre.

ALTURA DEL BORDE LIBRE		
Autor	Altura de la presa	Borde Libre
Bureau of Reclamation	21m	4 m

Fuente: Elaborado por los investigadores.

8.4.3.3.4. Taludes

En el presente proyecto de investigación se ha propuesto que los taludes de la presa pueden variar según el carácter de los materiales disponibles para la construcción, las condiciones de la cimentación y la altura de la estructura. Los taludes de la presa son necesarios para dar estabilidad a la estructura.

Talud aguas arriba.- La pendiente del talud aguas arriba está en función del muro y su altura; y del sismo de diseño. El talud aguas arriba de la presa debe protegerse de la acción erosiva del fluido que almacenará, porque al ser depositado en la presa, la parte sólida tenderá a sedimentarse y la parte líquida tratará de filtrarse en la presa.

Talud aguas abajo.- La pendiente del talud aguas abajo del muro resistente ha demostrado ser un elemento clave en la estabilidad sísmica del muro. A menor pendiente, más estable será el muro, pero a su vez mayor será el requerimiento de material de relleno siendo a veces su costo una limitante. Existen cuadros empíricos según experiencias de proyectistas, y estudios realizados en los cuales indican la inclinación de los taludes, de manera tentativa, ya que su elección dependerá de un análisis de estabilidad de los mismos.

Tabla 32. Taludes.

TALUDES			
H (M)	Aguas arriba (H:V)	Aguas abajo (H:V)	TALUDES ELEGIDOS
5	2.00 : 1	1.50: 1	Aguas arriba (H:V) 3.00 : 1
5 - 10	2.50 : 1	2.00 : 1	
12 - 15	2.75 : 1	2.50 : 1	Aguas abajo (H:V) 2.50 : 1
20 - 30	3.00 : 1	2.50 : 1	

Fuente: Bureau of Reclamation.

8.4.3.3.5. Ancho de corona

El ancho de coronación depende de la altura de la estructura y de la construcción del mismo (maniobrabilidad de la maquinaria pesada). Debido a esto, el ancho mínimo de coronación tiene un valor no menor a 3.60 m.

El cálculo de esta parte de la estructura, se obtuvo de promediar cuatro criterios tradicionales tales como: T. Knappen, E. T. Preece, Código de Arizona y Bureau of Reclamation.

Tabla 33. Ancho de corona.

Ancho de Corona			
Autor	Ecuación	Resultados	Elección
T. Knappen	$1.65 \times \sqrt{H}$	7.56 m	5 m
E. T. Preece	$1.10 \sqrt{H} + 1.00$	6.04 m	
Código Arizona	$3.65 \times \sqrt[3]{H} - 1.50$	17.73 m	
Bureau of Reclamation	$\frac{H}{5} + 3.05$	7.25 m	

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Se hizo la elección de que la corona tenga 5m debido a que con este ancho de corona la presa obtuvo un mayor factor de seguridad ante la posibilidad de deslizamientos.

8.4.3.3.6. Ancho de presa

El ancho de la presa está en función de: la altura de presa, el ancho de coronación y la inclinación de los taludes.

Para la investigación, el ancho máximo de la estructura (en el modelo) no debía superar los 150 cm, ya que se encontraba limitado por las dimensiones del “Equipo de drenaje”. Además, se tuvo en cuenta la distancia existente entre los reboses; a fin de evitar un potencial proceso de erosión en las faldas de los taludes debido a su proximidad con dichas tuberías. Teniendo en cuenta este parámetro (ancho de presa), se eligió el factor de escala modelo.

8.4.3.3.7. Reboces

Los reboces, son aquellos que tendrán la capacidad de controlar la altura de los tirantes, a fin de prevenir el riesgo por erosión severa y posible lavado del terraplén.

En el modelamiento físico desarrollado en el “Equipo de drenaje”, los reboses N° 01 y N° 02 (Aguas arriba y abajo respectivamente) mantuvieron constante los tirantes de 17 cm y 1.7 cm.

Estimar los resultados obtenidos de manera analítica con respecto a la influencia del filtro, mediante el uso de software (GeoStudio y Rocscience) y el modelo físico, con respecto a la variación de: la línea de infiltración, el caudal de infiltración y la estabilidad de taludes, conociendo de antemano las propiedades del material extraído de la cantera Tres Tomas.

8.4.4. Estimación de los resultados obtenidos con respecto a la línea de infiltración, el caudal de infiltración y la estabilidad de taludes

El análisis con respecto a la línea de infiltración y el caudal de infiltración se realizaron con el programa SEE/W perteneciente a GeoStudio, de igual manera se obtuvieron estos datos con la ayuda del equipo de infiltración.

Resultados obtenidos con:

8.4.4.1. Línea de infiltración y caudal de infiltración, uso de programa GeoStudio (Seep/W)

Descripción Del Programa

Dentro de los programas de paquete GeoStudio de la empresa Geo-Slope, se encuentra SEEP/W, este es un programa que nos ayudará en el diseño de presas para el cálculo de infiltraciones y redes de flujo.

Existe una versión gratuita para estudiantes, con algunas limitaciones, pero suficiente para lograr un buen manejo de las bondades que ofrece el programa.

Este programa está basado en el método de los elementos finitos (M.E.F), por lo que se convierte en un software que Permite hacer menos suposiciones, y obtener resultados más aproximados a los reales.

La última versión disponible del programa es la versión 2016 (GEOESTUDIO 2016), que se puede descargar gratuitamente de la página empresa proveedora: GEO – SLOPE, y la instalación se puede realizar en inglés o español.

Características del Programa:

Tipos de análisis: análisis en régimen estacionario y transitorio.

Geometría y estratigrafía: Geometría adaptable a cualquier contorno estratigráfico mediante herramientas gráficas a través de la definición de regiones.

Propiedades de los suelos: para el análisis del suelo utiliza las siguientes propiedades:

- Permeabilidad del terreno.
- Estado del suelo saturado o saturado/insaturado.
- Conductividad del suelo.

- a. Condiciones de contorno del problema: para el estudio del comportamiento del modelo se definen las propiedades de contorno.

Aplicación del programa:

Iniciando el programa GEOESTUDIO – SEEP/W:

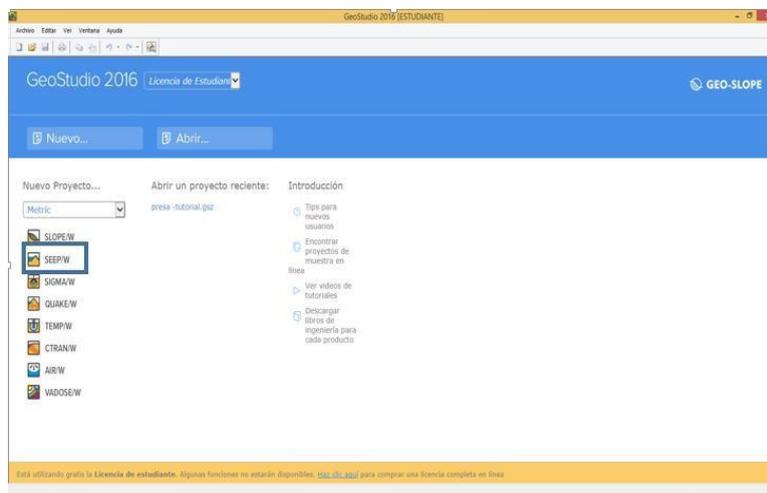


Ilustración 77: Acceso al programa Seep/W.

Fuente: Seep/W, 2016.

Después de seleccionar SEEP/W nos aparece la ventana principal del programa.

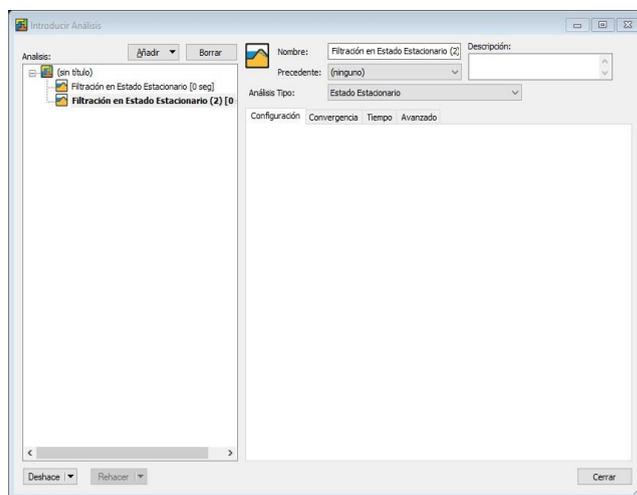


Ilustración 78: Ventana principal del programa.

Fuente: Seep/W, 2016.

a. Diseño a analizar

Para el análisis del diseño presenta una sección de presa de material homogéneo con un filtro tipo chimenea (espesor 3 m, tanto en forma vertical como horizontal); tendrá una altura de la presa es de 21 m, tirante aguas arriba

de 17 m y tirante aguas debajo de 1.7 m. Su cimentación consta de dos estratos (cimentación interior de 21 m y cimentación superior de 3 m) y se pide realizar el estudio de las redes de flujo.

Con la ayuda del programa AutoCAD obtendremos las coordenadas de cada uno para el diseño, siendo el origen de las coordenadas el punto “c”

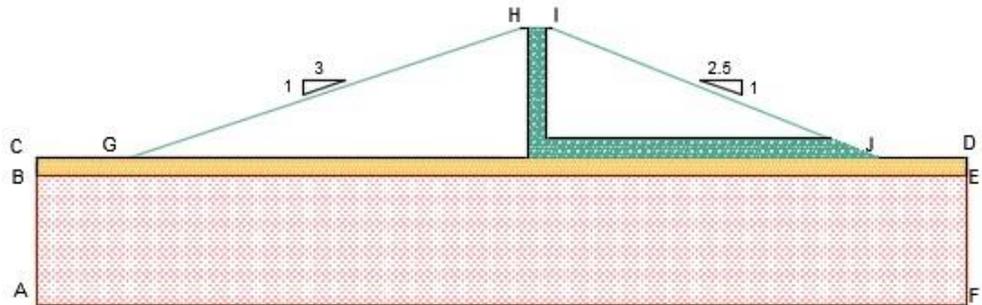


Ilustración 79: Presa de Material Homogéneo con Filtro tipo chimenea.

Fuente: Seep/W, 2016.

Tabla 34. Coordenadas según sección de presa de tierra con filtro tipo chimenea.

Coordenada Para La Presa De Material Homogéneo		
	X	Y
A	0	-21
B	0	-3
C	0	0
G	15.14	0
H	78.14	21
I	83.14	21
J	135.64	0
D	150	0
E	150	-3
F	150	-21

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Tabla 35. *Coordenadas del filtro tipo chimenea.*

Coordenadas del Filtro		
	X	Y
k	79.17	21
l	82.17	21
m	82.17	3
n	128.14	3
ñ	135.64	0
o	79.17	0

Fuente: Elaborado por los investigadores.

b. Escala de dibujo, diseño de página y unidades.

En la barra de menú, hacemos clic en “formato” y seleccionamos “unidades y escala”, nos aparecerá una venta en la podemos elegir el sistema de unidades con el que deseamos trabajar y así como cambiar las unidades de masa, tiempo, aceleración de la gravedad, etc. Podemos ingresar la escala o dejar la que tiene por defecto el programa.

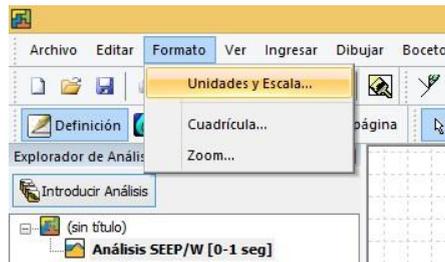


Ilustración 80: Ventana “Formato / Unidad y Escala”

Fuente: Seep/W, 2016

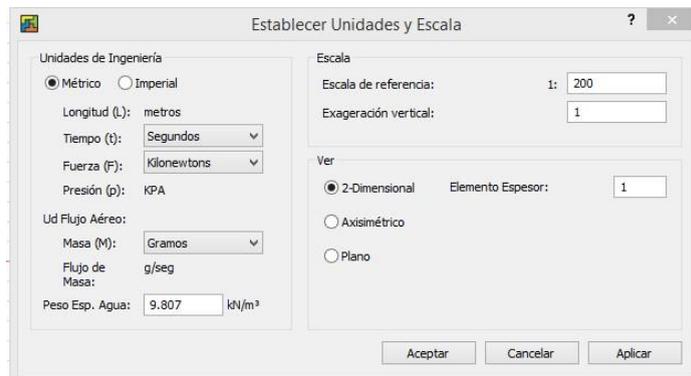


Ilustración 81: Ventana “Establecer Unidades y Escala”

Fuente: Seep/W, 2016

Ejes de coordenadas: En la barra de menú, hacemos clic en “Boceto”.

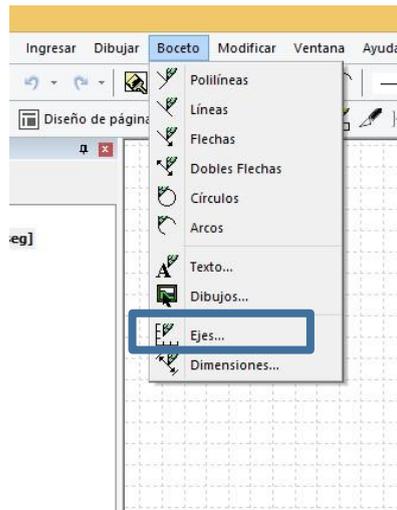


Ilustración 82: Ventana “Boceto”.

Fuente: Seep/W, 2016.

Seleccionamos “Ejes” y nos mostrará una ventana en la que colocar la descripción que queremos que aparezca en los ejes coordenados “x” e “y”, así como la variación de las dimensiones de la estructura en cada eje.

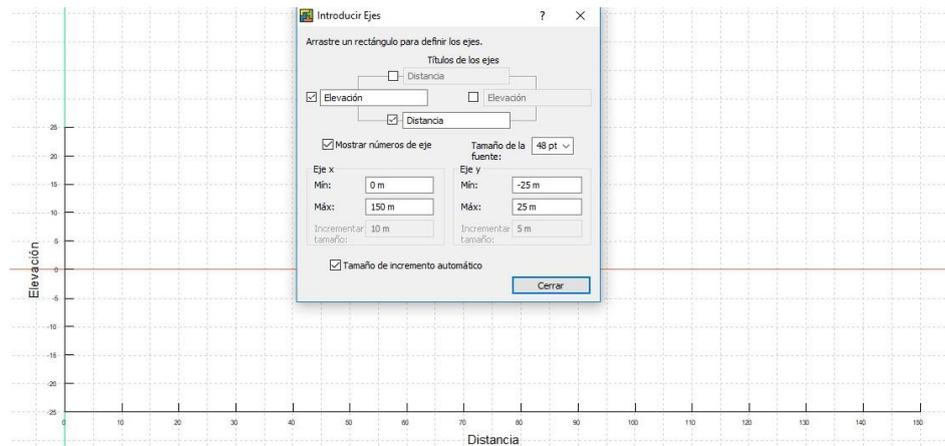


Ilustración 83: Ventana “Introducir Ejes”

Fuente: Seep/W, 2016.

c. Definir propiedades de los materiales

A continuación se presenta un cuadro, el cual detalla los resultados obtenidos de la ejecución de ensayos en el laboratorio de mecánica de suelo.

Tabla 36. Propiedades del suelo para diseño.

	Cimentación	Cuerpo de la Presa	Filtro
D10	0.267	0.263	5.302
D60	1.1	1.11	9.46
W saturado (m3/m3)	0.0791	0.00657	0.00545
K Permeabilidad (m/s)	3.6099×10^{-4}	2.4416×10^{-6}	6.948×10^{-7}

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Con los resultados de la tabla 30 nos dirigimos a la barra de menú donde nos dirigimos a la ventana “Ingresar / Materiales”.

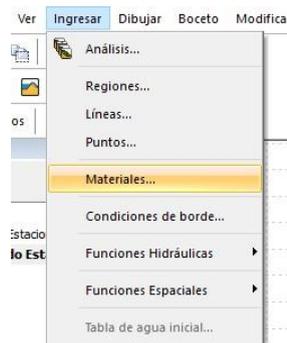


Ilustración 84: Ventana “Introducir Ejes”

Fuente: Seep/W, 2016.

Para agregar un material damos clic en “Añadir”, hay que tener en cuenta que con la licencia de estudiante solo nos permite añadir tres materiales diferentes. El modelo constitutivo es Saturado /Insaturado, este nos permite ingresar las propiedades mecánicas e hidráulicas de los materiales.

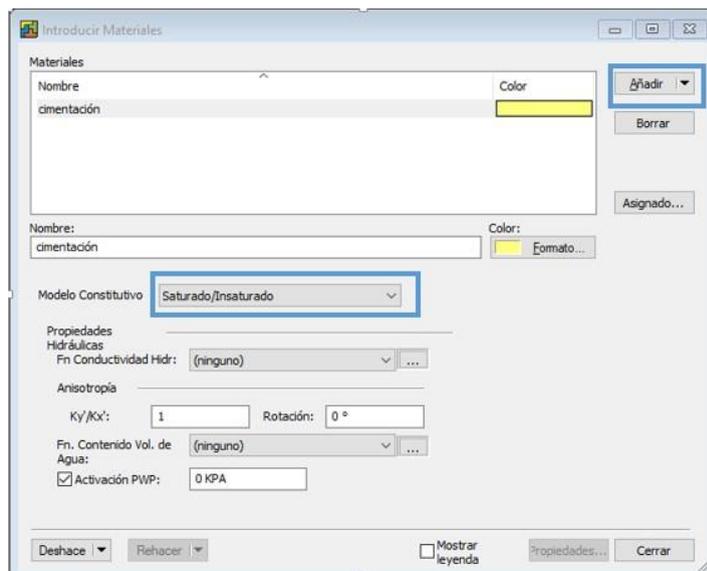


Ilustración 85: Ventana “Introducir Materiales”

Fuente: Seep/W, 2016.

En la opción “Propiedades hidráulicas”, vamos a definir las características hidráulicas, en este caso nos dirigimos a la función contenido de agua volumétrica ubicado en la parte inferior, esto añade un nuevo material al cual le tenemos que dar un nombre.

Luego damos clic en el recuadro “Estimar”; se abre la ventana “Función de estimación del contenido de humedad volumétrica” donde ingresamos los datos según la tabla 30.

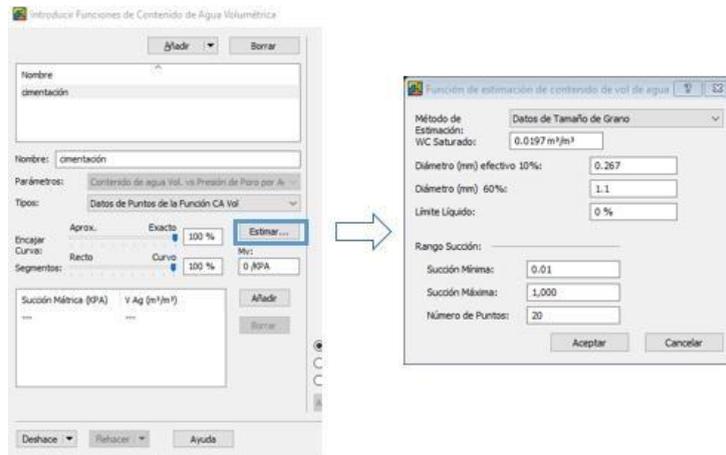


Ilustración 86: Ventana de asignación de propiedades hidráulicas de los suelos.

Fuente: Seep/W, 2016.

Hacemos clic en los tres puntos que nos indica “Fn conductibilidad hidráulica” nos llevara al cuadro “Introducir Funciones de Conductividad Hidráulica”, con el cursor damos clic en añadir y luego colocamos un nombre a nuestra función hidráulica, luego en tipos seleccionamos “Datos de Puntos de la Función Hidráulica K”.

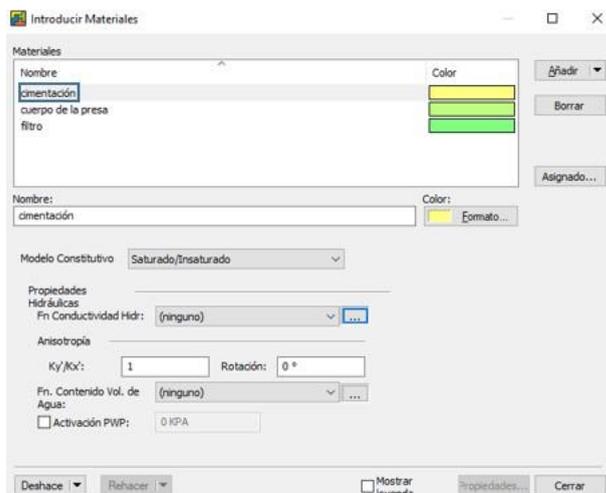


Ilustración 87: Ventana “Introducir Materiales”

Fuente: Seep/W, 2016

Luego nos dirigimos a “estimar”, se abre la ventana “Estimación de Función de Conductividad Hidráulica K”.

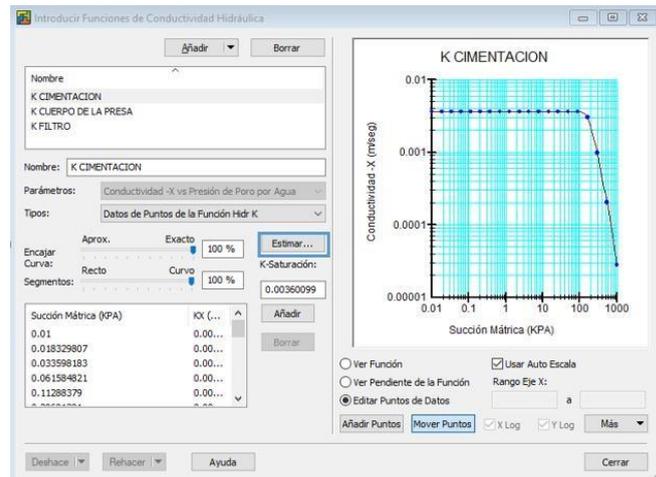


Ilustración 88: Ventana “Introducir Funciones de Conductividad Hidráulica”

Fuente: Seep/W, 2016

Nos otorgara dos métodos de estimación para el cálculo de la función de conductividad hidráulica” nos otorga dos métodos (el método “Van Genuchten” y el método “Fredlund & Xing”).

El primer método de “Van Genuchten”, el cual para su cálculo emplea el valor K_x -Saturación y el contenido residual de agua; siendo este último también llamado agua de absorción, la cual se encuentra en el interior y la superficie de los granos, donde esta no puede ser extraída por medios físicos (calor o succión).

El segundo es el método de “Fredlund & Xing”, el cual para su cálculo emplea el valor K_x -Saturación, para nuestro caso escogeremos al segunda opción.

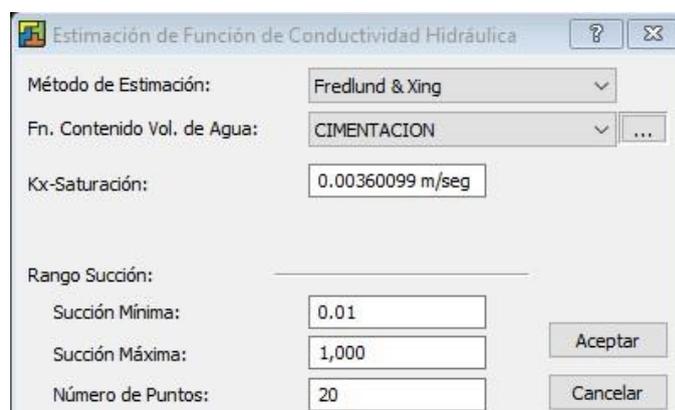


Ilustración 89: Ventana “Estimación de Función de Conductividad Hidráulica”

Fuente: Seep/W, 2016

Una vez introducidas todos los datos necesario de cada material lo seleccionamos.

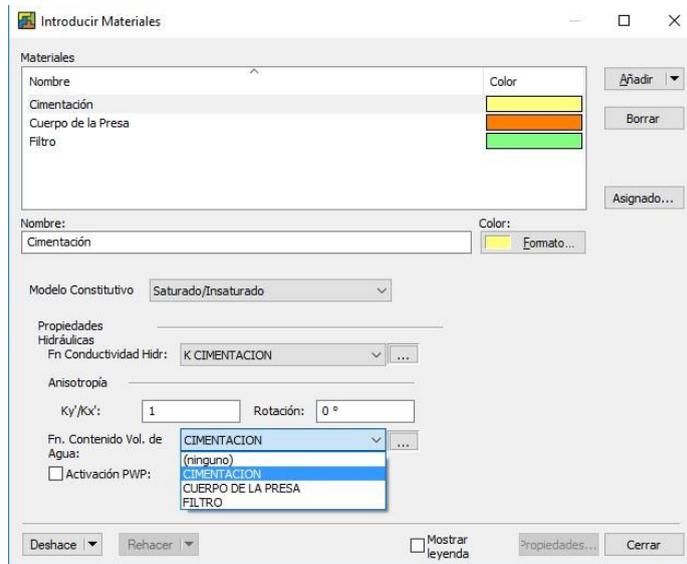


Ilustración 90: Ventana “Introducir Materiales”

Fuente: Seep/W, 2016

La relación $K_x/K_y=1$ es decir no hay variación del coeficiente de permeabilidad vertical con respecto a la horizontal y la “Rotación” 0° , nos indica que la permeabilidad es isótropa.

d. Dibujo de regiones:

Cuerpo y base de la presa: una vez definidas las coordenadas, ingresamos las coordenadas de la presa como si se tratara de un polígono, se seguirá la secuencia descrita en el punto “GeoStudio (Slope/W)” ya que al pertenecer SLOPE/W Y SEEP/W a la plataforma de GeoStudio, este proceso es el mismo.

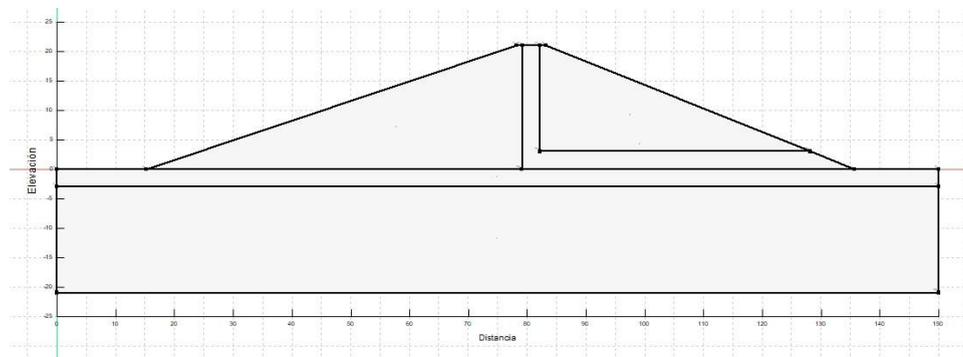


Ilustración 91: Regiones Ingresadas en el Programa

Fuente: Seep/W, 2016

A continuación se designa el material en la región correspondiente, utilizando el ícono dibujar materiales.

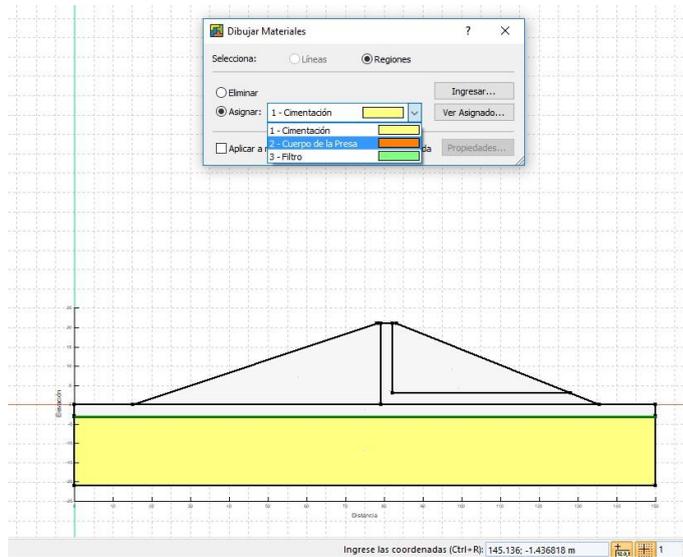


Ilustración 92: Seleccionando Material cada Región

Fuente: Seep/W, 2016

Ya Seleccionado el material y luego dirigimos el cursor a la zona que corresponde, lo seleccionados y dicha región tomará el color del material asignado.

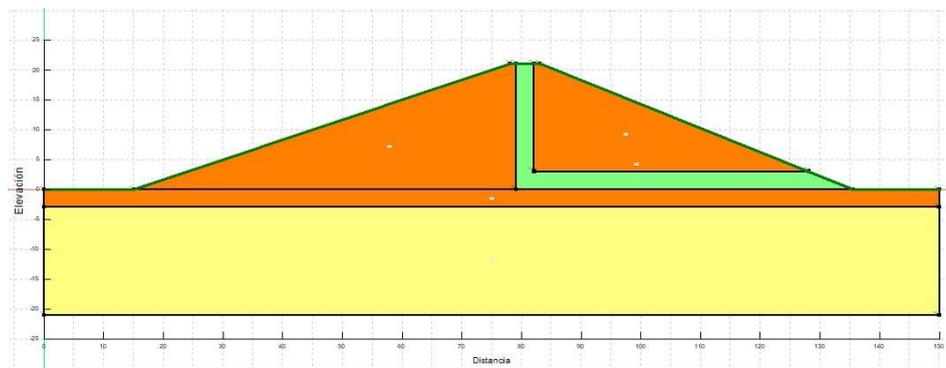


Ilustración 93: Materiales asignados a cada región.

Fuente: Seep/W, 2016

e. Condiciones de borde: aguas arriba, aguas abajo e impermeabilidad

Ingresamos las coordenadas que definen los parámetros de borde (guas arriba y aguas abajo), en este caso condiremos solo los contornos de la presa que están sometidos a la presión del agua:

Los límites hasta donde llega el agua, son colocados con un punto donde intersecta el nivel de agua con el talud de la presa, para ello usamos la opción “Dibujar Puntos”.

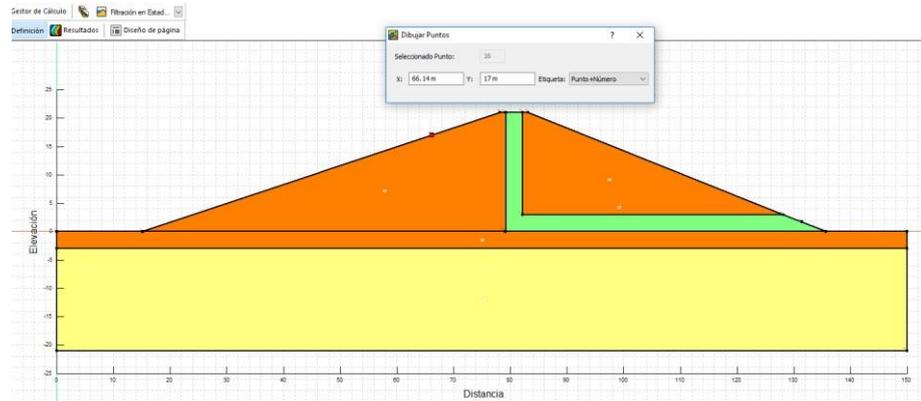


Ilustración 94: Puntos asignados según el talud vs el tirante de agua.

Fuente: Seep/W, 2016

Para ingresar las condiciones de borde nos dirigimos a la barra de menú y seleccionamos la opción Dibujar las condiciones de límite.

Esto apertura la ventana “Introducir Condiciones de límite”, añadimos nuestra condición a la cual le ponemos un nombre, asimismo se le designa un color y luego se escoge el tipo de condición. El caso “aguas arriba” soporta una carga de agua con una altura de 17 m. y “aguas abajo” soporta otra carga de agua con una altura de 1.7 m. Como el contorno en análisis es supuesto impermeable, en tipo se selecciona caudal total, donde “Q” será 0 m³/seg, indicando que se impide el paso de agua por dicho borde.

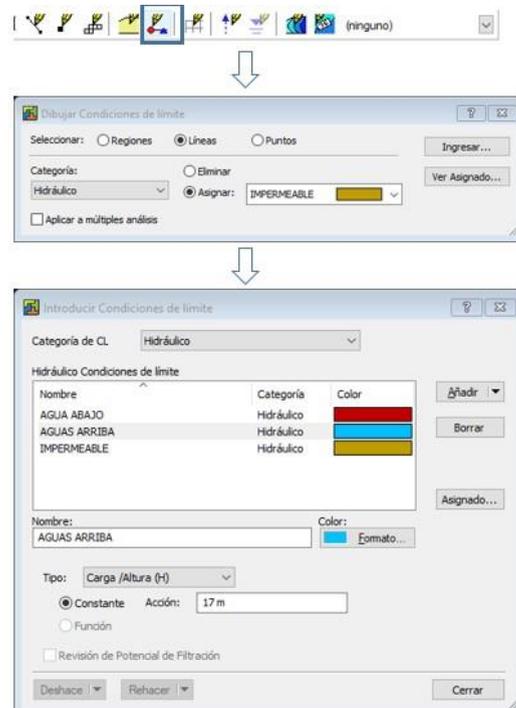


Ilustración 95: Proceso para llegar “Introducir Condiciones Limites”

Fuente: Seep/W, 2016

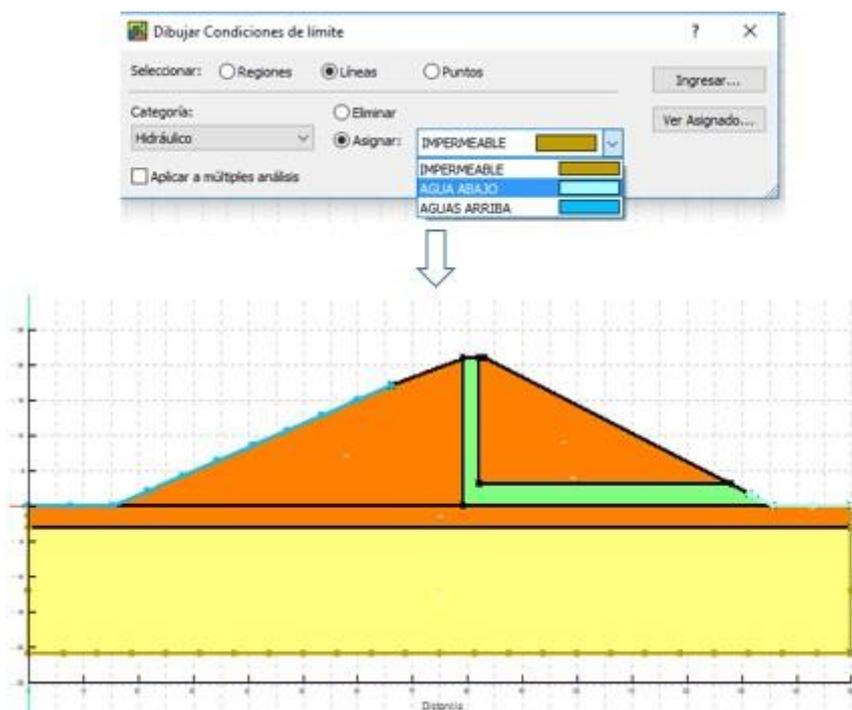


Ilustración 96: Ventana “Dibujar las Condiciones de límite”.

Fuente: Seep/W, 2016

f. Procesar datos del modelo: líneas equipotenciales y líneas de flujo.

Para poder obtener el análisis de los resultados nos dirigimos a la ventana “Gestor de solución”, luego damos clic en “Inicio” para iniciar el cálculo.



Ilustración 97: Ventana “Gestor de Solución”.

Fuente: Seep/W, 2016

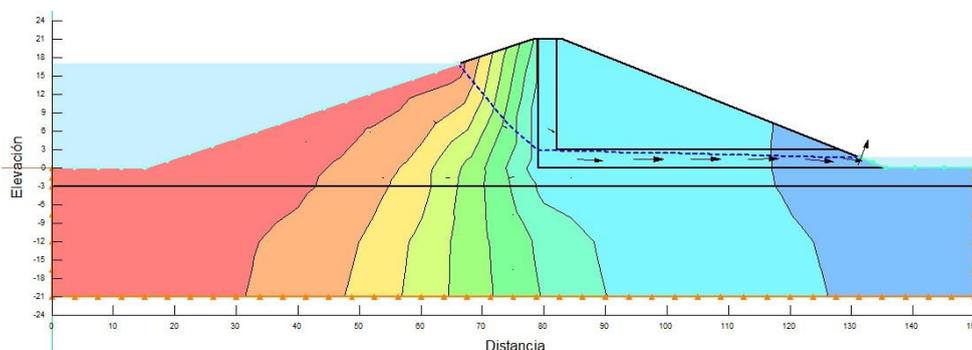


Ilustración 98: Franjas equipotenciales de la sección en análisis.

Fuente: Seep/W, 2016

A continuación para tener el valor de cada línea equipotencial, iremos a la barra de herramientas y hacemos clic en “Dibujar las etiquetas de los contornos”, luego llevamos el cursor a la línea deseada y aparecerá el valor correspondiente.

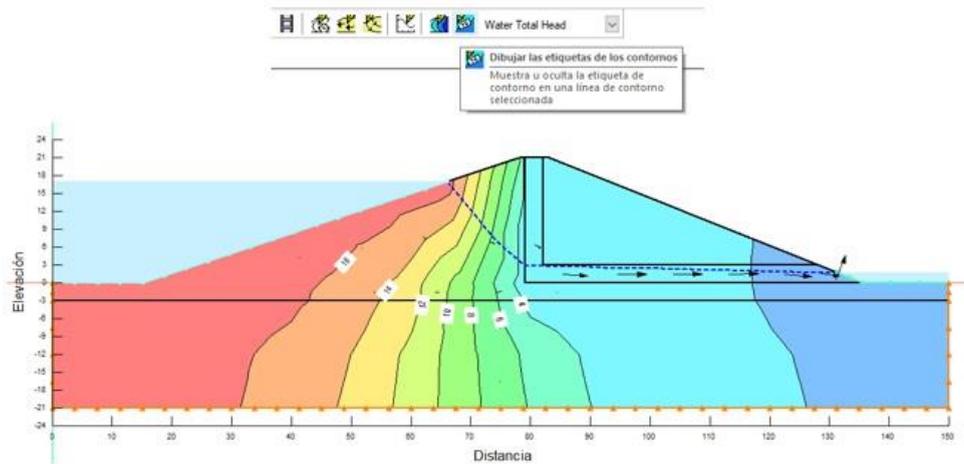


Ilustración 99: Ventana “Dibujar las etiquetas de los contornos”.

Fuente: Seep/W, 2016

g. Rutas de flujo

Las líneas de flujo serán ubicadas a criterio del dibujante para ello nos dirigimos a la barra de comando de “herramientas” y damos clic en “Dibujar las rutas de flujo”; a continuación con el cursor nos dirigimos al área de trabajo y con solo dar clic en un punto de la zona bajo la línea de saturación se creará la línea de flujo deseada.

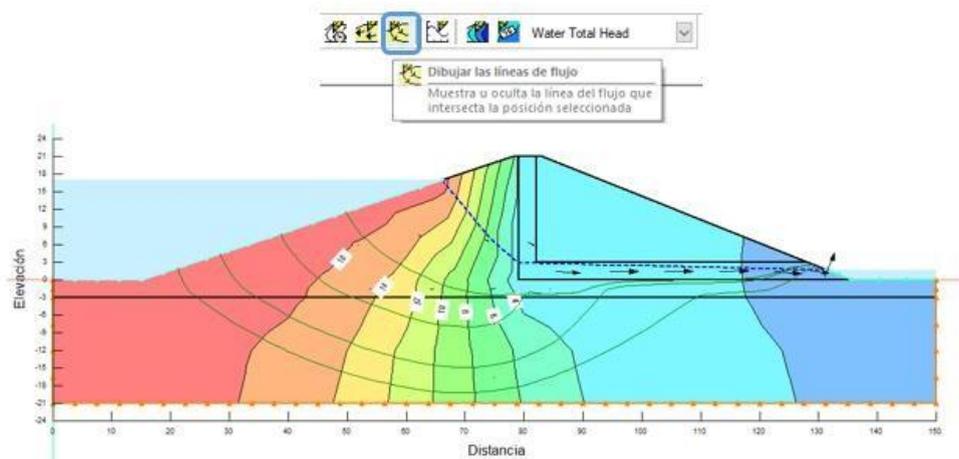


Ilustración 100: Ventana “Dibujar Líneas de Flujo”.

Fuente: Seep/W, 2016

h. Determinación del caudal unitario

A fin de conocer el valor del caudal unitario filtrante en nuestro diseño, regresamos a la ventana “Definición”; luego nos dirigimos a la barra de comando de herramientas y damos clic en “Dibujar Secciones de flujo”.

Nos aparece un cuadro donde definimos el número de sección de flujo; luego con el cursor nos dirigimos al área de diseño y se traza una línea recta en el lugar que se desee conocer el valor del caudal de infiltración.

El análisis permite colocar varios puntos de control a fin de saber el comportamiento del caudal de infiltración a lo largo de su recorrido a través del cuerpo de presa.

