

**UNIVERSIDAD NACIONAL
“SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO”**

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS:

**“INCIDENCIA DE LA CARGA SÍSMICA EN EL
COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL
MURO DE SUELO REFORZADO DEL CENTRO
COMERCIAL TRUJILLO, HUARAZ 2021”.**

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

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

FERNÁNDEZ MENACHO Lincoln Jimmy

ASESOR:

Dr. Ing. REYES ROQUE Reynaldo Melquiades

Huaraz – Ancash – Perú

2023





**UNIVERSIDAD NACIONAL
"SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



REGISTRO	
LIBRO	FOLIO
01	302

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 298

En la ciudad de Huaraz, al (a los) 8 día (s) del mes de

AGOSTO del DOS MIL VEINTITRES, siendo las 11:00 horas, se reunieron el

Jurado Evaluador integrado por:

PRESIDENTE : Dr. ELIO ALEJANDRO MILLA VERGARA

PRIMER MIEMBRO : Ing. JOHN FRAYLUIS BARRETO PALMA

SEGUNDO MIEMBRO : Mag. CARLOS HUGO OLAZA HENOSTROZA

Para proceder al Acto de Sustentación para optar el Título Profesional de INGENIERO(A) CIVIL, bajo la modalidad de:

Tesis Trabajo de suficiencia profesional, del (de la) Bachiller

LINCOLN JIMMY FERNÁNDEZ MENACHO

(de la Tesis) - (del Trabajo de suficiencia profesional) titulada:

"INCIDENCIA DE LA CARGA SÍSMICA EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL MURO DE SUELO REFORZADO DEL CENTRO COMERCIAL TRUJILLO, HUARAZ 2021".

desarrollada bajo el asesoramiento de:

ASESOR : Dr. REYNALDO MELQUIADES REYES ROQUE

CO - ASESOR :

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Civil; se procedió a recepcionar la exposición del aspirante; luego de las interrogantes, objeciones y aclaraciones y su absolución, el Jurado Evaluador determinó la calificación de:

Aprobado

Siendo las 12:30 horas del mismo día, se dio por concluido el Acto de Sustentación, firmando la presente por triplicado, en señal de conformidad.

PRESIDENTE
Dr. ELIO ALEJANDRO MILLA VERGARA

PRIMER MIEMBRO
Ing. JOHN FRAYLUIS BARRETO PALMA

SEGUNDO MIEMBRO
Mag. CARLOS HUGO OLAZA HENOSTROZA

ASESOR
Dr. REYNALDO MELQUIADES REYES ROQUE

CO - ASESOR

SUSTENTANTE
LINCOLN JIMMY FERNÁNDEZ MENACHO



INFORME DE ORIGINALIDAD

El que suscribe asesor del trabajo de investigación titulado: **“INCIDENCIA DE LA CARGA SÍSMICA EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL MURO DE SUELO REFORZADO DEL CENTRO COMERCIAL TRUJILLO, HUARAZ 2021”**, presentado por el **Bachiller LINCOLN JIMMY FERNÁNDEZ MENACHO**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

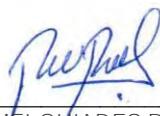
Informó que el documento del trabajo anteriormente indicado ha sido sometido a revisión, mediante la plataforma de evaluación de similitud, conforme al Artículo 11° del presente reglamento y de la evaluación de originalidad **se tiene un porcentaje de 16% de similitud.**

Evaluación y acciones del reporte de similitud de los trabajos de los estudiantes / tesis de pre grado (Art. 11, inc. 1).

Porcentaje		Evaluación y acciones	Marque con una X
Trabajos de estudiantes	Tesis de pregrado		
Del 1 al 30%	Del 1 al 25%	Está dentro del rango aceptable de similitud y podrá pasar al siguiente paso según sea el caso.	X
Del 31 al 50%	Del 26 al 50%	Se debe devolver al estudiante o egresado para las correcciones con las sugerencias que amerita y que se presente nuevamente el trabajo.	
Mayores a 51%	Mayores a 51%	El docente o asesor que es el responsable de la revisión del documento emite un informe y el autor recibe una observación en un primer momento y si persistiese el trabajo es invalidado.	

Por tanto, en mi condición de Asesor de tesis de la FIC UNASAM, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto la primera hoja del reporte del software antiplagio.

Huaraz, 20 de julio de 2023



REYNALDO MELQUIADES REYES ROQUE
DOCENTE FIC UNASAM - ASESOR DE TESIS
DNI N° 31658163

Se adjunta:

1. Reporte Generado por la plataforma de evaluación de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

Borrador_Tesis_Lincoln_Fernandez_2023.pdf

AUTOR

LINCOLN FERNANDEZ MENACHO

RECUENTO DE PALABRAS

30136 Words

RECUENTO DE CARACTERES

170885 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

156 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

39.2MB

FECHA DE ENTREGA

Jul 20, 2023 11:18 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jul 20, 2023 11:20 PM GMT-5**● 16% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 15% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 7% Base de datos de trabajos entregados
- 4% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Fuentes excluidas manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)
- Bloques de texto excluidos manualmente

DEDICATORIA

A la memoria de mi querida madre Lilia Menacho, quien siempre tuvo el sueño de verme profesional, estaré agradecido eternamente a ella por dame la vida y cuidar de mí.

A mi querido padre Esteban Fernández, que, gracias a su apoyo incondicional, esfuerzo y motivación puedo concluir otra etapa profesional en mi vida.

A mi hermana Diana Fernández, por ser tan atenta conmigo desde pequeños y por la ayuda que me brindó siempre.

A mi hija Nathalie y mi esposa Katherine, por enseñarme a ser mejor persona y por ser la motivación de todos mis logros.

A toda mi familia, por apoyarme en todo momento e inculcarme valores, responsabilidad y la mentalidad de lograr las metas trazadas.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Ing. Reynaldo Reyes por brindarme parte de su tiempo en el desarrollo de la presente investigación, así mismo, por el asesoramiento, el apoyo, la motivación y por guiarme hacia mi objetivo profesional.

A mi alma máter, y a la gloriosa facultad de Ingeniería Civil, a todos mis docentes y personal administrativo, los cuales me facilitaron los recursos necesarios para mi formación profesional.

A mis compañeros y amigos, con quienes compartí experiencias a lo largo de mi carrera universitaria, y aquellos que me brindaron su apoyo para la realización de la presente tesis.

Al Ing. Junior Cochachin Romero, así mismo, al área de ingeniería de proyectos de la empresa Trujillo Investment S.A. por brindarme la información requerida para la presente investigación.

ÍNDICE

	Pág.
DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTOS	III
ÍNDICE	IV
LISTA DE FIGURAS	IX
LISTA DE TABLAS	XVI
RESUMEN.....	XVIII
ABSTRACT	XIX
INTRODUCCIÓN	XX
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA	1
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.2.1. Problema general.....	3
1.2.2. Problemas Específicos	3
1.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.4. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	6
1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
1.5.1. GENERAL	7
1.5.2. ESPECIFICOS	7
1.6. HIPOTESIS.....	7
1.6.1. GENERAL	7
1.6.2. ESPECIFICAS	8
1.7. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES.....	8
1.7.1. Variable independiente:	8

1.7.2. Variable dependiente:.....	8
1.7.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	9
CAPÍTULO II. MARCO REFERENCIAL	10
2.1. ANTECEDENTES	10
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	10
2.1.2. Antecedentes Nacionales	13
2.2. MARCO TEÓRICO.....	16
2.2.1. Muro de suelo reforzado	16
2.2.2. Sistema Terramesh®	17
2.2.3. Método de elementos finitos	18
2.2.4. Modelos constitutivos de los materiales	21
2.2.5. Software Plaxis 2D V16 (Versión Académica)	22
2.2.6. Carga Sísmica	24
2.2.7. Registros sísmicos a emplear en la investigación	24
2.2.8. Comportamiento Estructural	27
2.3. MARCO CONCEPTUAL.....	28
2.3.1. DEFINICION DE TERMINOS	28
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	30
3.1. PERSPECTIVA METODOLÓGICA	30
3.1.1. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN	30
3.1.2. ORIENTACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	31
3.1.3. NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN.....	31
3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	31
3.3. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	32
3.3.1. DELIMITACIÓN GEOGRÁFICA.....	32

3.3.2.	DELIMITACIÓN TEMPORAL	32
3.3.3.	DELIMITACIÓN TEMÁTICA	32
3.4.	CONTEXTO Y UNIDAD DE ANÁLISIS	33
3.4.1.	Población y muestra	33
3.4.2.	Plan de recopilación de datos	34
3.4.3.	Plan de ejecución y desarrollo de la investigación.....	36
3.4.4.	Plan de procesamiento de la información y presentación final.....	38
3.5.	PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	38
3.6.	TÉCNICAS, INSTRUMENTOS, FUENTES E INFORMANTES.....	41
3.6.1.	Técnicas.....	41
3.6.2.	Instrumentos	41
3.6.3.	Fuentes e informantes	42
3.6.4.	Gestión del Plan	42
CAPÍTULO IV. COMPORTAMIENTO SÍSMICO DEL MURO TERRAMESH.....		43
4.1.	CONFIGURACIÓN ACTUAL DEL MURO TERRAMESH	43
4.1.1.	MARCO GEOGRÁFICO	43
4.1.2.	DESCRIPCIÓN DE LA ETAPA CONSTRUCTIVA Y LA SITUACION ACTUAL	44
4.1.3.	IDENTIFICACIÓN DE LA ZONA CRÍTICA DEL MURO TERRAMESH	48
4.1.4.	ESTRUCTURAS QUE SOPORTA EL MURO TERRAMESH.....	49
4.2.	ESTUDIO DE LOS PARÁMETROS DE SITIO	50
4.2.1.	PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DEL SUELO	50
4.2.2.	PARÁMETROS DEL MATERIAL DE REFUERZO	52

4.3.	DESCRIPCIÓN DE LOS MODELOS CONSTITUTIVOS EMPLEADOS.....	53
4.3.1.	Modelo elástico	53
4.3.2.	Modelo elastoplástico tipo Mohr-Coulomb	53
4.3.3.	Modelo elastoplástico con endurecimiento tipo Hardening Soil	54
4.4.	DESCRIPCIÓN DE LOS SOFTWARES EMPLEADOS.....	56
4.4.1.	PLAXIS 2D V16	56
4.4.2.	SEISMOSOFT V2022	58
4.5.	TECTÓNICA Y SISMOLOGÍA CON SEISMOSOFT.....	59
4.5.1.	MOVIMIENTOS SÍSMICOS EN LA BASE DEL MODELO	59
4.5.2.	TRATAMIENTO DE ACELEROGRAMAS	60
4.6.	CALIBRACIÓN DEL MODELO DE ELEMENTOS FINITOS EN PLAXIS 2D V16.....	68
4.6.1.	GEOMETRÍA DEL MODELO	68
4.6.2.	PROPIEDADES DE LOS ESTRATOS DEL SUELO.....	69
4.6.3.	PROPIEDADES DE LOS ELEMENTOS DE REFUERZO.....	71
4.6.4.	CARGAS QUE SOPORTA EL MURO TERRAMESH.....	71
4.6.5.	GENERACIÓN DE LA MALLA DE ELEMENTOS FINITOS	77
4.6.6.	SIMULACIÓN DEL PROCESO CONSTRUCTIVO.....	77
4.7.	ANÁLISIS ESTÁTICO DEL MURO	78
4.8.	ANÁLISIS DINÁMICO DEL MURO	78
CAPÍTULO V. RESULTADOS, CONTRASTACIÓN Y DISCUSIÓN		80
5.1.	PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	81
5.1.1.	RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTÁTICO:	81
5.1.2.	RESULTADOS DEL ANÁLISIS DINÁMICO:	85

5.1.3. RESUMEN Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS:	113
5.2. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS	121
5.2.1. CONTRASTACIÓN DE LAS HIPOTESIS ESPECÍFICAS	121
5.2.2. CONTRASTACIÓN DE LA HIPOTESIS GENERAL.....	125
5.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	126
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	130
6.1. CONCLUSIONES	130
6.2. RECOMENDACIONES	131
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	133

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. <i>MSR en la Chancadora Primaria Alto Chicama - Minera Barrick</i>	15
Figura 2. <i>MSR Instalado Para el Depósito de Relaves Minera Sinaycocha</i>	15
Figura 3. <i>Comportamiento de un Suelo sin refuerzo y con refuerzo</i>	17
Figura 4. <i>Detalle del Muro de Terramesh® System</i>	18
Figura 5. <i>Elementos Usados en la Resolución FEM</i>	19
Figura 6. <i>Proceso de Análisis FEM</i>	20
Figura 7. <i>Logo del Programa Plaxis 2D V.16</i>	24
Figura 8. <i>Diseño Comparativo</i>	31
Figura 9. <i>Representación del área de rechazo en una prueba T con cola a la derecha</i>	41
Figura 10. <i>Plano Topográfico del terreno antes de la construcción del Muro Terramesh</i>	45
Figura 11. <i>Vista Durante la Construcción del Muro en Estudio</i>	46
Figura 12. <i>Vista de la situación actual del muro Terramesh</i>	46
Figura 13. <i>Boulevard construido en la parte baja del muro Terramesh</i>	47
Figura 14. <i>Zona crítica donde se ubica la altura máxima del Muro Terramesh</i>	48
Figura 15. <i>Vista Frontal de la Sección Crítica del Muro Terramesh</i>	49
Figura 16. <i>Vista actual del Centro Comercial Trujillo y el Muro Terramesh</i>	49
Figura 17. <i>Plano de Calicatas antes de realizar la Construcción del Muro</i>	50
Figura 18. <i>Modelo de comportamiento elastoplástico tipo Mohr-Coulomb</i>	54
Figura 19. <i>Comportamiento elastoplástico tipo Mohr-Coulomb. Línea de resistencia intrínseca</i>	54
Figura 20. <i>Modelo de comportamiento elastoplástico tipo HSM</i>	55

Figura 21. Modelos en 2D utilizados en PLAXIS.....	57
Figura 22. Posición de nodos y puntos de integración Gaussiana.	58
Figura 23. Correcciones realizadas en Seismosignal.	61
Figura 24. Registro de Aceleraciones Corregidos del sismo del 17 de octubre de 1966.....	62
Figura 25. Registro de Aceleraciones Corregidos del sismo del 31 de mayo de 1970.	62
Figura 26. Registro de Aceleraciones Corregidos del sismo del 03 de octubre de 1974.....	62
Figura 27. Espectro de Pseudo-Aceleraciones con tiempo de retorno de 475 años. 63	
Figura 28. Espectros de los acelerogramas originales y el espectro objetivo.....	64
Figura 29. Espectros compatibles con el espectro objetivo.	64
Figura 30. Espectro de Pseudo-Aceleraciones con tiempo de retorno de 2500 años.	66
Figura 31. Parámetros del sismo para la generación del acelerograma sintético..	67
Figura 32. Compatibilización del acelerograma sintético con el espectro objetivo. 67	
Figura 33. Acelerograma artificial (8.0 Mw) compatible con el espectro objetivo..	67
Figura 34. Modelamiento de la sección crítica en PLAXIS 2D	68
Figura 35. Materiales ingresados en Plaxis 2D V16.	69
Figura 36. Carga Muerta en la Nave Tubest.....	72
Figura 37. Carga viva en la Nave Tubest.....	73
Figura 38. Cargas de viento en la Nave Tubest.	73
Figura 39. Cargas en las correas del techo de la Nave Tubest.....	74
Figura 40. Introducción de los Desplazamientos Prescritos de tipo aceleración en Plaxis2D.....	76

Figura 41. <i>Malla de elementos finitos generado para el Muro Terramesh.</i>	77
Figura 42. <i>Malla de Elementos Finitos deformada Debido a las Condiciones Estáticas.</i>	81
Figura 43. <i>Deformaciones debido a las Condiciones Estáticas.</i>	82
Figura 44. <i>Visualización del Desplazamiento lateral en Condiciones Estáticas.</i>	82
Figura 45. <i>Visualización de Asentamientos en Condiciones Estáticas.</i>	83
Figura 46. <i>Superficie de falla del bloque deslizante del Muro Terramesh (Caso Estático).</i>	83
Figura 47. <i>Línea de rotura del bloque deslizante del Muro Terramesh (Caso Estático).</i>	84
Figura 48. <i>Gráfico del Factor de Seguridad en Condiciones Estáticas.</i>	84
Figura 49. <i>Malla de Elementos Finitos deformada debido a la Carga Dinámica (Sismo 7035).</i>	85
Figura 50. <i>Visualización de los desplazamientos debido a la Carga Dinámica 01 (sismo 7035).</i>	86
Figura 51. <i>Desplazamiento Lateral debido a la Carga Dinámica 01 (sismo 7035).</i> ..	86
Figura 52. <i>Asentamiento debido a la Carga dinámica 01 (Sismo 7035).</i>	87
Figura 53. <i>Superficie de falla del bloque deslizante del Muro Terramesh (Sismo 7035).</i>	87
Figura 54. <i>Línea de rotura del bloque deslizante del Muro Terramesh (Sismo 7035).</i>	88
Figura 55. <i>Gráfico del Factor de Seguridad debido a la Carga Dinámica 01 (Sismo 7035).</i>	88
Figura 56. <i>Malla de Elementos Finitos deformada debido a la Carga Dinámica (Sismo 7036).</i>	89

Figura 57. <i>Visualización de los desplazamientos debido a la Carga Dinámica 02 (sismo 7036).</i>	90
Figura 58. <i>Desplazamiento Lateral debido a la Carga Dinámica 02 (sismo 7036).</i>	90
Figura 59. <i>Asentamiento debido a la Carga dinámica 02 (Sismo 7036).</i>	91
Figura 60. <i>Superficie de falla del bloque deslizante del Muro Terramesh (Sismo 7036).</i>	91
Figura 61. <i>Línea de rotura del bloque deslizante del Muro Terramesh (Sismo 7036).</i>	92
Figura 62. <i>Gráfico del Factor de Seguridad debido a la Carga Dinámica 02 (Sismo 7036).</i>	92
Figura 63. <i>Malla de Elementos Finitos deformada debido a la Carga Dinámica (Sismo 7038).</i>	93
Figura 64. <i>Visualización de los desplazamientos debido a la Carga Dinámica 03 (sismo 7038).</i>	94
Figura 65. <i>Desplazamiento Lateral debido a la Carga Dinámica 03 (sismo 7038).</i>	94
Figura 66. <i>Asentamiento debido a la Carga dinámica 03 (Sismo 7038).</i>	95
Figura 67. <i>Superficie de falla del bloque deslizante del Muro Terramesh (Sismo 7038).</i>	95
Figura 68. <i>Línea de rotura del bloque deslizante del Muro Terramesh (Sismo 7038).</i>	96
Figura 69. <i>Gráfico del Factor de Seguridad debido a la Carga Dinámica 03 (Sismo 7038).</i>	96
Figura 70. <i>Malla de Elementos Finitos deformada debido a la Carga Dinámica (Sismo 7039).</i>	97



Figura 71. <i>Visualización de los desplazamientos debido a la Carga Dinámica 04 (sismo 7039).</i>	98
Figura 72. <i>Desplazamiento Lateral debido a la Carga Dinámica 04 (sismo 7039).</i>	98
Figura 73. <i>Asentamiento debido a la Carga dinámica 04 (Sismo 7039).</i>	99
Figura 74. <i>Superficie de falla del bloque deslizante del Muro Terramesh (Sismo 7039).</i>	99
Figura 75. <i>Línea de rotura del bloque deslizante del Muro Terramesh (Sismo 7039).</i>	100
Figura 76. <i>Gráfico del Factor de Seguridad debido a la Carga Dinámica 04 (Sismo 7039).</i>	100
Figura 77. <i>Malla de Elementos Finitos deformada debido a la Carga Dinámica (Sismo 7050).</i>	101
Figura 78. <i>Visualización de los desplazamientos debido a la Carga Dinámica 05 (sismo 7050).</i>	102
Figura 79. <i>Desplazamiento Lateral debido a la Carga Dinámica 05 (sismo 7050).</i>	102
Figura 80. <i>Asentamiento debido a la Carga dinámica 05 (Sismo 7050).</i>	103
Figura 81. <i>Superficie de falla del bloque deslizante del Muro Terramesh (Sismo 7050).</i>	103
Figura 82. <i>Línea de rotura del bloque deslizante del Muro Terramesh (Sismo 7050).</i>	104
Figura 83. <i>Gráfico del Factor de Seguridad debido a la Carga Dinámica 05 (Sismo 7050).</i>	104
Figura 84. <i>Malla de Elementos Finitos deformada debido a la Carga Dinámica (Sismo 7051).</i>	105

Figura 85. <i>Visualización de los desplazamientos debido a la Carga Dinámica 06 (sismo 7051).</i>	106
Figura 86. <i>Desplazamiento Lateral debido a la Carga Dinámica 06 (sismo 7051).</i>	106
Figura 87. <i>Asentamiento debido a la Carga dinámica 06 (Sismo 7051).</i>	107
Figura 88. <i>Superficie de falla del bloque deslizante del Muro Terramesh (Sismo 7051).</i>	107
Figura 89. <i>Línea de rotura del bloque deslizante del Muro Terramesh (Sismo 7051).</i>	108
Figura 90. <i>Gráfico del Factor de Seguridad debido a la Carga Dinámica 06 (Sismo 7051).</i>	108
Figura 91. <i>Malla de Elementos Finitos deformada debido a la Carga Dinámica Artificial.</i>	109
Figura 92. <i>Visualización de los desplazamientos debido a la Carga Dinámica 07 (artificial).</i>	110
Figura 93. <i>Desplazamiento Lateral debido a la Carga Dinámica 07 (sismo artificial).</i>	110
Figura 94. <i>Asentamiento debido a la Carga dinámica 07 (Sismo Artificial).</i>	111
Figura 95. <i>Superficie de falla del bloque deslizante del Muro Terramesh (Sismo Artificial).</i>	111
Figura 96. <i>Línea de rotura del bloque deslizante del Muro Terramesh (Sismo Artificial).</i>	112
Figura 97. <i>Gráfico del Factor de Seguridad debido a la Carga Dinámica 07 (Sismo Artificial).</i>	112
Figura 98. <i>Sección X-X' para el control de las deformaciones U .</i>	113

Figura 99. <i>Puntos de control para los Desplazamientos Laterales.</i>	114
Figura 100. <i>Deformación de la Pantalla del Muro Debido a las Diferentes Solicitaciones.</i>	115
Figura 101. <i>Niveles de Referencia para el control de Asentamientos.</i>	116
Figura 102. <i>Resumen de Asentamientos a nivel de referencia A-A'.</i>	117
Figura 103. <i>Resumen de Asentamientos a nivel de referencia B-B'.</i>	118
Figura 104. <i>Resumen de Asentamientos a nivel de referencia C-C'.</i>	119
Figura 105. <i>Resumen Comparativo de los Factores de Seguridad Obtenidos.</i>	120



LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. <i>Cuadro de Operacionalización de Variables</i>	9
Tabla 2. <i>Plan de Recopilación de Datos</i>	34
Tabla 3. <i>Plan de Ejecución Para la Investigación</i>	37
Tabla 4. <i>Clasificación del suelo de acuerdo al SUCS.</i>	51
Tabla 5. <i>Descripción de las calicatas realizadas luego de la construcción del muro.</i>	51
Tabla 6. <i>Clasificación de suelos de la subrasante.</i>	52
Tabla 7. <i>Valores de la rigidez axial de las geomallas uniaxiales.</i>	52
Tabla 8. <i>Registros sísmicos seleccionados.</i>	60
Tabla 9. <i>Parámetros de los estratos de suelo introducidos en Plaxis 2D V16.</i>	70
Tabla 10. <i>Valores de la rigidez axial de las geomallas empleadas en el Muro Terramesh.</i>	71
Tabla 11. <i>Cargas en la estructura metálica del Almacén Rack Selectivo Autoportante.</i>	72
Tabla 12. <i>Cargas en el almacén, producto de Tráileres.</i>	75
Tabla 13. <i>Resumen de Cargas Estáticas Estimadas para el modelamiento.</i>	76
Tabla 14. <i>Cálculo de los parámetros dinámicos para el intervalo de tiempo de 0.20 seg.</i>	79
Tabla 15. <i>Resumen de resultados de deformaciones en el Muro Terramesh.</i>	114
Tabla 16. <i>Resumen de Desplazamientos Laterales en el Muro Terramesh.</i>	115
Tabla 17. <i>Resumen de Asentamientos en los puntos de control Nivel de Referencia A-A'.</i>	117
Tabla 18. <i>Resumen de Asentamientos en los puntos de control Nivel de Referencia B-B'.</i>	118

Tabla 19. <i>Resumen de Asentamientos en los puntos de control Nivel de Referencia C-C'</i>	119
Tabla 20. <i>Valores Estables para el Factor de seguridad por cada Solicitud.</i> ...	121
Tabla 21. <i>Resultados de la Prueba T para el Desplazamiento Lateral.</i>	122
Tabla 22. <i>Resultados de la Prueba T para los Asentamientos.</i>	123
Tabla 23. <i>Resultados de la Prueba T para el Factor de Seguridad.</i>	124
Tabla 24. <i>Resultados de Prueba T para las deformaciones.</i>	125
Tabla 25. <i>Estimación de la Incidencia para los resultados obtenidos.</i>	126



RESUMEN

Uno de los grandes retos de la ingeniería fue materializar una estructura de retención de suelo que fuera económico, de fácil trabajabilidad y a la vez sismorresistente; en base a ello surgieron los muros de suelo reforzado, los cuales poseen una flexibilidad inherente y muchos creen que son impasibles ante un evento sísmico de gran magnitud, existen varias estructuras de este tipo que han resistido con éxito el paso de grandes sismos. En este trabajo de tesis de pregrado, se determina la incidencia de la carga sísmica en el comportamiento estructural de un muro de suelo reforzado, de tipo sistema terramesh, del centro Comercial Trujillo ubicado en Huaraz. Para lo cual se realizó dos tipos de análisis, uno estático con las condiciones operacionales actuales a las que se encuentra sometido el muro, empleando modelos constitutivos avanzados como el Hardening Soil y un análisis dinámico de estructuras Modal Tiempo-Historia, donde se emplearon los registros acelerográficos de mayor magnitud en la historia del país los cuales fueron el sismo de Huacho 1966, Ancash 1971 y Lima 1974 además de un sismo artificial de magnitud 8.0 Mw, éstos fueron corregidos y escalados al espectro de Pseudo-Aceleraciones compatible de la norma sismorresistente, para periodos de retorno de 475 y 2500 años. Los análisis planteados se llevaron a cabo con la metodología de elementos finitos, debido a que el método es netamente computacional, se usó el software Seismosoft para el tratamiento de acelerogramas y Plaxis2D V16 para la obtención de la respuesta estructural. Posteriormente se pudo verificar que la carga dinámica produce un aumento de deformaciones en comparación con el estado estático, y además de ello, el factor de seguridad global en condiciones dinámicas es menor que en el caso estático. Por consiguiente, la metodología empleada en la presente investigación es aplicable tanto para la etapa de diseño, como para la evaluación y posterior mitigación de desastres en muros de suelo reforzado.

Palabras Claves: Sistema Terramesh, Elementos Finitos, Carga sísmica, Muro de suelo reforzado, Análisis numérico, Relaciones constitutivas.

ABSTRACT

One of the great engineering challenges was to materialize a soil retention structure that was economical, easy to work with and at the same time earthquake resistant; Based on this, the reinforced soil walls arose, which have an inherent flexibility and many believe that they are impassive in the face of a large-scale seismic event. There are several structures of this type that have successfully resisted the passage of large earthquakes. In this undergraduate thesis work, the incidence of the seismic load on the structural behavior of a reinforced soil wall, of the terramesh system type, of the Trujillo Shopping Center located in Huaraz, is determined. For which two types of analysis were carried out, a static one with the current operational conditions to which the wall is subjected, using advanced constitutive models such as Hardening Soil and a dynamic analysis of Modal Time-History structures, where records were used. magnitude accelerographic events in the history of the country, which were the Huacho 1966, Ancash 1971 and Lima 1974 earthquakes, as well as an artificial earthquake of magnitude 8.0 Mw, these were corrected and scaled to the spectrum of Pseudo-Accelerations compatible with the seismic-resistant standard, for return periods of 475 and 2500 years. The proposed analyzes were carried out with the finite element methodology, because the method is purely computational, the Seismosoft software was used for the treatment of accelerograms and Plaxis2D V16 to obtain the structural response. Subsequently, it was possible to verify that the dynamic load produces an increase in deformations compared to the static state, and in addition to this, the global safety factor in dynamic conditions is lower than in the static case. Therefore, the methodology used in this research is applicable both for the design stage and for the evaluation and subsequent mitigation of disasters in reinforced soil walls.

Keywords: Terramesh System, Finite Elements, Seismic Load, Reinforced Soil Wall, Numerical Analysis, Constitutive Relations.

INTRODUCCIÓN

Los muros de suelo reforzado (MSR) son estructuras de retención que están orientados a aumentar la resistencia y disminuir las deformaciones por tracción o corte del suelo; a partir de esa idea se insertan elementos resistentes a la tracción dentro del suelo tales como geomallas o mallas a triple torsión; éstas estructuras en la actualidad son ampliamente utilizados en diversos proyectos de ingeniería por su versatilidad en la construcción de espacios o reconstrucción de vías en zonas accidentadas, ante cualquier sollicitación relacionada a soportar cargas; por lo que resultan muy adaptables y óptimas, tanto técnicamente como económicamente en comparación con otros tipos de estructuras de retención tradicionales.

Para diseñar muros de suelo reforzado se realiza en una verificación de la estabilidad interna y externa, así como la estabilidad global para condiciones estáticas y pseudoestáticas, empleando el método de equilibrio límite. Sin embargo, éstas verificaciones de estabilidad pseudoestática no proveen información alguna sobre las deformaciones en el muro causadas por la acción sísmica; más aún que el Perú es uno de los países con mayor actividad sísmica; por ello, es necesario realizar una verificación de estas deformaciones por métodos simplificados, o análisis numéricos avanzados como los métodos computacionales en condiciones dinámicas, los cuales permiten evaluar el muro en términos de las deformaciones permanentes, como profesionales en la ingeniería no debemos estar ajenos a realizar un seguimiento y control a todas las estructuras, dentro de la etapa de diseño ,así como, en su vida útil; pues de ello dependerá mitigar los daños ante un posible evento sísmico desastroso.

Los avances en las técnicas de modelización física y matemática, la tecnología y el aumento de la capacidad de los ordenadores han abierto un campo a la mejora de las técnicas analíticas específicamente el desarrollo del refinado y potenciación del método de elementos finitos, el cual es capaz de resolver modelamientos numéricos en ingeniería geotécnica y sismorresistente, con modelos constitutivos de los materiales avanzados, efectos de la presión de poros inducida por sismo, inclusión de cualquier tipo de estructuras, etc.

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

Nuestra región contiene zonas accidentadas propias de la cordillera de los andes, dentro de los cuales existen terrenos en suelos con pendiente, terrenos en cañones, en riberas, etc.; éstos son destinados a cumplir las funciones de almacenes industriales o comerciales, patio de máquinas, viviendas, carreteras y otros usos, los cuales poseen estructuras de retención. Hace no mucho tiempo, aparecieron nuevas técnicas de contención como los muros de suelo reforzado, los cuales representan una mejor alternativa técnica-económica, debido a la resistencia que posee, la tolerancia a grandes asentamientos y el bajo costo que implica. Estos muros de suelo reforzado y de contención en general, actualmente, son diseñados mediante métodos sintetizados que analizan la estructura suelo-muro como un sistema rígido-plástico que alcanza la falla por deslizamiento una vez que la aceleración horizontal rebasa el límite crítico, los métodos mencionados fueron elaborados en función a registros acelerográficos de características diferentes a los acontecimientos percibidos en nuestro país, el cual está en intensa actividad sísmica, y no cuenta con una guía de diseño y control del comportamiento sísmico de estructuras.

Las estructuras de retención de suelos son frecuentemente utilizadas en obras de ingeniería. Tal es el caso de muros de contención, estribos de puentes, muros apuntalados, muros de subterráneo, entre otras. Un adecuado diseño de este tipo de estructuras, tanto ante solicitaciones estáticas como sísmicas, depende en gran medida de una correcta estimación de la forma y magnitud de los desplazamientos esperados. (Tiznado, 2010)

El comportamiento de muros mecánicamente estabilizados es complejo. Desarrollar modelos que evalúen de manera satisfactoria el desempeño de este tipo de muros representa todo un desafío, dada la complejidad de las interacciones entre el suelo de relleno y los elementos de refuerzo, el contacto entre el suelo y los paneles de fachada y el proceso constructivo asociado a estos muros. (Cartes, 2016)

El muro de suelo reforzado Terramesh® System del centro comercial “Trujillo” es una estructura de casi 17 m de altura en la zona más crítica, la cual se encuentra en el margen derecho del río Santa ubicado en el Centro Poblado Mashuan a 20 minutos del centro de la ciudad de Huaraz, esta estructura fue proyectada para contener un suelo de relleno sobre el cual están construidas diferentes estructuras de acero y concreto armado con cimientos (carga adyacente) que almacenan productos de alimentación (cargas muerta permanente) y reciben cargas en tráileres (carga viva transitoria), el diseño fue realizado a partir de las recomendaciones del fabricante (empresa Maccaferri) con el empleo del software Macstars el cual está basado en el método de equilibrio límite.

Desde la etapa de concepción del proyecto no se realizó ningún tipo de evaluación del comportamiento del muro terramesh, sometido a un evento sísmico de magnitud severa con características locales, debido a múltiples razones; la dificultad de catalogar la interacción entre elementos estructurales del muro y el suelo de relleno, sumado a la falta de herramientas de medición de deformaciones y asentamientos, así como, el desconocimiento y desinterés del tema. El muro terramesh debe ser sometido a un modelamiento numérico con parámetros de resistencia del suelo reales, propiedades de los materiales utilizados, condiciones de carga actuales, registros sísmicos locales, entre otros; para poder calcular la influencia y repercusión de dicho

evento sísmico en la estructura. Ante ello, se propone simular la aplicación de cargas sísmicas de magnitud severa al muro de suelo reforzado mediante el empleo del método de elementos finitos, y comparar el comportamiento estructural del sistema terramesh a través de la respuesta obtenida (desplazamientos, asentamientos y factor de seguridad).

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema general

¿Cuánto incide la carga sísmica en el Comportamiento Estructural del muro de suelo reforzado del Centro comercial Trujillo?

1.2.2. Problemas Específicos

- ¿Cuánta es la variación del desplazamiento lateral producido por la carga sísmica en comparación con el desplazamiento lateral en condiciones estáticas, en el muro de suelo reforzado Terramesh System del centro comercial Trujillo?
- ¿Cuánta es la variación del asentamiento producido por la carga sísmica en comparación con el asentamiento en condiciones estáticas, en el muro de suelo reforzado Terramesh System del centro comercial Trujillo?
- ¿Cuánta es la variación del Factor de Seguridad calculado con presencia la carga sísmica en comparación con el Factor de Seguridad calculado en condiciones estáticas, en el muro de suelo reforzado Terramesh System del centro comercial Trujillo?

1.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

En diversas extensiones de nuestro país donde los eventos sísmicos están operantes, es importante comprender el comportamiento de las estructuras diseñadas y construidas con procedimientos pseudoestáticos, los cuales consideran al conjunto de contención como un sistema rígido-plástico que alcanza la falla por deslizamiento o volteo una vez que sobrepasa un límite crítico de aceleración horizontal como indicó

Tiznado (2010). Esto conlleva la inadvertencia de diversos factores dinámicos importantes (registros acelerográficos, sismicidad local, amplificación sísmica, interacción suelo-estructura, cargas dinámicas, etc.), y factores estáticos (carga viva transitoria, carga muerta permanente de estructuras construidas encima del muro, carga adyacente provocada por cimientos, asentamientos por consolidación estática, etc.); que durante el acontecimiento de un evento sísmico de magnitud considerable, éstos factores minimizados, pueden desatar una serie de complicaciones en la vida útil de la estructura, y en algunas ocasiones puede llegar a provocar la falla y el colapso de dicha estructura, por ende es necesario conocer las repercusiones que ocasionaría dicho evento sísmico.

Tiznado (2010) señaló: En la actualidad, los métodos basados en desplazamientos admisibles son ampliamente utilizados en el diseño sísmico de estructuras de contención. Aquellos usados con mayor frecuencia en la práctica ingenieril son los propuestos por Richards & Elms (1979) y Whitman & Liao (1985), los cuales están basados en el método del bloque deslizante desarrollado por Newmark (1965).

No obstante, los métodos señalados estuvieron formulados con registros acelerográficos diferentes a los registrados en la zona de subducción del Pacífico, cabe mencionar que también dichas metodologías no toman en cuenta la deformabilidad del suelo, así como la amplificación sísmica en el relleno posterior. En consecuencia, no es posible señalar con precisión el mecanismo de falla por rotación y tampoco los desplazamientos laterales sísmicos inducidos. (Tiznado, 2010)

Actualmente, a partir de la metodología de Newmark, se han puesto en práctica diversas técnicas de diseño, pero de manera muy simplificada y con los cuales no se puede plantear adecuadamente el comportamiento de la estructura de retención durante un evento sísmico, debido a que no posibilitan la inclusión de factores importantes como la interacción entre el suelo y la estructura, la amplificación dinámica del material de relleno, los asentamientos del terreno de fundación, la consolidación del suelo, entre otros parámetros.

Cartes, (2016) afirmó: La contribución que han realizado los modelos numéricos validados mediante el contraste con muros mecánicamente estabilizados debidamente instrumentados, es el poder realizar análisis paramétricos que evalúen el comportamiento de estructuras similares con distintos componentes estructurales y geométricos. Estos análisis paramétricos pueden ser utilizados para describir de manera cualitativa y cuantitativa el comportamiento de este tipo de muros y mejorar la precisión de los diseños simplificados y los métodos de cálculo estandarizados en las guías de diseño.

Por los motivos señalados, es necesario estudiar de forma más fundamentada el comportamiento dinámico de estas estructuras en nuestra región, todo ello con la aplicación de metodologías avanzadas en la rama de la ingeniería geotécnica y sismorresistente, con el uso de análisis numéricos computacionales que nos permitan realizar modelos complejos teniendo en cuenta la mayor parte de los parámetros antes mencionados, de modo tal, que se pueda lograr un entendimiento completo del comportamiento estructural para posteriormente mejorar los métodos de diseño aplicados actualmente; asimismo, realizar un control y seguimiento a las estructuras existentes durante su vida útil además se podrá aplicar en una etapa posterior para la determinación de la vulnerabilidad y riesgo sísmico de los muros de suelo reforzados en el ámbito local , regional y nacional.

La presente tesis se enfoca en comprobar la incidencia de la carga sísmica o evento sísmico en el comportamiento estructural del conjunto muro de suelo reforzado, aplicando la metodología de los elementos finitos, con el fin de obtener la respuesta dinámica (factor de seguridad, desplazamientos, asentamientos y deformaciones), de esa manera, evidenciar en qué medida se verá afectado el muro de suelo reforzado Sistema Terramesh del Centro comercial Trujillo, el cual se encuentra ubicado en el centro poblado de Mashuan, en la provincia de Huaraz en la región Ancash, dicha estructura fue construida en el año 2017 y contiene a otras estructuras por encima de ella (cerco perimétrico, patio de losa de concreto, un hangar comercial o nave industrial con cimientos, ingreso de tráileres, entre otros), todos estos parámetros serán idealizados de la mejor manera, todo ello con la intención de realizar una secuencia que puede ser usada en el seguimiento y control una vez construidas, así también, en la etapa de diseño del proyecto; de esa forma poder determinar la vulnerabilidad y

riesgo sísmico de este tipo de estructuras, tema que está mencionado, pero no corresponde al desarrollo de esta tesis.

1.4. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

- Una de las limitaciones puntuales está referida al software a emplearse para el procesamiento y medición de las variables del tema central de esta tesis, debido a que la metodología de los elementos finitos es netamente un método computacional y por tanto existen diversos softwares, los cuales tienen ventajas y desventajas en ciertos aspectos, cuya aplicación depende de la experiencia del proyectista, y de las características físicas, topográficas, estratigráficas, etc., del muro en estudio, el énfasis en este trabajo de pregrado es la evaluación del comportamiento sísmico del muro con sistema Terramesh® del C.C. Trujillo. El cual se trabajará sobre la sección transversal crítica y de mayor altura, haciendo uso del software geotécnico con elementos finitos PLAXIS 2D V16.
- De la misma manera, una limitación es el procesamiento y calibración de los registros acelerográficos, puesto que, dichos registros fueron medidos en el siglo pasado con instrumentación escasa y alejada del epicentro real, para ello se realizará una corrección y escalamiento de estos registros acelerográficos mediante el software Seismosoft.
- Otra limitación son los ensayos de laboratorio para obtener las características geotécnicas de los materiales que constituyen el muro debido a su alto costo, pero dichos datos serán brindados por el consultor que elaboró el diseño para la construcción del muro, conjuntamente con el propietario del Centro comercial Trujillo y el área de ingeniería de proyectos de dicha empresa, y se asumen algunos parámetros de acuerdo a la experiencia de diversos autores.
- Debido a que el Perú no cuenta con una norma de diseño, seguimiento y control de MSR, se empleará la guía americana de diseño y evaluación de estructuras de la Federal Highway Administration (FHWA-NHI-00-043 y FHWA NHI-10-024), asimismo, la guía Británica Standard (BS 8006). También la norma

de diseño de la Administración de Carreteras Federales de los Estados Unidos, la cual está referida en los métodos de diseño ASD y LRFD.

1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. GENERAL

Determinar la incidencia de la carga sísmica en el Comportamiento Estructural del muro de suelo reforzado del Centro Comercial Trujillo, Huaraz 2021.

1.5.2. ESPECIFICOS

- Determinar la variación del desplazamiento lateral producido por la carga sísmica en comparación con el desplazamiento lateral en condiciones estáticas, en el muro de suelo Reforzado Terramesh System del Centro Comercial Trujillo.
- Determinar la variación del asentamiento producido por la carga sísmica en comparación con el asentamiento en condiciones estáticas, en el muro de suelo Reforzado Terramesh System del Centro Comercial Trujillo.
- Determinar la variación del Factor de Seguridad calculado con presencia de la carga sísmica en comparación con el Factor de Seguridad calculado en condiciones estáticas, en el muro de suelo Reforzado Terramesh System del Centro Comercial Trujillo.

1.6. HIPOTESIS

1.6.1. GENERAL

La carga sísmica incide, produciendo aumento de las deformaciones, en el Comportamiento Estructural del Muro de suelo reforzado del Centro Comercial Trujillo, Huaraz 2021.

1.6.2. ESPECIFICAS

- El desplazamiento lateral producido por la carga sísmica aumenta en comparación con el desplazamiento lateral en condiciones estáticas, en el muro de suelo reforzado Terramesh System del Centro Comercial Trujillo.
- El asentamiento producido por la carga sísmica aumenta en comparación con el asentamiento en condiciones estáticas, en el muro de suelo reforzado Terramesh System del Centro Comercial Trujillo.
- El Factor de Seguridad calculado con presencia de la carga sísmica es menor en comparación con el Factor de Seguridad calculado en condiciones estáticas, en el muro de suelo reforzado Terramesh System del Centro Comercial Trujillo.

1.7. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

1.7.1. Variable independiente:

Carga Sísmica (X).

1.7.2. Variable dependiente:

Comportamiento Estructural del muro (Y).

1.7.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 1. Cuadro de Operacionalización de Variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	MEDICIÓN
Independiente: Carga Sísmica (X)	La carga sísmica es un concepto utilizado en ingeniería sísmica que define las acciones que un sismo provoca sobre la estructura de un edificio y que deben ser soportadas por esta. Se transmiten a través del suelo, las estructuras adyacentes o el impacto de las olas de los maremotos. (Ramírez, 2014)	Son los registros acelerográficos a usarse en la presente investigación, el sismo de Huacho 1966, el sismo de Ancash 1970 y el sismo de Lima 1974.	Tamaño del sismo	Intensidad Magnitud Momento sísmico Espectro de respuesta	Establecido por la Norma E0.30 y Tratamiento de Acelerogramas Registrados.
			Duración	Fuente sísmica Duración instrumental Percepción humana	Análisis bibliográfico de los acelerogramas registrados
			Dirección principal	Vertical Horizontal	Análisis bibliográfico de los acelerogramas registrados
			Formación geológica	Estratigrafía Evidencias tectónicas Sismicidad histórica	Análisis bibliográfico de los acelerogramas registrados
Dependiente: Comportamiento Estructural (Y)	El comportamiento estructural es la forma como responde toda una estructura en términos de desplazamientos y deformaciones, ante la aplicación de fuerzas externas. (Manturano, 2017)	Es todo aquello que caracteriza el efecto de una sollicitación (carga) aplicado al sistema estructural existente, para la presente investigación serán los asentamientos, desplazamientos y el factor de seguridad.	Sistema Estructural	Geometría del Muro Parámetros geotécnicos Proceso constructivo Sistema Terramesh	Establecido durante la construcción del Muro
			Cargas Operacionales	Carga viva transitoria Carga muerta permanente Carga adyacente (cimientos) Nivel freático	Estimado de acuerdo a las estructuras construidas en el área superior y cargas externas que soporta.
			Análisis Estático	Asentamientos por consolidación estática. Desplazamientos laterales debido a la construcción. Factor de seguridad en condiciones estáticas.	Método Establecido por el software computacional (Plaxis 2D V16)
			Análisis Dinámico	Asentamientos diferenciales dinámicos. Desplazamientos laterales dinámicos. Factor de seguridad en condiciones dinámicas.	Método Establecido por el software computacional (Plaxis 2D V16)

Nota: Elaboración propia.



CAPÍTULO II. MARCO REFERENCIAL

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. Antecedentes Internacionales

La primera investigación conocida sobre el comportamiento del MSR bajo carga dinámica fue desarrollada por Richardson & Lee (1975), utilizando una mesa vibratoria para obtener parámetros de diseño de una manera semi-empírica en un modelo reducido, siendo la estructura sometida a movimientos vibratorios sugeridos por otros investigadores, de acuerdo con lo indicado por Belal & George (1999). Las formulaciones numéricas también son capaces de simular el comportamiento de estructuras complejas como los MSR, ya que permiten considerar la interacción simultánea entre los refuerzos y el suelo dentro de la estructura frente a una excitación dinámica, tal como lo indica Ling et al. (2000). (Torres, 2018)

Cai & Bathurts (1995) concluyeron que, el análisis por el MEF de MSR había demostrado que el método pseudoestático es excesivamente conservador, debido a que evalúa la estructura como un bloque (cuerpo rígido) y no contempla el aporte de la interacción suelo-refuerzo, tal como lo indica el estudio del muro de Watsonville,

donde a pesar de que fue diseñado para un coeficiente sísmico horizontal de 0.1 g, fue capaz de soportar una aceleración de 0.4 g, que se registró durante el sismo de Loma Prieta, sin sufrir roturas ni grandes deformaciones, según Belal & George (1999)

Otros autores han desarrollado estudios del comportamiento sísmico de los muros de suelo reforzado con modelos experimentales y casos reales, comparándolos con los resultados obtenidos mediante una simulación por métodos computacionales (métodos numéricos). Por ejemplo, Burke et al. (2004), realizaron la comparación entre los resultados de la respuesta sísmica de un MSR a gran escala y los hallados mediante un análisis por el MEF, de lo cual concluyeron que los modelos por el MEF simulaban el comportamiento dinámico de la estructura correctamente y dentro de lo real. Por otro lado, Pamuk et al. (2004), modelaron por MEF un MSR sometido a las aceleraciones del sismo de Kokaely, Turquía (año 1999) en una condición post sismo. Los resultados fueron comparados con los desplazamientos observados en el caso real, encontrándose una buena correlación. (Torres, 2018)

En la investigación de Tiznado (2010), el autor aplicó el método del bloque deslizante a estructuras de contención utilizando registros sísmicos chilenos. También realizó una comparación entre los resultados obtenidos y las disposiciones de diseño vigentes en Chile en esta materia. Posteriormente, realizó una serie de análisis bidimensionales usando el método de elementos finitos a fin de estudiar el comportamiento sísmico de muros gravitacionales de contención apoyados tanto en roca como en arenas. Para representar el comportamiento tanto del relleno de trasdós como del suelo de fundación, usó un modelo no lineal avanzado, mientras que para modelar la interacción suelo estructura utilizó elementos interfaz. A partir de los resultados numéricos obtenidos, logró generar ábacos de diseño para predecir los movimientos horizontales en la base y en el coronamiento del muro, con lo cual el giro de la estructura pudo ser también estimado. Los ábacos desarrollados por Tiznado consideran las dimensiones del muro, las propiedades del suelo, la profundidad del depósito de fundación y las características del sismo considerado para el análisis.

Cartes (2016), Realizó un modelamiento numérico validado a través del contraste con mediciones en terreno, el cual fue utilizado para estudiar la

influencia de distintos parámetros. De acuerdo a esto, obtuvo las siguientes conclusiones:

- Suelo de fundación: La utilización de un módulo de elasticidad que represente un suelo compresible (10 MPa), afecta de manera significativa las cargas en los refuerzos cercanos a la base del muro. A medida que nos acercamos a la superficie, la influencia de un suelo de fundación compresible en las cargas axiales de los refuerzos se atenúa. Además, este parámetro controla de manera significativa tanto las deformaciones laterales como los asentamientos de la fachada. Por último, las cargas verticales sobre los paneles de fachada se ven incrementadas significativamente en un suelo más compresible. (Cartes, 2016).
- Rigidez del refuerzo: La modificación de la rigidez del refuerzo mostró cambios significativos en el estado de cargas de los refuerzos. Las deformaciones laterales se ven fuertemente influenciadas por el valor de la rigidez de los refuerzos, no así los asentamientos. Las cargas verticales en los paneles de fachada se ven incrementadas con el uso de refuerzos de menor rigidez. Por lo tanto, es posible concluir que un muro de tales características geométricas es seguro de construir mediante la implementación de refuerzos inextensibles de tiras de acero por sobre otros refuerzos existentes. (Cartes, 2016).
- Rigidez de los cojinetes: La implementación de ensayos realizados a materiales utilizados como cojinetes muestran como la no-linealidad de la rigidez axial de este tipo de elementos, influencia de manera considerable las cargas verticales sobre los paneles de fachada y los asentamientos del muro. (Cartes, 2016).
- Refinamiento del mallado: La optimización del mallado permitió generar modelos lo suficientemente precisos en términos del estado de carga de los elementos estructurales del muro mecánicamente estabilizado en un tiempo, en promedio, siete veces menor que con un mallado refinado en la zona de refuerzo. (Cartes, 2016).

- Espaciamiento vertical de los refuerzos: El aumento en la cantidad de refuerzos mostró disminuir de manera significativa la carga en cada uno de los refuerzos estudiados, así como, las deformaciones laterales del muro. No obstante, este aumento en la cantidad de refuerzos implicaría directamente en un mayor costo de este tipo de estructuras. (Cartes, 2016).
- Parámetros de interfaz suelo-panel: El modelamiento realizado sin considerar adecuadamente los parámetros de rigidez y resistencia de la interfaz suelo-panel, muestran como este factor cumple un rol determinante, no sólo en las cargas verticales sobre los paneles de fachada, los cuales se ven directamente afectados, sino también influencia de manera significativa el estado de cargas en los refuerzos. (Cartes, 2016)

2.1.2. Antecedentes Nacionales

En la investigación de Torres (2018), se abordó los conceptos de diseño de muros de suelo reforzado con geomallas, y la evaluación de las deformaciones permanentes causadas por un evento sísmico, por el método de diferencias finitas. Presentó el análisis dinámico de muros de suelo reforzado por métodos numéricos, desde la conceptualización del modelo, selección de parámetros del suelo y del refuerzo, definición del movimiento sísmico en la base del modelo, y las consideraciones para llevar a cabo el análisis dinámico hasta concluir con la discusión de resultados. De los resultados que encontró pudo concluir que los MSR se comportan como bloque ante una condición dinámica, y que las tensiones generadas en los refuerzos están muy por debajo de la tensión última de diseño.

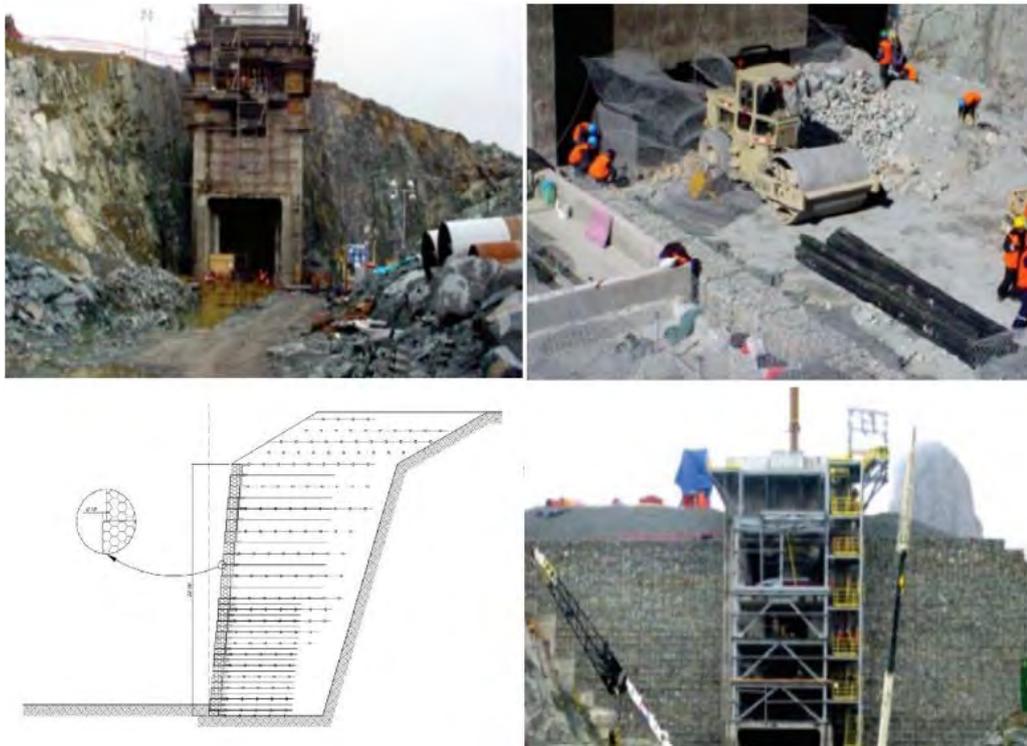
Mendoza & Yncio (2018) desarrollaron un análisis por estabilidad externa que consistía en análisis particulares de deslizamiento, volteo, capacidad de carga y asentamiento. También, aplicaron un análisis por estabilidad interna, para determinar el tipo, cantidad y separación de las geomallas. Posteriormente, realizaron un análisis global mediante el programa Slide, aplicando la metodología de Equilibrio Límite. La solución que se

planteó en esta investigación, fue desarrollar un análisis numérico por Elementos Finitos, este consiste en el estudio de tensiones y deformaciones en un elemento base del modelo. Para poder aplicar este análisis usaron el software con elementos finitos Plaxis; Se definió tres criterios de análisis para el muro de suelo reforzado, se realizó un análisis de estabilidad interna, análisis de estabilidad externa y análisis de estabilidad global. La estabilidad interna les permitió diseñar la longitud y número de geomallas a utilizar, la estabilidad externa permitió calcular factores de seguridad para volteo, deslizamiento, capacidad portante y asentamiento. Para finalizar, la estabilidad global permitió conocer la superficie de falla y su respectivo factor de seguridad.

En el Perú se viene usando la construcción de MSR como una alternativa técnica, viable y económica, a los muros de retención convencionales. El sector minero es uno de los primeros que ha optado por estas soluciones, tal es el caso de la compañía minera Barrick, en cuya operación se construyeron terraplenes escalonados para alcanzar una diferencia de altura operacional para la chancadora primaria, ver Figura 1. También se han empleado para construir discos de contención con fuerte pendiente para la conformación de depósitos de relaves, como se puede observar en la mina Sinaycocha – Pasco, ver Figura 2. (Torres, 2018)

Figura 1.

MSR en la Chancadora Primaria Alto Chicama - Minera Barrick



Nota. Detalle de 4 etapas, primera zona sin refuerzo, durante la construcción, detalle de la configuración de refuerzo y el muro concluido. Adaptada de Torres (2018).

Figura 2.

MSR Instalado Para el Depósito de Relaves Minera Sinaycocha



Nota. Subsidiaria de Atacocha en Pasco, Perú, de 8 m de altura. Torres (2018).

Estos muros ya se vienen usando también en el sector público, en obras de carreteras, como medida de contención, supervisados por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones; por ejemplo, como relleno al pie de la carretera como plataforma, o en terraplenes de vía donde se busca hacer intercambios viales. (Torres, 2018)

La versatilidad del sistema de muro de suelo reforzado es muy amplia, actualmente se viene usando en diversas estructuras de contención como taludes de gran pendiente, estribos de puentes, terraplenes, contención en carreteras, etc. De la misma manera en el sector minero se acostumbra a emplear este sistema por su capacidad de ocupar grandes alturas en espacios reducidos.

Los MSR son en muchos casos una solución viable, económica, de fácil aplicación, por lo cual dejaron de ser considerados como estructuras temporales, requiriéndose análisis más exhaustivos en los que se incluyó el concepto de diseño sísmico para estimar las deformaciones producidas, buscando que estas no excedan un límite tolerable para mantener la condición de servicio de la obra. (Torres, 2018)

2.2. MARCO TEÓRICO

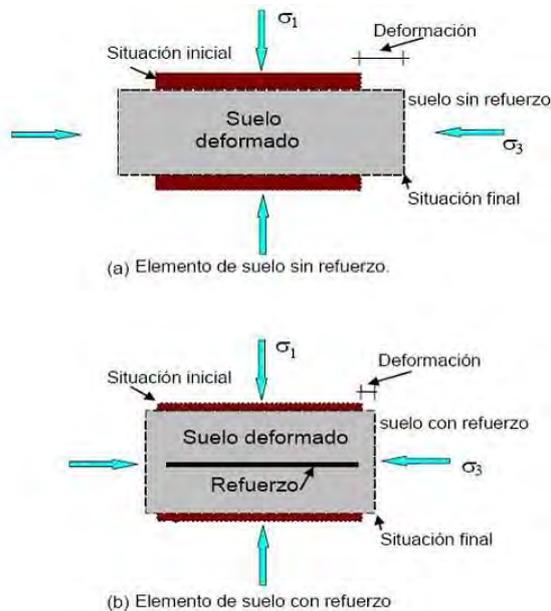
2.2.1. Muro de suelo reforzado

Una estructura de suelo reforzado consiste en la introducción de elementos resistentes a la tracción convenientemente orientados dentro de una masa de suelo compactado, que aumentan la resistencia del suelo y disminuyen las deformaciones del macizo. En este sistema, conocido como Suelo Reforzado, el comportamiento global del macizo es mejorado debido a la transferencia de los esfuerzos a tracción hacia los elementos resistentes (refuerzos). Los suelos poseen en general elevada resistencia a los esfuerzos de compresión, pero baja resistencia a los esfuerzos de tracción. Cuando una masa de suelo es cargada verticalmente, la misma sufre deformaciones verticales de compresión y deformaciones laterales de tracción. Con todo lo mencionado, si la masa de suelo estuviera reforzada, los movimientos laterales serían limitados por la rigidez del refuerzo. (Egoavil, 2011)

La Figura 3 muestra un esquema de deformación del suelo reforzado y uno convencional.

Figura 3.

Comportamiento de un Suelo sin refuerzo y con refuerzo.



Nota. Tomada de Egoavil (2011)

2.2.2. Sistema Terramesh®

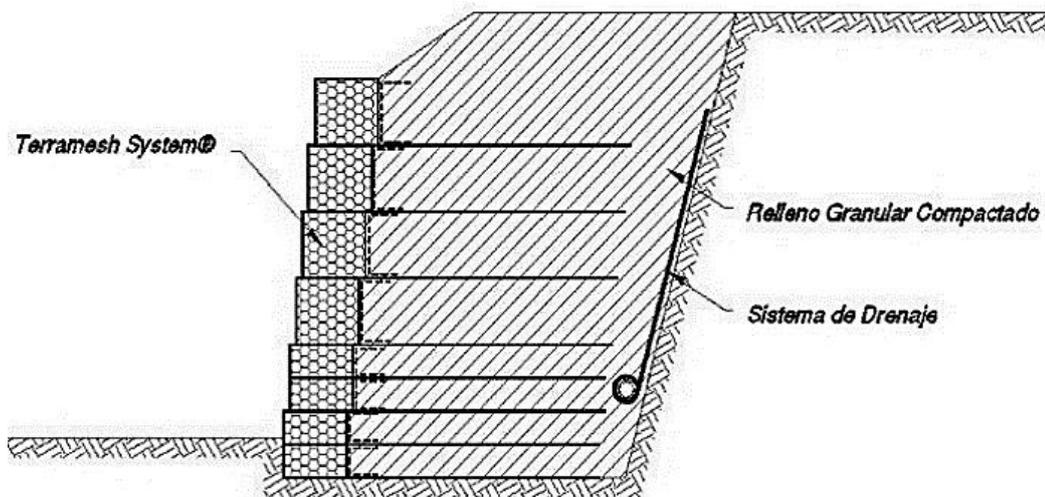
El Sistema Terramesh® es un sistema modular versátil utilizado en aplicaciones de refuerzo de suelo tales como muros de suelo mecánicamente estabilizados, refuerzo de taludes y refuerzo de suelo. Se utiliza con fines comerciales e industriales, para obras de caminos, para control de erosión y estabilización del margen del cauce. Las estructuras Terramesh® se basan en la malla de acero colocada horizontalmente en el talud con el relleno compactado sobre él. (Maccaferri, 2020b)

El elemento tipo gavión del Sistema Terramesh® se integra completamente con el refuerzo de acero y malla, dependiente del uso final de la estructura. El refuerzo de malla de alambre de triple torsión aprovecha la fricción que actúa a lo largo de la superficie del alambre y, lo más importante, de las propiedades mecánicas por interlocking entre la malla y el suelo del relleno estructural. (Maccaferri, 2020b), en la Figura 4, se aprecia el esquema de la sección típica del Sistema Terramesh®.