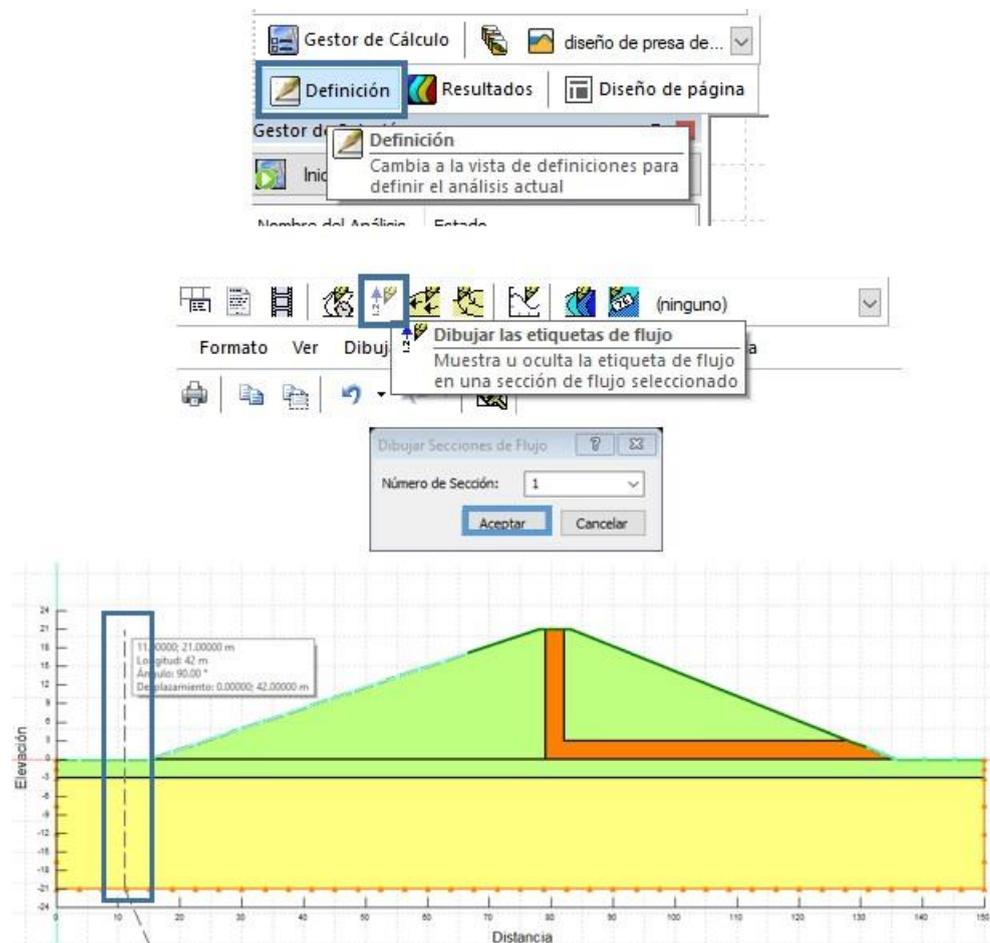


Ilustración 101: Proceso para elaborar “Dibujar Secciones de flujo”.

Fuente: Seep/W, 2016

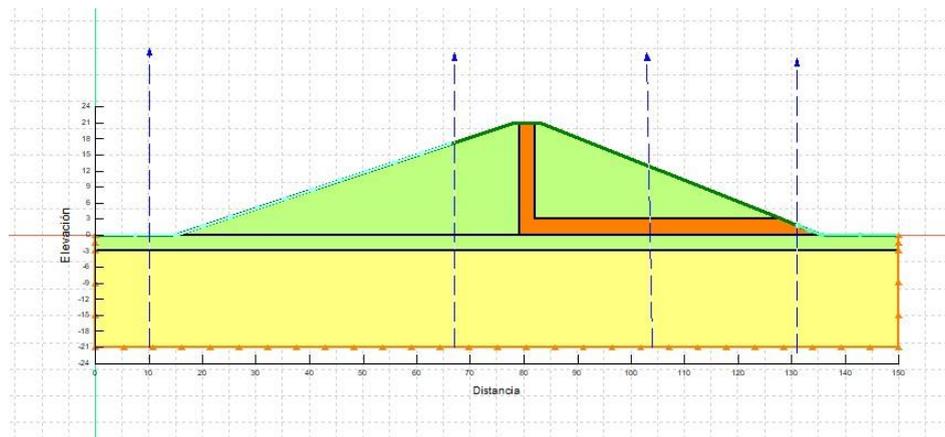


Ilustración 102: “Dibujo Secciones de flujo”.

Fuente: Seep/W, 2016

Para averiguar el valor de estos caudales indicada en la cada sección (Dibujo Secciones de flujo). Nos dirigimos a la ventana “Resultados” y luego a la barra de herramientas damos clic en “Dibujar las etiquetas de flujo”.

Para obtener el caudal unitario, dirigimos el cursor hacia la sección de flujo creada y damos clic en ella y automáticamente se origina la etiqueta de flujo, el valor que nos otorga es el caudal unitario en dicho punto, si se desea conocer el caudal total en esa franja de control, solo se tiene que multiplicar por la longitud de coronación.

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS CON EL PROGRAMA Seep/W, v. 2016 DEL CAUDAL DE INFILTACION Y LA LINEA DE INFILTRACION:

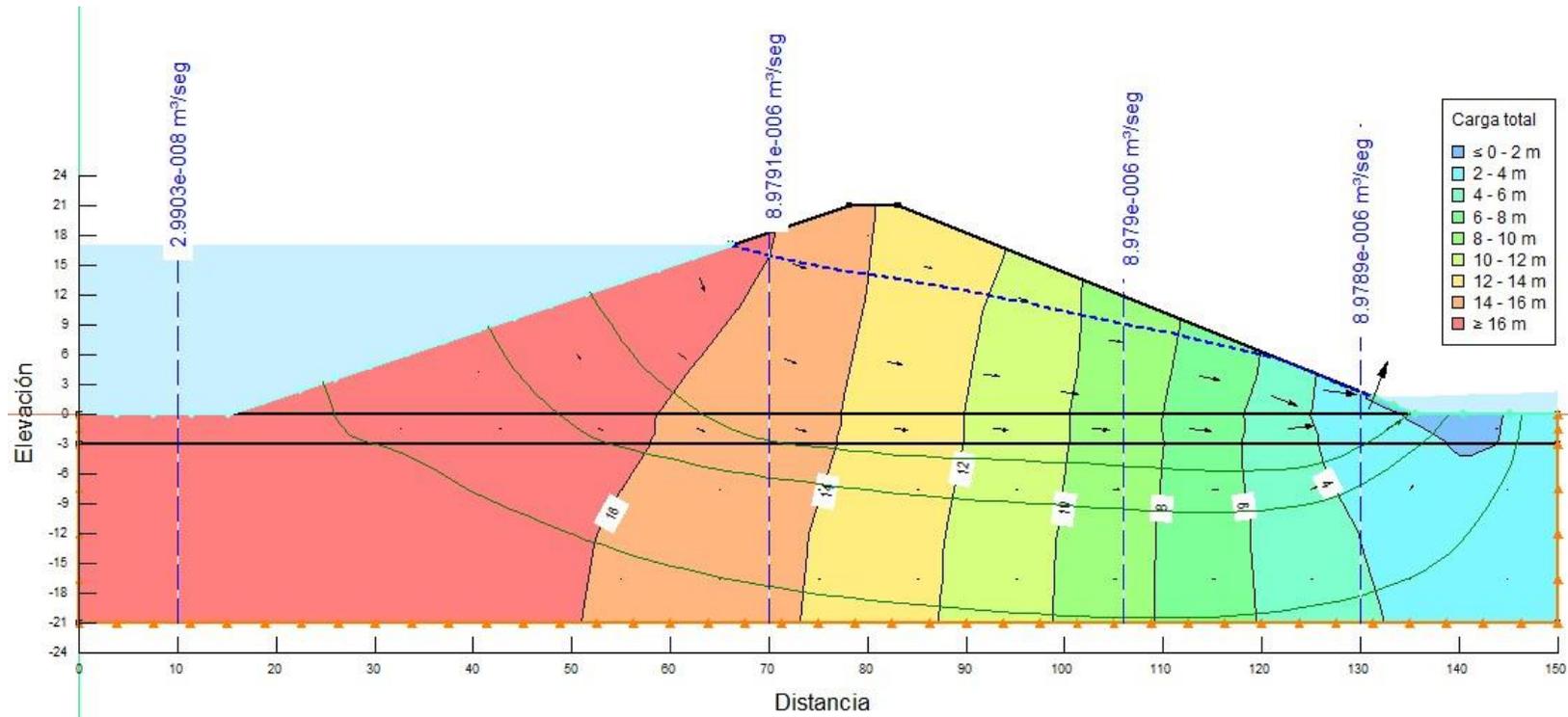


Ilustración 103: Análisis del flujo en el interior de la presa sin filtro.

Fuente: Seep/W, 2016

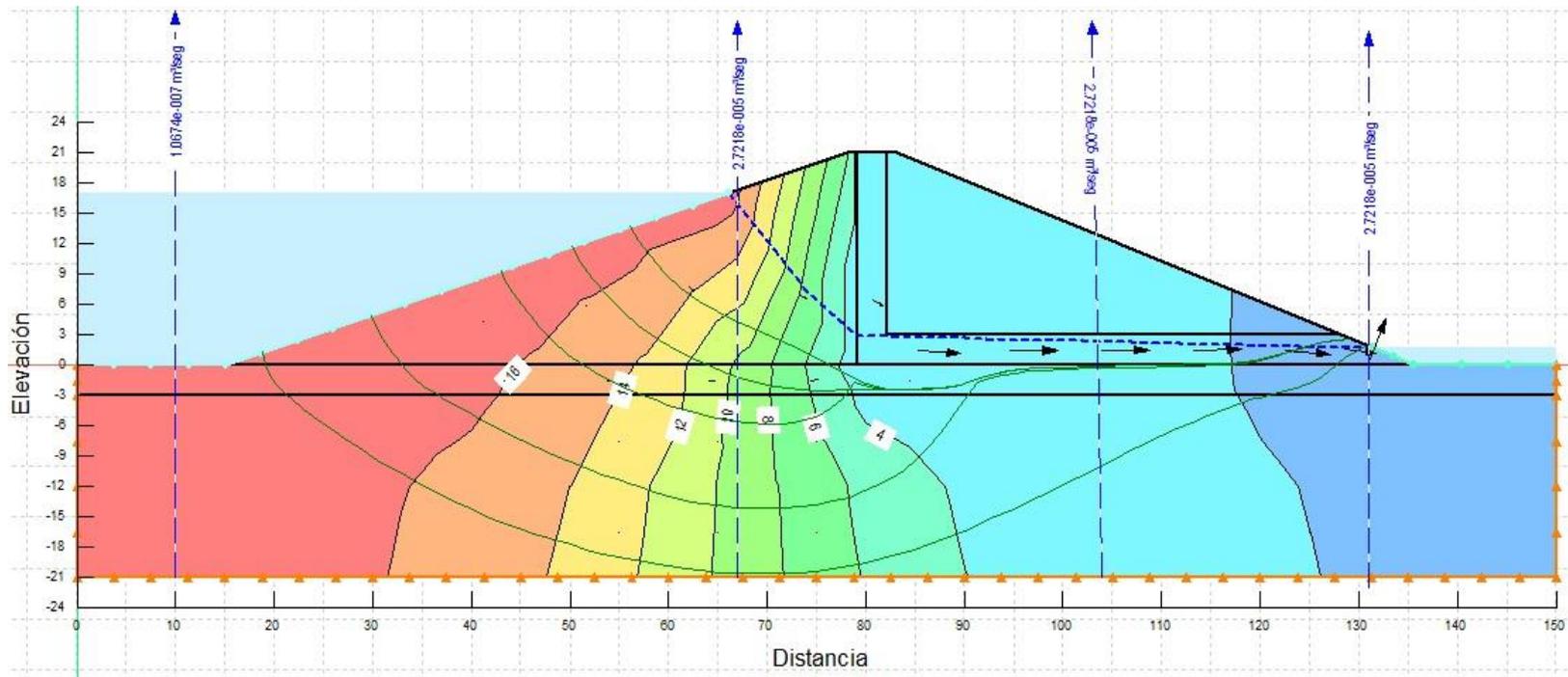


Ilustración 104: Análisis del flujo en el interior de la presa con filtro tipo chimenea.

Fuente: Seep/W, 2016

8.4.4.2. Línea de infiltración y caudal de infiltración, con la ayuda del equipo de infiltración y drenaje

Equipo de infiltración y drenaje

Los ensayos correspondientes al modelamiento físico – bidimensional, se llevaron a cabo en la Universidad Cesar Vallejo; para ello, se recurrió al uso del Equipo de infiltración y drenaje.

a. Componentes del Equipo de infiltración y drenaje (Especificaciones)

- Tanque

Longitud: 1.50 m

Ancho: 0.30 m

Altura: 0.70 m

Base y paredes (laterales y posterior) de acero lac e=8/32”.

Pantalla frontal de vidrio templado e=10 mm.

Las unión del vidrio con la estructura de acero, consisten en pernos hexagonales de ¼” x 2” con anillo plano encauchado y tuerca. Asimismo, la superficie en contacto de ambos materiales, posee una capa de sellante a base de poliuretano (Sika-Flex) para evitar filtraciones y una empaquetadura de caucho en toda la superficie de contacto entre el vidrio y el tanque.

- Sistema de suministro y rebose

Se realizaron 2 orificios en inferior del tanque, en donde se acoplaran las tuberías de rebose, cada una cuenta con un codo 90°. Los accesorios mencionados son de 1” (PVC) y se conectan a simple presión. La finalidad de esta instalación, es evitar que el caudal erosione la superficie de la muestra de suelo a ensayar.

En el exterior, se dispone del sistema de suministro y regulación. El primero, cuenta con una bomba sumergible capaz de proveer un caudal máximo de 2000 litros por hora y cuya altura máxima de bombeo es de 2 metros.

- Sistema de lectura piezométricas

Está conformado por 12 puntos de control distribuidos en 3 filas (espaciamiento entre ejes: 0.10 m) con 4 columnas (espaciamiento entre ejes: 0.40 m) y un tablero de medición piezométrica.

Los puntos de control, consisten en tuberías de acero inoxidable de ½” con 3” de longitud, cuyos extremos a simple presión se encuentran unidos a la

pared posterior del tanque mediante soldadura por arco. Asimismo, sus extremos roscados, se acoplan a un tapón hembra, seguido de una llave de paso.

El tapón macho de ½” (PVC), en su parte central posee una abertura en la cual se fija la llave de paso que se conecta a una manguera de 6mm.

En el interior del tanque, exactamente en la ubicación de los puntos de control, se dispone de una pequeña malla metálica cuadrada (2cm x 2cm) para reducir el ingreso de las partículas de suelo ensayadas al interior de las llaves de paso.

El tablero de medición piezométrica consta de 4 piezómetros y 2 válvulas de purga de aire, dispuestos sobre una base de melamine. Asimismo, el tablero se incorpora al tanque a través de dos agarraderas.

El tablero de medición piezométrica recoge la información de los puntos de control, a través de las mangueras transparentes de 6mm (Diámetro) conectadas en sus respectivos extremos.

- Sistema de suministro de tinta

La tinta se colocó sobre una plataforma de madera, el sistema de tinta está compuesto por 1 depósito plástico, 1 tubo transportador flexible y 1 aguja de bomba para inflar.

b. Ensayos realizados

Se procedió a realizar los ensayos en el periodo de noviembre – diciembre del año 2018, se llevaron a cabo 6 ensayos la Universidad Cesar Vallejo. Cada ensayo es un modelamiento físico – bidimensional para la sección transversal de presa sin y con sistema de drenaje tipo chimenea (para diferentes compactaciones). El procedimiento realizado, se describe a continuación:

- Contenido de humedad

Antes de proceder con el ensayo propiamente dicho, se determinaba el contenido de humedad de la muestra de suelo, ingresando 2 taras de la muestra lavada al horno y dejándola secar por un intervalo de 1 hora (por tratarse de suelos granulares).

Los contenidos de humedad de la muestra, se encontraron por debajo del óptimo; esto facilitaba su trabajabilidad, ya que para llegar a este parámetro (óptimo contenido de humedad), se le adicionaba agua y se mezclaba de forma homogénea.

- Estimación de la cantidad de material a utilizar

El cuerpo de presa está dividido en 7 capas, conociendo el área de cada una y el ancho del Equipo de Infiltración y Drenaje, se puede determinar sus respectivos volúmenes.

Con la máxima densidad seca (para un grado de compactación asumido) y los volúmenes previamente determinados, se puede calcular la cantidad de material lavada a emplear. Asimismo, a este valor se le incorpora el óptimo contenido de humedad para determinar los pesos de material en cada capa.

Con el contenido de humedad natural determinado en el ítem anterior, se estima el peso final del material lavado y agua adicional a incorporar en cada capa. Se realizó el primer ensayo en el equipo de Infiltración y Drenaje el día 13 de noviembre del presente año, se inició con la compactación de la cimentación de la presa.

Los de verificación de la compactación de la presa tanto para su cimentación como para el cuerpo se detallan en la siguiente ilustración, en estos puntos de verificación se tomó la altura del material compactado, para posteriormente poder verificar su grado de compactación, en función de su volumen.

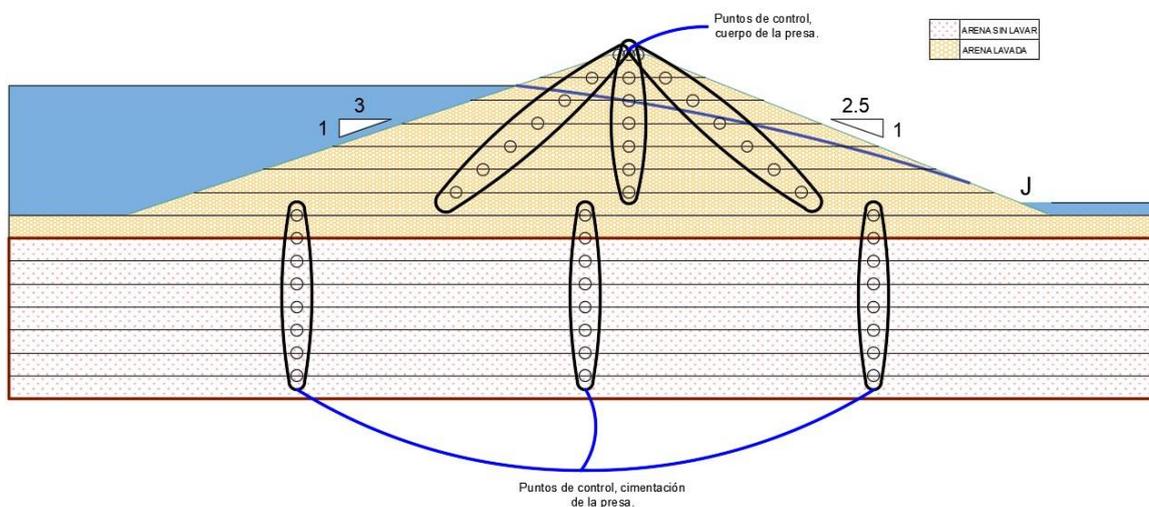


Ilustración 105: Puntos de control, compactación de la cimentación y del cuerpo de la presa.

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Tabla 37. Contenido de humedad del material en la cimentación de presa.

N° de tarro	ESTRATO INFERIOR		ESTRATO SUPERIOR	
	M - 1	M - 2	M - 3	M - 4
Tarro + suelo húmedo	1623.8	1600	1513.4	1500
Tarro + suelo seco	1596.7	1574.4	1503.5	1490.4
Agua	27.1	25.6	9.9	9.6
Peso del tarro	123.8	123.8	113.4	113.4
Peso del suelo seco	1472.9	1450.6	1390.1	1377
Contenido de humedad	1.84%	1.76%	0.71%	0.70%
Contenido de humedad promedio	1.80%		0.70%	

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Tabla 38. Estimación de materiales de la cimentación de la presa sin filtro estrato inferior.

CAPA	VOLUMEN (cm ³)	DENSIDAD SECA (GR/CM ³)	OPT. CONT. HUMEDAD	CONT. HUM. NATURAL	PORCENTAJE DE AGUA A ADICIONAR	PESO DEL MAT. OPT. CONT. HUM. (GR)	QUITAR MAT. Y AÑADIR AGUA (ML)
1 - 7	13500	1.576	7.91%	1.80%	6.11%	21276.00	1299.46

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Tabla 39. Estimación de materiales de la cimentación de la presa sin filtro estrato superior.

CAPA	VOLUMEN (cm ³)	DENSIDAD SECA (GR/CM ³)	OPT. CONT. HUMEDAD	CONT. HUM. NATURAL	PORCENTAJE DE AGUA A ADICIONAR	PESO DEL MAT. OPT. CONT. HUM. (GR)	QUITAR MAT. Y AÑADIR AGUA (ML)
8	13500	1.935	6.57%	0.70%	5.87%	26122.50	1532.17

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Tabla 40. Control de compactación en la cimentación de la presa.

CAPA	ALTURA DE CAPA COMPACTADA (CM)	ALTURA DE PUNTOS DE CONTROL (CM)			ALTURA PROM. EN CADA CAPA (CM)	% DE COMPACT. POR CAPA
		A	B	C		
1	3.00	3.01	3.02	3.01	3.01	99.56
2		3.02	3.02	3.02	3.02	99.34
3		3.02	3.01	3.02	3.02	99.45
4		3.01	3.02	3.01	3.01	99.56
5		3.00	3.01	3.00	3.00	99.89
6		3.02	3.01	3.02	3.02	99.45
7		3.01	3.01	3.01	3.01	99.67
8		3.00	3.01	3.00	3.00	99.89

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Se obtuvo una compactación promedio de 99.60% en la cimentación de la presa.

Compactación cercana al 100% del cuerpo de la presa sin filtro.

Tabla 41. Humedad obtenida previa compactación.

HUMEDAD NATURAL		
N° de tarro	M -1	M - 2
Tarro + suelo húmedo	1517.9	1510.6
Tarro + suelo seco	1503.5	1495.4
Agua	14.4	15.2
Peso del tarro	113.4	113.4
Peso del suelo seco	1390.1	1382
Contenido de humedad	1.04%	1.10%
Contenido de humedad promedio	1.07%	

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Tabla 42. Estimación de materiales en el cuerpo de la presa sin filtro

CAPA	VOLUMEN (cm ³)	DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	OPT. CONT. HUMEDAD	CONT. HUM. NATURAL	% DE AGUA A ADICIONAR	PESO MAT. OPT. CONT. HUM. (gr)	QUITAR MAT. Y AÑADIR AGUA (ml)
1	10102.5	1.935	6.57%	1.07%	5.50%	19548.34	1075.57
2	8617.5					16674.86	917.47
3	7132.5					13801.39	759.37
4	5647.5					10927.91	601.27
5	4162.5					8054.44	443.17
6	2677.5					5180.96	285.06
7	1192.5					2307.49	126.96

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Tabla 43. Control de compactación en el cuerpo de la presa.

CAPA	ALTURA DE CAPA COMPACTADA (CM)	ALTURA DE PUNTOS DE CONTROL (CM)			ALTURA PROM. EN CADA CAPA (CM)	% DE COMPACT. POR CAPA
		A	B	C		
1	3.00	3.01	3.02	3.01	3.01	99.56
2		3.02	3.02	3.02	3.02	99.34
3		3.02	3.01	3.02	3.02	99.45
4		3.01	3.02	3.01	3.01	99.56
5		3.00	3.01	3.00	3.00	99.89
6		3.02	3.01	3.02	3.02	99.45
7		3.01	3.01	3.01	3.01	99.67

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Finalmente se obtuvo un grado de compactación promedio de 99.56 %, correspondiente al cuerpo de la presa.

A continuación se presenta los resultados obtenidos con respecto al caudal de infiltración de la presa sin filtro, así mismo las lecturas de los piezómetros.

Tabla 44. Caudal de salida en rebose N° 01.

MEDICIÓN	VOLUMEN (ml)	TIEMPO (seg)	CAUDAL (cm ³ /seg)
1	720.0	10.83	66.48
2	705.0	10.64	66.26
3	690.0	10.57	65.28
4	675.0	10.29	65.60
5	670.0	10.24	65.43

CAUDAL PROMEDIO REBOSE N° 01 (cm ³ /seg)	65.81
---	-------

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Tabla 45. Caudal de salida en rebose N° 02.

MEDICIÓN	VOLUMEN (ml)	TIEMPO (seg)	CAUDAL (cm ³ /seg)
1	10.5	5.79	1.81
2	10.4	5.57	1.87
3	10.4	5.48	1.90
4	10.2	5.42	1.88
5	10.0	5.2	1.92

CAUDAL PROMEDIO REBOSE N° 02 (cm ³ /seg)	1.88
---	------

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Tabla 46. Lectura piezométrica.

LECTURA	C-1	C-2	C-3	C-4
F-1	305	299	240.5	0
F-2	318	315	255	190
F-3	327.5	331	275	211.1

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Compactación cercana al 98% del cuerpo de la presa sin filtro.

Tabla 47. Humedad obtenida previa compactación.

HUMEDAD NATURAL		
N° de tarro	M -1	M - 2
Tarro + suelo húmedo	1517.9	1510.6
Tarro + suelo seco	1500.5	1490.4
Agua	17.4	20.2
Peso del tarro	113.4	113.4
Peso del suelo seco	1387.1	1377
Contenido de humedad	1.25%	1.47%
Contenido de humedad promedio	1.36%	

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Tabla 48. Estimación de materiales en el cuerpo de la presa sin filtro al 98%.

CAPA	VOLUMEN (cm3)	DENSIDAD SECA (gr/cm3)	OPT. CONT. HUMEDAD	CONT. HUM. NATURAL	% DE AGUA A ADICIONAR	PESO MAT. OPT. CONT. HUM. (gr)	QUITAR MAT. Y AÑADIR AGUA (ml)
1	10102.5	1.8963	6.57%	1.36%	5.21%	19157.37	997.97
2	8617.5					16341.37	851.27
3	7132.5					13525.36	704.58
4	5647.5					10709.35	557.88
5	4162.5					7893.35	411.19
6	2677.5					5077.34	264.49
7	1192.5					2261.34	117.80

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Tabla 49. Control de compactación en el cuerpo de la presa.

CAPA	ALTURA DE CAPA COMPACTADA (CM)	ALTURA DE PUNTOS DE CONTROL (CM)			ALTURA PROM. EN CADA CAPA (CM)	% DE COMPACT. POR CAPA
		A	B	C		
1	3.00	3.01	3.00	3.01	3.01	97.78
2		3.02	3.02	3.02	3.02	97.35
3		3.02	3.03	3.03	3.03	97.14
4		3.01	3.02	3.01	3.01	97.57
5		3.02	3.03	3.02	3.02	97.24
6		3.01	3.01	3.01	3.01	97.67
7		3.01	3.01	3.02	3.01	97.57

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Finalmente se obtuvo un grado de compactación promedio de 97.47 %, correspondiente al cuerpo de la presa.

A continuación se presenta los resultados obtenidos con respecto al caudal de infiltración de la presa sin filtro, así mismo las lecturas de los piezómetros.

Tabla 50. Caudal de salida en rebose N° 01.

MEDICIÓN	VOLUMEN (ml)	TIEMPO (seg)	CAUDAL (cm ³ /seg)
1	669.0	10.39	64.39
2	647.0	10.10	64.06
3	657.0	10.25	64.10
4	701.0	10.84	64.67
5	687.0	10.64	64.57

CAUDAL PROMEDIO REBOSE N° 01 (cm ³ /seg)	64.36
---	-------

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Tabla 51. Caudal de salida en rebose N° 02.

MEDICIÓN	VOLUMEN (ml)	TIEMPO (seg)	CAUDAL (cm ³ /seg)
1	25.35	10.69	2.37
2	25.80	10.61	2.43
3	25.05	10.57	2.37
4	24.75	10.31	2.40
5	24.20	10.02	2.42

CAUDAL PROMEDIO REBOSE N° 02 (cm ³ /seg)	2.40
---	------

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Tabla 52. Lectura piezométrica.

LECTURA	C-1	C-2	C-3	C-4
F-1	305.5	301.5	252.5	0
F-2	318.5	316	260.5	195
F-3	328.5	322.5	277	213

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Compactación cercana al 96% del cuerpo de la presa sin filtro.

Tabla 53. Humedad obtenida previa compactación.

HUMEDAD NATURAL		
N° de tarro	M -1	M - 2
Tarro + suelo húmedo	1518.9	1489.6
Tarro + suelo seco	1505.5	1474.4
Agua	13.4	15.2
Peso del tarro	113.4	113.4
Peso del suelo seco	1392.1	1361
Contenido de humedad	0.96%	1.12%
Contenido de humedad promedio	1.04%	

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Tabla 54. Estimación de materiales en el cuerpo de la presa sin filtro al 96%.

CAPA	VOLUMEN (cm3)	DENSIDAD SECA (gr/cm3)	OPT. CONT. HUMEDAD	CONT. HUM. NATURAL	% DE AGUA A ADICIONAR	PESO MAT. OPT. CONT. HUM. (gr)	QUITAR MAT. Y AÑADIR AGUA (ml)
1	10102.5	1.8576	6.57%	1.04%	5.53%	18766.40	1037.84
2	8617.5					16007.87	885.28
3	7132.5					13249.33	732.73
4	5647.5					10490.80	580.17
5	4162.5					7732.26	427.62
6	2677.5					4973.72	275.06
7	1192.5					2215.19	122.51

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Tabla 55. Control de compactación en el cuerpo de la presa.

CAPA	ALTURA DE CAPA COMPACTADA (CM)	ALTURA DE PUNTOS DE CONTROL (CM)			ALTURA PROM. EN CADA CAPA (CM)	% DE COMPACT. POR CAPA
		A	B	C		
1	3.00	3.00	3.00	2.98	2.99	96.21
2		2.97	3.00	2.99	2.99	96.43
3		3.02	3.03	3.03	3.03	95.15
4		3.01	3.02	3.01	3.01	95.58
5		3.03	3.03	3.03	3.03	95.05
6		3.00	3.01	3.00	3.00	95.89
7		3.00	3.01	3.00	3.00	95.89

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Finalmente se obtuvo un grado de compactación promedio de 95.74 %, correspondiente al cuerpo de la presa.

A continuación se presenta los resultados obtenidos con respecto al caudal de infiltración de la presa sin filtro, así mismo las lecturas de los piezómetros.

Tabla 56. Caudal de salida en rebose N° 01.

MEDICIÓN	VOLUMEN (ml)	TIEMPO (seg)	CAUDAL (cm3/seg)
1	648.0	10.34	62.67
2	624.5	10.05	62.14
3	645.0	10.23	63.05
4	681.0	10.75	63.35
5	666.5	10.60	62.88

CAUDAL PROMEDIO REBOSE N° 01 (cm3/seg)	62.82
--	-------

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Tabla 57. Caudal de salida en rebose N° 02.

MEDICIÓN	VOLUMEN (ml)	TIEMPO (seg)	CAUDAL (cm3/seg)
1	39.0	15.55	2.51
2	39.0	15.38	2.54
3	39.0	15.32	2.55
4	39.0	15.25	2.56
5	39.0	15.24	2.55

CAUDAL PROMEDIO REBOSE N° 02 (cm3/seg)	2.54
--	------

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Tabla 58. Lectura piezométrica.

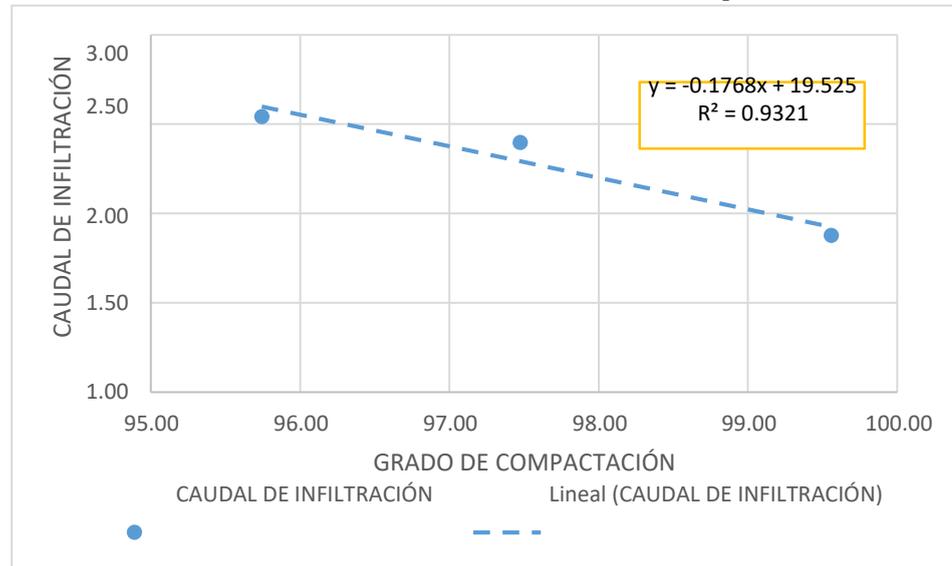
LECTURA	C-1	C-2	C-3	C-4
F-1	307.5	303	243	0
F-2	319.5	318.5	257.5	197.5
F-3	329	334	279.5	214.5

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Con los datos obtenidos anteriormente podemos encontrar las siguientes relaciones:

Interpretación de los resultados obtenidos: Caudal de infiltración vs. Grado de compactación.

Grafica 1: Caudal de infiltración vs. Grado de compactación.



Fuente: Elaborado por los investigadores.

La grafica 1 se obtuvo de la siguiente tabla, que es un resumen de los resultados de compactación real vs el caudal de infiltración obtenidos del modelo físico.

Tabla 59. Resumen grado de compactación real y caudal de infiltración.

GRADO DE COMPACTACIÓN	CAUDAL DE INFILTRACIÓN
99.56	1.88
97.47	2.40
95.74	2.54

Fuente: Elaborado por los investigadores

En la gráfica podemos apreciar que el grado de compactación es inversamente proporcional al caudal de infiltración. Asimismo, estos dos parámetros describen una ecuación de tipo lineal (línea de tendencia), la cual abarca en más de un 93% los datos experimentales obtenidos (se verifica con el valor de R², mientras más cercano a la unidad, mayor es el nivel de aceptación de los datos a la línea de tendencia).

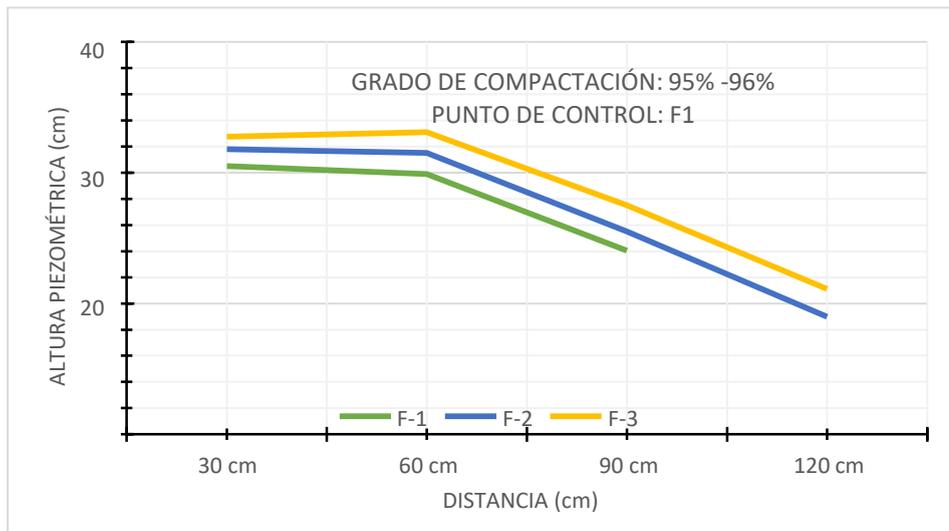
Interpretación de los resultados obtenidos: Lectura piezométrica vs grado de compactación.

Tabla 60. Lectura piezométrica vs grado de compactación.

Drenaje	% De Compactación	LECTURA PIEZOMÉTRICA											
		F-1				F-2				F-3			
		C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
		30 cm	60 cm	90 cm	120 cm	30 cm	60 cm	90 cm	120 cm	30 cm	60 cm	90 cm	120 cm
sin Filtro	99.56%	30.5	29.9	24.05	0	31.80	31.50	25.50	19.00	32.75	33.10	27.50	21.11
	97.47%	30.55	30.15	25.25	0	31.85	31.60	26.05	19.50	32.85	32.25	27.70	21.30
	95.74%	30.75	30.3	24.3	0	31.95	31.85	25.75	19.75	32.90	33.40	27.95	21.45

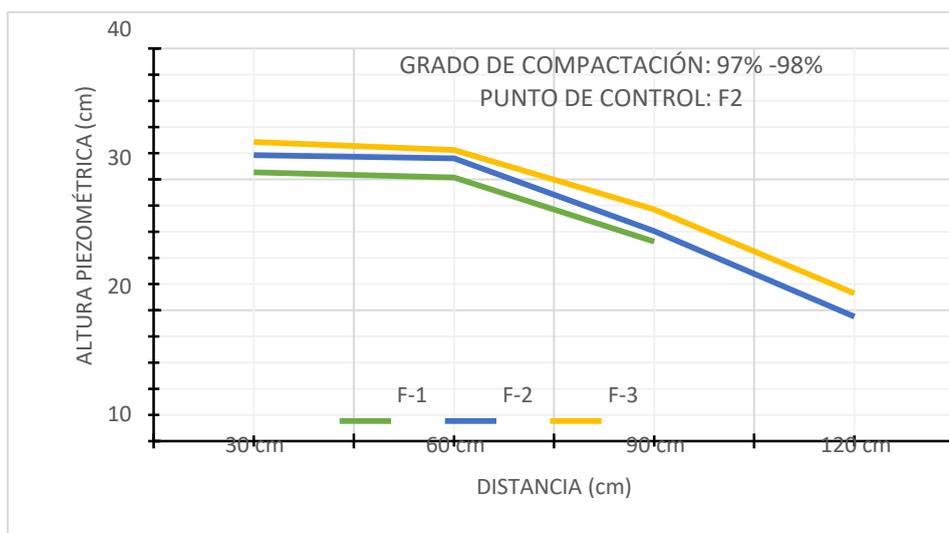
Fuente: Elaborado por los investigadores.

Grafica 2: Lectura piezométrica vs grado de compactación / G.C: 95% - 96% / F1.



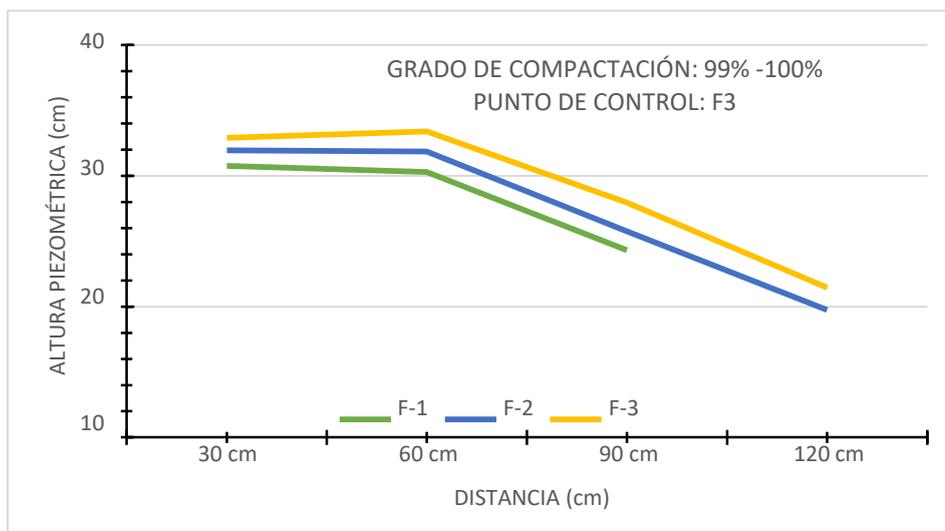
Fuente: Elaborado por los investigadores.

Grafica 3: Lectura piezométrica vs grado de compactación / G.C: 97% - 98% / F2.



Fuente: Elaborado por los investigadores.

Grafica 4: Lectura piezométrica vs grado de compactación / G.C: 99% - 100% / F3.



Fuente: Elaborado por los investigadores.

Para cada intervalo del grado de compactación y analizando por filas los puntos de control (F-1, F-2 y F-3), se evidencia que las lecturas piezométricas son inversamente proporcionales con el grado de compactación.

Es decir mientras más compactado el material que conforma el cuerpo de la presa menor es la lectura piezométrica, esto debido a que el flujo de agua es más bajo con respecto a un material menos compactado.

Cabe resaltar que la fila F-1, cuenta con solo 3 puntos de medición, ya que la columna C4 no registra medida alguna.

Compactación cercana al 100% del cuerpo de la presa con filtro.

Tabla 61. Humedad obtenida previa compactación.

HUMEDAD NATURAL		
N° de tarro	M -1	M - 2
Tarro + suelo húmedo	1517.5	1509.6
Tarro + suelo seco	1503.5	1495.4
Agua	14	14.2
Peso del tarro	113.4	113.4
Peso del suelo seco	1390.1	1382
Contenido de humedad	1.01%	1.03%
Contenido de humedad promedio	1.02%	

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Tabla 62. Estimación de materiales en el cuerpo de la presa con filtro (lado derecho).

CAPA	VOLUMEN (cm3)	DENSIDAD SECA (gr/cm3)	OPT. CONT. HUMEDAD	CONT. HUM. NATURAL	% DE AGUA A ADICIONAR	PESO MAT. OPT. CONT. HUM. (gr)	QUITAR MAT. Y AÑADIR AGUA (ml)
1	5355	1.935	6.57%	1.02%	5.55%	10361.93	575.37
2	4545					8794.58	488.34
3	3735					7227.23	401.31
4	2925					5659.88	314.28
5	2115					4092.53	227.25
6	1305					2525.18	140.22
7	495					957.83	53.19

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Tabla 63. Estimación de materiales en el cuerpo de la presa con filtro (lado izquierdo).

CAPA	VOLUMEN (cm3)	DENSIDAD SECA (gr/cm3)	OPT. CONT. HUMEDAD	CONT. HUM. NATURAL	% DE AGUA A ADICIONAR	PESO MAT. OPT. CONT. HUM. (gr)	QUITAR MAT. Y AÑADIR AGUA (ml)
1	3802.5	1.935	6.57%	1.02%	5.55%	7357.84	408.56
2	3127.5					6051.71	336.03
3	2452.5					4745.59	263.51
4	1777.5					3439.46	190.98
5	1102.5					2133.34	118.46
6	427.5					827.21	45.93

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Tabla 64. Control de compactación en el cuerpo de la presa con filtro (lado derecho).

CAPA	ALTURA DE CAPA COMPACTADA (CM)	ALTURA DE PUNTOS DE CONTROL (CM)			ALTURA PROM. EN CADA CAPA (CM)	% DE COMPACT. POR CAPA
		A	B	C		
1	3.00	3.01	3.02	3.01	3.01	99.56
2		3.02	3.02	3.02	3.02	99.34
3		3.02	3.01	3.02	3.02	99.45
4		3.01	3.02	3.01	3.01	99.56
5		3.00	3.01	3.00	3.00	99.89
6		3.02	3.01	3.02	3.02	99.45
7		3.01	3.01	3.01	3.01	99.67

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Tabla 65. Control de compactación en el cuerpo de la presa con filtro (lado izquierdo).

CAPA	ALTURA DE CAPA COMPACTADA (CM)	ALTURA DE PUNTOS DE CONTROL (CM)			ALTURA PROM. EN CADA CAPA (CM)	% DE COMPACT. POR CAPA
		A	B	C		
1	3.00	3.01	3.02	3.01	3.01	99.56
2		3.02	3.02	3.02	3.02	99.34
3		3.02	3.01	3.02	3.02	99.45
4		3.01	3.02	3.01	3.01	99.56
5		3.00	3.01	3.00	3.00	99.89
6		3.02	3.01	3.02	3.02	99.45

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Finalmente se obtuvo un grado de compactación promedio de 99.55 %, correspondiente al cuerpo de la presa.

A continuación se presenta los resultados obtenidos con respecto al caudal de infiltración de la presa con filtro, así mismo las lecturas de los piezómetros.

Tabla 66. Caudal de salida en rebose N° 01.

MEDICIÓN	VOLUMEN (ml)	TIEMPO (seg)	CAUDAL (cm3/seg)
1	350.0	6.14	57.00
2	330.0	5.75	57.39
3	315.0	5.51	57.17
4	280.0	4.93	56.80
5	280.0	4.7	59.57

CAUDAL PROMEDIO REBOSE N° 01 (cm3/seg)	57.59
--	-------

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Tabla 67. Caudal de salida en rebose N° 02.

MEDICIÓN	VOLUMEN (ml)	TIEMPO (seg)	CAUDAL (cm3/seg)
1	88.0	10.62	8.29
2	84.0	10.45	8.04
3	86.0	10.56	8.14
4	86.0	10.53	8.17
5	84.0	9.89	8.49

CAUDAL PROMEDIO REBOSE N° 02 (cm3/seg)	8.23
--	------

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Tabla 68. Lectura piezométrica.

LECTURA	C-1	C-2	C-3	C-4
F-1	295.5	220	0	0
F-2	330.5	280.5	185	150.5
F-3	365.5	335.5	220	180

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Compactación cercana al 98% del cuerpo de la presa con filtro.

Tabla 69. Humedad obtenida previa compactación.

HUMEDAD NATURAL		
N° de tarro	M -1	M - 2
Tarro + suelo húmedo	1518.5	1509.6
Tarro + suelo seco	1503.5	1494.4
Agua	15	15.2
Peso del tarro	113.4	113.4
Peso del suelo seco	1390.1	1381
Contenido de humedad	1.08%	1.10%
Contenido de humedad promedio	1.09%	

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Tabla 70. Estimación de materiales en el cuerpo de la presa con filtro (lado derecho).

CAPA	VOLUMEN (cm3)	DENSIDAD SECA (gr/cm3)	OPT. CONT. HUMEDAD	CONT. HUM. NATURAL	% DE AGUA A ADICIONAR	PESO MAT. OPT. CONT. HUM. (gr)	QUITAR MAT. Y AÑADIR AGUA (ml)
1	5355	1.935	6.57%	1.09%	5.48%	10361.93	567.85
2	4545					8794.58	481.96
3	3735					7227.23	396.06
4	2925					5659.88	310.17
5	2115					4092.53	224.28
6	1305					2525.18	138.38
7	495					957.83	52.49

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Tabla 71. Estimación de materiales en el cuerpo de la presa con filtro (lado izquierdo).

CAPA	VOLUMEN (cm3)	DENSIDAD SECA (gr/cm3)	OPT. CONT. HUMEDAD	CONT. HUM. NATURAL	% DE AGUA A ADICIONAR	PESO MAT. OPT. CONT. HUM. (gr)	QUITAR MAT. Y AÑADIR AGUA (ml)
1	3802.5	1.935	6.57%	1.09%	5.48%	7357.84	403.22
2	3127.5					6051.71	331.64
3	2452.5					4745.59	260.07
4	1777.5					3439.46	188.49
5	1102.5					2133.34	116.91
6	427.5					827.21	45.33

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Tabla 72. Control de compactación en el cuerpo de la presa con filtro (lado derecho).

CAPA	ALTURA DE CAPA COMPACTADA (CM)	ALTURA DE PUNTOS DE CONTROL (CM)			ALTURA PROM. EN CADA CAPA (CM)	% DE COMPACT. POR CAPA
		A	B	C		
1	3.00	3.01	3.00	3.01	3.01	97.78
2		3.02	3.02	3.02	3.02	97.35
3		3.02	3.03	3.03	3.03	97.14
4		3.01	3.02	3.01	3.01	97.57
5		3.02	3.03	3.02	3.02	97.24
6		3.01	3.01	3.01	3.01	97.67
7		3.01	3.01	3.02	3.01	97.57

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Tabla 73. Control de compactación en el cuerpo de la presa con filtro (lado izquierdo).

CAPA	ALTURA DE CAPA COMPACTADA (CM)	ALTURA DE PUNTOS DE CONTROL (CM)			ALTURA PROM. EN CADA CAPA (CM)	% DE COMPACT. POR CAPA
		A	B	C		
1	3.00	3.01	3.02	3.01	3.01	97.57
2		3.02	3.02	3.02	3.02	97.35
3		3.02	3.01	3.02	3.02	97.46
4		3.01	3.02	3.01	3.01	97.57
5		3.00	3.01	3.00	3.00	97.89
6		3.02	3.01	3.02	3.02	97.46

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Finalmente se obtuvo un grado de compactación promedio de 97.51 %, correspondiente al cuerpo de la presa.

A continuación se presenta los resultados obtenidos con respecto al caudal de infiltración de la presa con filtro, así mismo las lecturas de los piezómetros.

Tabla 74. Caudal de salida en rebose N° 01.

MEDICIÓN	VOLUMEN (ml)	TIEMPO (seg)	CAUDAL (cm ³ /seg)
1	325.0	5.70	57.02
2	305.0	5.60	54.46
3	290.0	5.50	52.73
4	250.0	4.90	51.02
5	250.0	4.50	55.56

CAUDAL PROMEDIO REBOSE N° 01 (cm ³ /seg)	54.16
---	-------

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Tabla 75. Caudal de salida en rebose N° 02.

MEDICIÓN	VOLUMEN (ml)	TIEMPO (seg)	CAUDAL (cm3/seg)
1	95.0	10.5	9.05
2	89.0	10.48	8.49
3	94.0	10.35	9.08
4	91.0	10.21	8.91
5	62.0	10.08	6.15

CAUDAL PROMEDIO REBOSE N° 02 (cm3/seg)	8.34
--	------

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Tabla 76. Lectura piezométrica.

LECTURA	C-1	C-2	C-3	C-4
F-1	297.5	242.5	0	0
F-2	332.5	282.5	187.5	182
F-3	367.5	332.5	223.5	191.5

Fuente: Elaborado por los investigadores.



Ilustración 106: Toma de datos de los piezómetros.

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Compactación cercana al 96% del cuerpo de la presa con filtro.

Tabla 77. Humedad obtenida previa compactación.

HUMEDAD NATURAL		
N° de tarro	M -1	M - 2
Tarro + suelo húmedo	1518.5	1509.6
Tarro + suelo seco	1503.5	1494.4
Agua	15	15.2
Peso del tarro	113.4	113.4
Peso del suelo seco	1390.1	1381
Contenido de humedad	1.08%	1.10%
Contenido de humedad promedio	1.09%	

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Tabla 78. Estimación de materiales en el cuerpo de la presa con filtro (lado derecho).

CAPA	VOLUMEN (cm3)	DENSIDAD SECA (gr/cm3)	OPT. CONT. HUMEDAD	CONT. HUM. NATURAL	% DE AGUA A ADICIONAR	PESO MAT. OPT. CONT. HUM. (gr)	QUITAR MAT. Y AÑADIR AGUA (ml)
1	5355	1.935	6.57%	1.09%	5.48%	10361.93	567.85
2	4545					8794.58	481.96
3	3735					7227.23	396.06
4	2925					5659.88	310.17
5	2115					4092.53	224.28
6	1305					2525.18	138.38
7	495					957.83	52.49

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Tabla 79. Estimación de materiales en el cuerpo de la presa con filtro (lado izquierdo).

CAPA	VOLUMEN (cm3)	DENSIDAD SECA (gr/cm3)	OPT. CONT. HUMEDAD	CONT. HUM. NATURAL	% DE AGUA A ADICIONAR	PESO MAT. OPT. CONT. HUM. (gr)	QUITAR MAT. Y AÑADIR AGUA (ml)
1	3802.5	1.935	6.57%	1.09%	5.48%	7357.84	403.22
2	3127.5					6051.71	331.64
3	2452.5					4745.59	260.07
4	1777.5					3439.46	188.49
5	1102.5					2133.34	116.91
6	427.5					827.21	45.33

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Tabla 80. Control de compactación en el cuerpo de la presa con filtro (lado derecho).

CAPA	ALTURA DE CAPA COMPACTADA (CM)	ALTURA DE PUNTOS DE CONTROL (CM)			ALTURA PROM. EN CADA CAPA (CM)	% DE COMPACT. POR CAPA
		A	B	C		
1	3.00	3.01	3.00	3.01	3.01	95.79
2		3.02	3.02	3.02	3.02	95.36
3		3.02	3.03	3.03	3.03	95.15
4		3.01	3.02	3.01	3.01	95.58
5		3.02	3.03	3.02	3.02	95.26
6		3.01	3.01	3.01	3.01	95.68
7		3.01	3.01	3.02	3.01	95.58

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Tabla 81. Control de compactación en el cuerpo de la presa con filtro (lado izquierdo).

CAPA	ALTURA DE CAPA COMPACTADA (CM)	ALTURA DE PUNTOS DE CONTROL (CM)			ALTURA PROM. EN CADA CAPA (CM)	% DE COMPACT. POR CAPA
		A	B	C		
1	3.00	3.01	3.02	3.01	3.01	95.58
2		3.02	3.02	3.02	3.02	95.36
3		3.02	3.01	3.02	3.02	95.47
4		3.01	3.02	3.01	3.01	95.58
5		3.00	3.01	3.00	3.00	95.89
6		3.02	3.01	3.02	3.02	95.47

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Finalmente se obtuvo un grado de compactación promedio de 95.52 %, correspondiente al cuerpo de la presa.

A continuación se presenta los resultados obtenidos con respecto al caudal de infiltración de la presa con filtro, así mismo las lecturas de los piezómetros.

Tabla 82. Caudal de salida en rebose N° 01.

MEDICIÓN	VOLUMEN (ml)	TIEMPO (seg)	CAUDAL (cm3/seg)
1	308.0	5.87	52.47
2	301.0	5.41	55.64
3	290.0	5.2	55.77
4	286.0	5.1	56.08
5	250.0	5.04	49.60

CAUDAL PROMEDIO REBOSE N° 01 (cm3/seg)	53.91
--	-------

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Tabla 83. Caudal de salida en rebose N° 02.

MEDICIÓN	VOLUMEN (ml)	TIEMPO (seg)	CAUDAL (cm3/seg)
1	110.0	10.35	10.63
2	98.0	10.47	9.36
3	96.5	10.25	9.41
4	94.0	10.64	8.83
5	92.0	10.04	9.16

CAUDAL PROMEDIO REBOSE N° 02 (cm3/seg)	9.48
--	------

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Tabla 84. Lectura piezométrica.

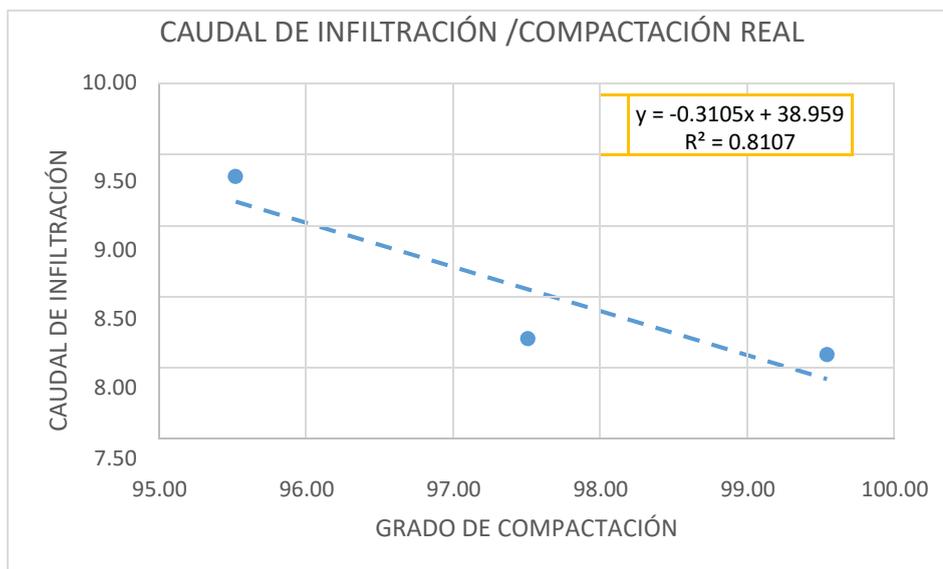
LECTURA	C-1	C-2	C-3	C-4
F-1	298.5	250.5	0	0
F-2	335	294	195	175.5
F-3	368	345	240	193

Fuente: Elaborado por los investigadores.

Con los datos obtenidos anteriormente podemos encontrar las siguientes relaciones:

Interpretación de los resultados obtenidos: Caudal de infiltración vs. Grado de compactación.

Grafica 5: Caudal de infiltración vs. Grado de compactación.



Fuente: Elaborado por los investigadores.

La grafica 5 se obtuvo de la siguiente tabla, que es un resumen de los resultados de compactación real vs el caudal de infiltración obtenidos del modelo físico.

Tabla 85. Resumen grado de compactación real y caudal de infiltración.

GRADO DE COMPACTACIÓN	CAUDAL DE INFILTRACIÓN
99.55	8.23
97.51	8.34
95.52	9.48

Fuente: Elaborado por los investigadores

En la gráfica podemos apreciar que el grado de compactación es inversamente proporcional al caudal de infiltración. Asimismo, estos dos parámetros describen una ecuación de tipo lineal (línea de tendencia), la cual abarca en más de un 81% los datos experimentales obtenidos (se verifica con el valor de R2, mientras más cercano a la unidad, mayor es el nivel de aceptación de los datos a la línea de tendencia).

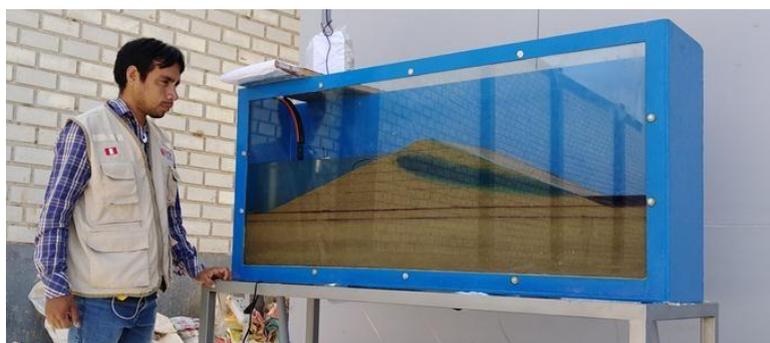


Ilustración 107: Línea de infiltración modelo físico, presa sin filtro.

Fuente: Elaborado por los investigadores.



Ilustración 108: Línea de infiltración modelo físico, presa con filtro.

Fuente: Elaborado por los investigadores.

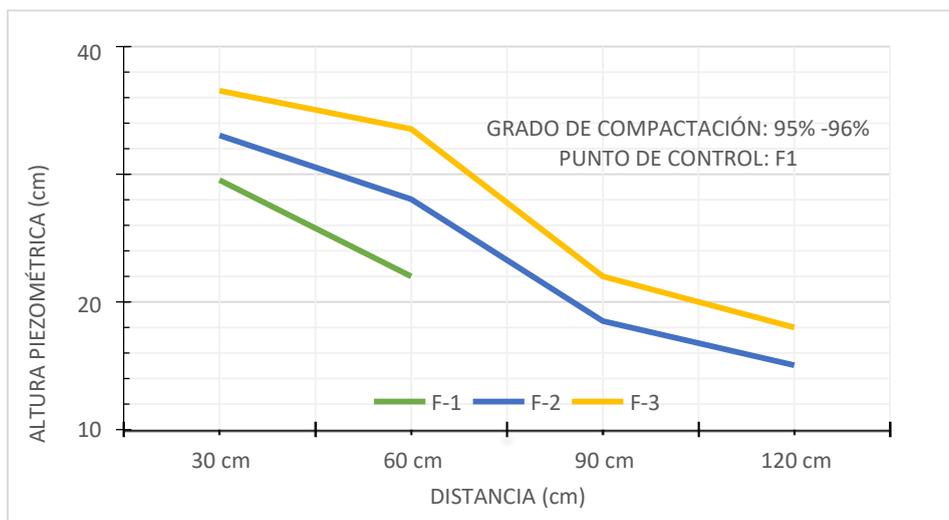
Interpretación de los resultados obtenidos: Lectura piezométrica vs grado de compactación.

Tabla 86. Lectura piezométrica vs grado de compactación.

Drenaje	% De Compactación	LECTURA PIEZOMÉTRICA											
		F-1				F-2				F-3			
		C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
		30 cm	60 cm	90 cm	120 cm	30 cm	60 cm	90 cm	120 cm	30 cm	60 cm	90 cm	120 cm
Con Filtro	99.55%	29.55	22.00	0.00	0.00	33.05	28.05	18.50	15.05	36.55	33.55	22.00	18.00
	97.51%	29.75	24.25	0.00	0.00	33.25	28.25	18.75	18.20	36.75	33.25	22.35	19.15
	95.52%	29.85	25.05	0.00	0.00	33.50	29.40	19.50	17.55	36.80	34.50	24.00	19.30

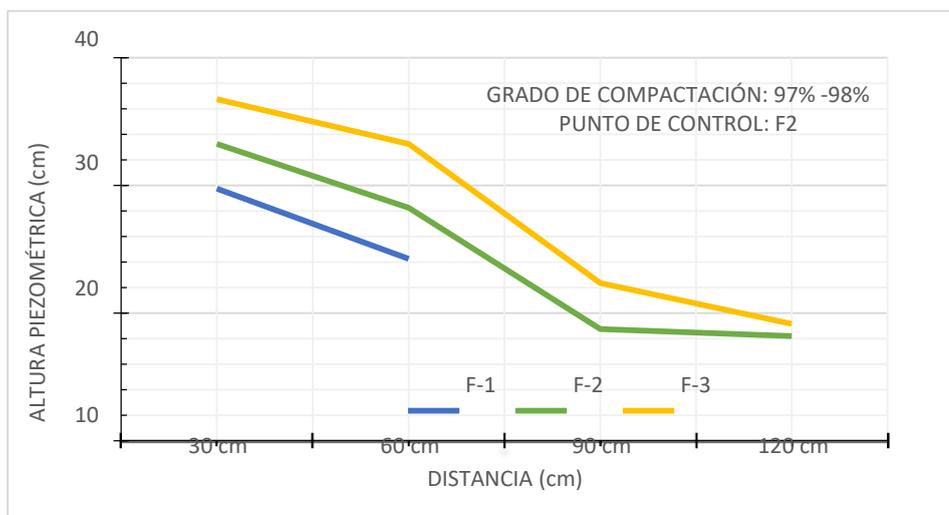
Fuente: Elaborado por los investigadores.

Grafica 6: Lectura piezométrica vs grado de compactación / G.C: 95% - 96% / F1.



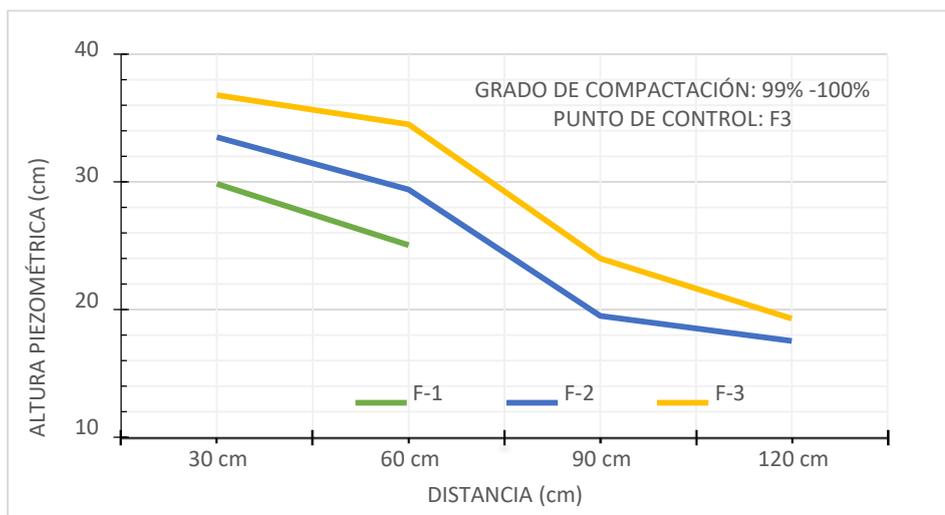
Fuente: Elaborado por los investigadores.

Grafica 7: Lectura piezométrica vs grado de compactación / G.C: 97% - 98% / F2.



Fuente: Elaborado por los investigadores.

Grafica 8: Lectura piezométrica vs grado de compactación / G.C: 99% - 100% / F3.



Fuente: Elaborado por los investigadores.

Para cada intervalo del grado de compactación y analizando por filas los puntos de control (F-1, F-2 y F-3), se evidencia que las lecturas piezométricas son inversamente proporcionales con el grado de compactación.

Es decir mientras más compactado el material que conforma el cuerpo de la presa menor es la lectura piezométrica, esto debido a que el flujo de agua es más bajo con respecto a un material menos compactado.

Cabe resaltar que la fila F-1, cuenta con solo 3 puntos de medición, ya que la columna C4 no registra medida alguna.



Ilustración 109: Medida vertical de la línea de infiltración de la presa con filtro.



Ilustración 110: Medida horizontal de la línea de infiltración de la presa con filtro.

Fuente: Elaborado por los investigadores.

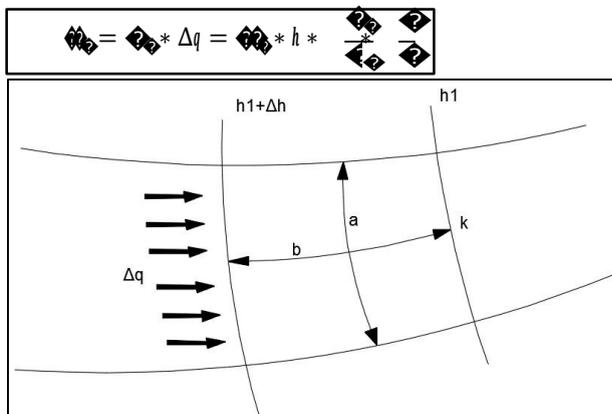
8.4.4.3. Línea de infiltración y caudal de infiltración, con la ayuda de principios teóricos

Presa sin filtro

DESCRIPCIÓN	SIMBOLOGÍA	VALOR	UND
CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO			
Ancho	Ae	: 30.00	m
Longitud	Le	: 150.00	m
CARACTERÍSTICAS DE LA CIMENTACIÓN			
Profundidad Total de Cimentación	Hc	: 24.00	m
Prof. Estrato Superior - Cimentación	Hcs	: 3.00	m
Prof. Estrato Inferior - Cimentación	Hci	: 21.00	m
CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA PRESA			
Talud Aguas Arriba	m1	: 1/3.00	
Talud Aguas Abajo	m2	: 1/2.50	
Ángulo Aguas Arriba	Θ	: 18.43	deg
Ángulo Aguas Abajo	α	: 21.80	deg
Ancho de Corona	Bc	: 5.00	m
Altura de la Presa	Hp	: 21.00	m
Borde Libre(H-hs)	Bl	: 4.00	m
Ancho de la Presa	Bp	: 120.5	m
Tirante Aguas Arriba (NAN)	Hs	: 17.00	m
Tirante Aguas Abajo (NAA)	Hi	: 1.70	m
CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL			
Coefficiente de Permeabilidad (Arena Lavada)	kc	: 2.44E-06	m/s
Coefficiente de Permeabilidad (Arena Sin Lavar)	kb	: 6.95E-07	m/s

Caudal unitario en el cuerpo de la presa

A. Método del Gradiente Hidráulico



$$Q = k \cdot h \cdot \left(\frac{\Delta h}{L} \right)$$

$$\Delta q = k \cdot \Delta h \cdot \Delta x$$

$$Q = \Delta q \cdot L$$

$$Q = \frac{k \cdot h \cdot \Delta h \cdot L}{L}$$

$$Q = k \cdot h \cdot \Delta h$$

$$\Delta q = \frac{q}{\Delta q}$$

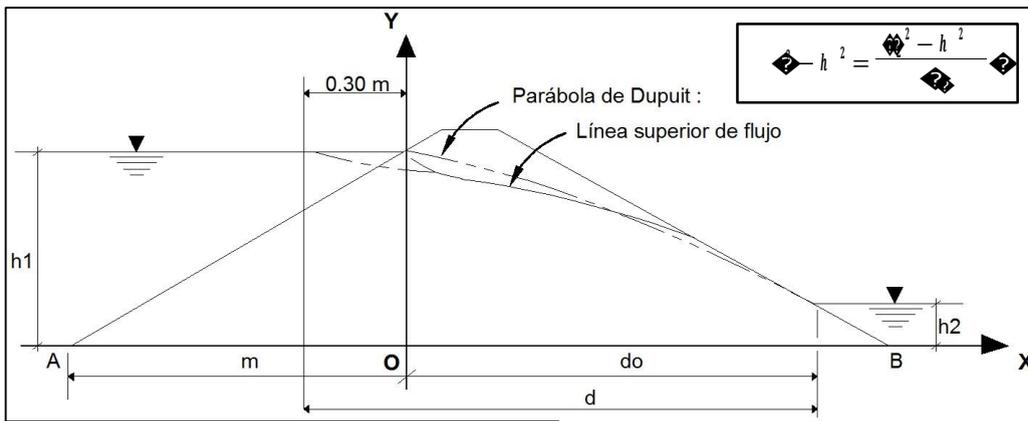
Kc	=	2.44E-06	m/s
nf	=	4	(Canales de flujo)
ne	=	31.00	(Caídas de potencia)
Hs	=	17.00	m
Hi	=	1.70	m
h	=	15.30	m
Δh	=	0.49	
a/b	=	1.00	Todos los elementos de la red serán considerados cuadrados ($a=b$)
Δq	=	1.21E-06	cm^3/seg (Q tubo de cuerpo de presa)
qc	=	4.8202E-06	cm^3/seg (Q cuerpo de presa)

Verificación del gasto que pasa a través del cuerpo de la presa.

$$qc = Kc * h * \frac{Qc}{a}$$

qc	=	4.8202E-06	cm^3/seg	(Q cuerpo de presa)
------	---	------------	------------	---------------------

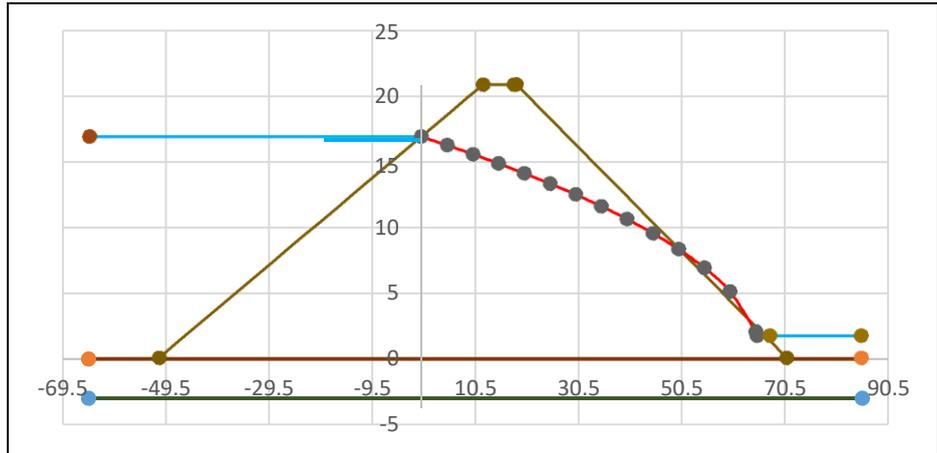
B. Método de Dupuit



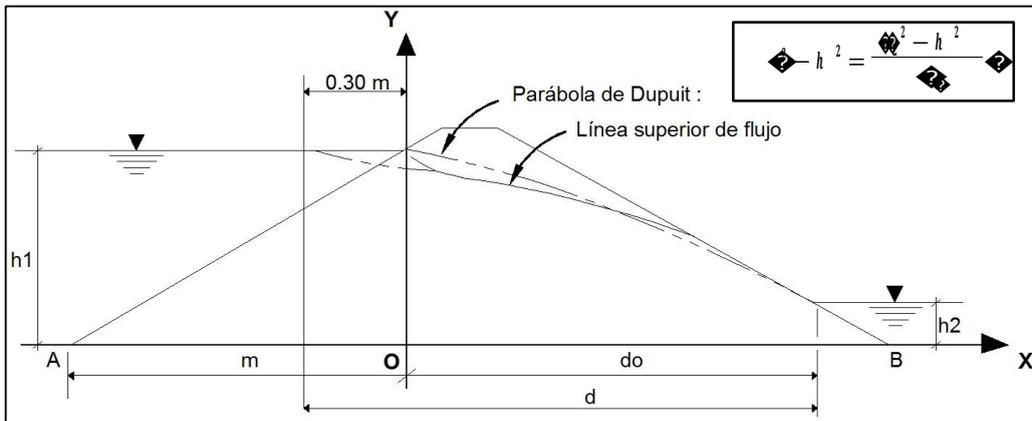
m	=	51	m
d	=	80.55	m
do	=	65.25	m
kc	=	2.44E-06	m/s
$hs = h1$	=	17.00	m
$hi = h2$	=	1.70	m
do	=	65.25	m
qc	=	5.3530E-06	cm^3/seg (Q cuerpo de presa)

$$Qc = Kc * \left(\frac{h^2 - h_2^2}{2} \right)$$

X	Y f(do)
0	17.00
5	16.34
10	15.66
15	14.94
20	14.19
25	13.39
30	12.55
35	11.64
40	10.66
45	9.58
50	8.35
55	6.92
60	5.09
65	2.00
65.25	1.70



C. Método de A. Casagrande

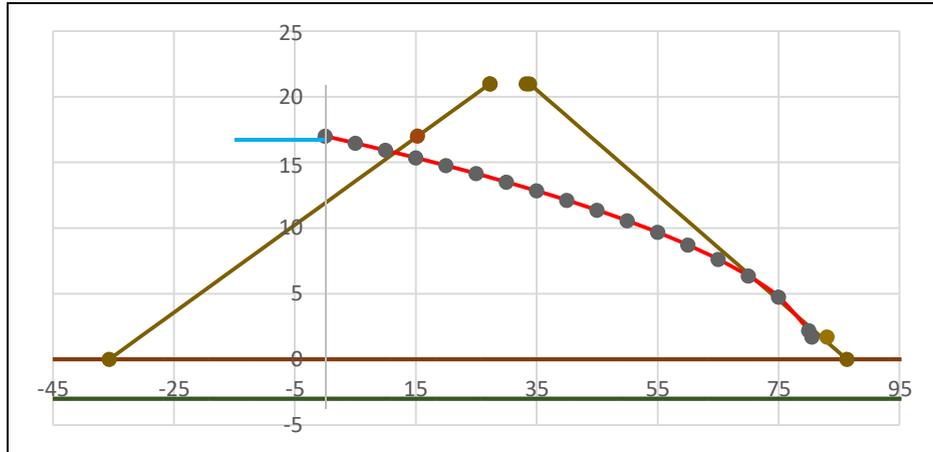


m	=	51	m
(0.3)m	=	15.3	m
kc	=	2.44E-06	m/s
hs = h1	=	17.00	m
hi = h2	=	1.70	m
d	=	80.55	m

$$h^2 = \frac{h^2 - h_2^2}{2 * kc}$$

$$q_c = 4.3362E-06 \text{ cm}^3/\text{seg} \quad (\text{Q cuerpo de presa})$$

X	Y f(d)
0	17.00
5	16.47
10	15.92
15	15.35
20	14.76
25	14.15
30	13.51
35	12.83
40	12.12
45	11.36
50	10.55
55	9.68
60	8.71
65	7.62
70	6.35
75	4.75
80	2.20
80.55	1.70



CAUDAL UNITARIO EN LA BASE DE LA PRESA

$$Q_c = h \cdot i \cdot A$$

$$Q_b = K \cdot h \cdot B$$

	Estrato sup.	Estrato inf.
Prof. Cimentación (m)	3.00	21.00
h (m)	15.30	15.30
Base de presa (m)	120.5	120.5
K permeabilidad (m/s)	2.44E-06	6.95E-07
i m/m)	0.1270	0.1270
Área = Prof. Cim.*1m	3.00	21.00
qb	9.3004E-07	1.8526E-06
qb total	2.7826E-06	

Uso del valor de la conductividad hidráulica horizontal equivalente (kh)

K equivalente (m/s)	9.1315E-07
i (m/m)	0.1270
área = Prof. Cim.*1m	24.00
qb total	2.7826E-06

$$h = \frac{\sum (k \cdot d)}{B}$$

$$q = Q_c + Q_b$$

CAUDAL TOTAL DE INFILTRACIÓN

Cuerpo de la presa	Qc Unitario (Cuerpo) m³/s/m	Qb Unitario (Base) m³/s/m	Q Total Unitario m³/s/m
Gradiente Hidráulico	4.8202E-06		7.6028E-06
Dupuit	5.3530E-06	2.7826E-06	8.1356E-06
A. Casagrande	4.3362E-06		7.1189E-06

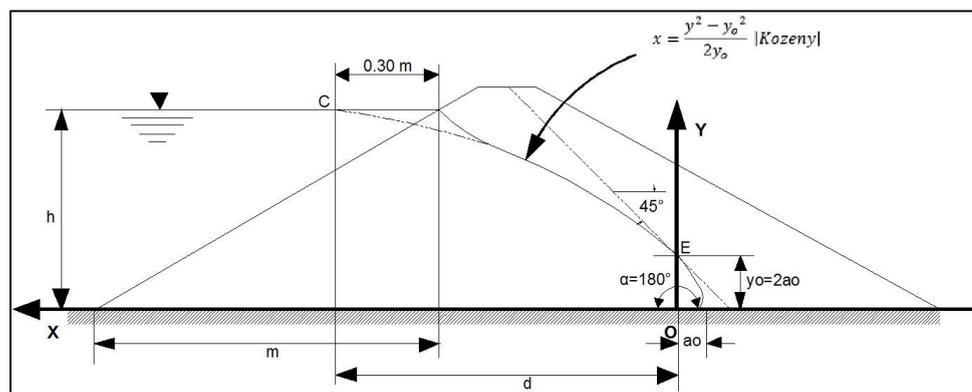
Presa sin filtro

DESCRIPCIÓN	SIMBOLOGÍA	VALOR	UND
CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO			
Ancho	Ae	: 30.00	m
Longitud	Le	: 150.00	m
CARACTERÍSTICAS DE LA CIMENTACIÓN			
Profundidad Total de Cimentación	Hc	: 24.00	m
Prof. Estrato Superior - Cimentación	Hcs	: 3.00	m
Prof. Estrato Inferior - Cimentación	Hci	: 21.00	m
CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA PRESA			
Talud Aguas Arriba	m1	: 1/3.00	
Talud Aguas Abajo	m2	: 1/2.50	
Ángulo Aguas Arriba	Θ	: 18.43	deg
Ángulo Aguas Abajo	α	: 21.80	deg
Ancho de Corona	Bc	: 5.00	m
Altura de la Presa	Hp	: 21.00	m
Borde Libre(H-hs)	Bl	: 4.00	m
Ancho de la Presa	Bp	: 120.5	m
Tirante Aguas Arriba (NAN)	Hs	: 17.00	m
Tirante Aguas Abajo (NAA)	Hi	: 1.70	m
CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL			
Coefficiente de Permeabilidad (Arena Lavada)	kc	: 2.44E-06	m/s
Coefficiente de Permeabilidad (Arena Sin Lavar)	kb	: 6.95E-07	m/s
Coefficiente de Permeabilidad (Confitillo)	kf	: 3.61E-04	m/s

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA LÍNEA DE SATURACIÓN

A. Fórmula de Kozeny para $\alpha=180^\circ$.

Las líneas de flujo y las equipotenciales son parábolas con foco común en el punto O.



Altura de carga aguas arriba de la presa:

$$h = 17.00 \text{ m}$$

Parámetro m y 0.3m:

$$m = 51.00 \text{ m}$$

$$0.3m = 15.30 \text{ m}$$

Longitud de drenaje

$$Ld = 55.75 \text{ m}$$

Parámetro d:

$$d = ((H \times m) - 0.7m) + ((H \times m) - Ld - 7.5)$$

$$d = 21.55 \text{ m}$$

Parámetro yo:

$$y_o = \sqrt{d^2 + h^2} - d$$

$$y_o = 5.90 \text{ m}$$

Parámetro ao:

$$a_o = \frac{y_o}{2}$$

$$a_o = 2.95 \text{ m}$$

CAUDAL UNITARIO EN EL CUERPO DE LA PRESA

En este caso se utiliza la fórmula propuesta por Kozeny:

$$q_c = k_c \frac{y_o}{Ld}$$

$$k_c = 2.44E-06 \text{ m/s}$$

$$y_o = 5.90 \text{ m}$$

$$q_c = 1.4403E-05 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$$

CAUDAL UNITARIO EN LA BASE DE LA PRESA

$$q_b = h \cdot i \cdot K$$

$$q_b = K \cdot h \cdot i$$

	Estrato sup.	Estrato inf.
Prof. Cimentación (m)	3.00	21.00
h (m)	15.30	15.30
Base de presa (m)	120.5	120.5
K permeabilidad (m/s)	2.44E-06	6.95E-07
i (m/m)	0.1270	0.1270
area = prof.cim.*1m	3	21
qb	9.3019E-07	1.8526E-06
qb total	2.7828E-06	

Uso del valor de la conductividad hidráulica horizontal equivalente (kh)

K equivalente (m/s)	9.1320E-07
i (m/m)	0.1270
Área = Prof. Cim.*1 n	24.00
qb total	2.7828E-06

$$h = \frac{\sum K \cdot h}{B}$$

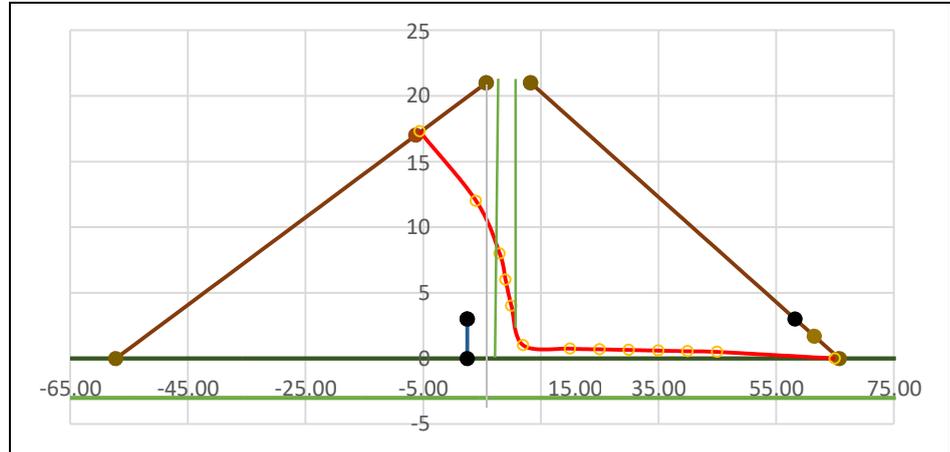
CAUDAL TOTAL DE INFILTRACIÓN

Análisis	Caudal Unitario m ³ /s/m	Q total m ³ /s/m
Cuerpo de la presa	1.4403E-05	1.7186E-05
Cimentación de la presa	2.7828E-06	

$$q = q_1 + q_2$$

LÍNEA DE SATURACIÓN

X	Y f(d)
65.00	0.00
45.00	0.50
40.00	0.55
35.00	0.60
30.00	0.65
25.00	0.70
20.00	0.75
12.00	1.00
10.00	4.00
9.00	6.00
8.00	8.00
4.00	12.00
-5.60	17.30



Resumen de caudal de infiltración.

Tabla 87. Caudal de infiltración - resumen de cálculos teóricos, reales y software.

Observación	Métodos de Análisis Teorías	Caudal Unitario m ³ /s/m	Caudal Unitario cm ³ /s/m	Factor de Conversión Escala 1:100	Caudal Unitario cm ³ /s/m	Longitud de Corona cm	Q Infiltración Total cm ³ /s
PRESA SIN FILTRO	Gradiente hidráulico	7.6028E-06	7.60	1.00E-02	0.08	30.00	2.28
	Dupuit	8.1356E-06	8.14	1.00E-02	0.08	30.00	2.44
	A. Casagrande	7.1189E-06	7.12	1.00E-02	0.07	30.00	2.14
PRESA CON FILTRO	Kozeny (α=180°)	1.7186E-05	17.19	1.00E-02	0.17	30.00	5.16
SEEP/W	Presa sin filtro	8.9789E-06	8.98	1.00E-02	0.09	30.00	2.69
	Presa con filtro	2.7122E-05	27.12	1.00E-02	0.27	30.00	8.14
EQUIPO DE DRENAJE	Presa sin filtro						2.28
	Presa con filtro						8.68

Fuente: Elaborado por los investigadores.

8.4.4.4. Estabilidad de taludes, uso de programa GeoStudio (Slope/W)

Presentación del programa

El SLOPE/W, también conocido como GEO-SLOPE, simplemente, es uno de los programas de cálculo de estabilidad de taludes más extendidos, en gran parte gracias a su versión de evaluación gratuita para estudiantes, versión que, pese a no permitir el acceso a todas las opciones, si permite aprender a usarlo y disponer de toda la información, manuales y ejemplos incluidos (eso si, en inglés). El programa se puede encontrar en su versión 2016, nos permite el cálculo de estabilidad de taludes, para ello emplea una gran variedad de métodos: Bishop simplificado, Janbu simplificado, Spencer, Morgentern-Price, Cuerpo de Ingenieros Americanos, Lowe-Karafiath, Sarma, Método de equilibrio límite generalizado, Método de los elementos finitos.

Para proceder a ejecutar el programa tenemos que acceder a la plataforma de GeoStudio 2016 donde nos presentará una serie de programas, destinados a resolver problemas de carácter geológico; en este caso seleccionamos el ícono SLOPE/W, el cual abrirá la ventana principal del programa.