El Terramesh® System permite la construcción de parámetros externos escalonados (levemente inclinados en 6°) o totalmente verticales. La apariencia final de la estructura es la de un muro de gaviones y, como este, puede permitir el desarrollo de vegetación en la cara externa, además de ser drenante en todo el paramento frontal. (Maccaferri, 2020a)

Figura 4.

Detalle del Muro de Terramesh® System



Nota. Tomado de Egoavil Perea (2011).

2.2.3. Método de elementos finitos

El método de los elementos finitos (MEF en castellano o FEM en inglés) es un método de cálculo utilizado en diversos problemas de ingeniería, que se basa en considerar al cuerpo o estructura dividido en elementos discretos, con determinadas condiciones de vínculo entre sí, generándose un sistema de ecuaciones que se resuelve numéricamente y proporciona el estado de tensiones y deformaciones. (Pezzotti & Antico, 2007)

La base de esta metodología, en concordancia con Pezzotti & Antico (2007), es la sustitución de la estructura completa por unas subdivisiones equivalentes llamadas elementos los cuales se interconectan a través de puntos llamados nodos, de manera que su ensamble representa la estructura original.

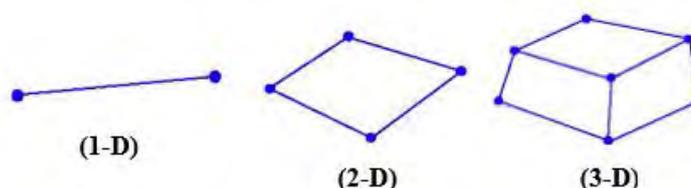
La solución que se obtiene para cada unidad se combina para obtener la solución total. Por ende, La solución consiste en encontrar los desplazamientos de estos puntos y a partir de ellos, las deformaciones y las tensiones del sistema analizado. Las propiedades de los elementos que unen a los nodos, están dadas por el material asignado al elemento, que definen la rigidez del mismo, y la geometría de la estructura a modelizar (a partir de las Leyes de la Elástica). (Pezzotti & Antico, 2007)

De acuerdo a lo mencionado por Pezzotti & Antico (2007), este método emplea elementos discretizados para hallar la respuesta, ver Figura 5, los cuales son:

- Elementos Lineales (1-D): Éstos pueden ser resortes, barras, vigas, etc.
- Elementos Planos (2-D): Éstos pueden ser membranas, placas, etc.
- Elementos Sólidos (3-D): Éstos representan grandes volúmenes en análisis 3D.

Figura 5.

Elementos Usados en la Resolución FEM



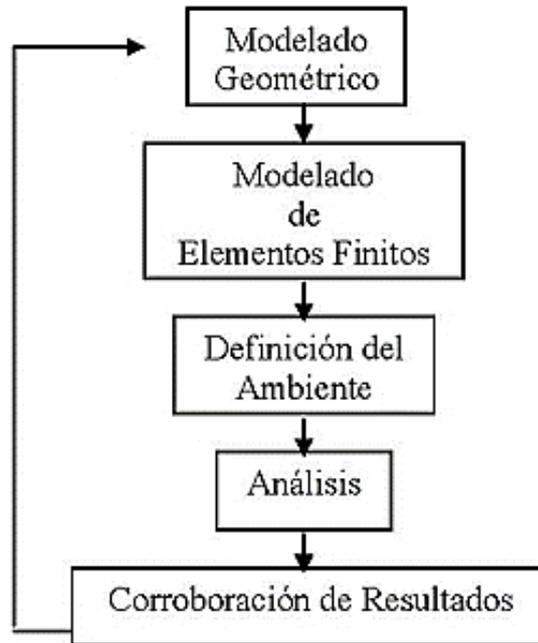
Nota. Representación adaptada de Pezzotti & Antico (2007).

2.2.3.1. Proceso de análisis por Elementos Finitos

En la Figura 6 se muestra el proceso de análisis por elementos finitos:

Figura 6.

Proceso de Análisis FEM



Nota. Tomado de Pezzotti & Antico (2007).

- **Modelado Geométrico:** Creación del modelo matemático del objeto o del conjunto. Reproducción del sólido en forma precisa y de la geometría de la superficie.
- **Modelado de Elementos Finitos:** Subdividir la geometría del modelo en elementos discretos. Asignar las propiedades del material y del elemento.
- **Definición del Ambiente:** Aplicar las cargas y las condiciones de borde para simular el ambiente de la operación.
- **Análisis:** Computar los resultados (tensiones, deformaciones, etc.) a partir de análisis estáticos, dinámicos o de transferencia de calor.
- **Corroboración de Resultados:** Comparar los resultados con los criterios de diseño. Rediseñar la estructura y repetir el proceso si fuese necesario.

En la actualidad la utilización de este método ha crecido notablemente debido a la utilización de software avanzado (además de un hardware potente que debe poseer gran velocidad y mucha memoria). (Pezzotti & Antico, 2007)

2.2.4. Modelos constitutivos de los materiales

Los modelos se han desarrollado para representar un tipo específico de comportamiento constitutivo común asociado con la geología de los materiales. Mohr Coulomb es el modelo más aplicado debido a que la cohesión y el ángulo de fricción son propiedades fundamentales para caracterizar el suelo a diferencia de otros materiales geotécnicos. Estos parámetros pueden ser obtenidos de ensayos triaxiales o de corte directo, ensayos que se usan para determinar la resistencia mecánica del material. (Torres, 2018)

- **Modelo elástico lineal:**

Este modelo representa la ley de Hooke de elasticidad lineal isótropa. El modelo incluye dos parámetros de rigidez elástica, a saber: el módulo de Young, E , y el coeficiente de Poisson, ν . El modelo elástico lineal tiene muchas limitaciones en relación a la simulación del comportamiento de los suelos. Se utiliza fundamentalmente para capas rígidas de suelo. (Plaxis bv., 2004)

- **Modelo de Mohr-Coulomb:**

Este bien conocido modelo se utiliza como una primera aproximación al comportamiento del suelo en general. El modelo incluye cinco parámetros, a saber: el módulo de Young, E , el coeficiente de Poisson, ν , la cohesión, c , el ángulo de fricción, ϕ , y el ángulo de dilatancia, ψ . (Plaxis bv., 2004)

- **Modelo para Roca Fracturada (Jointed Rock model):**

Se trata de un modelo elástico-plástico anisótropo en que la rotura por acción de las tensiones tangenciales sólo puede producirse en un número limitado de direcciones de deslizamiento. Este modelo puede ser utilizado para simular el comportamiento de roca estratificada o fracturada. (Plaxis bv., 2004)

- **Modelo de Suelo con Endurecimiento (Hardening Soil model):**

Se trata de una variante elastoplástica del modelo hiperbólico, formulado en el marco de la plasticidad de endurecimiento por fricción.

Además, el modelo incluye el endurecimiento por compresión para simular la compactación irreversible del suelo bajo una compresión primaria. Este modelo de segundo orden puede ser utilizado para simular el comportamiento de arenas y gravas, así como de tipos de suelo más blandos, como arcillas y sedimentos. (Plaxis bv., 2004)

- ***Modelo para Suelo Blando (Soft Soil model):***

Se trata de un modelo tipo CamClay que puede ser utilizado para simular el comportamiento de suelos blandos como arcillas normalmente consolidadas y turbas. El modelo proporciona buenos resultados en las situaciones de compresión primaria. (Plaxis bv., 2004)

- ***Modelo de Suelo Blando con fluencia (Soft Soil creep model):***

Es éste un modelo de segundo orden formulado en el marco de la viscoplasticidad. El modelo puede ser utilizado para simular el comportamiento dependiente del tiempo de suelos blandos tales como arcillas normalmente consolidadas y turbas. El modelo incluye una ley logarítmica para la variación de rigidez con el cambio de volumen. (Plaxis bv., 2004)

2.2.5. Software Plaxis 2D V16 (Versión Académica)

El programa PLAXIS es un código de análisis mediante Elementos Finitos, orientado específicamente a las aplicaciones en ingeniería geotécnica. Fue creado en la Delft University of Technology (Delft, Holanda) en el año 1987, a partir de una iniciativa del Departamento de Obras Públicas y la Dirección de Aguas de ese país. Este software permite abordar una amplia gama de problemas, entre los cuales se cuentan excavaciones subterráneas, túneles, análisis de tensiones y deformaciones bajo cargas estáticas y dinámicas, problemas de flujo acoplado y análisis de consolidación. (Tiznado, 2010), el logo de presentación de este software se muestra en la Figura 7.

PLAXIS incluye un entorno completo de desarrollo. Consta de una etapa de pre-proceso (Input), donde se introducen los datos y se genera la geometría del modelo, una etapa posterior de cálculos (Calculations) donde se

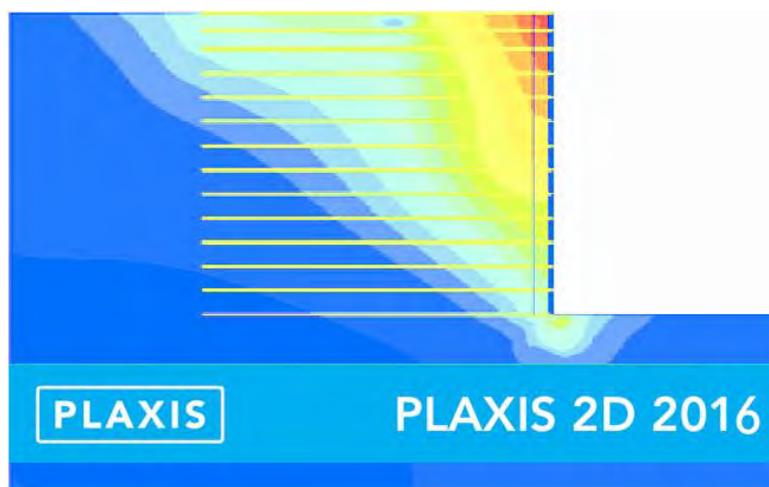
definen las distintas fases de análisis, y una tercera etapa de post-proceso (Output, Curves) que permite acceder a los resultados del análisis en forma de tablas o gráficos según se desee. (Tiznado, 2010)

De acuerdo con Tiznado (2010), dentro de las características más importantes de este programa, pueden mencionarse las siguientes:

- El modelado puede efectuarse bidimensionalmente con elementos triangulares, tanto de 6 como de 15 nodos.
- El comportamiento de los materiales puede representarse por medio de diferentes modelos constitutivos, entre los que se cuentan: Linear Elastic, Mohr-Coulomb, Hardening Soil, Jointed Rock, Soft Soil Creep, Hardening Soil with small-strain stiffness, Soft Soil y Modified Cam-Clay.
- Posee una completa librería de elementos de uso típico en problemas de ingeniería geotécnica: Placas (elementos viga), articulaciones, resortes rotacionales, geomallas, anclajes e interfaces.
- Los cálculos pueden efectuarse en etapas sucesivas. Esto permite simular procesos constructivos, fenómenos de consolidación, mejoramiento de materiales, entre otros.
- La capacidad de activar y desactivar elementos, permite utilizar una única malla de elementos finitos para todas las fases de cálculo.
- Para el análisis dinámico, se dispone de bordes absorbentes de acuerdo a la formulación de Lysmer & Kuhlemeyer (1969). Además, para el caso de análisis sísmico, se puede definir la excitación basal en forma de aceleraciones, velocidades o desplazamientos, a través de archivos de texto.
- Los criterios de convergencia por defecto pueden ser modificados a conveniencia del usuario.

Figura 7.

Logo del Programa Plaxis 2D V.16



Nota. Adaptada de Onur et al. (2016)

2.2.6. Carga Sísmica

La carga sísmica es un concepto utilizado en ingeniería sísmica que define las acciones que un sismo provoca sobre la estructura de un edificio y que deben ser soportadas por esta. Se transmiten a través del suelo, las estructuras adyacentes o el impacto de las olas de los maremotos. (Ramírez, 2014)

2.2.7. Registros sísmicos a emplear en la investigación

2.2.7.1. Sismo de Huacho 17 de octubre de 1966

El 17 de octubre de 1966 a las 21:41 UTC, un fuerte sismo remeció la región central del Perú, ocasionando 100 víctimas mortales. La máxima severidad de sacudimiento se reportó en la ciudad de Huacho (VIII a IX MM). Como efecto cosísmico se produjo un maremoto que inundó algunos poblados y balnearios costeros, como Casma y Tortugas. A partir del análisis y procesamiento de tres señales mareográficas registradas en las estaciones de Chimbote, Callao y Marcona, se determinaron los parámetros de la fuente sísmica mediante un proceso de inversión, en el que se comparó la señal simulada con la señal observada usando el método de mínimos cuadrados no-negativos. La máxima dislocación, slip, fue de 4.7 m ubicada en la parte sur del área de ruptura, lo que implica que la máxima aspereza o zona de mayor

liberación de energía se encuentra ubicada en el océano frente a la ciudad de Huacho, lo que concuerda con los máximos valores de intensidad reportados. El momento tsunamigénico escalar obtenido fue de $M_0 = 1.76 \times 10^{21}$ Nm, lo que equivale a una magnitud de 8.1 Mw (Jiménez et al., 2016).

2.2.7.2. Sismo de Ancash 31 de mayo de 1970

El terremoto y aluvión de Áncash de 1970, conocido localmente como el terremoto del 70, fue un sismo de magnitud de momento 7.9 Mw sentido en toda la costa y sierra del departamento de Áncash, seguido de un alud que sepultó 22,000 Yungainos el domingo 31 Mayo de 1970, a las 15:23 horas, provocando el desprendimiento de gigantescas cornisas de hielo del Nevado Huascarán que cayeron inicialmente en ángulo de 70 a 80 grados hacia lagunas glaciares, causando un aluvión de 50 a 100 millones de m³ de masa morrénica. La intensidad máxima se estimó en el grado VIII MM. El número total de muertos y desaparecidos en este sismo fue de aproximadamente 67,000 personas (Alva, 2020).

2.2.7.3. Sismo de Lima 03 de octubre de 1974

El jueves 3 de octubre de 1974, siendo las 9:21 am, se produjo un terremoto en Lima, de 7,6 ML en la escala Richter o 8.2 MW en la escala momento, que duró cerca de 2 minutos. Su epicentro fue a 90 kilómetros al sur oeste de la capital, afectando considerablemente a Mala, Cañete, Chincha y Pisco. Dentro de la capital, la Lima antigua, es decir zonas del Rímac, Barranco, Chorrillos y Callao sufrieron graves daños estructurales. (Torres, 2018), descrito por Giesecke et al. (1975).

2.2.7.4. Seisimosoft (Versión académica)

Es un software para el procesamiento de información sísmica, creado por la empresa Earthquake Engineering Software Solutions fundada en Italia el año 2002 (Seisimosoft, 2022), este software cuenta con subprogramas los cuales son:

- **SeismoSelect** – Software para la selección y escalado de registros de movimiento de tierra. Busca, escala y descarga acelerogramas de terremoto real emparejados con un espectro de respuesta objetivo específico.
- **SeismoSignal** – Software de sismos para el procesamiento de señales de datos de movimiento fuerte, constituye una forma fácil y eficiente para el procesamiento de señales de datos de movimiento fuerte, con una interfaz visual fácil de usar y ser capaz de derivar una serie de parámetros de movimiento fuerte a menudo requeridos por los ingenieros sismólogos e ingenieros sísmicos. (Geosysta, 2021c).
- **SeismoMatch** – SeismoMatch es una aplicación capaz de ajustar los acelerogramas de terremotos para que coincidan con un espectro de respuesta objetivo específico, utilizando el algoritmo wavelets propuesto por Abrahamson [1992] y Hancock et al. [2006] o el algoritmo propuesto por Al Atik y Abrahamson [2010]. Después de cargar algunos acelerogramas y definir el espectro de respuesta objetivo, los usuarios solo necesitan definir el algoritmo de coincidencia espectral, ajustar el rango del período de coincidencia espectral, establecer la tolerancia requerida y se ejecuta la coincidencia espectral. (Geosysta, 2021b).
- **SeismoArtif** – SeismoArtif es una aplicación capaz de generar acelerogramas de terremotos artificiales adaptados a un espectro de respuesta objetivo específico utilizando diferentes métodos de cálculo y suposiciones variadas. Se observa que el uso de acelerogramas reales y técnicas de coincidencia de espectro (SeismoMatch), junto con herramientas de selección de registros, tiende a recomendarse para la derivación de conjuntos de registros para uso en análisis dinámico no lineal de estructuras. Sin embargo, en aquellos casos en los que el acceso a acelerogramas reales sea, por cualquier motivo, desafiante o inapropiado, entonces una herramienta como SeismoArtif será pertinente y útil. (Geosysta, 2021a).

- **SeismoSpect** – Procesamiento de señales para registros de movimiento en tierra, constituye una plataforma sencilla y eficiente para el procesamiento de señales que permite crear una biblioteca personal de registros de movimiento en tierra y guardarlos todos en un solo archivo, lo que facilita el manejo y el uso compartido de un gran número de registros.

2.2.8. Comportamiento Estructural

El comportamiento estructural es la forma como responde toda una estructura en términos de desplazamientos y deformaciones, ante la aplicación de fuerzas externas. (Manturano, 2017)

La simulación por elementos finitos con ordenador permite a los ingenieros y diseñadores el cálculo de resistencia de piezas, estructuras y ensamblajes de una forma fácil y segura. Esta simulación facilita la validación del diseño sin necesidad de realizar ensayos físicos con el alto coste que eso supone. Con la simulación estructural, el ingeniero puede determinar la resistencia y rigidez de un elemento, así como sus posibles deformaciones y tensiones. El análisis a realizar dependerá del tipo de pieza, así como de la normativa que debe cumplir y tipo de cargas a las que se va a estar sometida. (Metrica, 2020)

Los movimientos del terreno y particularmente los movimientos horizontales son los que causan la mayor parte del daño en un sismo. Las estructuras deben diseñarse para resistir la aceleración máxima horizontal (Cortante en la base de la estructura). Esta aceleración se expresa como un porcentaje de la aceleración de la gravedad (g). El diseño estructural y la normatividad sísmica juegan un papel determinante en los daños y fatalidades relacionadas con los movimientos sísmicos. (Suárez, 2013)

2.3. MARCO CONCEPTUAL

2.3.1. DEFINICION DE TERMINOS

Comportamiento Estructural: Maturano (2017), menciona que el comportamiento estructural es la respuesta de la estructura sometida a las diversas sollicitaciones estáticas y dinámicas, todo ello a nivel de tensiones y deformaciones.

Sistema Terramesh: De acuerdo con Maccaferri (2020b), estos son elementos formados por un refuerzo metálico en malla hexagonal de doble torsión, unidos a paramento frontal de gaviones caja, y debajo de ellos un elemento de refuerzo o geomalla uniaxial.

Elementos Finitos: Pezzotti & Antico (2007), mencionaron que es un método de cálculo avanzado el cual se basa en considerar al cuerpo o estructura dividido en elementos discretos, con determinadas condiciones de borde que los vincula entre sí, generándose un sistema de ecuaciones matriciales y proporciona el estado de tensiones y deformaciones, es netamente computacional.

Carga sísmica: en concordancia con lo mencionado por Ramírez (2014), para la presente investigación las cargas sísmicas son las sollicitaciones dinámicas que se emplearán en el estudio, los registros acelerográficos de los sismos seleccionados.

Muro de suelo reforzado: Haciendo una síntesis de lo descrito por Egoavil (2011), se puede definir al muro de suelo reforzado como una estructura de contención, compuesta por tierra y elementos de refuerzo y un paramento vertical, también es llamada muro de tierra armada.

Análisis numérico: Mendoza & Yncio (2018), en su trabajo de investigación mencionaron que el análisis numérico es una rama de las matemáticas que se encarga de la obtención de las respuestas, mediante la aplicación de métodos numéricos.

Relaciones constitutivas: Según Torres (2018), son modelos que representan el comportamiento relacionado con la geología de los materiales. El modelo Mohr Coulomb es el más usado, ya que la cohesión y el ángulo de fricción son propiedades fundamentales para caracterizar cualquier tipo de suelo, aunque también existen modelos más avanzados que definen mejor las características y comportamiento del suelo.

Espectro de Pseudo-aceleraciones: Los mapas de zonificación sísmica, en la mayoría de los países, tienen un período de retorno de 475 años correspondientes a sismos muy intensos, a través de los cuales se elaboran los espectros de respuesta elásticos, tomando en cuenta el tipo de suelo, tipo de estructura y nivel de importancia. (Hernández, 2018)

El uso de un espectro de respuesta elástico implica diseñar las estructuras para que soporten estos sismos intensos sin ningún daño, lo cual es muy costoso y poco conveniente en el desarrollo de proyectos, por las dimensiones resultantes de los miembros resistentes. (Hernández, 2018)

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. PERSPECTIVA METODOLÓGICA

3.1.1. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

El tipo de estudio es cuantitativo.

La presente investigación, según el enfoque es de tipo cuantitativa, debido a que representa un conjunto de procesos, este es secuencial y probatorio, cada etapa precede a la siguiente y no se puede eludir pasos, el orden es riguroso, aunque desde luego, podemos redefinir alguna fase. Parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica, de las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables; se traza un plan para probarlas, se miden las variables en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas utilizando métodos estadísticos, y se extrae una serie de conclusiones. (Fernández & Baptista, 2014)

3.1.2. ORIENTACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El tipo de estudio es aplicado.

Según, Paguatian (2016) la investigación aplicada parte (por lo general, aunque no siempre) del conocimiento generado por la investigación básica, tanto para identificar problemas sobre los que se debe intervenir como para definir las estrategias de solución.

3.1.3. NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

El tipo de estudio es Descriptivo Comparativo.

Según Fernández & Baptista (2014) estas investigaciones se enfocan en realizar una descripción, detallando las condiciones, estado y los eventos del objeto de estudio, buscándose especificar propiedades importantes de o características de la unidad de análisis.

3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

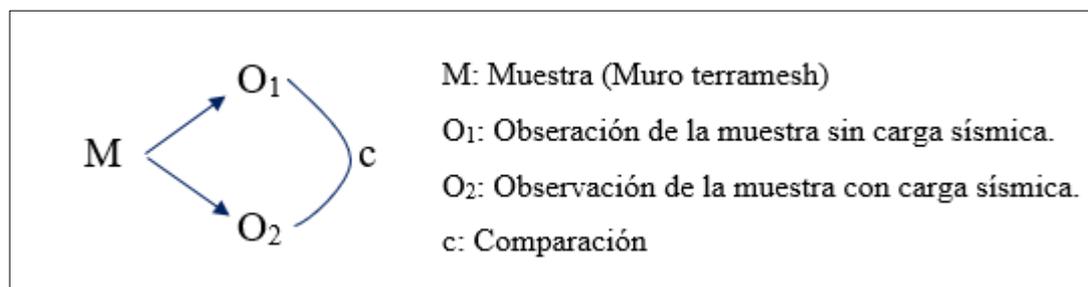
El tipo de diseño a emplearse en la presente investigación no experimental, será un diseño comparativo transversal.

Comparativo porque se realizará la observación de la muestra sin presencia de la variable independiente, y con influencia de la variable independiente para determinar la incidencia de una en la otra, ver Figura 8.

Transversal, porque se recolecta los datos en un solo momento y tiempo único, se va a describir las variables y analizar cómo influye una en la otra.

Figura 8.

Diseño Comparativo



Nota: Elaboración propia, adaptada de Esquivel & Venegas (2013).

3.3. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

3.3.1. DELIMITACIÓN GEOGRÁFICA

En la presente tesis, se ha planteado el análisis de la incidencia de la aplicación de una carga sísmica en el comportamiento estructural del muro de suelo reforzado Terramesh® System del centro comercial “Trujillo” de la empresa Trujillo Investment, ubicada en el Centro Poblado Mashuan, distrito de Huaraz, provincia de Huaraz, departamento de Ancash.

3.3.2. DELIMITACIÓN TEMPORAL

El presente trabajo de grado se realizó en un tiempo de catorce (14) meses continuos, desde mayo del 2021 a agosto del 2022.

3.3.3. DELIMITACIÓN TEMÁTICA

La investigación trata de geotecnia, análisis estructural estático, dinámico y análisis numérico con elementos finitos, ya que se propone una metodología que nos permita determinar incidencia de la aplicación de una carga sísmica en el comportamiento estructural del muro de suelo reforzado Terramesh® System del centro comercial “Trujillo” de la empresa Trujillo Investment, ubicada en el Centro Poblado Mashuan, distrito de Huaraz, provincia de Huaraz, departamento de Ancash.

Limitación de las metodologías empleadas:

- Metodología elementos finitos, debido a que el método es netamente computacional, se ha elegido el software Plaxis 2D V16, para el tratamiento de datos y obtención de la respuesta estructural.
- Modelos constitutivos de los materiales, se realizaron los análisis con los modelos constitutivos: Morh-Coulomb para la capa profunda del suelo, lecho rocoso; Hardening Soil para la capa superficial del suelo de fundación, los rellenos con bolonería y material afirmado; Lineal-Elástico para el material que compone el relleno Terramesh.

- Metodología de Análisis dinámico de estructuras Modal Tiempo-Historia, Puesto que se emplearán 03 registros acelerográficos y serán escalados al espectro compatible de la norma con el uso del software Seismosoft, para determinar la incidencia de la carga sísmica en el comportamiento estructural del muro Terramesh.

3.4. CONTEXTO Y UNIDAD DE ANÁLISIS

Departamento	:	Ancash
Provincia	:	Huaraz
Distrito	:	Huaraz
Centro poblado	:	Mashuan
Altitud	:	3246.00 m.s.n.m.
Coordenada Este	:	225575.00 – 225775.00 m E
Coordenada Norte	:	8935375.00 – 8935600 m N

3.4.1. Población y muestra

3.4.1.1. Población:

La población de estudio fue el muro de suelo reforzado Sistema Terramesh, del centro comercial Trujillo ubicado en el centro poblado de Mashuan, Huaraz.

3.4.1.2. Muestra:

El procedimiento de selección de la muestra fue no probabilístico o dirigido, del tipo intencional, por criterio o juicio. Es así que se eligió como muestra el muro de suelo reforzado Sistema Terramesh del C.C. Trujillo – Mashuan - Huaraz.

3.4.2. Plan de recopilación de datos

Para la presente investigación, se consideraron las siguientes etapas para la recopilación de datos resumidos en la Tabla 2:

Tabla 2.

Plan de Recopilación de Datos

Plan de Recopilación de Datos	
a. Trabajos preliminares	<ol style="list-style-type: none">1. Exploración de la bibliografía existente de temas afines.2. Revisión y selección de la bibliografía.3. Esquematización de los antecedentes y la problemática.4. Recolección de información sismológica.5. Capacitación en el uso de los softwares que se emplearon.6. Solicitación de información geotécnica al Dr. Ing. Reynaldo Reyes.7. Solicitación de información al área de ingeniería de proyectos de la empresa Trujillo Investment.8. Visita técnica para reconocer la situación actual de la estructura.
b. Registro, acopio de datos y estructuración	<ol style="list-style-type: none">1. Estructuración del marco referencial.2. Elaboración del resumen con los parámetros técnicos del muro del C.C. Trujillo.3. Tratamiento a los acelerogramas sintéticos.4. Calibración del modelo en el software de elementos finitos.
c. Procesamiento, Presentación y Organización de datos	<ol style="list-style-type: none">1. Presentación del resumen del marco teórico y referencial.2. Procesamiento de información sismológica.3. Presentación con imágenes de la situación actual del muro.4. Presentación de información técnica mediante tablas y resumen.

Nota. Etapas empleadas en la recopilación de datos.

a. Trabajos Preliminares

- Se exploró la bibliografía y trabajos de pregrado existentes acerca del tema a tratar, generalidades de los muros de suelo reforzado, específicamente el sistema Terramesh[®], el método de elementos finitos, los modelos constitutivos de los materiales a usarse, el software a emplearse, detalles y generalidades de la construcción y operación del muro Terramesh[®] del C.C. Trujillo.
- Se revisó la bibliografía convenientemente para bosquejar el marco teórico referencial.
- Se esquematizó la problemática y los antecedentes de la presente investigación, realizando una indagación de los muros de suelo reforzado con Terramesh[®]

construidas en nuestro país y el tipo de estructura interna que posee cada uno de estos.

- Se realizó el tratamiento de datos acelerográficos para obtener el sismo de diseño o registros compatibles (magnitud, profundidad, tiempo de retorno, epicentro, entre otros) con los cuales se realizó la simulación computacional, para esta investigación se tomaron en cuenta los registros sísmicos de mayor magnitud en nuestro país durante el siglo pasado y con los cuales se generó la norma sismorresistente en el Perú; el sismo de Huacho 1966, el sismo de Ancash 1970, y el sismo de Lima 1974.
- Se realizó la calibración del modelo de elementos finitos en el software Plaxis 2D V16 del muro Terramesh® del C.C. Trujillo, también en el uso del software para el procesamiento de los acelerogramas sintéticos, SeismoSoft, en específico, el Seismo signal V.2022 para la corrección de acelerogramas y el Seismo match V.2022 para hacer compatibles los registros con el espectro de diseño de la norma E030 el cual tiene un periodo de retorno de 475 años.
- Los parámetros geotécnicos fueron facilitados por el Dr. Ing. Reynaldo Reyes, quien realizó los ensayos de mecánica de suelos durante la fase de diseño así como, el control y prueba en campo de la compactación del material de relleno del muro, también la empresa Trujillo Investment, a través del área de Ingeniería de Proyectos me facilitaron los planos de construcción del muro Terramesh, en los cuales se pudo apreciar la topografía inicial y así determinar la sección crítica, también nos dieron a conocer las memorias de cálculo de las estructuras que están sobre el muro como es la estructura del almacén, rack selectivo autoportante, cerco perimétrico, patio de maniobras, y otros.
- Se realizó una visita técnica al Centro comercial Trujillo para conocer la situación actual del muro Terramesh® y se identificaron algunos parámetros que se tomaron en cuenta en el modelamiento.

b. Registro, Acopio de datos y Estructuración

- Una vez revisado y analizado las fuentes de información y bibliografía, se procedió a estructurar el marco referencial y el diseño de la ejecución de la presente investigación.
- Obtenidos los parámetros geotécnicos, topográficos, y otros, se procedió a elaborar un resumen con las características necesarias para la simulación computacional.
- Conseguido los registros sísmicos, se realizó un escalamiento o calibración para determinar la magnitud con la que ocurrirá en nuestra localidad con el empleo del software Seismosoft.
- Se realizó el modelamiento e idealización de la sección transversal más crítica del muro Terramesh® empleando el software Plaxis 2D V16 con la aplicación de las sollicitaciones estáticas y dinámicas.

c. Procesamiento, Presentación y Organización de datos

- Se realizó la presentación del marco teórico y referencial mediante un resumen.
- Se realizó el procesamiento de la información sismológica de acuerdo a nuestra zona y se calibró un modelo, los datos fueron organizado con gráficos de control.
- Luego de la visita técnica al Centro poblado Mashuan, se presenta los datos mediante imágenes, cuadros y fotografías.
- La presentación de los datos técnicos del muro terramesh recopilados, fueron ordenados mediante planos, tablas, cuadros, resúmenes, y otros.

3.4.3. Plan de ejecución y desarrollo de la investigación

Para llevar a cabo la presente investigación se tomó en cuenta el proceso mostrado en la Tabla 3, para realizar la contrastación de la hipótesis.

Tabla 3.*Plan de Ejecución Para la Investigación*

Pasos	Tratamiento	
I. Caracterización del sitio y configuración estructural del sistema terramesh actualizada	Planos topográficos Estratigrafía geotécnica Planos estructurales Fotogrametría Catalogar cargas permanentes Determinar nivel freático	
II. Tectónica y sismología	Analizar información sísmológica Acelerogramas sintéticos Generar sismo de diseño Espectro de respuesta Generar sismo máximo probable	Empleando el software Seismosoft
III. Calibración del modelo en el software FEM	Ingreso de los datos a Plaxis 2d Definir parámetros geotécnicos Definir cargas Configuración estructural Simulación de la construcción Desplazamientos post construcción	
IV. Análisis estático operacional del muro terramesh	Calcular el factor de seguridad estático	
	Cálculo de desplazamiento lateral	Debido a la construcción
	Cálculo de asentamientos en la base	Debido a la consolidación
V. Análisis dinámico del muro terramesh	Calcular el factor de seguridad dinámico	
	Cálculo de desplazamiento lateral	Debido al sismo
	Cálculo de asentamientos en la base	Debido al sismo
VI. Determinar la incidencia en el comportamiento estructural.	Incremento o disminución del Factor de Seguridad. Incremento o disminución de los asentamientos. Incremento o disminución de los desplazamientos.	Prueba de Hipótesis mediante procesos estadísticos.

Nota. Procedimiento seguido para la contrastación de la hipótesis.

3.4.4. Plan de procesamiento de la información y presentación final

Para el procesamiento de la información se usaron los softwares computacionales Plaxis 2D V16, Seismosoft, Microsoft Excel, Microsoft Word.

- Obtenidos los parámetros que componen el muro de suelo reforzado en estudio, se procedió a elaborar el modelamiento computacional del muro Terramesh® empleando el software Plaxis 2D V16 con la aplicación de las solicitaciones estáticas y dinámicas, teniendo en cuenta las fases de construcción.
- Se colocaron puntos estratégicos en el modelamiento para poder evaluar el resultado de cada uno de estos y de esa manera dar un diagnóstico del comportamiento de la estructura.
- Para el procesamiento de la información obtenida del modelamiento computacional, se usaron gráficos de control en donde se analizó la respuesta de cada punto de control ubicado convenientemente, con los cuales se generó la tabla de reporte, los cuales son parte de la etapa básica de la evaluación del comportamiento sísmico de estructuras.
- Se realizó un prototipo de evaluación del comportamiento sísmico de estructuras de suelo reforzado que servirá para la mitigación del riesgo, todo ello en base a los aportes de diversos autores.

3.5. PRUEBA DE HIPÓTESIS

De acuerdo con Esquivel & Venegas (2013), en este procedimiento se debe tener en cuenta la secuencia que se muestra a continuación:

1. Formular la Hipótesis nula H_0 y de investigación H_i
 - La carga sísmica incide, produciendo aumento de las deformaciones, en el Comportamiento Estructural del Muro de suelo reforzado del Centro Comercial Trujillo, Huaraz 2021.
 μ_{Ue} : Deformaciones estáticas u operacionales.

μ_{Ud} : Deformaciones dinámicas o sísmicas.

Entonces la diferencia de las medias será: $\mu_{d1} = \mu_{Ud} - \mu_{Ue}$

Por tanto, las hipótesis serán:

$$H_0: \mu_{d1} \leq 0$$

$$H_i: \mu_{d1} > 0$$

- El desplazamiento lateral producido por la carga sísmica aumenta en comparación con el desplazamiento lateral en condiciones estáticas, en el muro de suelo reforzado Terramesh System del Centro Comercial Trujillo.

μ_{Uxe} : Desplazamiento lateral en condiciones estáticas u operacionales.

μ_{Uxd} : Desplazamientos laterales dinámicos o sísmicos.

Entonces la diferencia de las medias será: $\mu_{d2} = \mu_{Uxd} - \mu_{Uxe}$

Por tanto, las hipótesis serán:

$$H_0: \mu_{d2} \leq 0$$

$$H_i: \mu_{d2} > 0$$

- El asentamiento producido por la carga sísmica aumenta en comparación con el asentamiento en condiciones estáticas, en el muro de suelo reforzado Terramesh System del Centro Comercial Trujillo.

μ_{Uye} : Asentamientos en condiciones estáticas u operacionales.

μ_{Uyd} : Asentamientos dinámicos o sísmicos.

Entonces la diferencia de las medias será: $\mu_{d3} = \mu_{Uyd} - \mu_{Uye}$

Por tanto, las hipótesis serán:

$$H_0: \mu_{d3} \leq 0$$

$$H_i: \mu_{d3} > 0$$

- El Factor de Seguridad calculado con presencia de la carga sísmica es menor en comparación con el Factor de Seguridad calculado en condiciones estáticas, en el muro de suelo reforzado Terramesh System del Centro Comercial Trujillo.

μ_{FSe} : Factor de seguridad en condiciones estáticas u operacionales.

μ_{FSd} : Factor de seguridad dinámico o sísmico.

Entonces la diferencia de las medias será: $\mu_{d4} = \mu_{Fse} - \mu_{Fsd}$

Por tanto, las hipótesis serán:

$$H_0: \mu_{d4} \leq 0$$

$$H_i: \mu_{d4} > 0$$

2. Escoger la distribución muestral y los procedimientos estadísticos.

Las hipótesis planteadas son de naturaleza unilateral y corresponden a la comparación de promedios en medidas repetidas, además de ello, se tiene una sola muestra, lo cual corresponde a una prueba T para muestras emparejadas, o también denominado prueba de T para medidas repetidas, el estadístico de prueba está definido por la siguiente ecuación:

$$t = \frac{\bar{\mu}_d}{S_d / \sqrt{n}}$$

Donde:

t = Estadístico de prueba.

$\bar{\mu}_d$ = promedio de las diferencias.

S_d = desviación estándar

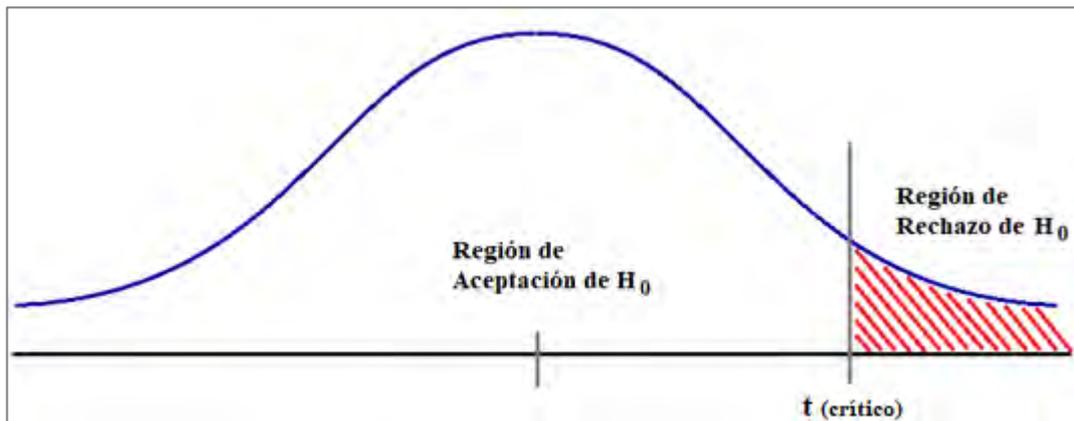
3. Especificar el nivel de significancia α y definir el área de rechazo de H_0 .

Para la presente investigación se empleó un intervalo de confianza del 95%, eso quiere decir que el nivel de significancia α será 5% o 0.05.

Las hipótesis planteadas son unilaterales con cola a la derecha, por lo tanto, en la Figura 9, se muestra un gráfico interactivo para definir el área de rechazo de H_0 .

Figura 9.

Representación del área de rechazo en una prueba T con cola a la derecha.



Nota. Elaboración propia.

De acuerdo a los criterios de decisión, en relación a la probabilidad asociado al estadístico de prueba (p), y el nivel de significancia, se tiene que:

Si $p \leq 0.05$ se rechaza H_0 .

4. Hacer los cálculos para rechazar o aceptar las hipótesis nulas, haciendo uso de las pruebas estadísticas.

Este procedimiento se realizó en la contrastación de la Hipótesis

5. Verificar si el valor experimental o crítico pertenece a la región de aceptación o de rechazo de H_0 .

Este procedimiento se realizó en la contrastación de la Hipótesis

3.6. TÉCNICAS, INSTRUMENTOS, FUENTES E INFORMANTES

3.6.1. Técnicas

6. Observación.
7. Análisis Documental.

3.6.2. Instrumentos

- Documentos y Registros.
- Trabajos de tesis.
- Libros.

- Revistas.
- Informes.
- Ficha de registro de Datos.

3.6.3. Fuentes e informantes

- Recopilación de información bibliográfica de diversos autores nacionales e internacionales por parte del propio investigador.
- Entrega de información de trabajos de investigación anteriores de temas afines por parte del asesor Dr. Ing. Reynaldo Reyes, además de los datos geotécnicos del relleno del muro.
- Consultor que realizó el diseño para la construcción del muro.
- Propietario del Centro comercial Trujillo, área de ingeniería de proyectos.

3.6.4. Gestión del Plan

3.6.4.1. Recursos

- Recursos Humanos:
El graduando.
- Recursos Materiales:
Útiles de escritorio.
Computadora con el software instalado.
Memoria USB.
Material bibliográfico.
Impresión del plan y la tesis.
Trámites administrativos para el plan y la tesis.
Equipo topográfico o fotogramétrico.

3.6.4.2. Presupuesto o Financiamiento

- Autofinanciación, recursos del graduando.

CAPÍTULO IV. Comportamiento Sísmico Del Muro Terramesh

En el presente capítulo se describe la situación actual del muro Terramesh, los materiales que lo componen las estructuras que soporta, así mismo, se desarrolla el proceso de obtención de parámetros para el modelamiento en el software Plaxis 2D V16, del cual se obtendrá la respuesta estructural del análisis estático; así como el tratamiento de los acelerogramas para obtener el registro compatible con la norma peruana para el análisis sísmico.

4.1. CONFIGURACIÓN ACTUAL DEL MURO TERRAMESH

4.1.1. MARCO GEOGRÁFICO

4.1.1.1. UBICACIÓN POLITICA

Departamento	:	Ancash
Provincia	:	Huaraz
Distrito	:	Huaraz
Centro Poblado	:	Mashuan

4.1.1.2. UBICACIÓN GEOGRAFICA

Altitud	:	3246.00 m.s.n.m.
Coordenada Este	:	225575.00 – 225775.00 m E
Coordenada Norte	:	8935375.00 – 8935600 m N

4.1.1.3. DELIMITACION

Por el Norte	:	Con el distrito de Huaraz.
Por el Este	:	Con la carretera Huaraz-Pativilca.
Por el Oeste	:	Con el rio Santa.
Por el Sur	:	Con el centro poblado de Mashuan.

4.1.1.4. VIAS DE ACCESO

El acceso desde la ciudad de Huaraz es a través de la carretera asfaltada Huaraz-Pativilca que discurre hacia el sur con un recorrido de 13.0 Km. hasta llegar Km 177 de dicha carretera, el centro comercial se encuentra en el lado derecho de la vía en el sentido de norte a sur. El recorrido en un automóvil es de 22.0 minutos aproximadamente.

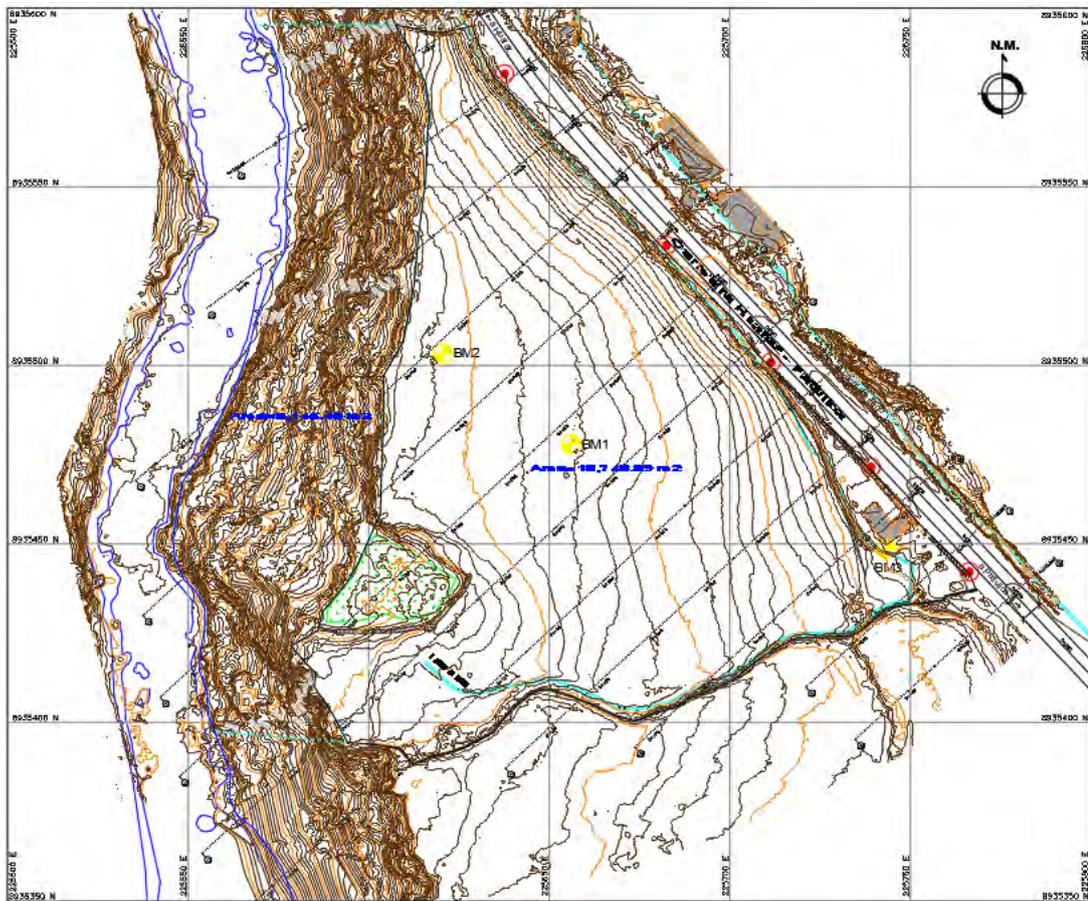
4.1.2. DESCRIPCIÓN DE LA ETAPA CONSTRUCTIVA Y LA SITUACION ACTUAL

El muro Terramesh en estudio tiene una extensión total de 388.00 metros de los cuales forman parte del perímetro suroeste y noroeste del terreno total perteneciente a la empresa Trujillo Invesment, el cual está ubicado en la carretera Huaraz-Pativilca Km 177.00 Sector Mashuan, como se aprecia en la Figura 10.

Previamente a su construcción, se realizaron las pruebas de campo necesarias para realizar el diseño del muro, los ensayos de mecánica de suelos y se tomaron en cuenta los parámetros del suelo afirmado y bolonería para el relleno a espaldas del muro, también se tuvieron en cuenta los materiales que componen a los gaviones que forman parte del sistema terramesh.

Figura 10.

Plano Topográfico del terreno antes de la construcción del Muro Terramesh.



Nota. Proporcionado por la empresa Trujillo Investment.

Durante el proceso constructivo se emplearon maquinarias para realizar la compactación del material de relleno, un rodillo de 8 Tn y unos vibro apisonadores para compactar el terreno cercano a 1m de distancia del muro, de acuerdo a las especificaciones técnicas brindadas por la empresa Maccaferri.

Asimismo, se tuvieron en cuenta una serie de recomendaciones como el espaciamiento o desfase horizontal entre gaviones mientras se armaban horizontalmente, con los debidos controles de compactación y controles de desplazamientos laterales del muro a medida que se incrementaba la altura, ver Figura 11, estos desfases horizontales se pueden apreciar actualmente como se muestra en la Figura 12.

Figura 11.

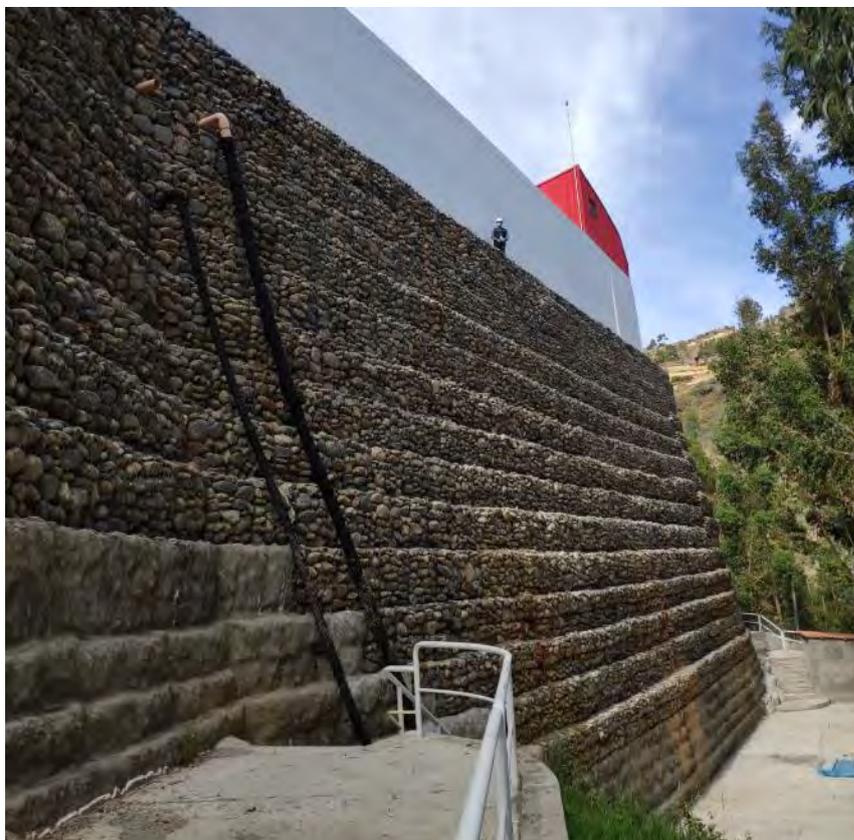
Vista Durante la Construcción del Muro en Estudio.



Nota. Fotografía proporcionada por el Dr. Ing. Reynaldo Reyes.

Figura 12.

Vista de la situación actual del muro Terramesh.



Nota. Fotografía registrada durante la visita a Mashuan.

Se instalaron geotextiles y tuberías para el adecuado drenaje en la parte superior del muro, en la zona crítica se optó por construir una vereda de acceso o boulevard para reforzar la parte baja, y de esa manera proteger la zona de una probable falla, como se pudo apreciar en la visita de campo, ver Figura 13.

En la actualidad el muro soporta cargas operacionales provenientes de las estructuras como las estructuras metálicas del almacén rack autoportante o Hangar comercial, Nave Tubest, un patio de maniobras y estacionamiento con concreto armado, un cerco perimétrico con albañilería confinada de más de 4.00 m de altura.

Figura 13.

Boulevard construido en la parte baja del muro Terramesh



Nota. Fotografía registrada durante la visita a Mashuan.

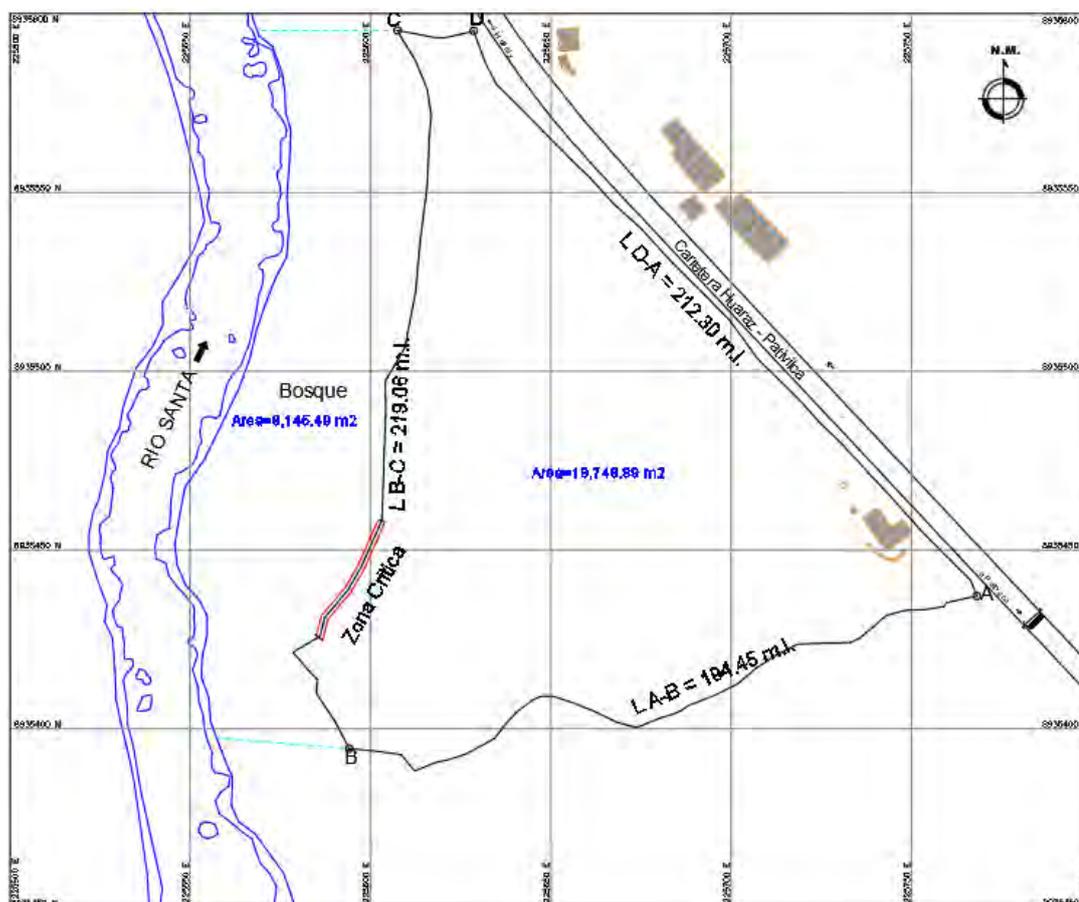
4.1.3. IDENTIFICACIÓN DE LA ZONA CRÍTICA DEL MURO TERRAMESH

Usualmente los muros de suelo reforzado se diseñan para la sección más crítica (máxima altura del muro), en la investigación realizada se tomó cuenta dicha premisa y se cogió la sección crítica para evaluar la incidencia de la carga sísmica en el comportamiento estructural del muro, el cual posee 17 metros de altura.

Dicha zona crítica cuenta con un boulevard de acceso el cual se construyó como una obra complementaria y con la intención de reforzar la zona ante una probable falla, en la Figura 14 se muestra la vista en planta donde se delimita la longitud de la zona crítica y en la Figura 15, la elevación de la misma zona y se muestra la vista frontal de la sección crítica de mayor altura del muro.

Figura 14.

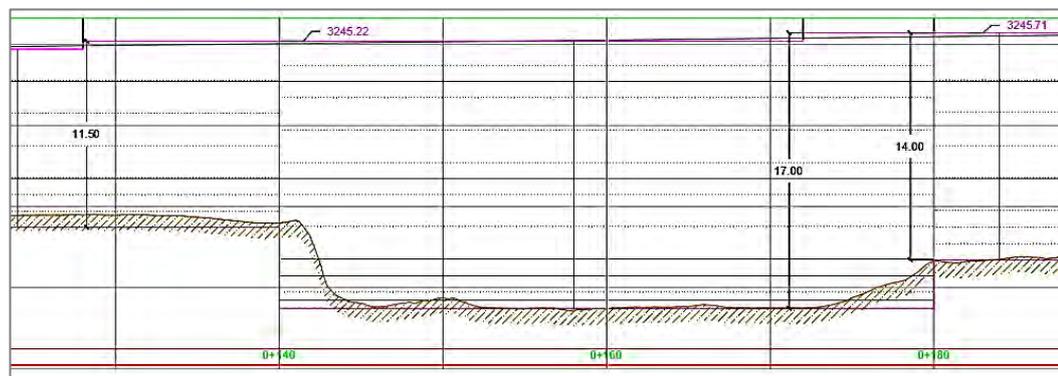
Zona crítica donde se ubica la altura máxima del Muro Terramesh.



Nota. Proporcionado por la empresa Trujillo Invesment.

Figura 15.

Vista Frontal de la Sección Crítica del Muro Terramesh.



Nota. Proporcionado por la empresa Trujillo Investment.

4.1.4. ESTRUCTURAS QUE SOPORTA EL MURO TERRAMESH

En la Figura 16 se puede apreciar en planta las estructuras que componen el centro comercial Trujillo en Mashuan y las cuales soporta en muro Terramesh.

Figura 16.

Vista actual del Centro Comercial Trujillo y el Muro Terramesh.



Nota. Elaboración propia, ortofotografía registrada en la visita a campo.

El muro se encuentra sometido a cargas operacionales (cargas estáticas) en donde se puede mencionar; estructuras metálicas del almacén: un rack selectivo autoportante y una nave Tubest en la parte frontal, un pavimento de concreto armado en toda el área del terreno, las cimentaciones de la estructura metálica y la carga producida por el peso del cerco perimétrico de albañilería confinada.

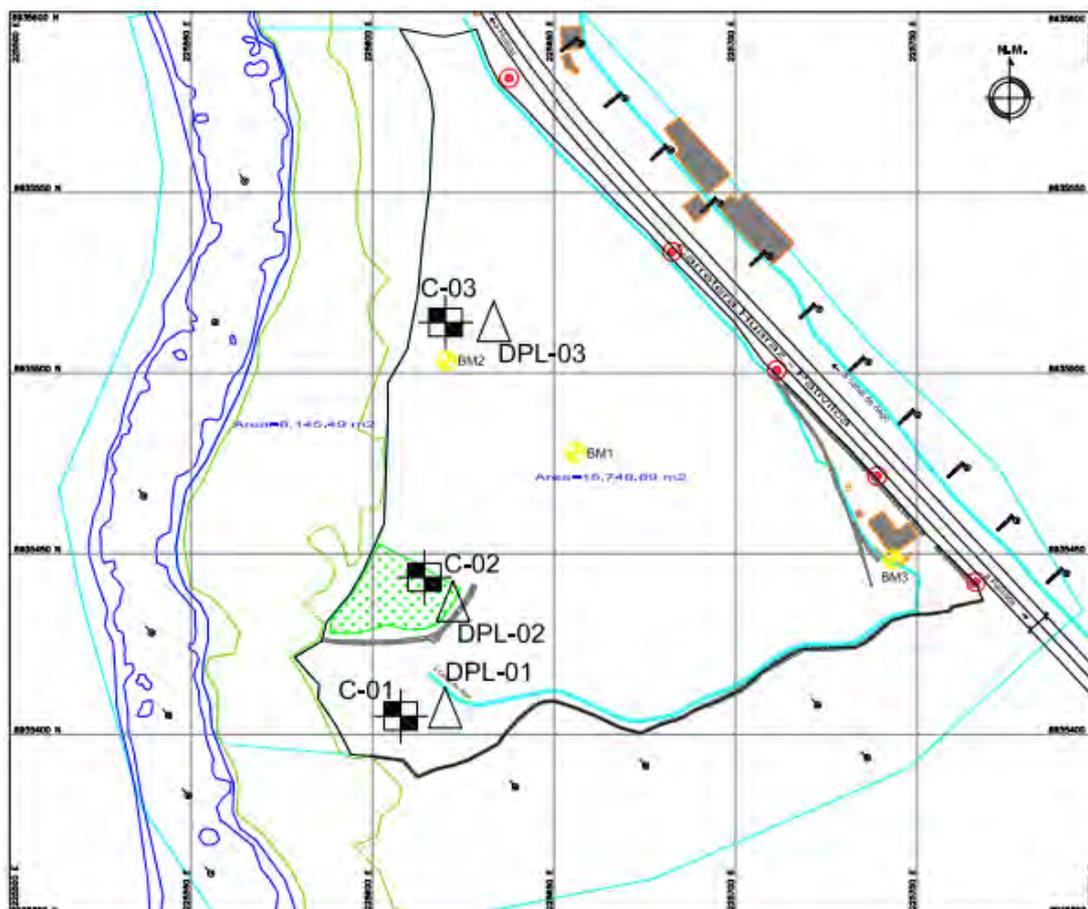
4.2. ESTUDIO DE LOS PARÁMETROS DE SITIO

4.2.1. PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DEL SUELO

En la Figura 17 se puede apreciar la ubicación de las calicatas realizadas en la fase de diseño el proyecto, dicha información obtenida de los ensayos de las muestras correspondientes (ver Tabla 4), sirvió para caracterizar el suelo de fundación y poder estimar el lecho rocoso profundo presente en dicha zona.

Figura 17.

Plano de Calicatas antes de realizar la Construcción del Muro.



Nota. Adaptado del EMS Geoser Ingenieros S.A.C.

Tabla 4.*Clasificación del suelo de acuerdo al SUCS.*

Calicata	Muestra	h (m)	Clasificación SUCS	Humedad (%)	% Finos	LL (%)	LP (%)	I.P. (%)
C-01	Mab-01	2.00	GM	9.13	13.17	23.38	20.58	2.80
C-02	Mab-01	2.00	SC	6.09	16.13	27.70	16.30	11.40
C-03	Mab-01	2.00	SC	11.92	22.36	26.60	15.17	11.43

Nota. Tomado del EMS Geoser Ingenieros S.A.C.

En la Tabla 5 se muestra el resumen de las calicatas realizadas luego de la construcción del muro terramesh, dicha información sirvió para poder caracterizar el suelo afirmado y bolonerías con los cuales se rellenó el muro, estos ensayos fueron realizados por la empresa EMV Laboratorios y Construcción E.I.R.L.

Tabla 5.*Descripción de las calicatas realizadas luego de la construcción del muro.*

Calicata	Muestra	Prof. (m)	N.F (m)	Coordenadas UTM PSAD-56	
				Este	Norte
C-01	01	1.50	N.E.	225446	8935134
C-02	02	1.50	N.E.	225480	8935112
C-03	03	1.50	N.E.	225390	8935085
C-04	04	1.50	N.E.	225371	8935042
C-05	05	1.50	N.E.	225416	8935080

Nota. Tomado del EMS de EMV Laboratorios y Construcción E.I.R.L.

En la Tabla 6 también se aprecia el resumen de los ensayos de laboratorio realizados, luego de la construcción del muro, en el suelo de relleno.

Tabla 6.*Clasificación de suelos de la subrasante.*

Calicata	Profundidad (m)	Muestra	Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)	LL (%)	IP (%)	Humedad (%)	Clasificación	
									AASHTO	SUCS
C-1	1.50	mab-01	48.83	34.49	16.69	29	17	9.07	A-2-6(0)	GC
	1.50	mab-02	35.76	41.12	22.81	31	14	6.82	A-2-6(0)	SC
	1.50	mab-03	36.89	35.08	28.04	34	17	7.65	A-2-6(0)	GC
C-2	1.00	mab-01	52.45	30.82	16.73	28	12	10.08	A-2-6(0)	GC
C-3	1.50	mab-01	40.37	34.18	25.44	32	17	9.68	A-2-6(0)	GC
C-4	1.00	mab-01	40.03	42.37	17.60	25	12	6.69	A-2-6(0)	SC
	1.50	mab-02	42.21	38.72	19.07	37	19	9.45	A-2-6(0)	GC
	1.50	mab-03	22.88	39.65	37.47	40	21	9.77	A-6(3)	SC
	1.50	mab-04	42.72	36.44	20.84	29	13	12.51	A-2-6(0)	GC
C-5	1.00	mab-01	43.32	35.00	21.67	28	12	7.58	A-2-6(0)	GC

Nota. Tomado del EMS de EMV Laboratorios y Construcción E.I.R.L.