Iniciando el programa

En la parte derecha vemos varios iconos cada uno correspondiente a un programa distinto del paquete GeoStudio a documentación, ejemplos en línea y vídeos tutoriales que componen el paquete, para iniciar el programa presionaremos en icono de “Nuevo” y cual nos abrirá una ventana donde se seleccionará “Metric A4” como se muestra a continuación.

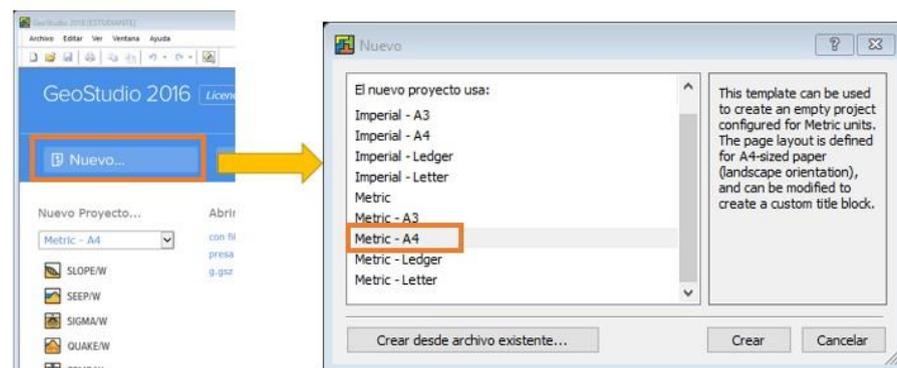


Ilustración 111: Ventana “Nuevo”.

Fuente: Programa Slope / W. v 2016.

Para ingresar al análisis de estabilidad de taludes se hará clic en “Añadir”, luego “Análisis SLOPE/W” y por ultimo “Equilibrio Limite”.

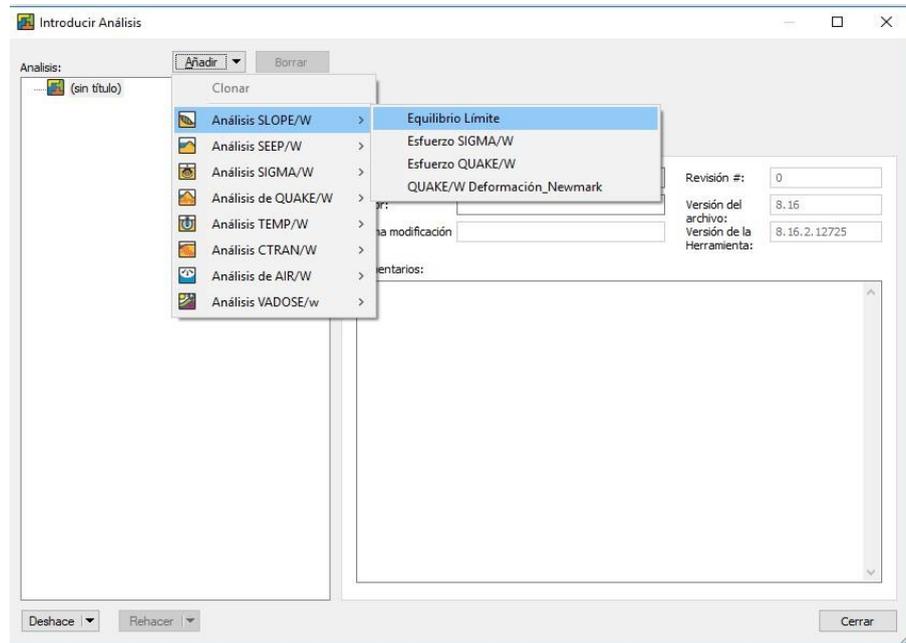


Ilustración 112: Ventana para poder ingresar al programa Slope/W.

Fuente: Programa Slope / W. v 2016.

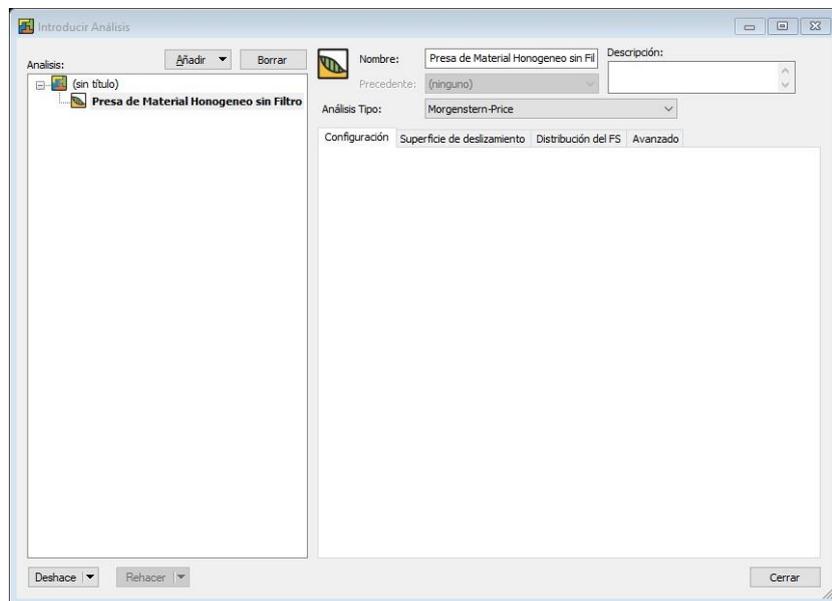


Ilustración 113: Ventana principal del programa Slope/W.

Fuente: Programa Slope / W. v 2016.

Es importantes definir las unidades y la escala del dibujo, en la barra de menú seleccione la opción Formato / Unidades y Escala, esto nos permite ingresar a la ventana “Formato/ Unidades y Escala”

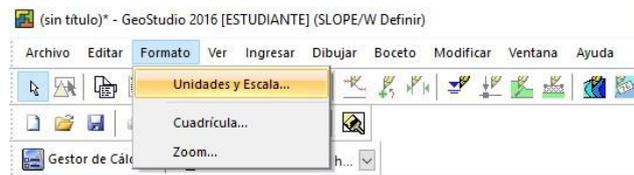


Ilustración 114: Ventana “Unidades y Escala”.

Fuente: Programa Slope / W. v 2016.

En unidades de ingeniería de la figura -- se selecciona las unidades en las que se desea trabajar, en este caso se emplea el sistema métrico; el valor del peso específico del agua es de 9.807 kN/m³ y la escala de referencia es 1:1000, estando está definida en función de las dimensiones de la presa y del diseño de página.

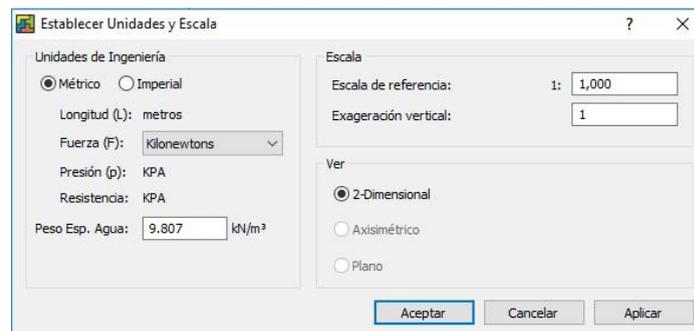


Ilustración 115: Ventana “Unidades y Escala”.

Fuente: Programa Slope / W. v 2016.

A continuación abriendo la opción “Formato / Cuadrícula”, lo llevara a la ventana “Cuadrícula”, donde podrá ingresar el espaciado de cuadrículas de la malla.



Ilustración 116: Ventana “Cuadrícula”.

Fuente: Programa Slope / W. v 2016.

Para ingresar los ejes del boceto nos dirigimos a la barra de herramienta y a la ventana “Boceto / Ejes”.

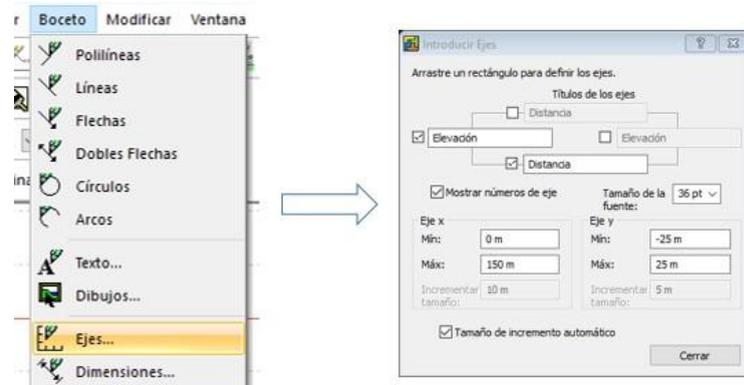


Ilustración 117: Ventana “Boceto / Ejes”.

Fuente: Programa Slope / W. v 2016.

Según las dimensiones de la sección de la presa se ingresara la descripción y valores de los ejes de coordenados en la ventana “Introducir Ejes”.

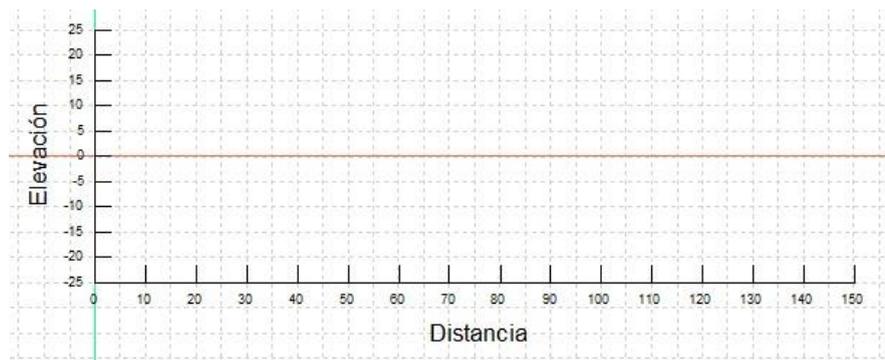


Ilustración 118: Ejes ingresados en el área de trabajo.

Fuente: Programa Slope / W. v 2016.

Diseño a analizar para la estabilidad de talud.

En la barra de Menú seleccionamos la opción “Ingresar / Análisis”, lo cual permite ingresar a la ventana “Introducir Análisis”.

Se escogerá el método de Morgenstern-Price, el cual pertenece al bloque Bishop (uno de los métodos más usados y más flexible en su cálculo), Se mantiene activa la casilla de “condiciones PWP”, siendo esta la condición por incidencia de agua, debido a que nuestro diseño tiene influencia de napa freática, por lo cual en la barra desplegable seleccionamos “Línea piezométrica”, y para activar este análisis damos clic en “Aplicar corrección freática”.



Ilustración 119: Ventanas: Ingresar / Análisis

Fuente: Programa Slope / W. v 2016.

El análisis se realizará talud aguas abajo de la presa; debido a ello la dirección de movimiento es de izquierda a derecha.

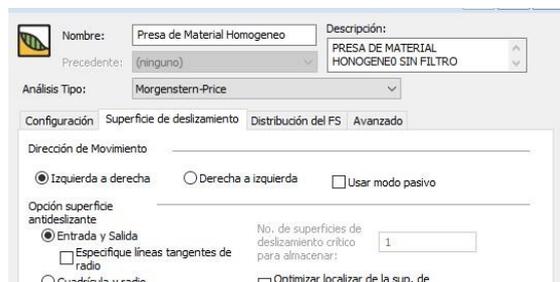


Ilustración 120: Colocando los Datos Correspondiente

Fuente: Programa Slope / W. v 2016.

Coordenadas para diseño.

El diseño a analizar será el mismo que se explicó en el apartado **NUMERO--** el cual consiste en la sección de presa de tierra homogénea.

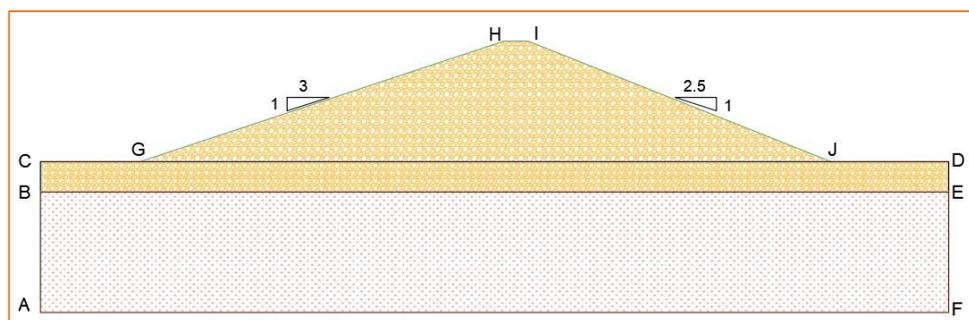


Ilustración 121: Presa de Material Homogéneo sin Filtro.

Fuente: Elaborado por los Investigadores.

Coordenadas obtenidas del dimensionamiento de la presa de material homogéneo mediante el AutoCAD.

Tabla 88. *Coordenadas según sección de presa.*

Coordenada para la Presa de Material Homogéneo		
	X	Y
A	0	-21
B	0	-3
C	0	0
G	15.14	0
H	78.14	21
I	83.14	21
J	135.64	0
D	150	0
E	150	-3
F	150	-21

Fuente: Elaborado por los Investigadores.

Propiedades de los materiales.

Las propiedades mecánicas de los materiales que contemplan cada región en el diseño, dichos resultados fueron obtenidas de la ejecución de ensayos en el laboratorio mecánico de suelo.

Tabla 89. *Propiedades Mecánicas.*

Propiedades Mecánicas	Cimentación	Cimentación Superficial	Cuerpo de la Presa
Peso Específico (kn/m ³)	25.40	25.30	25.30
Cohesión (kn/m ²)	1.961	0.981	0.981
Angulo de fricción (°)	23.90	29.90	29.90

Fuente: Elaborado por los Investigadores.

Conociendo las propiedades mecánicas de los materiales; nos dirigimos a la barra de menú y seleccionamos la opción “Ingresar / Materiales”.



Ilustración 122: Opción “Ingresar / Materiales”.

Fuente: Programa Slope / W. v 2016.

Se abrirá la ventana “Introducir Materiales”, donde añadiremos un material, el cual usa el modelo constitutivo Mohr – Coulomb e ingresamos los datos.

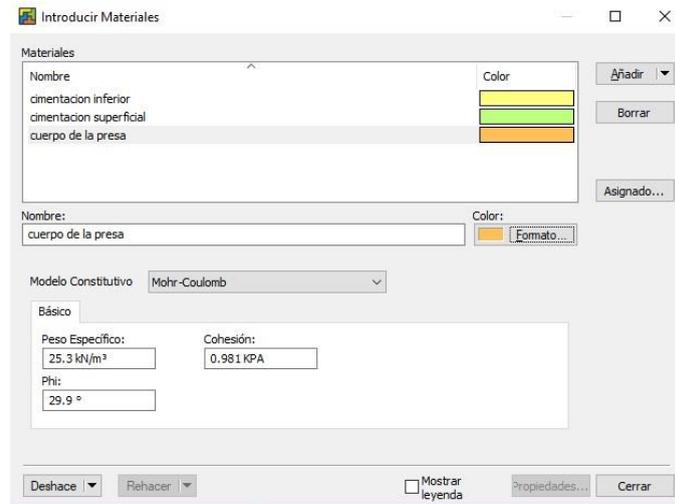


Ilustración 123: Ventana “Introducir Materiales”.

Fuente: Programa Slope / W. v 2016.

Definir regiones del diseño

Para los contornos del perfil que va a condicionar el cálculo nos dirigimos a la barra de menú y seleccionamos la opción “Ingresar / Regiones”.



Ilustración 124: Ventana “Ingresar / Regiones”.

Fuente: Programa Slope / W. v 2016.

Usando la función “Polígono” se podrá dibujar de las regiones mediante la colocación de las coordenadas correspondientes de la tabla 84.

Presionamos (Ctrl + R), se podrá colocar las coordenadas

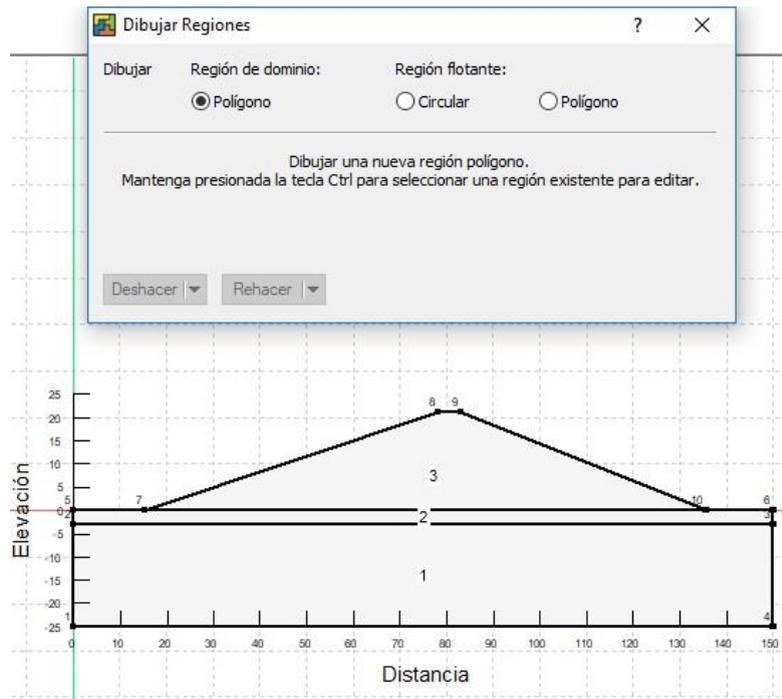


Ilustración 125: Barra de coordenadas.

Fuente: Programa Slope / W. v 2016.

Para designar las propiedades de los materiales a cada región, nos dirigimos a la barra de menú y seleccionamos la opción “Dibujar / Materiales”.

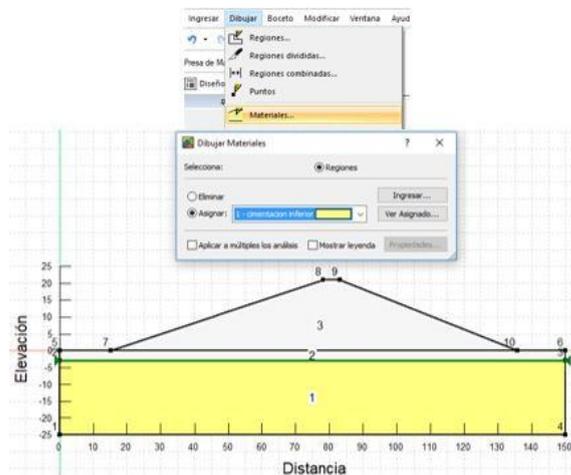


Ilustración 126: Ventana Dibujar / Materiales.

Fuente: Programa Slope / W. v 2016.

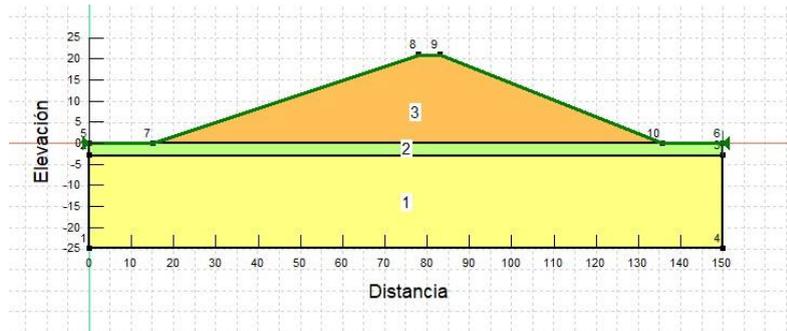


Ilustración 127: Presa con los Materiales seleccionados”.

Fuente: Programa Slope / W. v 2016.

Dibujar línea piezométrica.

Para definir los contornos de la línea piezométrica, marcamos todos los suelos que van a ser afectados por la línea piezométrica.

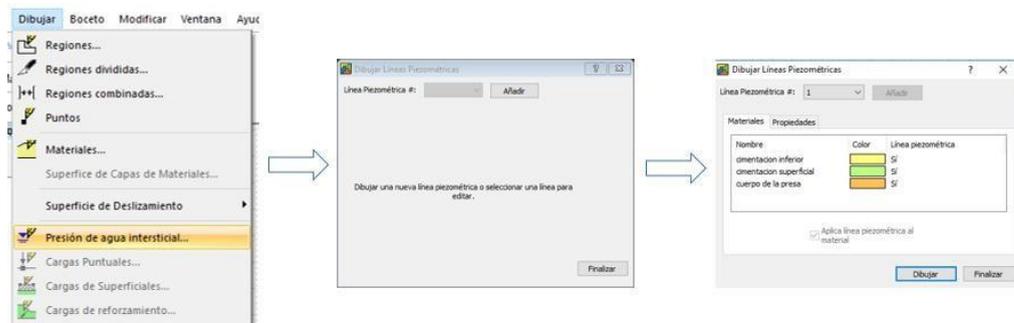


Ilustración 128: Ventanas Para Dibujar Líneas Piezométricas.

Fuente: Programa Slope / W. v 2016.

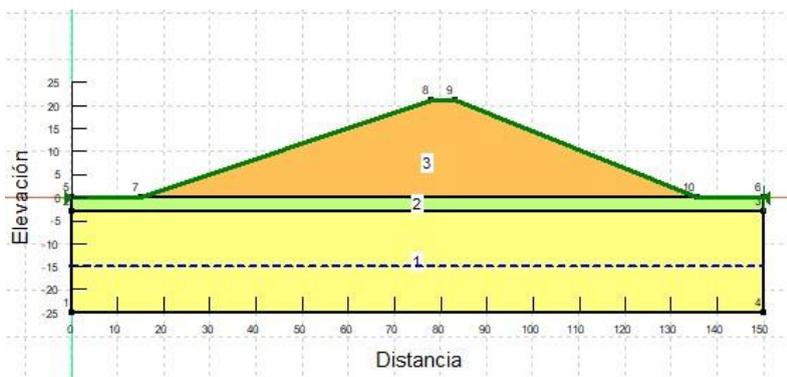


Ilustración 129: Materiales afectados por la línea piezométrica.

Fuente: Programa Slope / W. v 2016.

Dibujar el radio de las superficies de deslizamiento

Para la localización de las superficies de deslizamiento es necesario definir los límites de los radios de las mismas. Para esto nos dirigimos a la barra de menú y damos clic en “Dibujar Entrada y Salida de las Superficies de Deslizamiento”.

Ya seleccionado, el cursor del ratón se convierte en una cruz y pulsando con el botón derecho del mouse generamos los dos puntos que van a definir los límites de los radios, empezamos siempre de arriba abajo según la dirección del deslizamiento.

Estos dos puntos creados, son el inicio y final para el análisis de nuestras dovelas.

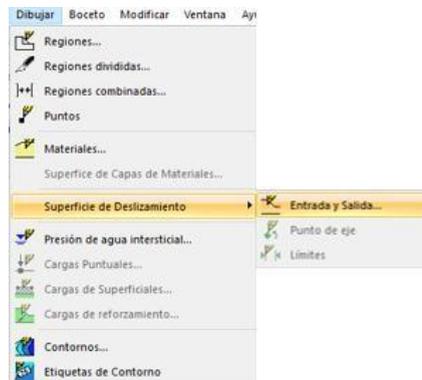


Ilustración 130: Ventanas “Dibujar / Superficie de Deslizamiento”.

Fuente: Programa Slope / W. v 2016.

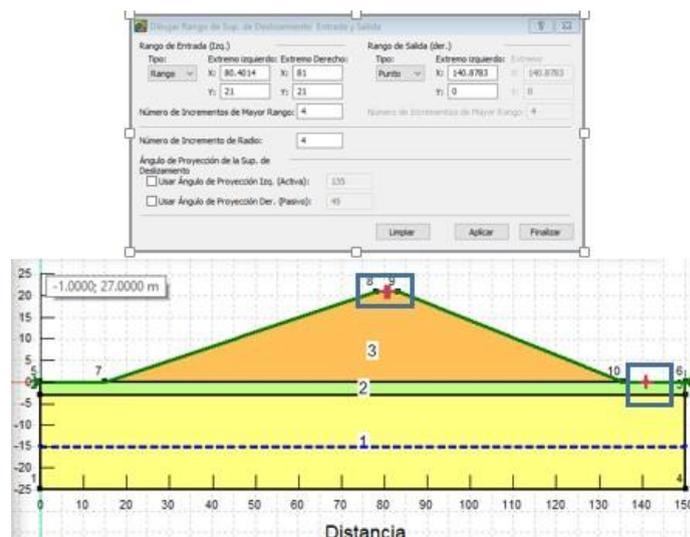


Ilustración 131: Ventanas “entrada y salida”.

Fuente: Programa Slope / W. v 2016.

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS CON EL PROGRAMA SLOPE/W, V. 2016 DEL FACTOR DE SEGURIDAD PARA LA ESTABILIDAD DE TALUDES DE LA PRESA SIN FILTRO Y CON FILTRO

Se procede a iniciar el análisis del diseño, para ello nos dirigimos a la opción Gestor de Solución, seleccionamos nuestro análisis y damos clic en “Inicio”.

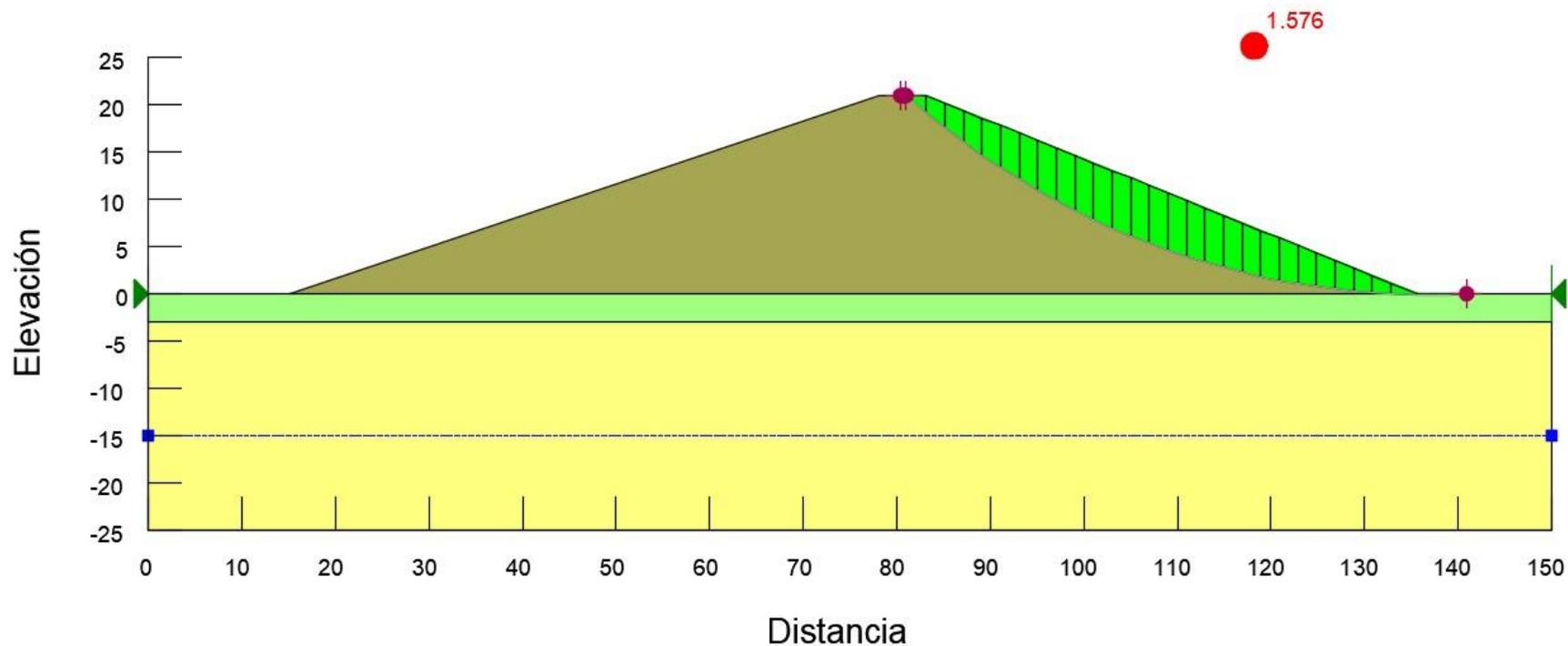


Ilustración 132: Presa sin filtro. Estabilidad de taludes aguas abajo según método de Morgenstern y Price.

Fuente: Programa Slope / W. v 2016.

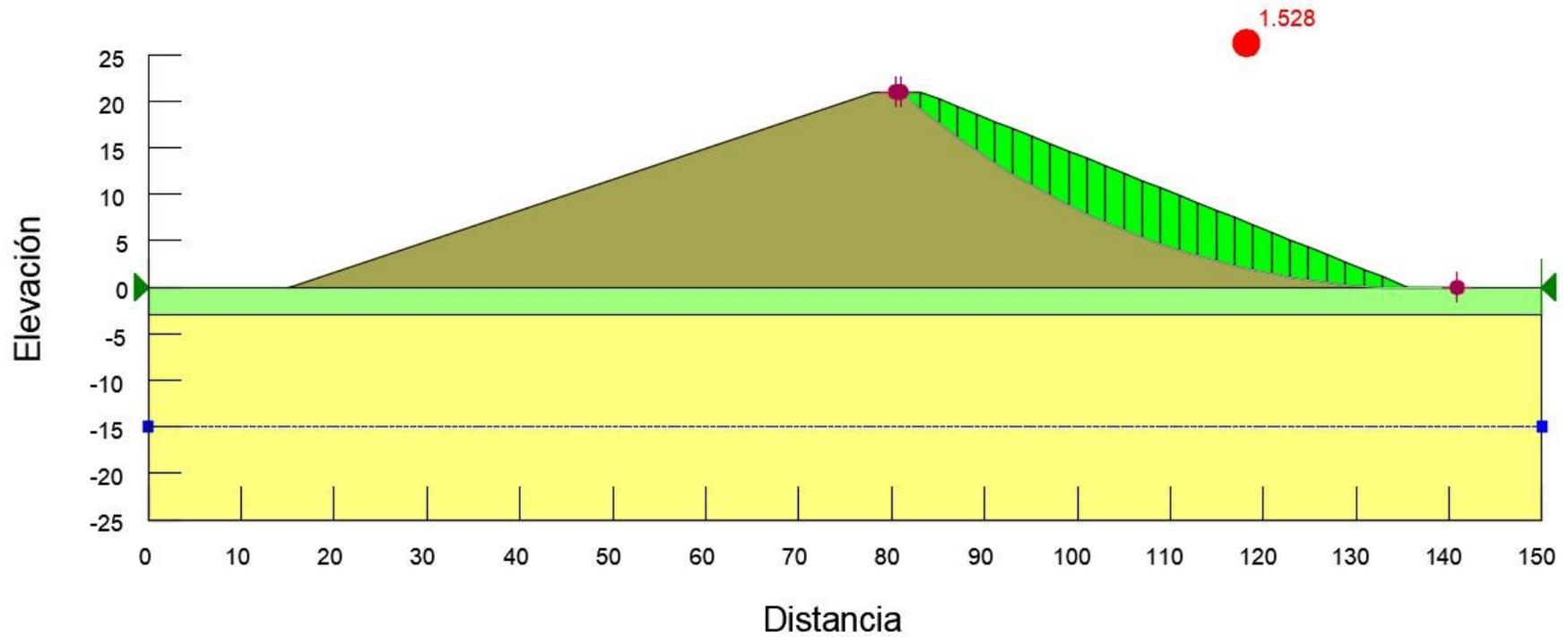


Ilustración 133: Presa sin filtro. Estabilidad de taludes aguas abajo según método de Spencer.

Fuente: Programa Slope / W. v 2016.

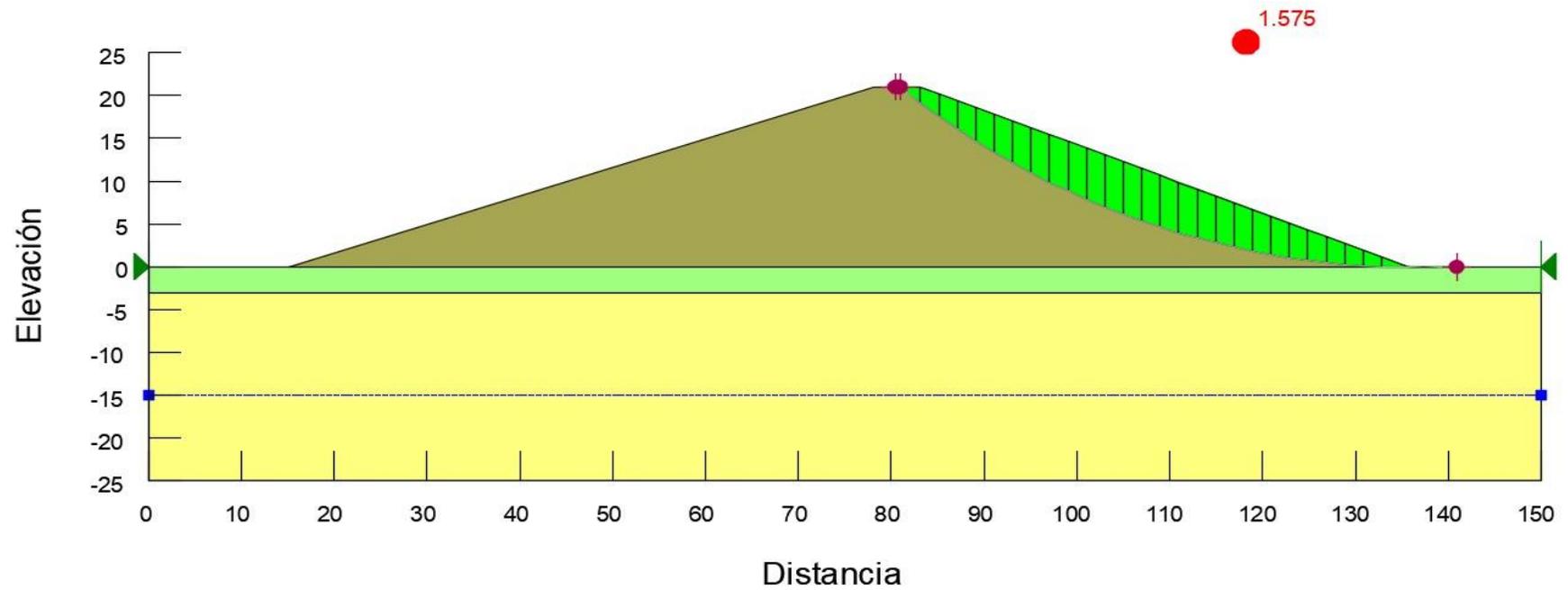


Ilustración 134: Presa sin filtro. Estabilidad de taludes aguas abajo según método de Janbú Simplificado.

Fuente: Programa Slope / W. v 2016.

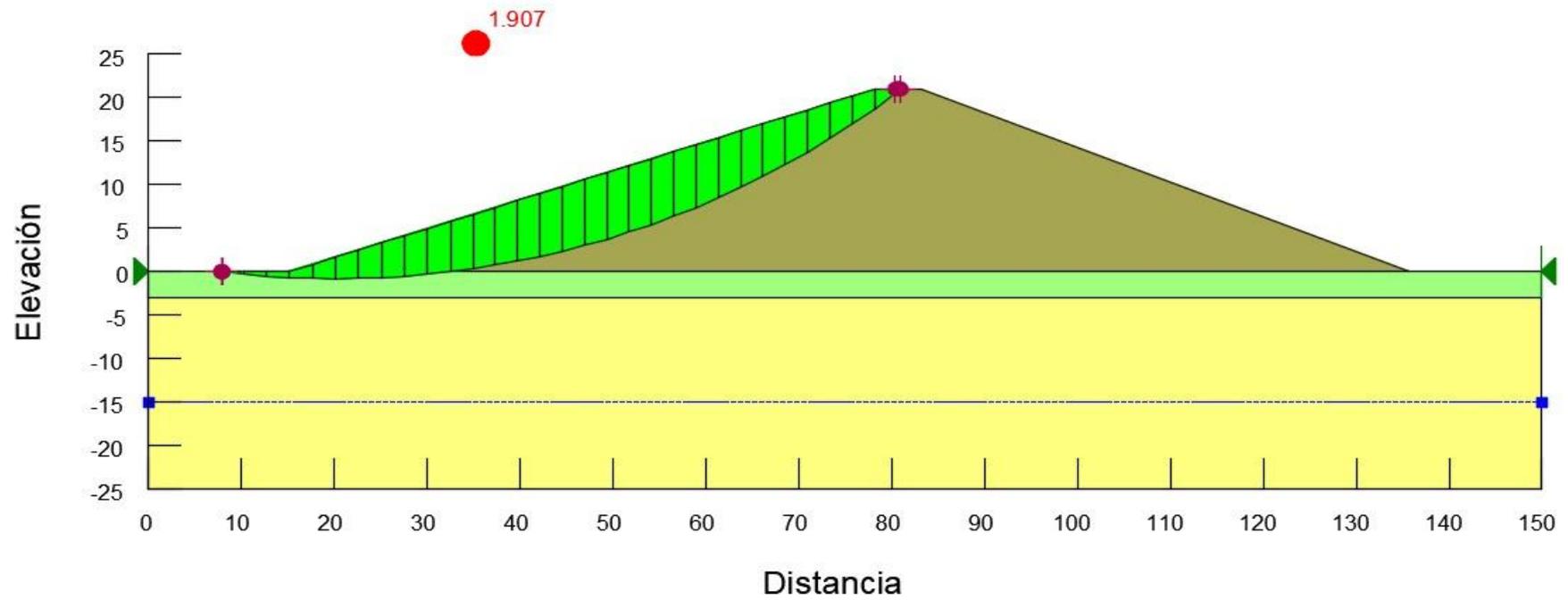


Ilustración 135: Presa sin filtro. Estabilidad de taludes aguas arriba según método de Morgenstern y Price.

Fuente: Programa Slope / W. v 2016.

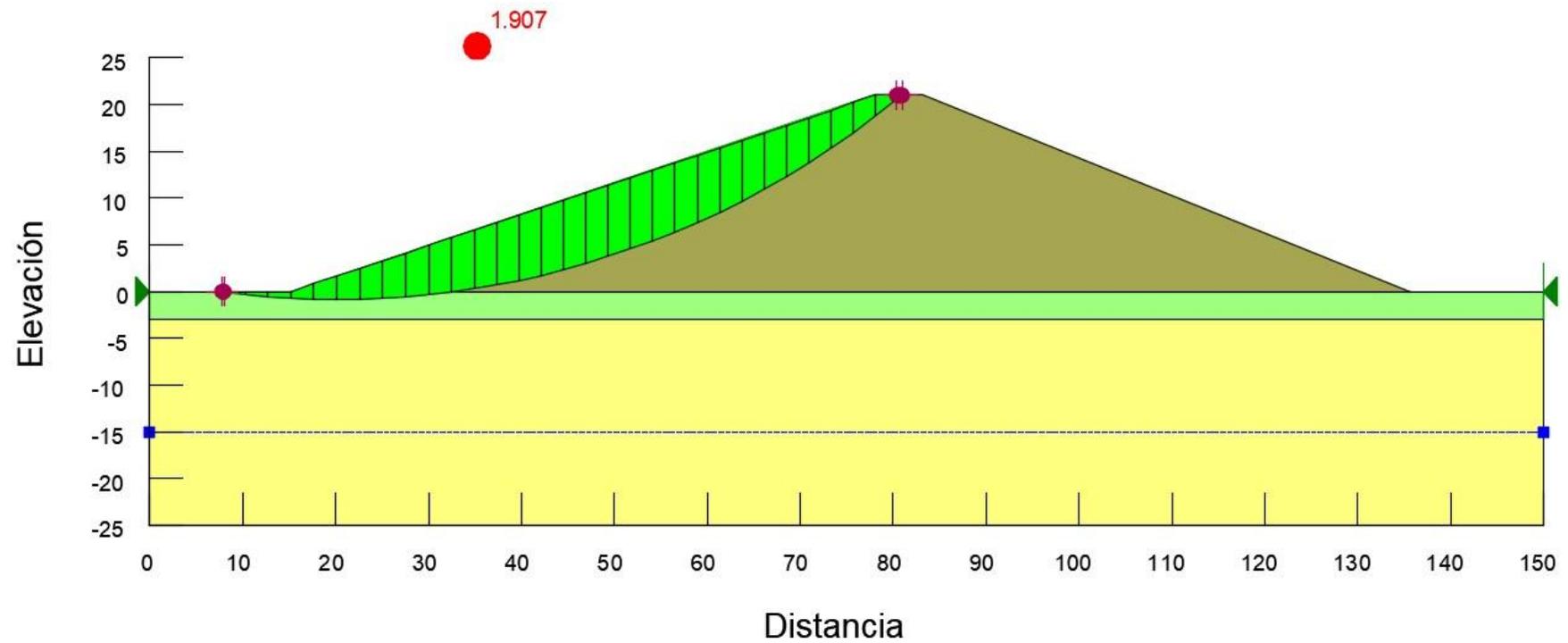


Ilustración 136: Presa sin filtro. Estabilidad de taludes aguas arriba según método de Spencer.

Fuente: Programa Slope / W. v 2016.

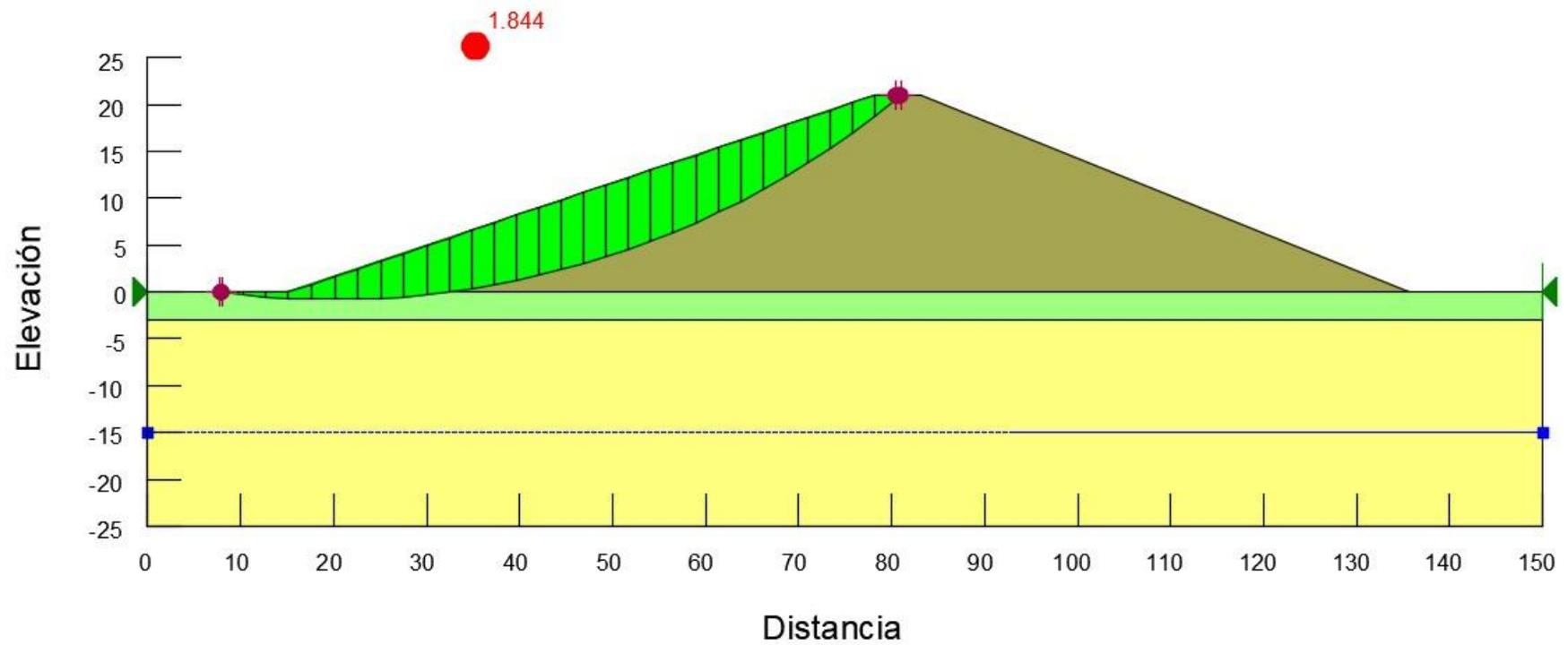


Ilustración 137: Presa sin filtro. Estabilidad de taludes aguas arriba según método de Janbu Simplificado.

Fuente: Programa Slope / W. v 2016.

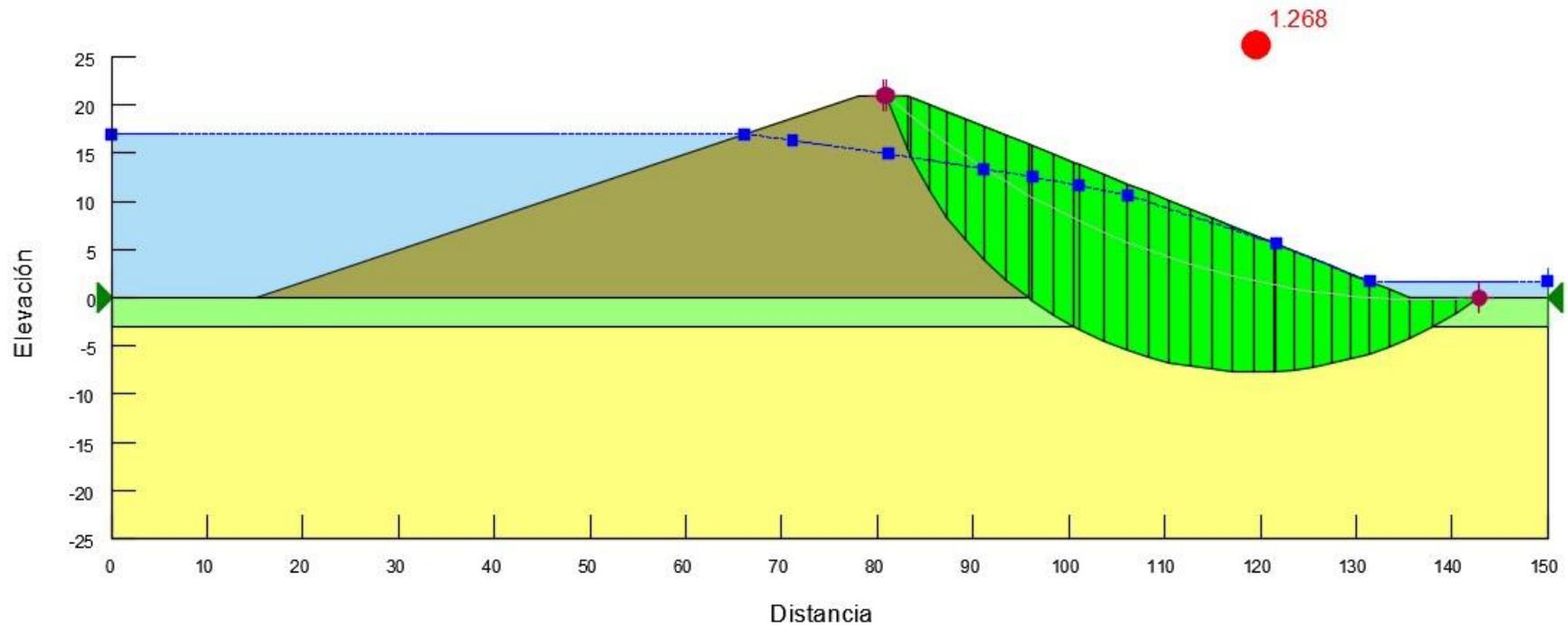


Ilustración 138: Presa sin filtro en funcionamiento. Estabilidad de taludes aguas abajo según método de Morgenstern y Price.

Fuente: Programa Slope / W. v 2016.

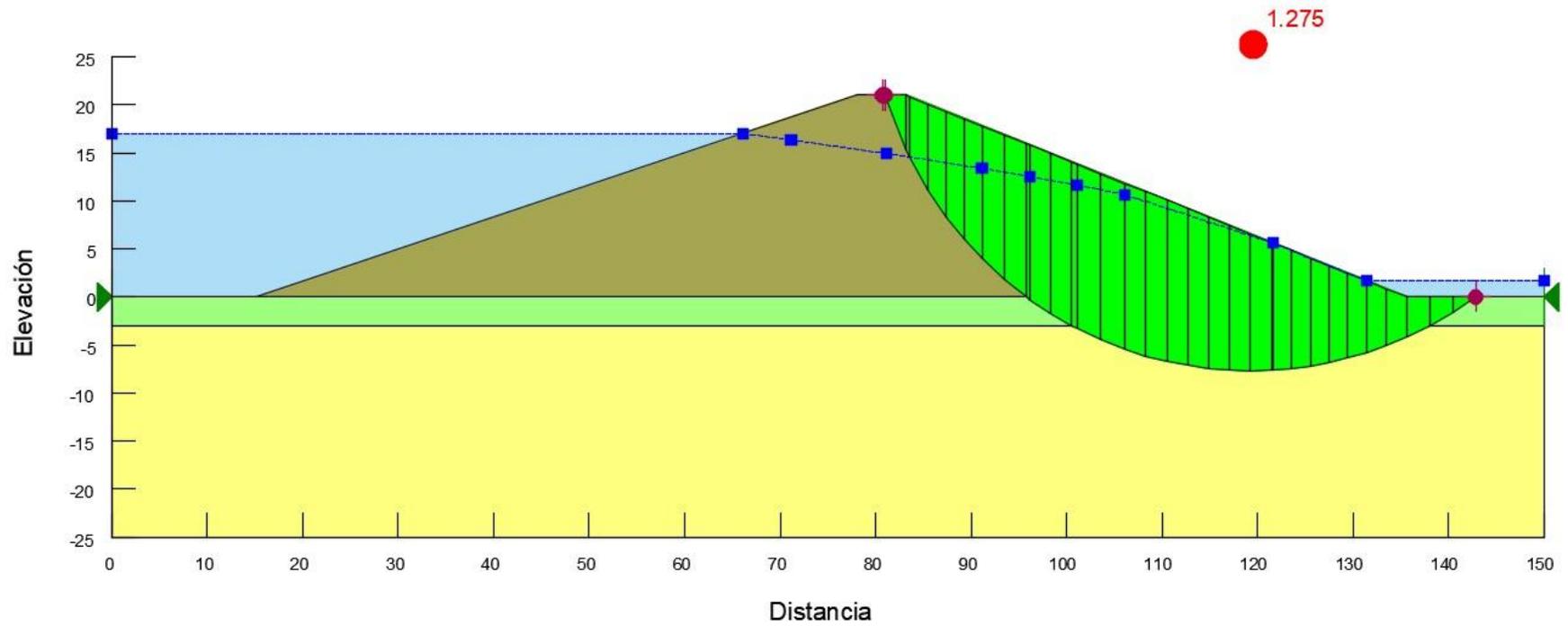


Ilustración 139: Presa sin filtro en funcionamiento. Estabilidad de taludes aguas abajo según método de Spencer.

Fuente: Programa Slope / W. v 2016.

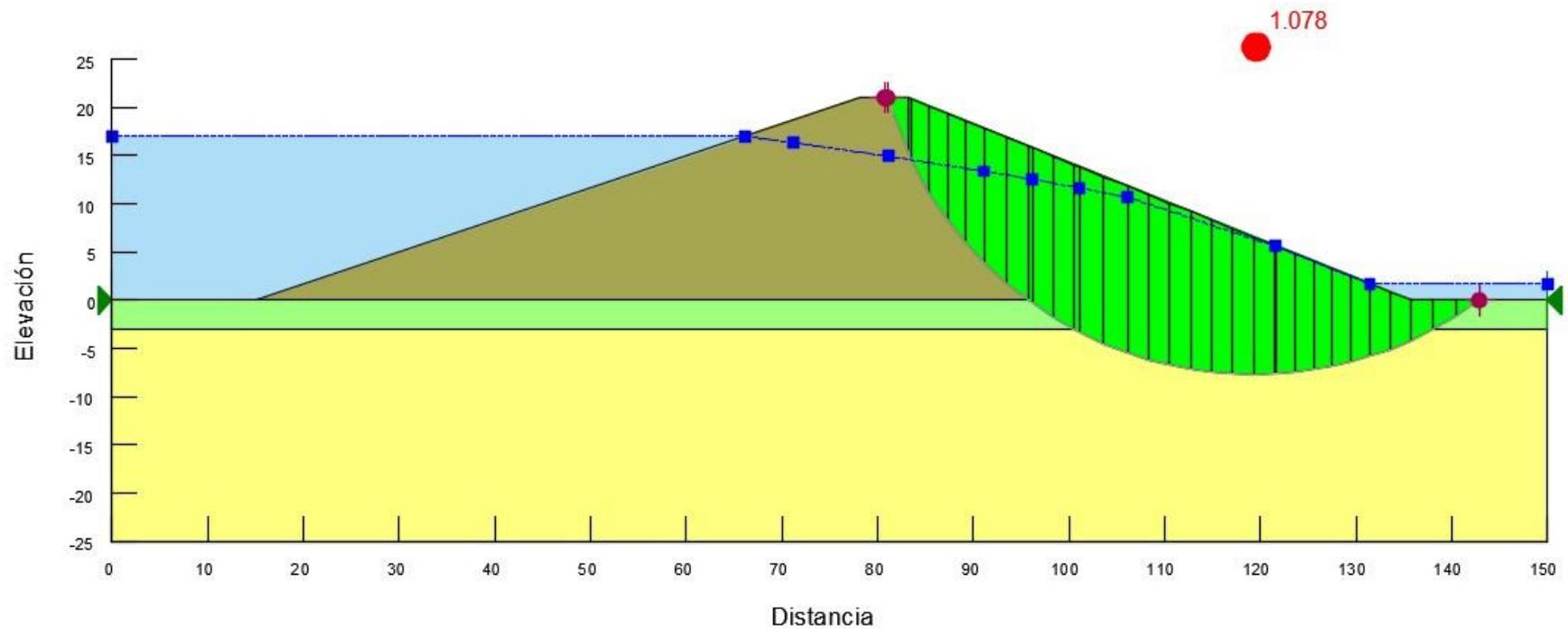


Ilustración 140: Presa sin filtro en funcionamiento. Estabilidad de taludes aguas abajo según método de Janbú Simplificado.

Fuente: Programa Slope / W. v 2016.

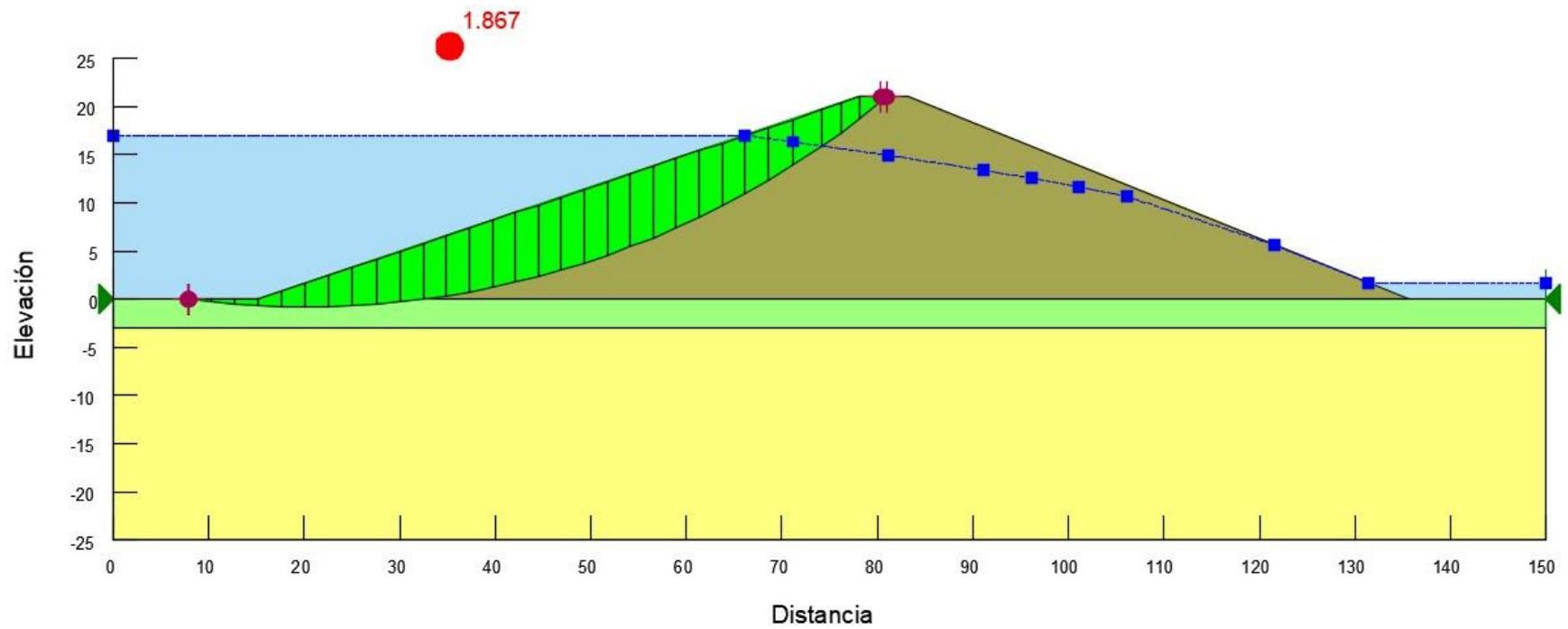


Ilustración 141: Presa sin filtro en funcionamiento. Estabilidad de taludes aguas arriba según método de Morgenstern y Price.

Fuente: Programa Slope / W. v 2016.

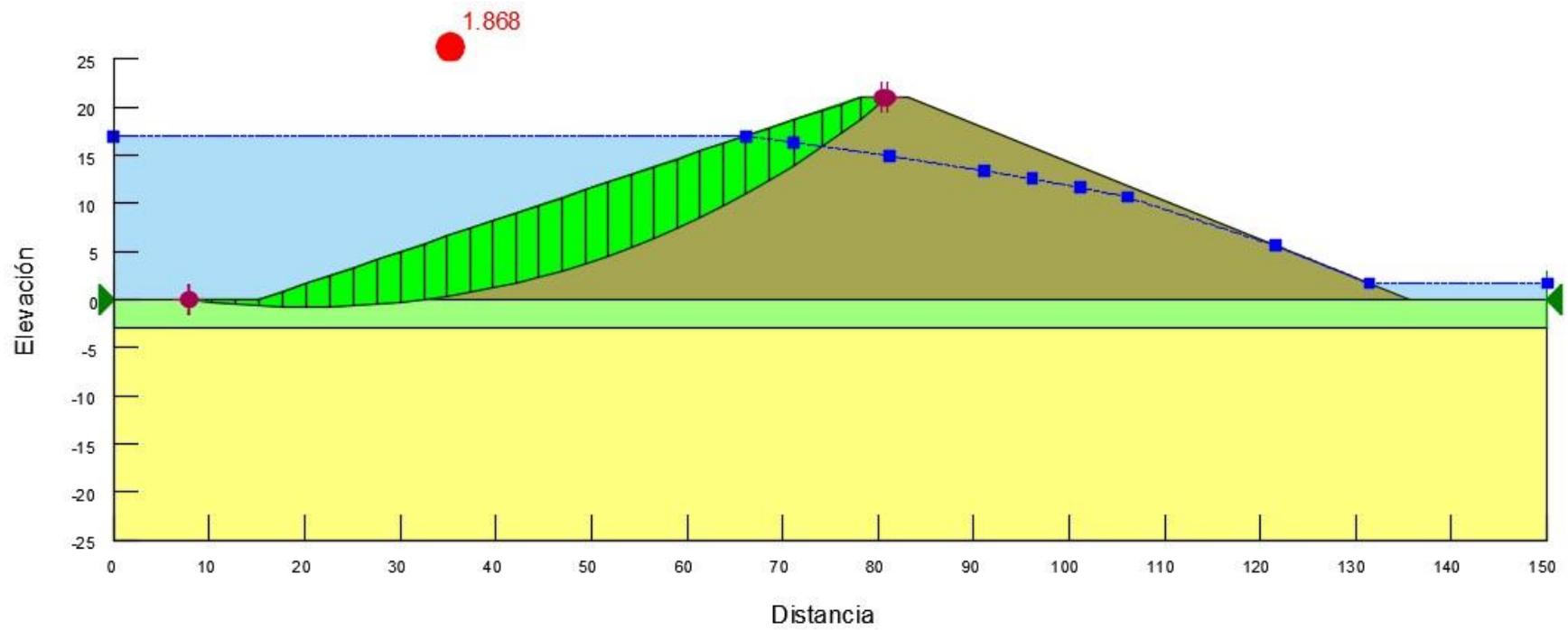


Ilustración 142: Presa sin filtro en funcionamiento. Estabilidad de taludes aguas arriba según método de Spencer.

Fuente: Programa Slope / W. v 2016.

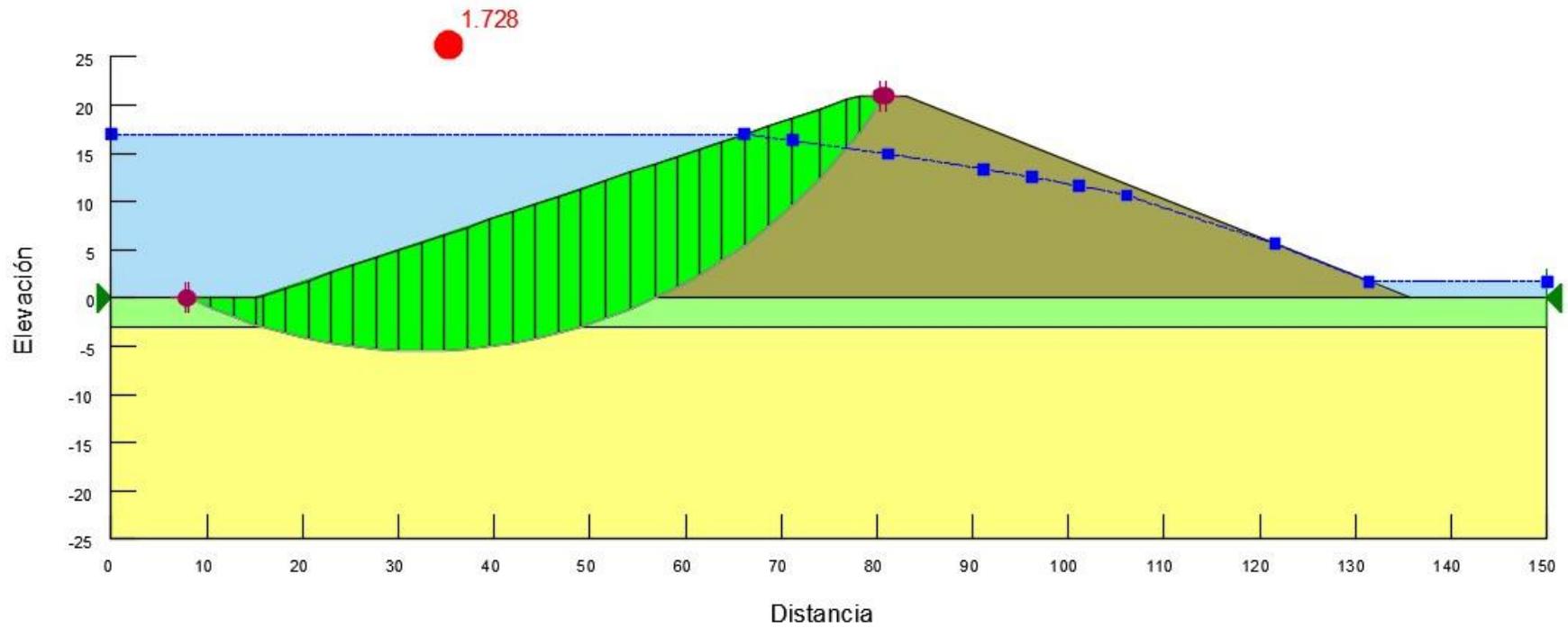


Ilustración 143: Presa sin filtro en funcionamiento. Estabilidad de taludes aguas arriba según método de Janbu Simplificado.

Fuente: Programa Slope / W. v 2016.

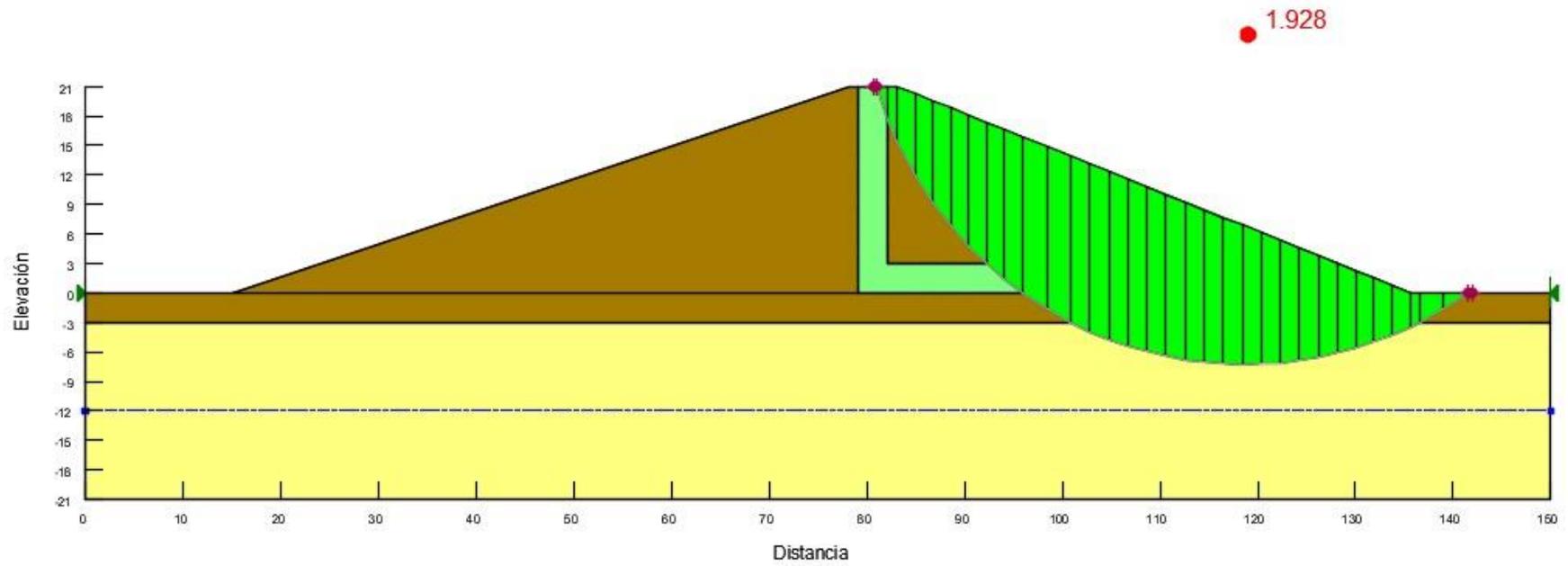


Ilustración 144: Presa con filtro tipo chimenea. Estabilidad de taludes aguas abajo según método de Morgenstern y Price

Fuente: Programa Slope / W. v 2016.

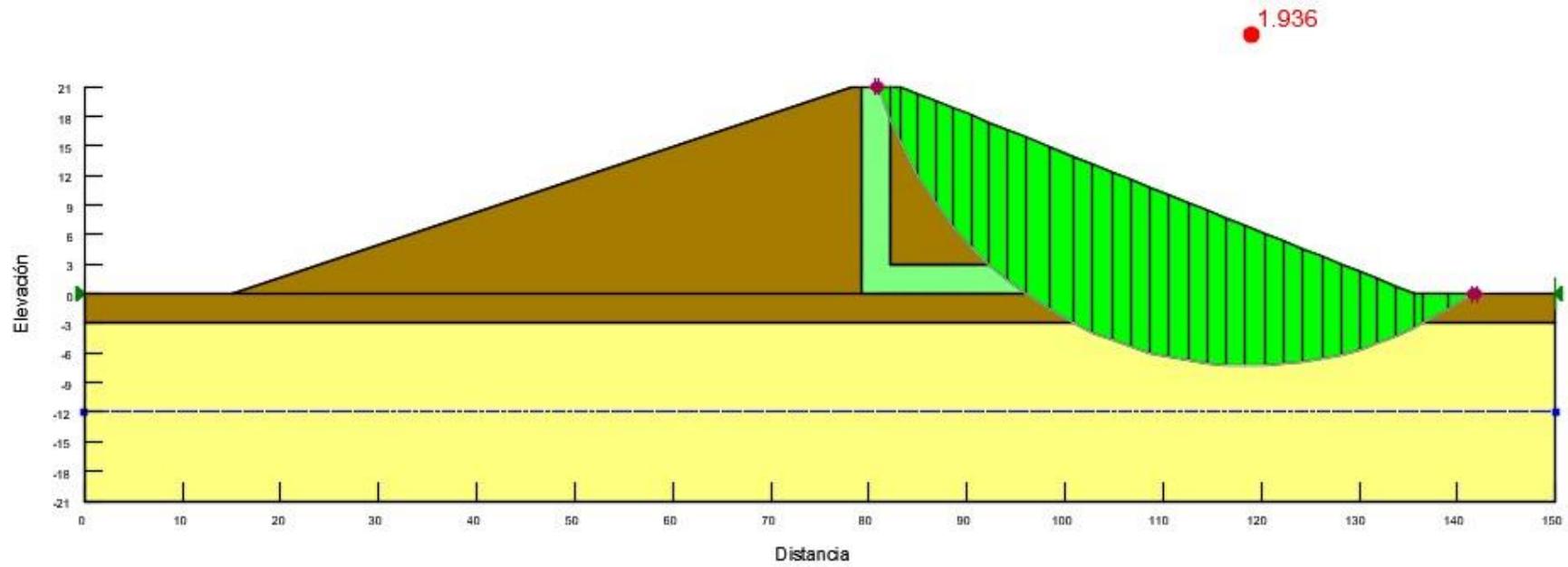


Ilustración 145: Presa con filtro tipo chimenea. Estabilidad de taludes aguas abajo según método de Spencer.

Fuente: Programa Slope / W. v 2016.

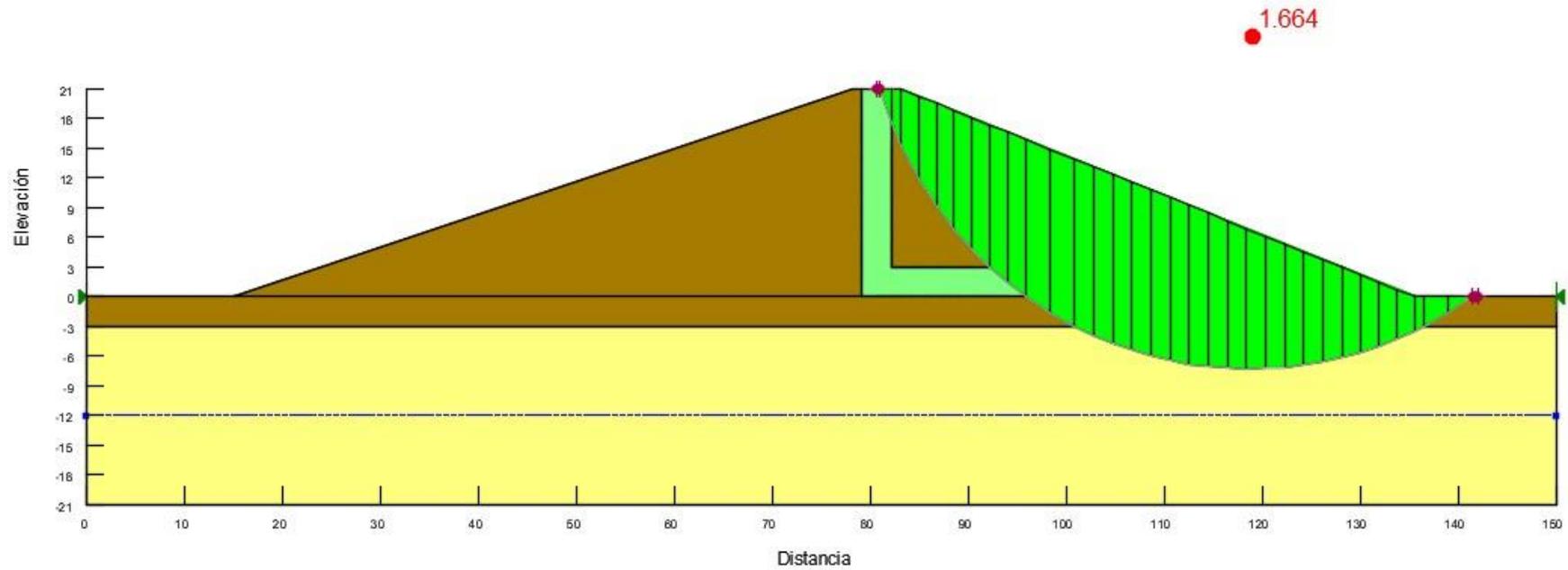


Ilustración 146: Presa con filtro tipo chimenea. Estabilidad de taludes aguas abajo según método de Janbu Simplificado.

Fuente: Programa Slope / W. v 2016.

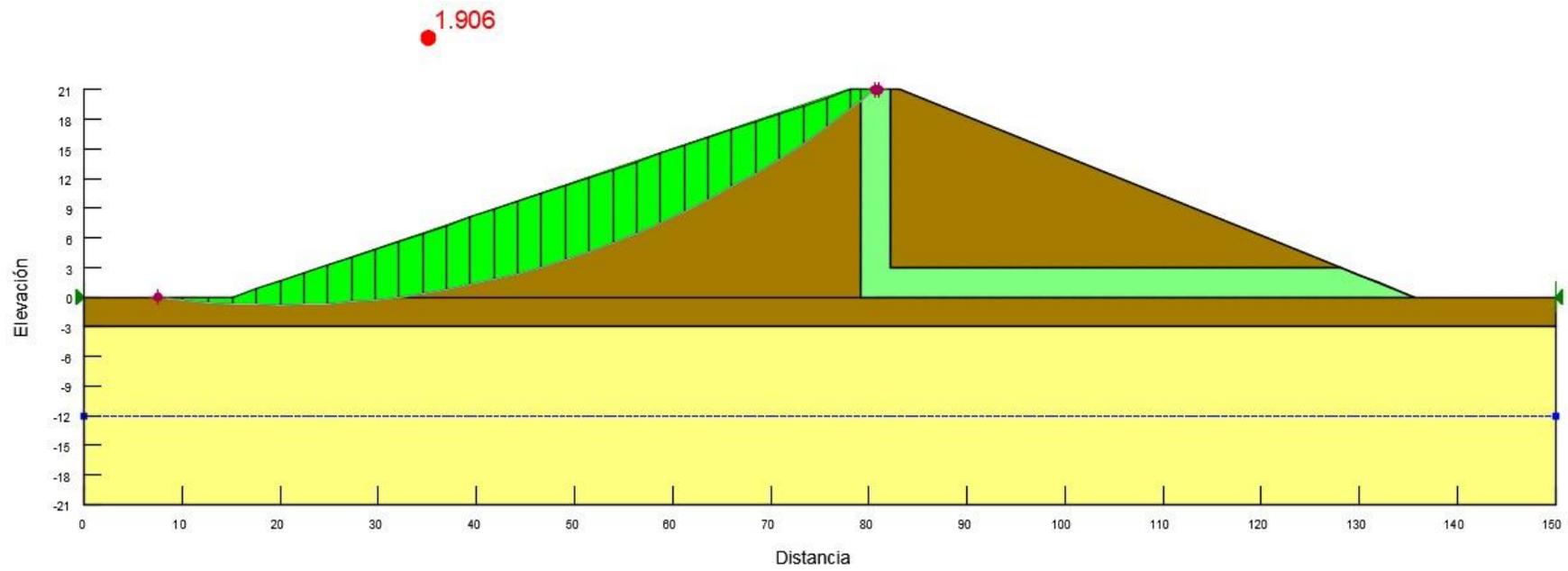


Ilustración 147: Presa con filtro tipo chimenea. Estabilidad de taludes aguas arriba según método de Morgenstern y Price.

Fuente: Programa Slope / W. v 2016.

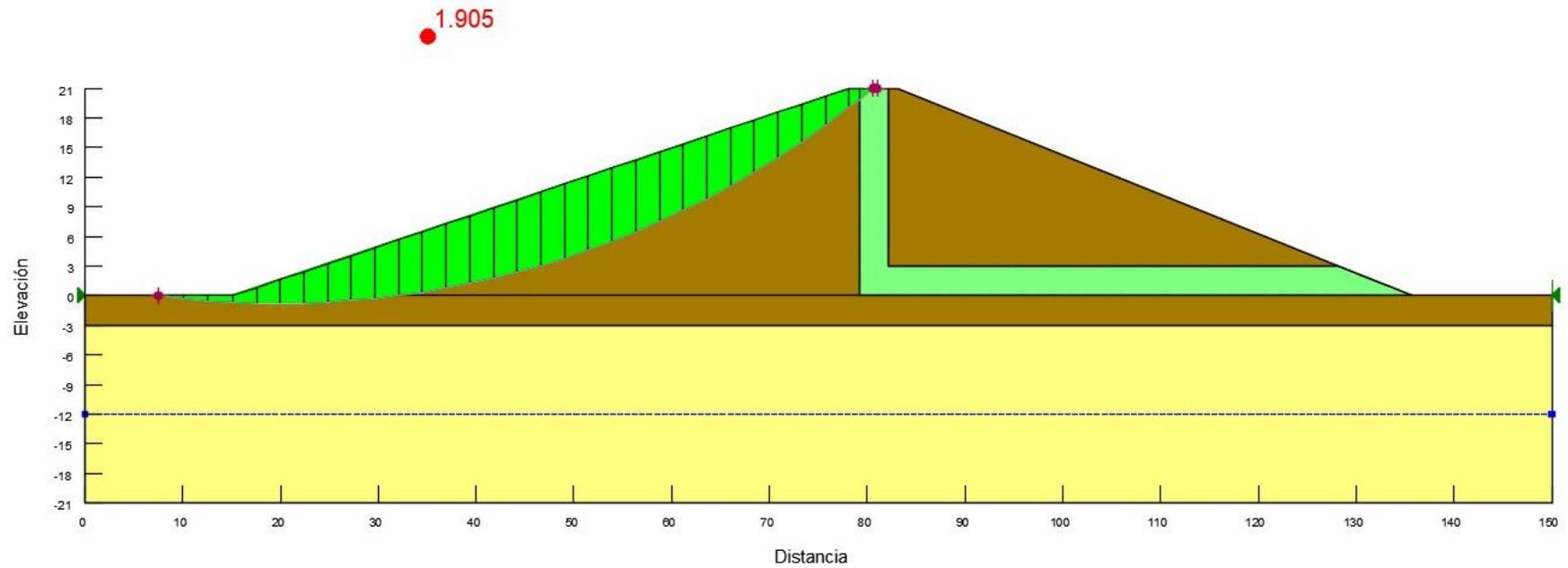


Ilustración 148: Presa con filtro tipo chimenea. Estabilidad de taludes aguas arriba según método de Spencer.

Fuente: Programa Slope / W. v 2016.

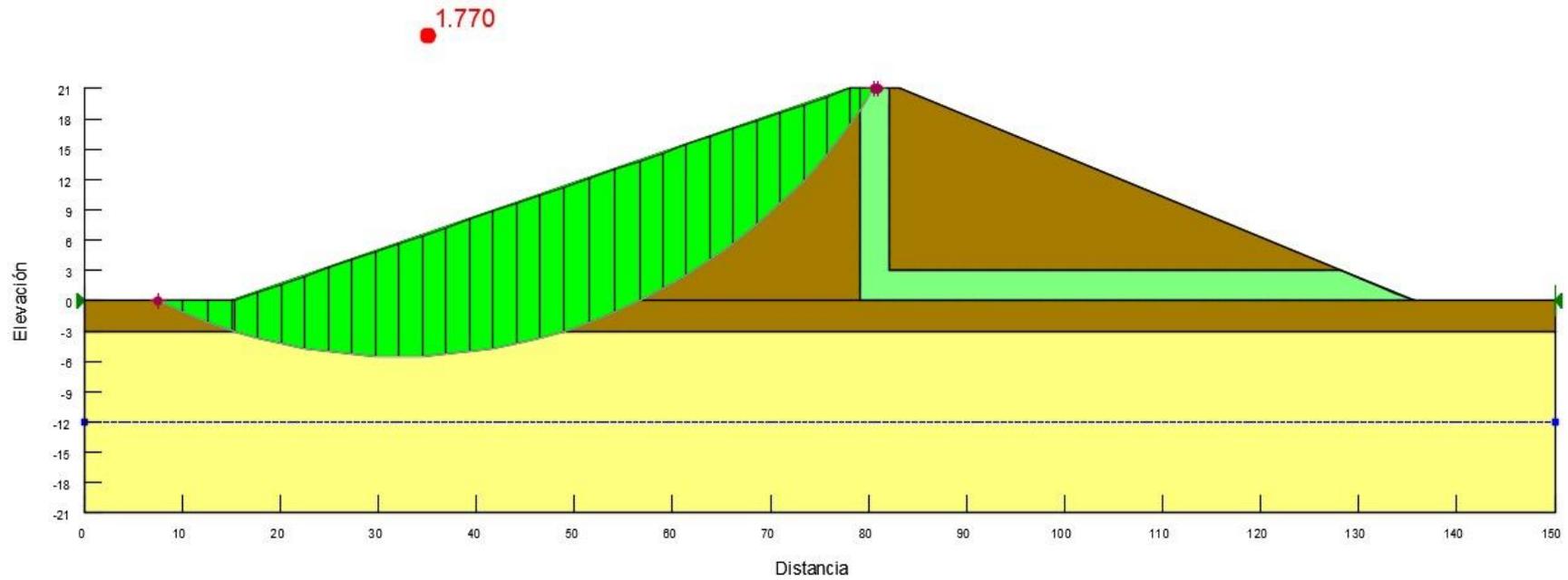


Ilustración 149: Presa con filtro tipo chimenea. Estabilidad de taludes aguas arriba según método de Janbu Simplificado.

Fuente: Programa Slope / W. v 2016.

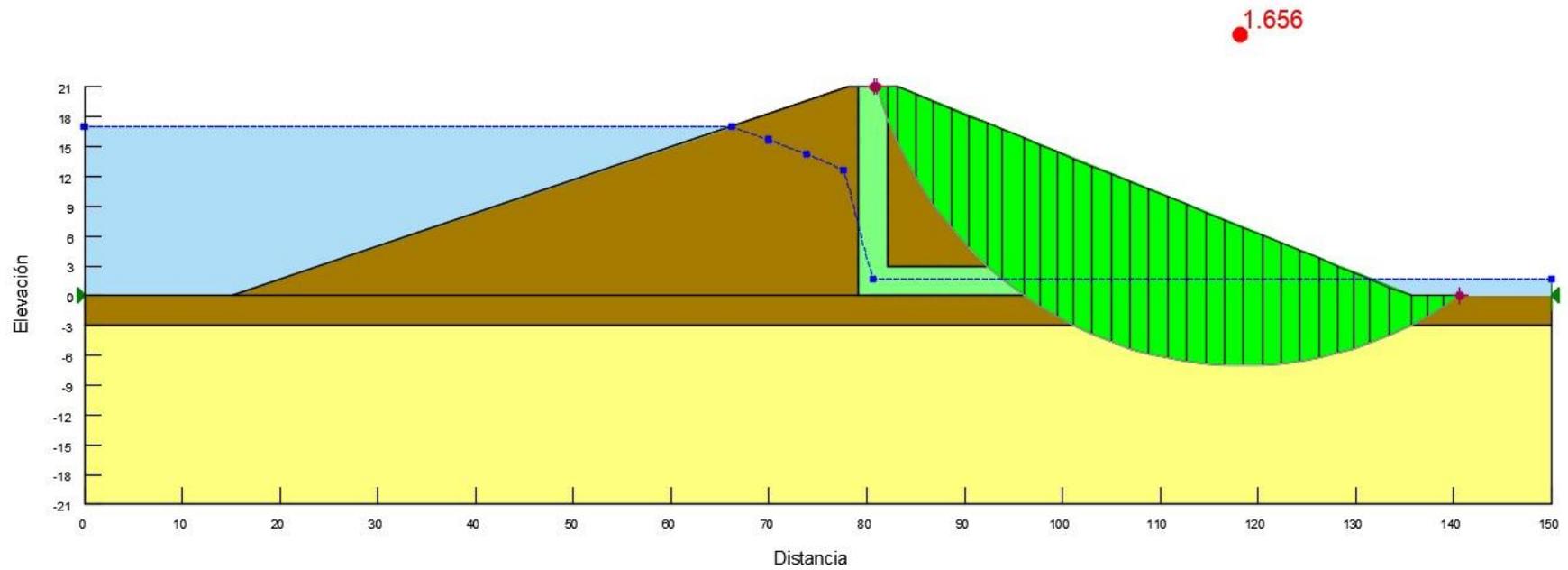


Ilustración 150: Presa con filtro tipo chimenea en funcionamiento. Estabilidad de taludes aguas abajo según método de Morgenstern y Price.