4.2.2. PARÁMETROS DEL MATERIAL DE REFUERZO

Las propiedades mecánicas de los refuerzos con geomallas uniaxiales son presentadas en la Tabla 7:

Tabla 7.*Valores de la rigidez axial de las geomallas uniaxiales.*

Tipo de Geomalla	EA (kN/m)
Macgrid WG 200	2000
Macgrid WG 100	1500
Macgrid WG 90	900
Terramesh	250

Nota. Adaptado de Maccaferri. (2020).

Para la construcción del muro Terramesh de Mashuan se usaron las geomallas Macgrid WG 90, los paramentos frontales de los elementos que conforman el muro Terramesh, fueron colocados con un desfase que ocasionó escalonamiento entre 0.10 hasta 0.25 metros en toda la altura.

4.3. DESCRIPCIÓN DE LOS MODELOS CONSTITUTIVOS EMPLEADOS

Con la finalidad de reproducir lo más preciso posible la respuesta física de los materiales presentes en el muro, se han considerado aquí tres modelos constitutivos.

Para los elementos de refuerzo Macgrid WG 90 y la malla Terramesh, se utilizó una ley elástica lineal, mientras que para el relleno de los gaviones del muro Terramesh y el estrato profundo, se utilizó la ley elastoplástica de Mohr Coulomb, para el lecho rocoso profundo de fundación, el suelo de relleno afirmado y el relleno con bolonería, se utilizó el modelo Hardening soil model propuesto por (Schanz et al., 1999). Estos son los modelos que se describen inmediatamente:

4.3.1. Modelo elástico

Este modelo de comportamiento es el más sencillo de implementar, requiere emplear menos parámetros y, por el contrario, reproduce de una manera menos realista el comportamiento del suelo. Debería, por lo tanto, únicamente emplearse para reproducir regiones estructurales del modelo que se hayan resuelto con elementos volumétricos (zapatas, muros de espesor importante, dados de hormigón, etc.). (Moreno, 2020)

Los parámetros que utiliza este modelo están en la ley de Hooke de elasticidad lineal isótropa, definida por el Módulo de Young, E , y el coeficiente de Poisson, ν .

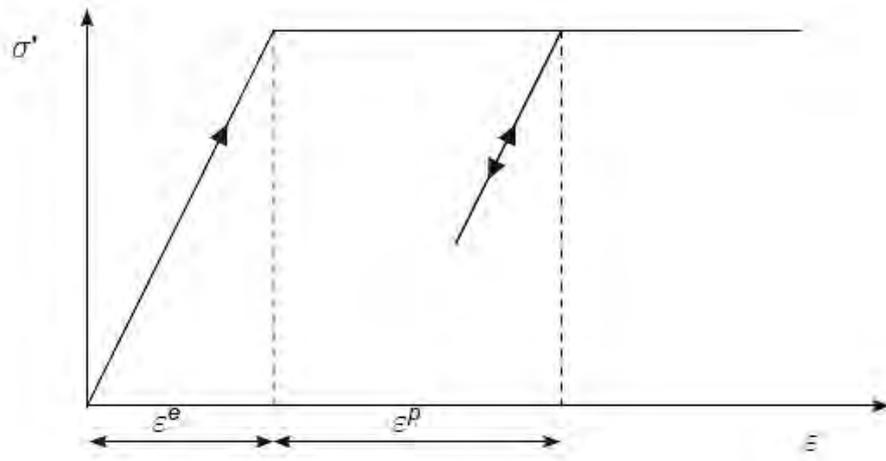
4.3.2. Modelo elastoplástico tipo Mohr-Coulomb

Este modelo de comportamiento es probablemente el más empleado ya que incorpora de una manera elemental y directa la resistencia del material y su deformabilidad.

En la Figura 18 se puede ver el comportamiento de una probeta de suelo sometida a una carga triaxial. El comportamiento es elástico con un módulo de deformación constante hasta alcanzar la carga de rotura, momento a partir del cual se considera un módulo nulo (línea horizontal). En el caso de que se descargue la probeta se producirá un descenso de carga por una línea paralela a la línea de carga inicial. Las deformaciones plásticas se producen una vez alcanzada la tensión de plastificación. (Moreno, 2020)

Figura 18.

Modelo de comportamiento elastoplástico tipo Mohr-Coulomb.

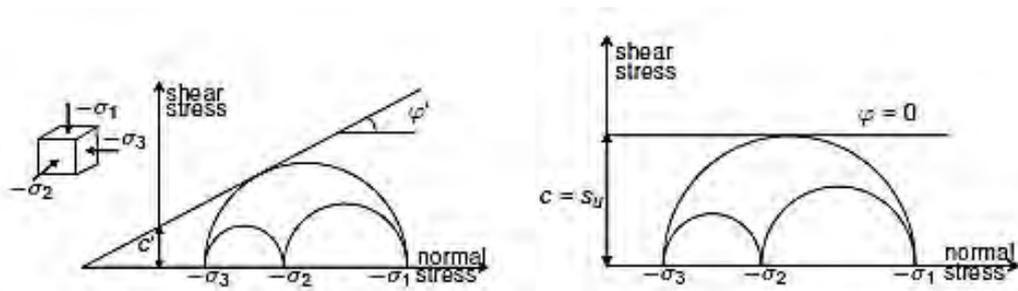


Nota. Tomado de (Plaxis bv., 2016a).

El modelo de rotura emplea la línea de resistencia intrínseca definida por los parámetros de cohesión (c') y ángulo de rozamiento interno (φ') en condiciones drenadas y cohesión sin drenaje (S_u) en condiciones sin drenaje, en la Figura 19 se puede observar los gráficos en ambas condiciones.

Figura 19.

Comportamiento elastoplástico tipo Mohr-Coulomb. Línea de resistencia intrínseca.



Nota. Tomado de (Plaxis bv., 2016a).

4.3.3. Modelo elastoplástico con endurecimiento tipo Hardening Soil

Este modelo de comportamiento incorpora aspectos muy importantes a tener presente en los materiales tipo suelo. Actualmente está considerado como una

aproximación de segundo orden y constituye una variante elastoplástica del modelo hiperbólico que incorpora los parámetros resistentes.

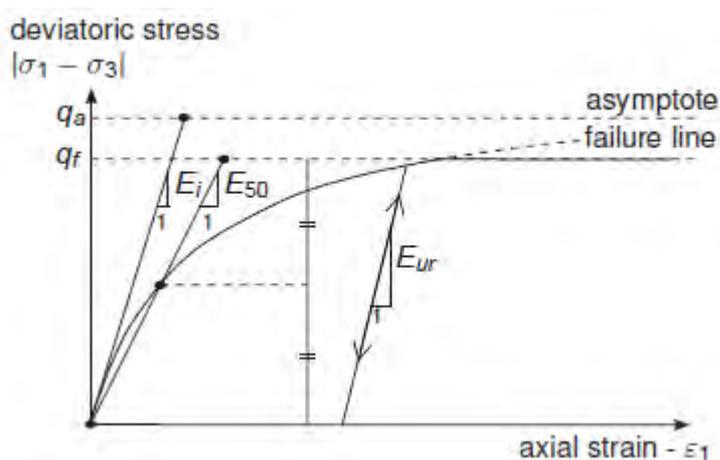
A diferencia del modelo elastoplástico perfecto (como el Mohr-Coulomb), la superficie de fluencia del modelo no es fija en el espacio de los esfuerzos principales, sino que puede expandirse debido a deformaciones plásticas y en función del esfuerzo de pre-consolidación. (Moreno, 2020)

La capacidad del modelo para simular el comportamiento del suelo en situaciones carga y descarga mediante la definición del módulo de rigidez en descarga-recarga E_{ur} , la incorporación de la representación del estado deformacional del suelo en situaciones de compresión unidimensional (módulo edométrico E_{oed}), y la consideración de la dependencia de la rigidez del suelo en función de un estado de esfuerzos específico de confinamiento (parámetro m) constituyen los desarrollos más importantes del modelo de endurecimiento. (Moreno, 2020).

En la Figura 20 se puede observar la representación de la curva del ensayo triaxial de una muestra de suelo en un modelo con endurecimiento tipo Hardening Soil.

Figura 20.

Modelo de comportamiento elastoplástico tipo HSM.



Nota. Tomado de (Plaxis bv., 2016a).

De esta forma, el modelo Hardening Soil incluye dos elementos primordiales referentes a los cambios de rigidez experimentados en el suelo: el endurecimiento por fricción que presenta los suelos en estado plástico (*friction hardening*); y la

compactación irreversible ocasionada por la aplicación de una compresión primaria (*cap hardening*). (Moreno, 2020)

Adicionalmente, el HSM mejora el modelo de comportamiento propuesto por Kondner y Zelasko, y los desarrollados en el conocido modelo hiperbólico de Duncan y Chang, en primer lugar, por hacer uso de la teoría de la plasticidad en lugar, de la teoría de la elasticidad; en segundo, por incluir en su formulación el muy influyente en la rotura fenómeno de dilatación en el suelo; y, por último, por la introducción de una superficie de fluencia variable en el espacio (*yield cap*). (Moreno, 2020)

4.4. DESCRIPCIÓN DE LOS SOFTWARES EMPLEADOS

4.4.1. PLAXIS 2D V16

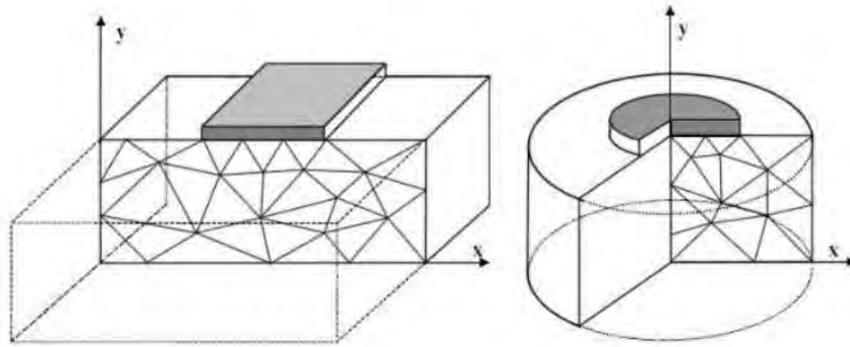
Para la presente investigación se eligió el software Plaxis 2D V16, el cual desarrolla un análisis numérico matricial empleando el método de elementos finitos como se señaló anteriormente, el software nos permitió realizar los siguientes cálculos:

- Análisis de la estructura por etapas de construcción (*Stage Construction*).
- Análisis de la estructura mediante esfuerzo y deformación.
- Cálculo del factor de seguridad por el método de reducción de resistencia (*Phi-c reduction*).
- Definir la densidad de la malla de elementos finitos para el cálculo.

Como menciona (Botto, 2012), el código PLAXIS realiza sus análisis utilizando elementos finitos en dos dimensiones, el que se lleva a cabo bajo la hipótesis de deformación plana o de simetría radial, como se observa en la Figura 21. La selección de cualquiera de estos dos modelos resulta en un problema con dos grados de libertad por nodo, en la dirección x e y.

Figura 21.

Modelos en 2D utilizados en PLAXIS.



Nota. Tomado de (Plaxis bv., 2016b).

Un modelo de deformaciones planas es usado para geometrías con una sección perpendicular al plano $x-y$ más o menos uniforme y un estado de tensiones y distribución de cargas simétrica. Los desplazamientos y deformaciones en la dirección z son asumidos como cero. Sin embargo, los esfuerzos en esta dirección sí son tomados en cuenta.

Un modelo de simetría radial es usado para estructuras circulares con una sección radial y una distribución de cargas simétricas alrededor del eje central. Acá se considera que las deformaciones y los esfuerzos son idénticos en cualquier dirección. Para los problemas de simetría radial la coordenada X representa el radio y la coordenada Y corresponde a la línea de simetría axial. Coordenadas X negativas no se pueden usar.

Una vez que se ha elegido una de estos modelos se produce la discretización de los suelos y/o las estructuras, la que será generada con elementos finitos triangulares conformados por 6 o 15 nodos, lugares en donde se medirán desplazamientos. Las deformaciones y tensiones se obtienen en los puntos de integración de Gauss, que están ubicados entre los nodos, lo que se puede observar en la Figura 22.

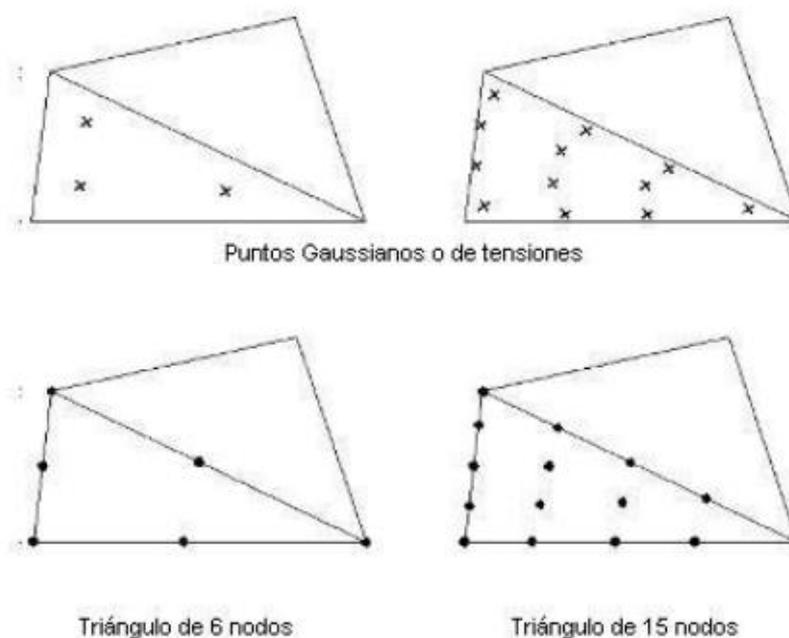
Los elementos finitos de 15 nodos son modelos muy precisos que entregan buenos resultados para problemas difíciles, como por ejemplo cálculos de estabilidad para suelos incompresibles. Estos elementos se representan por funciones de

interpolación de cuarto orden y la integración numérica involucra doce puntos gaussianos.

Los triángulos de 6 nodos son elementos menos precisos que entregan buenos resultados en análisis de deformaciones. Sin embargo, se debe tener cuidado con los modelos de simetría radial o en problemas donde la superficie de falla sea muy importante, como en el caso de obtener el factor de seguridad a través de “phi-c reduction”. Este modelo se representa a través de funciones de segundo orden e involucran tres puntos gaussianos. (Botto, 2012)

Figura 22.

Posición de nodos y puntos de integración Gaussiana.



Nota. Tomado de (Botto, 2012).

4.4.2. SEISMOSOFT V2022

Este software se usó en la presente investigación para realizar el tratamiento de los registros acelerográficos debido a que representa una herramienta analítica potente y de última generación, con el cual se realizó las correcciones y se emparejó los espectros con el registro compatible de la norma E.030, para ello se usó los subprogramas SeismoSignal, SeismoMatch y SeismoArtif para la generación del registro sintético.

4.4.2.1. SeismoSignal

Como se describió anteriormente, se eligió este programa por la versatilidad y capacidad de leer acelerogramas que luego pueden ser filtrados y corregidos de línea base, el programa nos permitió realizar:

- Correcciones Instrumentales.
- Correcciones de línea base.
- Correcciones por filtro.

4.4.2.2. SeismoMatch

Se eligió como segundo paso en el tratamiento de los acelerogramas al software SeismoMatch porque es una aplicación capaz de ajustar los acelerogramas de eventos sísmicos para que coincidan con un espectro de respuesta objetivo específico, para el caso de la presente investigación el espectro de la norma E.030 el cual está propuesto para un periodo de retorno de 475 años y fue definido o ajustado para la zona donde se encuentra el muro Terramesh, en el centro poblado de Mashuan. Después de cargar los acelerogramas recopilados y definido el espectro de respuesta objetivo, se realizó la coincidencia espectral, con lo cual se obtuvieron los acelerogramas compatibles a la norma.

4.4.2.3. SeismoArtif

Con el software SeismoArtif, se generó el acelerograma sintético o artificial el cual fue adaptado al espectro de respuesta de la norma E.031, el cual está propuesto para un periodo de retorno de 2500 años.

4.5. TECTÓNICA Y SISMOLOGÍA CON SEISMOSOFT

4.5.1. MOVIMIENTOS SÍSMICOS EN LA BASE DEL MODELO

Para realizar el análisis se procesaron los registros Este-Oeste y Norte-Sur de 03 eventos sísmicos registrados por la red acelerográfica del Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID) de la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería (FIC-UNI).

Los datos de la Tabla 8 fueron extraídos de la página web del (CISMID-FIC-UNI, 2022), donde además se encuentra un breve resumen con las características del evento sísmico.

Tabla 8.

Registros sísmicos seleccionados.

Sismo	Estación								
	Nombre	Latitud	Longitud	Profundidad focal (Km)	Magnitud	Denominación	Componente	Código	
17-10-1966	Huacho	PQR	-10.7°	-78.7°	24 Km	8.1 (Mw)	N82W	Horizontal	7035
							NO8E	Horizontal	7036
31-05-1970	Ancash	PQR	-9.36°	-78.87°	64 Km	7.9 (Mw)	-	Horizontal	7038
							-	Horizontal	7039
03-10-1974	Lima	SCO	-12.28°	-77.54°	21.2 Km	8.2 (Mw)	1421 GCT NO8E	Horizontal	7050
							1421 GCT N82W	Horizontal	7051

Nota. Elaboración Propia, adaptada de (Tavera et al., 2001) y (CISMID-FIC-UNI, 2022); PQR: Estación del parque de la reserva, SCO: Estación Surco.

4.5.2. TRATAMIENTO DE ACELEROGRAMAS

Para obtener una determinación lo más exacta posible de los valores de aceleración que se han producido durante el terremoto en el lugar de registro, es necesario hacer un cuidadoso tratamiento de los registros. Puesto que los datos que se recogen en campo están en un formato original propio del acelerógrafo (binario). (Carreño et al., 1999).

4.5.2.1. Correcciones realizadas a los acelerogramas seleccionados

Las correcciones realizadas a los acelerogramas seleccionados para la investigación, fueron procesadas en el software Seismosignal (ver Figura 23), con el uso de los siguientes criterios:

- *Corrección Instrumental:* como menciona (Carreño et al., 1999), Consiste en la convolución del registro con la función de transferencia del instrumento.

- *Corrección de línea base de tipo cuadrática:* A veces, ocurre que los valores del acelerograma se encuentran desplazados respecto a la línea cero de aceleración. Este error puede ocurrir porque el acelerógrafo no esté perfectamente nivelado en su emplazamiento, o bien porque el sistema de registro provoque una deriva de los datos respecto a la línea de base. (Carreño et al., 1999). El cual es importante cuando se obtiene la velocidad y desplazamiento por integración, ya que involucra el área bajo la curva de aceleración y la línea base.
- *Correcciones por Filtro:* Los filtros pasobanda, eliminan el ruido de alta y baja frecuencia simultáneamente. (Carreño et al., 1999). De la misma manera el ruido afecta al registro de datos del acelerograma y las frecuencias producen variaciones en la obtención de la velocidad y desplazamiento, por ello se aplicó un filtro tipo pasobanda utilizando la aproximación de Butterworth frecuencial, donde se filtrará la señal que se encuentre entre 0.10 Hz y 25.0 Hz.

Figura 23.

Correcciones realizadas en Seismosignal.

The screenshot shows a configuration window for Seismosignal with three main sections:

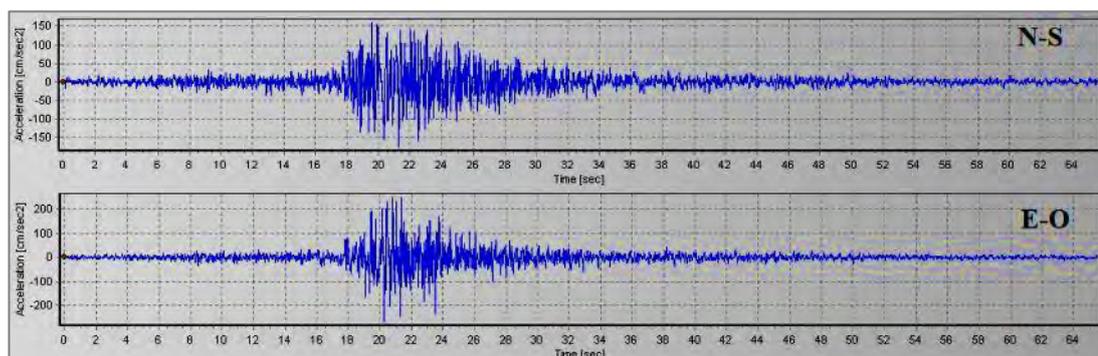
- Left Panel:** Contains three checkboxes: 'Apply Baseline Correction' (checked), 'Apply Filtering' (checked), and 'Show Uncorrected Results (grey line)' (unchecked). Below these is a 'Refresh' button.
- Baseline Correction Panel:**
 - Polynomial Type:** Radio buttons for Constant, Linear, Quadratic (selected), and Cubic.
 - Polynomial Coefficients:**
 - a0 = -0.066
 - a1 = 0.007
 - a2 = -0.000
 - a3 = 0.000
- Filtering Panel:**
 - Filter Type:** Radio buttons for Butterworth (selected), Chebyshev, and Bessel.
 - Filter Configuration:** Radio buttons for Lowpass, Highpass, Bandpass (selected), and Bandstop.
 - Order & Frequencies:**
 - Order: 4
 - Freq 1: 0.10
 - Freq 2: 25.00

Nota. Ventana de configuración de las correcciones que se pueden realizar en Seismosignal.

A continuación, se muestran los registros acelerográficos en ambas direcciones corregidos en Seismosignal de los sismos de 1966 (ver Figura 24), 1970 (ver Figura 25) y 1974 (ver Figura 26).

Figura 24.

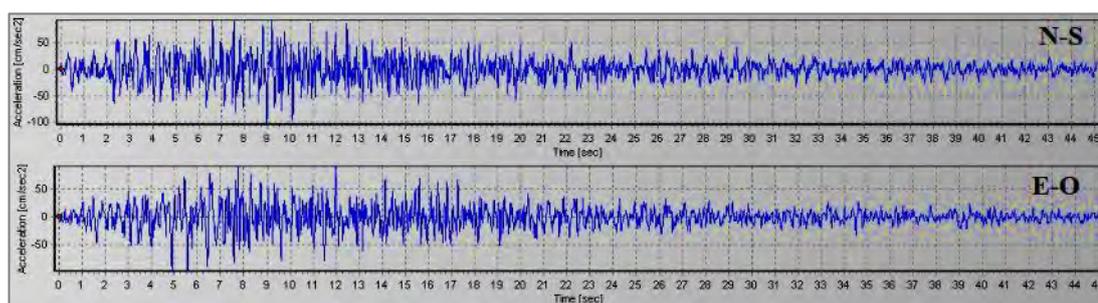
Registro de Aceleraciones Corregidos del sismo del 17 de octubre de 1966.



Nota. Extraído de Seismosignal, N-S: dirección horizontal norte-sur; E-O: dirección horizontal este-oeste.

Figura 25.

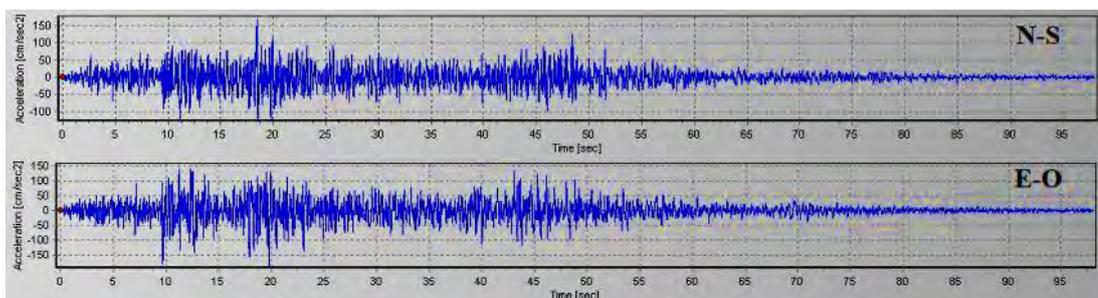
Registro de Aceleraciones Corregidos del sismo del 31 de mayo de 1970.



Nota. Extraído de Seismosignal, N-S: dirección horizontal norte-sur; E-O: dirección horizontal este-oeste.

Figura 26.

Registro de Aceleraciones Corregidos del sismo del 03 de octubre de 1974.



Nota. Extraído de Seismosignal, N-S: dirección horizontal norte-sur; E-O: dirección horizontal este-oeste.

4.5.2.2. Escalamientos realizados a los acelerogramas seleccionados

Para el análisis dinámico de la presente investigación se tomó como referencia las recomendaciones de la norma E.030 (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2019a), en la cual menciona realizar un escalamiento a los acelerogramas de acuerdo a las características sean consistentes con el máximo sismo considerado en la zona de estudio.

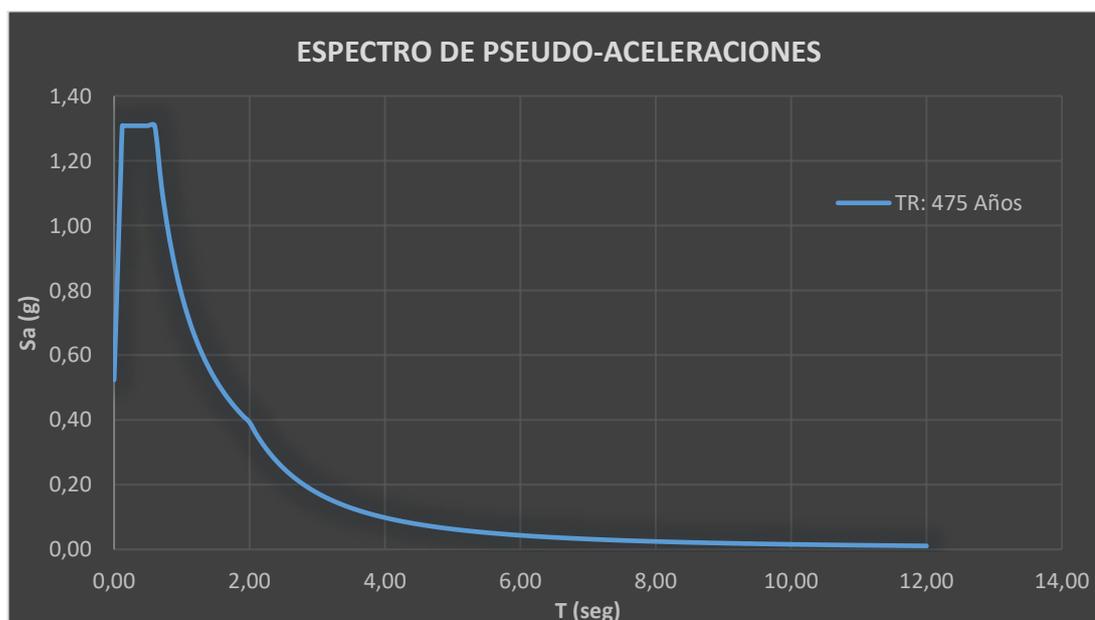
Partiendo de ello se realizó el escalamiento con el espectro de pseudo-aceleraciones de la Norma E.030 el cual fue formulado para un periodo de retorno de 475 años (ver Figura 27), se ingresaron los parámetros requeridos de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$S_a = \frac{Z * U * C * S}{R} * g$$

Donde: S_a : espectro de pseudo-aceleraciones; Z: factor de zona; U: factor de uso; C: factor de amplificación sísmica; S: parámetro de sitio; R: coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas; g: aceleración de la gravedad.

Figura 27.

Espectro de Pseudo-Aceleraciones con tiempo de retorno de 475 años.

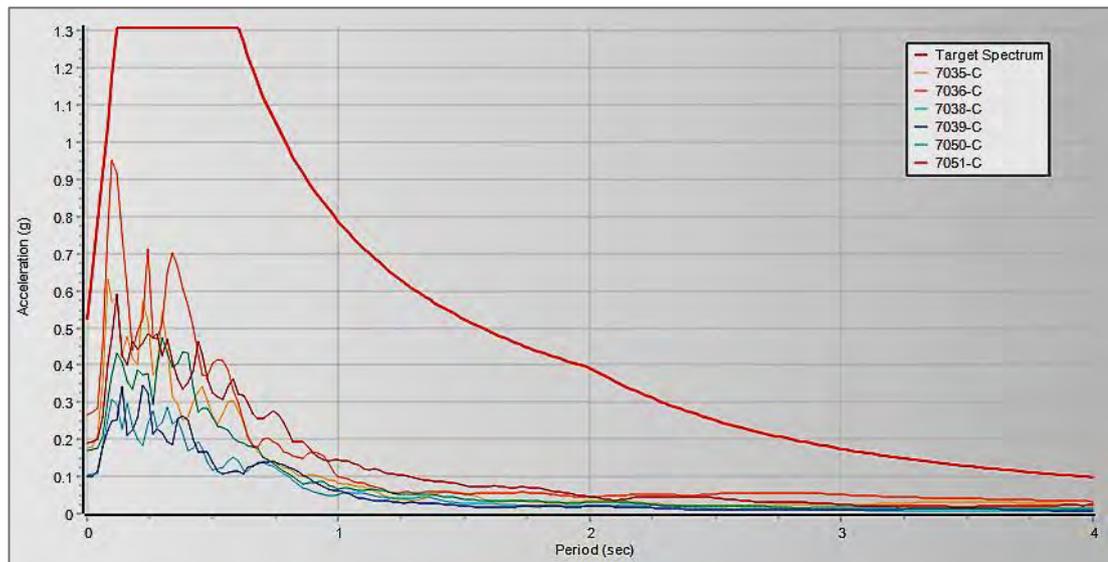


Nota. Elaboración propia, espectro generado con la norma E.030 (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2019a), todos los parámetros requeridos se tomaron en cuenta de acuerdo a la zona de estudio ubicado en el C.P. Mashuan – Huaraz - Ancash.

El escalamiento a los registros de aceleraciones corregidos fue procesado en el software Seismomatch, el cual hace uso del método de ajuste espectral, y en el procedimiento se realizó con un factor de amortiguamiento de 5%, que es el más recomendado para la obtención de curvas espectrales (ver Figura 28 y Figura 29).

Figura 28.

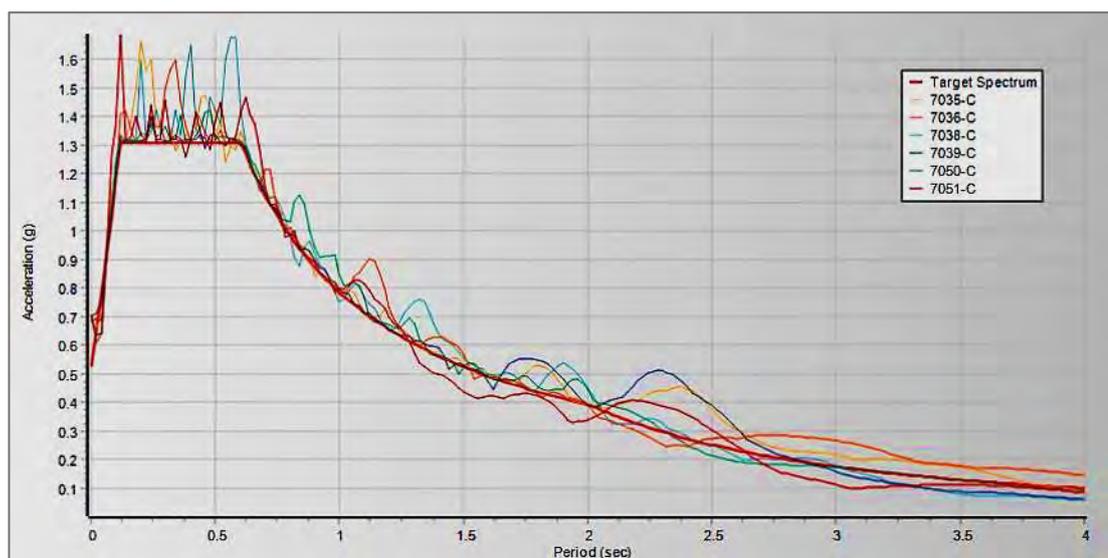
Espectros de los acelerogramas originales y el espectro objetivo.



Nota. Adaptado de Seismomatch, el espectro objetivo es el espectro de Pseudo-Aceleraciones con tiempo de retorno de 475 años.

Figura 29.

Espectros compatibles con el espectro objetivo.



Nota. Adaptado de Seismomatch, el espectro objetivo es el espectro de Pseudo-Aceleraciones con tiempo de retorno de 475 años.

4.5.2.3. Acelerograma artificial para el modelo

De acuerdo con Torres (2018), en muchas situaciones, la simulación de la respuesta estructural usando un espectro de respuesta elástico no se considera apropiado para verificar las resistencias sísmicas, por ello será requerido un análisis dinámico no lineal cuya entrada necesita ser definida en forma de series tiempo-historia de aceleración, el cual, generalmente, requerirá ser “compatible” con el espectro de respuesta representativo de las acciones de diseño sísmico en el sitio.

Para tales casos es necesaria la generación de registros artificiales que igualen los parámetros sísmicos del diseño y que a su vez se asemejen a la realidad. Las formas más conocidas para la generación de registros artificiales son: modificación de registros reales, generación artificial en el tiempo, generación en las frecuencias, técnicas de la función de Green, e integración de las ecuaciones de onda. (Torres, 2018).

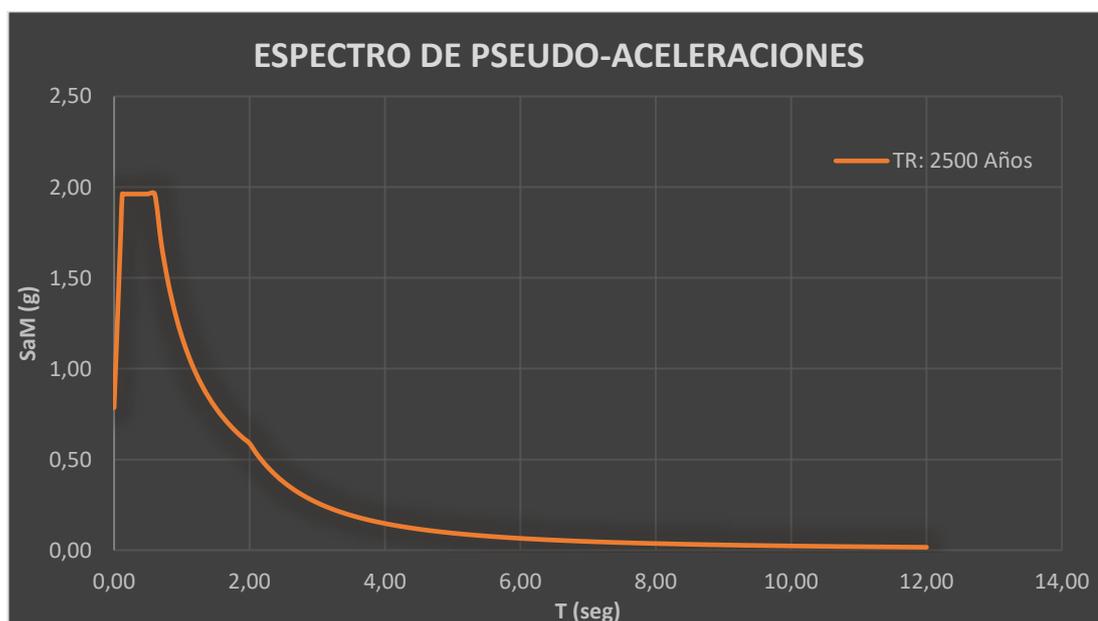
Partiendo de ello, se generó un registro artificial a partir de un ajuste espectral, con el espectro de pseudo-aceleraciones de la Norma E.031 (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2019b), el cual fue formulado para el sismo máximo considerado, con un periodo de retorno de 2500 años (ver Figura 30), el cual está dado por la siguiente ecuación:

$$S_{aM} = 1.5 * \frac{Z * U * C * S}{R} * g$$

Donde: S_{aM} : espectro de pseudo-aceleraciones; Z: factor de zona; U: factor de uso; C: factor de amplificación sísmica; S: parámetro de sitio; R: coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas; g: aceleración de la gravedad.

Figura 30.

Espectro de Pseudo-Aceleraciones con tiempo de retorno de 2500 años.



Nota. Elaboración propia, espectro generado con la norma E.031 (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2019b), todos los parámetros requeridos se tomaron en cuenta de acuerdo a la zona de estudio ubicado en el C.P. Mashuan – Huaraz - Ancash.

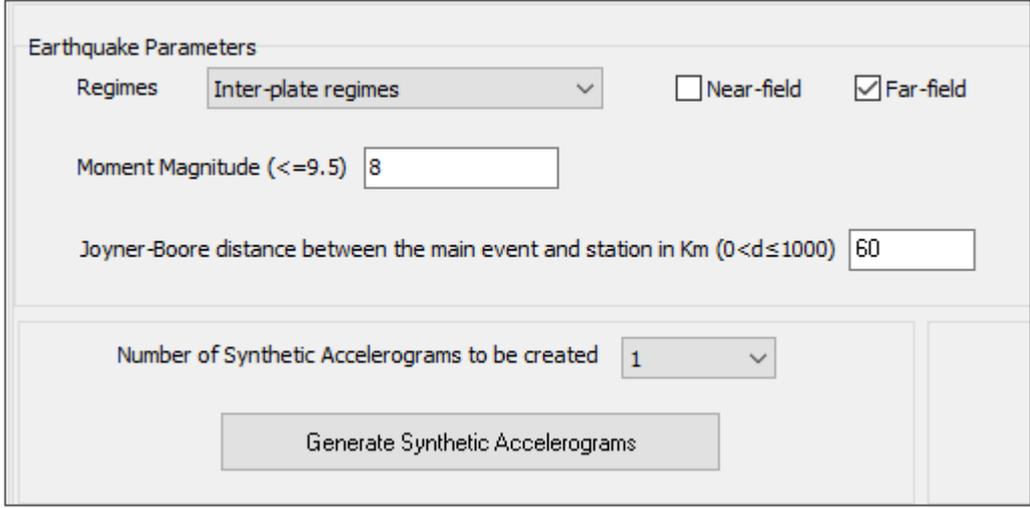
Para la generación del acelerograma artificial se empleará el método de ajuste y generación de acelerograma sintético en el software Seismoartif 2022.

De acuerdo con (Seismosoft, 2022), Los acelerogramas sintéticos tienden a parecer realistas y se pueden generar con un conocimiento básico (o más amplio) de la historia de los terremotos y las condiciones del suelo en relación con la región/sitio de interés. Este método es capaz de combinar eficientemente datos de entrada simples con buenos resultados.

Para este método el software nos pide introducir un espectro objetivo el cual fue el espectro de pseudo-aceleraciones con tiempo de retorno de 2500 años (Figura 32), luego nos pide introducir un acelerograma sintético, el cual es derivado a partir de la introducción de las características de un sismo (Figura 31) y posteriormente el acelerograma artificial es resultado de compatibilizar dicho acelerograma sintético con el espectro objetivo (Figura 33).

Figura 31.

Parámetros del sismo para la generación del acelerograma sintético.



Earthquake Parameters

Regimes: Inter-plate regimes (dropdown) Near-field Far-field

Moment Magnitude (≤ 9.5): 8

Joyner-Boore distance between the main event and station in Km ($0 < d \leq 1000$): 60

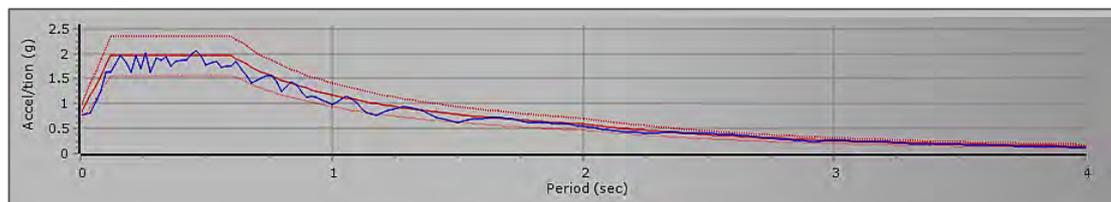
Number of Synthetic Accelerograms to be created: 1 (dropdown)

Generate Synthetic Accelerograms

Nota. Ventana de visualización del acelerograma sintético en Seismoartif, los parámetros elegidos fueron; Régimen: Sismo Intra-placa Magnitud de momento: 8.0 Mw; Distancia Hipocentral: 60 Km; además se clasificó el suelo profundo como Roca genérica ($V_{s30}=620$ m/s).

Figura 32.

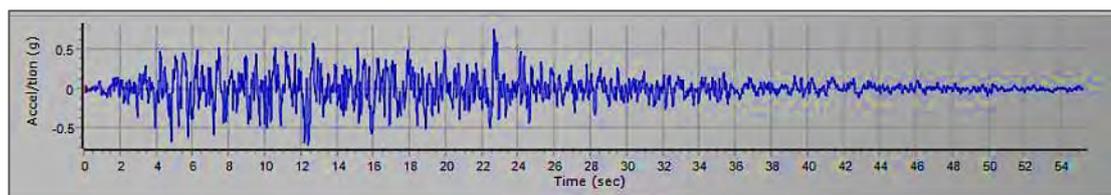
Compatibilización del acelerograma sintético con el espectro objetivo.



Nota. Extraído de Seismoartif; espectro objetivo con Tr: 2500 años.

Figura 33.

Acelerograma artificial (8.0 Mw) compatible con el espectro objetivo.



Nota. Extraído de Seismoartif; espectro objetivo con Tr: 2500 años.

4.6. CALIBRACIÓN DEL MODELO DE ELEMENTOS FINITOS EN PLAXIS 2D V16

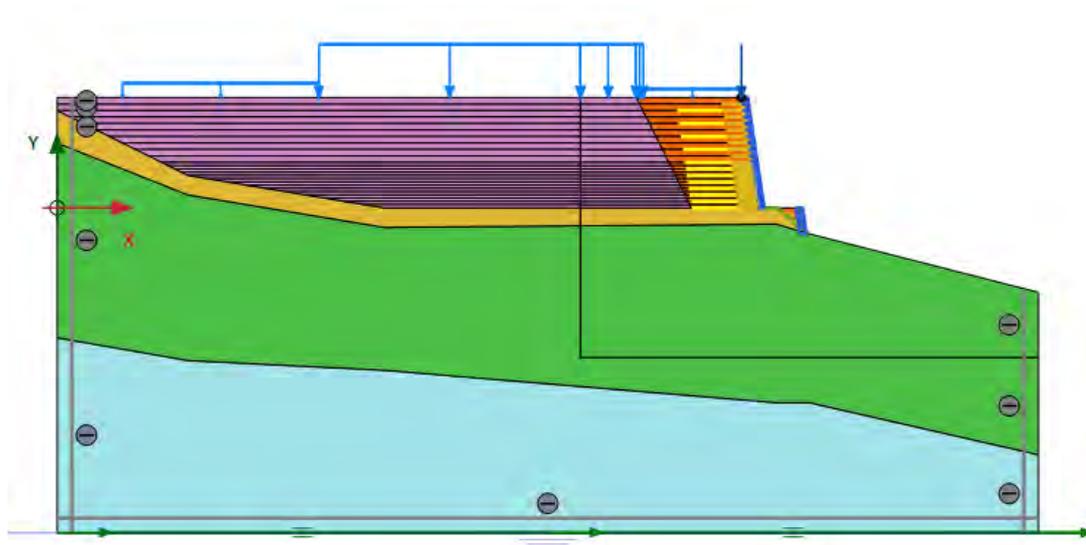
Los aspectos principales que se consideraron para el modelamiento en PLAXIS para realizar el análisis estático y dinámico son la geometría, la definición de propiedades de los estratos del suelo, la definición de las propiedades del elemento de refuerzo, las condiciones de contorno, la simulación de las estructuras superiores a través de las cargas aplicadas al modelo, la definición del movimiento de la base del modelo (registro acelerográfico) por medio de un desplazamiento prescrito, la creación de la malla de elementos finitos, la definición del nivel freático y la simulación del proceso constructivo del muro terramesh.

4.6.1. GEOMETRÍA DEL MODELO

La geometría del modelo es la sección transversal de la zona crítica del muro terramesh, el cual posee 17 metros de altura, en la Figura 34 se puede apreciar el modelamiento de la sección crítica en el software, las condiciones de borde, los estratos del suelo, las cargas, elementos de refuerzo, y demás estructuras presentes.

Figura 34.

Modelamiento de la sección crítica en PLAXIS 2D



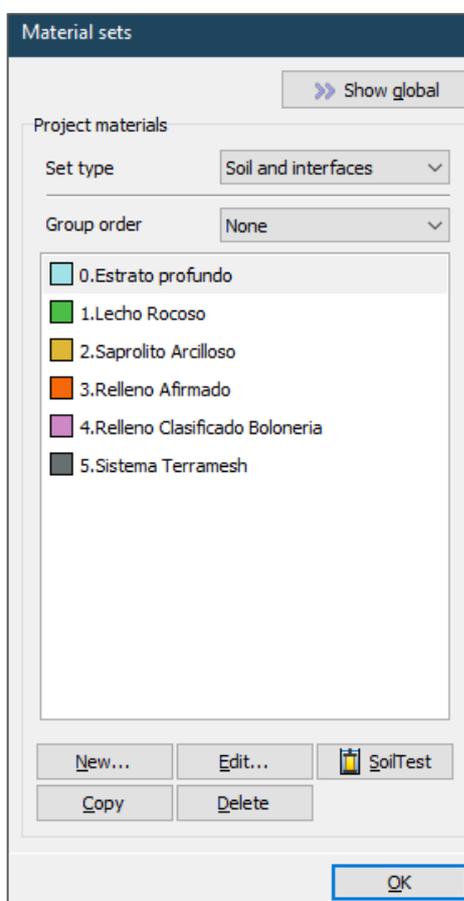
Nota. Extraído de PLAXIS 2D V16; definición de la geometría del modelo, elaboración propia.

4.6.2. PROPIEDADES DE LOS ESTRATOS DEL SUELO

Como se mencionó anteriormente, se emplearon los modelos constitutivos Elástico, el modelo de Morh-Coulomb y Hardening Soil, teniendo en cuenta ello, se ingresaron los parámetros requeridos por el software PLAXIS en la ventana definición de materiales, mostrada en la Figura 35.

Figura 35.

Materiales ingresados en Plaxis 2D V16.



Nota. Extraído de PLAXIS 2D V16; definición de los materiales, elaboración propia.

Algunos parámetros avanzados requeridos para el modelo Hardening Soil fueron aproximados de acuerdo al manual de materiales de Plaxis, así como las sugerencias de valores preestablecidos en el programa.

en la Tabla 9 se puede apreciar el resumen con los parámetros de cada estrato de suelo ingresado en PLAXIS para el modelamiento de la presente investigación:

Tabla 9.

Parámetros de los estratos de suelo introducidos en Plaxis 2D V16.

Parámetro	Referencia	0-Estrato Profundo	1-Lecho Rocoso	2-Saprolito arcilloso	3-Relleno Afirmado	4-Relleno clasificado botonería	5-Sistema terramesh	Und
Modelo constitutivo	Model	MC	HS	HS	HS	MC	MC	-
Tipo de drenaje	Type	Drenado	No Drenado A	No Drenado A	Drenado	Drenado	Drenado	-
Peso de la unidad de suelo por encima del nivel freático	γ_{unsat}	23	20	17.64	20	19.15	18	kN/m ³
Peso de la unidad de suelo por encima del nivel freático	γ_{sat}	23	20	17.64	20	19.15	18	kN/m ³
Proporción inicial de vacíos	e_{init}	0.30	0.40	0.45	0.5	0.6	0.45	-
Parámetros de Resistencia								
Rigidez secante en una prueba triaxial drenada estándar	E_{50}^{ref}	150000	100000	59000	60000	50000	120000	kN/m ²
Rigidez tangente para la carga del edómetro primario	E_{oed}^{ref}	-	100000	59000	60000	-	-	kN/m ²
Rigidez de descarga / recarga	E_{ur}^{ref}	-	300000	117000	180000	-	-	kN/m ²
Potencia para la dependencia de la rigidez a nivel de estrés	m	-	0.9	0.85	0.75	-	-	-
Cohesión	c'_{ref}	500.00	15.00	3.70	1.95	0.00	50.00	kN/m ²
Ángulo de fricción	ϕ'	42.00	35.00	29.12	39.00	40.60	40.00	°
Ángulo de Dilatancia	ψ	12.00	5.00	0.10	9.00	10.60	10.00	°
Coefficiente de poisson	ν'_{ur}	0.35	0.30	0.30	0.30	0.20	0.35	-

Nota. Elaboración propia, Modelo Constitutivo MC: Mohr Coulomb, HS: Hardening Soil

4.6.3. PROPIEDADES DE LOS ELEMENTOS DE REFUERZO

Como se mencionó anteriormente, para la construcción del muro Terramesh de Mashuan se usaron las geomallas Macgrid WG 90, los paramentos frontales de los elementos que conforman el muro Terramesh también están conformados por mallas tejidas de alambre a triple torsión, las cuales fueron rellenas con piedra grande (6"-10"), en la Tabla 10 se muestra los valores de su rigidez axial.

Tabla 10.

Valores de la rigidez axial de las geomallas empleadas en el Muro Terramesh.

Tipo de Geomalla	EA (kN/m)
Macgrid WG 90	900
Terramesh	250

Nota. Adaptado de Maccaferri. (2020).

4.6.4. CARGAS QUE SOPORTA EL MURO TERRAMESH

4.6.4.1. Estimación de las cargas estáticas

A. CARGAS DISTRIBUIDAS

Las cargas que se introdujeron en el modelamiento 2D son cargas normalizadas para una franja de 1.00 metros de ancho.

- ***Estructura metálica del almacén (Rack selectivo autoportante):***

De acuerdo con la memoria de cálculo de estructuras metálicas realizada para la construcción del rack selectivo autoportante proporcionada por la empresa Trujillo Investment, se analizaron las siguientes cargas (ver Tabla 11).

DL: Carga Muerta.

PL: Carga de Pallets.

IL: Cargas de impacto vertical por operación.

Lr: Carga viva en techo.

El: Carga debida a la acción sísmica (pseudoestático)

WL: Cargas debido a la acción del viento.

Tabla 11.*Cargas en la estructura metálica del Almacén Rack Selectivo Autoportante.*

	COMBINACION	P (kgf)	P (Tn)	A (m ²)	P (Tn/m ²)
LRFD-COMB1	1.4DL+1.2PL	9,279.50	9.28	2.52	3.68
LRFD-COMB2	1.2DL+1.4PL+0.5Lr	10,861.10	10.86	2.52	4.31
LRFD-COMB3	1.2DL+0.85PL+0.8WL+1.6Lr	7,675.90	7.68	2.52	3.05
LRFD-COMB4	1.2DL+0.85PL+1.6WL+1.6Lr	7,610.50	7.61	2.52	3.02
LRFD-COMB5	1.2DL+0.85PL+Elx	8,100.20	8.10	2.52	3.21
LRFD-COMB6	1.2DL+0.85PL+Ely	10,693.10	10.69	2.52	4.24

Nota. Obtenido de la memoria de cálculo de estructuras metálicas.

Tomaremos la combinación LRFD-COMB 2 para las cargas estáticas en el Rack Selectivo Autoportante:

$$4.31 \text{ tn/m}^2 = 43.1 \text{ KN/m}^2 \text{ para una franja de 1m de ancho: } 43.1 \text{ KN/m}$$

▪ **Estructura metálica del almacén Parte frontal (Nave Tubest)**

La Nave Tubest es parte frontal de la estructura metálica del almacén en Mashuan, en la que actúan diversas cargas tales como carga muerta de los pórticos (ver Figura 36), carga viva de los pórticos (ver Figura 37).

Figura 36.*Carga Muerta en la Nave Tubest.*

2.7.1 CARGAS PERMANENTES (CM)	
<u>Carga muerta en el pórtico principal P1 del techo</u>	
Peso de correa	= 5.00 Kg/m ²
Peso panel PV6	= 5.00 Kg/m ²
Instalaciones	= 10.0 Kg/m ²
Total	= 20.00 Kg/m ²
Separación de pórticos principales = 7.27 m	
$CM = 20.0 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \times 7.27\text{m} = 145.4 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$	
<u>Carga muerta en el pórtico principal P1 en pared</u>	
Peso de correa	= 5.00 Kg/m ²
Instalaciones	= 5.00 Kg/m ²
Total	= 10.0 Kg/m ²
Separación de pórticos principales = 7.27 m	
$CM = 10.0 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \times 7.27\text{m} = 72.7 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$	

Nota. Obtenido de la memoria de cálculo de estructuras metálicas

Estimamos la carga muerta por unidad de área:

$$\text{Carga muerta} = 20+10 = 30 \text{ kg/m}^2 = 0.03 \text{ Tn/m}^2 = 0.3 \text{ KN/m}^2.$$

Figura 37.

Carga viva en la Nave Tubest.

<p>2.7.2 CARGAS VIVAS (CV) <u>Sobre carga en pórtico principal del techo</u> $S / C = 30 \text{ kg/m}^2$ Separación de pórticos principales = 7.27 m $S / C = 30 \text{ kg/m}^2 \times 7.27 \text{ m} = 218.1 \text{ kg/m}$</p>

Nota. Obtenido de la memoria de cálculo de estructuras metálicas.

Asimismo, en la Figura 38, se muestra las cargas de viento presentes en el pórtico metálico de la Nave Tubest, y forma parte de la carga viva.

Figura 38.

Cargas de viento en la Nave Tubest.

<p>2.7.4 CARGAS DE VIENTO (CW)</p> <p>Para el presente proyecto se asumió una velocidad de viento de 75 km/h según el mapa eólico indicado en la norma E.020.</p> <p>Carga de Viento $Ph = 0.005 \cdot C \cdot V^2$ (Cap. 12.4- RNE E.020) Pendiente 15% $V =$ Velocidad del Viento 75 kph (Cap. 12.3- RNE E.020) $h =$ Altura sobre el terreno en m 10.0 m $Vh =$ Velocidad de diseño en la altura h 75 kph (Cap. 12.3- RNE E.020)</p>				
Carga de viento Wx		Presión de Diseño		
	C	Ph (kg/m ²)	Ancho Trib(m)	Wx (kg/m)
Pared Barlovento	1.1	30.94	7.27	224.9
Pared Sotavento	-0.9	-25.31	7.27	-184.0
Techo Barlovento	0.6	16.88	7.27	122.7
	-1.0	-28.13	7.27	-204.5
Techo Sotavento	-0.9	-25.31	7.27	-184.0

Nota. Obtenido de la memoria de cálculo de estructuras metálicas.

Estimamos la carga viva por unidad de área:

$$\text{Carga Viva} = 30 + 30.94 = 60.94 \text{ kg/m}^2 = 0.6094 \text{ KN/m}^2$$

Calculamos la Carga última:

$$1.4 \text{ CM} + 1.7 \text{ CV} = 0.42 + 1.036 = 1.46 \text{ KN/m}^2$$

Por último, en la Figura 39, se puede apreciar las cargas de techo en la Nave Tubest (carga muerta, carga viva, carga de granizo, carga de viento).

Figura 39.

Cargas en las correas del techo de la Nave Tubest.

4.3 ANALISIS DE CORREAS DE TECHO		
<u>Carga en muerta en la correa Z ubicado en el techo</u>		
Peso de correa Z		= 4.00 Kg/m ²
Peso panel		= 5.00 Kg/m ²
Otros		= 4.00 Kg/m ²
Total		= 13.0 Kg/m ²
Separación de correas Z = 1.30m		
$CM = 13 \frac{kg}{m^2} \times 1.3m = 16.9 \frac{kg}{m}$		
<u>Carga viva en en la correa Z ubicada en el techo</u>		
$S/C = 30 \frac{kg}{m^2}$		
Separación de correas Z = 1.3 m		
$CV = 30 \frac{kg}{m^2} \times 1.3m = 39 \frac{kg}{m}$		
<u>Carga de granizo en la correa Z ubicada en el techo</u>		
$S/C = 15 \frac{kg}{m^2}$		
Separación de correas Z = 1.3 m		
$CV = 15 \frac{kg}{m^2} \times 1.3m = 19.5 \frac{kg}{m}$		
<u>Carga de viento en en el canal C ubicado en el techo</u>		
	Presión	Succión
Ph = 0.005*C*V ²		
C = Factor de Forma	0.6	-1
V = Velocidad del Viento	75 kph	75 kph
h = Altura sobre el terreno en m	10.0 m	10.0 m
Vh = Velocidad de diseño en la altura h	75 kph	75 kph
Ph = Presión de diseño del viento	16.9 kg/m ²	-28.1 kg/m ²
Separación @	1.3	m
Carga distribuida W _w	21.9 kg/m	-36.6 kg/m
Combinaciones de carga		
W ₁ = 1.2W _d + 1.6 W _i	= 82.70 kg/m	
W ₂ = 1.2W _d + 1.6 W _i + 0.8 W _w	= 100.2 kg/m	Controla
W ₃ = 0.9W _d + 1.3 W _w	= 43.70 kg/m	
W ₄ = 1.2W _d + 1.6 W _i - 0.8 W _w	= 53.40 kg/m	
W ₅ = 0.9W _d - 1.3W _w	= -32.3 kg/m	
W ₆ = 1.2W _d + 1.6S + 0.5W _i	= 71.00 kg/m	
W ₇ = 1.2W _d + 0.5W _i + 1.35W _w + 0.5S	= 78.00 kg/m	

Nota. Obtenido de la memoria de cálculo de estructuras metálicas.

Tomamos la envolvente de cargas:

$$\text{Envolvente} = 461.3 \text{ kg/m}^2 = 4.613 \text{ KN/m}^2$$

Carga total de la Nave Tubest:

$$1.46 + 4.613 = 6.013 \text{ Kn/m}^2$$

Para una franja de 1m de ancho: 6.01 KN/m

Otras cargas a considerar son las cargas de pavimento en el patio de maniobras, la carga viva transitoria que se muestra en la Tabla 12 y la carga operacional.

- **Losa pavimento reforzado, patio de maniobras:**

Espesor de la losa 0.20 m con concreto reforzado

Peso Concreto = 2400 Kg/m³ = 24kN/m³

Peso Por Espesor De La Losa = 24*0.20 = 4.8 KN/m²

Para una franja de 1m de ancho 4.80 KN/m

- **Carga Viva Transitoria**

Tabla 12.

Cargas en el almacén, producto de Tráileres.

COMBINACION	P (kgf)	P (tn)	A (m ²)	P (tn/m ²)
Carga Muerta	1500.00	1.50	60.00	0.03
Carga Viva (según RNE-020)				0.50
Combinación 01 1.4CM+1.7CV				0.89

Nota. Obtenido de la memoria de cálculo de estructuras metálicas.

Tomamos la carga normalizada para una franja de 1m de ancho: 8.90 KN/m.

- **Carga Operacional:**

Debido a que el centro comercial está destinado principalmente a ser un almacén de distribución en la ciudad de Huaraz, se tendrá en cuenta las cargas de acuerdo a lo especificado en la norma E 020 del reglamento nacional de edificaciones.

Carga Viva Mínima Repartida para almacenaje: 5.00 KPa

Para una franja de 1m de ancho: 5.00 KN/m.

B. CARGAS PUNTUALES (CERCO PERIMETRICO)

Por 1 m de longitud:

Cimiento concreto armado: 0.6*0.6* 1m = 0.36m³ * 24 KN/m³ = 8.64 KN

Muro de albañilería: 3.2*0.15*1m = 0.48 m³ * 18 KN/m³ = 8.64 KN

Viga de Confinamiento: 2*(0.3*0.25*1m) = 0.15 m³*24 KN/m³ = 3.6 KN

Peso total del cerco perimétrico: 20.88 KN

El resumen de cargas calculadas anteriormente se muestra en la Tabla 13.

Tabla 13.

Resumen de Cargas Estáticas Estimadas para el modelamiento.

CARGAS ESTIMADAS	Unidades	
Rack Selectivo Autoportante	43.10	KN/m
Nave Tubest	6.01	KN/m
Pavimento Patio de Maniobras	4.80	KN/m
Carga Transitoria	8.90	KN/m
Carga Operacional	5.00	KN/m
Total, de Cargas Distribuidas	67.81	KN/m
Cerco Perimétrico	20.88	KN
Total, de Cargas Puntuales	20.88	KN

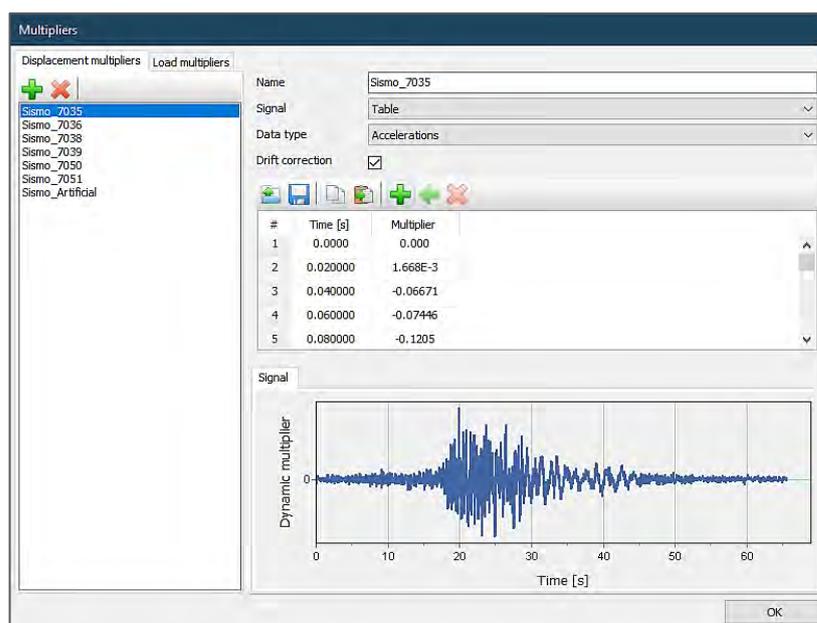
Nota. Elaboración propia.