Fuente: Programa Slope / W. v 2016.

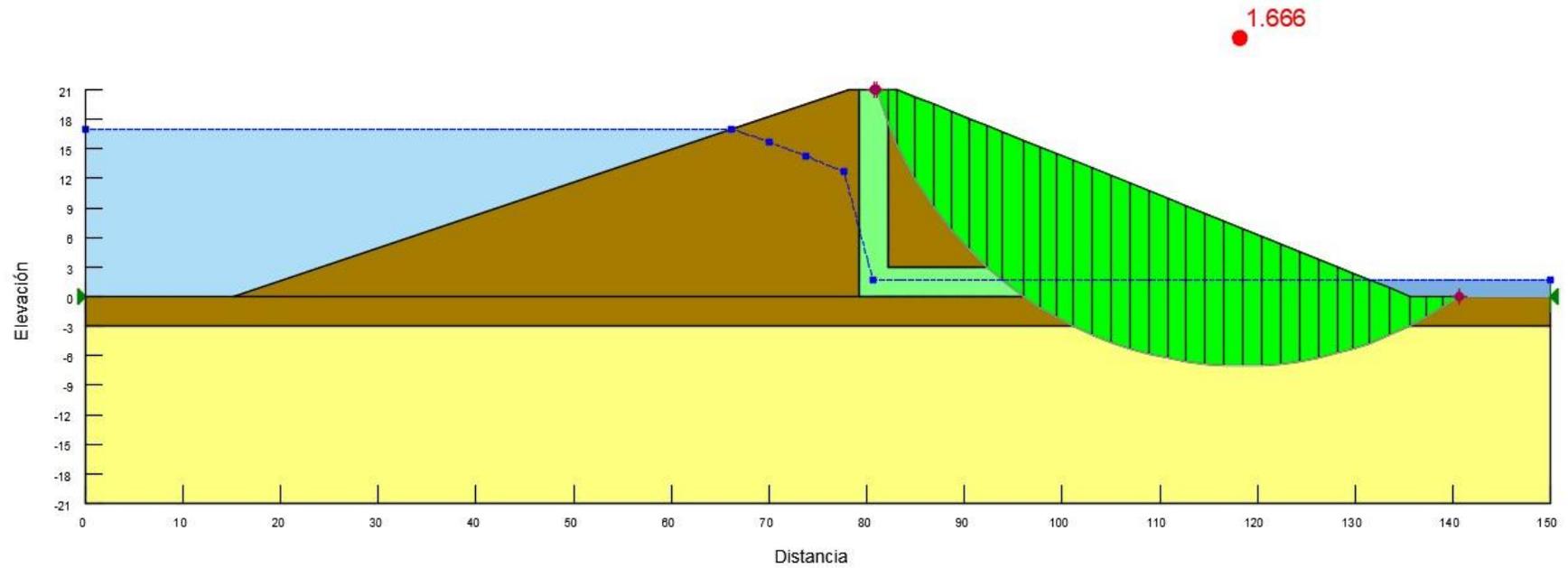


Ilustración 151: Presa con filtro tipo chimenea en funcionamiento. Estabilidad de taludes aguas abajo según método de Spencer.

Fuente: Programa Slope / W. v 2016.

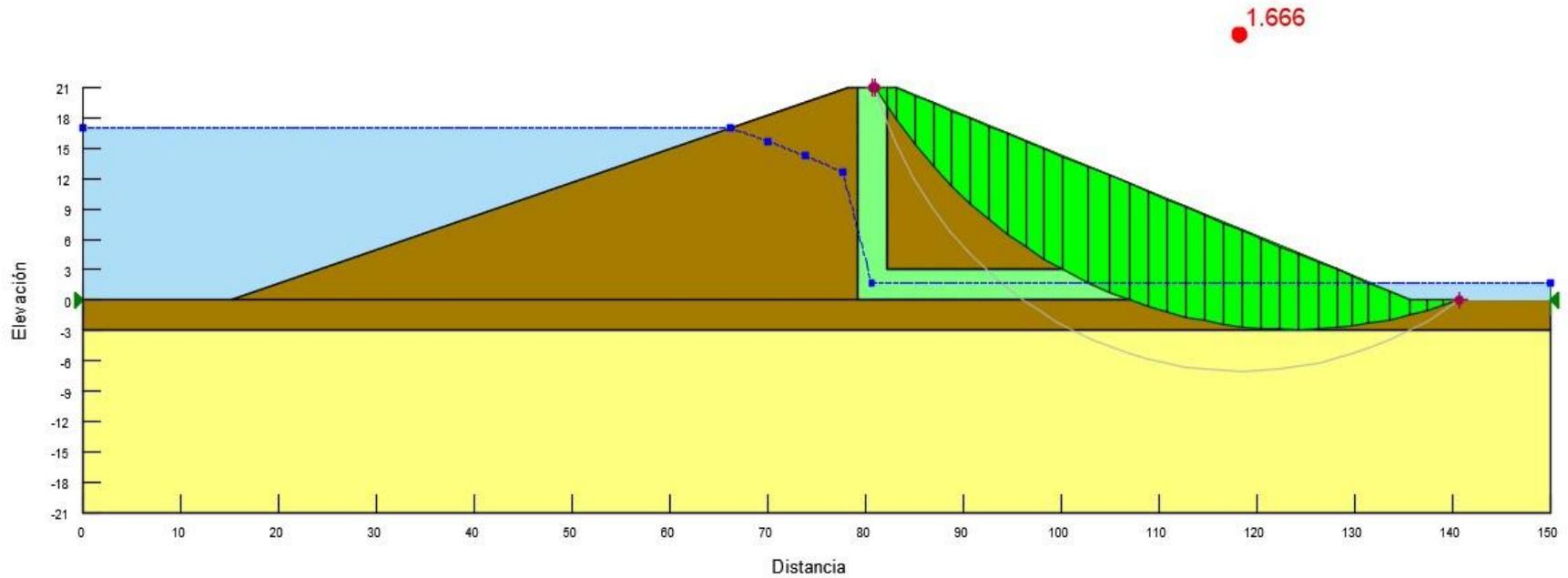


Ilustración 152: Presa con filtro tipo chimenea en funcionamiento. Estabilidad de taludes aguas abajo según método de Janbu Simplificado.

Fuente: Programa Slope / W. v 2016.

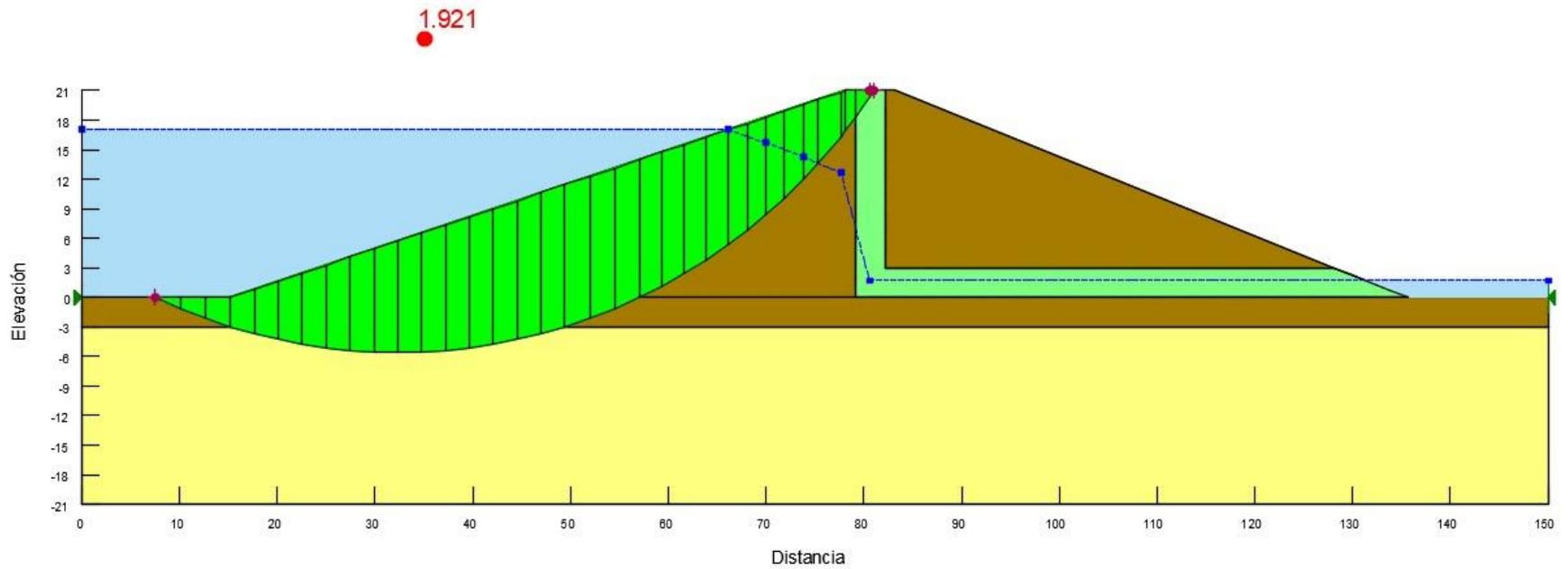


Ilustración 153: Presa con filtro tipo chimenea en funcionamiento. Estabilidad de taludes aguas arriba según método de Morgenstern y Price.
Fuente: Programa Slope / W. v 2016.

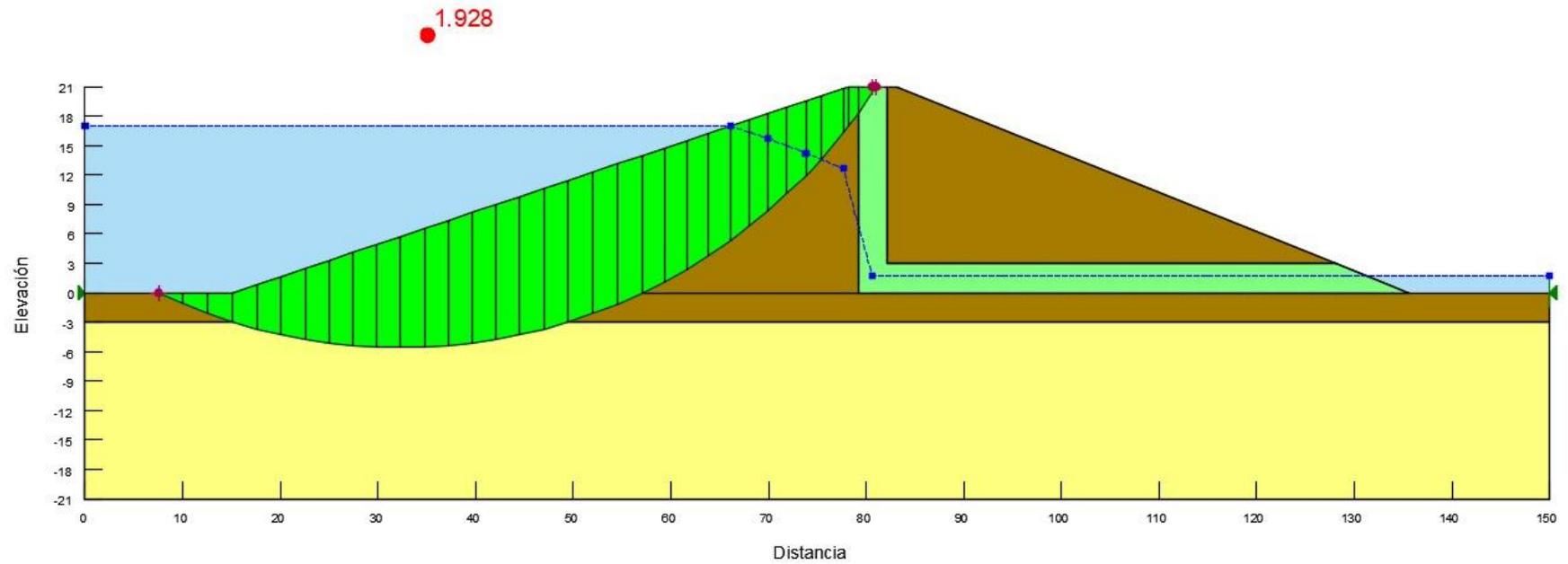


Ilustración 154: Presa con filtro tipo chimenea en funcionamiento. Estabilidad de taludes aguas arriba según método de Spencer.

Fuente: Programa Slope / W. v 2016.

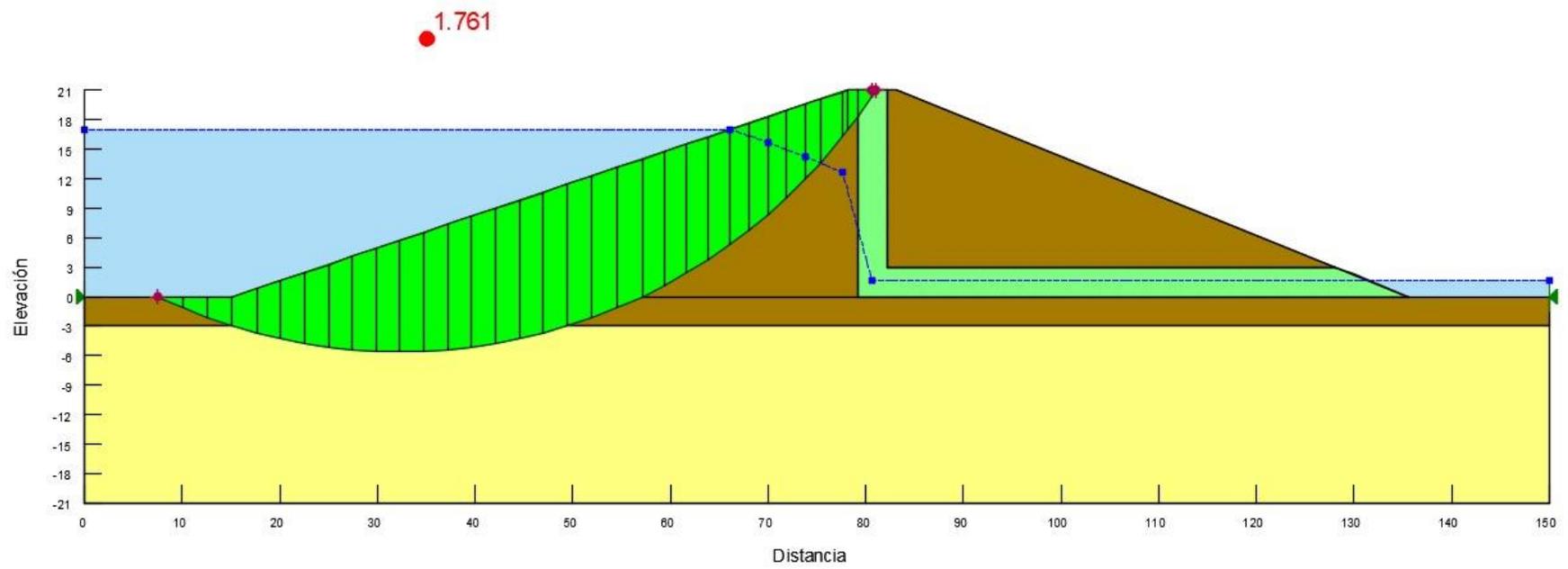


Ilustración 155: Presa con filtro tipo chimenea en funcionamiento. Estabilidad de taludes aguas arriba según método de Janbu Simplificado.

Fuente: Programa Slope / W. v 2016.

8.4.4.5. Estabilidad de taludes, uso de programa Slide 5.0.

Diseño de la presa con material homogéneo sin filtro

Ejecute el programa Slide.5.0, donde se iniciara ingresando los datos del proyecto.

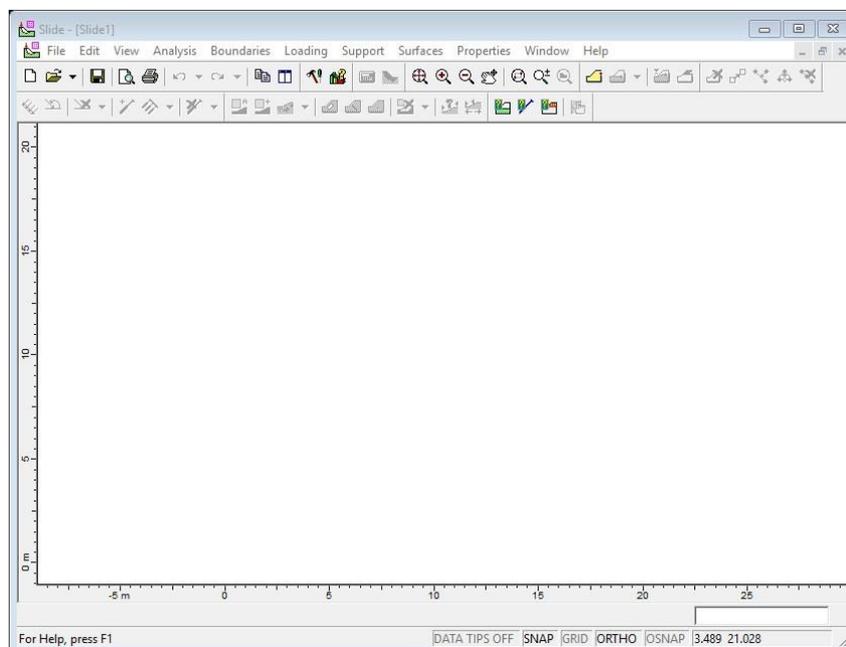


Ilustración 156: Pantalla de Inicio del Software.

Fuente: Slide V. 5.0.

Dirigimos a la barra de herramientas (ubicada en la parte superior) y luego en la opción “Project Settings”, como se muestra a continuación y colocamos los siguientes datos.

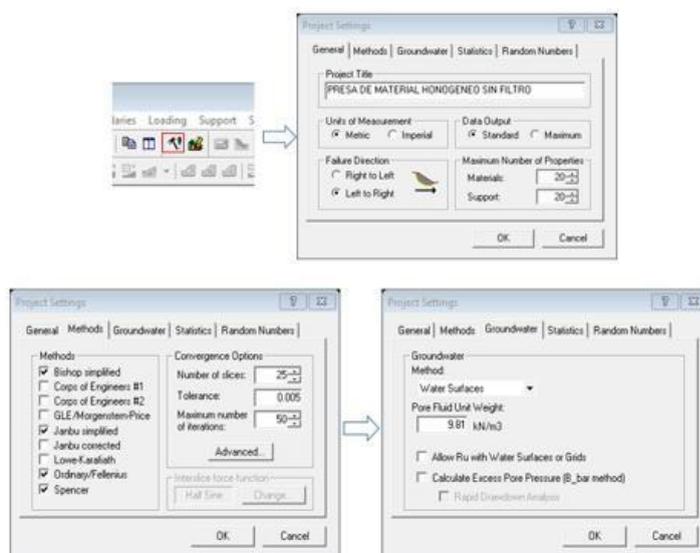


Ilustración 157: Ventana “Project Settings”.

Fuente: Slide V. 5.0.

Creación de superficie

Para poder diseñar una superficie en la interfaz del programa Slide V.5.0, debemos tener primero las coordenadas, para ello el programa AutoCAD será una herramienta muy útil, mediante la función **list** nos permite conocer y extraer las coordenadas que necesitamos.

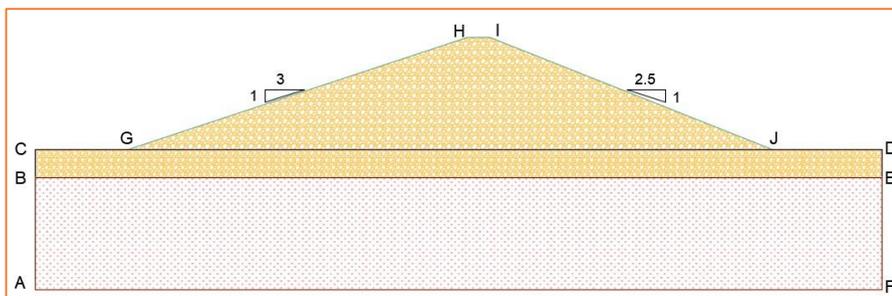


Ilustración 158: Ventana “Project Settings”.

Fuente: Elaborado por los Investigadores.

Coordenadas obtenidas del dimensionamiento de la presa de material homogéneo mediante el AutoCAD.

Tabla 90. Coordenadas según sección de presa con material homogéneo sin filtro.

Coordenada para la Presa de Material Homogéneo		
	X	Y
A	0	-21
B	0	-3
C	0	0
G	15.14	0
H	78.14	21
I	83.14	21
J	135.64	0
D	150	0
E	150	-3
F	150	-21

Fuente: Elaborado por los Investigadores.

Para añadir cada contorno nos ubicamos en la barra de herramientas y procedemos a hacer clic en la opción “Add External Boundary”, como se muestra a continuación.



Ilustración 159: “Add External Boundary”

Fuente: Slide V. 5.0.

Esto nos permitirá ingresar las coordenadas de la figura a analizar, para ello el programa nos otorga la posibilidad

El cual presionando clic derecho, seleccione Coordinate table o simplemente use la tecla “t”. Esta acción lo llevara a la ventana “Coordinate table” donde podrá colocar las coordenadas según la tabla N° --

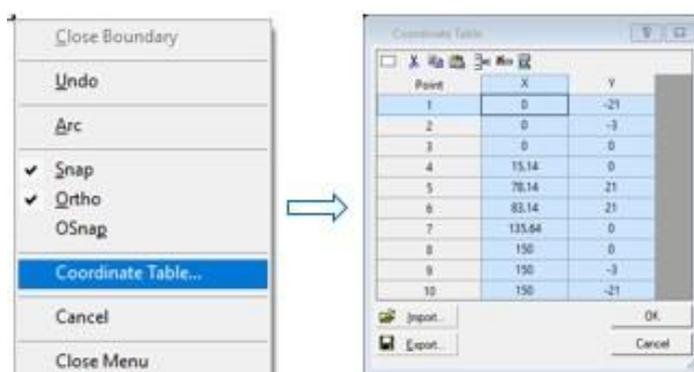


Ilustración 160: Ventana “Coordinate Table”.

Fuente: Slide V. 5.0.

Ingresado los valores de las coordenadas se procede dar clic en “OK”, generándose los límites del contorno, hay que tener en cuenta que los valores colocados pertenecen al contorno del dibujo en general, y las posteriores a cada bloque dentro de dicho contorno.

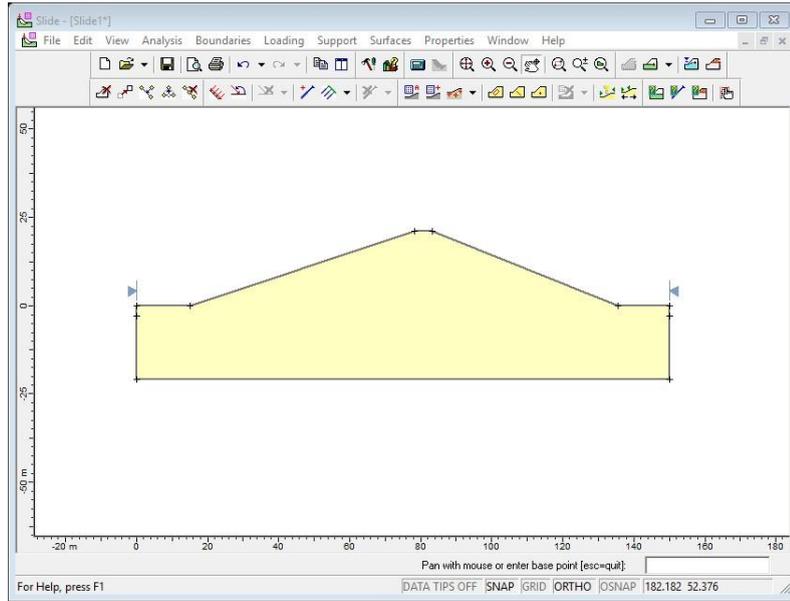


Ilustración 161: Contorno externo de diseño de presa

Fuente: Slide V. 5.0.

Para separar los límites de los materiales, seleccione “Add Material Boundary” en la barra de herramientas, como se muestra a continuación.



Ilustración 162: “Add Material Boundary”.

Fuente: Slide V. 5.0.

Usando la letra “t”, accedemos a ingresar las coordenadas de los límites de los materiales.

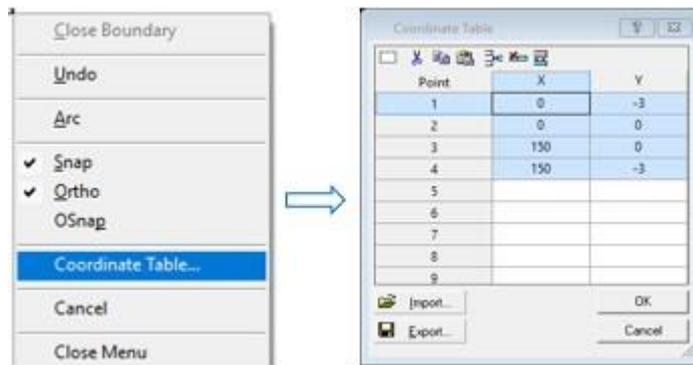


Ilustración 163: Coordenadas límites de los materiales para la presa.

Fuente: Slide V. 5.0.

Ingresado los datos correspondientes se procede dar clic en “OK”, generándose los límites de los materiales dentro del contorno.

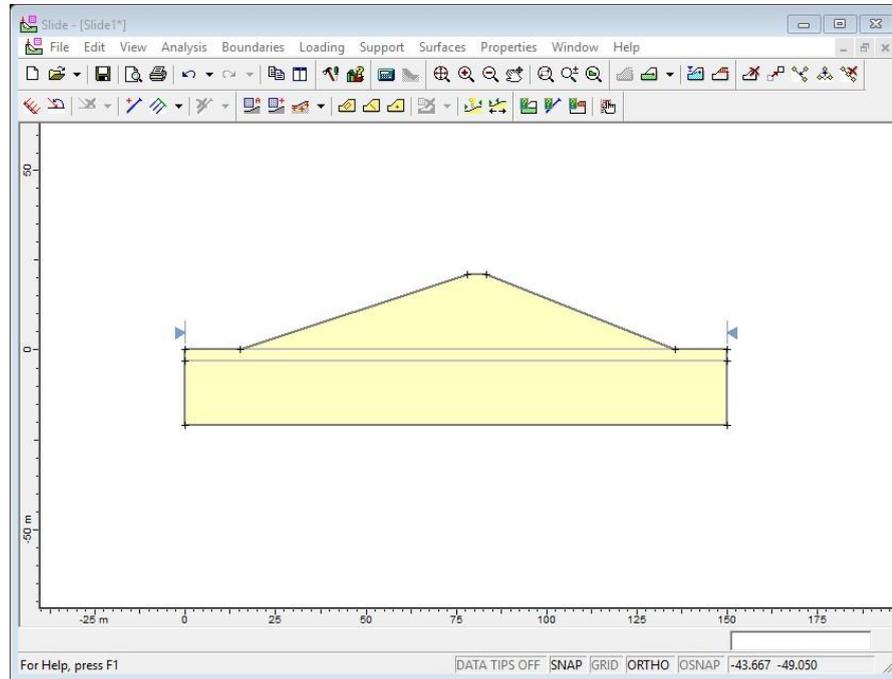


Ilustración 164: Límites dentro del contorno externo de diseño.

Fuente: Slide V. 5.0.

Hay que tener en cuenta las primeras coordenadas son el contorno del dibujo general, y las siguientes pertenece a cada bloque dentro de dicho contorno.

Definir las propiedades de los materiales para la presa

Lo que continúa es presentar el cuadro, los resultados obtenidos de la ejecución de ensayos en el laboratorio de mecánica de suelos, a las muestras de suelo que componen el diseño de la presa.

Tabla 91. *Tabla de propiedades mecánicas de suelos.*

Propiedades Mecánicas	Cimentación	Cimentación Superficial	Cuerpo de la Presa
Peso Específico (kn/m ³)	25.40	25.30	25.30
Cohesión (kn/m ²)	1.961	0.981	0.981
Angulo de fricción (°)	23.90	29.90	29.90

Fuente: Elaborado por los Investigadores.

Para introducir las propiedades mecánicas de los materiales en el programa Slide 5.0 nos dirigimos a la barra de menú y seleccionamos la opción “Properties / Define Materials”.

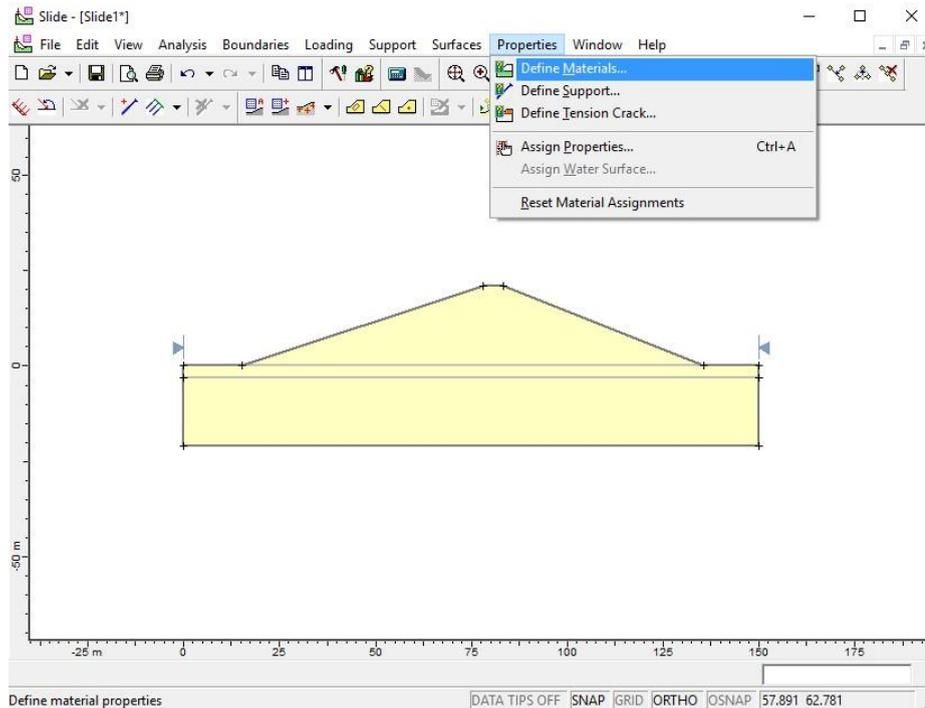


Ilustración 165: Ventana “Properties”.

Fuente: Slide V. 5.0.

El cual abre la ventana “Define Material Properties”, donde se ingresa los datos de materiales, se escoge la teoría de “Mohr-Coulomb”, ya que define la resistencia al corte de suelos y rocas en diferentes casos de tensión efectiva. Luego llenamos los datos que nos pide el cuadro en función a los resultados obtenidos en laboratorio. Mismo procedimiento para cada tipo de material, como se muestra en las figura.

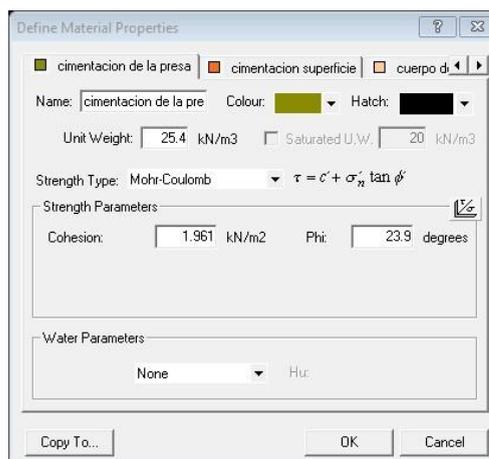


Ilustración 166: Ventana “Define Material Properties”.

Fuente: Slide V. 5.0.

A continuación se asignara las propiedades a la región que le corresponde, que se encuentra, seleccionamos la opción “Properties / Assing Properties”.

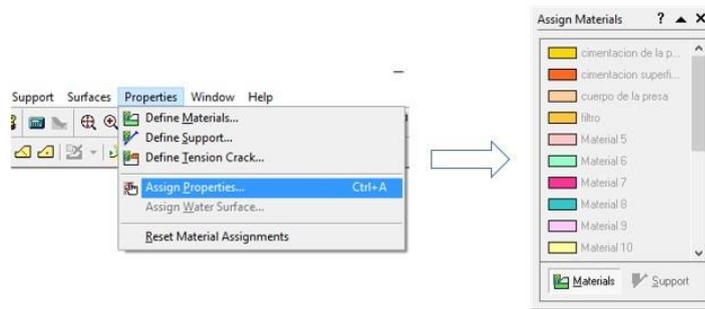


Ilustración 167: Ventana “Assing Material Properties”.

Fuente: Slide V. 5.0.

Seleccionamos la propiedad y luego la región a la cual pertenece según el diseño.

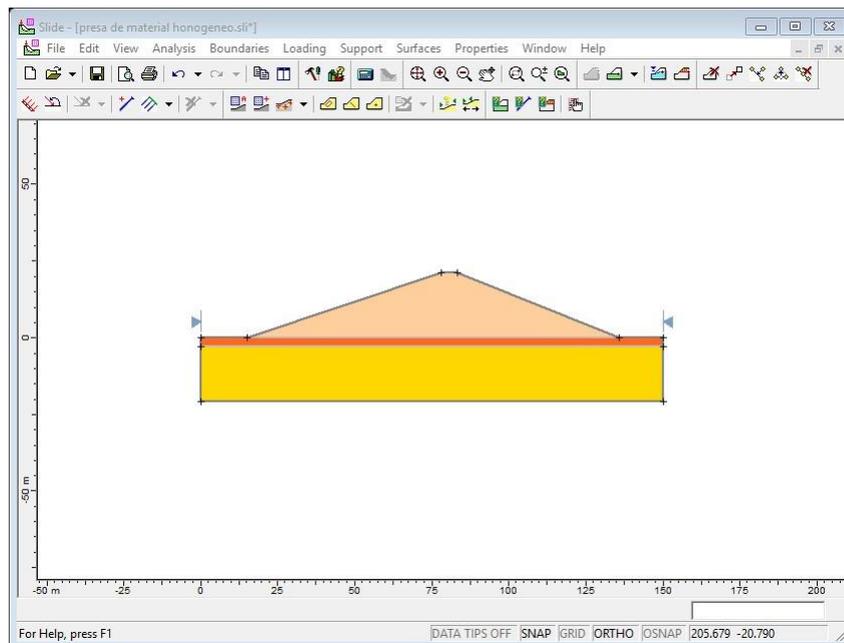


Ilustración 168: Materiales Asignados a la Sección de Presa en Análisis.

Fuente: Slide V. 5.0.

Añadir línea piezométrica.

Esta viene a ser la línea que identifica la zona que se encuentra influenciada bajo un flujo estacionario (nivel freático), para añadir la línea piezométrica, nos dirigimos a la barra de menú y hacemos clic en la opción “Add Water Table Line”



Ilustración 169: Ventana “Add Water Table Line”.

Fuente: Slide V. 5.0.

Lo siguiente es ingresar las coordenadas de la línea de agua, según el diseño, la línea piezométrica se eleva 14 m desde la base de la cimentación de la presa, ubicándose en el estrato inferior como se muestra en la figura.

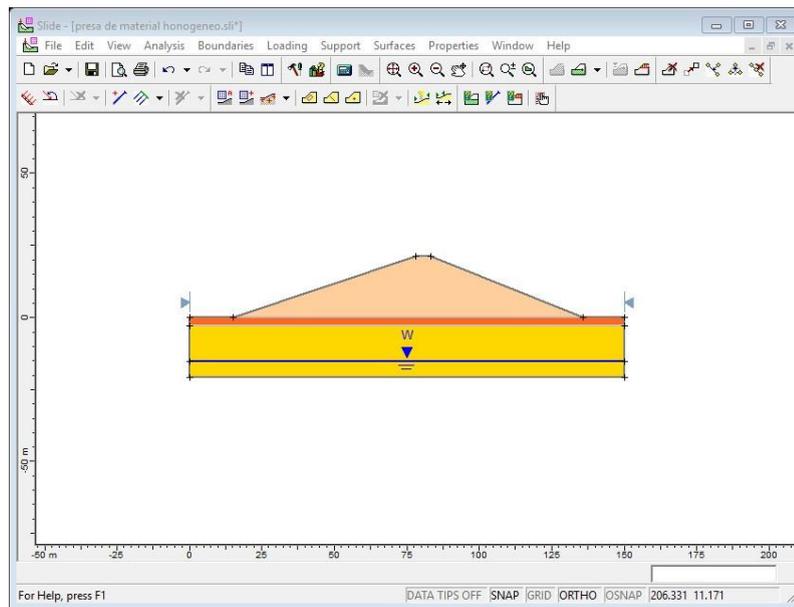


Ilustración 170: Línea piezométrica asignada a la sección de presa

Fuente: Slide V. 5.0.

Una vez ingresada las coordenadas, se abrirá una ventana en la cual muestra los materiales influenciados por la existencia del nivel piezométrico; se procede a dar un clic a todos los materiales que están influenciados por esta condición.

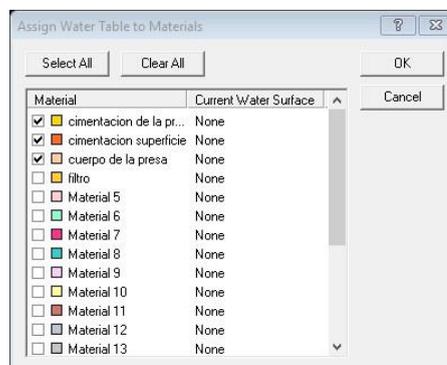


Ilustración 171: Materiales influenciados por el nivel piezométrico.

Fuente: Slide V. 5.0.

Generación de mallas con los centros de círculos de falla

Para generar la malla, en la cual se encontrarán los centros de los círculos de falla; nos dirigimos a la barra de menú y seleccionamos la opción “Surfaces / Auto Grid”, abriéndose la ventana “Grid Spacing”, en la cual ingresaremos el número de intervalos tanto horizontales como verticales de nuestra grilla.

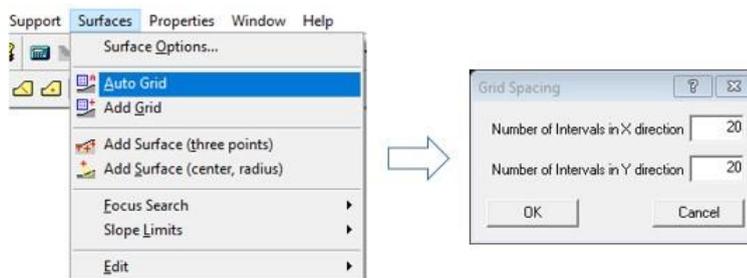


Ilustración 172: Ventana “Auto Grid”.

Fuente: Slide V. 5.0.

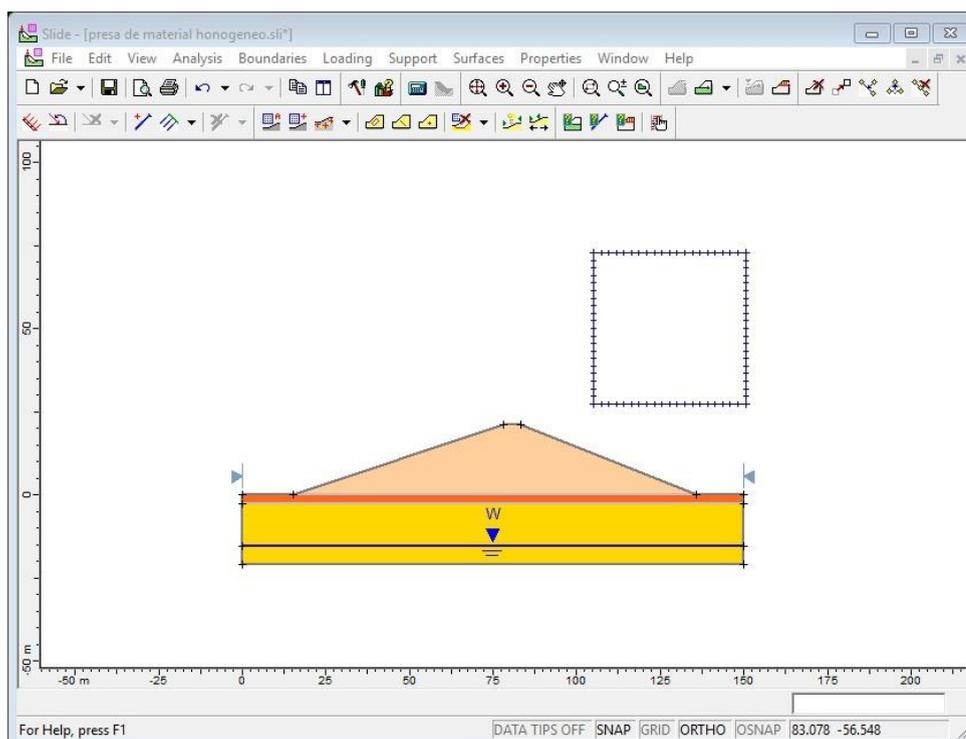


Ilustración 173: Grilla la cual se genera para el análisis de los centros de círculo de falla.

Fuente: Slide V. 5.0

Evaluación de círculos de falla

El programa Slide 5.0 evaluará los diferentes círculos de falla, dando como resultado el factor de seguridad (F.S.), esto se logra seleccionando la opción Compute.

El programa pedirá guardar la información a lo cual escogeremos “Si”.

Con ello el programa empezará a evaluar los diferentes círculos de falla.

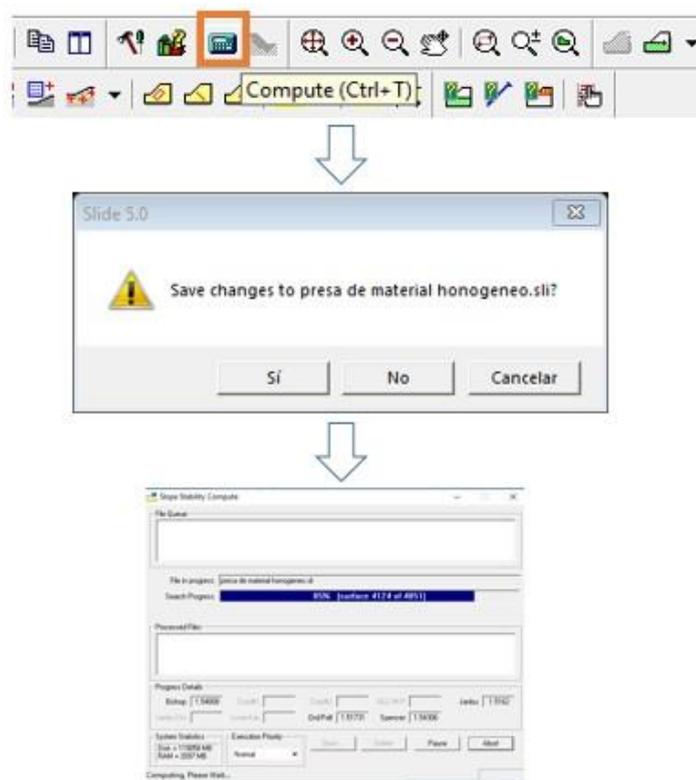


Ilustración 174: Procedimiento a seguir para generar resultado del factor de seguridad.

Fuente: Slide V. 5.0

VISUALIZACIÓN DE RESULTADOS

Para poder visualizar los resultados iremos a la opción “**Interpret**”, ubicada en la barra de herramientas.



Ilustración 175: Ventana “Interpret”.

Fuente: Slide V. 5.0

En donde estuvo ubicado nuestra grilla se visualizara el Factor de Seguridad más crítico.

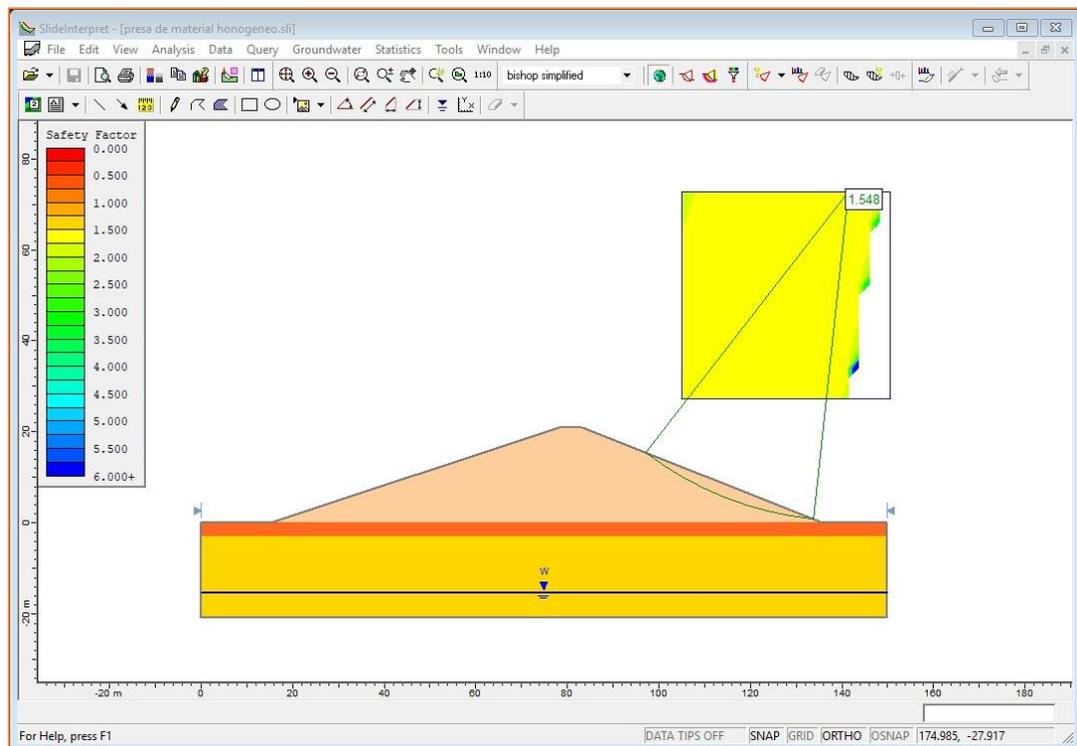


Ilustración 176: Factor de seguridad más crítico.

Fuente: Slide V. 5.0

En este caso el factor de seguridad más crítico es 1.548, mayor al 1.5 se puede considerar que el talud está en una condición estable.

El programa nos permite visualizar los distintos círculos evaluados, para ello nos dirigimos a la barra de herramientas y seleccionamos la opción “All Surfaces” o también “Minium Surfaces”.



Ilustración 177: Ventanas “All Surfaces” y “Minium Surfaces”.

Fuente: Slide V. 5.0

Cada opción nos permite visualizar una cantidad determinada de círculos, así podemos apreciar el análisis que efectúa el programa.

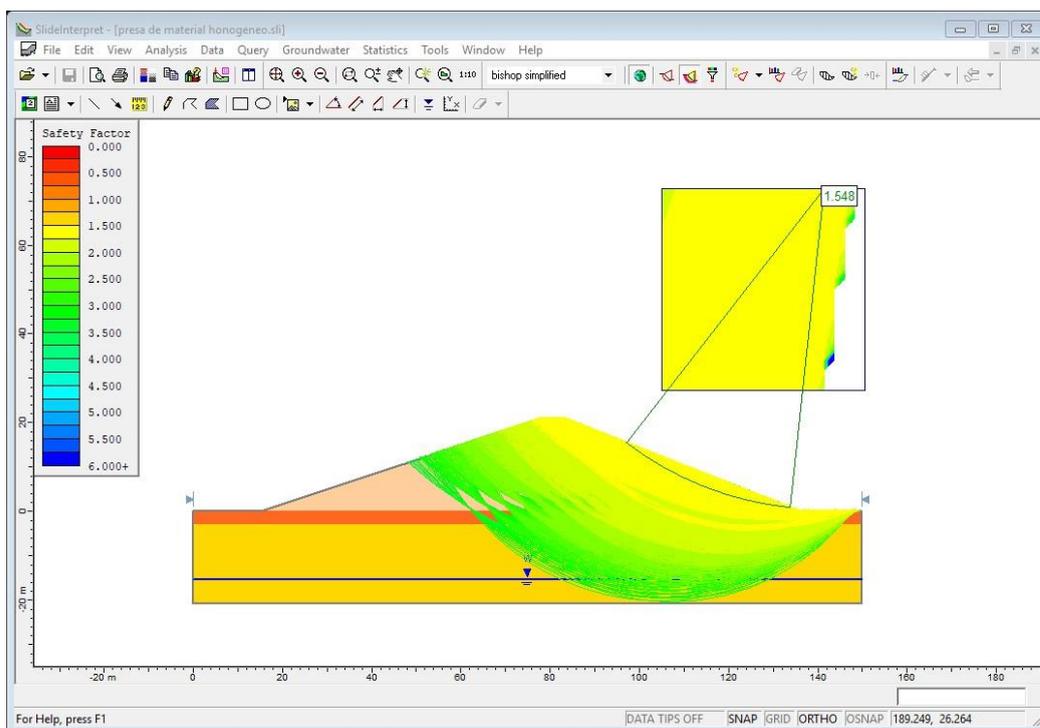


Ilustración 178: Círculos evaluados en el análisis de estabilidad de taludes.

Fuente: Slide V. 5.0

Presentación de resultados

En la barra de tareas encontraremos una serie de opciones las cuales nos permitirán mejorar la presentación del diseño analizado.

Por ejemplo la opción “Text box”, permite insertar cuadros de resumen de resultados siendo la información seleccionada por el usuario.

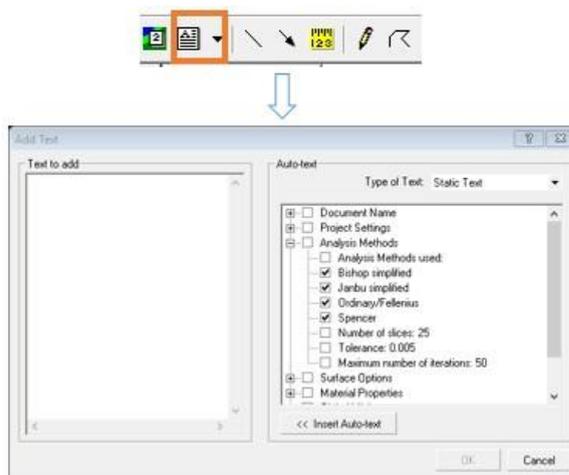


Ilustración 179: Opción de edición “Text Box” y el Cuadros de resumen.

Fuente: Slide V. 5.0

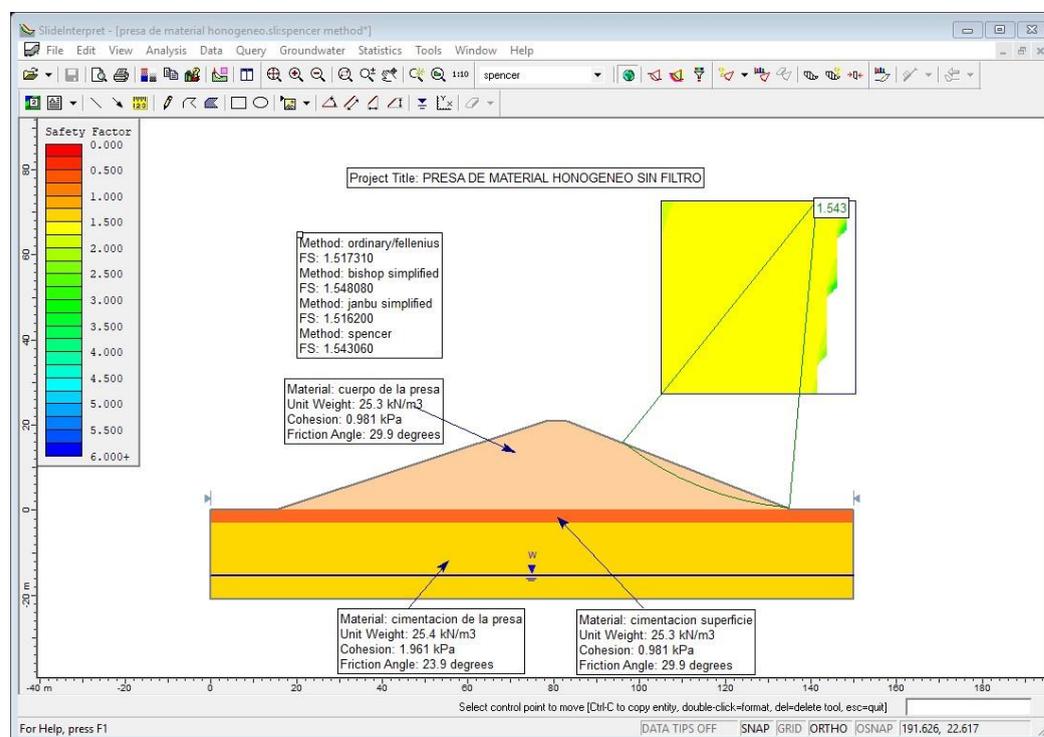


Ilustración 180: Presentación de etiquetas insertadas según “Text box”.

Fuente: Slide V. 5.0

Diseño de la presa de material homogéneo con filtro tipo chimenea

Las presa de tierra posee un sistema de drenaje con el objetivo de controlar el flujo de agua que se infiltra a través de ella, teniendo en cuenta este aspecto y siguiendo el mismo procedimiento; el siguiente diseño representa la sección de una presa de tierra homogénea con un sistema de drenaje tipo chimenea y con ayuda de programa AutoCad podremos tener las coordenadas.

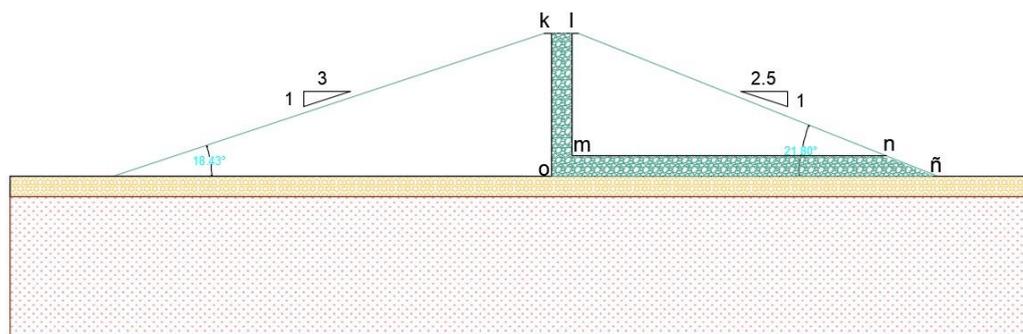


Ilustración 181: Sección de presa de material homogéneo con filtro tipo chimenea.

Fuente: Elaborado por los Investigadores.

Tabla 92. Coordenadas según sección del filtro tipo chimenea.

Coordenadas del Filtro		
	X	Y
k	79.17	21
l	82.17	21
m	82.17	3
n	125.5	3
ñ	135.64	0
o	79.17	0

Fuente: Elaborado por los Investigadores.

Para adicionar los límites de los materiales para el filtro volveremos a seleccionar “Add Material Boundary” en la barra de herramientas, como se muestra a continuación.

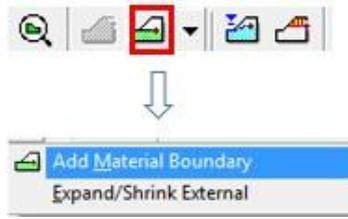


Ilustración 182: “Add Material Boundary”.

Fuente: Slide V. 5.0

Usando la letra “t”, accedemos a ingresar las coordenadas de los límites de los materiales.

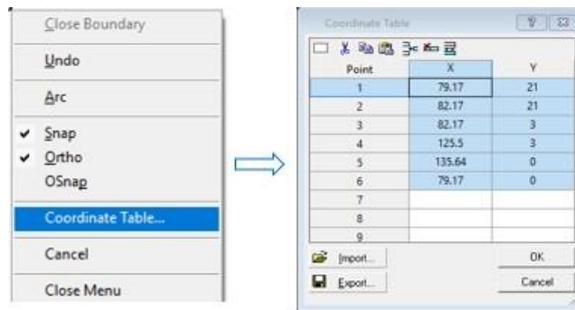


Ilustración 183: Ventana “Coordinate Table”.

Fuente: Slide V. 5.0

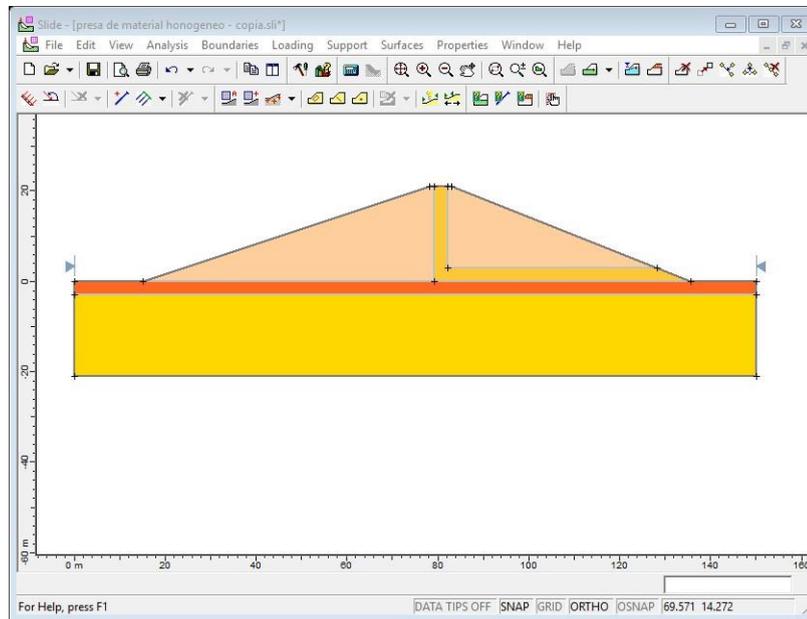


Ilustración 184: Materiales del filtro Asignados a la Sección de Presa en Análisis.

Fuente: Slide V. 5.0

El objetivo del desarrollo de la investigación es realizar el análisis el filtro tipo chimenea en una presa de material homogéneo usando programa Slide 5.0.

Donde las propiedades mecánicas del filtro obtenidas de la ejecución de ensayos en el laboratorio de mecánica de suelos son:

Tabla 93. *Propiedades mecánicas del material de filtro tipo chimenea.*

Propiedades del suelos	Filtro
Peso Específico (kn/m ³)	25.55
Cohesión (kn/m ²)	0.00
Angulo de fricción (°)	45.00

Fuente: Elaborado por los Investigadores.

Repetiremos el proceso anterior (diseño de la presa sin filtro), el cual nos servirá para hallar el FS en este caso utilizando el filtro tipo chimenea.

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS CON EL PROGRAMA SLIDE v 5.0 DEL FACTOR DE SEGURIDAD PARA LA ESTABILIDAD DE TALUDES DE LA PRESA SIN FILTRO Y CON FILTRO

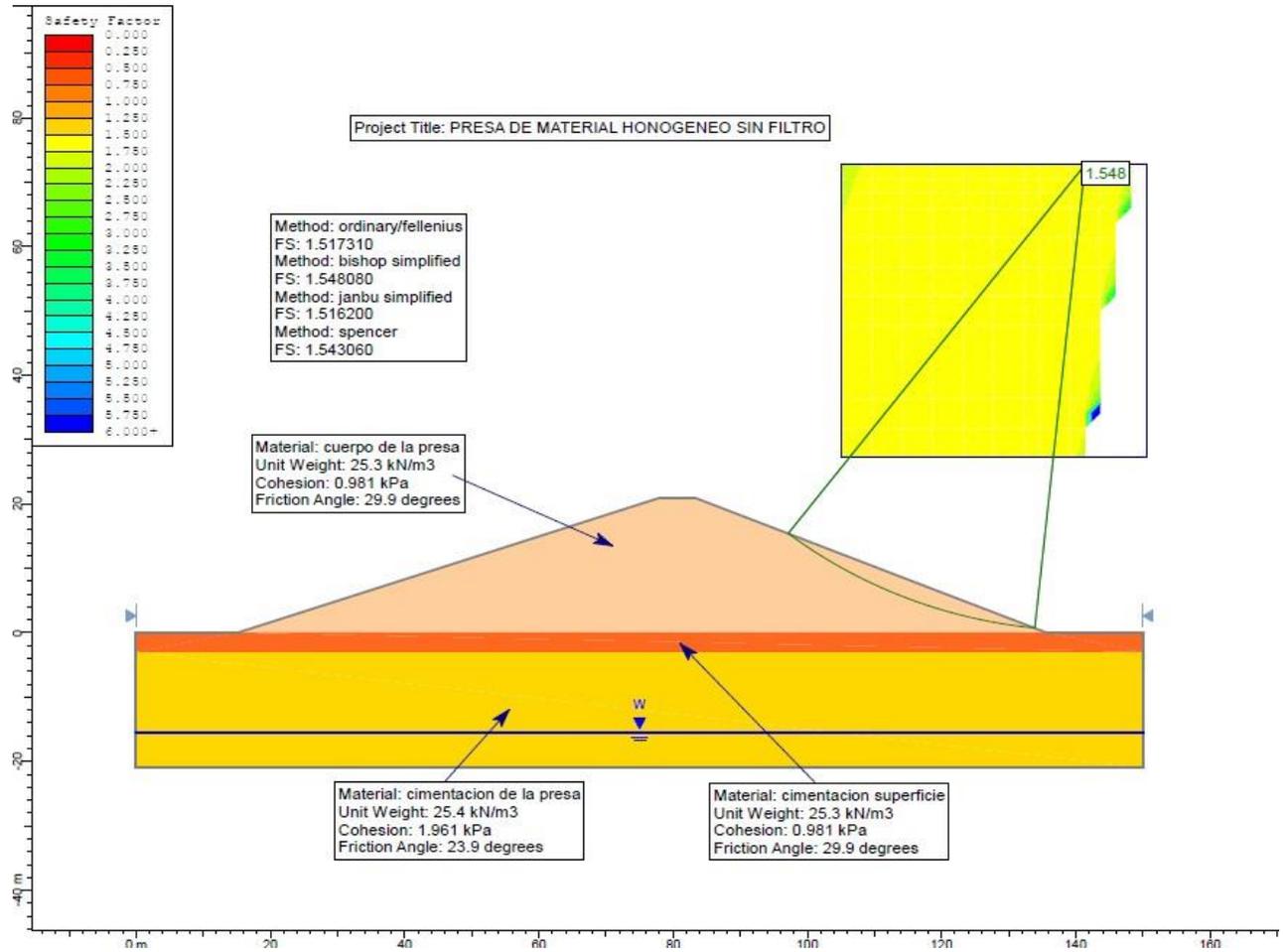


Ilustración 185: Presa sin filtro. Estabilidad de taludes aguas abajo según los métodos indicados.

Fuente: Programa SLIDE v 5.0.

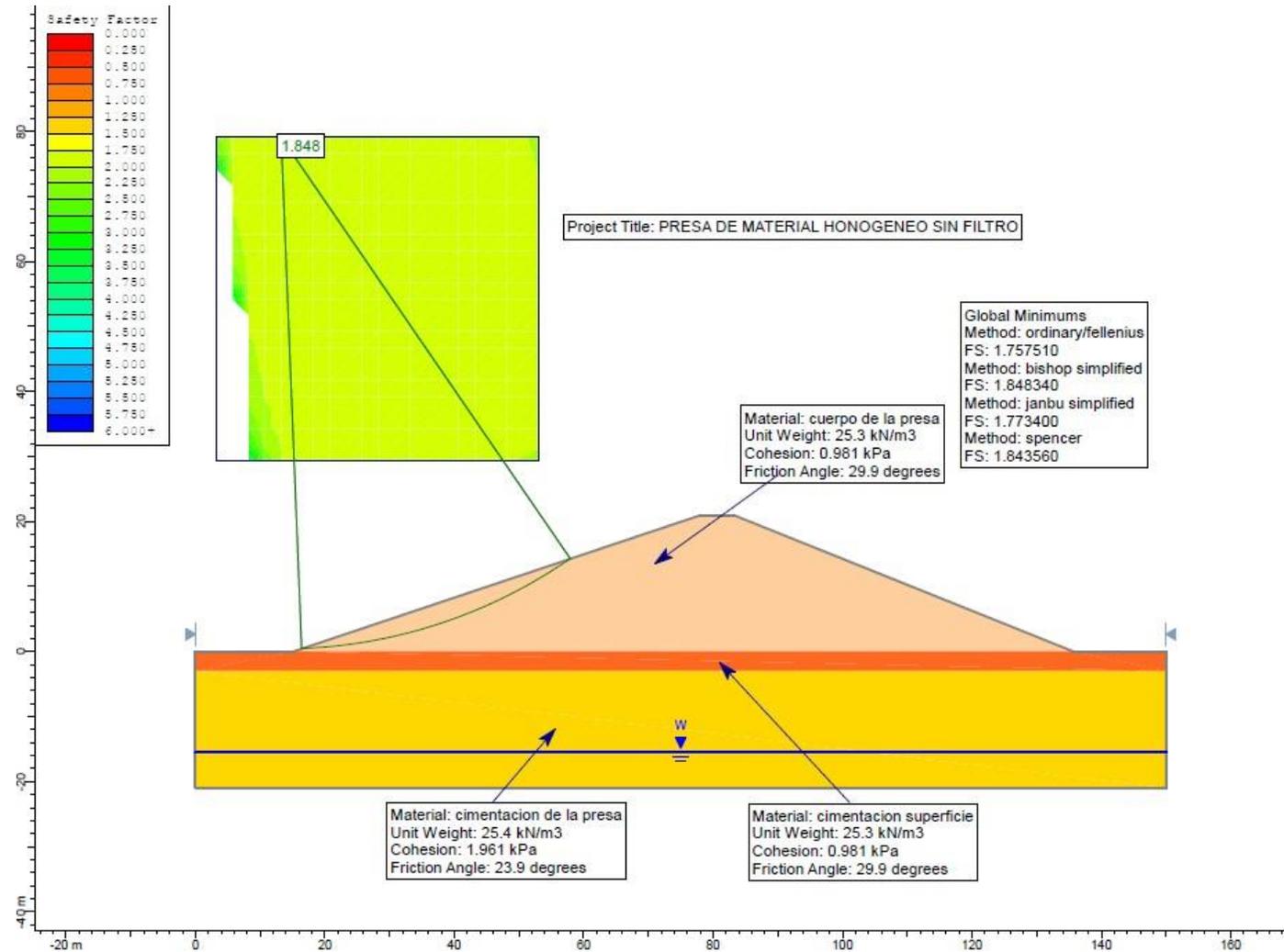


Ilustración 186: Presa sin filtro. Estabilidad de taludes aguas arriba según los métodos indicados.

Fuente: Programa SLIDE v 5.0.

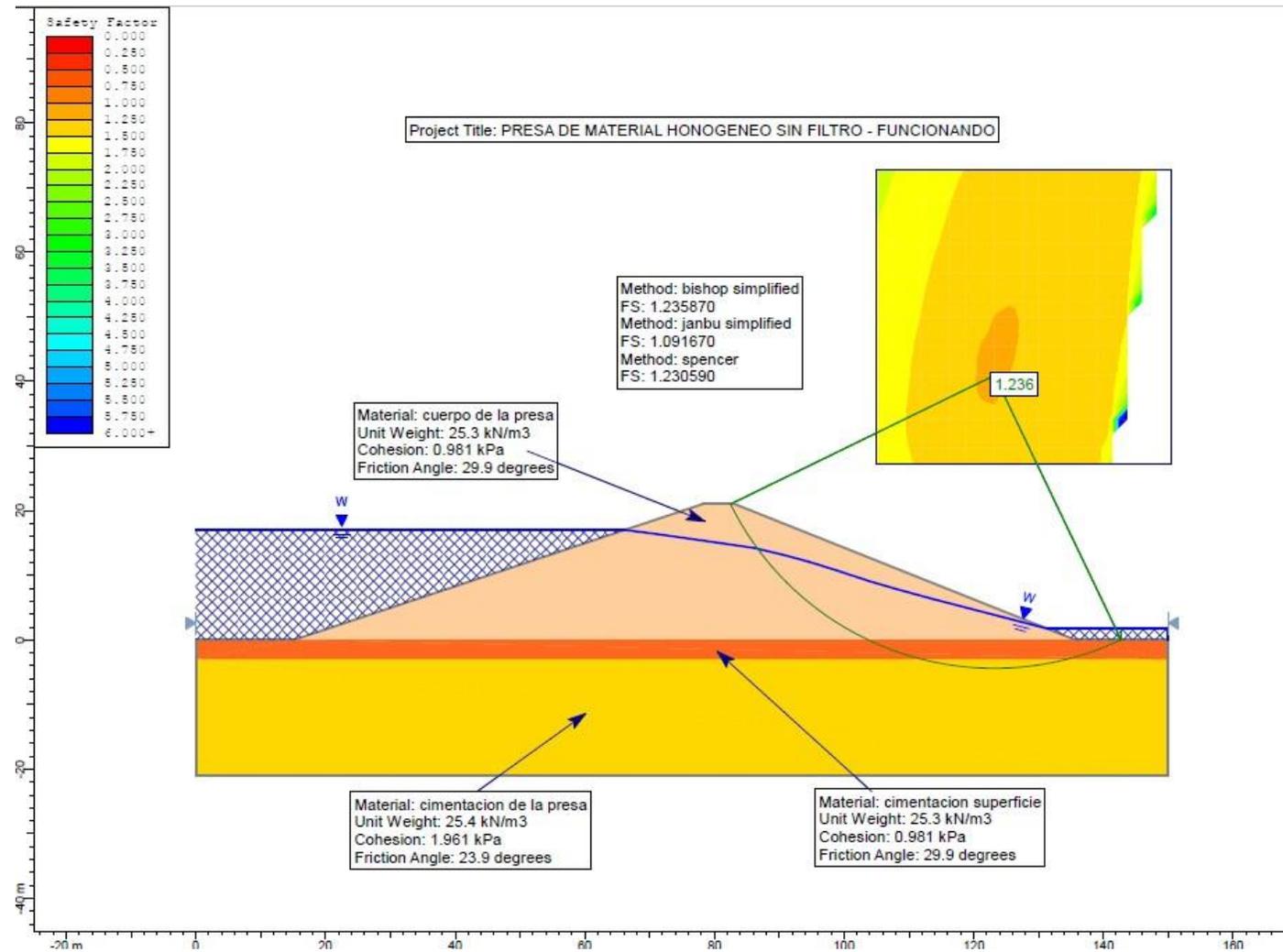


Ilustración 187: Presa sin filtro en funcionamiento. Estabilidad de taludes aguas abajo según los métodos indicados.

Fuente: Programa SLIDE v 5.0.

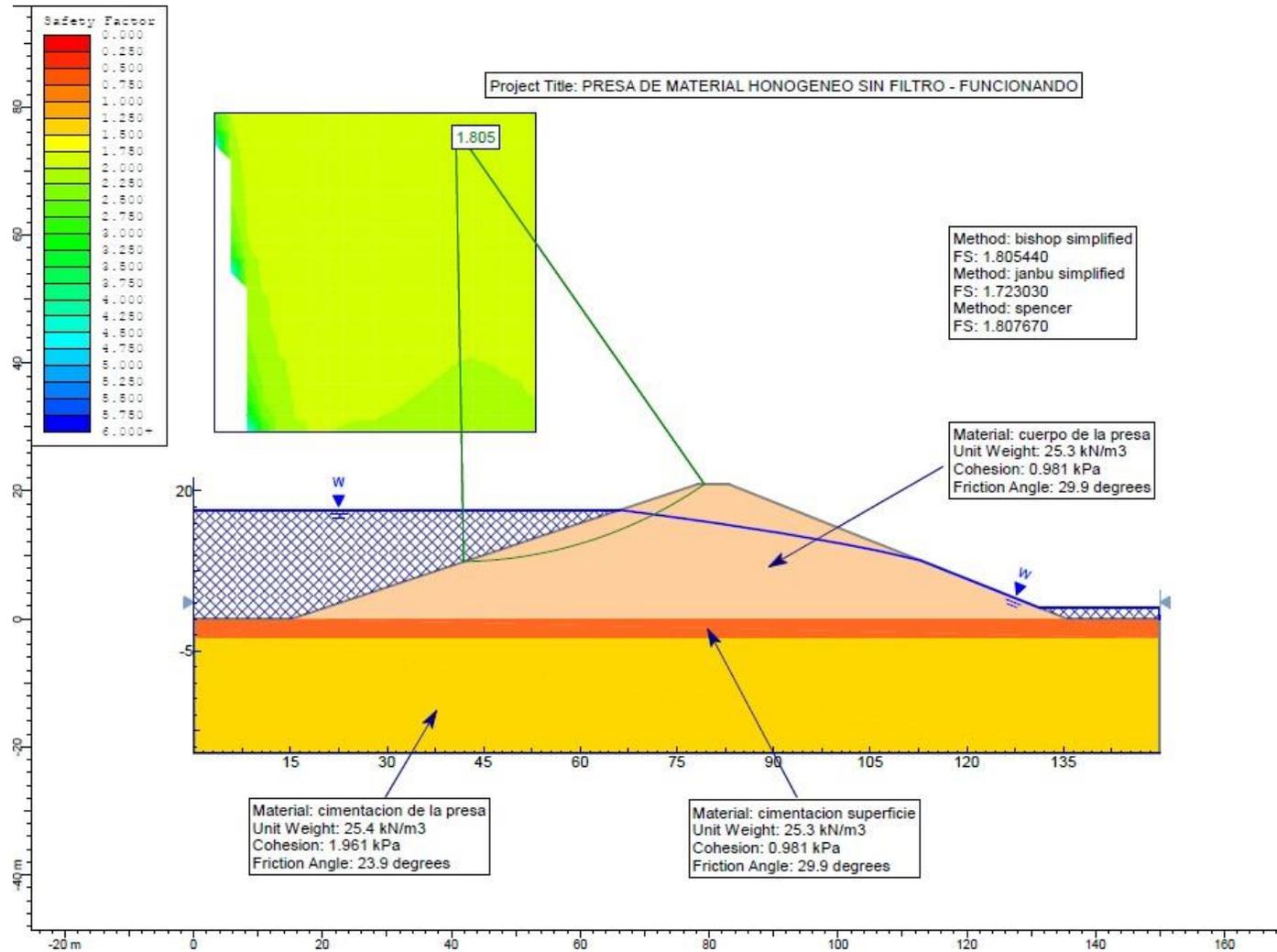


Ilustración 188: Presa sin filtro en funcionamiento. Estabilidad de taludes aguas arriba según los métodos indicados.

Fuente: Programa SLIDE v 5.0.

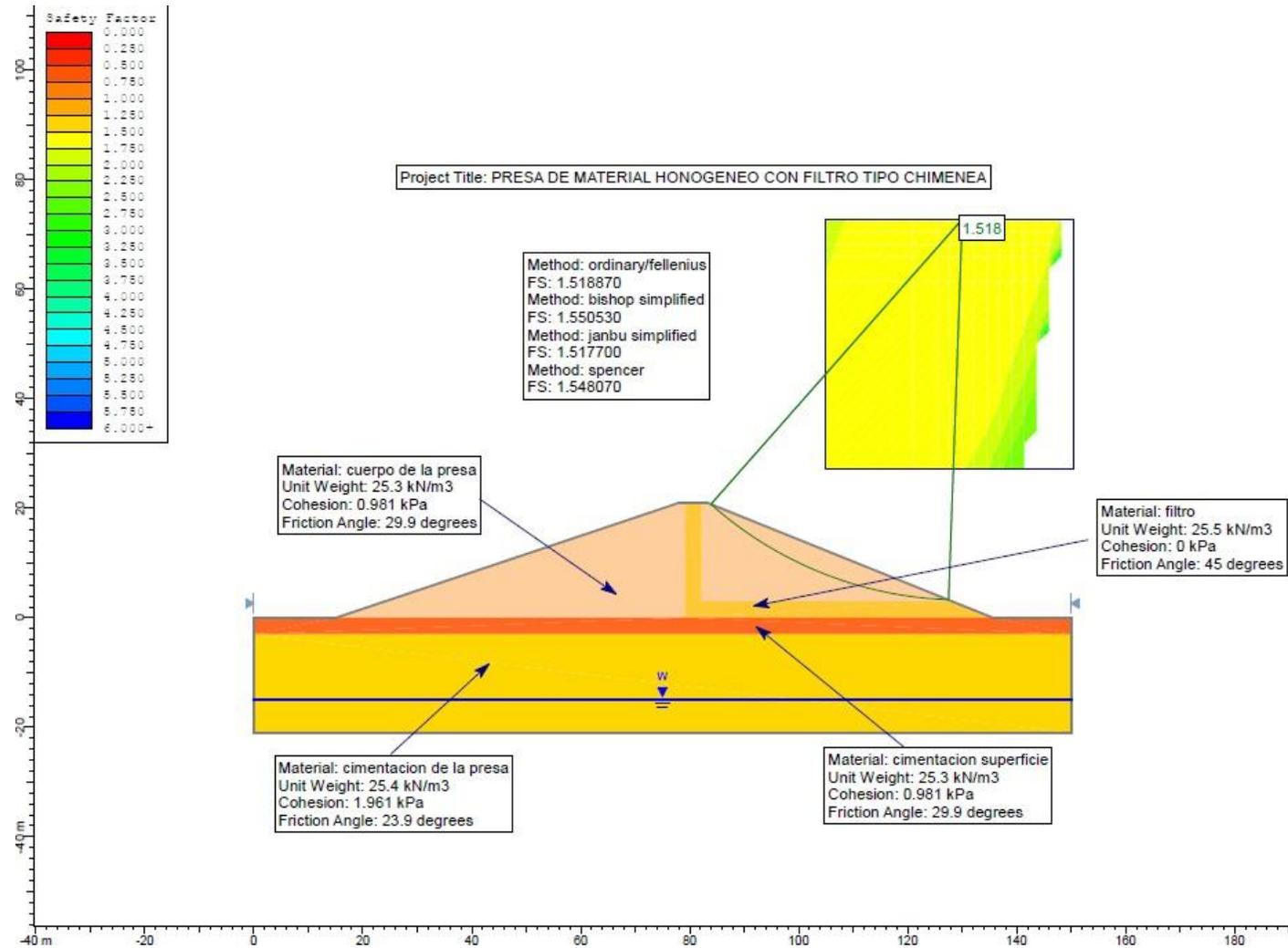


Ilustración 189: Presa con filtro tipo chimenea. Estabilidad de taludes aguas abajo según los métodos indicados.

Fuente: Programa SLIDE v 5.0.

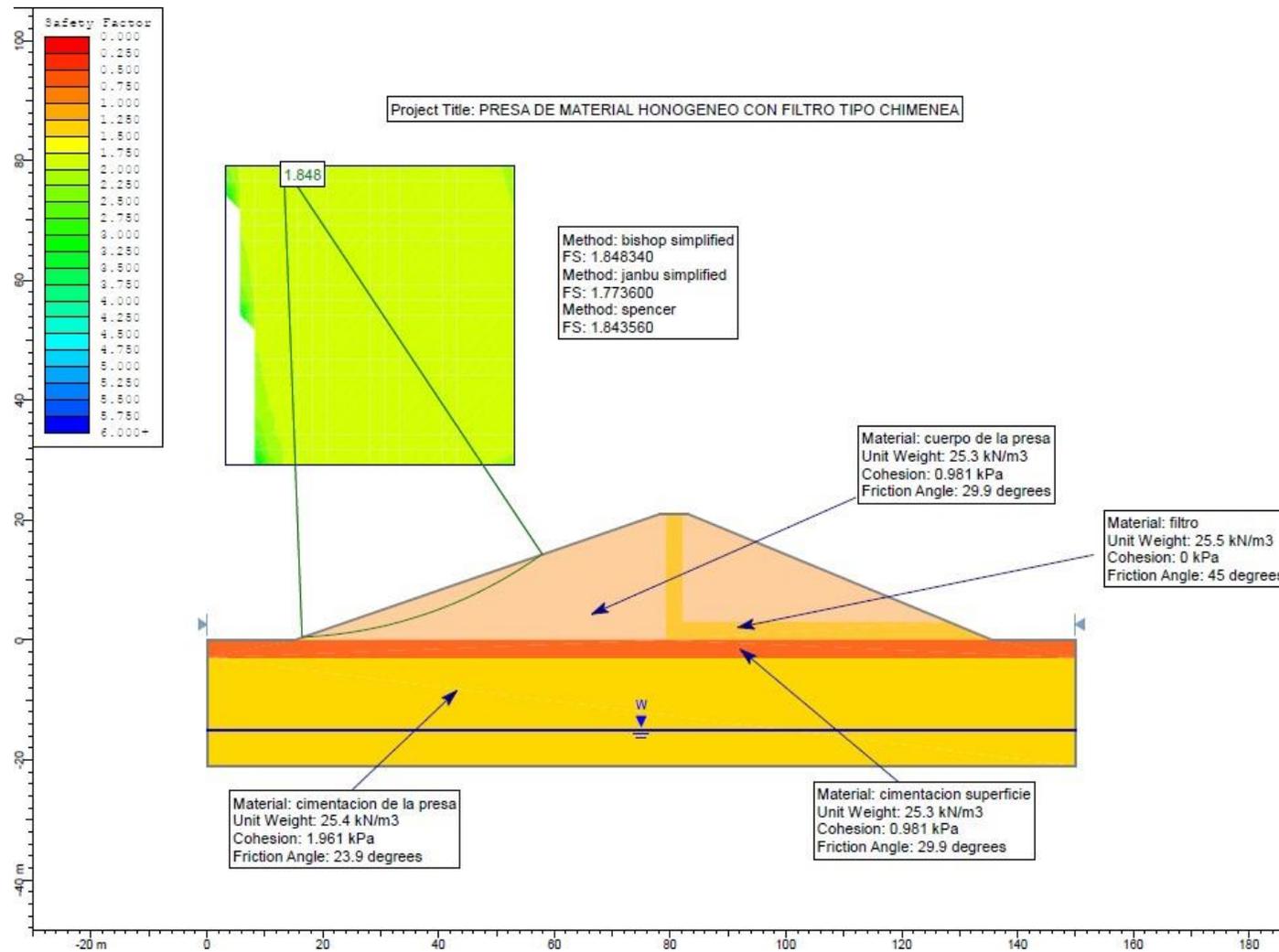


Ilustración 190: Presa con filtro tipo chimenea. Estabilidad de taludes aguas arriba según los métodos indicados.

Fuente: Programa SLIDE v 5.0.

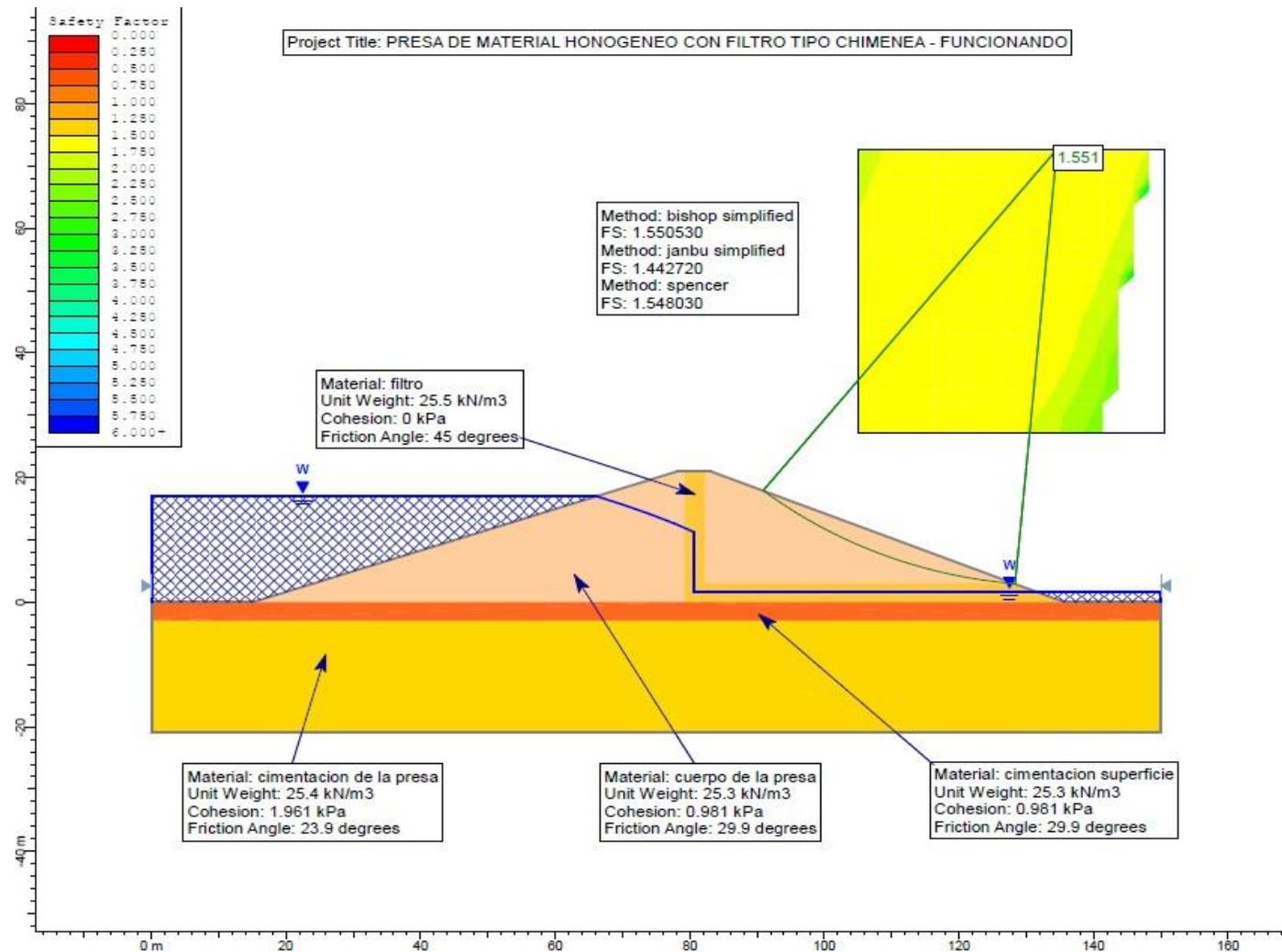


Ilustración 191: Presa con filtro tipo chimenea en funcionamiento. Estabilidad de taludes aguas abajo según los métodos indicados.