4.6.4.2. Introducción de las cargas sísmicas

Para la introducción de la carga sísmica se empleó el módulo dinámico de Plaxis 2D, en el cual estos registros acelerográficos anteriormente tratados, se ingresan como desplazamientos prescritos, de tipo aceleraciones (ver Figura 40).

Figura 40.

Introducción de los Desplazamientos Prescritos de tipo aceleración en Plaxis2D.



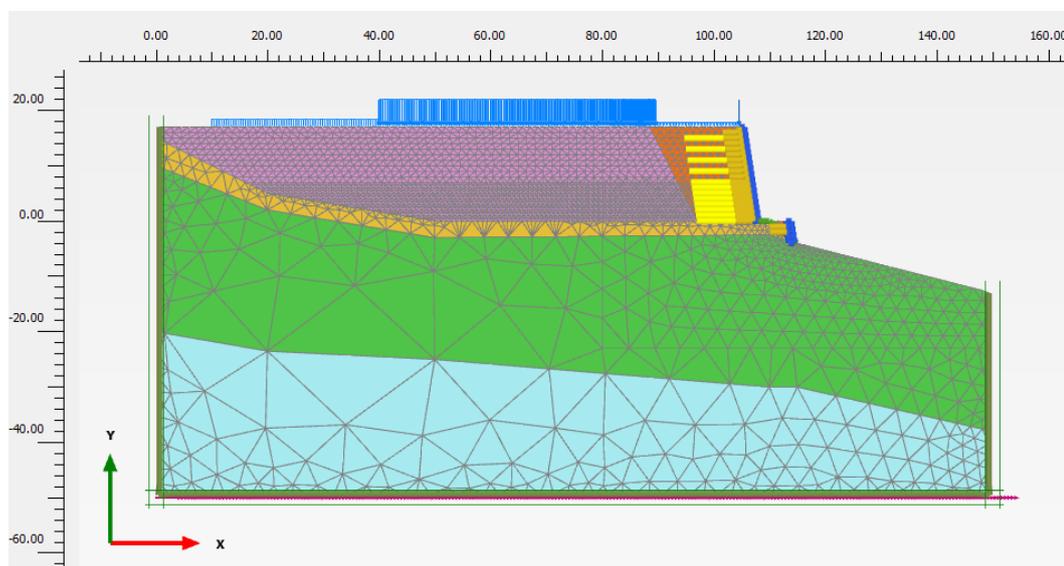
Nota. Ventana de asignación de desplazamientos prescritos en Plaxis 2D.

4.6.5. GENERACIÓN DE LA MALLA DE ELEMENTOS FINITOS

Para el modelo se seleccionó como ajuste inicial para la simplificación matricial de tipo deformación plana con elementos triangulares de 15 nodos, luego de la definición de geometría, condiciones geotécnicas y estructurales se procedió a seleccionar la generación de la malla de elementos finitos la cual se muestra en la Figura 41, con una malla mediana pero refinada en lugares cercanos al muro terramesh, ésta malla estuvo compuesta por 5627 elementos y 46054 nodos.

Figura 41.

Malla de elementos finitos generado para el Muro Terramesh.



Nota. Extraído del modelo en Plaxis 2D, se aprecia el refinado en la zona cercana al muro terramesh.

4.6.6. SIMULACIÓN DEL PROCESO CONSTRUCTIVO

El programa Plaxis2D nos ofrece la posibilidad de simular el proceso constructivo por etapas de las diferentes estructuras, para el caso de la presente investigación se emplearon 25 fases definidas por el tiempo que llevó construir cada capa, éstas 25 etapas constructivas fueron de tipo consolidación con capas horizontales de 0.50 m en los sectores iniciales inferiores y 1.0 m en los sectores superiores; de igual forma se procedió para la aplicación de las cargas operativas mediante una fase de consolidación en la que se aplicó las solicitaciones estáticas, y luego se empleó nuevamente una fase de consolidación operativa debido a que el muro ya entró en

funcionamiento desde fines del año 2018, de esa manera se buscó simular el comportamiento del muro terramesh a través del tiempo, en condiciones estáticas.

4.7. ANÁLISIS ESTÁTICO DEL MURO

Para el caso estático, el análisis de deformaciones y factor de seguridad se realizó al finalizar las fases constructivas del muro terramesh, en el cual se refleja el muro de 17.00 m de altura, con la construcción de la alameda al pie del muro, luego se introdujo la fase operativa, en donde se aplicaron las cargas operacionales mostradas anteriormente, para finalmente calcular las deformaciones y el factor de seguridad en la fase de cargas operativas, éste análisis se realizó a nivel global teniendo en cuenta la sección crítica del muro, es así como el software tomó las condiciones de geometría del terreno, pendiente, características geotécnicas, estratos del suelo, así como las características estructurales de los refuerzos que componen el Terramesh.

En los límites laterales del modelo se han considerado apoyos móviles, permitiendo un desplazamiento vertical y restringiendo el desplazamiento horizontal de los nodos, también se ha considerado un empotramiento perfecto en la base debido a la gran rigidez del estrato profundo.

4.8. ANÁLISIS DINÁMICO DEL MURO

Para el caso dinámico, el análisis de deformaciones y el factor de seguridad, se calculó a partir de las señales sísmicas ingresadas al programa, con un intervalo de tiempo del subpaso dinámico (δt) que sea igual al intervalo de tiempo utilizado en la señal de entrada, todo esto se refleja en la siguiente ecuación:

$$\delta t = \Delta t / (m * n)$$

Donde “ Δt ” es el intervalo de tiempo especificado para la fase relevante (duración del evento sísmico), “ m ” es el número de pasos adicionales y “ n ” es el número de Subpasos dinámicos.

Los registros acelerográficos empleados en la investigación tienen un intervalo tiempo de 0.20 segundos, y para realizar el cálculo dinámico por etapas, se eligió usar

el intervalo de tiempo cercano en donde ocurra la aceleración máxima, por tal motivo se trató de simplificar el modelo de elementos finitos para acelerar el cálculo, y empleando la fórmula recomendada se obtuvieron los parámetros dinámicos que se muestran en la Tabla 14.

Tabla 14.

Cálculo de los parámetros dinámicos para el intervalo de tiempo de 0.20 seg.

Parámetros dinámicos	Sismo			
	7035-7036	7038-7039	7050-7051	Artificial
Δt	25	10	20	10
m	250	100	100	100
n	5	5	10	5

Nota. Elaboración propia.

En el caso dinámico los límites laterales del eje x del modelo se han considerado como *free field* o campo libre. Según lo indicado en (Plaxis bv., 2016b), los límites del campo libre se componen de una combinación de un historial de carga y un límite viscoso. El historial de carga es la carga que proviene del movimiento de campo libre en este nivel. La combinación de un historial de carga y un límite viscoso permite la entrada de un movimiento sísmico sin dejar de absorber las ondas entrantes. En general, esta opción se prefiere para el análisis sísmico.

Para la base del modelo se ha considerado el límite dinámico de tipo *compliant base* o base compatible. De acuerdo con (Plaxis bv., 2016b), la base compatible está formada por una combinación de un desplazamiento prescrito de línea y un límite viscoso. Internamente, el historial de desplazamiento prescrito se transfiere a un historial de carga. La combinación de un historial de carga y un límite viscoso permite la entrada de un movimiento sísmico sin dejar de absorber las ondas entrantes. En general, esta opción se prefiere para el análisis sísmico.

CAPÍTULO V. RESULTADOS, CONTRASTACIÓN Y DISCUSIÓN

En el presente capítulo se muestra el comportamiento estructural del muro Terramesh a nivel de asentamientos, desplazamiento lateral y factor de seguridad global, los cuales son resultados del modelamiento introducido en el software de elementos finitos Plaxis 2D debido a la aplicación de las solicitaciones planteadas en los ítems 4.7 y 4.8 del CAPÍTULO IV, dichos resultados fueron resumidos a través de imágenes, tablas y cuadros para su mejor entendimiento y visualización.

Posteriormente, de acuerdo con el diseño de investigación comparativo para esta tesis, se realizó la observación de la muestra (Muro Terramesh) sin presencia de la variable independiente (Carga sísmica), y la muestra con influencia de la variable independiente realizando una comparación, mediante la aplicación de la prueba de hipótesis, para determinar la incidencia de una en la otra, el cual es el objeto principal de este trabajo.

Finalmente se realiza la discusión de resultados teniendo en cuenta la bibliografía de los autores presentados en los antecedentes de la investigación del marco referencial de la presente tesis.

5.1. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

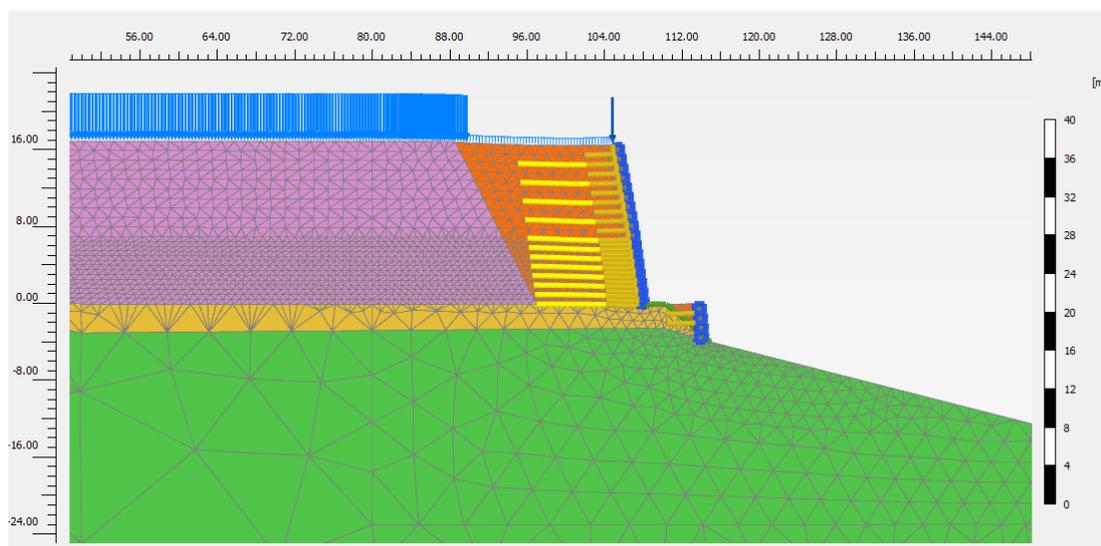
5.1.1. RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTÁTICO:

A continuación, se presentan los resultados del modelamiento numérico en Plaxis2D para el caso estático o simulación de la fase operativa actual del muro, en la Figura 42 se muestra una imagen de Plaxis2D Output en donde se aprecia la malla de elementos finitos con una escala visual de 1:1, asimismo en la Figura 43 se aprecia el mapa de calor de las deformaciones ($|u|$) estáticas del muro terramesh, en la Figura 44 se visualiza el mapa de calor del desplazamiento lateral en condiciones estáticas (u_x), en la Figura 45 se muestra el mapa de calor para el asentamiento en la fase operativa (u_y), en la Figura 46 se puede ver la superficie de falla del bloque deslizante del muro terramesh, en la Figura 47 la línea de rotura del bloque deslizante, y finalmente en la Figura 48 se muestra la curva del factor de seguridad en condiciones estáticas.

- Deformación de la Malla debido a la Fase Operativa:

Figura 42.

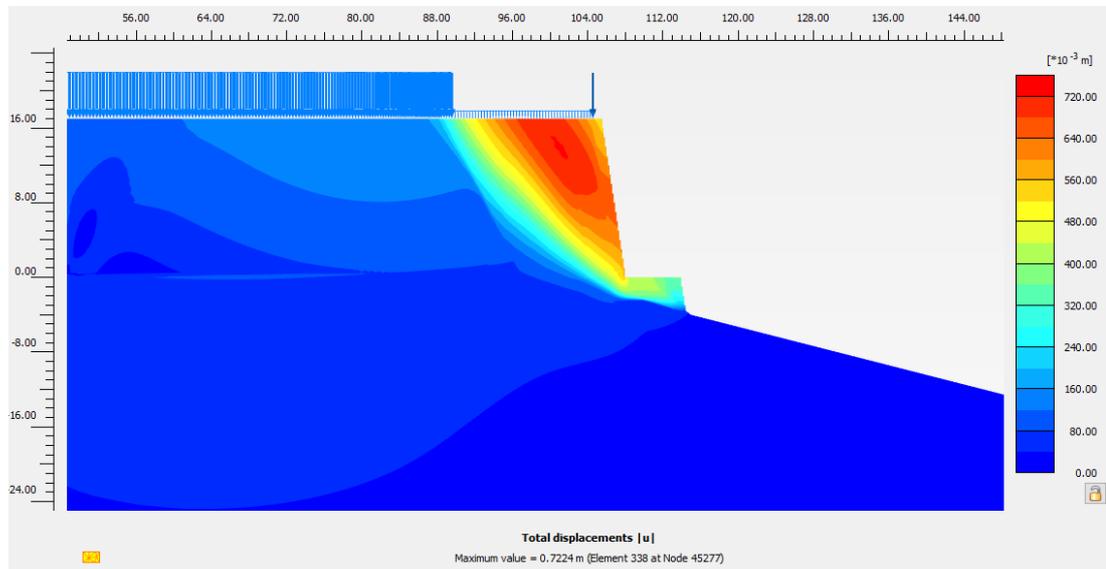
Malla de Elementos Finitos deformada Debido a las Condiciones Estáticas.



Nota. Extraído del modelo en Plaxis 2D, Escala visual 1:1.

Figura 43.

Deformaciones debido a las Condiciones Estáticas.

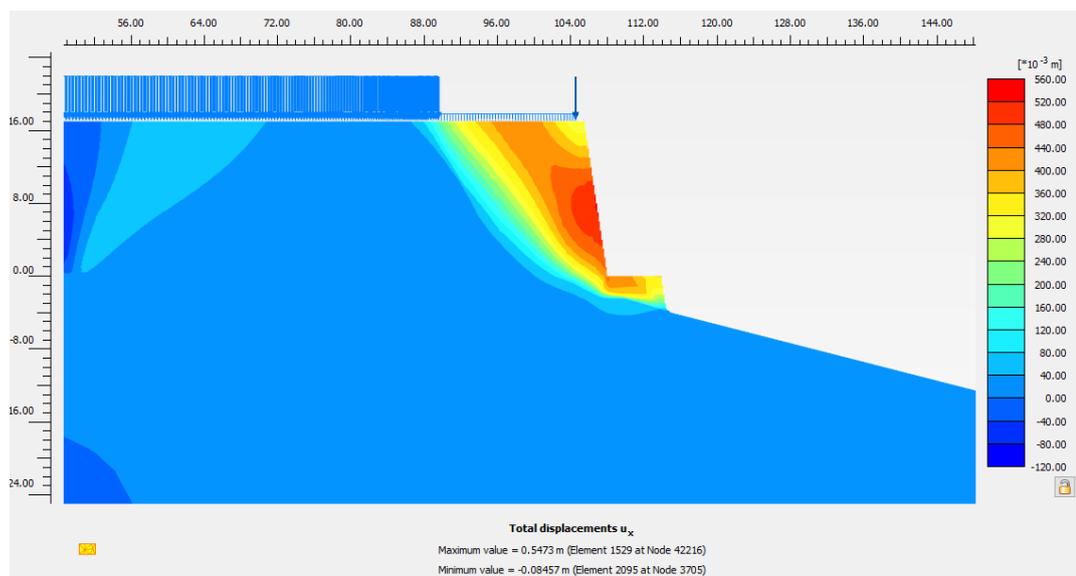


Nota. Extraído del modelo en Plaxis 2D, se puede observar el desplazamiento diferencial total igual a 0.7224m.

- Desplazamiento Lateral debido a la Fase Operativa:

Figura 44.

Visualización del Desplazamiento lateral en Condiciones Estáticas.

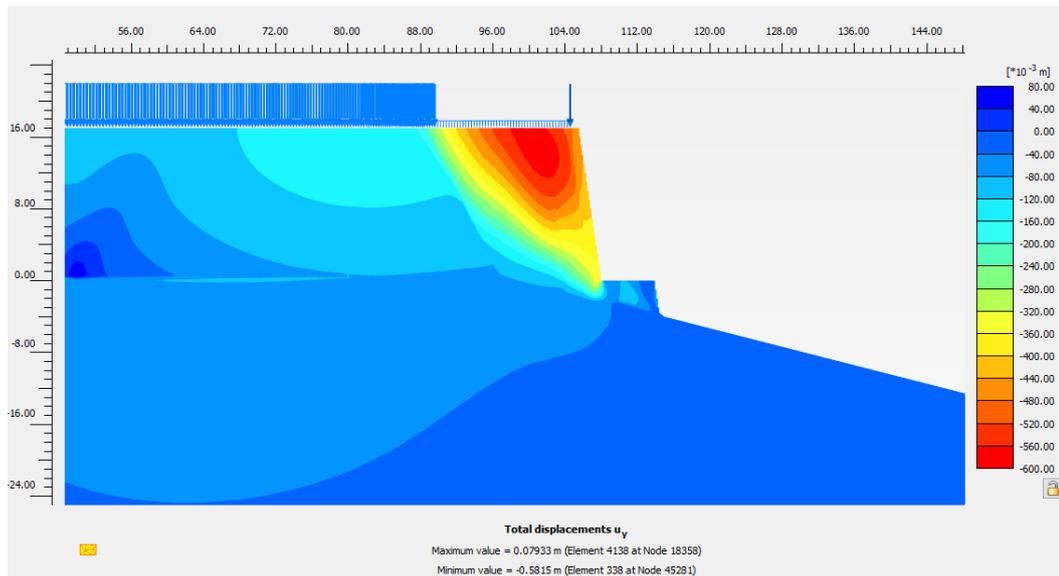


Nota. Extraído del modelo en Plaxis 2D, se puede observar el valor del desplazamiento lateral máximo igual a 0.5473m y el valor mínimo igual a -0.08457m.

- Asentamiento debido a la Fase Operativa:

Figura 45.

Visualización de Asentamientos en Condiciones Estáticas.

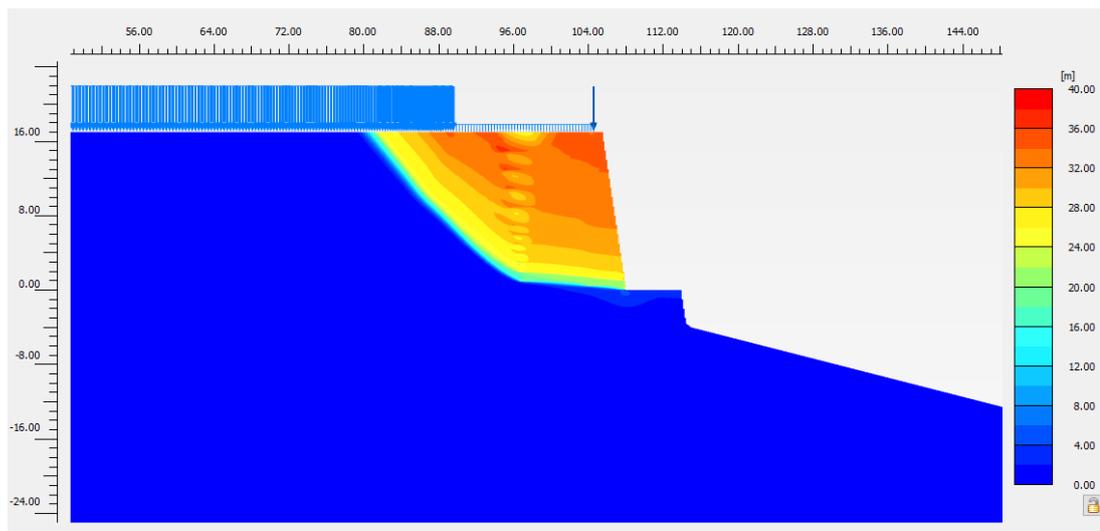


Nota. Extraído del modelo en Plaxis 2D, se puede observar el valor del asentamiento máximo igual a 0.07933m y el valor mínimo igual a -0.5815m.

- Factor de seguridad:

Figura 46.

Superficie de falla del bloque deslizando del Muro Terramesh (Caso Estático).

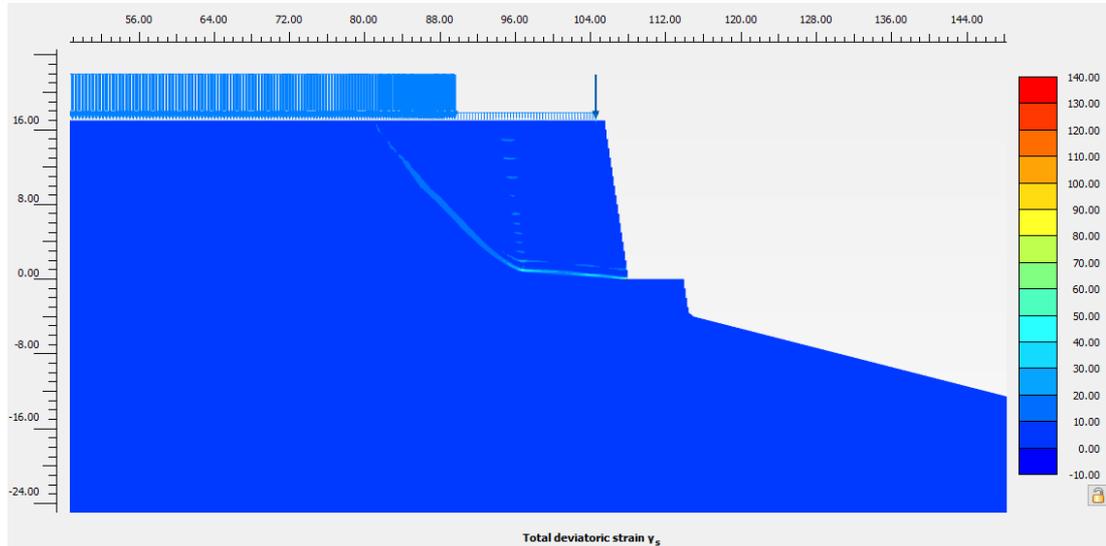


Nota. Extraído del modelo en Plaxis 2D.

- Línea de Rotura:

Figura 47.

Línea de rotura del bloque deslizante del Muro Terramesh (Caso Estático).

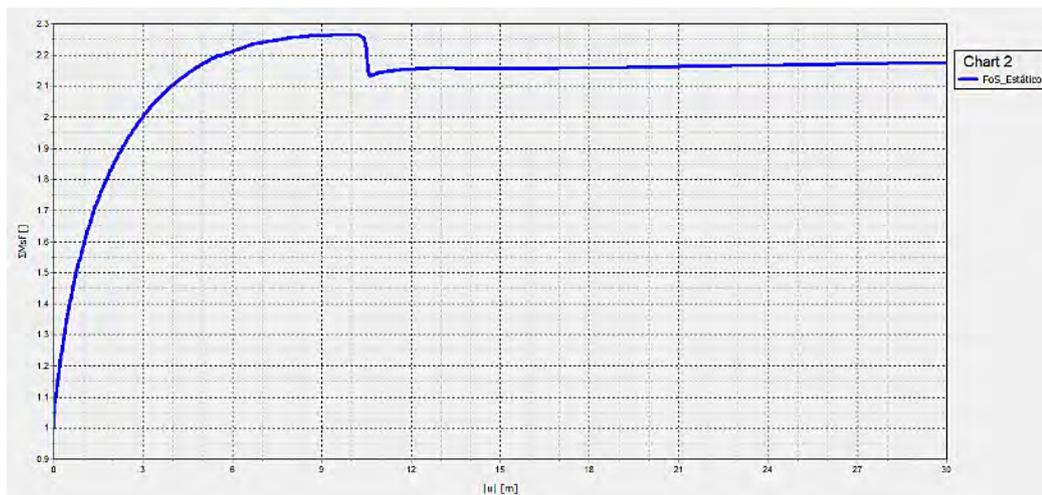


Nota. Extraído del modelo en Plaxis 2D.

- Gráfico del Factor de Seguridad:

Figura 48.

Gráfico del Factor de Seguridad en Condiciones Estáticas.



Nota. Extraído del modelo en Plaxis 2D, se puede apreciar el valor del Factor de seguridad en Condiciones Estáticas igual a 2.174.

5.1.2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DINÁMICO:

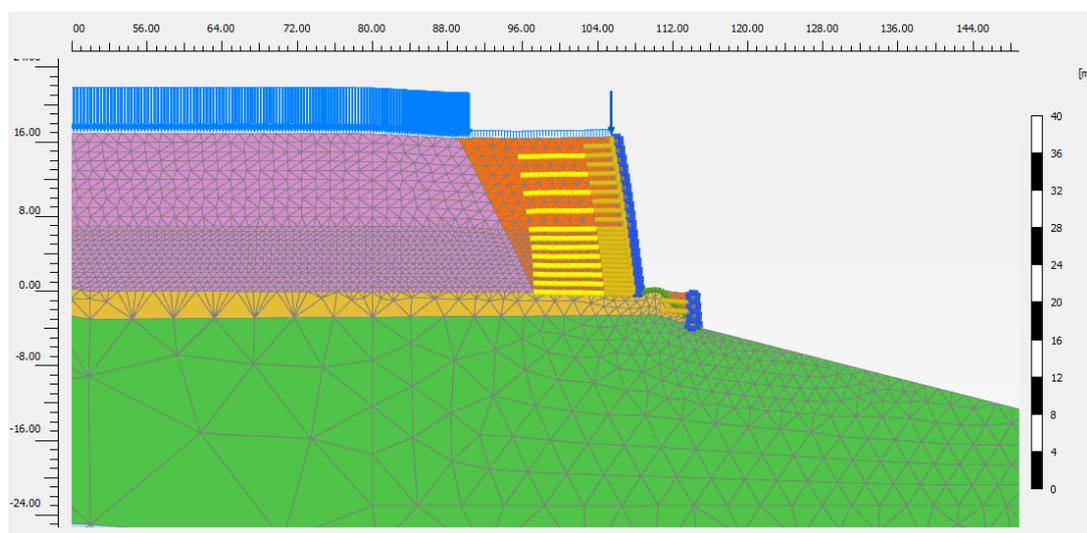
5.1.2.1. CARGA SÍSMICA 7035 (SISMO DE 1966 N-S)

Seguidamente, se presentan los resultados obtenidos en Plaxis2D luego de la aplicación de la carga sísmica 7035 correspondiente al sismo de 1966 en la dirección N-S, en la Figura 49 se muestra la imagen de Plaxis2D Output en donde se aprecia la malla de elementos finitos con una escala visual de 1:1, asimismo en la Figura 50 se aprecia el mapa de calor de las deformaciones ($|u|$) dinámicas del muro terramesh, en la Figura 51, el mapa de calor del desplazamiento lateral dinámico (u_x) dinámico 01, en la Figura 52 se muestra el mapa de calor para el asentamiento (u_y) dinámico 01, en la Figura 53 se puede ver la superficie de falla del bloque deslizante del muro terramesh, en la Figura 54 la línea de rotura del bloque deslizante correspondiente a la carga dinámica 01, y finalmente en la Figura 55 se muestra la curva del factor de seguridad dinámico 01.

- Deformación de la Malla:

Figura 49.

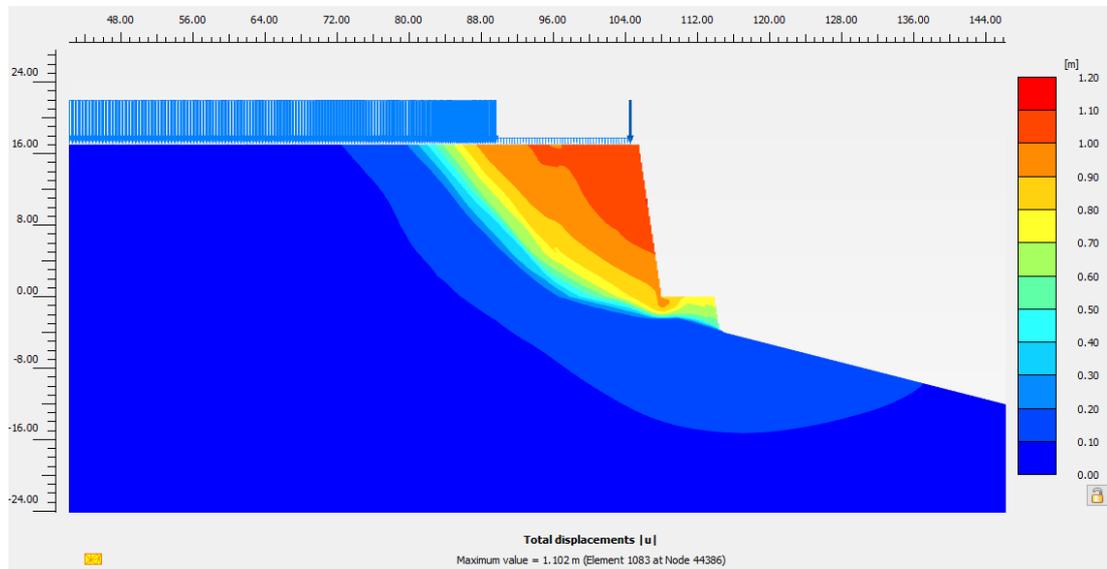
Malla de Elementos Finitos deformada debido a la Carga Dinámica (Sismo 7035).



Nota. Extraído del modelo en Plaxis 2D, Escala visual 1:1.

Figura 50.

Visualización de los desplazamientos debido a la Carga Dinámica 01 (sismo 7035).

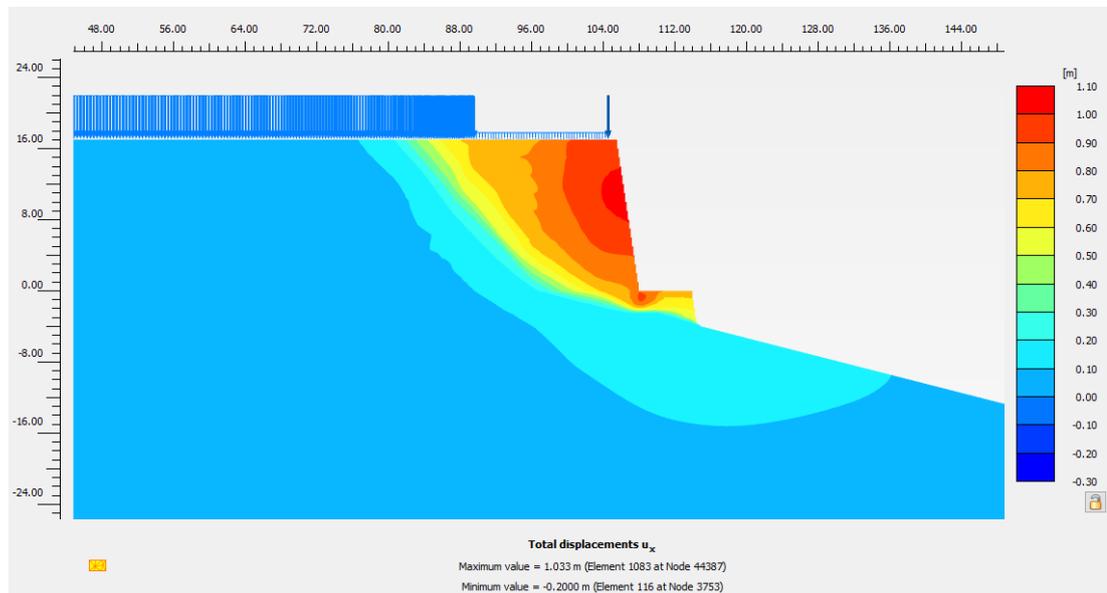


Nota. Extraído del modelo en Plaxis 2D, se puede observar el desplazamiento total igual a 1.102m.

- Desplazamiento Lateral Dinámico:

Figura 51.

Desplazamiento Lateral debido a la Carga Dinámica 01 (sismo 7035).

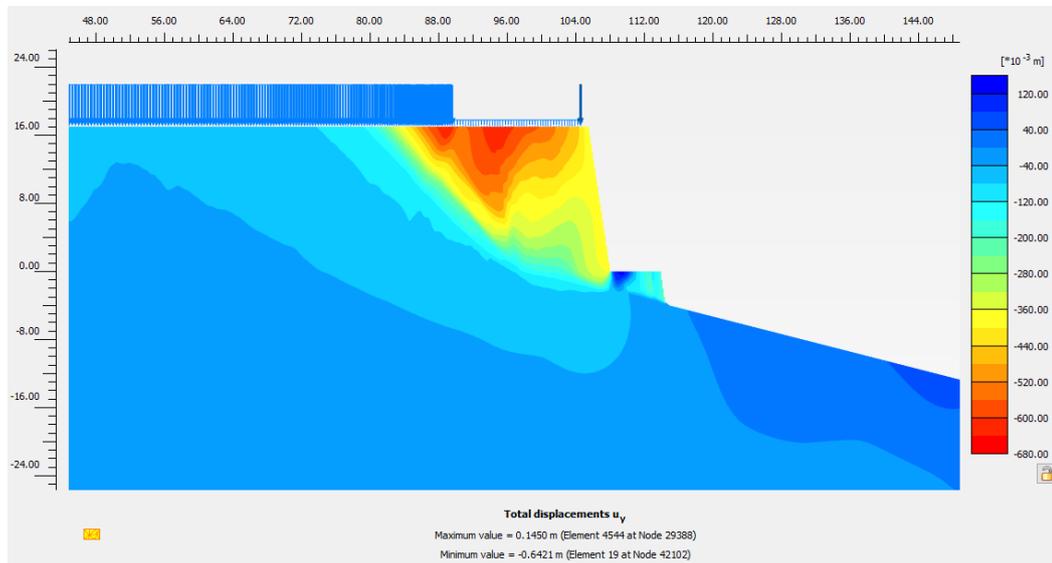


Nota. Extraído del modelo en Plaxis 2D, se puede observar el valor del desplazamiento lateral máximo igual a 1.033m y el valor mínimo igual a -0.20m.

- Asentamiento Dinámico:

Figura 52.

Asentamiento debido a la Carga dinámica 01 (Sismo 7035).

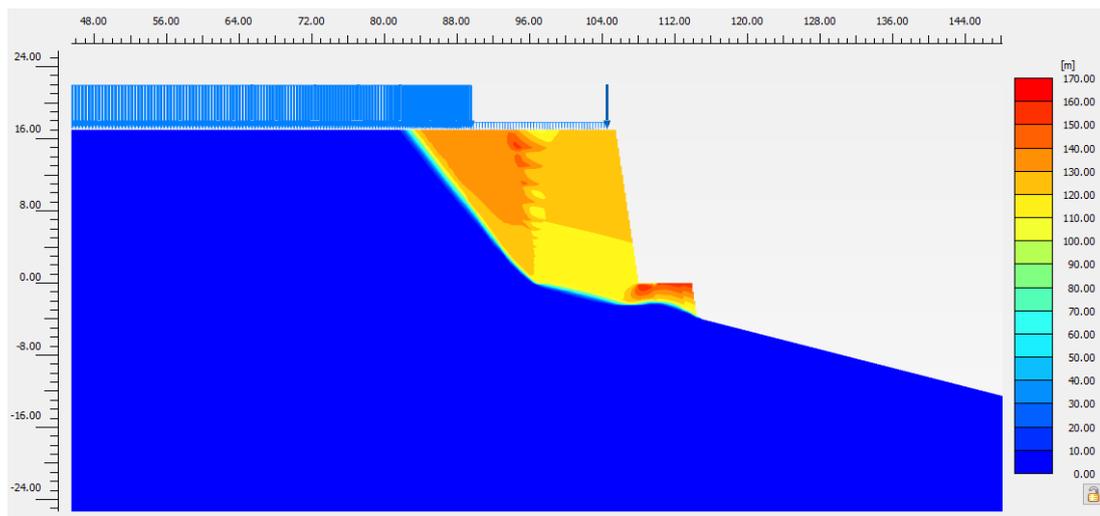


Nota. Extraído del modelo en Plaxis 2D, se puede observar el valor del asentamiento máximo igual a 0.1450m y el valor mínimo igual a -0.6421m.

- Factor de seguridad:

Figura 53.

Superficie de falla del bloque deslizante del Muro Terramesh (Sismo 7035).

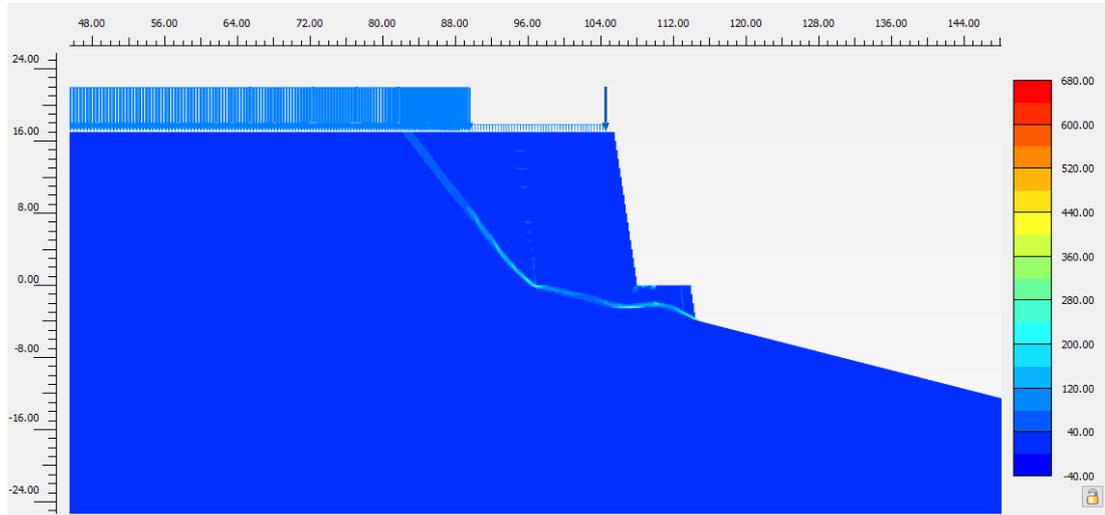


Nota. Extraído del modelo en Plaxis 2D.

- Línea de Rotura:

Figura 54.

Línea de rotura del bloque deslizante del Muro Terramesh (Sismo 7035).

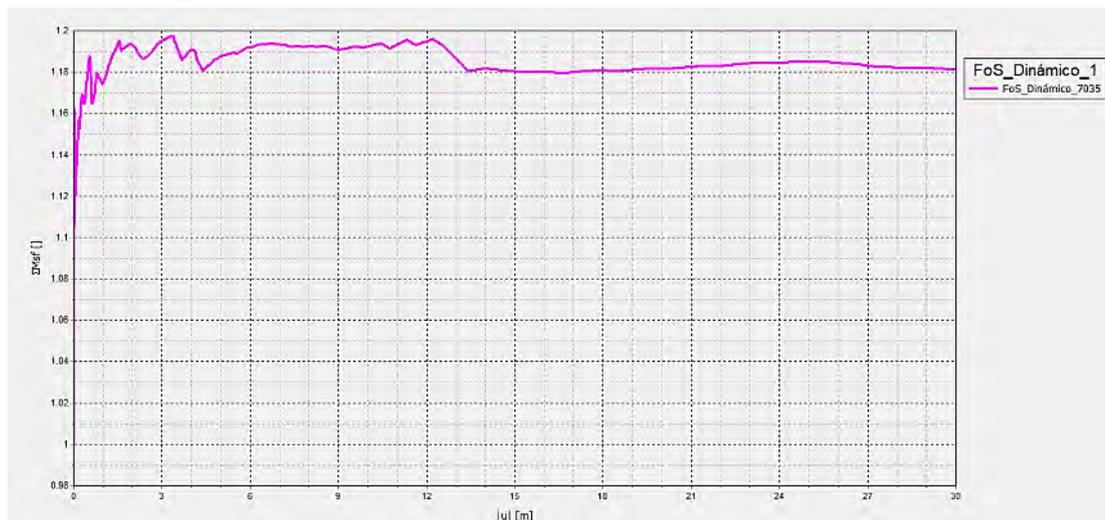


Nota. Extraído del modelo en Plaxis 2D.

- Gráfico del Factor de Seguridad:

Figura 55.

Gráfico del Factor de Seguridad debido a la Carga Dinámica 01 (Sismo 7035).



Nota. Extraído del modelo en Plaxis 2D, se puede apreciar el valor del Factor de seguridad luego de la aplicación de la carga sísmica 7035 tiene un valor de 1.182.

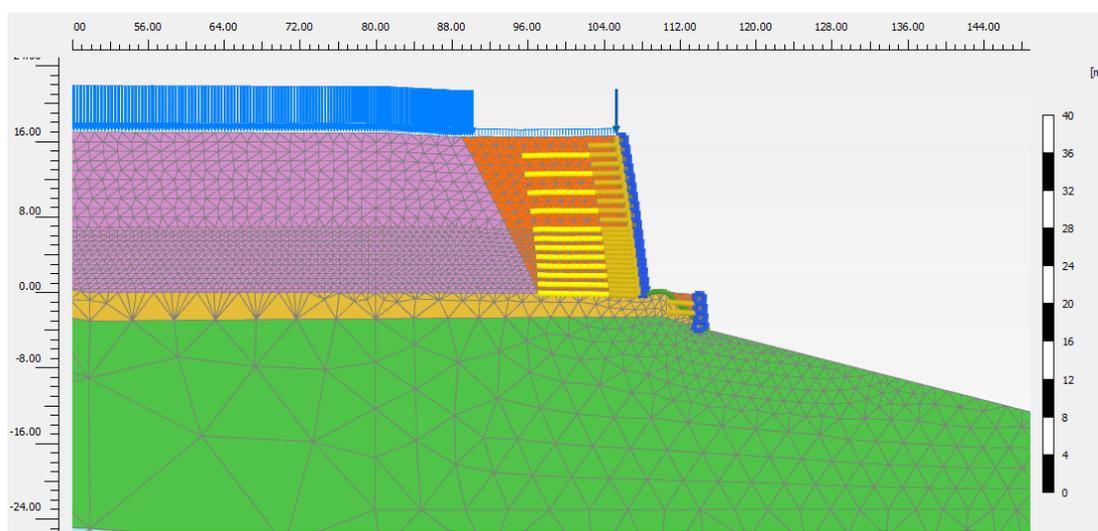
5.1.2.2. CARGA SÍSMICA 7036 (SISMO DE 1966 E-O)

En este ítem, se presentan los resultados obtenidos en Plaxis2D luego de la aplicación de la carga sísmica 7036 correspondiente al sismo de 1966 en la dirección E-O, en la Figura 56 se muestra la imagen de Plaxis2D Output en donde se aprecia la malla de elementos finitos con una escala visual de 1:1, asimismo en la Figura 57 se aprecia el mapa de calor de las deformaciones ($|u|$) dinámicas del muro terramesh, en la Figura 58, el mapa de calor del desplazamiento lateral dinámico (u_x) dinámico 02, en la Figura 59 se muestra el mapa de calor para el asentamiento (u_y) dinámico 02, en la Figura 60 se puede ver la superficie de falla del bloque deslizante del muro terramesh, en la Figura 61 la línea de rotura del bloque deslizante correspondiente a la carga dinámica 02, y finalmente en la Figura 62 se muestra la curva del factor de seguridad dinámico 02.

- Deformación de la Malla:

Figura 56.

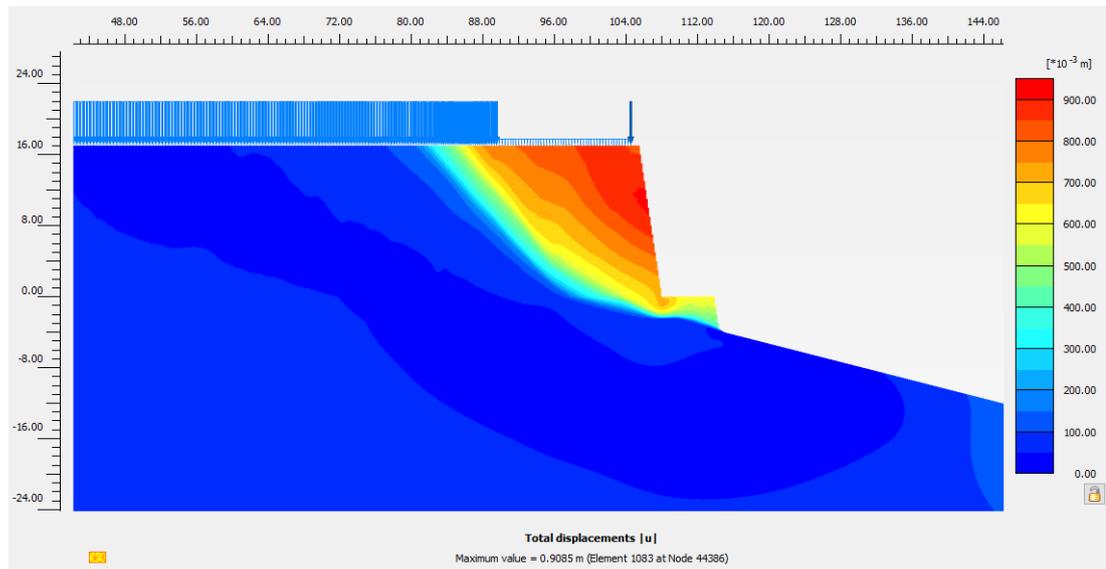
Malla de Elementos Finitos deformada debido a la Carga Dinámica (Sismo 7036).



Nota. Extraído del modelo en Plaxis 2D, Escala visual 1:1.

Figura 57.

Visualización de los desplazamientos debido a la Carga Dinámica 02 (sismo 7036).

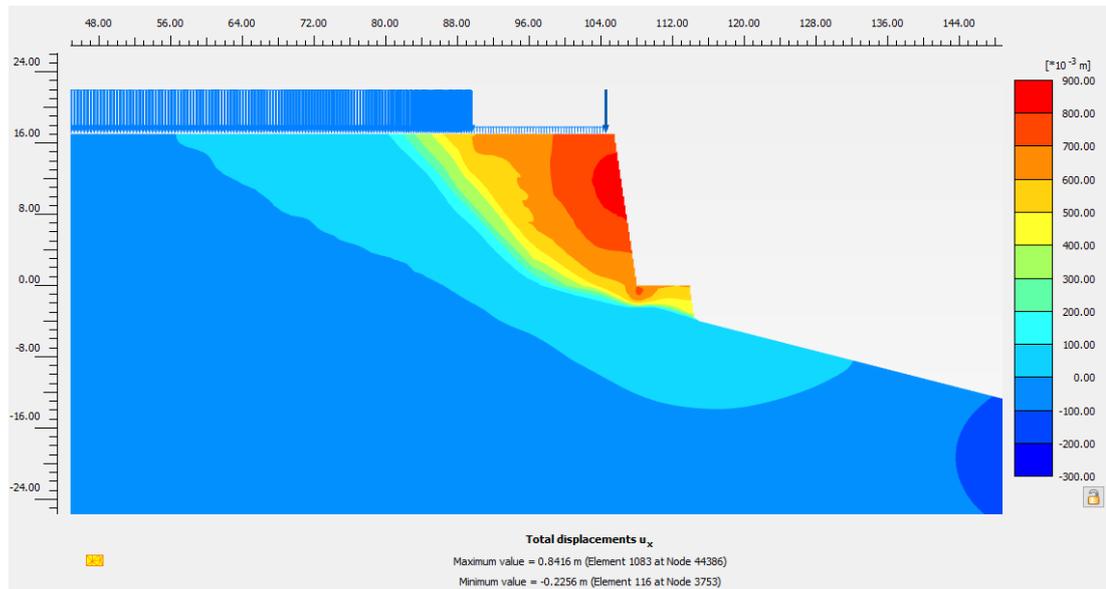


Nota. Extraído del modelo en Plaxis 2D, se puede observar el desplazamiento total igual a 0.9085m.

- Desplazamiento Lateral Dinámico:

Figura 58.

Desplazamiento Lateral debido a la Carga Dinámica 02 (sismo 7036).

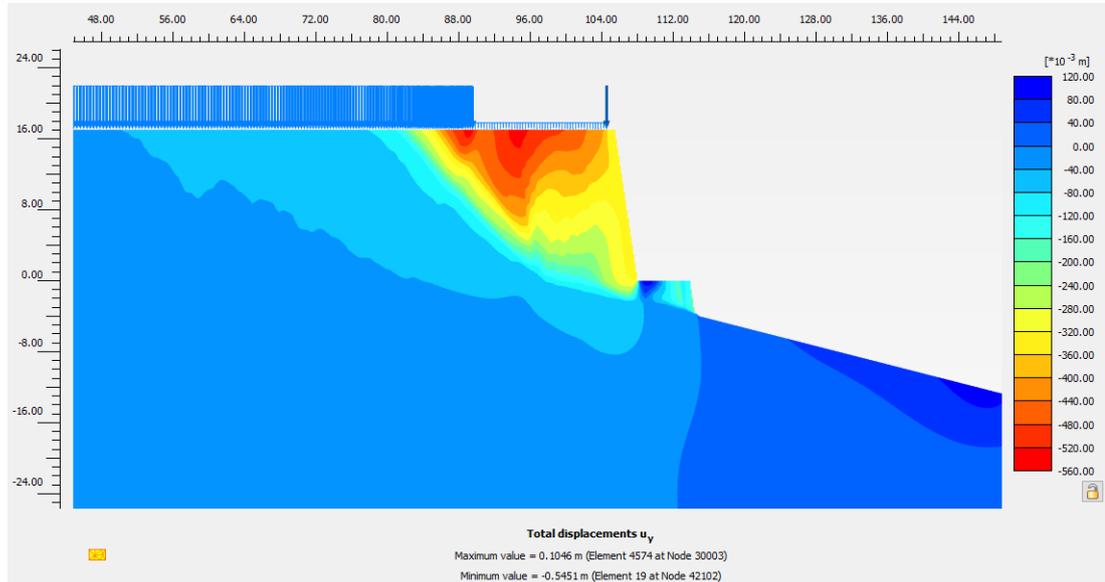


Nota. Extraído del modelo en Plaxis 2D, se puede observar el valor del desplazamiento lateral máximo igual a 0.8416m y el valor mínimo igual a -0.2256m.

- Asentamiento Dinámico:

Figura 59.

Asentamiento debido a la Carga dinámica 02 (Sismo 7036).

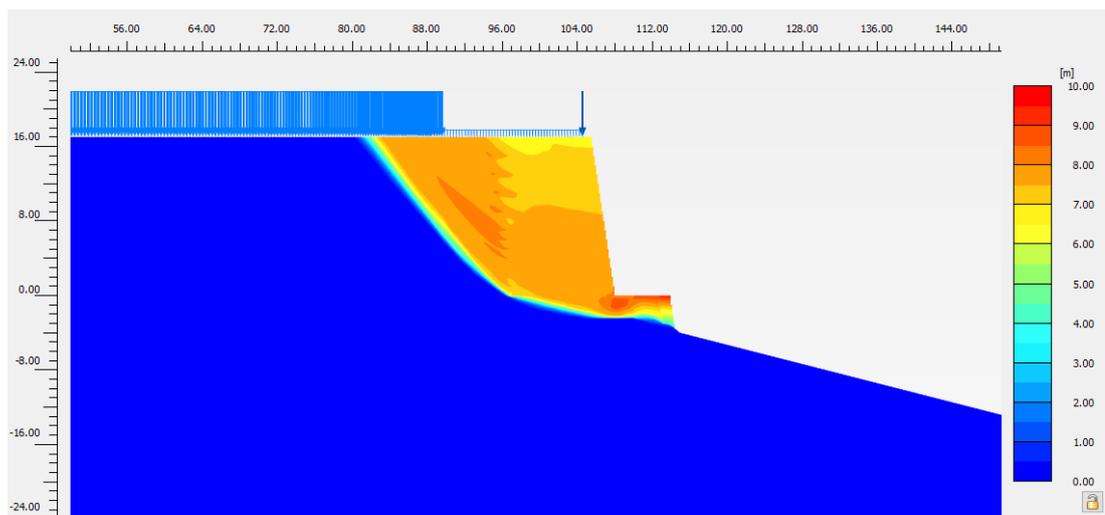


Nota. Extraído del modelo en Plaxis 2D, se puede observar el valor del asentamiento máximo igual a 0.1046m y el valor mínimo igual a -0.5451m.

- Factor de Seguridad Dinámico:

Figura 60.

Superficie de falla del bloque deslizante del Muro Terramesh (Sismo 7036).

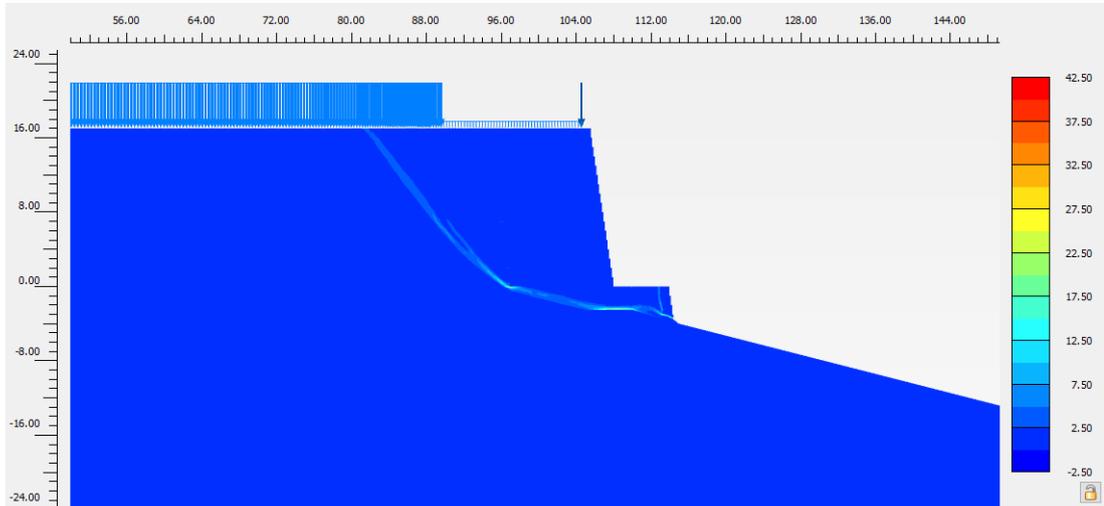


Nota. Extraído del modelo en Plaxis 2D.

- Línea de Rotura:

Figura 61.

Línea de rotura del bloque deslizante del Muro Terramesh (Sismo 7036).

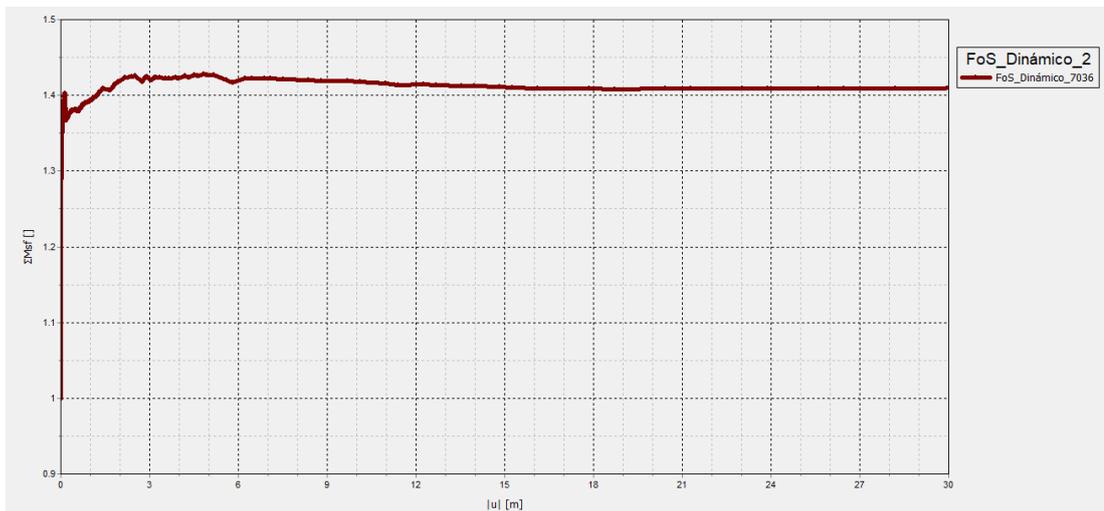


Nota. Extraído del modelo en Plaxis 2D.

- Gráfico del Factor de Seguridad:

Figura 62.

Gráfico del Factor de Seguridad debido a la Carga Dinámica 02 (Sismo 7036).



Nota. Extraído del modelo en Plaxis 2D, se puede apreciar el valor del Factor de seguridad luego de la aplicación de la carga sísmica 7036 tiene un valor de 1.409.

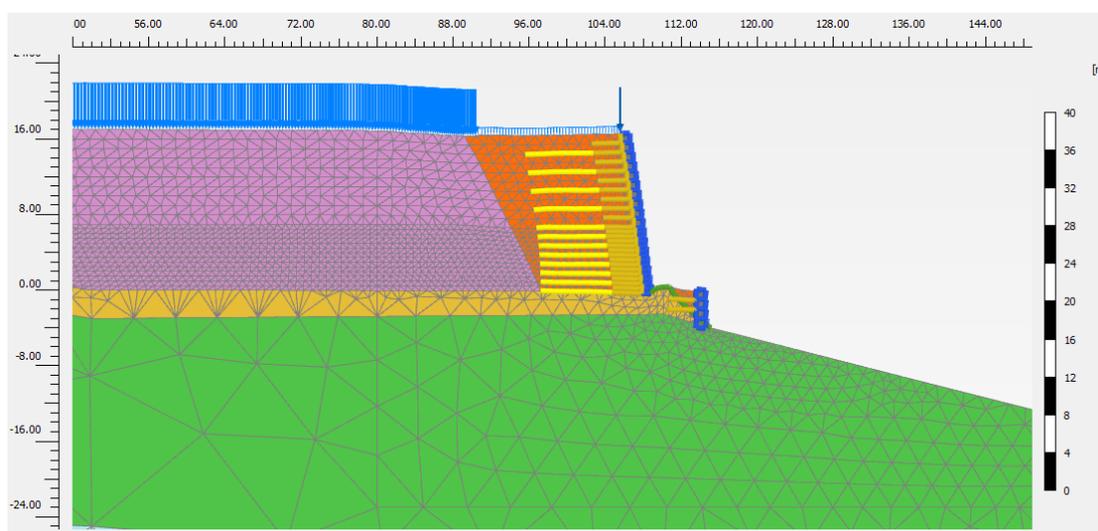
5.1.2.3. CARGA SÍSMICA 7038 (SISMO DE 1970 N-S)

En este ítem, se presentan los resultados obtenidos en Plaxis2D luego de la aplicación de la carga sísmica 7038 correspondiente al sismo de 1970 en la dirección N-S, en la Figura 63 se muestra la imagen de Plaxis2D Output en donde se aprecia la malla de elementos finitos con una escala visual de 1:1, asimismo en la Figura 64 se aprecia el mapa de calor de las deformaciones ($|u|$) dinámicas del muro terramesh, en la Figura 65, el mapa de calor del desplazamiento lateral dinámico (u_x) dinámico 03, en la Figura 66 se muestra el mapa de calor para el asentamiento (u_y) dinámico 03, en la Figura 67 se puede ver la superficie de falla del bloque deslizante del muro terramesh, en la Figura 68 la línea de rotura del bloque deslizante correspondiente a la carga dinámica 03, y finalmente en la Figura 69 se muestra la curva del factor de seguridad dinámico 03.

- Deformación de la Malla:

Figura 63.

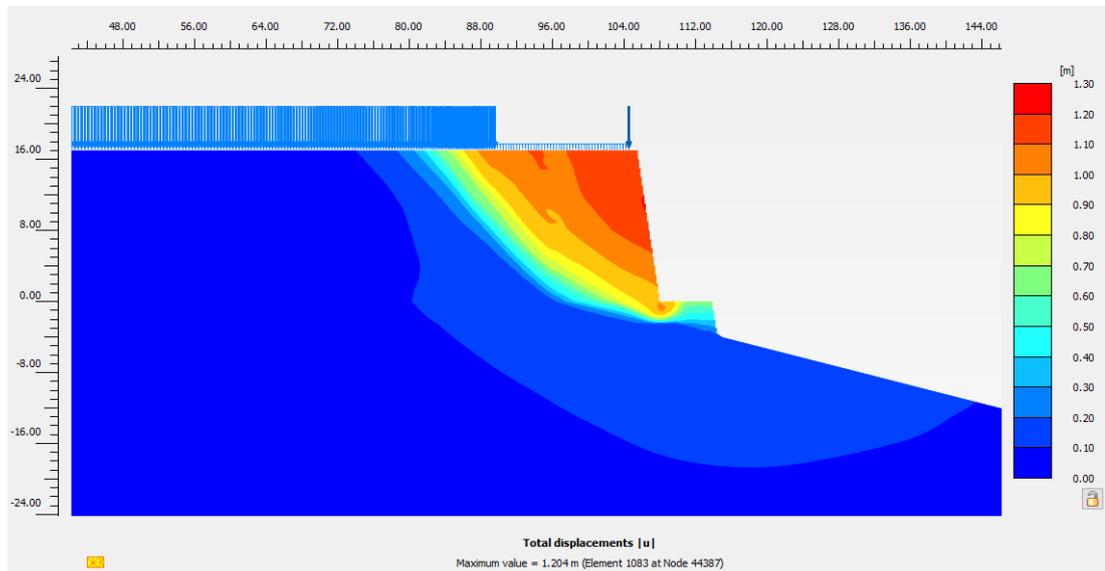
Malla de Elementos Finitos deformada debido a la Carga Dinámica (Sismo 7038).



Nota. Extraído del modelo en Plaxis 2D, Escala visual 1:1.

Figura 64.

Visualización de los desplazamientos debido a la Carga Dinámica 03 (sismo 7038).

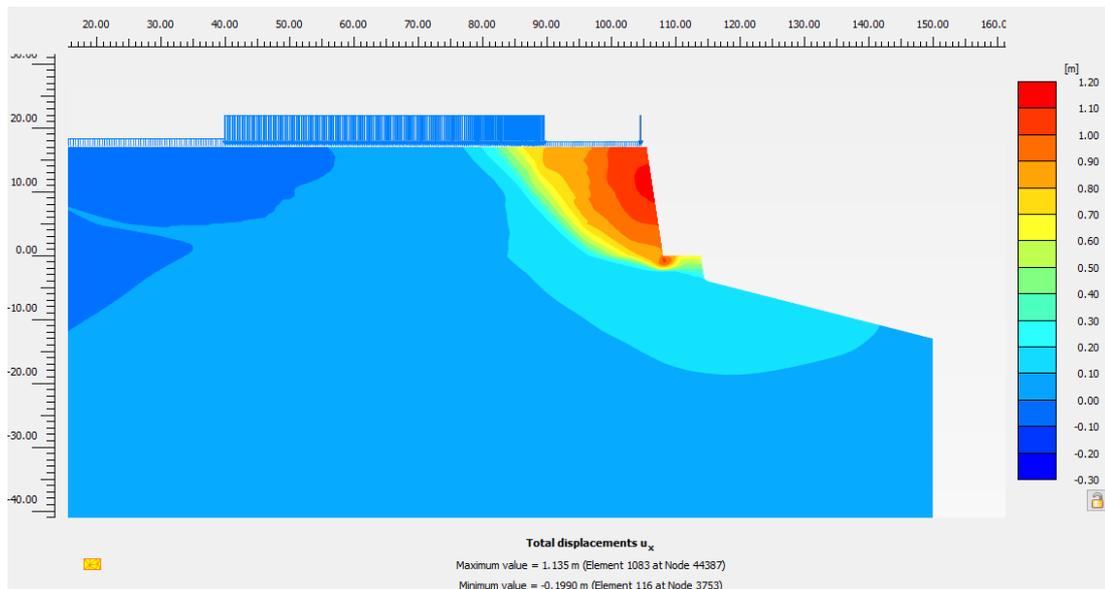


Nota. Extraído del modelo en Plaxis 2D, se puede observar el desplazamiento total igual a 1.204m.

- Desplazamiento Lateral Dinámico:

Figura 65.

Desplazamiento Lateral debido a la Carga Dinámica 03 (sismo 7038).

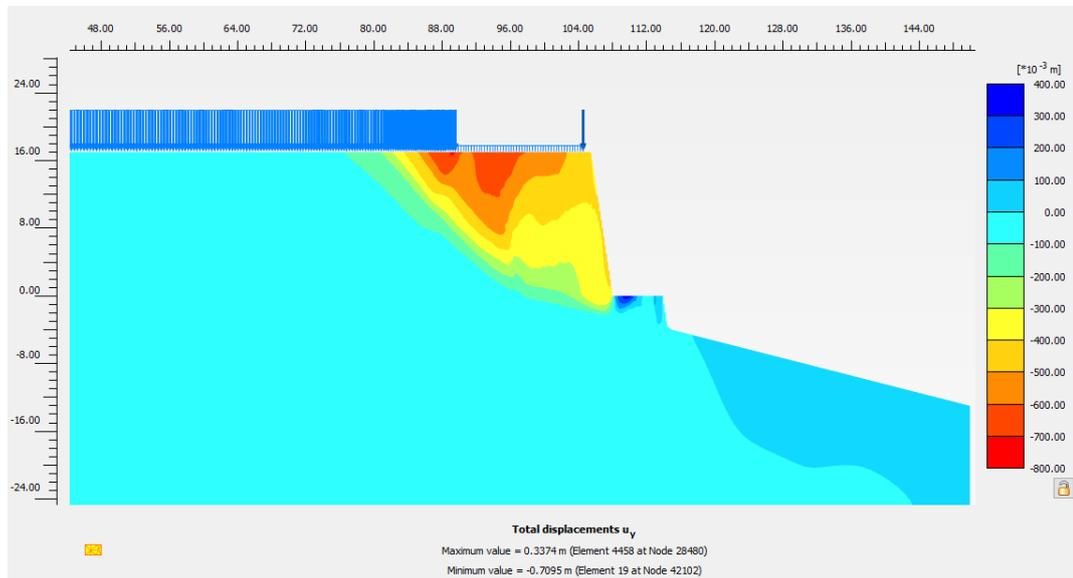


Nota. Extraído del modelo en Plaxis 2D, se puede observar el valor del desplazamiento lateral máximo igual a 1.135m y el valor mínimo igual a -0.1990m.

- Asentamiento Dinámico:

Figura 66.

Asentamiento debido a la Carga dinámica 03 (Sismo 7038).

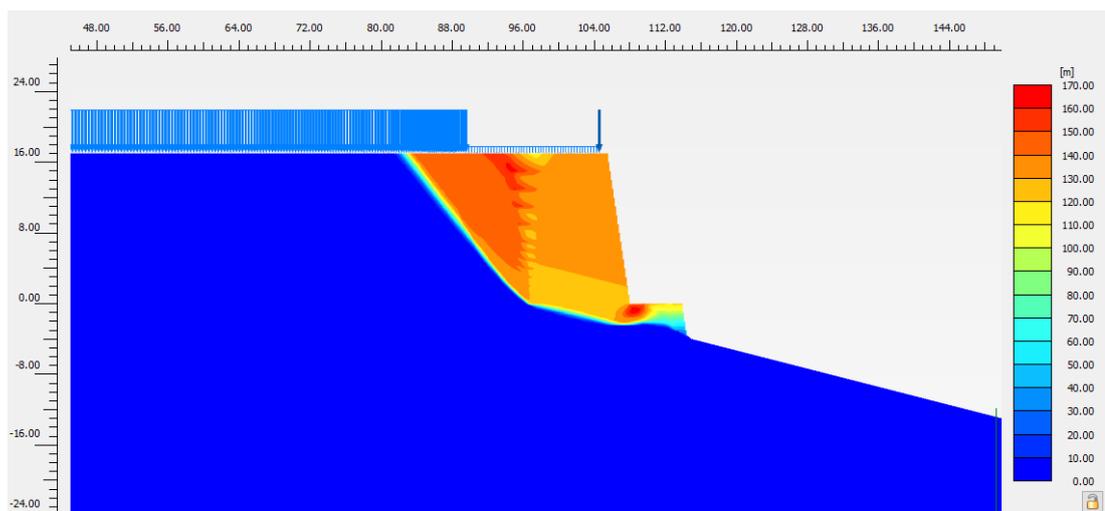


Nota. Extraído del modelo en Plaxis 2D, se puede observar el valor del asentamiento máximo igual a 0.3374 m y el valor mínimo igual a -0.7095 m.

- Factor de Seguridad Dinámico:

Figura 67.

Superficie de falla del bloque deslizante del Muro Terramesh (Sismo 7038).

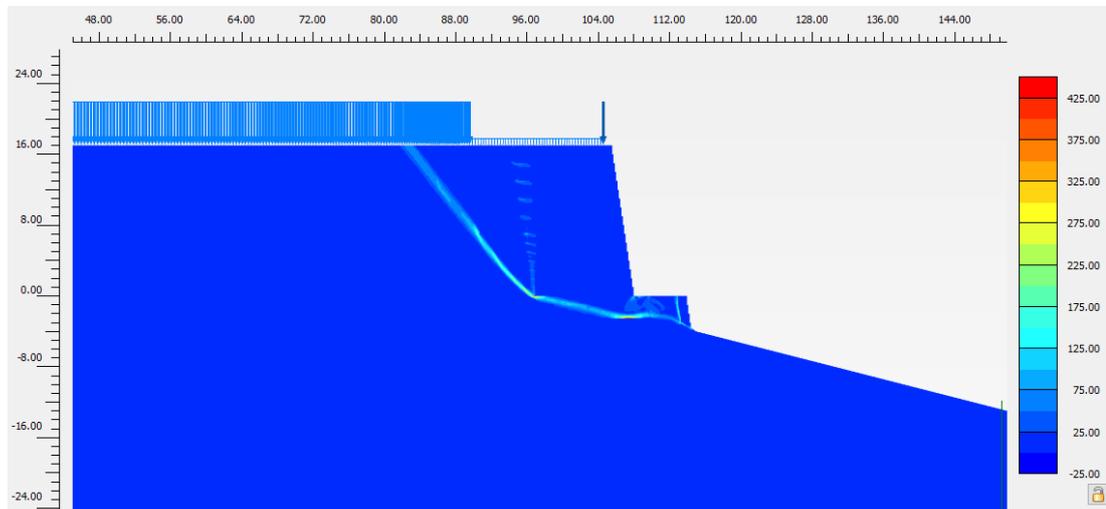


Nota. Extraído del modelo en Plaxis 2D.

- Línea de Rotura:

Figura 68.

Línea de rotura del bloque deslizante del Muro Terramesh (Sismo 7038).

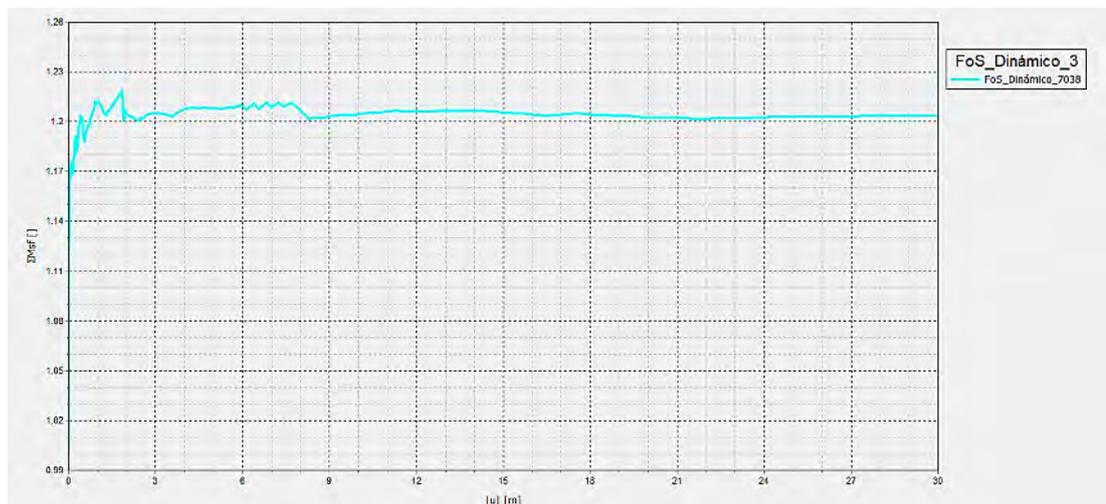


Nota. Extraído del modelo en Plaxis 2D.

- Gráfico del Factor de Seguridad:

Figura 69.

Gráfico del Factor de Seguridad debido a la Carga Dinámica 03 (Sismo 7038).



Nota. Extraído del modelo en Plaxis 2D, se puede apreciar el valor del Factor de seguridad luego de la aplicación de la carga sísmica 7038 tiene un valor de 1.204.

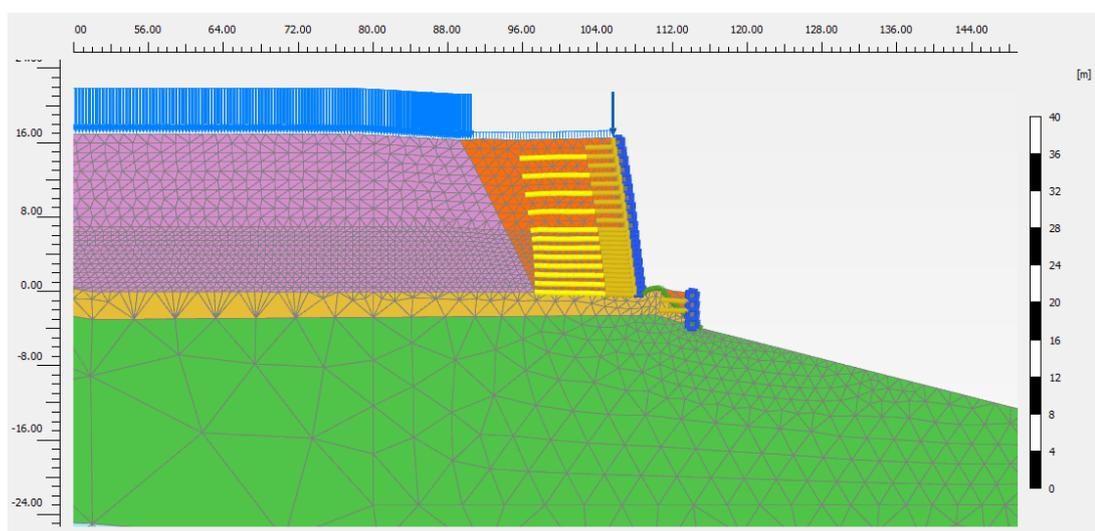
5.1.2.4. CARGA SÍSMICA 7039 (SISMO DE 1970 E-O)

En este ítem, se presentan los resultados obtenidos en Plaxis2D luego de la aplicación de la carga sísmica 7039 correspondiente al sismo de 1970 en la dirección E-O, en la Figura 70 se muestra la imagen de Plaxis2D Output en donde se aprecia la malla de elementos finitos con una escala visual de 1:1, asimismo en la Figura 71 se aprecia el mapa de calor de las deformaciones ($|u|$) dinámicas del muro terramesh, en la Figura 72, el mapa de calor del desplazamiento lateral dinámico (u_x) dinámico 04, en la Figura 73 se muestra el mapa de calor para el asentamiento (u_y) dinámico 04, en la Figura 74 se puede ver la superficie de falla del bloque deslizante del muro terramesh, en la Figura 75 la línea de rotura del bloque deslizante correspondiente a la carga dinámica 04, y finalmente en la Figura 76 se muestra la curva del factor de seguridad dinámico 04.

- Deformación de la Malla:

Figura 70.

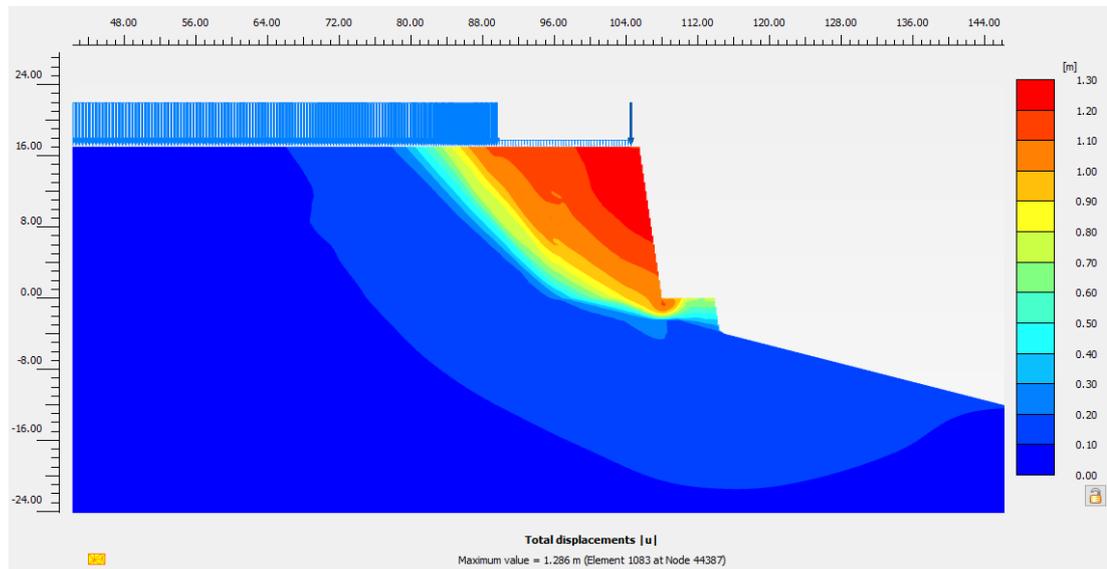
Malla de Elementos Finitos deformada debido a la Carga Dinámica (Sismo 7039).



Nota. Extraído del modelo en Plaxis 2D, Escala visual 1:1.

Figura 71.

Visualización de los desplazamientos debido a la Carga Dinámica 04 (sismo 7039).

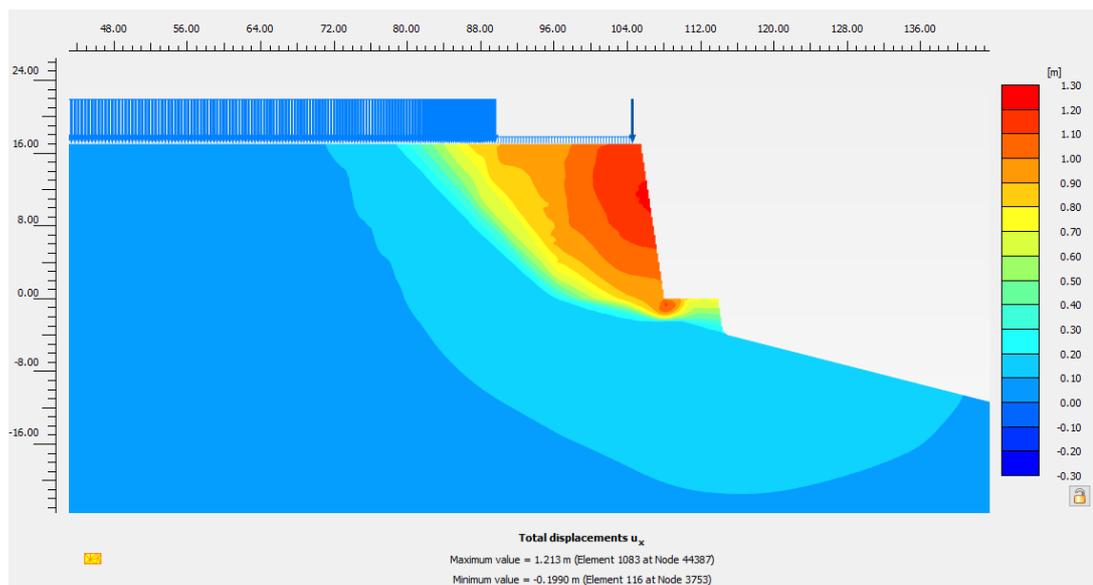


Nota. Extraído del modelo en Plaxis 2D, se puede observar el desplazamiento total igual a 1.286m.

- Desplazamiento Lateral Dinámico:

Figura 72.

Desplazamiento Lateral debido a la Carga Dinámica 04 (sismo 7039).

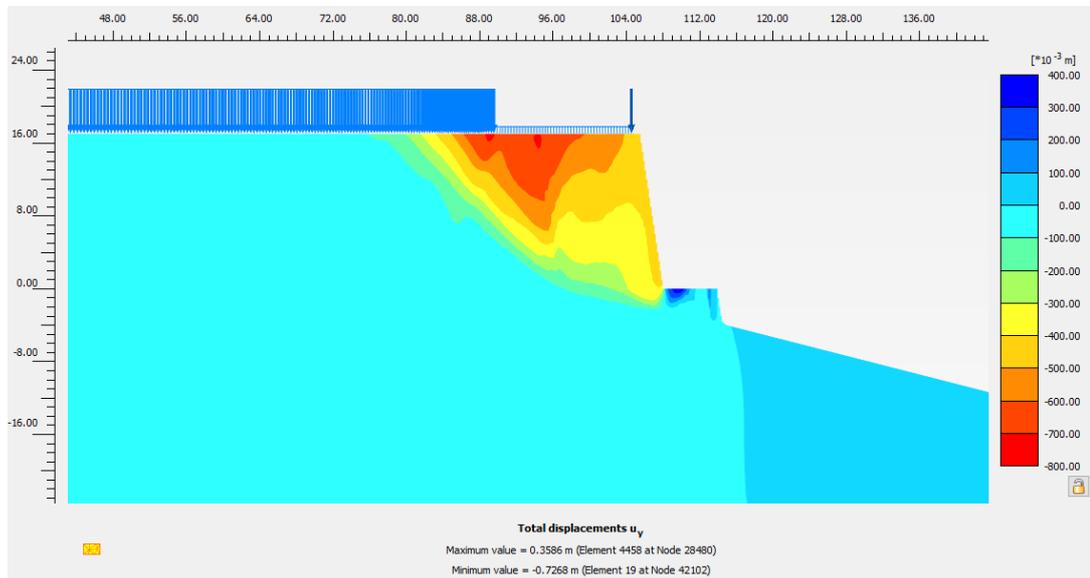


Nota. Extraído del modelo en Plaxis 2D, se puede observar el valor del desplazamiento lateral máximo igual a 1.213m y el valor mínimo igual a -0.1990m.

- Asentamiento Dinámico:

Figura 73.

Asentamiento debido a la Carga dinámica 04 (Sismo 7039).

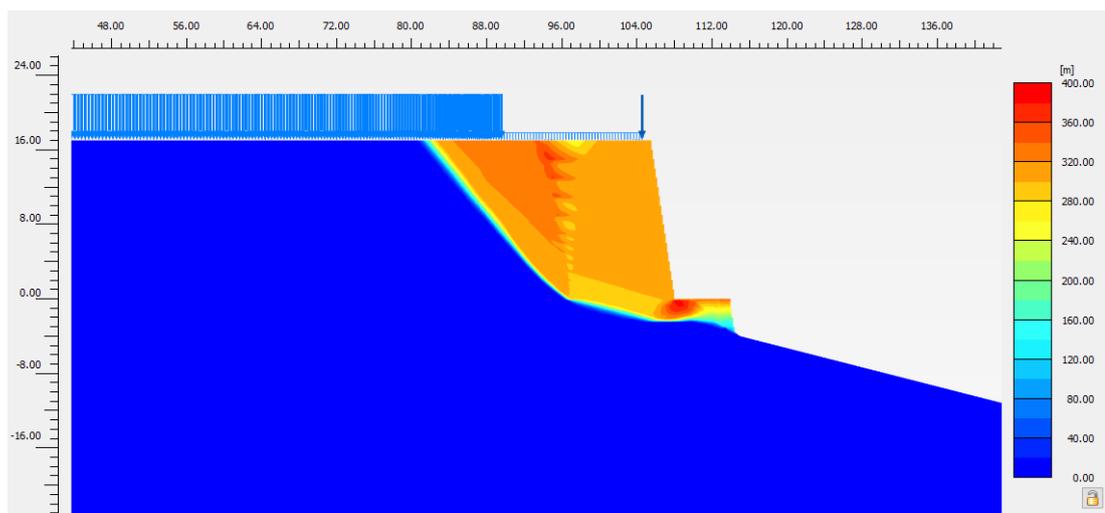


Nota. Extraído del modelo en Plaxis 2D, se puede observar el valor del asentamiento máximo igual a 0.3586m y el valor mínimo igual a -0.7268m.

- Factor de Seguridad Dinámico:

Figura 74.

Superficie de falla del bloque deslizando del Muro Terramesh (Sismo 7039).

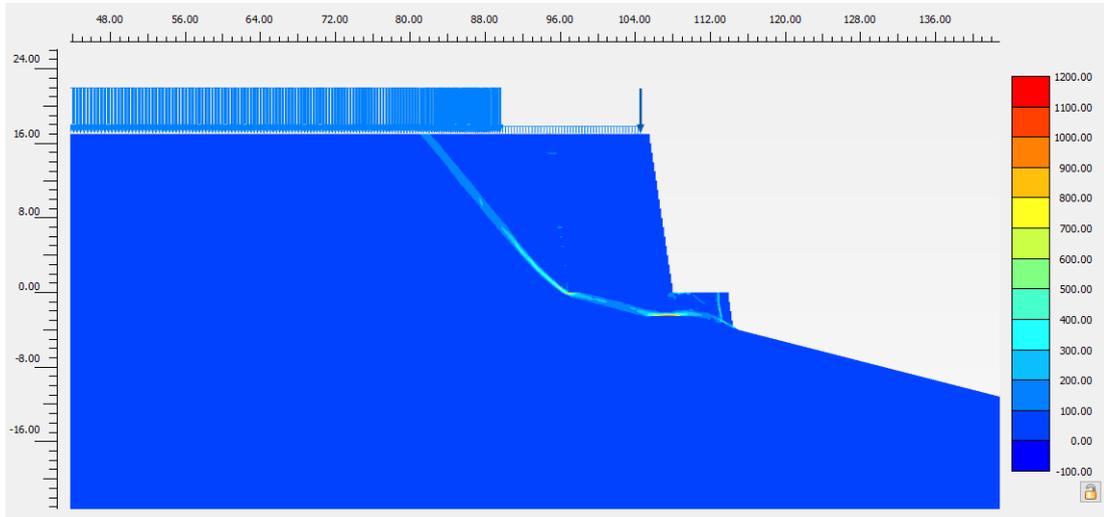


Nota. Extraído del modelo en Plaxis 2D.

- Línea de Rotura:

Figura 75.

Línea de rotura del bloque deslizante del Muro Terramesh (Sismo 7039).

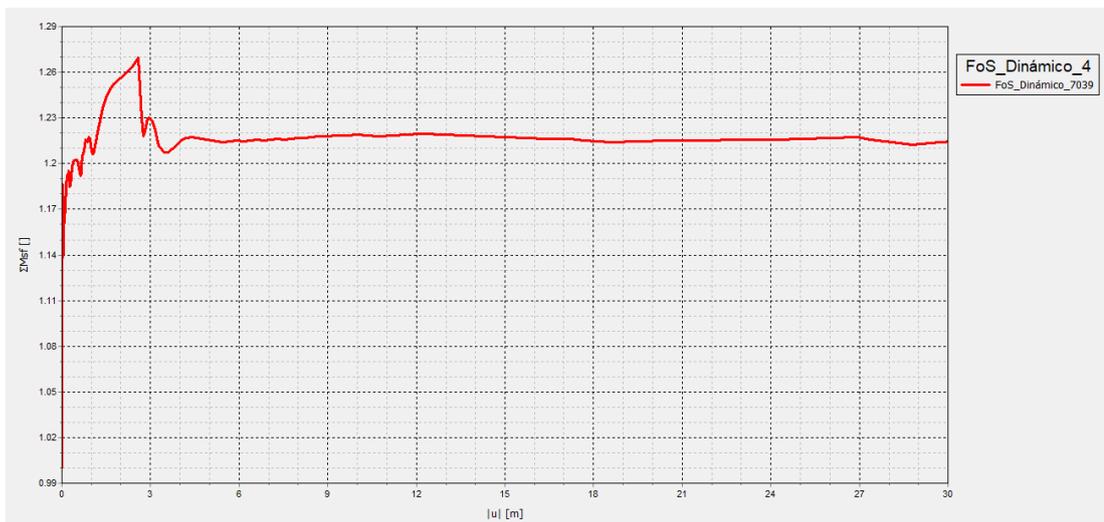


Nota. Extraído del modelo en Plaxis 2D.

- Gráfico del Factor de Seguridad:

Figura 76.

Gráfico del Factor de Seguridad debido a la Carga Dinámica 04 (Sismo 7039).



Nota. Extraído del modelo en Plaxis 2D, se puede apreciar el valor del Factor de seguridad luego de la aplicación de la carga sísmica 7039 tiene un valor de 1.210.

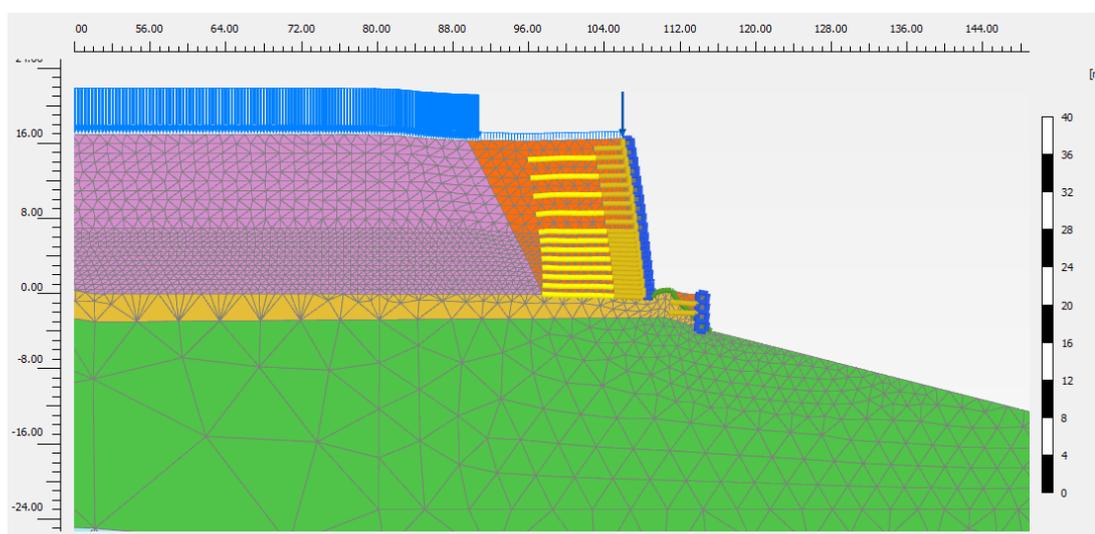
5.1.2.5. CARGA SÍSMICA 7050 (SISMO DE 1974 N-S)

En este ítem, se presentan los resultados obtenidos en Plaxis2D luego de la aplicación de la carga sísmica 7050 correspondiente al sismo de 1974 en la dirección N-S, en la Figura 77 se muestra la imagen de Plaxis2D Output en donde se aprecia la malla de elementos finitos con una escala visual de 1:1, asimismo en la Figura 78 se aprecia el mapa de calor de las deformaciones ($|u|$) dinámicas del muro terramesh, en la Figura 79, el mapa de calor del desplazamiento lateral dinámico (u_x) dinámico 05, en la Figura 80 se muestra el mapa de calor para el asentamiento (u_y) dinámico 05, en la Figura 81 se puede ver la superficie de falla del bloque deslizante del muro terramesh, en la Figura 82 la línea de rotura del bloque deslizante correspondiente a la carga dinámica 05, y finalmente en la Figura 83 se muestra la curva del factor de seguridad dinámico 05.

- Deformación de la Malla:

Figura 77.

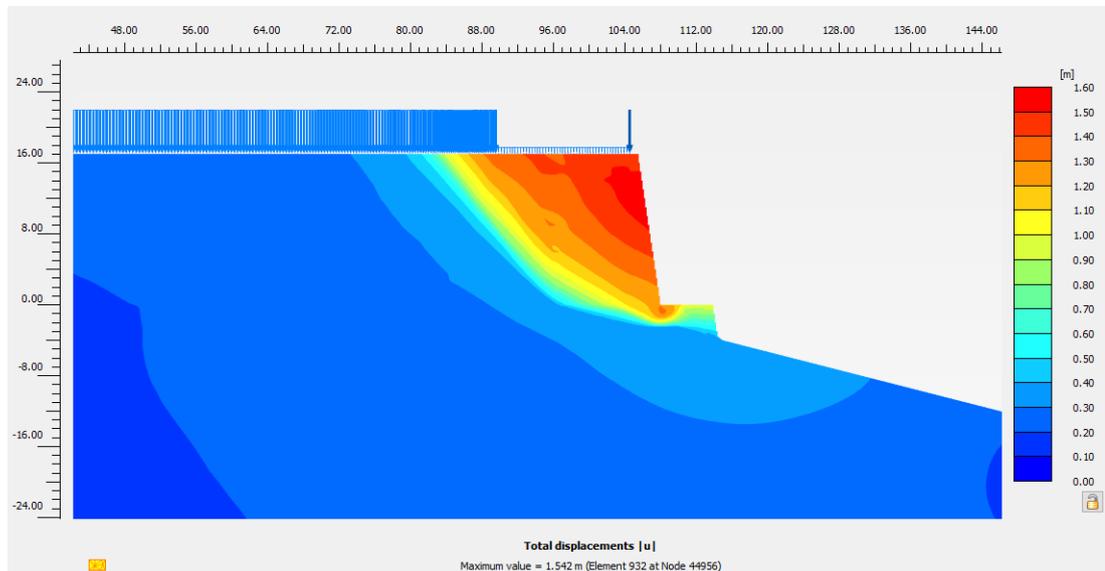
Malla de Elementos Finitos deformada debido a la Carga Dinámica (Sismo 7050).



Nota. Extraído del modelo en Plaxis 2D, Escala visual 1:1.

Figura 78.

Visualización de los desplazamientos debido a la Carga Dinámica 05 (sismo 7050).

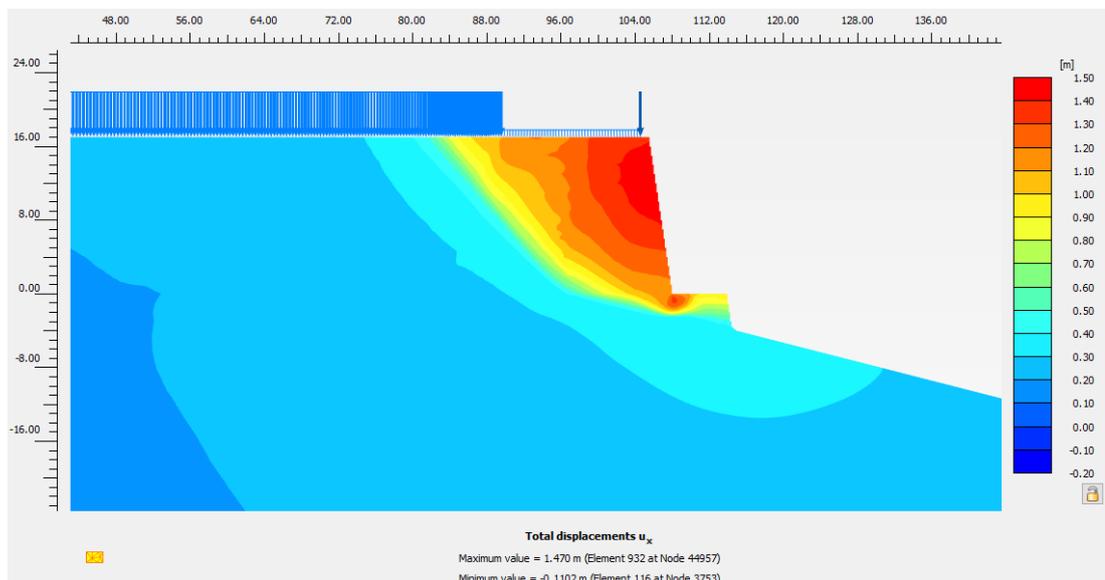


Nota. Extraído del modelo en Plaxis 2D, se puede observar el desplazamiento total igual a 1.542m.

- Desplazamiento Lateral Dinámico:

Figura 79.

Desplazamiento Lateral debido a la Carga Dinámica 05 (sismo 7050).

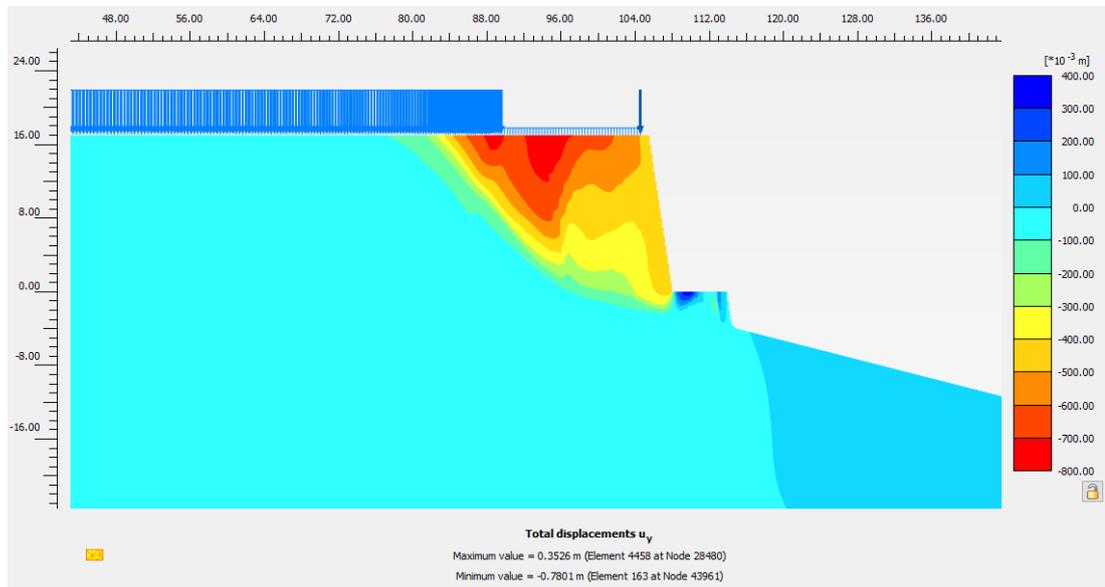


Nota. Extraído del modelo en Plaxis 2D, se puede observar el valor del desplazamiento lateral máximo igual a 1.470m y el valor mínimo igual a -0.1102m.

- Asentamiento Dinámico:

Figura 80.

Asentamiento debido a la Carga dinámica 05 (Sismo 7050).

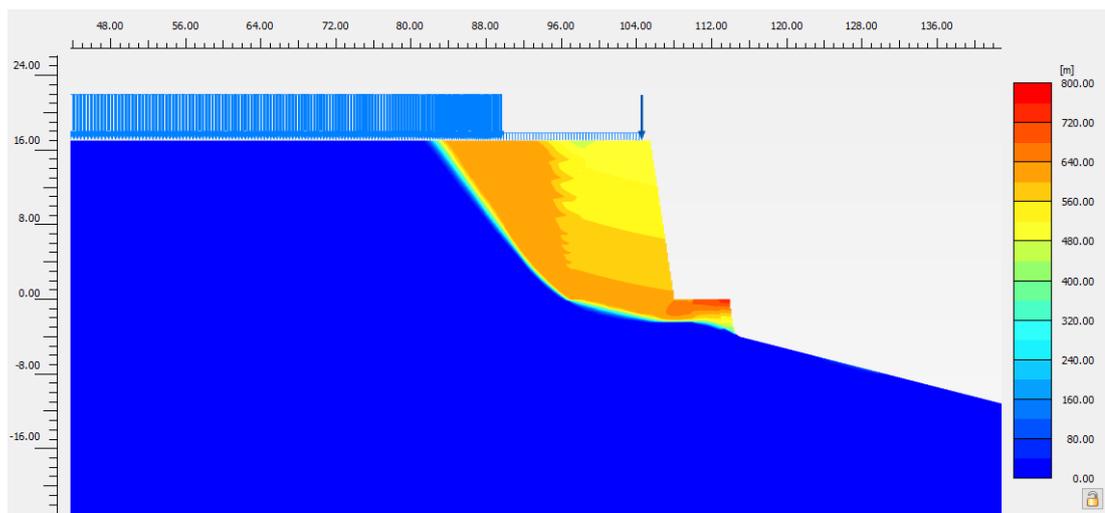


Nota. Extraído del modelo en Plaxis 2D, se puede observar el valor del asentamiento máximo igual a 0.3526m y el valor mínimo igual a -0.7801m.

- Factor de Seguridad Dinámico:

Figura 81.

Superficie de falla del bloque deslizante del Muro Terramesh (Sismo 7050).

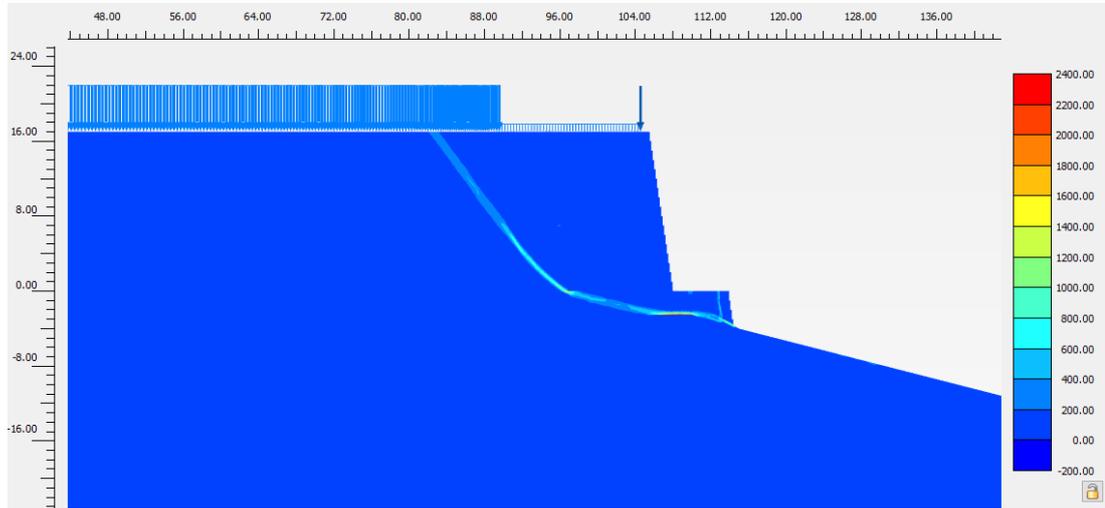


Nota. Extraído del modelo en Plaxis 2D.

- Línea de Rotura:

Figura 82.

Línea de rotura del bloque deslizante del Muro Terramesh (Sismo 7050).

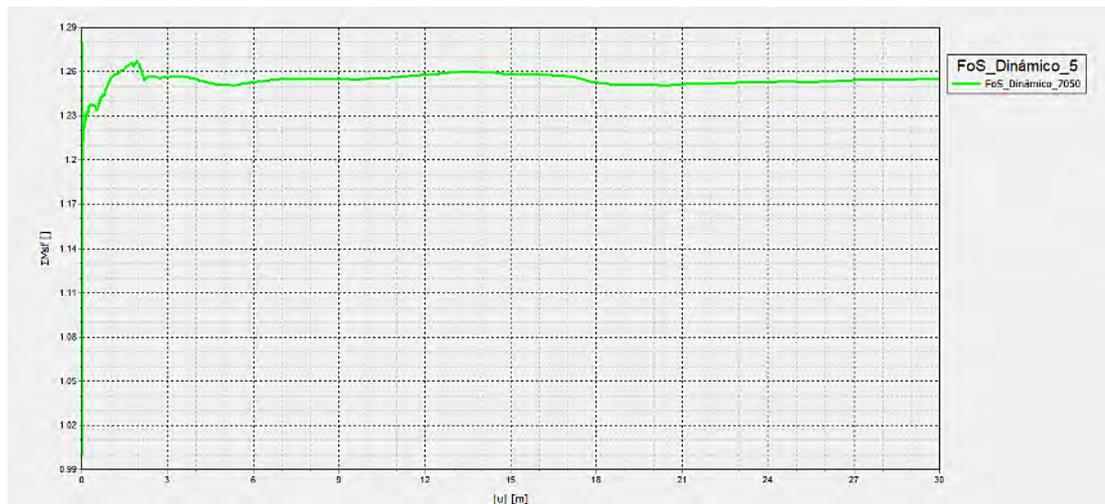


Nota. Extraído del modelo en Plaxis 2D.

- Gráfico del Factor de Seguridad:

Figura 83.

Gráfico del Factor de Seguridad debido a la Carga Dinámica 05 (Sismo 7050).



Nota. Extraído del modelo en Plaxis 2D, se puede apreciar el valor del Factor de seguridad luego de la aplicación de la carga sísmica 7050 tiene un valor de 1.255.

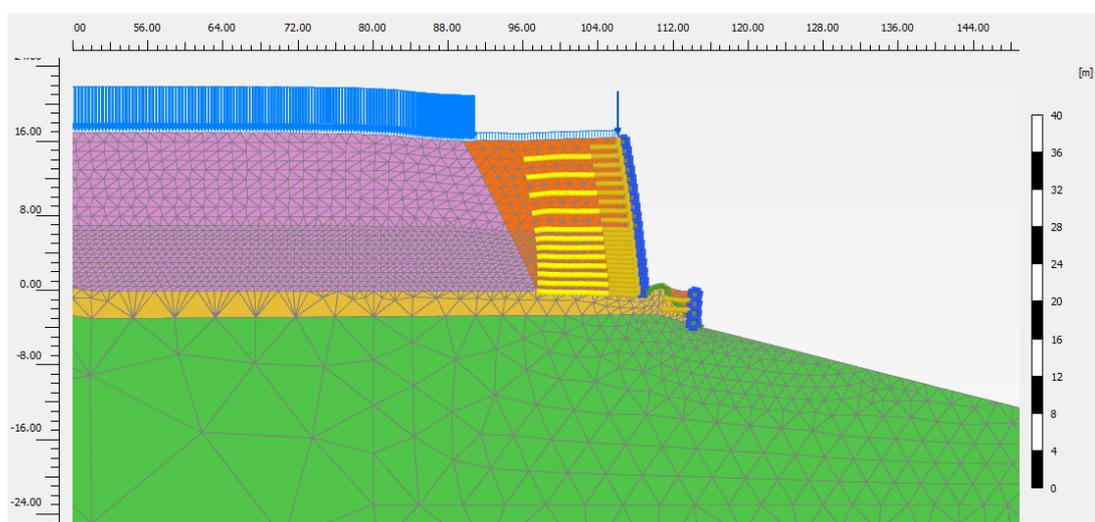
5.1.2.6. CARGA SÍSMICA 7051 (SISMO DE 1974 E-O)

De la misma manera, en este ítem, se presentan los resultados obtenidos en Plaxis2D luego de la aplicación de la carga sísmica 7051 correspondiente al sismo de 1974 en la dirección E-O, en la Figura 84 se muestra la imagen de Plaxis2D Output en donde se aprecia la malla de elementos finitos con una escala visual de 1:1, asimismo en la Figura 85 se aprecia el mapa de calor de las deformaciones ($|u|$) dinámicas del muro terramesh, en la Figura 86, el mapa de calor del desplazamiento lateral dinámico (u_x) dinámico 06, en la Figura 87 se muestra el mapa de calor para el asentamiento (u_y) dinámico 06, en la Figura 88 se puede ver la superficie de falla del bloque deslizante del muro terramesh, en la Figura 89 la línea de rotura del bloque deslizante correspondiente a la carga dinámica 06, y finalmente en la Figura 90 se muestra la curva del factor de seguridad dinámico 06.

- Deformación de la Malla:

Figura 84.

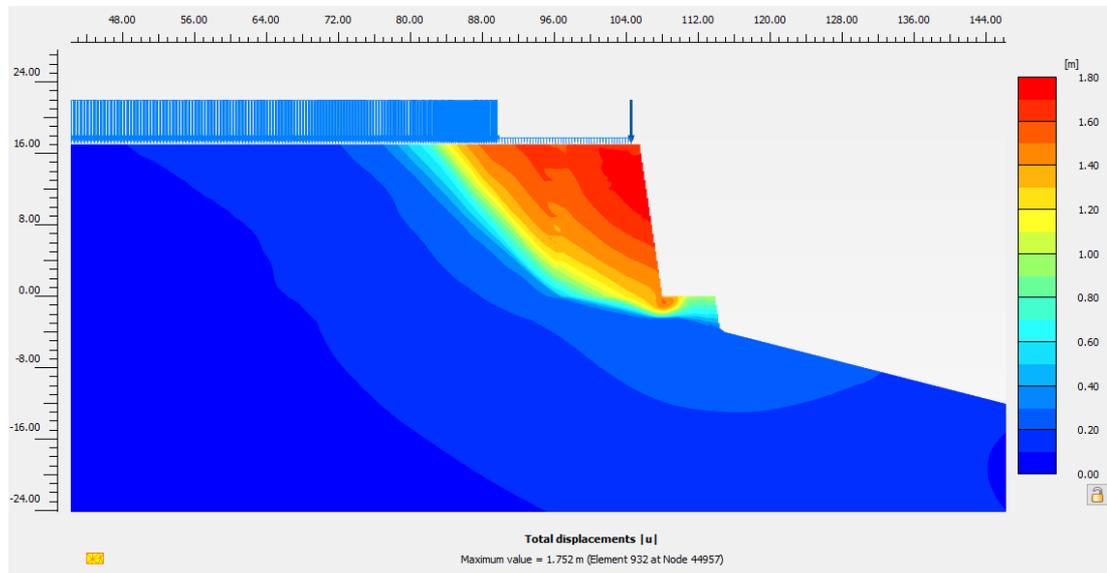
Malla de Elementos Finitos deformada debido a la Carga Dinámica (Sismo 7051).



Nota. Extraído del modelo en Plaxis 2D, Escala visual 1:1.

Figura 85.

Visualización de los desplazamientos debido a la Carga Dinámica 06 (sismo 7051).

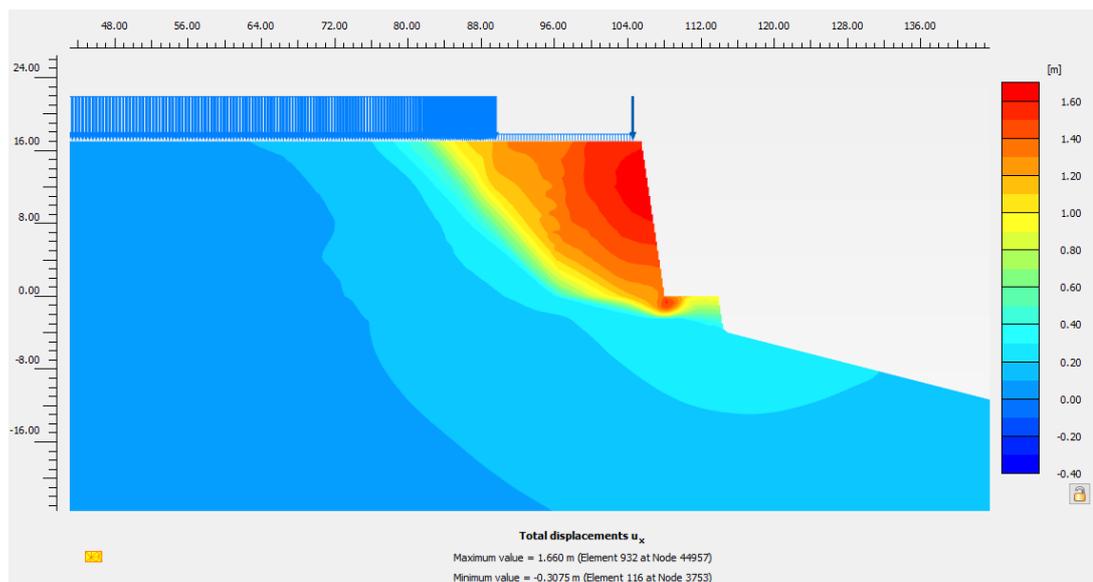


Nota. Extraído del modelo en Plaxis 2D, se puede observar el desplazamiento total igual a 1.752m.

- Desplazamiento Lateral Dinámico:

Figura 86.

Desplazamiento Lateral debido a la Carga Dinámica 06 (sismo 7051).

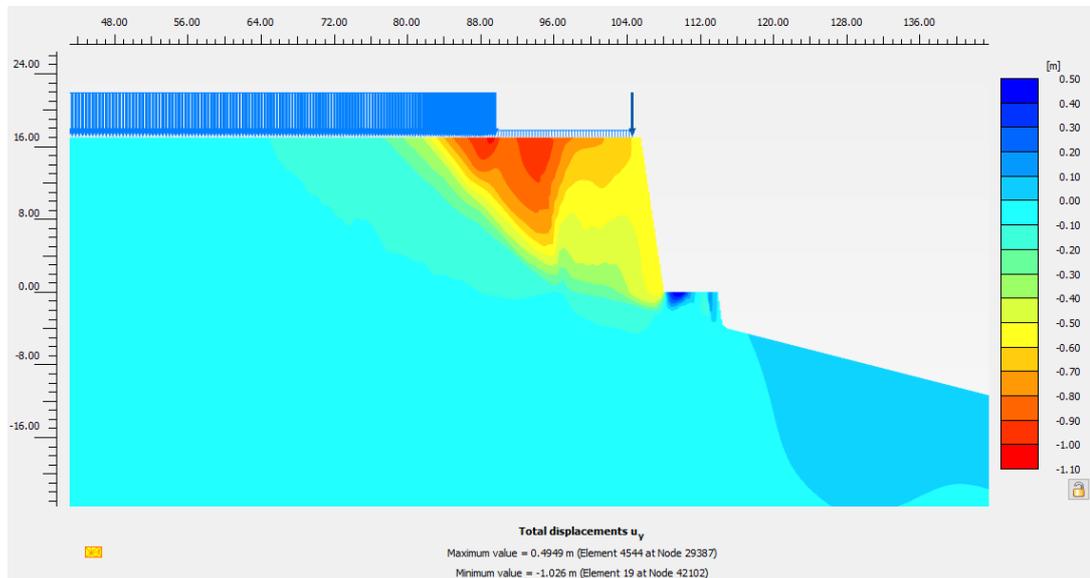


Nota. Extraído del modelo en Plaxis 2D, se puede observar el valor del desplazamiento lateral máximo igual a 1.660m y el valor mínimo igual a -0.3075m.

- Asentamiento Dinámico:

Figura 87.

Asentamiento debido a la Carga dinámica 06 (Sismo 7051).

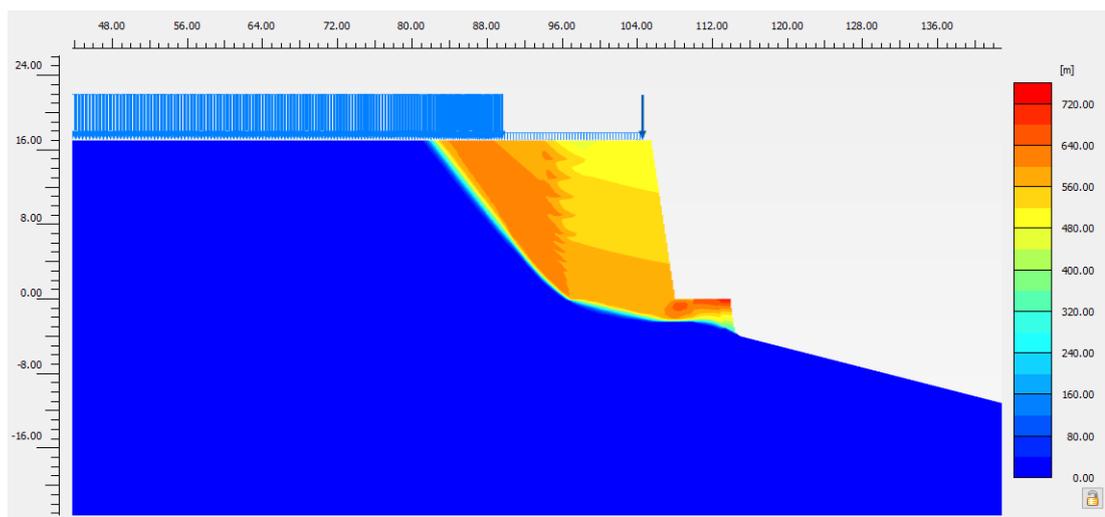


Nota. Extraído del modelo en Plaxis 2D, se puede observar el valor del asentamiento máximo igual a 0.4949m y el valor mínimo igual a -1.026m.

- Factor de Seguridad Dinámico:

Figura 88.

Superficie de falla del bloque deslizando del Muro Terramesh (Sismo 7051).

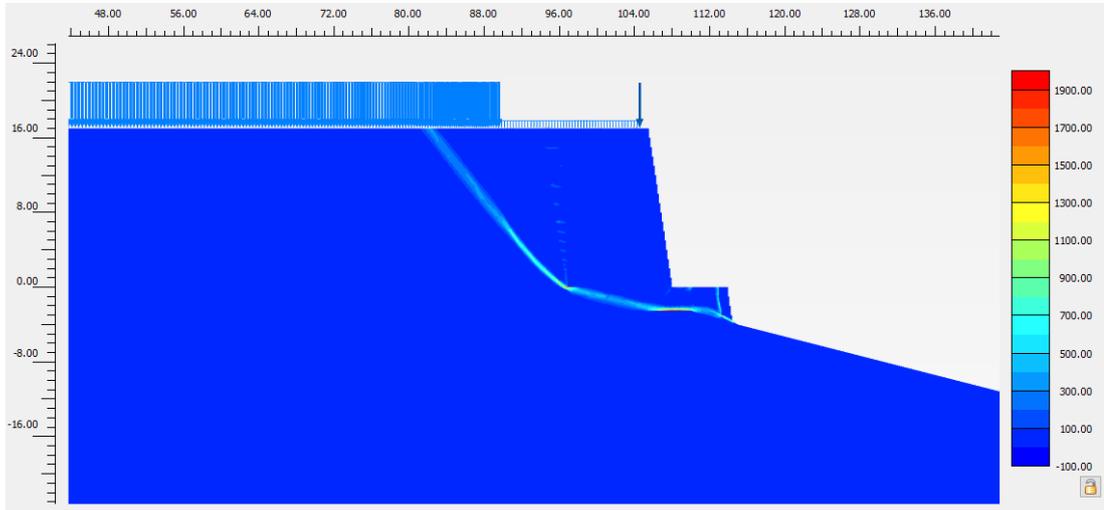


Nota. Extraído del modelo en Plaxis 2D.

- Línea de Rotura:

Figura 89.

Línea de rotura del bloque deslizante del Muro Terramesh (Sismo 7051).

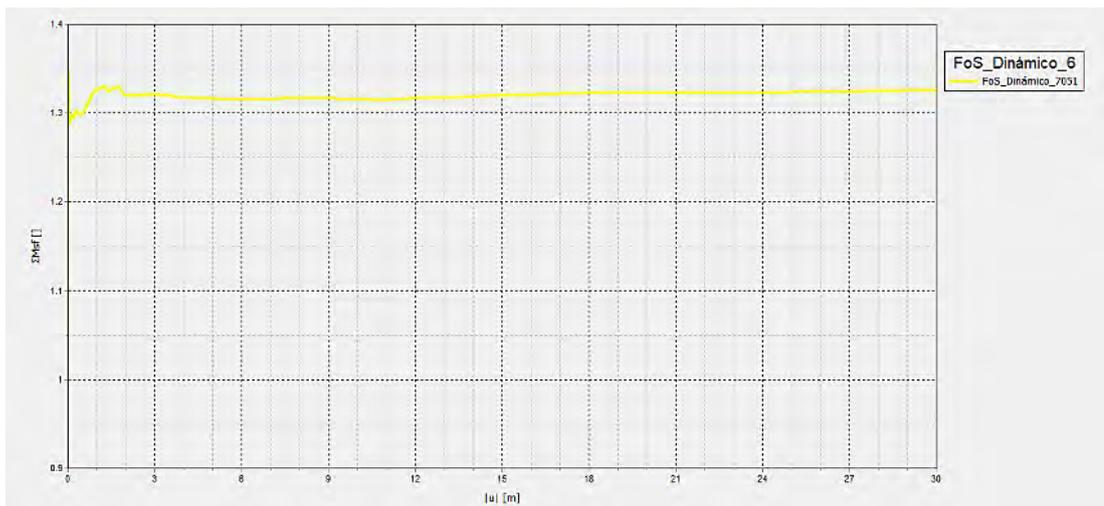


Nota. Extraído del modelo en Plaxis 2D.

- Gráfico del Factor de Seguridad:

Figura 90.

Gráfico del Factor de Seguridad debido a la Carga Dinámica 06 (Sismo 7051).



Nota. Extraído del modelo en Plaxis 2D, se puede apreciar el valor del Factor de seguridad luego de la aplicación de la carga sísmica 7051 tiene un valor de 1.326.

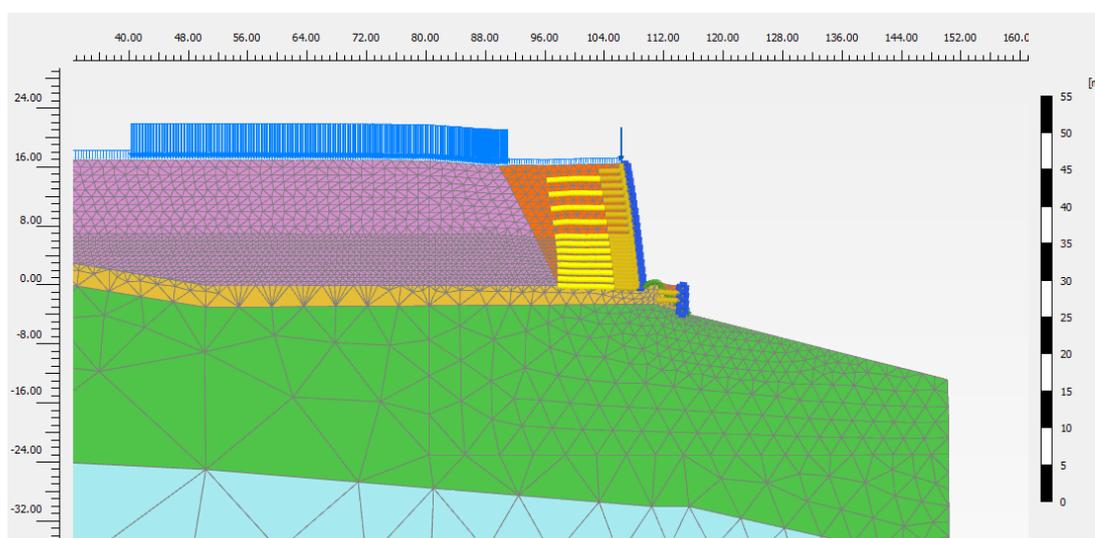
5.1.2.7. CARGA SÍSMICA ARTIFICIAL

Y por último, en este ítem, se presentan los resultados obtenidos en Plaxis2D luego de la aplicación de la carga sísmica de 8.0mw generada artificialmente y escalada al espectro de 2500 años de retorno, en la Figura 91 se muestra la imagen de plaxis2d Output en donde se aprecia la malla de elementos finitos con una escala visual de 1:1, asimismo en la Figura 92 se aprecia el mapa de calor de las deformaciones ($|u|$) dinámicas del muro terramesh, en la Figura 93, el mapa de calor del desplazamiento lateral dinámico (u_x) dinámico 07, en la Figura 94 se muestra el mapa de calor para el asentamiento (u_y) dinámico 07, en la Figura 95 se puede ver la superficie de falla del bloque deslizante del muro terramesh, en la Figura 96 la línea de rotura del bloque deslizante correspondiente a la carga dinámica 07, y finalmente en la Figura 97 se muestra la curva del factor de seguridad dinámico 07.

- Deformación de la Malla:

Figura 91.

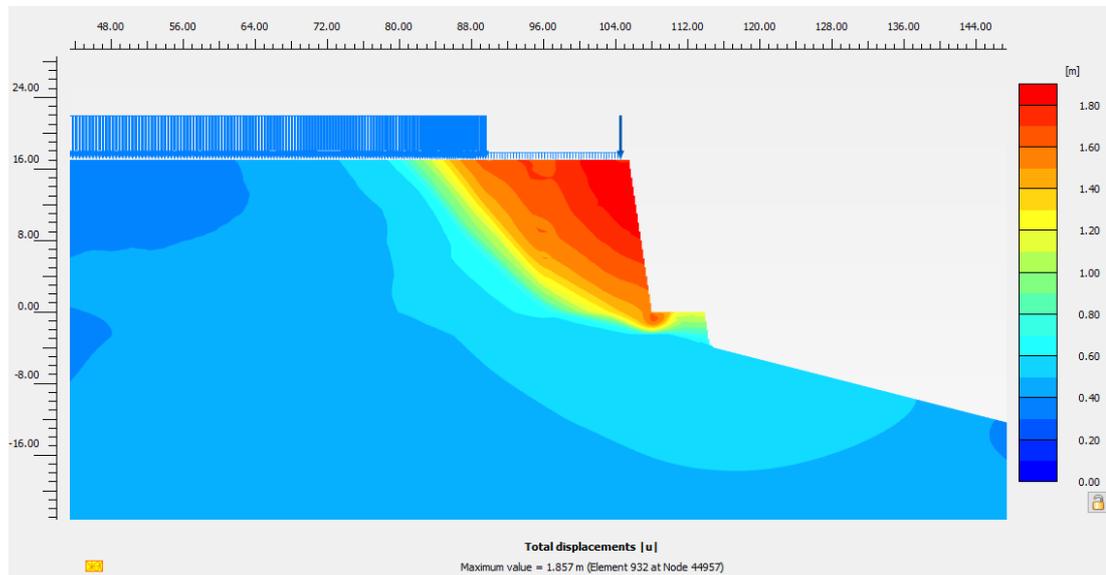
Malla de Elementos Finitos deformada debido a la Carga Dinámica Artificial.



Nota. Extraído del modelo en Plaxis 2D, Escala visual 1:1.

Figura 92.

Visualización de los desplazamientos debido a la Carga Dinámica 07 (artificial).

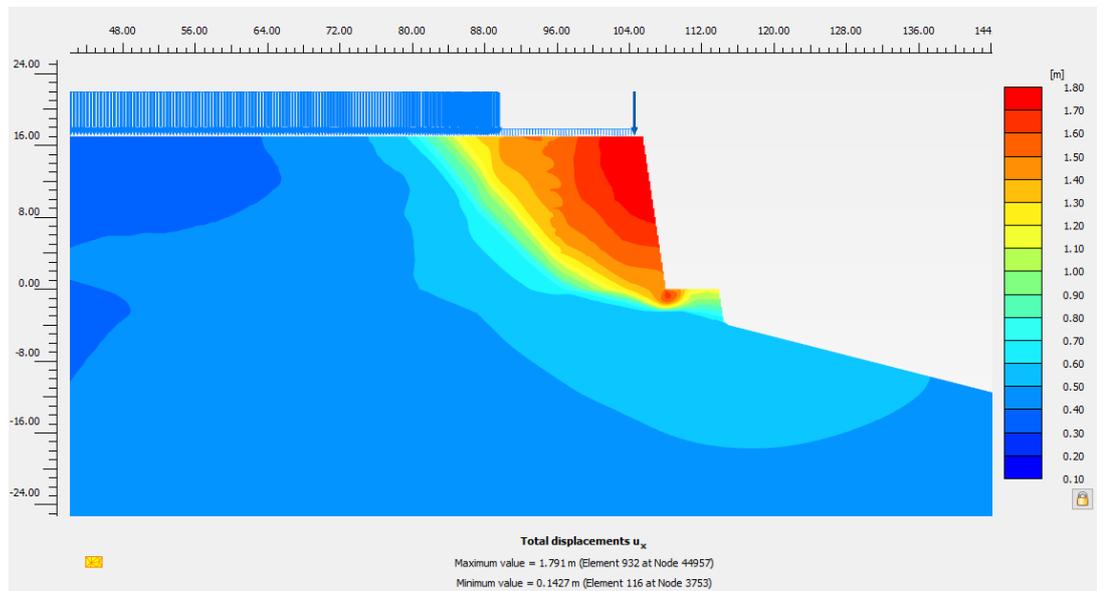


Nota. Extraído del modelo en Plaxis 2D, se puede observar un desplazamiento total de 1.857m.

- Desplazamiento Lateral Dinámico:

Figura 93.

Desplazamiento Lateral debido a la Carga Dinámica 07 (sismo artificial).

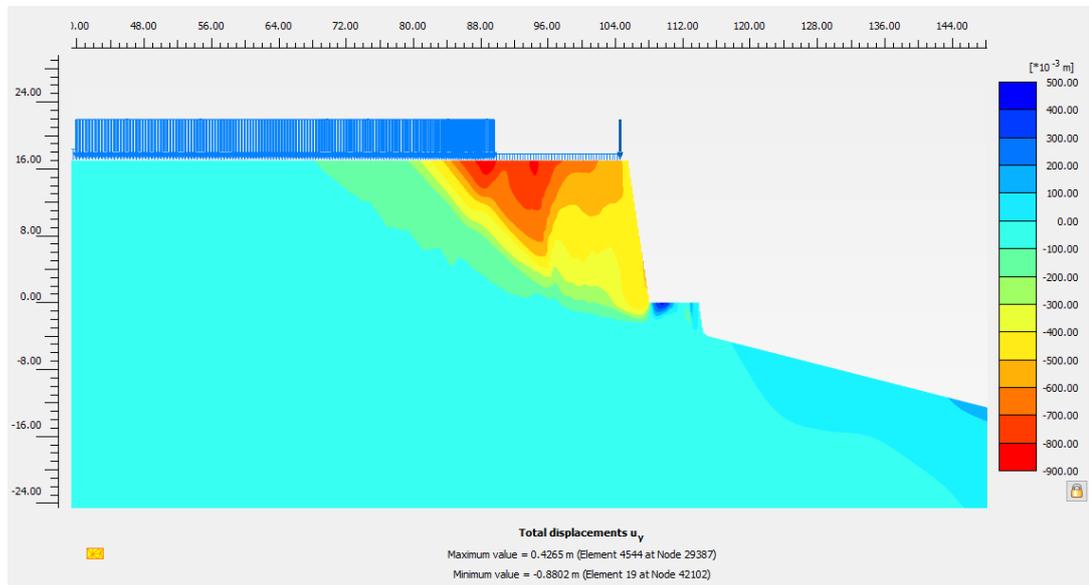


Nota. Extraído del modelo en Plaxis 2D, se puede observar el valor del desplazamiento lateral máximo igual a 1.791 m y el valor mínimo igual a -0.1427m.

- Asentamiento Dinámico:

Figura 94.

Asentamiento debido a la Carga dinámica 07 (Sismo Artificial).

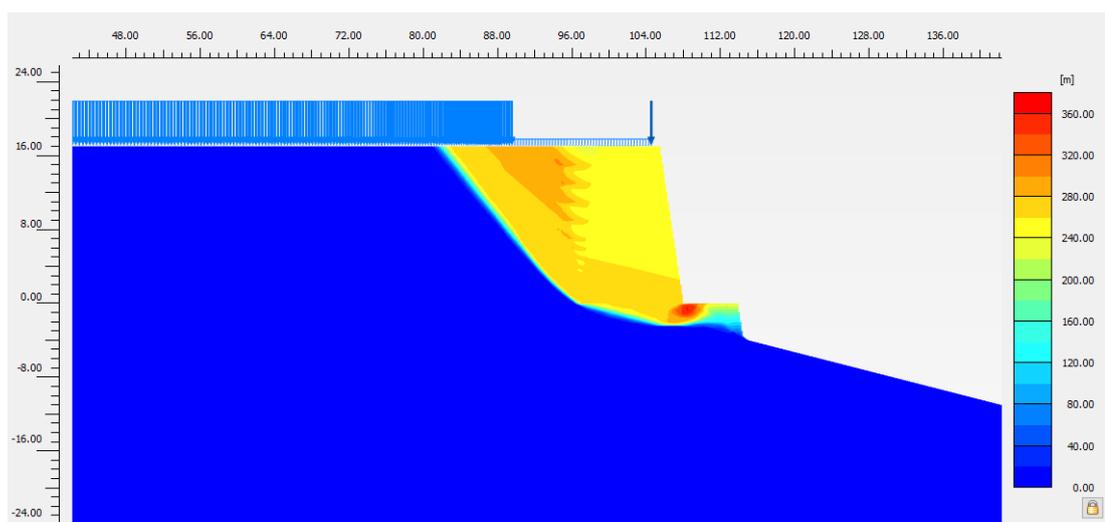


Nota. Extraído del modelo en Plaxis 2D, se puede observar el valor del asentamiento máximo igual a 0.4265m y el valor mínimo igual a -0.8802m.

- Factor de Seguridad Dinámico:

Figura 95.

Superficie de falla del bloque deslizante del Muro Terramesh (Sismo Artificial).

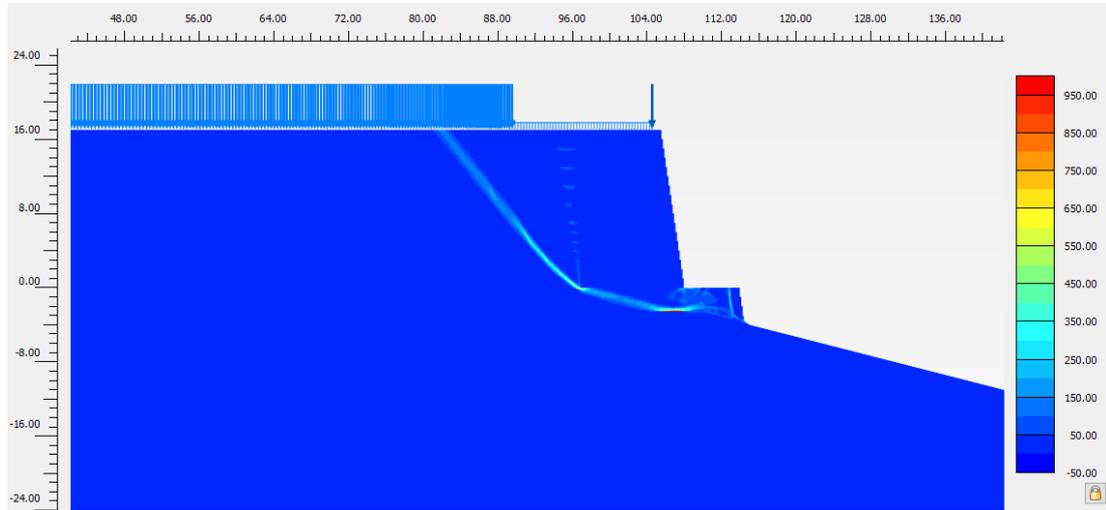


Nota. Extraído del modelo en Plaxis 2D.

- Línea de Rotura:

Figura 96.

Línea de rotura del bloque deslizante del Muro Terramesh (Sismo Artificial).

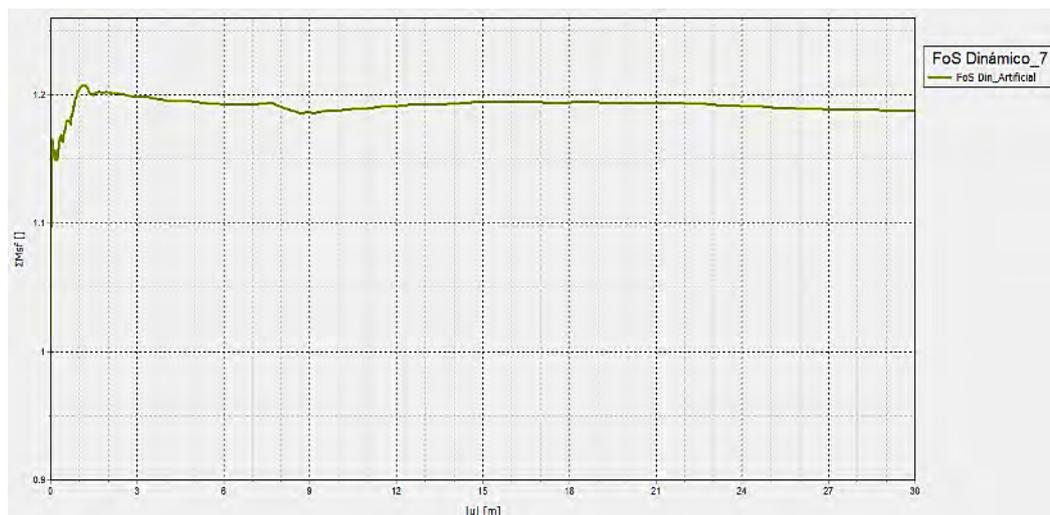


Nota. Extraído del modelo en Plaxis 2D.

- Gráfico del Factor de Seguridad:

Figura 97.

Gráfico del Factor de Seguridad debido a la Carga Dinámica 07 (Sismo Artificial).



Nota. Extraído del modelo en Plaxis 2D, se puede apreciar el valor del Factor de seguridad luego de la aplicación de la carga sísmica artificial tiene un valor de 1.188.

5.1.3. RESUMEN Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS:

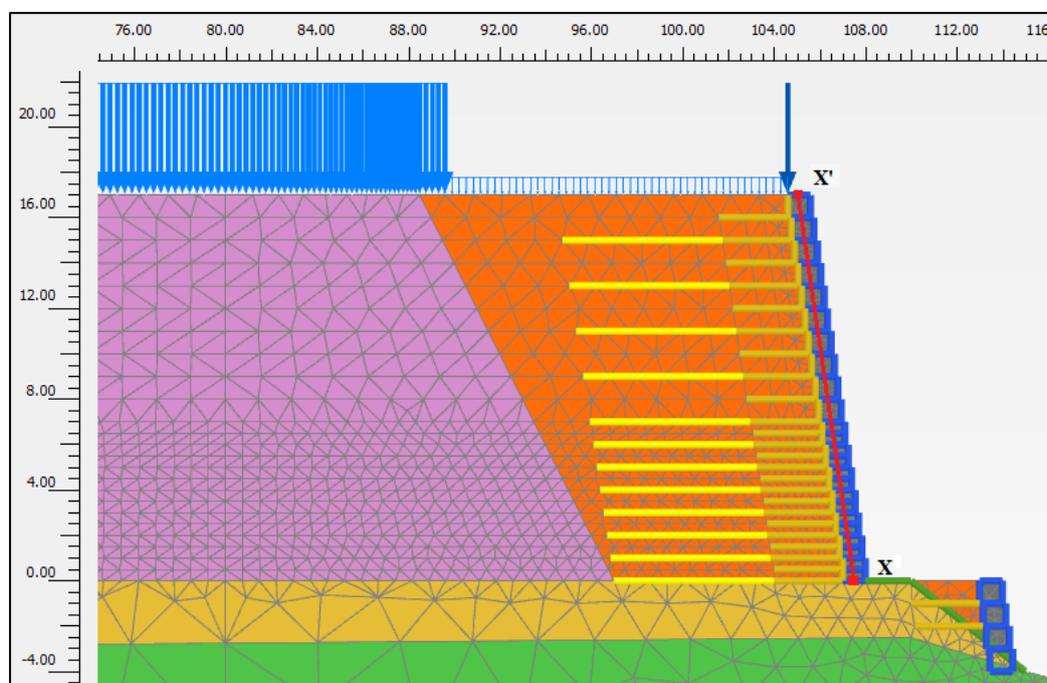
A continuación, se muestra cuantitativamente, el resumen de la respuesta estructural obtenida del modelamiento del Muro Terramesh en un estado de cargas operacionales post construcción del muro (caso estático) y para el estado de cargas post sismo (caso dinámico).

5.1.3.1. Deformaciones ($|U|$):

Para la adecuada interpretación de los resultados obtenidos para cada caso, se estableció una sección X-X' en la unión de los puntos con coordenadas (107.50;0.00) y el punto (105.10;17.00), los cuales se encuentran en la pantalla del muro terramesh, como se ve en la Figura 98 y debido a la cantidad de nodos se tomó en cuenta tres puntos en dicha sección para verificar la validez de la hipótesis, un punto a una altura de 0.00m, otro a 8.00m, y uno más a 17.00m en referencia al eje y, en la Tabla 15 se muestra los resultados para cada caso.

Figura 98.

Sección X-X' para el control de las deformaciones $|U|$.



Nota. Extraído del modelo en Plaxis 2D, Punto 1 (105.10, 17.00); Punto 2 (106.37, 8.00); Punto 3 (107.50, 0.00).

Tabla 15.

Resumen de resultados de deformaciones en el Muro Terramesh.

CASO	Solicitud	Punto 1	Punto 2	Punto 3
		(105.10, 17.00)	(106.37, 8.00)	(107.50, 0.00)
U (estático)	E. Operacional	0.550	0.659	0.527
	S. 7035	0.998	1.070	0.898
	S. 7036	0.824	0.877	0.705
	S. 7038	1.109	1.161	0.967
U (dinámico)	S. 7039	1.190	1.241	1.046
	S. 7050	1.449	1.480	1.250
	S. 7051	1.661	1.684	1.413
	S. Artificial	1.785	1.789	1.535

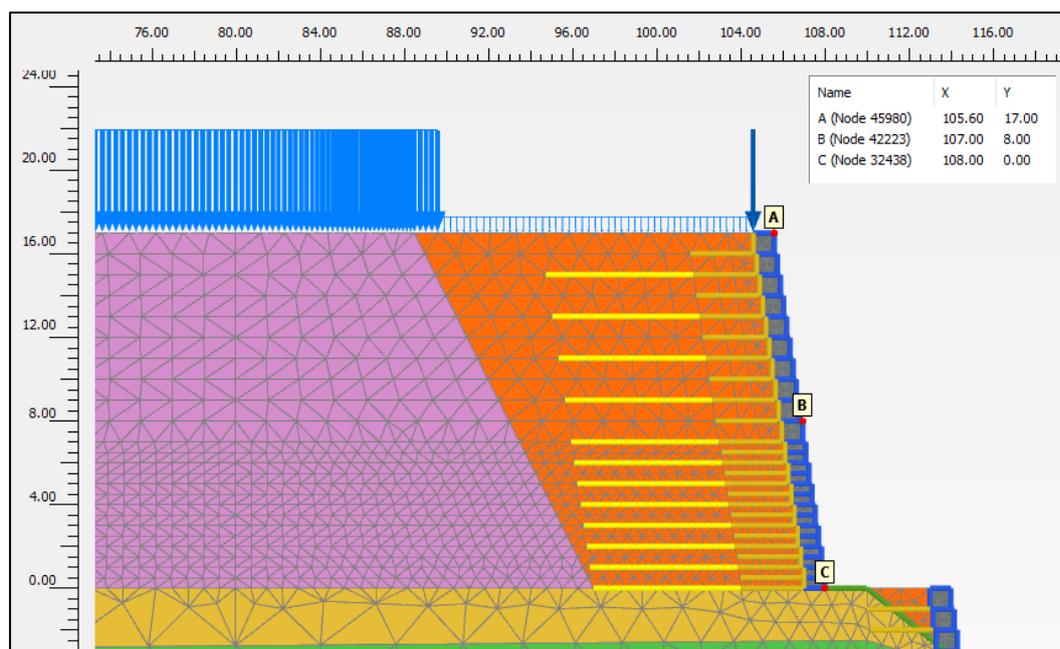
Nota. Elaboración propia.

5.1.3.2. Desplazamientos laterales (Ux):

Para la adecuada presentación de los desplazamientos laterales para cada caso, se establecieron tres puntos de control, los cuales se encuentran en la altura de la pantalla del muro terramesh, véase la Figura 99.

Figura 99.

Puntos de control para los Desplazamientos Laterales.

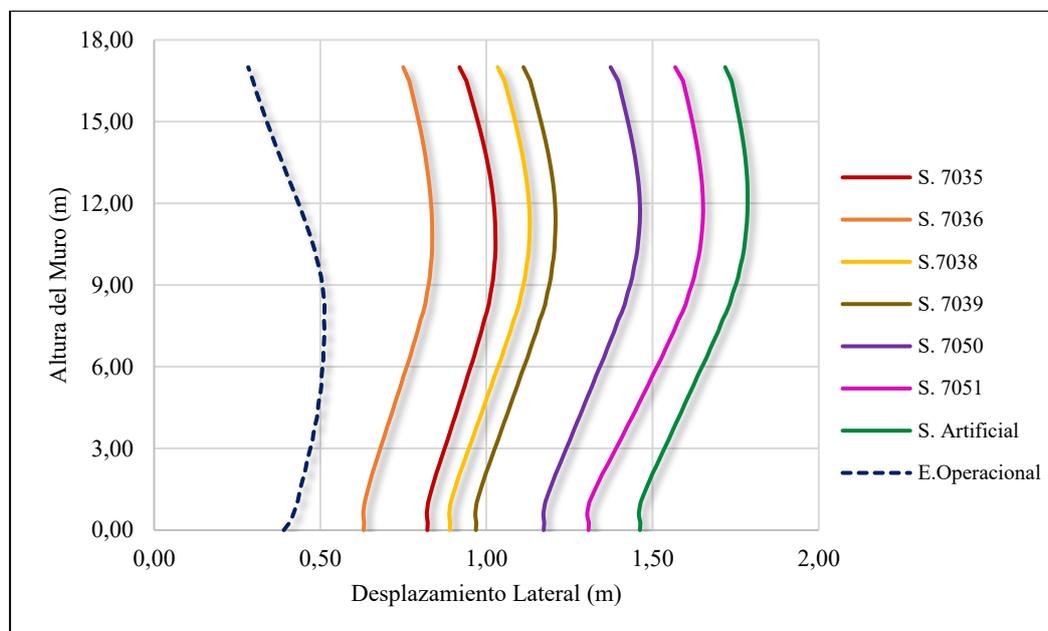


Nota. Extraído del modelo en Plaxis 2D, Punto A (105.60, 17.00); Punto B (107.00, 8.00); Punto C (108.00, 0.00).

Considerando los desplazamientos que ocurren a lo largo de la altura de la pantalla del muro terramesh, se elaboró la Figura 100, donde se muestra una comparación de los desplazamientos producidos por cada solicitud:

Figura 100.

Deformación de la Pantalla del Muro Debido a las Diferentes Solicitaciones.



Nota. Elaboración propia, se puede apreciar que la curva del estado operacional es superada por las sollicitaciones sísmicas.

Los resultados para los desplazamientos laterales, con los puntos de control definidos, se resumen en la Tabla 16:

Tabla 16.

Resumen de Desplazamientos Laterales en el Muro Terramesh.

CASO	Solicitud	Puntos de control en la altura (m)		
		Punto A	Punto B	Punto C
Ux(estático)	E. Operacional	0.390	0.513	0.283
	S. 7035	0.822	1.001	0.919
	S. 7036	0.630	0.810	0.750
	S. 7038	0.889	1.091	1.034
Ux(dinámico)	S. 7039	0.968	1.169	1.112
	S. 7050	1.172	1.407	1.374
	S. 7051	1.307	1.590	1.568
	S. Artificial	1.462	1.722	1.718

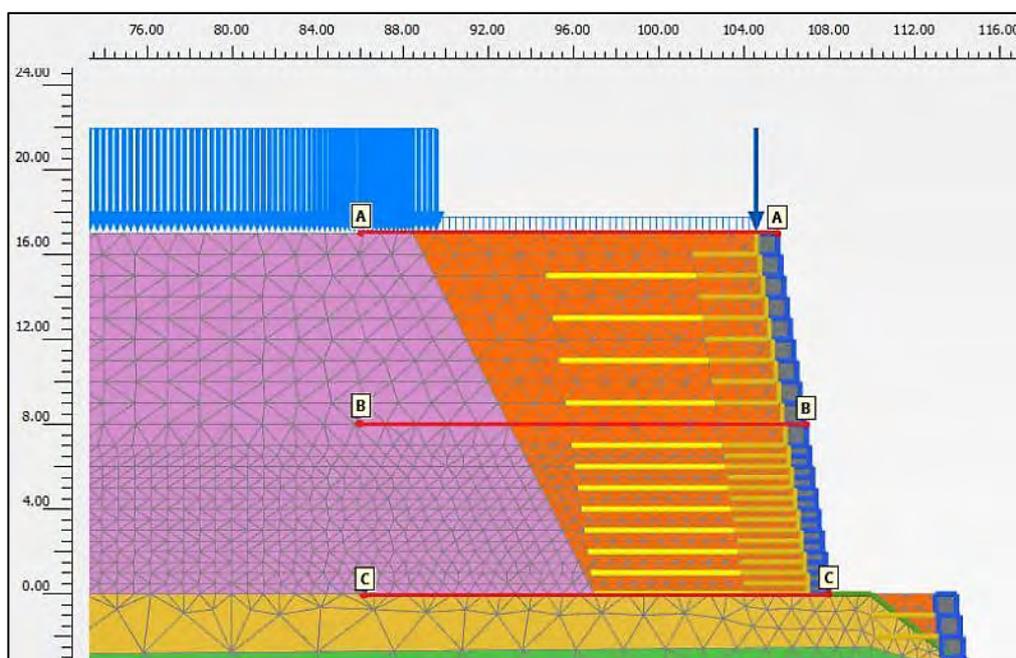
Nota. Elaboración propia.

5.1.3.3. Asentamientos (Uy):

Para la adecuada visualización e interpretación de los asentamientos se tomaron tres niveles para el control: en la corona del muro (sección A-A'), en la mitad de la altura del muro (sección B-B') y en la base del muro (sección C-C') como se visualiza en la Figura 101:

Figura 101.

Niveles de Referencia para el control de Asentamientos.



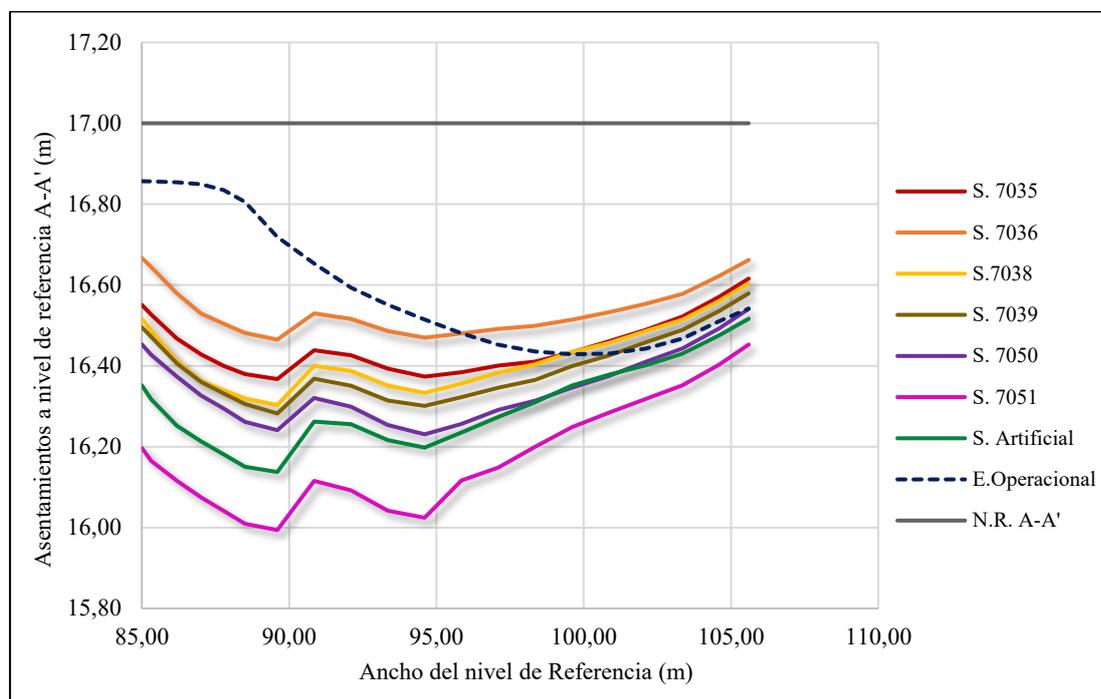
Nota. Extraído y adaptado del modelo en Plaxis 2D, se observa el nivel de referencia A-A' ((85.00, 17.00); (105.60, 17.00)); nivel B-B' ((85.00, 8.00); (107.00, 8.00)); nivel C-C' ((85.00, 0.00); (108.00, 0.00)).

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, se realizó la Figura 102, en donde se aprecia una comparación en el nivel de referencia a-a', en relación a los asentamientos y las solicitaciones planteadas:

Asimismo, el nivel de referencia A-A', el cual se ubica a 17m de altura, la curva que describe los asentamientos para el estado operacional (estático) es superada por los asentamientos dinámicos a medida que nos acercamos a la pantalla del muro terramesh, pero al llegar a la pantalla, se puede apreciar que el asentamiento es en sentido contrario; algo similar ocurre en el nivel de referencia B-B', el cual está ubicado a 8m de altura.

Figura 102.

Resumen de Asentamientos a nivel de referencia A-A'.



Nota. Elaboración propia, se observa el nivel de referencia A-A' a una altura de 17m.

En cuanto a los valores numéricos, se elaboró la Tabla 17, en la cual se tomaron tres puntos de control en el ancho del nivel de referencia A-A': (85.0, 17.0); (95.0, 17.0) y (105.6, 17.0).

Tabla 17.

Resumen de Asentamientos en los puntos de control Nivel de Referencia A-A'.

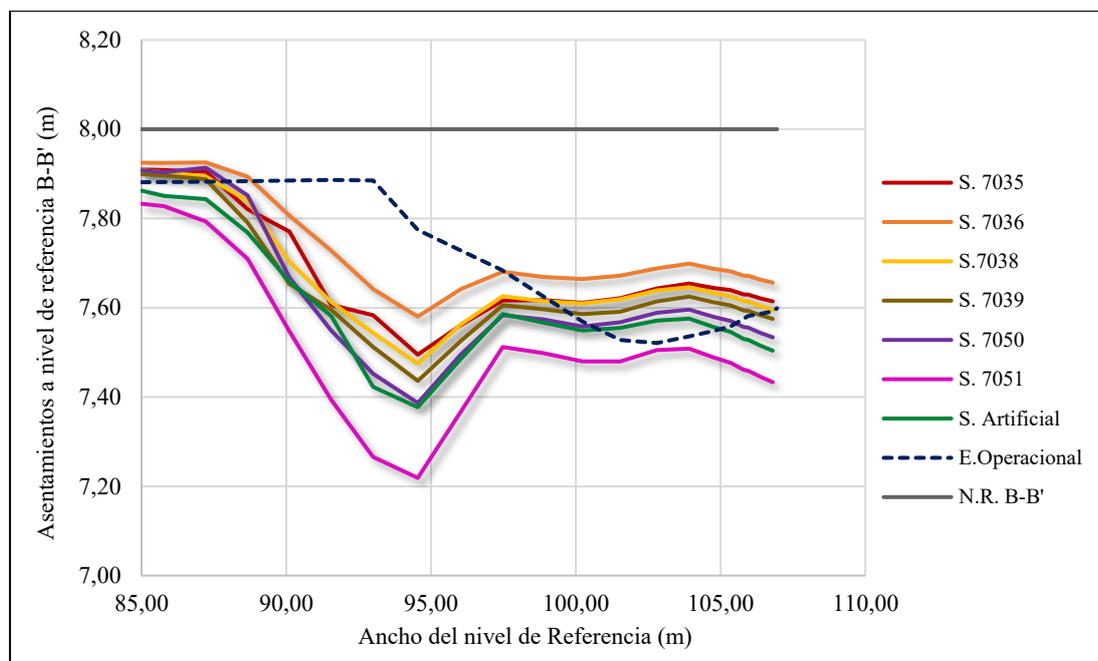
CASO	Solicitud	Puntos de control en el ancho de la sección A-A' (m)		
		(85.0; 17.0)	(95.0; 17.0)	(105.6; 17.0)
Uy(estático)	E. Operacional	-0.143	-0.485	0.458
	S. 7035	-0.449	-0.616	-0.384
Uy(dinámico)	S. 7036	-0.333	-0.520	-0.338
	S. 7038	-0.483	-0.644	-0.396
	S. 7039	-0.504	-0.677	-0.421
	S. 7050	-0.547	-0.744	-0.459
	S. 7051	-0.803	-0.883	-0.547
	S. Artificial	-0.648	-0.765	-0.483

Nota. Elaboración propia, se tomaron tres puntos de control en el ancho del nivel de referencia A-A', el signo negativo indica que el movimiento se da en sentido contrario al eje y.

En la Figura 103, se muestra la gráfica de los asentamientos y las solicitaciones planteadas en el nivel de referencia B-B' a 8m de altura:

Figura 103.

Resumen de Asentamientos a nivel de referencia B-B'.



Nota. Elaboración propia, se observa el nivel de referencia B-B' a una altura de 8m.

Los valores numéricos se encuentran en la Tabla 18, donde se muestran los tres puntos de control en el ancho del nivel de referencia B-B': (85.0, 8.0); (97.0, 8.0) y (107.0, 8.0).

Tabla 18.

Resumen de Asentamientos en los puntos de control Nivel de Referencia B-B'.

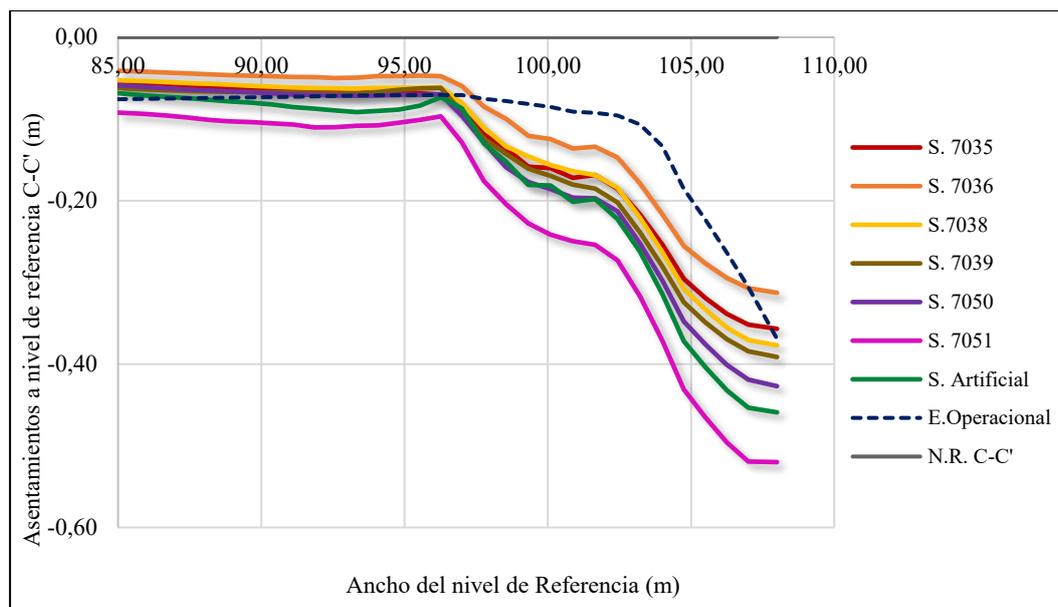
CASO	Solicitud	Puntos de control en el ancho de la sección B-B' (m)		
		(85.0; 8.0)	(97.0; 8.0)	(107.0; 8.0)
Uy(estático)	E. Operacional	-0.119	-0.315	-0.401
	S. 7035	-0.091	-0.439	-0.386
	S. 7036	-0.076	-0.358	-0.344
	S. 7038	-0.092	-0.437	-0.405
Uy(dinámico)	S. 7039	-0.101	-0.474	-0.425
	S. 7050	-0.093	-0.505	-0.466
	S. 7051	-0.167	-0.633	-0.567
	S. Artificial	-0.138	-0.515	-0.496

Nota. Elaboración propia, se tomaron tres puntos de control en el ancho del nivel de referencia B-B', el signo negativo indica que el movimiento se da en sentido contrario al eje y.

En el nivel de referencia C-C', la curva que describe que el asentamiento estático, es superado por los asentamientos dinámicos sobre el material de relleno a unos 5m de la cara del muro terramesh, véase la Figura 104.

Figura 104.

Resumen de Asentamientos a nivel de referencia C-C'.



Nota. Elaboración propia, se observa el nivel de referencia C-C' a una altura de 0m.

En la Tabla 19, se muestran los tres puntos de control en el ancho del nivel de referencia C-C': (85.0, 0.0); (97.0, 0.0) y (108.0, 0.0).

Tabla 19.

Resumen de Asentamientos en los puntos de control Nivel de Referencia C-C'.

CASO	Solicitud	Puntos de control en el ancho de la sección C-C' (m)		
		(85.0; 0.0)	(97.0; 0.0)	(108.0; 0.0)
Uy(estático)	E. Operacional	-0.076	-0.071	-0.369
	S. 7035	-0.054	-0.091	-0.357
	S. 7036	-0.041	-0.060	-0.313
	S. 7038	-0.053	-0.080	-0.377
Uy(dinámico)	S. 7039	-0.062	-0.092	-0.391
	S. 7050	-0.059	-0.096	-0.427
	S. 7051	-0.092	-0.129	-0.520
	S. Artificial	-0.068	-0.087	-0.459

Nota. Elaboración propia, se tomaron tres puntos de control en el ancho del nivel de referencia C-C', el signo negativo indica que el movimiento se da en sentido contrario al eje y.

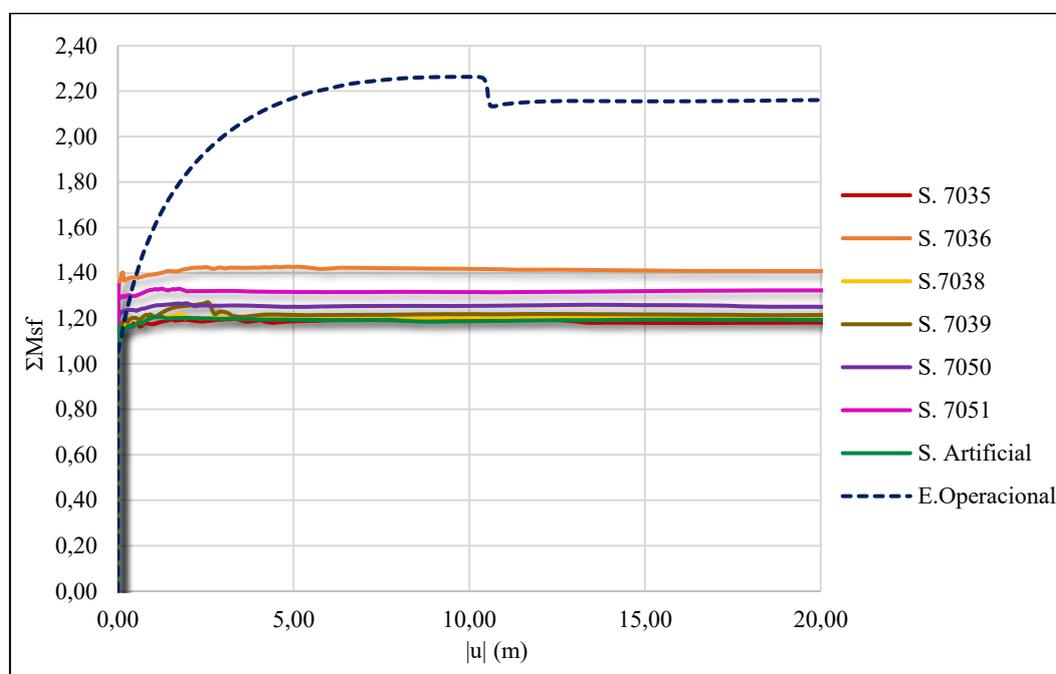
5.1.3.4. Factor de Seguridad:

En cuanto al factor de seguridad el Software Plaxis emplea el método de reducción de resistencia (ϕ -c reduction), en el cual se generan deformaciones adicionales que no tienen significado físico, pero que cuando alcanza un valor estable para ΣM_{sf} , nos proporciona el posible mecanismo de falla de la estructura.

Los factores de seguridad obtenidos para el caso dinámico, se aplicaron luego de una fase de disipación de energía, debido a que en el software Plaxis2D no se puede entrelazar una fase de cálculo de factor de seguridad luego de una fase de cálculo dinámico, en la Figura 105 se observa las curvas del factor de seguridad para cada sollicitación, cabe recalcar que el valor del factor de seguridad indica la capacidad de resistencia de la estructura por sobre la carga de diseño, es así que un valor numérico mayor a uno denota un margen extra de resistencia y mientras mayor sea dicho valor mayor será dicho margen.

Figura 105.

Resumen Comparativo de los Factores de Seguridad Obtenidos.



Nota. Elaboración propia

En la Tabla 20, se muestran los resultados numéricos del valor estable para los factores de seguridad en cada solicitud planteada.

Tabla 20.

Valores Estables para el Factor de seguridad por cada Solicitud.

Caso	Solicitud	FoS
FoS (estático)	E.Operacional	2.179
	S. 7035	1.182
	S. 7036	1.409
	S. 7038	1.204
FoS (dinámico)	S. 7039	1.210
	S. 7050	1.255
	S. 7051	1.326
	S. Artificial	1.188

Nota. Elaboración propia, se puede observar que el Factor de seguridad estático es mayor a los factores de seguridad dinámicos obtenidos.

5.2. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

La prueba estadística empleada para la contrastación de las hipótesis, fue la prueba T de Student para medias de muestras emparejadas, o muestras con varias medidas, se realizó con los datos obtenidos en el Software Plaxis2D, y se procesaron en Microsoft Excel 2019.

5.2.1. CONTRASTACIÓN DE LAS HIPOTESIS ESPECÍFICAS

- **He1: El desplazamiento lateral producido por la carga sísmica aumenta en comparación con el desplazamiento lateral en condiciones estáticas, en el muro de suelo reforzado Terramesh System del Centro Comercial Trujillo.**

μ_{Uxe} : Desplazamiento lateral en condiciones estáticas u operacionales.

μ_{Uxd} : Desplazamientos laterales dinámicos o sísmicos.

Entonces la diferencia de las medias es: $\mu_{d2} = \mu_{Uxd} - \mu_{Uxe}$

Por tanto, las hipótesis serán:

$H_0: \mu_{d2} \leq 0$ (Hipótesis nula)

$H_i: \mu_{d2} > 0$ (Hipótesis del investigador)

Los resultados del tratamiento de la prueba T de Student, se muestran en la Tabla 21.

Tabla 21.

Resultados de la Prueba T para el Desplazamiento Lateral.

Prueba t para muestras emparejadas	<i>Ux Dinámico</i>	<i>Ux Estático</i>
Media	1.167481945	0.395352282
Varianza	0.104998721	0.009212474
Observaciones	21	21
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	20	
Estadístico t	10.67410227	
P(T<=t) una cola	5.22388E-10	
Valor crítico de t (una cola)	1.724718243	

Nota. Resultados obtenidos con Microsoft Excel.

En base al tratamiento estadístico, se puede observar que el Valor de t crítico es igual a 1.7247, y el valor del estadístico t es 10.6741, además de ello el valor de la probabilidad asociado al estadístico de prueba (p) es igual a 5.22388E-10 ($p < 0.05$), con lo cual se verifica que nos encontramos en la zona de rechazo de la hipótesis nula H_0 a un nivel de significancia de $\alpha=5\%$.

Se acepta la hipótesis del investigador, en cuanto a los resultados del comportamiento estructural a nivel de desplazamiento lateral, hubo un incremento en el caso dinámico ($t(1.1674) = 10.6741$, $p < 0.05$) entre las mediciones efectuadas antes ($\bar{\mu}_{Uxe} = 0.3953m$) y después ($\bar{\mu}_{Uxd} = 1.1674m$) de la aplicación de la carga sísmica en el muro terramesh.

- **He2: El asentamiento producido por la carga sísmica aumenta en comparación con el asentamiento en condiciones estáticas, en el muro de suelo reforzado Terramesh System del Centro Comercial Trujillo.**

μ_{Uye} : Asentamientos en condiciones estáticas u operacionales.

μ_{Uyd} : Asentamientos dinámicos o sísmicos.

Entonces la diferencia de las medias es: $\mu_{d3} = \mu_{Uyd} - \mu_{Uye}$

Por tanto, las hipótesis serán:

$H_0: \mu_{d3} \leq 0$ (Hipótesis nula)

$H_i: \mu_{d3} > 0$ (Hipótesis del investigador)

Debido a que el aumento de asentamientos se da en sentido opuesto al eje y, para poder hacer la comparación, se tomó los valores absolutos de los resultados obtenidos, y se muestran en la Tabla 22.

Tabla 22.

Resultados de la Prueba T para los Asentamientos.

Prueba t para muestras emparejadas	<i>Uy Dinámico</i>	<i>Uy Estático</i>
Media	0.361267192	0.27090951
Varianza	0.050581301	0.025649269
Observaciones	63	63
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	62	
Estadístico t	4.670590248	
P(T<=t) una cola	8.29771E-06	
Valor crítico de t (una cola)	1.669804163	

Nota. Resultados obtenidos con Microsoft Excel, tener en cuenta que el aumento de asentamientos se da en sentido opuesto al eje y.

En base al tratamiento estadístico, se puede observar que el Valor de t crítico es igual a 1.6698, y el valor del estadístico t es 4.6705, además de ello el valor de la probabilidad asociado al estadístico de prueba (p) es igual a 8.2977E-06 ($p < 0.05$), con lo cual se verifica que nos encontramos en la zona de rechazo de la hipótesis nula H_0 a un nivel de significancia de $\alpha=5\%$.

Se acepta la hipótesis del investigador, en cuanto a los resultados del comportamiento estructural a nivel de asentamientos, hubo un incremento en el caso dinámico ($t(0.3612) = 4.6705, p < 0.05$) entre las mediciones efectuadas antes ($\bar{\mu}_{Uye} = 0.2709\text{m}$) y después ($\bar{\mu}_{Uyd} = 0.3612\text{m}$) de la aplicación de la carga sísmica en el muro terramesh.

- **He3: El Factor de Seguridad calculado con presencia de la carga sísmica es menor en comparación con el Factor de Seguridad calculado en condiciones estáticas, en el muro de suelo reforzado Terramesh System del Centro Comercial Trujillo.**

μ_{FSe} : Factor de seguridad en condiciones estáticas u operacionales.

μ_{FSd} : Factor de seguridad dinámico o sísmico.

Entonces la diferencia de las medias es: $\mu_{d4} = \mu_{FSe} - \mu_{FSd}$

Por tanto, las hipótesis serán:

$H_0: \mu_{d4} \leq 0$ (Hipótesis nula)

$H_i: \mu_{d4} > 0$ (Hipótesis del investigador)

Los resultados del tratamiento estadístico de la prueba para contrastar esta hipótesis se muestran en la Tabla 23.

Tabla 23.

Resultados de la Prueba T para el Factor de Seguridad.

Prueba t para muestras emparejadas	<i>FoS Estático</i>	<i>FoS Dinámico</i>
Media	1.585082741	1.239010027
Varianza	0.200522283	0.006552765
Observaciones	42	42
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	41	
Estadístico t	5.114561095	
P(T<=t) una cola	3.8764E-06	
Valor crítico de t (una cola)	1.682878002	

Nota. Resultados obtenidos con Microsoft Excel.

En base al tratamiento estadístico, se puede observar que el Valor de t crítico es igual a 1.6828, y el valor del estadístico t es 5.1145, además de ello el valor de la probabilidad asociado al estadístico de prueba (p) es igual a 3.8764E-06 ($p < 0.05$), con lo cual se verifica que nos encontramos en la zona de rechazo de la hipótesis nula H_0 a un nivel de significancia de $\alpha=5\%$.

Se acepta la hipótesis del investigador, en cuanto a los resultados del comportamiento estructural a nivel del factor de seguridad, hubo una disminución en el caso estático ($t(1.5850) = 5.1145$, $p < 0.05$) entre las mediciones efectuadas antes ($\bar{\mu}_{FSe} = 1.5850$) y después ($\bar{\mu}_{FSd} = 1.2390$) de la aplicación de la carga sísmica en el muro terramesh.

5.2.2. CONTRASTACIÓN DE LA HIPOTESIS GENERAL

La carga sísmica incide, produciendo aumento de las deformaciones, en el Comportamiento Estructural del Muro de suelo reforzado del Centro Comercial Trujillo, Huaraz 2021.

μ_{Ue} : Deformaciones estáticas u operacionales.

μ_{Ud} : Deformaciones dinámicas o sísmicas.

Entonces la diferencia de las medias es: $\mu_{d1} = \mu_{Ud} - \mu_{Ue}$

Por tanto, las hipótesis serán:

$H_0: \mu_{d1} \leq 0$ (Hipótesis nula)

$H_1: \mu_{d1} > 0$ (Hipótesis del investigador)

Los resultados de la prueba estadística para la contrastación de la hipótesis general, se muestran en la Tabla 24.

Tabla 24.

Resultados de Prueba T para las deformaciones.

Prueba t para muestras emparejadas	U Dinámico	U Estático
Media	1.244310469	0.57874807
Varianza	0.106256473	0.003475504
Observaciones	21	21
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	20	
Estadístico t	9.587162031	
P(T<=t) una cola	3.1988E-09	
Valor crítico de t (una cola)	1.724718243	

Nota. Resultados obtenidos con Microsoft Excel.

El cálculo de la incidencia de aumento de deformaciones por la carga sísmica, se muestra en la Tabla 25.

Tabla 25.

Estimación de la Incidencia para los resultados obtenidos.

	Medidas (Aumento)	Medidas (Disminución)	Total	Incidencia
Deformaciones	85	20	105	80.95%

Nota. Se tomaron en cuenta los resultados de las deformaciones en conjunto (desplazamientos, asentamientos, deformaciones).

En base al tratamiento estadístico, se puede observar que el Valor de t crítico es igual a 1.7247, y el valor del estadístico t es 95871, además de ello el valor de la probabilidad asociado al estadístico de prueba (p) es igual a 3.1988E-09 ($p < 0.05$), con lo cual se verifica que nos encontramos en la zona de rechazo de la hipótesis nula H_0 a un nivel de significancia de $\alpha=5\%$.

Se acepta la hipótesis general del investigador, en cuanto a los resultados del comportamiento estructural a nivel de deformaciones, hubo un aumento en el caso dinámico ($t(1.2443) = 9.5871$, $p < 0.05$) entre las mediciones efectuadas antes ($\bar{\mu}_{Ue} = 0.5787\text{m}$) y después ($\bar{\mu}_{Ud} = 1.2443\text{m}$) de la aplicación de la carga sísmica en el muro terramesh, y la tasa de incidencia de la carga sísmica para que se dé el aumento de las deformaciones en el muro fue de 80.95%.

5.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

De acuerdo con los resultados obtenidos en la presente investigación, se pudo verificar la validez de las hipótesis planteadas por el investigador, debido a que la inclusión de una carga sísmica en el sistema estructural actual del muro terramesh incidió en el aumento de las deformaciones un 80.95%; para el caso operacional o estático se obtuvo una media de $\bar{\mu}_{Ue} = 0.5787\text{m}$, asimismo, luego de la aplicación de la carga sísmica, una media de $\bar{\mu}_{Ud} = 1.2443\text{m}$ lo cual refleja un aumento de deformaciones $\mu_{d1} = 0.6655\text{m}$; en referencia al desplazamiento lateral se obtuvo un valor promedio de $\bar{\mu}_{Uxe} = 0.3953\text{m}$, producto de la consolidación estática (fin de la

construcción del muro y estado operacional) y con la inclusión de los eventos sísmicos en el modelo, se pudo observar un valor promedio de $\bar{\mu}_{Uxd} = 1.1674\text{m}$ en promedio, lo cual representa aumento de $\mu_{d2} = 0.7721\text{m}$; en referencia al asentamiento se obtuvo un valor promedio de $\bar{\mu}_{Uye} = 0.2709\text{m}$, y posteriormente con la inclusión de las cargas sísmicas $\bar{\mu}_{Uyd} = 0.3612\text{m}$, se verificó un aumento promedio de $\mu_{d3} = 0.0903\text{m}$ en el muro terramesh; en cuanto al factor de seguridad en condiciones estáticas, se obtuvo un valor promedio de $\bar{\mu}_{FSe} = 1.5850$ y a comparación del valor promedio de los factores de seguridad dinámicos $\bar{\mu}_{FSd} = 1.2390$, se observa una reducción igual a $\mu_{d4} = 0.3460$; todos los resultados mencionados se encuentran en un nivel de confianza del 95%.

En cuanto al trabajo desarrollado por Richardson & Lee (1975), en la que consideraron la interacción simultánea entre los refuerzos y el suelo dentro de la estructura frente a una excitación dinámica, mediante la aplicación de métodos numéricos, obtuvieron resultados que indicaban el aumento de deformaciones en el muro MSR el cual coincide con el método empleado y los resultados encontrados en esta investigación.

Rowe & Skinner (2001) presentaron el análisis numérico de un MSR de 8 m de altura con fachada de bloques de concreto, construido sobre una base de suelo estratificado. Estos autores analizaron la transmisión de cargas entre capas de refuerzo, lo cual permitió una reducción de las presiones laterales en condiciones estáticas, lo cual se refleja en los desplazamientos obtenidos; encontraron que para 8 m de altura del muro, se detectaron hasta 9 cm de desplazamiento lateral a la mitad de la altura del muro, cuando modelaron un MSR sobre una base flexible, y hasta 3 cm de desplazamiento lateral a 3/4 de altura de muro, cuando modelaron un MSR sobre una base rígida, lo cual se asemeja de cierta manera a los resultados encontrados lo cual representa el 0.32% de la altura del muro, con la particularidad que ellos emplearon un MSR de 8m y en esta investigación el Muro terramesh está compuesto por 17m de altura a comparación de los resultados obtenidos están alrededor de los 4.54%, haciendo una comparación entre los desplazamientos en función a la altura podemos ver cierta semejanza, aunque no debemos olvidar que son dos muros con diferentes características geotécnicas, el análisis lo realizaron examinando el efecto de la

incertidumbre con respecto a la resistencia drenada y no drenada del material de cimentación, el cual no fue abordado en este trabajo, pero que sería motivo de una futura investigación.

Pamuk et al. (2004) realizó la recopilación de datos del comportamiento de un sistema de MSR de 10 m de altura previamente instrumentado durante el año 1999, después del sismo de Kocaeli ($a_{máx}=400 \text{ cm/s}^2$), en Turquía, por lo que la información recogida refleja un comportamiento real de muro con fachadas de bloque de concreto. En esta investigación los desplazamientos registrados fueron de unos 25-30 cm tanto horizontalmente como verticalmente; es decir entre 2.5- 3.0% de la altura. Estos valores excedían el máximo permitido, lo que ocasionó rotura en los puntos de conexión; sin embargo, la estructura geotécnica no colapsó, a comparación de los resultados de este trabajo es aceptable puesto que en 17m de altura de muro terramesh se obtuvo 77.2cm, es decir 4.54% de la altura, para el caso dinámico con aceleración máxima de 704.67 cm/s^2 .

Anastasopoulos et al. (2010) realizaron ensayos a escala reducida de muros de suelo reforzado de 37.5 cm de altura (equivalentes a 7.5 m en escala real) sobre una mesa vibratoria, sometidos a grandes aceleraciones; para ello emplearon registros reales cuyos valores máximos fueron 0.53 g (Lefkada-1973), 0.27 g (Kalamata-1986), 0.42 g (Lefkada-2003), y 0.84 g (Rinaldi 228 record, Northridge-1994). Una de sus conclusiones fue que los desplazamientos laterales de muros de suelo reforzado están conformados por dos componentes, un componente oscilatorio que está relacionado a la respuesta inercial elástica del sistema, y una componente permanente o acumulativa que puede entenderse como la acumulación de los desplazamientos a causa del deslizamiento del bloque de muro de suelo reforzado que se encuentra en la zona activa de falla. Durante el ensayo del MSR con refuerzo flexible (movimiento sísmico de $a_{máx}=0.42 \text{ g}$), se obtuvo una deformación máxima de 6 cm; sin embargo, la deformación relativa de la cara del muro fluctuó entre 2 y 4 cm, esto representa el 10.7% la altura del modelo, lo cual no coincide exactamente con los resultados encontrados en la investigación, en donde se encontró un porcentaje de 4.45% para la carga sísmica en relación a la altura del muro, pero en líneas generales se pudo verificar que la carga sísmica incide en el comportamiento estructural del MSR, provocando un aumento en las deformaciones.

Torres (2018) aplicó la metodología de diferencias finitas con el software FLAC para varios MSR de alturas variables entre 5m a 10m y obtuvo como resultados los desplazamientos verticales (asentamientos) en los análisis dinámicos para el MSR de 10m de altura sometido a sismos sintéticos correspondientes a los periodos de retorno de 100 y 475 años fueron de 5 cm a 15 cm, respectivamente, que a comparación con esta investigación en la cual se emplearon sismos escalados a 475 años y 2500 años de retorno para el acelerograma sintético, en el cual se obtuvo un asentamiento diferencial a nivel de corona de 17.9cm y 27.0cm respectivamente, lo cual indica una semejanza en relación al periodo de retorno de 475 años. Mientras que Torres (2018) obtuvo valores máximos en la fachada o pantalla del muro de 7.5 cm y 20 cm, mientras que para esta investigación fueron de 69.4cm y 1.23m, lo cual marca una diferencia importante entre ambos resultados.

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- Se determinó que las cargas sísmicas empleadas en la presente investigación provocaron un aumento de 0.665m en las deformaciones, con un nivel de confianza del 95%; ello reflejó una tasa de incidencia de aumento del 80.95% de la carga sísmica en el comportamiento estructural del muro de suelo reforzado del Centro Comercial Trujillo, Huaraz 2021.
- Asimismo, se determinó un incremento de 0.772m en los desplazamientos laterales a un nivel de confianza del 95%, producidos por la carga sísmica a comparación con el desplazamiento lateral en condiciones estáticas, en el muro de suelo Reforzado Terramesh System del Centro Comercial Trujillo.
- En referencia a los asentamientos, se determinó un incremento de 0.0903 m, a un nivel de confianza del 95%, producidos por la carga sísmica a comparación con el asentamiento en condiciones estáticas, en el muro de suelo Reforzado Terramesh System del Centro Comercial Trujillo, es preciso señalar que dicho aumento se dio en sentido contrario al eje y.

- Con respecto al Factor de Seguridad, se determinó una disminución de 0.3460, a un nivel de confianza del 95%, es así como el Factor de Seguridad calculado con presencia de la carga sísmica es menor en comparación con el Factor de Seguridad calculado en condiciones estáticas, en el muro de suelo Reforzado Terramesh System del Centro Comercial Trujillo.

6.2. RECOMENDACIONES

- Realizar ensayos geofísicos para determinar el estado actual del suelo de relleno, y la fundación, ya que estas técnicas nos ayudarán a medir las velocidades de ondas de corte y de compresión (V_s , V_p) en el suelo y la roca profunda, esto con el fin de calibrar de la mejor manera el modelo de elementos finitos, y así, mejorar el procedimiento para la evaluación o también el diseño sísmico de muros terramesh.
- En futuras investigaciones, se sugiere examinar el efecto de la incertidumbre con respecto a la resistencia drenada y no drenada del material de fundación, y la interpretación de las posibles diferencias entre deformaciones y factor de seguridad, así ampliar el alcance del presente estudio.
- Para la verificación de las deformaciones para el estado operacional del muro (caso estático), se recomienda realizar la instrumentación y medición de las deformaciones in situ, y comparar los resultados obtenidos por el software de elementos finitos, ya que esas deformaciones actuales, son el punto de partida para un análisis sísmico, en el cual es de suma importancia el estado en el que se encuentra el sistema estructural y así validar el tipo de comportamiento que nos pueda arrojar.
- Para ampliar el aporte de la presente investigación se recomienda realizar una contrastación de los resultados obtenidos luego del modelamiento numérico con referencia a las guías de diseño y evaluación de estructuras de la Federal Highway Administration (FHWA-NHI-00-043 y FHWA NHI-10-024), la British Standard (BS 8006), y la normativa de diseño de la Administración de

Carreteras Federales de los Estados Unidos, normas internacionales que incluyen a los muros de suelo reforzado en su metodología.

- Al formular futuras investigaciones, se recomienda realizar comparaciones de resultados entre softwares computacionales para verificar y calibrar cual es el más adecuado para el tipo de estructura de contención que se plantee; así también, el empleo de un software que no solo analice el muro en 2 dimensiones, más bien, un análisis 3D contemplando el largo del muro y determinar cómo puede modificarse el comportamiento estructural del mismo ante la aplicación de un evento sísmico severo, e incluirla en una etapa de diseño, control y seguimiento de la construcción y operación de dicha estructura.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alva Hurtado, J. (2020). *Sismo de Huaraz- Chimbote del 31 de Mayo de 1970*.
http://www.jorgealvahurtado.com/files/SISMO DEL 31 DE %0AMAYO 1970_G.pdf
- Anasrasopoulos; Georgarakos, T.; Georgiannou, V.; Drosos, V.; Kourkoulis, R. (2010). Seismic performance of bar-mat reinforced-soil retaining wall: Shaking table testing versus numerical analysis with modified kinematic hardening constitutive model. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 30(10), 1089–1105. <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2010.04.020>
- Belal, A., & George, K. (1999). Finite Element Analysis of Reinforced Soil Retaining Walls Subjected to Seismic Loading. *12WCEE*, 0842, 1–8.
<http://www.iitk.ac.in/nicee/wcee/article/0842.pdf>
- Botto, E. J. (2012). *Análisis de Muro de Tierra Estabilizada Mecánicamente*. Universidad Técnica Federico Santa María.
- Burke, C., Ling, H., & Liu, H. (2004). Seismic response analysis of a full-scale reinforced soil retaining wall. *17th ASCE Engineering Mechanics Conference*.
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.519.4979&rep=rep%0A1&type=pdf>
- Cai, Z., & Bathurts, R. (1995). Seismic response analysis of geosynthetic reinforced soil segmental retaining walls by finite element method. *Computers and Geotechnics*, 17(4), 523–546. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0266-352X\(95\)94918-G](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0266-352X(95)94918-G)
- Carreño, E., Bravo, B., Suárez, A., & Tordesillas, J. M. (1999). Registro y Tratamiento de Acelerogramas. *Física de La Tierra*, 11(81), 95–101.
<https://revistas.ucm.es/index.php/FITE/article/view/FITE9999110081A>
- Cartes, I. A. (2016). *Modelamiento Numérico Mediante Elementos Finitos de Muros Mecánicamente Estabilizados con Refuerzo Inextensible*. Tesis de Maestría. Universidad de Chile.
- CISMID-FIC-UNI. (2022). *Centro de Observación para la Ingeniería Sísmica del CISMID/FIC/UNI*. <http://www.cismid.uni.edu.pe/ceois/red/#>
- Egoavil, H. (2011). *Sistema de Suelo Reforzado Terramesh en Proyectos Mineros*.

- https://geoapuntes.files.wordpress.com/2011/06/msew_terramesh-system-enproyectos-%0Amineros.pdf
- Esquivel, J., & Venegas, V. (2013). *Preparación de la Tesis Universitaria* (Juan Gutemberg Editores Impresores E.I.R.L. (ed.); 1era Edici).
- Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (M. Hill (ed.); 6ta ed.). Mexicana, Miembro de la Cámara Nacional de la Industria Editorial.
- Geosysta. (2021a). *SeismoArtif*. Geotechpedia.
<https://geotechpedia.com/Software/Show/1213/SeismoArtif>
- Geosysta. (2021b). *SeismoMatch*. Geotechpedia.
<https://geotechpedia.com/Software/Show/1211/SeismoMatch>
- Geosysta. (2021c). *SeismoSignal*. Geotechpedia.
<https://geotechpedia.com/Software/Show/1167/SeismoSignal>
- Hernández, E. (2018). *¿Qué implica el uso de un espectro de diseño inelástico?* Zigurat. <https://www.e-zigurat.com/blog/es/uso-espectro-diseno-inelastico/>
- Jiménez, C., Moggiano, N., Yauri, S., & Calvo, M. (2016). Fuente sísmica del terremoto de Huacho-Perú 1966 de 8.1 Mw a partir de inversión de registros mareográficos. *Revista de Investigación de Física*, 19.
<https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/fisica/article/view/1354%0A9/11962>
- Ling, H., Cardany, C., Sun, L., & Hashimoto, H. (2000). Finite element study of a Geosynthetic-reinforced soil retaining wall with concrete-block facing. *Geosynthetics International*, 7(2), 37–162.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1680/gein.7.0170>
- Lysmer, J., & Kuhlemeyer, R. (1969). Finite dynamic model for infinite media. *Journal of the Engineering Mechanics Division, ASCE*(95), 859–877.
- Maccaferri. (2020a). *Maccaferri Latinoamérica*. Sistema Terramesh®.
<https://www.maccaferri.com/br/es/productos/terramesh/>
- Maccaferri. (2020b). *Maccaferri México*. Terramesh®.
<https://www.maccaferri.com/mx/productos/terramesh/>
- Manturano, V. (2017). *Uso de la losa postensada y su comportamiento estructural en el sótano del hotel la paz, miraflores, lima – Perú – 2017* [Universidad César Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/21757>
- Mendoza, C., & Yncio, J. (2018). *Análisis Numérico Estático de Muros de Suelo*

- Reforzado para Plataformas de Almacenamiento de Concentrados Mineros - Almacén Logisminsa Ventanilla, Callao* [Tesis de pregrado. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. <http://hdl.handle.net/10757/648849>
- Metrica. (2020). *La simulación estructural como forma de optimizar un producto*. <https://ingemetrica.com/la-simulacion-estructural-como-forma-de-optimizar-un-producto/>
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2019a). Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente. *Diario Oficial El Peruano*. [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2366641/51 E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE RM-043-2019-VIVIENDA.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2366641/51_E.030_DISEÑO_SISMORRESISTENTE_RM-043-2019-VIVIENDA.pdf)
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2019b). Norma Técnica E.031 Aislamiento Sísmico. *Diario Oficial El Peruano*. [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2366653/52 E.031 Aislamiento Sísmico - RM N° 030-2019-VIVIENDA.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2366653/52_E.031_Aislamiento_Sísmico_-_RM_Nº_030-2019-VIVIENDA.pdf)
- Moreno, J. (2020). Modelización Numérica con Plaxis 2D - Ingeoexpert. In *Modelos del comportamiento del suelo*.
- Newmark, M. (1965). Effects of earthquakes on dams and embankments. *Geotechnique*, 15(2), 139–160.
- Pamuk, A., Ling, H., Leshchinsky, D., Kalkan, E., & AdalierK. (2004). Behavior of reinforced wall system during the 1999 Kocaeli (Izmit), Turkey, Earthquake. *5th International Conference on Case Histories in Geotechnical Engineering*.
- Pezzotti, S., & Antico, F. (2007). *Estructuras III Introducción a la Teoría de Elementos Finitos*. Universidad Nacional La Plata.
- Plaxis bv. (2004). *Manual de Referencia*. <http://www.plaxis.nl>
- Plaxis bv. (2016a). *Material Models Manual*. www.plaxis.nl
- Plaxis bv. (2016b). *Reference Manual*. www.plaxis.nl
- Ramírez, W. (2014). *ASLACIÓN SÍSMICA EDIFICIO DE GOBERNANTES (ANÁLISIS COMPARATIVO DE COMPORTAMIENTO Y COSTOS CON UN EDIFICIO TRADICIONAL)* [Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/2523>
- Richards, R., & Elms, D. (1979). Seismic behavior of gravity retaining walls. *Journal of the Geotechnical Engineering Division*, 105(GT4), 449–464.
- Richardson, G., & Lee, K. (1975). Seismic design of reinforced earth walls. *Journal*

- of the Geotechnical Engineering Division, 101, 167–188.*
- Rowe, R. K., & Skinner, G. D. (2001). Numerical analysis of geosynthetic reinforced retaining wall constructed on a layered soil foundation. *Geotextiles and Geomembranes, 19*(7), 387–412. [https://doi.org/10.1016/S0266-1144\(01\)00014-0](https://doi.org/10.1016/S0266-1144(01)00014-0)
- Schanz, T., Vermeer, P. ., & Bornnir, P. G. (1999). The hardening soil model: Formulation and verification. *Beyond 2000 in Computational Geotechnics, 281–290.*
- Seismosoft. (2022). *Seismosoft*. <https://www.seismosoft.com/>
- Suárez, J. (2013). *Geotecnología S.A.S.*
<http://www.erosion.com.co/estudiossismicos-%0Ade-sitio/120-comportamiento-sismico-de-las-estructuras.html>
- Tavera, H., Agüero, C., Fernández, E., & Rodríguez, S. (2001). Catálogo Sísmico del Perú 1471-1982. *Instituto Geofísico Del Perú.*
<https://repositorio.igp.gob.pe/handle/20.500.12816/789>
- Tiznado, J. (2010). *Comportamiento Sísmico de Estructuras Rígidas de Contención de Suelos*. Tesis de Maestría. Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Torres, C. (2018). *EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE MUROS DE SUELO REFORZADO CON GEOMALLAS POR MÉTODOS NUMÉRICOS* [Tesis de Pregrado. Universidad Nacional De Ingeniería].
<http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/15746>
- Whitman, R., & Liao, S. (1985). Seismic design of gravity retaining walls. *Miscellaneous Paper, GL-85-1.*

ANEXOS

	Pág.
A. MATRIZ DE CONSISTENCIA	138
B. FICHAS DE VISITA A CAMPO.....	140
C. ENSAYOS RECOPIADOS.....	149
C.1. GEOSER INGENIEROS S.A.C.	150
C.2. EMV LABORATORIOS Y CONSTRUCCION E.I.R.L.....	168
D. PLANOS.....	252
D.1. PLANO DE UBICACIÓN.....	253
D.2. PLANO TOPOGRAFICO	255
D.3. PLANOS SISTEMA TERRAMESH.....	259
D.4. PLANOS ESTADO ACTUAL	264
E. REPORTE GENERADO EN EL SOFTWARE PLAXIS 2D V16.....	267
E.1. MATERIALES, SUELOS E INTERFASES	268
E.2. REPORTE DE CÁLCULO ESTÁTICO Y DINÁMICO	276
E.1. REPORTE DE CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD.....	285

A. MATRIZ DE CONSISTENCIA

Matriz de Consistencia de la Tesis: “INCIDENCIA DE LA CARGA SÍSMICA EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL MURO DE SUELO REFORZADO DEL CENTRO COMERCIAL TRUJILLO, HUARAZ 2021”.

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	MÉTODOLOGÍA
PG: ¿Cuánto incide la carga sísmica en el Comportamiento Estructural del muro de suelo reforzado del Centro comercial Trujillo?	OG: Determinar la incidencia de la carga sísmica en el Comportamiento Estructural del muro de suelo reforzado del Centro Comercial Trujillo, Huaraz 2021.	HG: La carga sísmica incide, produciendo aumento de las deformaciones, en el Comportamiento Estructural del Muro de suelo reforzado del Centro Comercial Trujillo, Huaraz 2021.	Carga Sísmica (X)	Tamaño del sismo	- Intensidad - Magnitud - Momento sísmico - Espectro de respuesta	Tipo de investigación: Según el enfoque: - Cuantitativa
				Duración	- Fuente sísmica - Duración instrumental - Percepción humana	Según su orientación: - Aplicada
Pe1: ¿Cuánta es la variación del desplazamiento lateral producido por la carga sísmica en comparación con el desplazamiento lateral en condiciones estáticas, en el muro de suelo reforzado Terramesh System del centro comercial Trujillo?	Oe1: Determinar la variación del desplazamiento lateral producido por la carga sísmica en comparación con el desplazamiento lateral en condiciones estáticas, en el muro de suelo Reforzado Terramesh System del Centro Comercial Trujillo.	He1: El desplazamiento lateral producido por la carga sísmica aumenta en comparación con el desplazamiento lateral en condiciones estáticas, en el muro de suelo reforzado Terramesh System del Centro Comercial Trujillo.		Dirección principal	- Vertical - Horizontal	Según su nivel: - Descriptivo Comparativo
				Formación geológica	- Estratigrafía - Evidencias tectónicas - Sismicidad histórica	Muestra: (No probabilística) Muro de suelo reforzado Sistema Terramesh el del C.C. Trujillo - Mashuan
Pe2: ¿Cuánta es la variación del asentamiento producido por la carga sísmica en comparación con el asentamiento en condiciones estáticas, en el muro de suelo reforzado Terramesh System del centro comercial Trujillo?	Oe2: Determinar la variación del asentamiento producido por la carga sísmica en comparación con el asentamiento en condiciones estáticas, en el muro de suelo Reforzado Terramesh System del Centro Comercial Trujillo.	He2: El asentamiento producido por la carga sísmica aumenta en comparación con el asentamiento en condiciones estáticas, en el muro de suelo reforzado Terramesh System del Centro Comercial Trujillo.	Comportamiento Estructural (Y)	Sistema Estructural	- Geometría del Muro - Parámetros geotécnicos - Proceso constructivo - Sistema Terramesh	Población: Muro de suelo reforzado Sistema Terramesh
				Cargas Operacionales	- Carga viva transitoria - Carga muerta permanente - Carga adyacente (cimientos) - Nivel freático	Tratamiento de datos: Plaxis 2D V16 Microsoft Office Seismosoft
Pe3: ¿Cuánta es la variación del Factor de Seguridad calculado con presencia la carga sísmica en comparación con el Factor de Seguridad calculado en condiciones estáticas, en el muro de suelo reforzado Terramesh System del centro comercial Trujillo?	Oe3: Determinar la variación del Factor de Seguridad calculado con presencia de la carga sísmica en comparación con el Factor de Seguridad calculado en condiciones estáticas, en el muro de suelo Reforzado Terramesh System del Centro Comercial Trujillo.	He3: El Factor de Seguridad calculado con presencia de la carga sísmica es menor en comparación con el Factor de Seguridad calculado en condiciones estáticas, en el muro de suelo reforzado Terramesh System del Centro Comercial Trujillo.		Análisis Estático	- Asentamientos por consolidación estática - Desplazamientos laterales debido a la construcción - Factor de seguridad estático	Diseño de la Investigación: Investigación no Experimental Diseño Descriptivo Comparativo
				Análisis Dinámico	- Asentamientos diferenciales dinámicos - Desplazamientos laterales dinámicos - Factor de seguridad dinámico	Transversal

AUTOR: Bach. Fernández Menacho Lincoln Jimmy.

B. FICHAS DE VISITA A CAMPO

UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



Tesis: "INCIDENCIA DE LA CARGA SÍSMICA EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL MURO DE SUELO REFORZADO DEL CENTRO COMERCIAL TRUJILLO, HUARAZ 2021".
 Tesista: Bach. FERNANDEZ MENACHO Lincoln Jimmy
 Asesor: Dr. Ing. REYES ROQUE Reynaldo Melquiades

FICHA TÉCNICA DE VISITA DE CAMPO N°01

Ubicación:	Panel Fotográfico
C. Poblado: Mashuan	
Distrito: Huaraz	
Provincia: Huaraz	
Región: Ancash	
Zona UTM: 18 S	
Datum: WSG84	
Coordenadas:	
Este: 225613.356 m	
Norte: 8935571.056 m	
Elevación: 3235.78 msnm	
Referencia:	
Lado noroeste del área	
Altura del muro:	
8.50 m aprox.	
Observaciones:	
<ul style="list-style-type: none"> - Se realizó la verificación de la altura rellena de los gaviones. - El mortero que se aprecia en la fachada de los gaviones fue hecha con fines estéticos. - El desfase en la altura entre gaviones que fueron adoptados durante la construcción oscilan entre 15 a 20 cm, variable conforme al aumento de altura. - No se visualiza falla estructural en los gaviones. - La bolonería de relleno en los gaviones oscila entre 8"- 12". 	
Fuente: Elaboración propia	
Fecha: 16/08/2021	
Responsable: Lincoln Jimmy Fernández Menacho.	

UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



Tesis: "INCIDENCIA DE LA CARGA SÍSMICA EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL MURO DE SUELO REFORZADO DEL CENTRO COMERCIAL TRUJILLO, HUARAZ 2021".

Tesista: Bach. FERNANDEZ MENACHO Lincoln Jimmy

Asesor: Dr. Ing. REYES ROQUE Reynaldo Melquiades

FICHA TÉCNICA DE VISITA DE CAMPO N°02

Ubicación:	Panel Fotográfico
C. Poblado: Mashuan Distrito: Huaraz Provincia: Huaraz Región: Ancash	
Zona UTM: 18 S	
Datum: WSG84	
Coordenadas:	
Este: 225612.750 m Norte: 8935556.498 m Elevación: 3234.95 msnm	
Referencia:	
Lado noroeste del área	
Altura del muro:	
9.50 m aprox.	
Observaciones:	
- Se realizó la verificación de medidas para contrastar con los planos. - El mortero que se aprecia en la fachada de los gaviones fue hecha con fines estéticos. - El desfase en la altura entre gaviones que fueron adoptados durante la construcción oscilan entre 15 a 20 cm, variable conforme al aumento de altura. - Se pudo visualizar presencia de maleza, pero no se observó daño estructural.	
Fuente: Elaboración propia	
Fecha: 16/08/2021	
Responsable: Lincoln Jimmy Fernández Menacho.	

UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



Tesis: "INCIDENCIA DE LA CARGA SÍSMICA EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL MURO DE SUELO REFORZADO DEL CENTRO COMERCIAL TRUJILLO, HUARAZ 2021".

Tesista: Bach. FERNANDEZ MENACHO Lincoln Jimmy

Asesor: Dr. Ing. REYES ROQUE Reynaldo Melquiades

FICHA TÉCNICA DE VISITA DE CAMPO N°03

Ubicación:	Panel Fotográfico
C. Poblado: Mashuan	
Distrito: Huaraz	
Provincia: Huaraz	
Región: Ancash	
Zona UTM: 18 S	
Datum: WSG84	
Coordenadas:	
Este: 225605.038 m	
Norte: 8935505.787 m	
Elevación: 3233.71 msnm	
Referencia:	
Lado oeste del área	
Altura del muro:	
11.0 m aprox.	
Observaciones:	
<ul style="list-style-type: none"> - Se realizó la verificación de medidas para contrastar con los planos. - El mortero que se aprecia en la fachada de los gaviones fue hecha con fines estéticos. - El desfase en la altura entre gaviones que fueron adoptados durante la construcción oscilan entre 15 a 20 cm, variable conforme al aumento de altura. - Se ha visualizado un sistema de drenaje con tubería de 6" y 8" el cual se encuentra operativo y en buenas condiciones. - No se visualizó ningún tipo de falla estructural, pero se observó deformaciones (desplazamientos) en algunas franjas de gaviones. 	
Fuente: Elaboración propia	
Fecha: 16/08/2021	
Responsable: Lincoln Jimmy Fernández Menacho.	

UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



Tesis: “INCIDENCIA DE LA CARGA SÍSMICA EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL MURO DE SUELO REFORZADO DEL CENTRO COMERCIAL TRUJILLO, HUARAZ 2021”.

Tesista: Bach. FERNANDEZ MENACHO Lincoln Jimmy

Asesor: Dr. Ing. REYES ROQUE Reynaldo Melquiades

FICHA TÉCNICA DE VISITA DE CAMPO N°04

Ubicación:	Panel Fotográfico
<p>C. Poblado: Mashuan Distrito: Huaraz Provincia: Huaraz Región: Ancash</p>	
Zona UTM: 18 S	
Datum: WSG84	
Coordenadas:	
Este: 225590.354 m	
Norte: 8935450.556 m	
Elevación: 3228.71 msnm	
Referencia:	
Lado oeste del área	
Altura del muro:	
17.0 m – zona crítica.	
Observaciones:	
<ul style="list-style-type: none"> - Se realizó la verificación de medidas para contrastar con los planos, las 7 primeras filas están constituida por gaviones de 0.50m de altura asentados en parejas. - El mortero que se aprecia en la fachada de los gaviones fue hecha con fines estéticos. - El desfase en la altura entre gaviones que fueron adoptados durante la construcción oscilan entre 15 a 20 cm, variable conforme al aumento de altura. - Se ha visualizado un sistema de drenaje con tubería de 6” y 8” el cual se encuentra operativo y en buenas condiciones. - No se visualizó ningún tipo de falla estructural, pero se observó deformaciones (desplazamientos) en algunas franjas de gaviones, con mayor medida al medio. 	
Fuente: Elaboración propia	
Fecha: 16/08/2021	
Responsable: Lincoln Jimmy Fernández Menacho.	

UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



Tesis: “INCIDENCIA DE LA CARGA SÍSMICA EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL MURO DE SUELO REFORZADO DEL CENTRO COMERCIAL TRUJILLO, HUARAZ 2021”.

Tesista: Bach. FERNANDEZ MENACHO Lincoln Jimmy

Asesor: Dr. Ing. REYES ROQUE Reynaldo Melquiades

FICHA TÉCNICA DE VISITA DE CAMPO N°05

Ubicación:	Panel Fotográfico
C. Poblado: Mashuan	
Distrito: Huaraz	
Provincia: Huaraz	
Región: Ancash	
Zona UTM: 18 S	
Datum: WSG84	
Coordenadas:	
Este: 225587.486 m	
Norte: 8935447.062 m	
Elevación: 3228.68 msnm	
Referencia:	
Lado oeste del área	
Altura del muro:	
4.0 m – Boulevard.	
Observaciones:	
<ul style="list-style-type: none"> - Se tomaron medidas del boulevard que fue construido para la transitabilidad y el mantenimiento de las obras de drenaje, así como, para evitar la erosión al pie del muro. - En la parte baja del boulevard se puede apreciar vegetación abundante y árboles que de alguna manera estabilizan la pendiente de dicha zona. - No se visualizó ningún tipo de falla estructural en el pie del muro. 	
Fuente: Elaboración propia	
Fecha: 16/08/2021	
Responsable: Lincoln Jimmy Fernández Menacho.	

UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



Tesis: “INCIDENCIA DE LA CARGA SÍSMICA EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL MURO DE SUELO REFORZADO DEL CENTRO COMERCIAL TRUJILLO, HUARAZ 2021”.

Tesista: Bach. FERNANDEZ MENACHO Lincoln Jimmy

Asesor: Dr. Ing. REYES ROQUE Reynaldo Melquiades

FICHA TÉCNICA DE VISITA DE CAMPO N°06

Ubicación:	Panel Fotográfico
C. Poblado: Mashuan	
Distrito: Huaraz	
Provincia: Huaraz	
Región: Ancash	
Zona UTM: 18 S	
Datum: WSG84	
Coordenadas:	
Este: 225615.296 m	
Norte: 8935563.136 m	
Elevación: 3244.28 msnm	
Referencia:	
Lado noroeste del área.	
Altura del muro:	
8.5 m – Corona del muro.	
Observaciones:	
- Se verificó las medidas en la corona del muro, los cambios de altura y el espacio entre la pantalla del muro terramesh y el cerco perimétrico.	
- El cambio de altura entre bloques de gaviones fue de 0.35 a 0.50 m.	
- Se visualizó que en la corona no existe daño ni tampoco en el cerco perimétrico.	
Fuente: Elaboración propia	
Fecha: 16/08/2021	
Responsable: Lincoln Jimmy Fernández Menacho.	

UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



Tesis: "INCIDENCIA DE LA CARGA SÍSMICA EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL MURO DE SUELO REFORZADO DEL CENTRO COMERCIAL TRUJILLO, HUARAZ 2021".

Tesista: Bach. FERNANDEZ MENACHO Lincoln Jimmy

Asesor: Dr. Ing. REYES ROQUE Reynaldo Melquiades

FICHA TÉCNICA DE VISITA DE CAMPO N°07

Ubicación:	Panel Fotográfico
C. Poblado: Mashuan	
Distrito: Huaraz	
Provincia: Huaraz	
Región: Ancash	
Zona UTM: 18 S	
Datum: WSG84	
Coordenadas:	
Este: 225600.662 m	
Norte: 8935473.591 m	
Elevación: 3245.22 msnm	
Referencia:	
Lado oeste del área.	
Altura del muro:	
17.0 m – Corona del muro.	
Observaciones:	
<ul style="list-style-type: none"> - Se verificó las medidas en la corona del muro, los cambios de altura y el espacio entre la pantalla del muro terramesh y el cerco perimétrico. - El cambio de altura entre bloques de gaviones fue de 0.35 a 0.50 m. - Se visualizó que en la corona no existe daño ni tampoco en el cerco perimétrico. - La situación operacional actual del muro terramesh es favorable y se encuentra en buenas condiciones, con algunas deformaciones, pero sin daño estructural. 	
Fuente: Elaboración propia	
Fecha: 16/08/2021	
Responsable: Lincoln Jimmy Fernández Menacho.	

UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



Tesis: "INCIDENCIA DE LA CARGA SÍSMICA EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL MURO DE SUELO REFORZADO DEL CENTRO COMERCIAL TRUJILLO, HUARAZ 2021".

Tesista: Bach. FERNANDEZ MENACHO Lincoln Jimmy

Asesor: Dr. Ing. REYES ROQUE Reynaldo Melquiades

FICHA TÉCNICA DE VISITA DE CAMPO N°08

Ubicación:	Panel Fotográfico
<p>C. Mashuan</p> <p>Poblado: Mashuan</p> <p>Distrito: Huaraz</p> <p>Provincia: Huaraz</p> <p>Región: Ancash</p>	
Zona UTM: 18 S	
Datum: WSG84	
Coordenadas:	
Este: 225589.792 m	
Norte: 8935454.855 m	
Elevación: 3245.15 msnm	
Referencia:	
Lado oeste del área.	
Altura del muro:	
17.0 m.	
Observaciones:	
<ul style="list-style-type: none"> - Se puede apreciar las estructuras que contiene a nivel de corona del muro terramesh. - La situación operacional actual del muro terramesh es favorable y se encuentra en buenas condiciones, con algunas deformaciones, pero sin daño estructural. - La vegetación en la parte baja del Boulevard es abundante y ofrece protección a erosión. 	
Fuente: Elaboración propia	
Fecha: 16/08/2021	
Responsable: Lincoln Jimmy Fernández Menacho.	

C. ENSAYOS RECOPIRADOS

C.1. GEOSER INGENIEROS

S.A.C.



ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

Proyecto:

"CENTRO COMERCIAL MASHUAN".



SOLICITA : MISTR S.A.

Febrero del 2017



INFORME TÉCNICO

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

Proyecto:

"CENTRO COMERCIAL MASHUAN".

CONTENIDO

- 1.0 GENERALIDADES
 - 1.1 OBJETIVOS DEL ESTUDIO
 - 1.2 ALCANCES DEL ESTUDIO
 - 1.3 UBICACION DEL AREA EN ESTUDIO

- 2.0 ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS
 - 2.1 TRABAJOS DE CAMPO
 - 2.2 ENSAYOS DE LABORATORIO
 - 2.3 CLASIFICACIÓN DE SUELOS Y PARAMETROS DEL TERRENO
 - 2.4 DESCRIPCIÓN DE PERFIL ESTRATIGRAFICO
 - 2.5 NIVEL DE LA NAPA FREATICA

- 3.0 ANALISIS DE CIMENTACIÓN PARA INFRAESTRUCTURAS
 - 3.1 CALCULO DE CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA DEL SUELO
 - 3.2 CALCULO DE ASENTAMIENTOS

- 4.0 ASPECTOS SISMICOS - EFECTOS DEL SISMO

- 5.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

ANEXOS:

- ✓ PLANO DE UBICACIÓN DE CALICATAS
- ✓ CAPACIDAD Y ASENTAMIENTO DEL SUELO
- ✓ RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO
- ✓ FOTOGRAFÍAS DEL ESTUDIO



ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

PROYECTO:

"CENTRO COMERCIAL MASHUAN"

1.0 GENERALIDADES

1.1 OBJETIVO DEL ESTUDIO

El objetivo del estudio es proporcionar la información y recomendaciones necesarias para la construcción del centro comercial Mashuan, en el cual se construirá un almacén y un patio de maniobras, para el adecuado funcionamiento del presente proyecto, y que el calculista de las estructuras pueda tomar decisiones para el diseño del proyecto y estructuras proyectadas.

El Estudio de Mecánica de Suelos está realizada de acuerdo a los requerimientos y normas técnicas correspondientes. El presente trabajo trata del estudio del subsuelo de la zona, destinada para el centro comercial de Mashuan, y es así que se determinan las características y propiedades de mecánica de suelos del área donde se ubica el proyecto y los parámetros de diseño de las cimentaciones de las estructuras que formaran parte del proyecto, para que estas sean edificadas sobre el terreno con comodidad y seguridad.

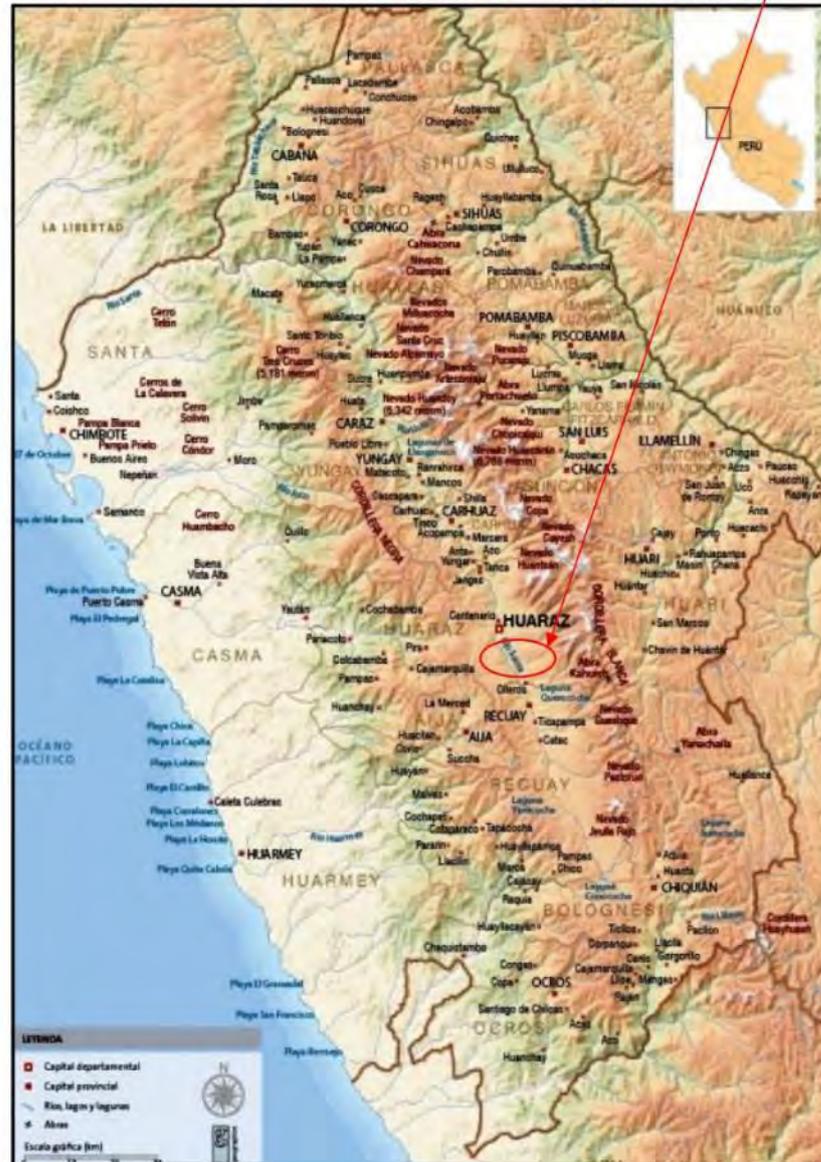
1.2 ALCANCES DEL ESTUDIO

En general los estudios de mecánica de suelos con fines de cimentación de las estructuras en ingeniería están encaminadas a la investigación de las propiedades de los materiales del sub suelo y su comportamiento mecánico que debe resistir los esfuerzos que les transmiten las cargas de la estructura propuesta, con fin de diseñar con seguridad y economía las cimentaciones. De esta manera se investiga el sub suelo, con el fin de establecer alternativas de cimentación que se adecuen a las condiciones del suelo y a la estructura propuesta de las obras a proyectarse.

1.3 UBICACION DEL TERRENO EN ESTUDIO

El terreno en estudio se encuentra ubicado en la Región Ancash, Provincia de Huaraz, lugar conocido como Mashuan, según se indica en el plano de ubicación del proyecto.

Localización del lugar de estudio.





GeoSer Ingenieros S.A.C.



Servicios **Geotécnicos** e Ingeniería Especializada en Obras Cíviles y Mineras

GeoLab Laboratorio Geotécnico – Laboratorio de Mecánica de Suelos y Control de Calidad de Materiales

Estudios de Mecánica de Suelos con fines de cimentación – Estudios Geotécnicos – Geotecnia Ambiental – Gestión de Riesgos Geotécnicos y Geológicos

Ubicación del terreno



Ubicación de terreno



Oficina Principal: Lima - Av. Los Próceres – Huandoy - Mz. X4 Lt. 17 – Urb. Pro - Los Olivos – Cel. 944927455 - ing.reynaldo.reyes@hotmail.com
Sucursal: Huaraz - Jr. Recuay N° 470 – esq. Av. Conf. Inter. Oeste N° 702 – Centenario – Independencia – www.geoseringenieros.com



2.0 ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS

2.1 TRABAJOS DE CAMPO:

El trabajo de campo incluyó las siguientes actividades

- Selección de lugares para excavación de calicatas, lo cual se realizó en la zona donde se construirá los gaviones, los cuales se indican en los certificados en ensayos de laboratorio de calicatas para clasificación de suelos y plano de ubicación de calicatas.
- Excavación, registro y muestreo de las excavaciones.

a. Calicatas

La exploración del sub suelo se realizó con un total de 3 calicatas o excavaciones a cielo abierto, ubicadas en los tramos del terreno respectivos del tramo de estudio, para así determinar sus características y perfil estratigráfico; y llevar muestras al laboratorio para su ensayo.

Se presenta el cuadro de resumen de ensayos de laboratorio y las profundidades alcanzadas en cada una, así como las certificaciones de los ensayos de laboratorio para clasificación de suelos.

b. Muestreo

Se tomaron muestras disturbadas representativas de los tipos de suelos encontrados, en cantidad suficiente como para realizar los ensayos de laboratorio.

c. Registro de Excavaciones

Paralelamente al muestreo se realizó el registro de cada una de las calicatas, anotándose las principales características de los tipos de suelos encontrados, tales como espesor de estrato, color, humedad, compacidad, plasticidad, etc.



2.2 ENSAYOS DE LABORATORIO

Las muestras representativas se ensayaron en el laboratorio, siguiendo las normas vigentes, como es el caso de las Normas de Ensayo de la American Society for Testing Materials (ASTM) y las Normas Técnicas Peruanas (NTP). Además según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), se realizó la identificación y clasificación de suelos.

Dado la uniformidad del estrato y considerando que pudieran suceder pequeños cambios en los estratos, se realizaron los siguientes ensayos de las muestras alteradas extraídas:

ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO:

- Contenido de Humedad (ASTM D2216)
- Análisis Granulométrico por Tamizado (ASTM D422- NTP 400.012)
- Límites de Consistencia (ASTM D4318 – NTP 339.129)
- Peso Especifico Relativo de Sólidos (ASTM D854)
- Clasificación SUCS (ASTM D2487 – NTP 339.134)

2.3 CLASIFICACION DE SUELOS Y PARAMETROS DEL TERRENO

Los suelos han sido clasificados de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos SUCS, según se muestra en el siguiente cuadro resumen de ensayos de laboratorio. Además se presentan los parámetros del terreno del terreno con sus respectivas propiedades de acuerdo a la altura de excavación realizada en el tramo de cada canal:

Calicata	Muestra	h (m)	Clasificación SUCS	Humedad (%)	% Finos	LL (%)	LP (%)	I.P. (%)
C-01	Mab-01	2.00	GM	9.13	13.17	23.38	20.58	2.80
C-02	Mab-01	2.00	SC	6.09	16.13	27.70	16.30	11.40
C-03	Mab-01	2.00	SC	11.92	22.36	26.60	15.17	11.43

En anexos, se adjuntan los resultados de los ensayos de laboratorio.



2.4 DESCRIPCION DEL PERFIL ESTRATIGRAFICO

En anexos se presenta el perfil estratigráfico de cada punto investigado, donde se ha realizado la exploración geotécnica y registro de sondajes, de acuerdo a la descripción visual manual de suelos (Norma ASTM D-2488).

CALICATA: C-01

En esta primera calicata se encontró un pequeño relleno de material orgánico, con presencia de raíces y suelo orgánico, debido que se encuentra casi al borde del desnivel que da al río Santa. Dicho es espeso es de 0.40 m, pasado esta capa se tiene un suelo más uniforme de buenas características, pero rodeada de rocas ígneas del tipo canto rodado, de diferentes tamaños, con el paso del tiempo no sufren mucho cambio ni intemperismo. El material no cuenta con presencia de nivel freático, pero es importante mencionar que las calicatas en su gran mayoría poseen una humedad natural elevada esto en temporada donde hay lluvias en la zona de Mashuan, sería importante también hacer un estudio o una verificación durante la ejecución para ver si dicha humedad ha aumentado o ha disminuido, si aumentara se plantearía un sistema de drenaje.

CALICATA: C-02

En la segunda calicata se encontró también una capa de material de cobertura vegetal debido que esa zona aún se cuenta con sembríos, el espesor es de 40 cm, pasado esta capa también se tiene un suelo estable, rodeado por rocas y piedras de diferentes tamaños, debajo de esta calicata se encuentra un pequeño bosque donde se tiene cobertura vegetal, que de alguna manera estabilizan la ladera que se tiene en dicha zona.



CALICATA: C-03

La tercera calicata se encuentra en una zona de material de relleno, presenta una capa de cobertura de material orgánico también, luego de ella presenta un estrato no tan estable, y también no posee buenas características, por lo que para la construcción del gavión se tendrá que respetar un retiro de 5 m para no generar inestabilidad. Se recomendará también eliminar todo el material de relleno que no sea apto para construcción, se deberá de mejorar la base de los gaviones para no generar asentamientos.

2.5 NIVEL DE LA NAPA FREÁTICA

En las mayorías de las calicatas realizadas para el estudio no se han encontrado la presencia de nivel de la napa freática. En algunos casos el terreno se encuentra húmedo por infiltración de aguas superficiales, donde es necesario drenar las aguas de infiltración para el adecuado funcionamiento de las estructuras a proyectarse.

3.0 ANALISIS DE CIMENTACIÓN PARA INFRAESTRUCTURAS

3.1 CALCULO DE LA CAPACIDAD DE CARGA ULTIMA DEL SUELO (q_u)

Para la determinación de la capacidad de carga del suelo q_u ; debajo de las zapatas de cimentación de una estructura (Captación, Reservorio, etc), se calcula en base a las características del suelo, las cuales se determinan mediante trabajos de campo y laboratorio. De los parámetros obtenidos en campo y laboratorio, y de las características geotécnicas del área de estudio podemos obtener valores basados en estas características del terreno, y así poder determinar la capacidad de carga última del terreno de cimentación con bastante seguridad. Para el cálculo evaluaremos la expresión de la teoría de Terzaghi:



Teoría de Terzaghi:

Para una cimentación corrida la capacidad de carga última es:

$$q_u = c N_c + \gamma D_f N_q + 0.5 \gamma B N_\gamma$$

dónde: c = cohesión del suelo

γ = peso unitario del suelo

D_f = profundidad de desplante de la estructura

B = ancho de la zapata de cimentación

N_c, N_q, N_γ = factores de capacidad de carga.

La variación de los factores de capacidad de carga están en función del ángulo de fricción interna del suelo (ϕ).

Determinación de Capacidad de Carga Ultima del Suelo de Cimentación:

Parámetros del suelo para el cálculo de la capacidad de carga última, según los ensayos de laboratorio realizados:

CALICATAS: C-02 y C-03:

Tipo de suelo	SC
ϕ (°)	19.12
c (Tn/m ²)	0.37
γ (Tn/m ³)	1.764
B (m)	7.50
D_f (m)	2.00

Capacidad de Carga y Presiones Admisibles:

Teoría	q_u (Tn/m ²)	F.S.	q_a (Tn/m ²)	q_a (Kg/cm ²)
TERZAGHI	57.43	3.00	19.14	1.91



3.2 CALCULO DE ASENTAMIENTOS

En los análisis de cimentación se distinguen dos clases de asentamientos, asentamiento totales y diferenciales, de los cuales, estos últimos son los que podrían comprometer la seguridad de la estructura.

La presión admisible de los suelos granulares poco cohesivos, generalmente depende de los asentamientos inmediatos, debiendo en todo caso, verificarse el factor de seguridad por corte. El asentamiento se ha calculado mediante la teoría elástica, que está dado por la fórmula:

$$S_i = \frac{q B (1-\mu^2)}{E_s} \cdot I_f$$

Donde:

- S_i = Asentamiento probable (cm)
- q = Presión de trabajo (Tn/m^2)
- B = Ancho menor de la cimentación (m)
- μ = modulo de Poisson (-)
- E_s = Modulo de elasticidad (Tn/m^2)
- I_f = Factor de forma (cm/m)

El límite de los asentamientos tolerables en que se deben esperar las primeras grietas en muros, según NAVFAC DM-7, está dado por la distorsión angular, esto es: $\alpha = \delta / L = 1/300$,

Vale decir, 1 cm., para luces de 3 m.

ó $\delta = 1''$ (2.54 cm) de asentamiento probable

Se ha analizado el asentamiento inmediato para el caso más crítico de carga admisible.

CALICATAS: C-02 y C-03

Remplazando los siguientes valores:

- q = 19.14 Tn/m^2
- B = 7.50 m
- μ = 0.30
- E_s = 5900.00 Tn/m^2
- I_f = 112 cm/m

Tenemos:

$$S_i = 2.48 \text{ cm.}$$

Como se puede observar, el asentamiento rápido a producirse es tolerable



porque:

$$S_i < \delta$$

Esto nos indica que el asentamiento rápido o inmediato es menor que el asentamiento tolerable o admisible.

4.0 ASPECTOS SISMICOS - EFECTOS DE SISMO

De la Norma de Diseño Simorresistente E-030 recientemente aprobada, se tiene que el territorio nacional se considera dividido en cuatro zonas, según se muestra en la figura adjunta. La zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral, así como en información neotectónica. A cada zona se asigna un factor Z según se indica en la Tabla. Este factor se interpreta como la aceleración máxima del terreno con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años.





Para los efectos de esta Norma, los perfiles de suelo se clasifican tomando en cuenta la velocidad promedio de propagación de las ondas de corte (\bar{V}_s) o alternativamente del promedio de los (N_{60}) del ensayo de penetración estándar (SPT); los tipos de perfiles de suelos son cinco:

- a) Perfil tipo **S₀**: Roca dura
- b) Perfil tipo **S₁**: Roca o Suelo muy rígido
- c) Perfil tipo **S₂**: Suelos intermedio
- d) Perfil tipo **S₃**: Suelos Blandos
- e) Perfil tipo **S₄**: Condiciones Excepcionales

A través de la siguiente tabla también se podrá clasificar el tipo de suelo que se tiene en el lugar del proyecto:

Perfil	\bar{V}_s	N_{60}	\bar{S}_u
S ₀	> 1500 m/s	-	-
S ₁	500 m/s a 1500 m/s	> 50	>100 kPa
S ₂	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S ₃	< 180 m/s	< 15	25 kPa a 50 kPa
S ₄	Clasificación basada en el EMS		

Tabla N° 02: resume valores típicos para los distintos tipos de perfiles de suelo (Fuente: E.030 reglamento sismorresistente)

PARÁMETROS DE SITIO (S, T_P y T_L)

Deberá considerarse el tipo de perfil que mejor describa las condiciones locales, utilizándose los correspondientes valores del factor de amplificación del suelo S y de los períodos T_P y T_L dados en las Tablas N° 3 y N° 4.



ZONA \ SUELO	FACTOR DE SUELO "S"			
	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
Z ₄	0,80	1,00	1,05	1,10
Z ₃	0,80	1,00	1,15	1,20
Z ₂	0,80	1,00	1,20	1,40
Z ₁	0,80	1,00	1,60	2,00

	Perfil de suelo			
	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
T _p (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
T _L (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

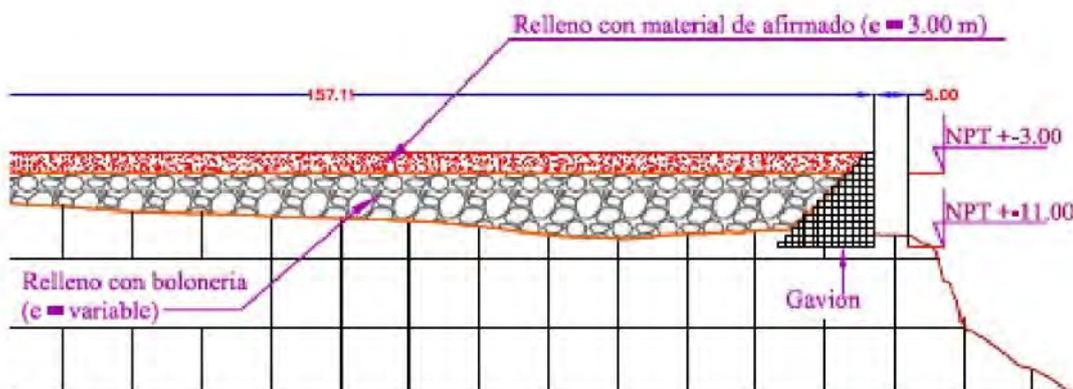
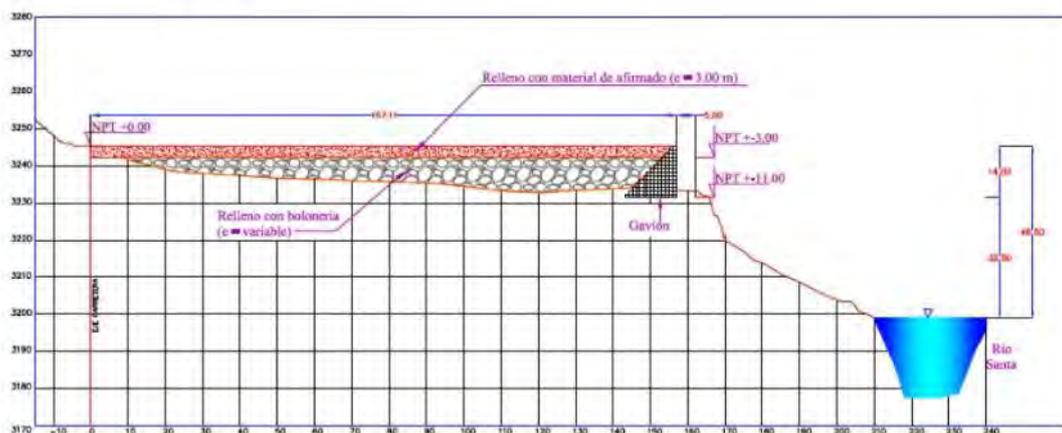
De acuerdo a la Norma de Diseño Sismorresistente (E-030), la revisión de la información disponible y los resultados del presente estudio, se proporcionan los siguientes datos para suelos intermedios (S₂):

- Factor de Zona – Z (g) : 0.35 (ZONA 3)
- Periodo de vibración del Suelo – T_p (s) : 0.6 seg.
- Periodo de vibración del Suelo – T_L (s) : 2.00 seg.
- Factor de Amplificación del Suelo – S : 1.15



5.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- a) Para las cimentaciones de las obras de infraestructura a proyectarse para el centro comercial, se recomienda el uso de cimentación superficial tipo zapata corrida y/o zapata rectangular. Las cuáles serán dimensionadas y diseñadas de acuerdo a la nueva norma E.030 diseño sismorresistente del reglamento nacional de edificaciones.
- b) Para el relleno del terreno hasta el nivel de la cota de la carretera de acceso a la ciudad de Huaraz, se requiere de la construcción de muros de contención, para lo cual se recomienda de acuerdo al tipo de terreno encontrado muros de contención con Gaviones, por el adecuado comportamiento estructural y flexibilidad de este tipo de muros.





c) De acuerdo al proceso constructivo del muro de contención tipo Gavión proyectado, deberá ser realizado su diseño geotécnico-estructural por parte del constructor, y verificado por el supervisor de la obra.

d) Las cimentaciones serán dimensionados de tal forma que apliquen al terreno una carga no mayor de:

CALICATAS (C-02 y C-03)

$q_a \geq 1.91 \text{ Kg/cm}^2$

e) La profundidad de cimentación deberá encontrarse siempre al Df indicado para cada caso y computados a partir del estrato firme; y siempre sobre el material conglomerado compacto.

f) La Presión Admisible del terreno se ha determinado con un Factor de Seguridad (F.S.) igual a 3.0

g) El asentamiento probable más desfavorable obtenido es de 2.48 cm, siendo el valor máximo de asentamiento que se pueda producir igual a 2.54 cm ($\delta=1''$ – Asentamiento Admisible)

h) Para el relleno hasta la cota de la carretera, se requiere utilizar en la base un material de relleno con boloneras, para luego complementar en la parte superficial con material de relleno de afirmado granular, de acuerdo a los cortes geométricos que se presentan en el estudio.

i) La compactación del relleno superficial deberá ser controlado, de acuerdo a las especificaciones técnicas de este tipo de proceso constructivo, donde se obtengan los controles de calidad respectivos, lo cual deberá ser verificado por el supervisor de la obra.

j) Se recomienda realizar los controles de calidad necesarios en todo el proceso constructivo del relleno y la construcción del muro, para que luego sobre este, realizarse las edificaciones proyectadas para el centro comercial.



GeoSer Ingenieros S.A.C.



Servicios **Geotécnicos** e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Mineras

GeoLab Laboratorio Geotécnico – Laboratorio de Mecánica de Suelos y Control de Calidad de Materiales

Estudios de Mecánica de Suelos con fines de cimentación – Estudios Geotécnicos – Geotecnia Ambiental – Gestión de Riesgos Geotécnicos y Geológicos

- k) En zonas donde se encuentra en la excavación material rocoso, se debe perfilar adecuadamente el terreno hasta la profundidad indicada en el proyecto.
- l) Se deberá tener especial cuidado de no cimentar sobre rellenos y siempre llegar al terreno natural materia del estudio. Se deberá de eliminar los estratos que se tiene relleno o material de cultivo y ser mejorado por otro tipo de suelo para mejorar las condiciones de la cimentación de los gaviones.
- m) Cualquier variación de la estratigrafía señalada en este informe deberá ser comunicada de inmediato al proyectista.
- n) El presente estudio es válido sólo para el área investigada.

Febrero del 2017.

C.2. EMV LABORATORIOS Y CONSTRUCCION E.I.R.L.



Huaraz, 03 de abril del 2018

Carta N° 01-2018-EMVLAByCONST/GG.

Señores: MISTR S.A.

Presente.-

Asunto: Remito Informe de Estudio de Suelos: Centro Comercial Mashuan

Me dirijo a Uds. para saludarles muy cordialmente y a la vez remitirle adjunto el Informe de Estudio de Suelos del proyecto: Centro Comercial Mashuan. Se adjunta también la Factura para la cancelación del servicio.

Sin otro particular, quedo de Ud.

Atentamente,


LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.
ELIO ALEJANDRO MILLA VERGARA
TITULAR GERENTE
RUC N° 20542033809

c.c.:
- arch.



EMV LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN EIRL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETO
Y PAVIMENTOS

INFORME TÉCNICO

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

CENTRO COMERCIAL MASHUAN

LOCALIDAD : MASHUAN
DISTRITO : HUARAZ
PROVINCIA : HUARAZ
DEPARTAMENTO : ANCASH

HUARAZ, MARZO DE 2018



CENTRO COMERCIAL MASHUAN

Í N D I C E

1. ASPECTOS GENERALES

- 1.1 UBICACIÓN
- 1.2 OBJETIVO DEL ESTUDIO

2. ESTUDIO DE SUELOS DE SUBRASANTE

- 2.1 TRABAJOS DE CAMPO
 - a) Exploración a Cielo Abierto
 - b) Ensayos In Situ
- 2.2 ENSAYOS DE LABORATORIO
- 2.3 PERFIL ESTRATIGRÁFICO

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 3.1 CONCLUSIONES
- 3.2 RECOMENDACIONES

ANEXOS:

A: PLANOS Y PERFILES DE SUELOS

- Registros de Sondaje (NTP 339.150)

B: ENSAYOS IN SITU

- Ensayo de Penetración Dinámica Ligera DIN 4094 - DPL (NTP 339.159)
- Ensayo de Densidad de Campo por el Método de Cono de Arena (MTC E117)



LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.
LABORATORIOS DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYO DE
MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS

- C: CERTIFICADOS DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO DE SUELOS DE SUBRASANTE
- Resumen Ensayos Estándar – Clasificación SUCS y AASHTO (MTC Anexo1)
 - Ensayos de Contenido de Humedad Natural (MTC E108)
 - Ensayos de Granulometría (MTC E107)
 - Ensayos de Límites de Consistencia (MTC E110/111)
- D: CERTIFICADOS DE ENSAYOS ESPECIALES DE LABORATORIO DE SUELOS SUBRASANTE
- Ensayos Compactación de Suelos en Laboratorio Utilizando una Energía Modificada (2700 kN-m/m³ – 56 000 pie-lb/pie³) (MTC E115)
 - Ensayos CBR (relación de soporte de california) de Suelos Compactados en el Laboratorio (MTC E132)
- E: PANEL FOTOGRÁFICO.

 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ

Ing^o Alejandro Milla Vergara
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 42832



CENTRO COMERCIAL MASHUAN

1. ASPECTOS GENERALES

1.1 UBICACIÓN

La Pavimentación del Centro Comercial Mashuan, se ubica en la localidad de Mashuan, distrito de Huaraz, provincia de Huaraz, departamento de Ancash.

En los andes, el clima varía con la altitud; hasta 2,500 m.s.n.m., la temperatura media anual es de 14° C, con lluvias entre 250 y 350 mm/año, la vegetación es bueno debido a abundancia de agua; hasta 3,500 m.s.n.m., el clima es semiárido con temperaturas entre 8 y 10° C con precipitaciones entre 400 y 800 mm/año; por encima de los 3,500 m.s.n.m., el clima es frío y subhúmedo, su temperatura oscila entre 4 y 6° C, con precipitaciones entre 900 y 1,000 mm/año, la agricultura en esta zona es afectada por los fuertes cambios de temperatura.

1.2 OBJETIVO DEL ESTUDIO

Los aspectos relacionados a suelos y materiales han sido verificados con el objeto de determinar, las características generales del suelo predominante en el terreno que comprende el centro comercial Mashuan.

El estudio, nos ha permitido obtener la información básica de las características y condiciones del terreno.

Para lograr este objetivo, durante el desarrollo del estudio se ha realizado La evaluación del perfil del subsuelo existente.

2. ESTUDIO DE SUELOS DE SUBRASANTE

2.1 TRABAJOS DE CAMPO

Como parte de la evaluación geotécnica de verificación del suelo de subrasante a lo largo del trazo, se ha llevado a cabo un programa de exploración de campo, excavación de calicatas, ensayos in situ y recolección de muestras para ser ensayadas en el laboratorio.

a) Exploración a Cielo Abierto.

Para el presente estudio y para la evaluación de suelos de subrasante, se han ejecutado 05 calicatas. Las calicatas se ubicaron en toda el área de extensión para pavimentar, dentro de la faja que cubre el ancho de la calzada. La profundidad de exploración ha sido de 1.50 m.

En cada ubicación de calicata, se obtuvo el registro del perfil estratigráfico del suelo de subrasante, clasificando los materiales, mediante el procedimiento de descripción Visual Manual de campo establecido por la ASTM D2488, que se adjuntan en el Anexo A. Cuando se detectó la presencia de cambios de las características de los



materiales encontrados en la excavación, se obtuvieron muestras representativas para la evaluación e identificación en laboratorio.

De cada estrato de suelo identificado, se tomaron muestras representativas, las que convenientemente identificadas con doble tarjeta de registro, fueron empaquetadas en bolsas de polietileno y trasladadas al laboratorio EMV LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L. para efectuar los ensayos de sus características físicas. Se llevó un registro correlativo de muestras, que nos permitió llevar un control de la procedencia y ubicación de cada muestra.

Cuadro 01. Resumen de la descripción de la calicata

Calicata	Muestra	Profundidad (m)	Nivel Freático (m)	Coordenadas UTM PSAD-56		Estructura
				Este	Norte	
C-1	03	1.50	N.E.	225446	8935134	Pavimento
C-2	01	1.50	N.E.	225480	8935112	Pavimento
C-3	01	1.50	N.E.	225390	8935085	Pavimento
C-4	04	1.50	N.E.	225371	8935042	Pavimento
C-5	01	1.50	N.E.	225416	8935080	Pavimento

Abreviatura: N.E. = No encontrado

b) Ensayos In situ.

Debido a la existencia de material conformado como relleno controlado, se ha realizado ensayo de densidad in situ por el método de cono de arena para determinar la densidad del suelo en estado natural en el fondo de las calicatas excavadas (C1, C-4 y C-5), se han extraído muestras inalteradas para determinar peso volumétrico de suelos de las calicatas (C-3, C-4 y C-5), se han realizado 3 auscultaciones con equipo de penetración dinámico ligero de punta cónica DPL-1 (desde la profundidad de 0.00 m. hasta 0.55 m. en la calicata C-1), DPL-2 (desde la profundidad de 1.50 m. hasta 1.82 m. en la calicata C-3) y DPL-3 (desde la profundidad de 1.50 m. hasta 3.25 m. en la calicata C-4) determinándose la resistencia a la penetración. Los certificados de ensayos y auscultación se adjuntan en el Anexo B.

Los resultados de las auscultaciones DPL-1 (calicata C-1) y DPL-3 (calicata C-3), indican la presencia de material compacto con regular a buena resistencia a la penetración del cono. La limitación en la profundidad de la auscultación probablemente se deba a la presencia de bolones o grava gruesa.

En el ensayo DPL-3 (E = 225371, N = 8935042) en la calicata C-4, se puede observar que a las profundidades de 1.80 a 2.10 m. y de 2.70 a 3.10 m, se encuentran menores resistencias a la penetración del cono que indican suelos relativamente sueltos.

Las calicatas indicadas se ubicaron en el plano topográfico que se adjunta en el anexo.


COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU
Ing. Elie Alejandro Milla Vergara
INGENIERO CIVIL



2.2 ENSAYOS DE LABORATORIO

Efectuadas las calicatas, se registraron los datos del perfil del suelo; en las muestras tomadas de cada una de las calicatas se realizaron los siguientes ensayos en el laboratorio de mecánica de suelos:

a. Características Físicas:

- Contenido de Humedad de un suelo NTP 339.127, MTC E 108-2016
- Análisis Granulométrico por Tamizado. NTP 339.128, MTC E 107-2016
- Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de Suelos. NTP 339.129, ASTM D4318
 - Límite Líquido. MTC E 110-2016
 - Límite Plástico. MTC E 111-2016
- Clasificación SUCS y AASHTO. NTP 339.134 y NTP 339.135, ASTM D2487
- Gravedad Especifica de Sólidos NTP 400.021, MTC E 113-2016
- Peso Volumétrico de Suelos Cohesivos NTP 339.139, MTC E 112-2016

En el Cuadro N° 02, se muestra el resumen de los ensayos de laboratorio realizados a los suelos de subrasante.

CUADRO N° 02. Clasificación de Suelos de subrasante

Calicata	Profundidad (m)	Muestra	Grava	Arena	Finos	LL	IP (%)	Humedad (%)	Clasificación	
			(%)	(%)	(%)	(%)			AASHTO	SUCS
C-1	1.50	mab-01	48.83	34.49	16.69	29	17	9.07	A-2-6(0)	GC
	1.50	mab-02	35.76	41.42	22.81	31	14	6.82	A-2-6(0)	SC
	1.50	mab-03	36.89	35.08	28.04	34	17	7.65	A-2-6(0)	GC
C-2	1.00	mab-01	52.45	30.82	16.73	28	12	10.08	A-2-6(0)	GC
C-3	1.50	mab-01	40.37	34.18	25.44	32	17	9.68	A-2-6(0)	GC
C-4	1.00	mab-01	40.03	42.37	17.60	25	12	6.69	A-2-6(0)	SC
	1.50	mab-02	42.21	38.72	19.07	37	19	9.45	A-2-6(0)	GC
	1.50	mab-03	22.88	39.65	37.47	40	21	9.77	A-6(3)	SC
	1.50	mab-04	42.72	36.44	20.84	29	13	12.51	A-2-6(0)	GC
C-5	1.00	mab-01	43.32	35.00	21.67	28	12	7.58	A-2-6(0)	GC

En resumen, los suelos que constituyen la subrasante se pueden clasificar en:

Grava arcillosa con arena (GC) (5) : 70.00%
Arena arcillosa con grava (SC) (1) : 30.00%

En el Anexo C, se adjuntan los resúmenes de los ensayos estándar de Laboratorio, que han permitido obtener las propiedades índices de los suelos de subrasante. También se adjuntan los certificados de ensayos estándar para caracterización física (granulometría, límites de consistencia y clasificación AASHTO y SUCS).

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU
Ing. Elio Alejandro Milla Vergara
INGENIERO CIVIL



b. Características Mecánicas:

- Compactación de Suelos en Laboratorio utilizando una Energía Modificada (2 700 kN-m/m³ - 56 000 pie-lb/pie³) NTP 339.141, MTC E 115-2016
- CBR (Relación de soporte de California) de Suelos Compactados en el Laboratorio NTP 339.145, MTC E 132-2016

Se ha efectuado ensayos de Compactación de suelos en laboratorio utilizando energía modificada y de Relación de soporte de California (CBR) para cada tipo de suelo. Se ha tomado el criterio, de realizar ensayos para materiales similares (basado en la descripción visual manual de suelos y clasificación SUCS y AASHTO). Los resultados de estos ensayos se muestran en el Cuadro N° 03.

Cuadro N° 03. Compactación y CBR de suelos de Subrasante

Calicata	Profundidad (m)	Clasificación		MDS (gr/cm ³)	C.H.O. (%)	CBR (100%)	CBR (95%)
		AASHTO	SUCS				
C-1	1.50	A-2-6(0)	SC	2.17	7.18	32.3	20.8
C-2	1.50	A-2-6(0)	GC	2.13	7.71	51.3	31.1
C-3	1.50	A-2-6(0)	GC	2.17	6.97	18.0	11.5
C-4	1.50	A-2-6(0)	GC	2.20	6.14	58.7	34.6
C-5	1.50	A-2-6(0)	GC	2.16	7.87	44.3	24.6

Los certificados de ensayos de Compactación y CBR se adjuntan en el Anexo D.

Para el diseño de pavimentos, se usará el CBR promedio al 95% de la Máxima Densidad Seca, que en este caso es de: 24.5%.

2.3 PERFIL ESTRATIGRÁFICO

En el terreno materia de estudio, se encuentra presencia mayoritaria de grava arcillosa con arena en el estrato superior, luego arena arcillosa con grava. Según estas características generales, la subrasante se puede considerar bueno para compactabilidad, ligera a media compresibilidad y expansión, baja permeabilidad, por tanto, se considera una subrasante buena. Los perfiles estratigráficos de cada una de las calicatas se adjuntan en el Anexo A.



3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1 CONCLUSIONES

- a) Los materiales encontrados en las calicatas de exploración son preponderantemente grava arcillosa con arena y arena arcillosa con grava.
- b) El material conformado en la estructura no cumple con las especificaciones técnicas de subbase según la Norma Técnica de Edificación CE.010 Pavimentos Urbanos Habilitaciones Urbanas, Componentes Estructurales 2010, por tener exceso de finos y media plasticidad; es conveniente mezclar el material con suelos granulares y/o reducir la plasticidad con el uso de estabilizadores como puede ser la cal.
- c) Se ha realizado la evaluación de la actual superficie de rodadura a nivel de la Subbase, encontrándose un material de relleno en estratos compactos y en algunas profundidades sueltos hasta una profundidad promedio de 1.50 m se evaluó desde nivel de subbase.
- d) En el ensayo DPL-3 (E = 225371, N = 8935042) en la calicata C-4, se puede observar que a las profundidades de 1.80 a 2.10 m. y de 2.70 a 3.10 m, se encuentran menores resistencias a la penetración del cono que indican suelos relativamente sueltos.
- e) Se realizó ensayos de densidad de campo por el método de cono de arena, lo cual fue ensayado en el fondo de las calicatas (por debajo de la profundidad de 1.50 m. desde nivel de subbase), comparado con la compactación (Proctor) realizado en laboratorio, se obtiene resultados de densidad inferiores a 95%.
- f) Los valores de CBR obtenidos para el 95% de máxima densidad seca del ensayo de compactación Proctor, tienen valores variables. Según el Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, aprobado por Resolución Directoral N° 05-2013-MTC/14 del 18-02-2013, se debe usar el CBR promedio de los obtenidos por tanto el CBR de diseño al 95% de la MDS y para una penetración de 0.1" es de: 24.5%.

3.2 RECOMENDACIONES

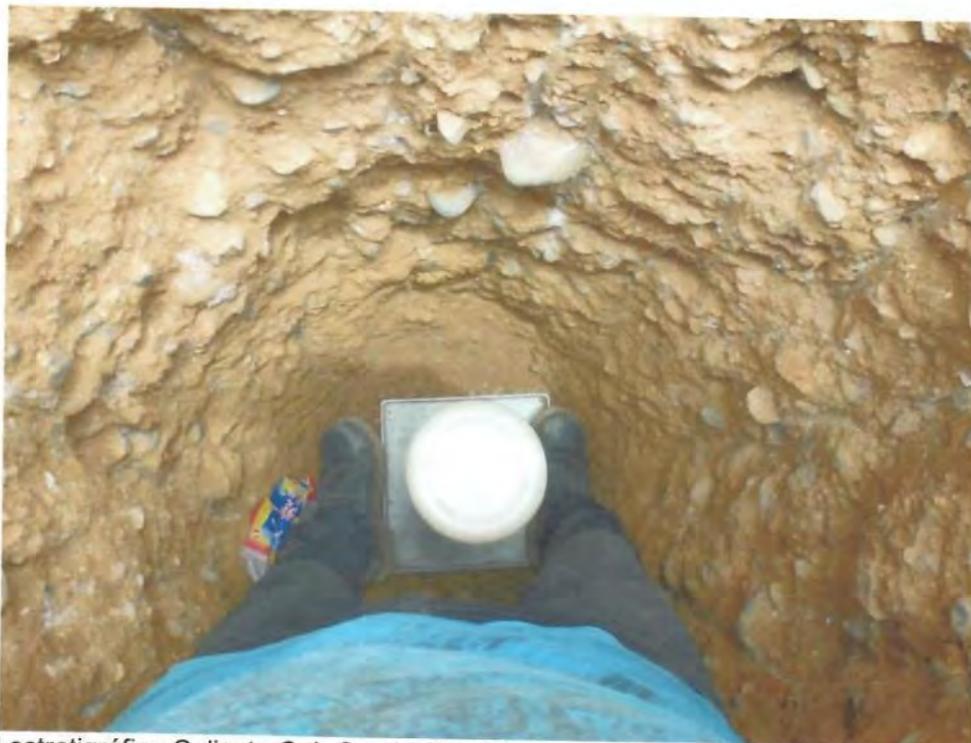
- a) Con fines de obtener el material adecuado que cumpla con los requerimientos de subbase, es necesario realizar la mezcla de suelos y/o usar estabilizadores como puede ser la cal.
- b) Se recomienda programar la ejecución del proyecto en épocas de estiaje por las dificultades de proceso constructivos en épocas de avenida.

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU

Ing. Elto Alejandro Milla Vergara
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. N° 42832



Ubicación Calicata C-1. Se observa el material extraído y ensayo de DPL.



Perfil estratigráfico Calicata C-1. Se observa la grava arcillosa con arena y la ejecución del ensayo de densidad de campo.



Ubicación Calicata C-2-Exterior. Se observa el material extraído con bolonería.



Perfil estratigráfico Calicata C-2. Se observa la grava arcillosa con arena.

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU
Ing. Eljo Alejandro Milla Vergara
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 42832



Ubicación Calicata C-3. Se observa el material extraído.



Perfil estratigráfico Calicata C-3. Se observa la grava arcillosa con arena.





Ubicación Calicata C-4. Se observa el material extraído.



Perfil estratigráfico Calicata C-4. Se observa material con varios estratos y la ejecución del ensayo de densidad de campo.

Calicata C-4. Se observa ensayo de DPL.





Ubicación Calicata C-5. Se observa material extraído.



Perfil estratigráfico Calicata C-5. Se observa la grava arcillosa con arena y ensayo de densidad de campo.



HOJA RESUMEN - ENSAYOS ESTANDAR - CLASIFICACIÓN SUCS

(MTC ANEXO 1, NTP 339.134, NTP 339.135, ASTM D 2487)

Solicitud N° V-014-2018

Proyecto : Centro Comercial Mashuan

Solicita : MISTR S.A.

Lugar : Mashuan - Huaraz - Ancash

Fecha : Marzo 2018

Muestreado por : Y.D.T.

Técnico : Y.D.T.

DATOS DE LA MUESTRA	Progresiva Calicata Muestra Profundidad	C-1	C-1	C-1
		mab-01	mab-02	mab-03
		0.00 - 0.30 m.	0.30 - 1.20 m.	1.20 - 1.50 m.
Porcentaje de material que pasa la malla de porción de material < 3"	3"	100.00	100.00	100.00
	2"	95.84	92.06	93.50
	1 1/2"	88.72	92.06	91.12
	1"	79.70	84.50	86.41
	3/4"	73.01	80.16	81.67
	3/8"	60.23	73.61	72.73
	# 4	51.17	64.24	63.11
	# 10	42.74	53.51	52.99
	# 20	36.39	46.04	46.38
	# 40	29.30	38.18	40.06
# 60	25.29	33.60	36.61	
# 140	18.57	25.32	29.84	
# 200	16.69	22.81	28.04	
Coef. de Uniformidad Cu		--	--	--
Coef. de Curvatura Cc		--	--	--
Porcentaje de Material	Grava	48.83	35.76	36.89
	Arena	34.49	41.42	35.08
	Finos	16.69	22.81	28.04
Mitad de Fracción Gruesa		41.66	38.59	35.98
Limites de Consistencia	L.L.	29.00	31.00	34.00
	L.P.	12.00	17.00	17.00
	I.P.	17.00	14.00	17.00
Humedad Natural (%)		9.07	6.82	7.65
Indice de Grupo	IG - LL	-2.66	-1.89	-1.18
	IG - IP	0.12	0.31	0.91
	Indice de Grupo	0	0	0
Clasificación AASTHO		A-2-6(0)	A-2-6(0)	A-2-6(0)
Clasificación SUCS		GC	SC	GC
Descripción		Grava arcillosa con arena	Arena arcillosa con grava	Grava arcillosa con arena

Ing. Elio Alejandro Iñitia Vergara



HOJA RESUMEN - ENSAYOS ESTANDAR - CLASIFICACIÓN SUCS
(NTP 339.134, ASTM D 2487, MTC ANEXO 1)

Solicitud N° **V-014-2018**

UBICACIÓN DE PUNTOS EN LA CARTA DE PLASTICIDAD

Proyecto : Centro Comercial Mashuan

Solicita : MISTR S.A.

Lugar : Mashuan - Huaraz - Ancash

Fecha : Marzo 2018

Muestreado por : Y.D.T.

Técnico : Y.D.T.

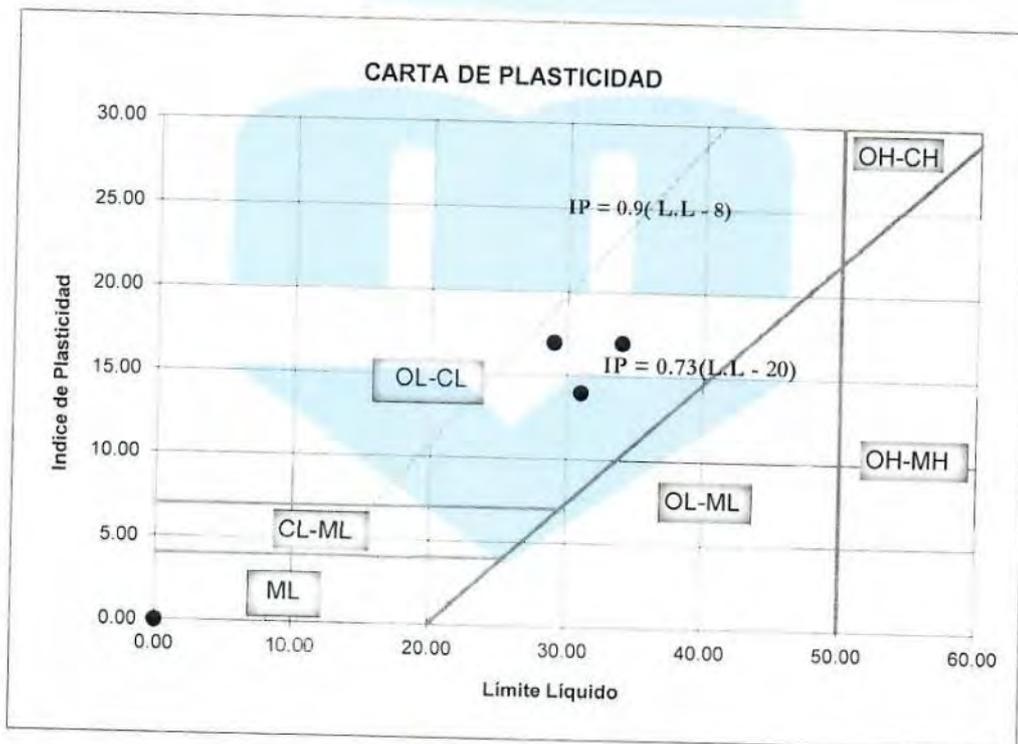
Cantera : -.-

Calicata : C-1

DATOS DE LA MUESTRA

Progresiva : -.-

Profundidad : 0.00 - 1.50 m.



COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU
Ing. Elio Alejandro Milla Vergara
INGENIERO CIVIL
REG. GIP N° 42882



CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO
 (MTC E 108, NTP 339.127, ASTM D 2216)

Solicitud N° **V-014-2018**

Proyecto : Centro Comercial Mashuan

Solicita : MISTR S.A.

Lugar : Mashuan - Huaraz - Ancash

Fecha : Marzo 2018

Muestreado por : Y.D.T.

Técnico : Y.D.T.

DATOS DE LA MUESTRA

Cantera : --

Progresiva : --

Material : Subrasante

Calicata : C-1

Muestra : mab-01

Profundidad : 0.00 - 0.30 m.

DESCRIPCION		M - 1	M - 2
Peso Suelo Húmedo + Contenedor	Mcws	215.39	213.99
Peso Suelo Seco + Contenedor	Mcs	200.98	199.35
Peso Contenedor	Mc	39.14	40.70
Peso Suelo Seco (Mw=Mcws-Mcs)	Mw	161.84	158.65
Peso del Agua (Ms=Mcws-Mc)	Ms	14.41	14.64
Contenido de Humedad (w=Mw/Ms)	w	8.90	9.23

Humedad Promedio (%)	9.07
-----------------------------	-------------

Proyecto : Centro Comercial Mashuan

Solicita : MISTR S.A.

Lugar : Mashuan - Huaraz - Ancash

Fecha : Marzo 2018

Muestreado por : Y.D.T.

Técnico : Y.D.T.

DATOS DE LA MUESTRA

Cantera : --

Progresiva : --

Material : Subrasante

Calicata : C-1

Muestra : mab-02

Profundidad : 0.30 - 1.20 m.

DESCRIPCION		M - 1	M - 2
Peso Suelo Húmedo + Contenedor	Mcws	221.08	209.52
Peso Suelo Seco + Contenedor	Mcs	210.01	198.03
Peso Contenedor	Mc	36.58	39.64
Peso Suelo Seco (Mw=Mcws-Mcs)	Mw	173.43	158.39
Peso del Agua (Ms=Mcws-Mc)	Ms	11.07	11.49
Contenido de Humedad (w=Mw/Ms)	w	6.38	7.25

Humedad Promedio (%)	6.82
-----------------------------	-------------



COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU

Ing. Elio Alejandro Milla Vergara
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 55432



CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO
(MTC E 108, NTP 339.127, ASTM D 2216)

Solicitud N° **V-014-2018**

Proyecto : Centro Comercial Mashuan

Solicita : MISTR S.A.

Lugar : Mashuan - Huaraz - Ancash

Fecha : Marzo 2018

Muestreado por : Y.D.T.

Técnico : Y.D.T.

Cantera : --

Calicata : C-1

DATOS DE LA MUESTRA

Progresiva : --

Muestra : mab-03

Material : Subrasante

Profundidad : 1.20 - 1.50 m.

DESCRIPCION		M - 1	M - 2
Peso Suelo Húmedo + Contenedor	Mcws	218.76	212.46
Peso Suelo Seco + Contenedor	Mcs	205.64	200.13
Peso Contenedor	Mc	37.12	36.16
Peso Suelo Seco (Mw=Mcws-Mcs)	Mw	168.52	163.97
Peso del Agua (Ms=Mcws-Mc)	Ms	13.12	12.33
Contenido de Humedad (w=Mw/Ms)	w	7.79	7.52

Humedad Promedio (%)	7.65
-----------------------------	-------------

 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU
Ing. Elio Alejandro Milla Vergara
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 42832



EMV LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS
 LABORATORIO QUÍMICO DE SUELOS Y AGUAS
 OBRAS Y PROYECTOS DE INGENIERÍA
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
 (MTC E 107, NTP 339.128, ASTM D 422)

Proyecto : Centro Comercial Mashuan

Solicitud N° V-014-2018

Solicita : MISTR S.A.
 Lugar : Mashuan - Huaraz - Ancash

Fecha : Marzo 2018
 Muestreado por : Y.D.T.
 Técnico : Y.D.T.

DATOS DE LA MUESTRA

Cantera : --
 Calicata : C-1

Progresiva : --
 Muestra : mab-01

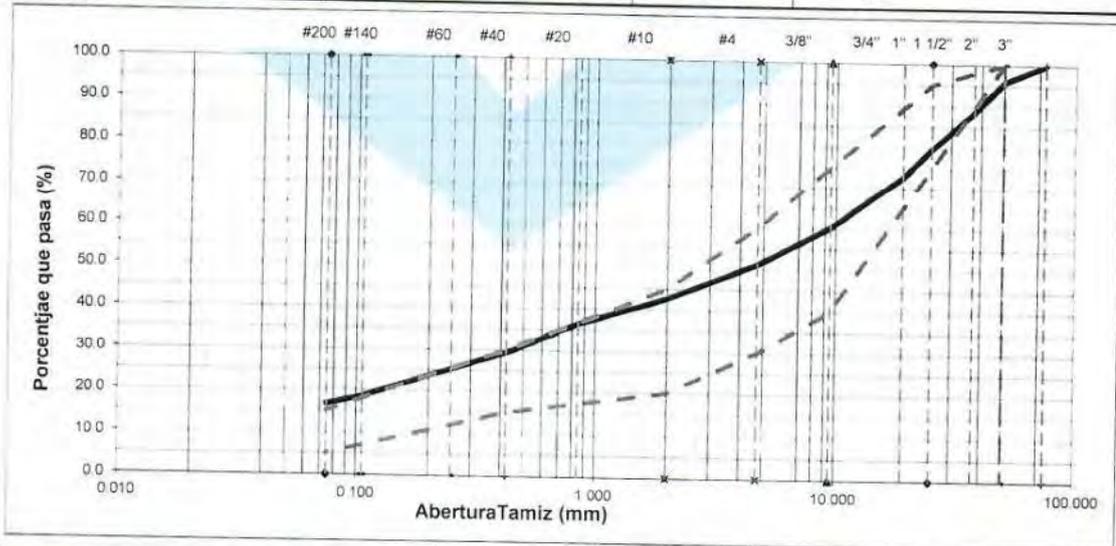
Material : Subrasante
 Tamaño Máximo: 2"

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Masa Inicial Seca (gr) = 5735.40
 Masa Lavada y Seca (gr) = 4778.36
 Masa Retenido 3"(gr) = 0.00

Porción de masa que pasa tamiz N° 10 (gr) = 150.1
 Masa de Material Grueso (gr) = 3284.00
 % que pasa N° 200 = 16.69

Abertura de Tamices		RETENIDO EN CADA TAMIZ		PORCENTAJE ACUMULADO		Especificación CE 010 2010 Gradación "B"
ASTM	mm	Masa (gr)	%	Retenido	Que pasa	
3"	75.000	0.00	0.00	0.0	100.0	
2"	50.000	238.60	4.16	4.2	95.8	100
1 1/2"	37.500	408.30	7.12	11.3	88.7	
1"	25.000	517.30	9.02	20.3	79.7	75 - 95
3/4"	19.000	384.00	6.70	27.0	73.0	
3/8"	9.500	732.50	12.77	39.8	60.2	40 - 75
# 4	4.750	519.80	9.06	48.8	51.2	30 - 60
# 10	2.000	483.50	8.43	57.3	42.7	20 - 45
# 20	0.850	22.30	6.35	63.6	36.4	
# 40	0.425	24.90	7.09	70.7	29.3	15 - 30
# 60	0.250	14.10	4.02	74.7	25.3	
# 140	0.106	23.60	6.72	81.4	18.6	
# 200	0.075	6.60	1.88	83.3	16.7	5 - 15
< 200	Fondo	58.60	16.69	100.0	0.0	



% GRAVA	48.83	% Gruesa	26.99	D60 (mm) =	9.377
		% Fina	21.83	D30 (mm) =	0.467
% ARENA	34.49	% Gruesa	8.43	D10 (mm) =	0.000
		% Media	13.44	Coef. Unif. (Cu) =	--
		% Fina	12.61	Coef. Conc. (Cc) =	
% FINOS	16.69				

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU



EMV LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS
 LABORATORIO QUÍMICO DE SUELOS Y AGUAS
 OBRAS Y PROYECTOS DE INGENIERÍA
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
 (MTC E 107, NTP 339.128, ASTM D 422)

Proyecto : Centro Comercial Mashuan

Solicitud N° V-014-2018

Solicita : MISTR S.A.

Fecha : Marzo 2018

Lugar : Mashuan - Huaraz - Ancash

Muestreado por : Y.D.T.

Técnico : Y.D.T.

DATOS DE LA MUESTRA

Cantera : --

Progresiva : --

Material : Subrasante

Calicata : C-1

Muestra : mab-02

Tamaño Máximo: 2"

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Masa Inicial Seca (gr) = 4120.40

Porción de masa que pasa tamiz N° 10 (gr) = 129.9

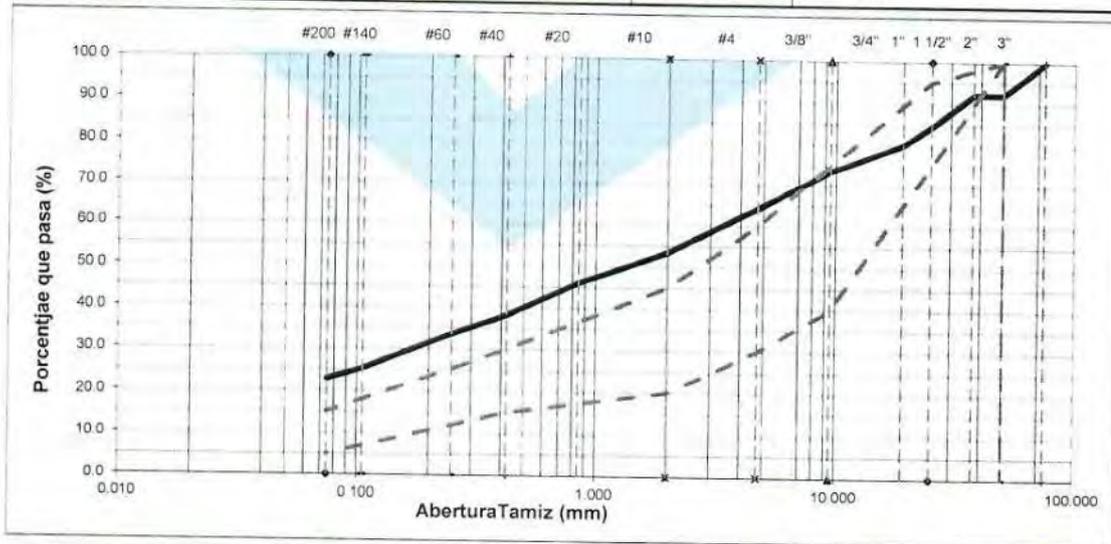
Masa Lavada y Seca (gr) = 3180.47

Masa de Material Grueso (gr) = 1915.70

Masa Retenido 3"(gr) = 0.00

% que pasa N° 200 = 22.81

Abertura de Tamices		RETENIDO EN CADA TAMIZ		PORCENTAJE ACUMULADO		Especificación CE 010 2010 Gradación "B"
ASTM	mm	Masa (gr)	%	Retenido	Que pasa	
3"	75.000	0.00	0.00	0.0	100.0	
2"	50.000	327.20	7.94	7.9	92.1	100
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	7.9	92.1	
1"	25.000	311.40	7.56	15.5	84.5	75 - 95
3/4"	19.000	178.90	4.34	19.8	80.2	
3/8"	9.500	269.90	6.55	26.4	73.6	40 - 75
# 4	4.750	386.20	9.37	35.8	64.2	30 - 60
# 10	2.000	442.10	10.73	46.5	53.5	20 - 45
# 20	0.850	18.12	7.46	54.0	46.0	
# 40	0.425	19.10	7.87	61.8	38.2	15 - 30
# 60	0.250	11.10	4.57	66.4	33.6	
# 140	0.106	20.10	8.28	74.7	25.3	
# 200	0.075	6.10	2.51	77.2	22.8	5 - 15
< 200	Fondo	55.38	22.81	100.0	0.0	



% GRAVA	35.76	% Gruesa :	19.84	D60 (mm) =	3.664
		% Fina :	15.92	D30 (mm) =	0.187
% ARENA	41.42	% Gruesa :	10.73	D10 (mm) =	0.000
		% Media :	15.33	Coef. Unif. (Cu) =	--
		% Fina :	15.36	Coef. Conc. (Cc) =	--
% FINOS	22.81				

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU



EMV LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS
 LABORATORIO QUÍMICO DE SUELOS Y AGUAS
 OBRAS Y PROYECTOS DE INGENIERÍA
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
 (MTC E 107, NTP 339.128, ASTM D 422)

Proyecto : Centro Comercial Mashuan

Solicitud N° V-014-2018

Solicita : MISTR S.A.

Fecha : Marzo 2018

Lugar : Mashuan - Huaraz - Ancash

Muestreado por : Y.D.T.

Técnico : Y.D.T.

DATOS DE LA MUESTRA

Cantera : -.-

Progresiva : -.-

Material : Subrasante

Calicata : C-1

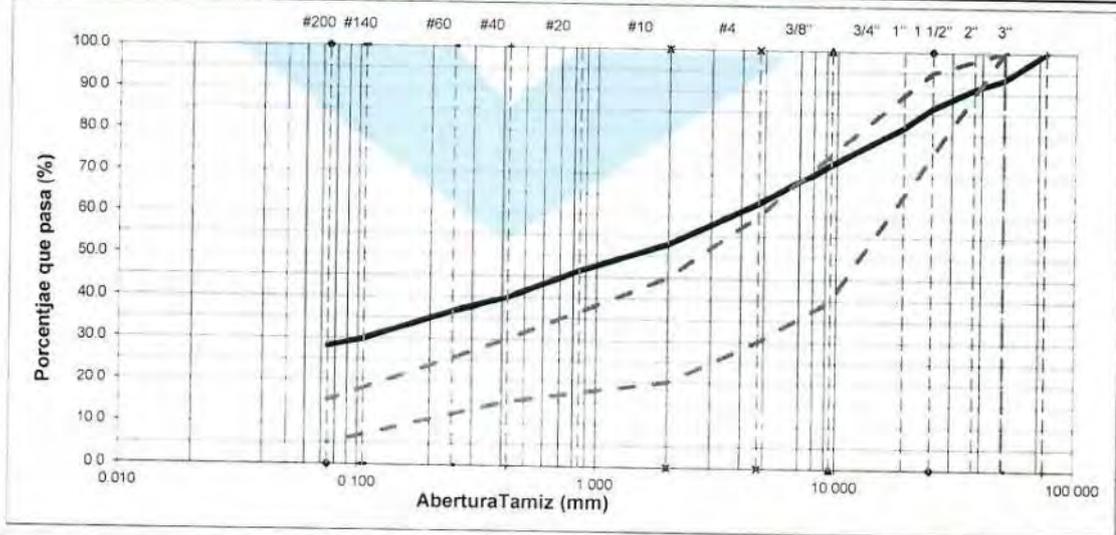
Muestra : mab-03

Tamaño Máximo: 2"

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Masa Inicial Seca (gr) = 4300.80 Porción de masa que pasa tamiz N° 10 (gr) = 129.1
 Masa Lavada y Seca (gr) = 3095.05 Masa de Material Grueso (gr) = 2021.70
 Masa Retenido 3"(gr) = 0.00 % que pasa N° 200 = 28.04

Abertura de Tamices	RETENIDO EN CADA TAMIZ		PORCENTAJE ACUMULADO		Especificación CE 010 2010 Gradación "B"		
	ASTM	mm	Masa (gr)	%		Retenido	Que pasa
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	0.0	100.0	
2"	50.000	279.50	6.50	6.5	6.5	93.5	100
1 1/2"	37.500	102.60	2.39	8.9	8.9	91.1	
1"	25.000	202.40	4.71	13.6	13.6	86.4	75 - 95
3/4"	19.000	203.90	4.74	18.3	18.3	81.7	
3/8"	9.500	384.30	8.94	27.3	27.3	72.7	40 - 75
# 4	4.750	413.70	9.62	36.9	36.9	63.1	30 - 60
# 10	2.000	435.30	10.12	47.0	47.0	53.0	20 - 45
# 20	0.850	16.10	6.61	53.6	53.6	46.4	
# 40	0.425	15.40	6.32	59.9	59.9	40.1	15 - 30
# 60	0.250	8.40	3.45	63.4	63.4	36.6	
# 140	0.106	16.50	6.77	70.2	70.2	29.8	
# 200	0.075	4.40	1.81	72.0	72.0	28.0	5 - 15
< 200	Fondo	68.30	28.04	100.0	100.0	0.0	



% GRAVA	36.89	% Gruesa	18.33	D60 (mm) =	3.904
		% Fina	18.55	D30 (mm) =	0.109
% ARENA	35.08	% Gruesa	10.12	D10 (mm) =	0.000
		% Media	12.93	Coef. Unif. (Cu) =	-.-
		% Fina	12.03	Coef. Conc. (Cc) =	-.-
% FINOS	28.04				



LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS
 (MTC E 110 y MTC E 111, NTP 339.129, ASTM D 4318)

Proyecto : Centro Comercial Mashuan

Solicitud N° V-014-2018

Solicita : MISTR S.A.

Fecha : Marzo 2018

Lugar : Mashuan - Huaraz - Ancash

Muestreado por : Y.D.T.

Técnico : Y.D.T.

DATOS DE LA MUESTRA

Cantera : --

Progresiva : --

Material : Subrasante

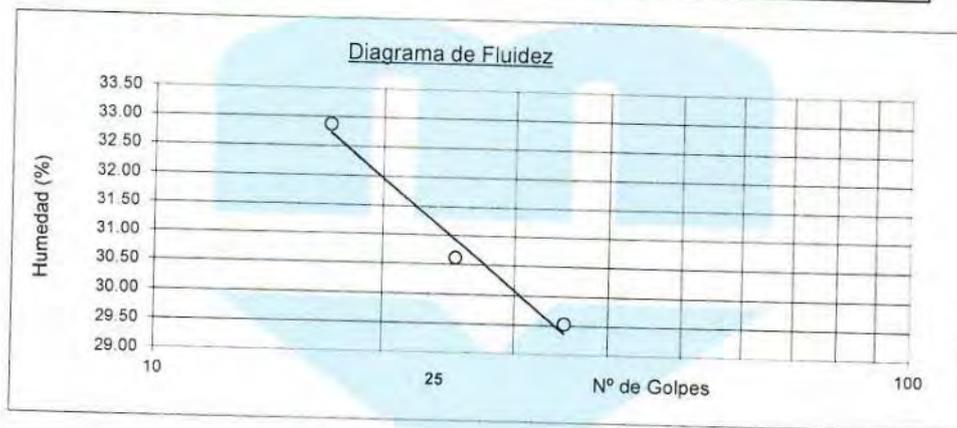
Calicata : C-1

Muestra : mab-02

Profundidad : 0.30 - 1.20 m.

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO

N° de golpes	17	25	35
P. Suelo Húmedo+Rec.	26.05	25.70	26.74
P. Suelo Seco+Rec.	23.69	23.45	24.44
Peso del Recipiente	16.51	16.10	16.65
Peso Suelo Seco	7.18	7.35	7.79
Peso del Agua	2.36	2.25	2.30
C. de Humedad %	32.87	30.61	29.53



DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO

P. Suelo Húmedo+Rec.	24.08	23.89
P. Suelo Seco+Rec.	22.71	22.62
Peso del Recipiente	14.62	15.08
Peso Suelo Seco	8.09	7.54
Peso del Agua	1.37	1.27
C. de Humedad %	16.93	16.84

Limite Liquido = 31.0

Limite Plástico = 17.0

Índice Plasticidad = 14.0

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU

 Ing. Elio Alejandro Milfa Vergara
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 42832



LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS
 (MTC E 110 y MTC E 111, NTP 339.129, ASTM D 4318)

Proyecto : Centro Comercial Mashuan

Solicitud N° V-014-2018

Solicita : MISTR S.A.

Fecha : Marzo 2018

Lugar : Mashuan - Huaraz - Ancash

Muestreado por : Y.D.T.

Técnico : Y.D.T.

DATOS DE LA MUESTRA

Cantera : --

Progresiva : --

Material : Subrasante

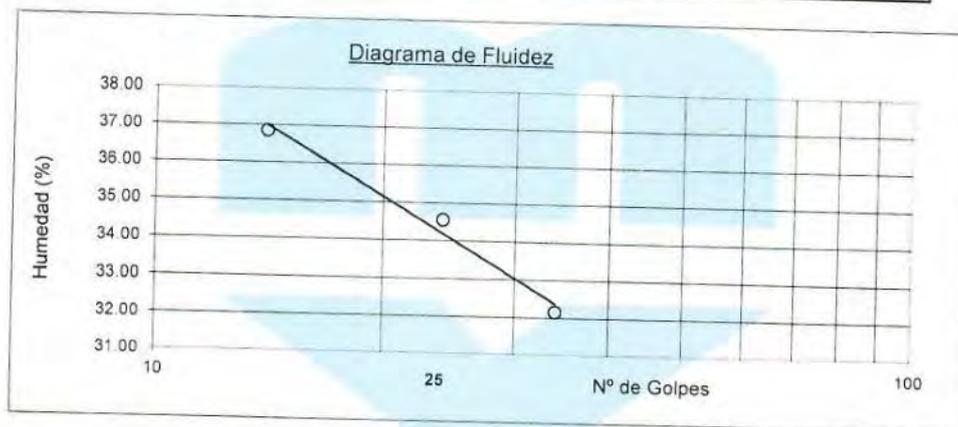
Calicata : C-1

Muestra : mab-03

Profundidad : 1.20 - 1.50 m.

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO

N° de golpes	14	24	34
P. Suelo Húmedo+Rec.	35.26	33.49	36.81
P. Suelo Seco+Rec.	30.23	29.04	31.87
Peso del Recipiente	16.58	16.16	16.51
Peso Suelo Seco	13.65	12.88	15.36
Peso del Agua	5.03	4.45	4.94
C. de Humedad %	36.85	34.55	32.16



DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO

P. Suelo Húmedo+Rec.	24.44	24.43
P. Suelo Seco+Rec.	23.07	22.94
Peso del Recipiente	15.18	14.34
Peso Suelo Seco	7.89	8.60
Peso del Agua	1.37	1.49
C. de Humedad %	17.36	17.33

Limite Líquido = 34.0

Limite Plástico = 17.0

Indice Plasticidad = 17.0



COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ

Ing. Elio Alejandro Milla Vergara
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 42822



REGISTRO DE SONDAJE - DESCRIPCIÓN VISUAL MANUAL DE SUELOS
 (NTP 339.150, ASTM D-2487)

Solicitud N° **V-014-2018**

REGISTRO DE SONDAJE

Proyecto : Centro Comercial Mashuan
 Solicitado : MISTR S.A.
 Lugar : Mashuan - Huaraz - Ancash
 Calicata : C-1
 Progresiva : -,-
 Tipo de Sondaje : Cielo Abierto

Fecha : Marzo 2018
 Muestreado por : Y.D.T.
 Técnico : Y.D.T.
 Nivel Freático : N.E.

PROFUND. (m)	ESPESOR ESTRATO (m)	MUESTRAS OBTENIDAS	SIMBOLO GRAFICO	CLASIFIC. AASHTO/SUCS	DESCRIPCION DEL MATERIAL
0.30	0.30	mab-01		A-2-6(0)	Grava arcillosa con arena, con presencia de bolonería en 1%, TM = 100 mm. con grava gruesa subredondeada dura en 50%, arena media subredondeada en 35% y finos de media plasticidad en 15%, media resistencia en estado seco, dilatancia lenta, media tenacidad color marrón claro, sin olor, humedad baja, estructura estratificada, cementación moderada.
0.30				GC	
0.90	0.90	mab-02		A-2-6(0)	Arena arcillosa con grava, sin presencia de bolonería, con grava gruesa subredondeada dura en 35%, arena media subredondeada en 40% y finos de media plasticidad en 25%, media resistencia en estado seco, dilatancia lenta, media tenacidad color amarillo claro, sin olor, humedad baja, estructura estratificada, cementación débil.
1.20				SC	
1.50	0.30	mab-03		A-2-6(0)	Grava arcillosa con arena, con presencia de bolonería en 2%, TM = 120 mm. con grava gruesa subredondeada dura en 35%, arena media subredondeada en 35% y finos de media plasticidad en 30%, media resistencia en estado seco, dilatancia lenta, media tenacidad color crema claro, sin olor, humedad baja, estructura estratificada, cementación moderada.
1.50				GC	

OBSERVACIONES:



COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU



EMV LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS
 LABORATORIO QUÍMICO DE SUELOS Y AGUAS
 OBRAS Y PROYECTOS DE INGENIERÍA

Obra : Centro Comercial Mashuan
 Solicitado : MISTR S.A.
 Lugar : Mashuan - Huaraz - Ancash
 Técnico : Y.D.T.
 Fecha : 16/03/2018

DENSIDAD IN SITU POR EL METODO DEL CONO DE ARENA ASTM D-1556, AASHTO T 191, MTC E117-2000

Solicitud N° V-014-2018

Item	Descripción	Und.	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3
Calicata			C-1	C-4	C-5
Tramo/Ubicación			Fondo de la calicata	Fondo de la calicata	Fondo de la calicata
	Coordenadas: Sistema PSAD 56	Norte	8935134.00	8935042.00	8935030.00
		Este	225446.00	225371.00	225416.00
	Cota	(m.s.n.m.)	--	--	--
	Estrato		Subrasante	Subrasante	Subrasante
1	Peso del suelo húmedo + recipiente	(gr)	5971.00	4984.50	4636.50
2	Peso del recipiente	(gr)	5.00	5.00	5.00
3	Peso del suelo húmedo (1)-(2)	(gr)	5966.00	4979.50	4631.50
4	Peso del cono + Arena	(gr)	8226.00	8068.00	7831.50
5	Peso del cono y la arena que queda	(gr)	2911.00	3342.00	3267.50
6	Peso de la arena del cono inferior	(gr)	1310.80	1310.80	1310.80
7	Peso de la arena en el hueco (4)-(5)-(6)	(gr)	4004.20	3415.20	3253.20
8	Densidad de la Arena	(gr/cm ³)	1.388	1.388	1.388
9	Volumen del hueco (7)/(8)	(cm ³)	2884.87	2460.52	2343.80
10	Peso de la grava secada al aire	(gr)	125.00	1706.00	637.00
11	Volumen de la grava por desplazamiento	(cm ³)	46.53	638.95	237.69
12	Peso del suelo (3)-(10)	(gr)	5841.00	3273.50	3994.50
13	Volumen del suelo (9)-(10)	(cm ³)	2838.34	1821.57	2106.12
14	Densidad del Suelo Húmedo (3)/(9)	(gr/cm ³)	2.06	1.80	1.90
15	Humedad Contenida del Suelo	(%)	6.89	7.20	7.57
	Equipo de contenido de humedad		Horno	Horno	Horno
	Peso suelo húmedo + recipiente	(gr)	234.56	200.32	213.45
	Peso suelo seco + recipiente	(gr)	221.12	188.43	200.12
	Peso de recipiente	(gr)	26.05	23.30	24.00
16	Densidad del suelo seco (10)/((11)+100)	(gr/cm ³)	1.93	1.68	1.76
17	Maxima Densidad determinada en la Curva	(gr/cm ³)	2.17	2.20	2.16
18	Porcentaje de Compactación (12)x100/(13)	(%)	88.57	76.20	81.63
19	Profundidad de Ensayo	(cm)			

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU
 Ing. Ello Alejandro Milla Vergara
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 48022

Nota: * El ensayo se realizó en el fondo de las calicatas a 1.50 m. de profundidad medida desde el punto de partida.



GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SOLIDOS
 ASTM C29, NTP 400.021

Solicitud N° V-014-2018

Proyecto : Centro Comercial Mashuan

Solicitado : MISTR S.A.

Lugar : Mashuan - Huaraz - Ancash

Fecha : Marzo 2018

Muestreado por : Y.D.T.

Tecnico : Y.D.T.

DATOS DE LA MUESTRA

Cantera : -.-

Calicata : C-1

Material : Subrasante

Progresiva : -.-

Muestra : mab-02

Profundidad : 0.30 - 1.20 m.

Agregado	GRUESO	
	2"	2"
Tamaño máximo de la muestra	2"	2"
Tipo de frasco utilizado	Cesta	Cesta
Masa del frasco dentro del agua (gr) (A)	1000.00	1000.00
Masa de la muestra saturada superficialmente seca (gr) (B)	1613.27	1619.03
Masa de la muestra saturada dentro del agua + frasco (gr) (C)	2014.44	2014.72
Masa de la muestra seca (gr) (D)	1602.63	1608.24
Masa de la muestra saturada dentro del agua (gr) (E)	1014.44	1014.72
Gravedad Especifica B/(B-E)	2.69	2.68
Gravedad Especifica Promedio	2.69	
Gravedad Especifica Aparente, $Gea = D/(D - C)$	2.72	2.71
Densidad Aparente, $Da = 0.9975D/(D-E)$	2.72	2.70
Densidad Aparente Promedio, Da	2.71	

Observación:


 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU
Ing. Elio Mejandro Milla Vergara
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 40830



EMV LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS
 LABORATORIO QUÍMICO DE SUELOS Y AGUAS
 OBRAS Y PROYECTOS DE INGENIERÍA

CBR (Relación de soporte de California) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO
 (MTC E 132, NTP 339.145, ASTM D 1883)

Proyecto : Centro Comercial Mashuan
 Solicitado : MISTR S.A.
 Lugar : Mashuan - Huaraz - Ancash

Solicitud N° V-014-2018

Fecha de Ensayo : 20/03/2018
 Muestreado por : Y.D.T.
 Técnico : Y.D.T.

DATOS DE LA MUESTRA

Calicata : C-1
 Muestra : mab-02
 Material : Subrasante

Progresiva : --
 Clasif. (SUCS) : SC
 Clasif. (AASHTO) : A-2-6(0)

PREPARACIÓN DEL ESPECIMEN (COMPACTACION)						
Compactación :	Modificado		Método: C			
Molde N°	1		2		3	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	55		26		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12966.7	13040.6	12826.1	12943.2	12594.7	12795.5
Peso de molde (g)	7929.8	7929.8	7994.1	7994.1	8042.9	8042.9
Peso del suelo húmedo (g)	5036.9	5110.8	4832.0	4949.1	4551.8	4752.6
Volumen del molde (cm ³)	2134.3	2134.3	2123.1	2123.1	2125.7	2125.7
Peso Unitario húmedo (g/cm ³)	2.36	2.39	2.28	2.33	2.14	2.24
Contenido de Humedad						
Peso suelo húmedo + recipiente (g)	240.15	259.94	253.65	255.86	245.83	272.44
Peso suelo seco + recipiente (g)	225.59	242.80	237.56	237.69	229.57	248.77
Peso del recipiente (g)	22.44	24.19	21.28	22.44	24.19	21.28
Peso de agua (g)	14.56	17.14	16.09	18.17	16.26	23.67
Peso de suelo seco (g)	203.15	218.61	216.28	215.25	205.38	227.49
Contenido de humedad (%)	7.17	7.84	7.44	8.44	7.92	10.40
Peso Unitario seco (g/cm ³)	2.20	2.22	2.12	2.15	1.98	2.03

Datos del Ensayo Proctor Modificado Peso Unitario Seco = 2.174 gr/cm³ C.H.O. = 7.18 %

Sobrecarga de saturación = 4.54 Kg											
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
20/03/2018	12:00	0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0
21/03/2018	12:00	24	0.024	0.006	0.0	0.028	0.007	0.0	0.041	0.010	0.0
22/03/2018	12:30	48	0.027	0.007	0.0	0.028	0.007	0.0	0.041	0.010	0.0
23/03/2018	11:50	72	0.028	0.007	0.0	0.029	0.007	0.0	0.042	0.011	0.0
24/03/2018	11:50	96	0.028	0.007	0.0	0.029	0.007	0.0	0.042	0.011	0.0

Sobrecarga de penetración = 4.54 Kg													
PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE N°				MOLDE N°				MOLDE N°			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.625		12	73.9			10	66.8			6	52.5		
1.250		41	177.7			35	156.2			16	88.2		
1.875		74	295.7			65	263.5			25	120.4		
2.540	70.31	110	424.5	481.3	34.9	102	395.9	369.4	26.8	31	141.9	144.4	10.5
5.080	105.46	262	968.3	948.4	45.8	174	653.5	633.4	30.6	49	206.3	211.6	10.2
7.500		360	1318.9			210	782.3			60	245.6		
10.000		436	1590.8			245	907.5			70	281.4		
12.500		502	1826.9			273	1007.7			90	353.0		

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU
Ing. Elio Alejandro Milla Vergara
 INGENIERO CIVIL
 REG. OIP N° 42889



RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
 (MTC E 132-2000, NTP, ASTM D 1883,)

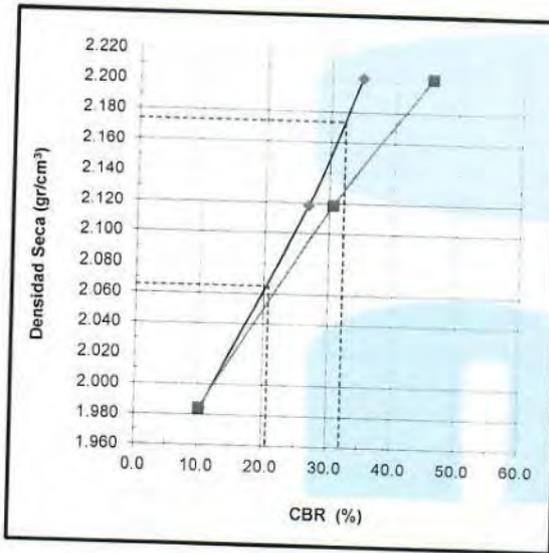
Proyecto : Centro Comercial Mashuan
 Solicitado : MISTR S.A.
 Lugar : Mashuan - Huaraz - Ancash
 Calicata : C-1
 Muestra : mab-02
 Material : Subrasante

Solicitud N° V-014-2018

Fecha : 24/03/2018
 Muestreado por : Y.D.T.
 Técnico : Y.D.T.

DATOS DE LA MUESTRA

Progresiva : -
 Clasif. (SUCS) : SC
 Clasif. (AASHTO) : A-2-6(0)



METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 2.17
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 7.18
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 2.07

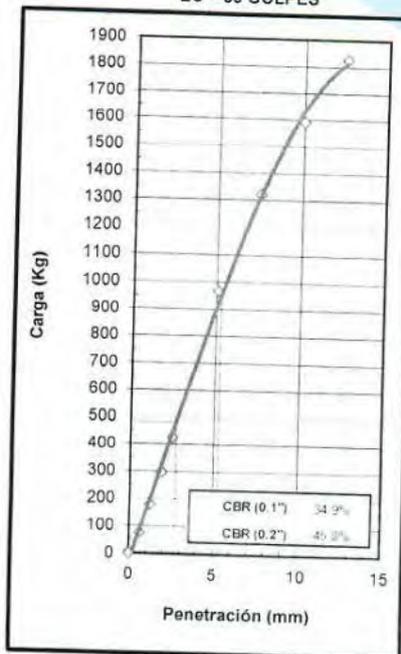
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1": 32.3	0.2": 40.4
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1": 20.8	0.2": 21.9

RESULTADOS:

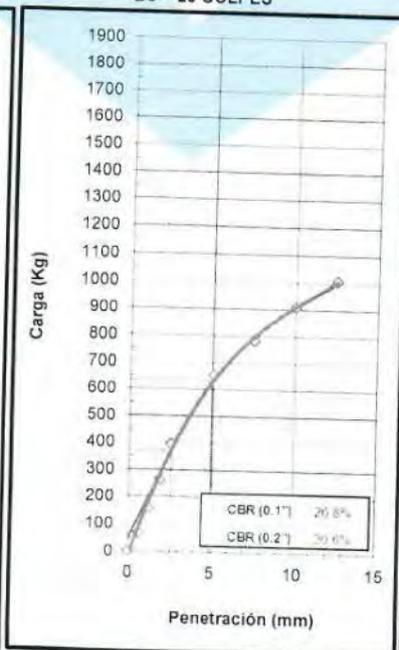
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 32.3 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 20.8 (%)

OBSERVACIONES:

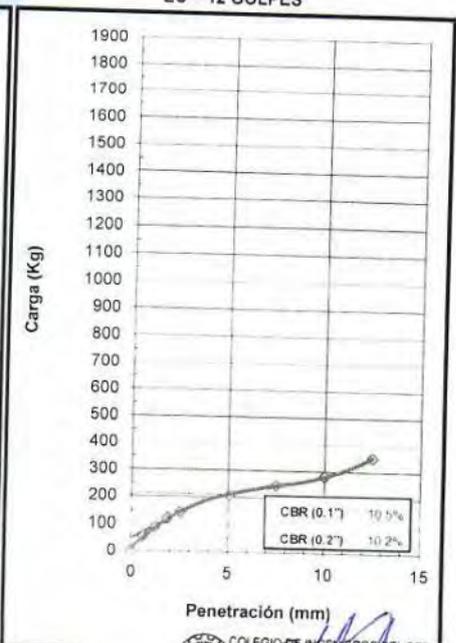
EC = 55 GOLPES



EC = 26 GOLPES



EC = 12 GOLPES





HOJA RESUMEN - ENSAYOS ESTANDAR - CLASIFICACIÓN SUCS

(MTC ANEXO 1, NTP 339.134, NTP 339.135, ASTM D 2487)

Solicitud N° V-014-2018

Proyecto : Centro Comercial Mashuan

Solicita : MISTR S.A.

Lugar : Mashuan - Huaraz - Ancash

Fecha : Marzo 2018

Muestreado por : Y.D.T.

Técnico : Y.D.T.

DATOS DE LA MUESTRA		Progresiva Calicata Muestra Profundidad	-.- C-2 mab-01 0.70 - 1.50 m.
Porcentaje de material que pasa la malla de porción de material < 3"	3"		100.00
	2"		87.03
	1 1/2"		75.50
	1"		71.86
	3/4"		63.68
	3/8"		55.26
	# 4		47.55
	# 10		40.56
	# 20		36.00
	# 40		30.27
	# 60		26.54
# 140		18.76	
# 200		16.73	
Coef. de Uniformidad Cu			--
Coef. de Curvatura Cc			--
Porcentaje de Material	Grava		52.45
	Arena		30.82
	Finos		16.73
Mitad de Fracción Gruesa			41.64
Limites de	L.L.		28.00
	L.P.		16.00
Consistencia	I.P.		12.00
Humedad Natural (%)			10.08
Indice de Grupo	IG - LL		-2.56
	IG - IP		0.03
	Indice de Grupo		0
Clasificación AASTHO			A-2-6(0)
Clasificación SUCS			GC
Descripción			Grava arcillosa con arena


 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU
Ing. Elio Alejandro Milla Vergara
 INGENIERO CIVIL



HOJA RESUMEN - ENSAYOS ESTANDAR - CLASIFICACIÓN SUCS
(NTP 339.134, ASTM D 2487, MTC ANEXO 1)

Solicitud N° **V-014-2018**

UBICACIÓN DE PUNTOS EN LA CARTA DE PLASTICIDAD

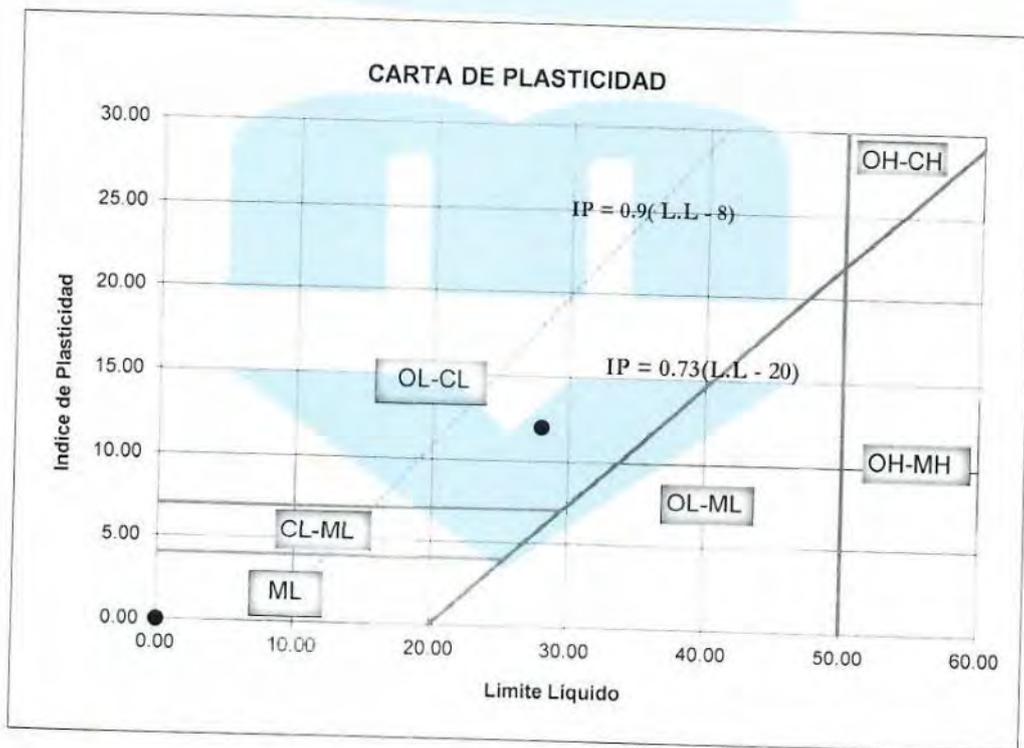
Proyecto : Centro Comercial Mashuan
Solicita : MISTR S.A.
Lugar : Mashuan - Huaraz - Ancash

Fecha : Marzo 2018
Muestreado por : Y.D.T.
Técnico : Y.D.T.

Cantera : --
Calicata : C-2

DATOS DE LA MUESTRA

Progresiva : --
Profundidad : 0.00 - 1.50 m.



COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU
Ing. Elfo Alejandro Milla Vergara
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 42832



CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO
(MTC E 108, NTP 339.127, ASTM D 2216)

Solicitud N° **V-014-2018**

Proyecto : Centro Comercial Mashuan

Solicita : MISTR S.A.

Lugar : Mashuan - Huaraz - Ancash

Fecha : Marzo 2018

Muestreado por : Y.D.T.

Técnico : Y.D.T.

Cantera : --

DATOS DE LA MUESTRA

Progresiva : --

Muestra : mab-01

Material : Subrasante

Profundidad : 0.70 - 1.50 m.

Calicata : C-2

DESCRIPCION		M - 1	M - 2
Peso Suelo Húmedo + Contenedor	Mcws	193.83	202.04
Peso Suelo Seco + Contenedor	Mcs	178.87	187.90
Peso Contenedor	Mc	37.50	40.25
Peso Suelo Seco (Mw=Mcws-Mcs)	Mw	141.37	147.65
Peso del Agua (Ms=Mcws-Mc)	Ms	14.96	14.14
Contenido de Humedad (w=Mw/Ms)	w	10.58	9.58

Humedad Promedio (%)	10.08
-----------------------------	--------------



COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU

Ing. Elio Alejandro Milla Vergara
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 42832



EMV LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS
 LABORATORIO QUÍMICO DE SUELOS Y AGUAS
 OBRAS Y PROYECTOS DE INGENIERÍA
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
 (MTC E 107, NTP 339.128, ASTM D 422)

Proyecto : Centro Comercial Mashuan

Solicitud N° V-014-2018

Solicita : MISTR S.A.
 Lugar : Mashuan - Huaraz - Ancash

Fecha : Marzo 2018
 Muestreado por : Y.D.T.
 Técnico : Y.D.T.

Cantera : --
 Calicata : C-2

DATOS DE LA MUESTRA

Progresiva : --

Muestra : mab-01

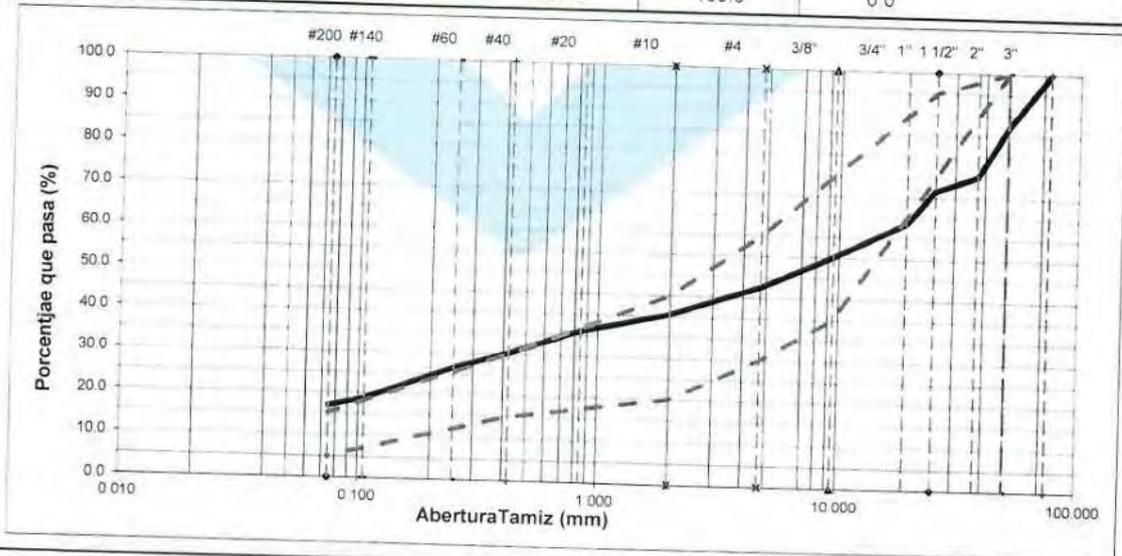
Material : Subrasante
 Tamaño Máximo: 2"

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Masa Inicial Seca (gr) = 4612.30
 Masa Lavada y Seca (gr) = 3840.72
 Masa Retenido 3"(gr) = 0.00

Porción de masa que pasa tamiz N° 10 (gr) = 203.9
 Masa de Material Grueso (gr) = 2741.60
 % que pasa N° 200 = 16.73

Abertura de Tamices		RETENIDO EN CADA TAMIZ		PORCENTAJE ACUMULADO		Especificación CE 010 2010 Gradación "B"
ASTM	mm	Masa (gr)	%	Retenido	Que pasa	
3"	75.000	0.00	0.00	0.0	100.0	
2"	50.000	598.00	12.97	13.0	87.0	100
1 1/2"	37.500	532.10	11.54	24.5	75.5	
1"	25.000	168.00	3.64	28.1	71.9	75 - 95
3/4"	19.000	377.00	8.17	36.3	63.7	
3/8"	9.500	388.40	8.42	44.7	55.3	40 - 75
# 4	4.750	355.80	7.71	52.5	47.5	30 - 60
# 10	2.000	322.30	6.99	59.4	40.6	20 - 45
# 20	0.850	22.90	4.56	64.0	36.0	
# 40	0.425	28.80	5.73	69.7	30.3	15 - 30
# 60	0.250	18.80	3.74	73.5	26.5	
# 140	0.106	39.10	7.78	81.2	18.8	
# 200	0.075	10.20	2.03	83.3	16.7	5 - 15
< 200	Fondo	84.10	16.73	100.0	0.0	



% GRAVA	52.45	% Gruesa	36.32	D60 (mm) =	14.846
		% Fina	16.14	D30 (mm) =	0.412
% ARENA	30.82	% Gruesa	6.99	D10 (mm) =	0.000
		% Media	10.28	Coef. Unif. (Cu) =	--
% FINOS	16.73	% Fina	13.55	Coef. Conc. (Cc) =	--

COLEGIO DE INGENIEROS



LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS
 (MTC E 110 y MTC E 111, NTP 339.129, ASTM D 4318)

Proyecto : Centro Comercial Mashuan

Solicitud N° V-014-2018

Solicita : MISTR S.A.

Fecha : Marzo 2018

Lugar : Mashuan - Huaraz - Ancash

Muestreado por : Y.D.T.

Técnico : Y.D.T.

Cantera : --

DATOS DE LA MUESTRA

Calicata : C-2

Progresiva : --

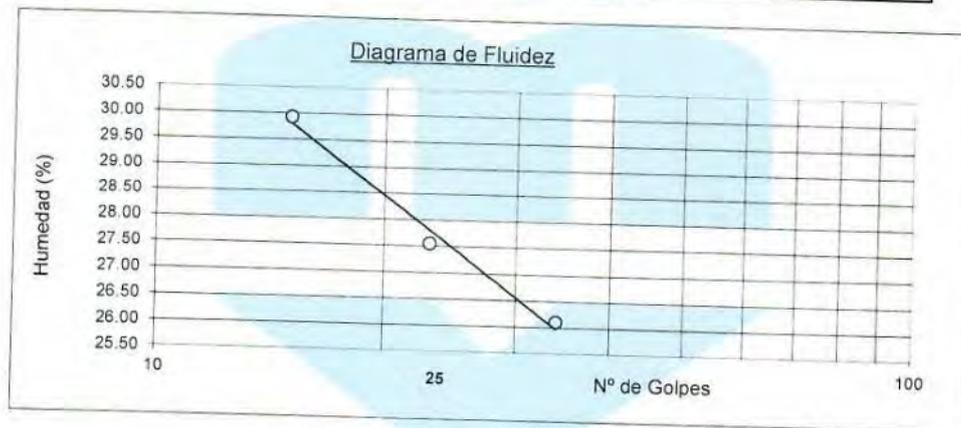
Material : Subrasante

Muestra : mab-01

Profundidad : 0.70 - 1.50 m.

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO

N° de golpes	15	23	34
P.Suelo Húmedo+Rec.	37.99	38.36	37.39
P.Suelo Seco+Rec.	33.19	33.63	32.55
Peso del Recipiente	17.15	16.46	14.01
Peso Suelo Seco	16.04	17.17	18.54
Peso del Agua	4.80	4.73	4.84
C. de Humedad %	29.93	27.55	26.11



DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO

P.Suelo Húmedo+Rec.	26.54	27.16
P.Suelo Seco+Rec.	24.96	25.50
Peso del Recipiente	15.07	15.06
Peso Suelo Seco	9.89	10.44
Peso del Agua	1.58	1.66
C. de Humedad %	15.98	15.90

Limite Liquido = 28.0

Limite Plástico = 16.0

Indice Plasticidad = 12.0



COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ

Ing. Ego Alejandro Milla Vergara
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 48888



REGISTRO DE SONDAJE - DESCRIPCIÓN VISUAL MANUAL DE SUELOS
 (NTP 339.150, ASTM D-2487)

Solicitud N° **V-014-2018**

REGISTRO DE SONDAJE

Proyecto : Centro Comercial Mashuan
 Solicitado : MISTR S.A.
 Lugar : Mashuan - Huaraz - Ancash
 Calicata : C-2
 Progresiva : --
 Tipo de Sondaje : Cielo Abierto

Fecha : Marzo 2018
 Muestreado por : Y.D.T.
 Técnico : Y.D.T.
 Nivel Freático : N.E.

PROFUND. (m)	ESPEJOR ESTRATO (m)	MUESTRAS OBTENIDAS	SIMBOLO GRAFICO	CLASIFIC. AASHTO/SUCS	DESCRIPCION DEL MATERIAL
	0.70				Material de relleno
0.70				A-2-6(0)	Grava arcillosa con arena, con presencia de bolonería de TM = 450 mm, con grava gruesa subredondeada dura en 55%, arena media subredondeada en 30% y finos de media plasticidad en 15%, media resistencia en estado seco, dilatancia lenta, media tenacidad color negro plomo, sin olor, humedad baja, estructura homogénea, cementación moderada.
	0.80	mab-01		GC	
1.50					

OBSERVACIONES:

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU

 Ing. Elio Alejandro Milla Vergara
 INGENIERO CIVIL



GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SOLIDOS
 ASTM C29, NTP 400.021

Solicitud N° V-014-2018

Proyecto : Centro Comercial Mashuan
 Solicitado : MISTR S.A.
 Lugar : Mashuan - Huaraz - Ancash

Fecha : Marzo 2018
 Muestreado por : Y.D.T.
 Tecnico : Y.D.T.

DATOS DE LA MUESTRA

Cantera : --
 Calicata : C-2
 Material : Subrasante

Progresiva : --
 Muestra : mab-01
 Profundidad : 0.70 - 1.50 m.

Agregado	GRUESO	
	2"	2"
Tamaño máximo de la muestra	2"	2"
Tipo de frasco utilizado	Cesta	Cesta
Masa del frasco dentro del agua (gr) (A)	1000.00	1000.00
Masa de la muestra saturada superficialmente seca (gr) (B)	1494.15	1513.55
Masa de la muestra saturada dentro del agua + frasco (gr) (C)	1921.00	1935.29
Masa de la muestra seca (gr) (D)	1468.64	1485.00
Masa de la muestra saturada dentro del agua (gr) (E)	921.00	935.29
Gravedad Especifica B/(B-E)	2.61	2.62
Gravedad Especifica Promedio	2.61	
Gravedad Especifica Aparente, $Gea = D/(D - C)$	2.68	2.70
Densidad Aparente, $Da = 0.9975D/(D-E)$	2.68	2.69
Densidad Aparente Promedio, Da	2.68	

Observación:


 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU
Ing. Elio Alejandro Milla Vergara
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 42832



COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA
 (2 700 kN-m/m³ - 56 000 pie-lb/pie³)
 (MTC E115, NTP 339.141, ASTM D 1557)