Fuente: Programa SLIDE v 5.0.

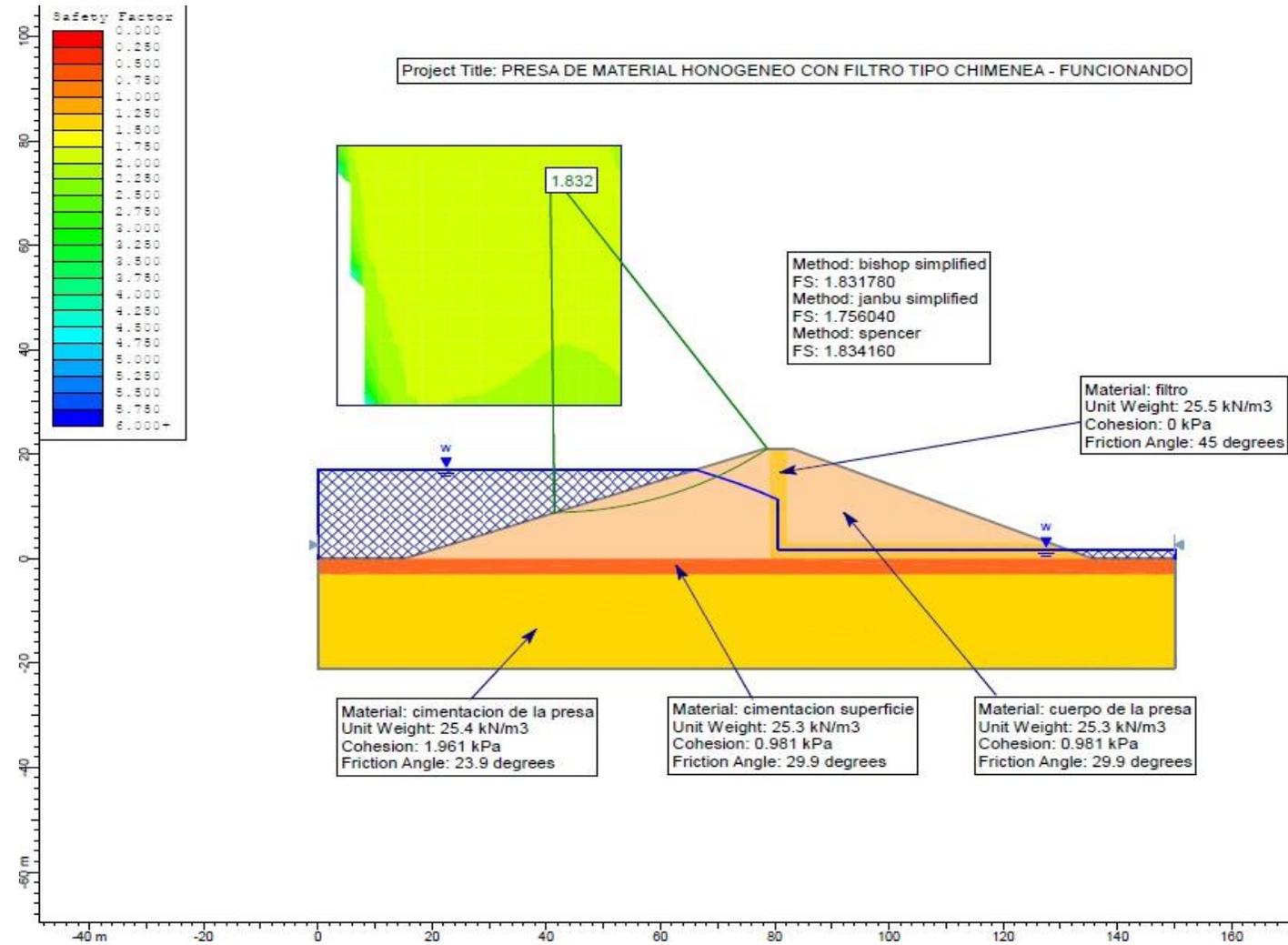


Ilustración 192: Presa con filtro tipo chimenea en funcionamiento. Estabilidad de taludes aguas arriba según los métodos indicados.

Fuente: Programa SLIDE v 5.0.

Para la simulación en el software SLIDE v 5.0. se necesita conocer el coeficiente sísmico propuesto por Ruesta, Díaz y Alva, 1988, dado que la presa en cuestión está considerada como una presa de mediana altura, se hará uso de coeficiente 0.15 en ambos sentidos del sismo.

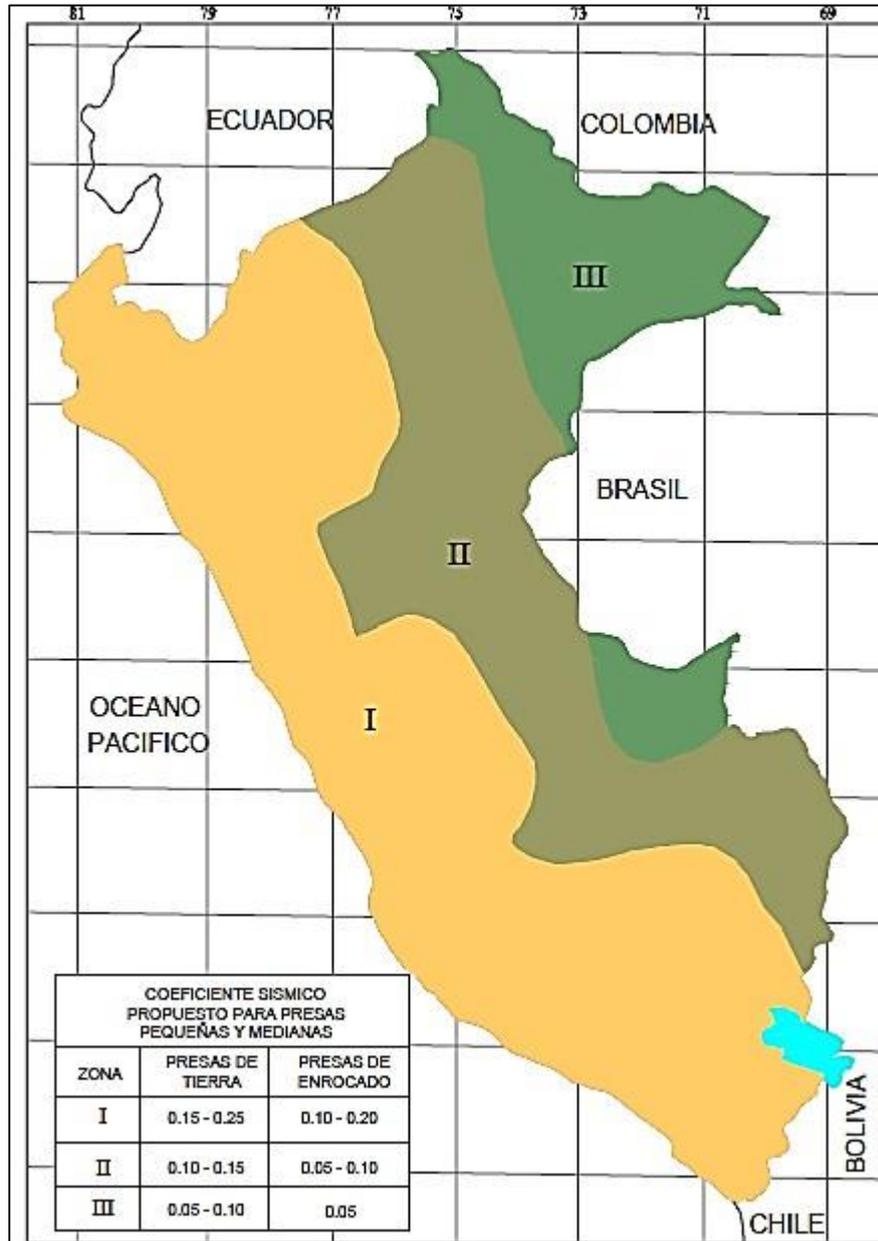


Ilustración 193: Mapa de Zonificación del Coeficiente Sísmico en el Perú.

Fuente: Ruesta, Díaz y Alva, 1988

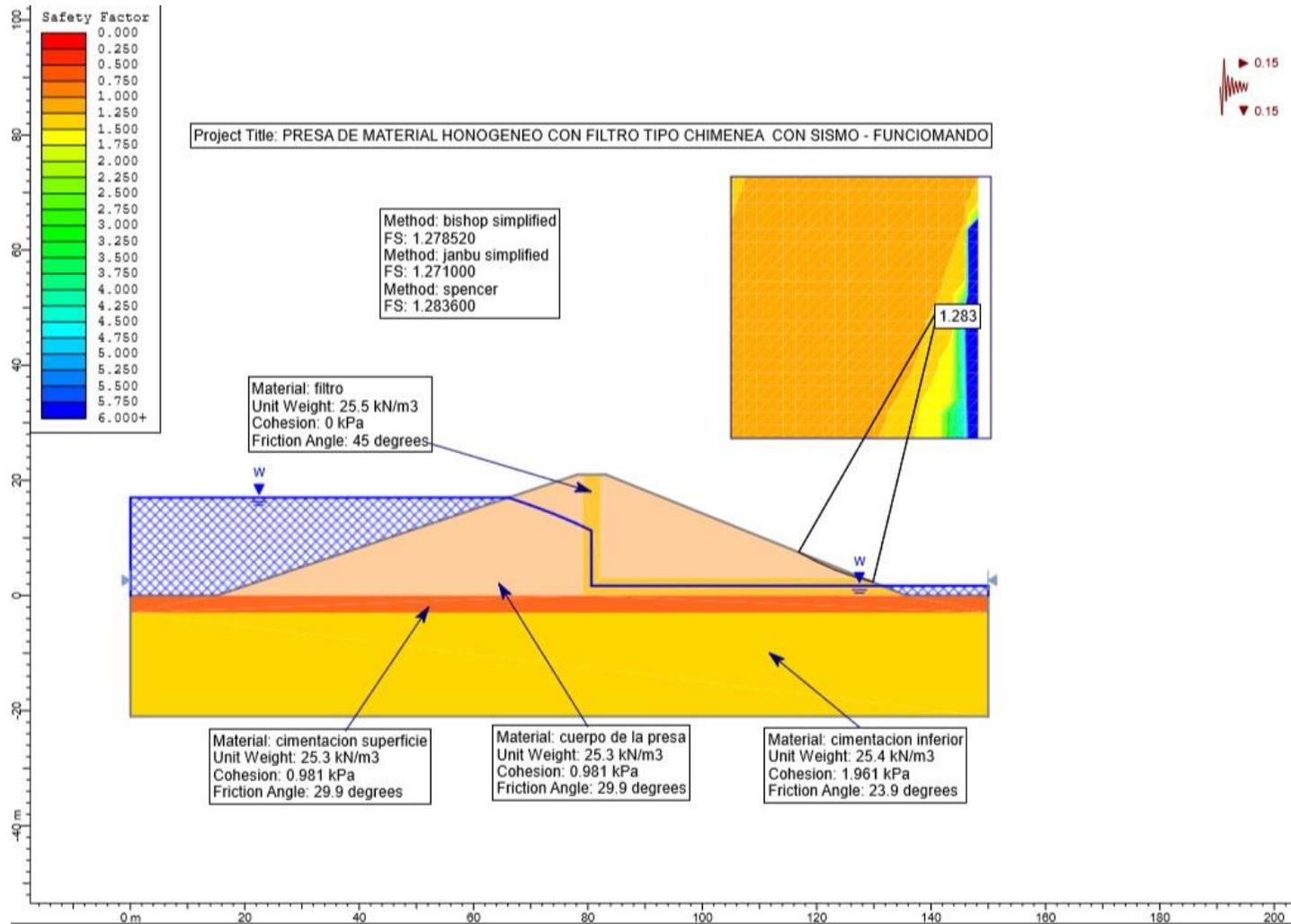


Ilustración 194: Presa con filtro tipo chimenea con sismo y en funcionamiento. Estabilidad de taludes aguas abajo según los métodos indicados.

Fuente: Programa SLIDE v 5.0.

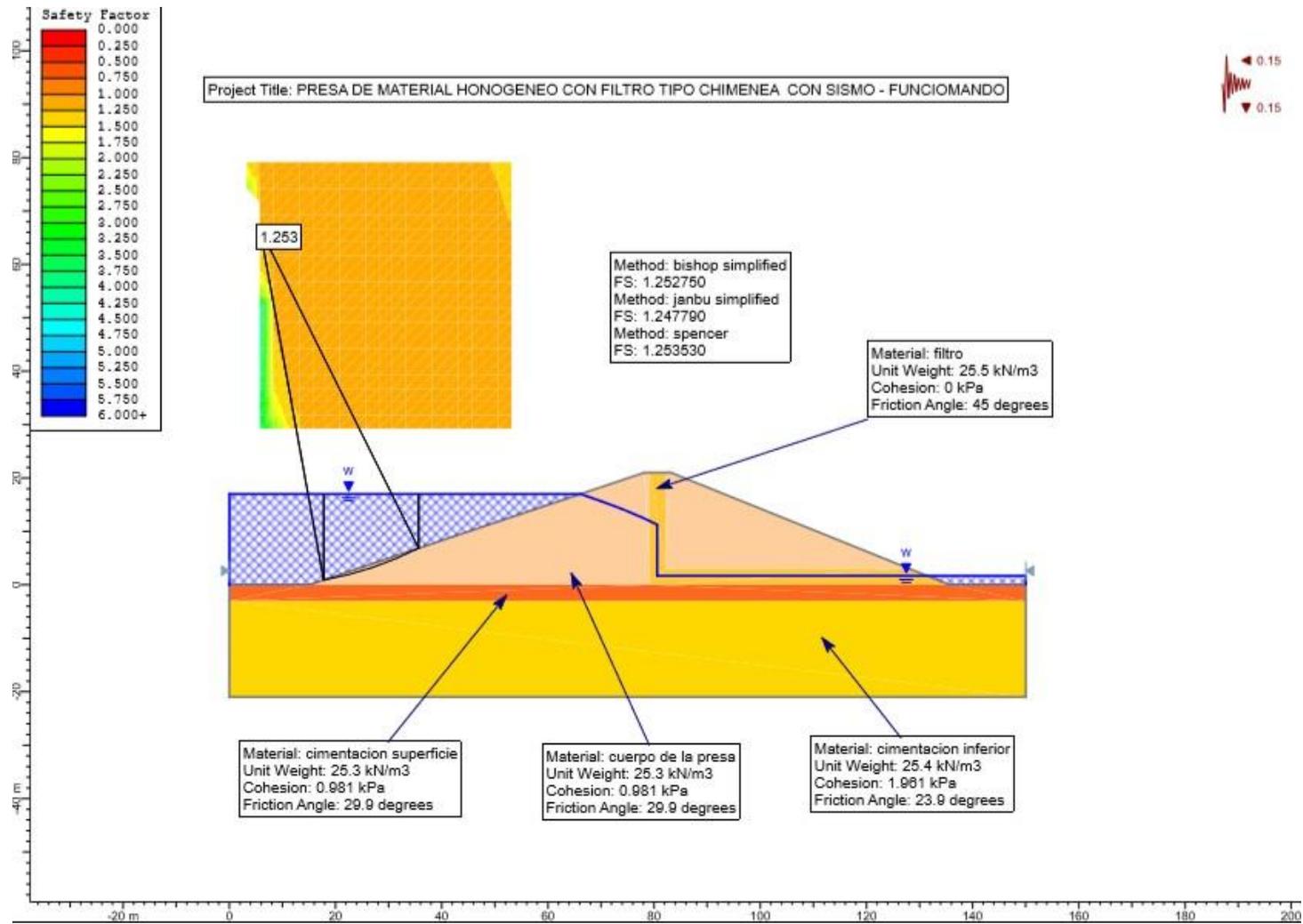
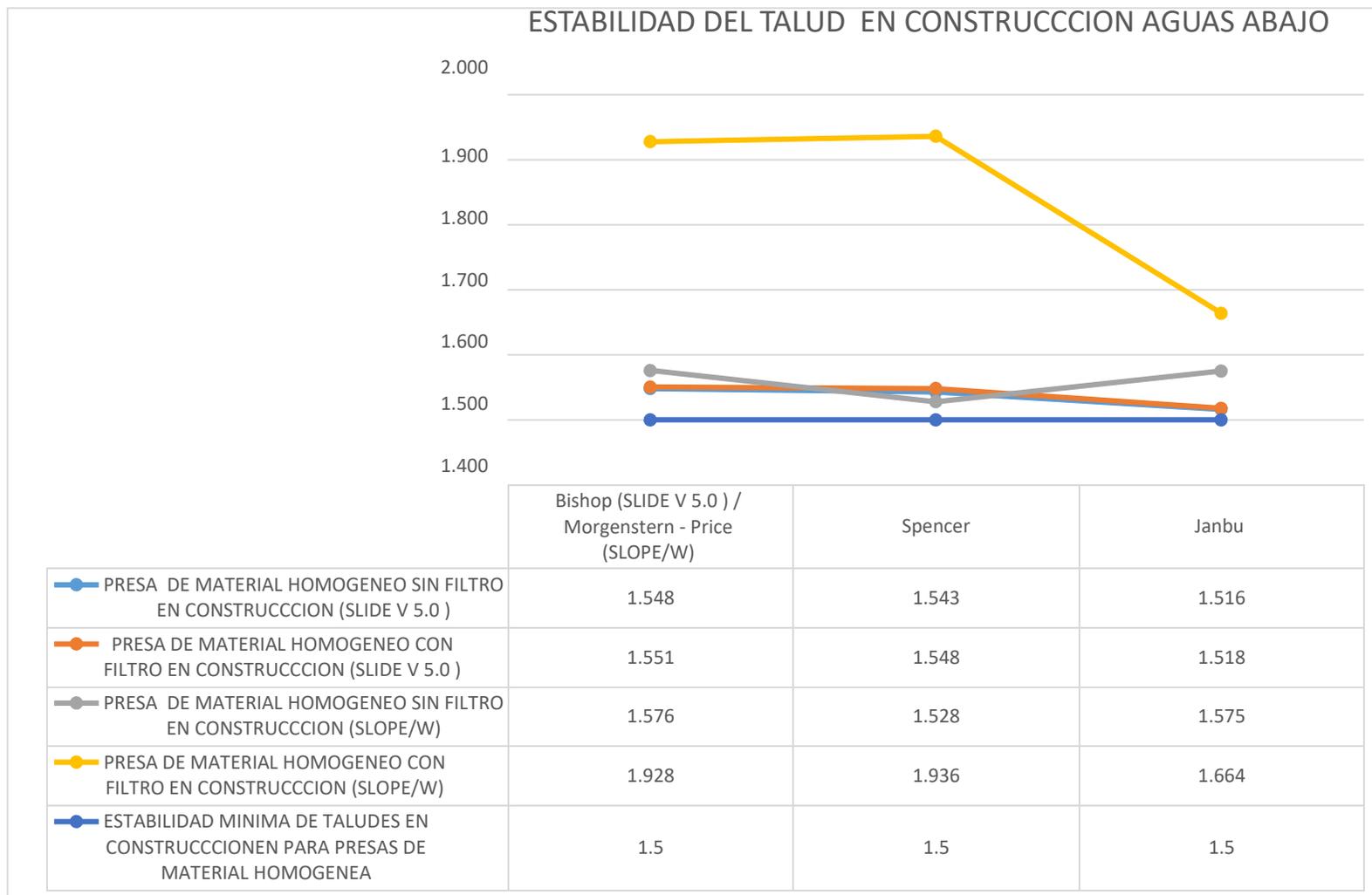


Ilustración 195: Presa con filtro tipo chimenea con sismo y en funcionamiento. Estabilidad de taludes aguas arriba según los métodos indicados.

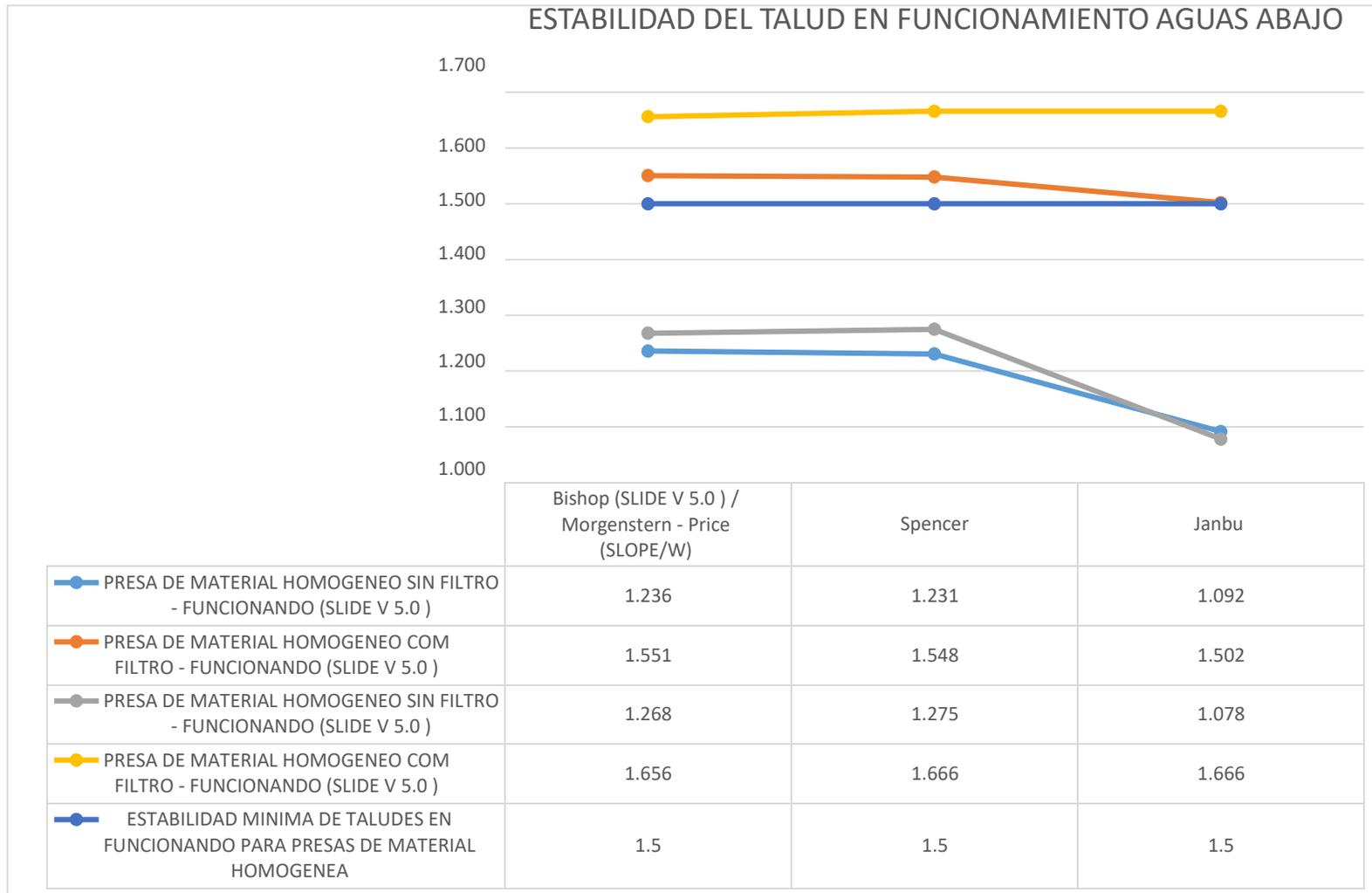
Fuente: Programa SLIDE v 5.0.

Grafica 9. Resumen de los resultados obtenidos (talud en construcción aguas abajo).



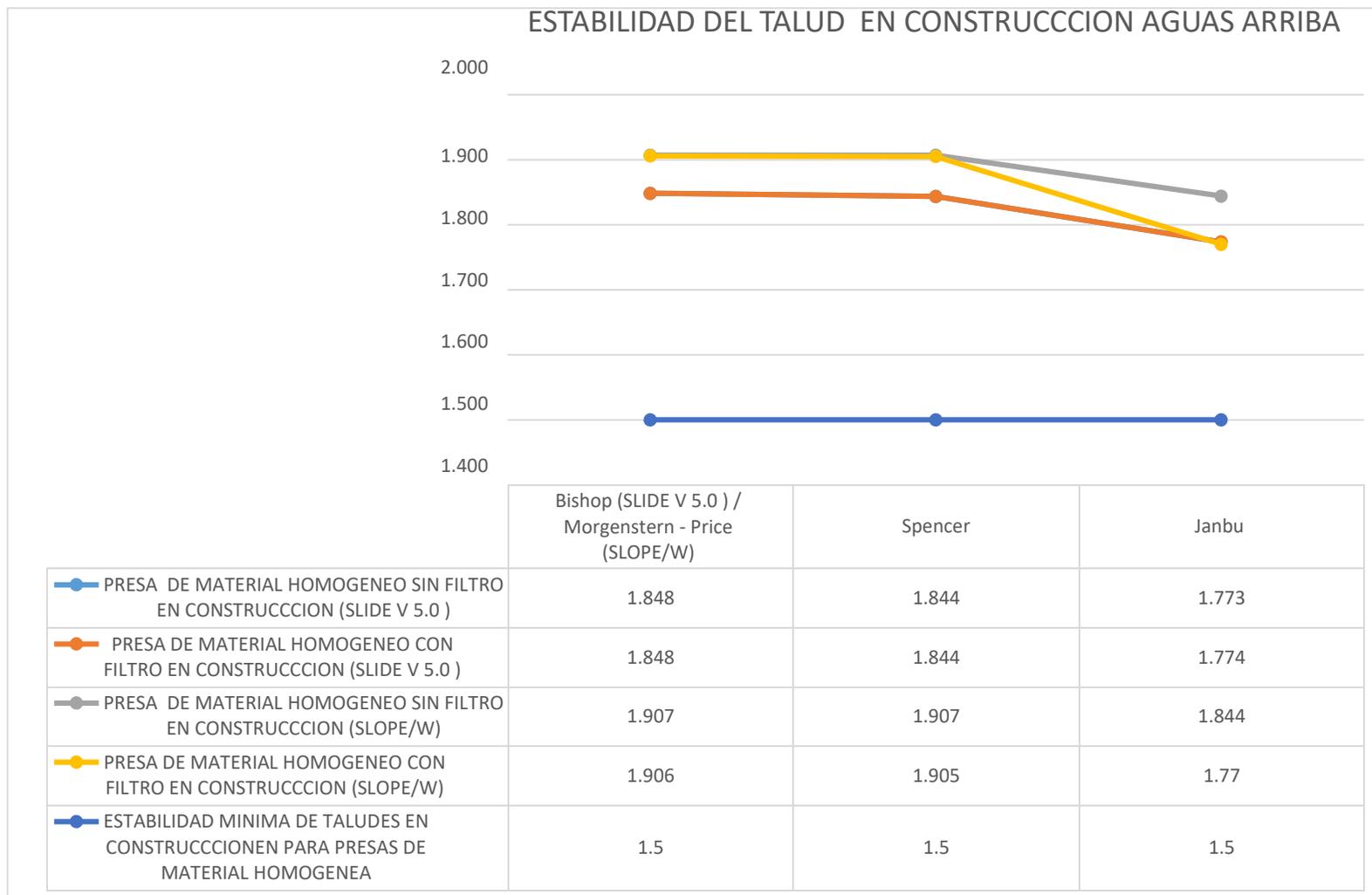
Fuente: Elaborado por los Investigadores.

Grafica 10. Resumen de los resultados obtenidos (talud en funcionamiento aguas abajo).



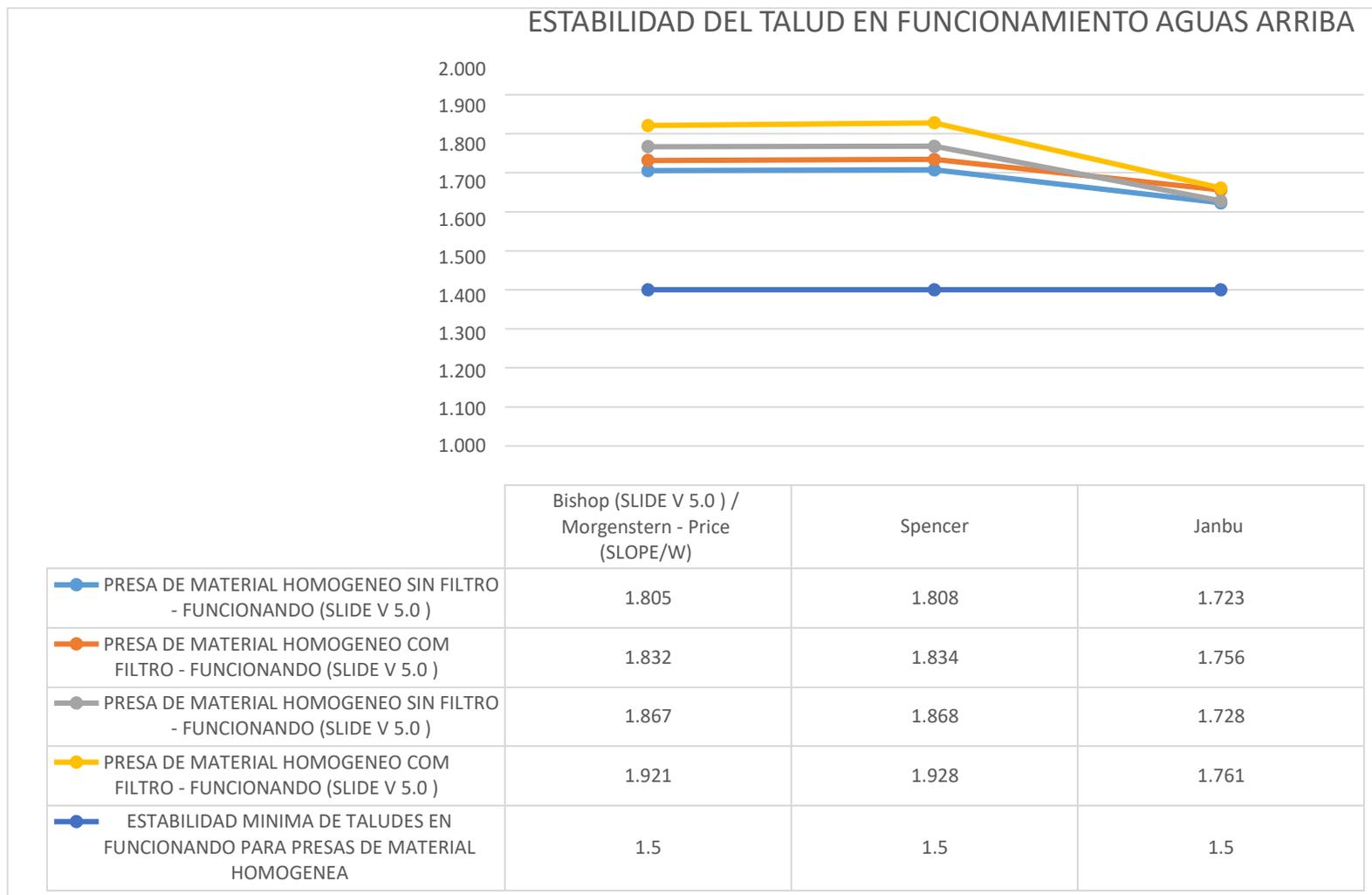
Fuente: Elaborado por los Investigadores.

Grafica 11. Resumen de los resultados obtenidos (talud en construcción aguas arriba).



Fuente: Elaborado por los Investigadores.

Grafica 12. Resumen de los resultados obtenidos (talud en funcionamiento aguas arriba).



Fuente: Elaborado por los Investigadores.

Tabla 94. Coeficientes de seguridad a emplear en el análisis de estabilidad de taludes

NORMATIVA	TALUD TEMPORAL		TALUD PERMANENTE	
	ESTÁTICA	SÍSMICA	ESTÁTICA	SÍSMICA
AASHTO LRFD	1,33-1,53	1,1	1,33-1,53	1,1
NAVFAC-DM7	1,3-1,25	1,2-1,15	1,5	1,2-1,15
FHWA-NHI-11-032	-	1,1	-	1,1
CE.020	-	-	1,5	1,25

Fuente: Elaborado por los Investigadores.

Interpretación de las gráficas obtenidas.

En la **Gráfica 9** podemos apreciar el factor de seguridad del talud aguas abajo durante su construcción, dicho valor es mayor al comparar la presa en la que se ha utilizado el filtro (propuesto en la investigación) con la presa que no utiliza ningún tipo de filtro. Además podemos observar que el programa SLOPE/W es mucho más conservador que el programa SLIDE V 5.0, ya que este programa utiliza otro tipo de análisis.

Se obtuvo un factor de seguridad de 1.936 según Spencer con el programa SLOPE/W V. 2016 como valor más alto y 1.551 según Bishop con el programa SLIDE V 5.0 como valor más bajo, esto con respecto a la estabilidad del talud aguas abajo (en construcción) con filtro tipo chimenea.

Mientras tanto se obtuvo un factor de seguridad aguas abajo (talud en construcción) sin filtro, 1.576 según Morgenstern - Price con el programa SLOPE/W V. 2016 como valor más alto y 1.516 según Janbu con el programa SLIDE V 5.0 como valor más bajo, ambos valores están por encima del mínimo exigido CE. 020 que es 1.5 por la norma, por lo tanto el talud es seguro.

En la **Gráfica 10** podemos apreciar el factor de seguridad del talud aguas abajo durante su funcionamiento, dicho valor es mayor al comparar la presa en la que se ha utilizado el filtro (propuesto en la investigación) con la presa que no utiliza ningún tipo de filtro. Además podemos observar que el programa SLOPE/W es mucho más conservador que el programa SLIDE V 5.0, ya que este programa utiliza otro tipo de análisis.

Se obtuvo un factor de seguridad de 1.666 según Spencer y Janbu con el programa SLOPE/W V. 2016 como valor más alto y 1.502 según Janbu con el programa SLIDE V 5.0 como valor más bajo, esto con respecto a la estabilidad del talud aguas abajo (en funcionamiento) con filtro tipo chimenea.

Mientras tanto se obtuvo un factor de seguridad aguas abajo (en funcionamiento) sin filtro, 1.275 según Spencer con el programa SLOPE/W V. 2016 como valor más alto y 1.078 según Janbu con el programa SLOPE/W V. 2016 como valor más bajo, ninguno de estos valores están por encima del mínimo exigido por la norma CE. 020 que es 1.5 por lo tanto la presa sin filtro bajo estas condiciones es insegura.

En la **Gráfica 11** podemos apreciar el factor de seguridad del talud aguas arriba durante su construcción, dicho valor es muy cercano al comparar la presa en la que se ha utilizado el filtro (propuesto en la investigación) con la presa que no utiliza ningún tipo de filtro. Además podemos observar que el programa SLOPE/W es mucho más conservador que el programa SLIDE V 5.0, ya que este programa utiliza otro tipo de análisis.

Se obtuvo un factor de seguridad de 1.906 según Morgenstern – Price con el programa SLOPE/W V. 2016 como valor más alto y 1.774 según Janbu con el programa SLIDE V 5.0 como valor más bajo, esto con respecto a la estabilidad del talud aguas arriba (en construcción) con filtro tipo chimenea.

Mientras tanto se obtuvo un factor de seguridad aguas arriba (en construcción) sin filtro, 1.907 según Morgenstern - Price y Spencer con el programa SLOPE/W V. 2016 como valor más alto y 1.773 según Janbu con el programa SLOPE/W V. 2016 como valor más bajo, ambos valores están por encima del mínimo exigido por la norma CE. 020 que es 1.5, por lo tanto el talud es seguro.

En la **Gráfica 12** podemos apreciar el factor de seguridad del talud aguas arriba durante su funcionamiento, dicho valor es mayor al comparar la presa en la que se ha utilizado el filtro (propuesto en la investigación) con la presa que no utiliza ningún tipo de filtro. Además podemos observar que el programa SLOPE/W es mucho más conservador que el programa SLIDE V 5.0, ya que este programa utiliza otro tipo de análisis.

Se obtuvo un factor de seguridad de 1.928 según Spencer con el programa SLOPE/W V. 2016 como valor más alto y 1.756 según Janbu con el programa SLIDE V 5.0 como valor más bajo, esto con respecto a la estabilidad del talud aguas arriba (en funcionamiento) con filtro tipo chimenea.

Mientras tanto se obtuvo un factor de seguridad aguas arriba (en funcionamiento) sin filtro, 1.868 según Spencer con el programa SLOPE/W V. 2016 como valor más alto y 1.723 según Janbu con el programa SLIDE V 5.0 como valor más bajo, ambos valores están por encima del mínimo exigido por la norma CE. 020 que es 1.5, por lo tanto el talud es seguro.

Acta de aprobación de originalidad de tesis



ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD
DE TESIS

Código : F06-PP-PR-02.02
Versión : 09
Fecha : 23-03-2018
Página : 1 de 32

27

Yo, **MG. ING. JULIO BENITES CHERO**, docente de la Facultad INGENIERIA y Escuela Profesional INGENIERIA CIVIL de la Universidad César Vallejo Chiclayo, revisor (a) de la tesis titulada

INFLUENCIA DEL FILTRO TIPO CHIMENEA MEDIANTE MODELAMIENTO BIDIMENSIONAL PARA UNA PRESA DE MATERIAL HOMOGÉNEO EXTRAÍDO DE LA CANTERA TRES TOMAS, del estudiante: **SABOYA GUERRERO, ROBERT HENRY**, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 17 % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

CHICLAYO 21 DE DICIEMBRE DEL 2018

Firma
Julio Benites Chero
DNI: 16735658



Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante del SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	-----------------------	--------	---------------------------------



ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD
DE TESIS

Código : F06-PP-PR-02.02
Versión : 09
Fecha : 23-03-2018
Página : 1 de 32

24

Yo, **MG. ING. JULIO BENITES CHERO**, docente de la Facultad INGENIERIA y Escuela Profesional INGENIERIA CIVIL de la Universidad César Vallejo Chiclayo, revisor (a) de la tesis titulada **INFLUENCIA DEL FILTRO TIPO CHIMENEA MEDIANTE MODELAMIENTO BIDIMENSIONAL PARA UNA PRESA DE MATERIAL HOMOGÉNEO EXTRAIDO DE LA CANTERA TRES TOMAS**, del estudiante: **PERALES ASMAT, JOSUE ELIAZER**, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 17 % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

CHICLAYO 21 DE DICIEMBRE DEL 2018

Firma
Julio Benites Chero
DNI: 16735658



Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante del SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	-----------------------	--------	---------------------------------

Autorización de publicación de tesis en repositorio institucional UCV

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV	Código : F08-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 33
--	---	--

27

Yo SABOYA GUERRERO, ROBERT HENRY, identificado con DNI N° **4322255**, egresado de la Escuela Profesional de ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, autorizo(x), No autorizo() la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado:

INFLUENCIA DEL FILTRO TIPO CHIMENEA MEDIANTE MODELAMIENTO BIDIMENSIONAL PARA UNA PRESA DE MATERIAL HOMOGÉNEO EXTRAÍDO DE LA CANTERA TRES TOMAS ; en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....


SABOYA GUERRERO, ROBERT HENRY
FIRMA

DNI: **4322255**

FECHA: 21 de Diciembre del 2018



Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	-----------------------------------	--------	---------------------------------



**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE
TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL
UCV**

Código : F08-PP-PR-02.02
Versión : 09
Fecha : 23-03-2018
Página : 1 de 1

Yo Perales Asmat Josue Eliazar, identificado con DNI N° 46777038,
egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la
Universidad César Vallejo, autorizo (X) , No autorizo () la divulgación y
comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado
" Influencia del filtro tipo chimenea mediante modelo numérico
bidimensional para una prueba de material homogéneo extraído
de la cantina tras toma.
....."; en el Repositorio
Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el
Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Perales

FIRMA

DNI: 46777038

FECHA: 21 de diciembre del 2018.

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable del ISGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	----------------------	--------	---------------------------------

Autorización de la versión final del trabajo de investigación.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE

E.P. Ingeniería Civil

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

Saboya Guerrero Robert Henry

INFORME TITULADO:

Influencia del filtro tipo chimenea mediante modelamiento bidimensional
para una presa de material homogéneo extraído de la cantera Tres Tomas.

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

Ingeniero Civil

SUSTENTADO EN FECHA: 17 de abril de 2019

NOTA O MENCIÓN: Aprobado por unanimidad.



[Firma]
FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE

E.P. Ingeniería Civil

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

Pérez Asmat Josue Eliazer

INFORME TÍTULADO:

"Influencia del filtro tipo chimenea mediante modelamiento

bidimensional para una presa de material homogéneo extraído de la cantera Tres Tomas"

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

Ingeniero Civil

SUSTENTADO EN FECHA: 17 abril de 2019

NOTA O MENCIÓN: Aprobar por unanimidad



[Firma]
FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN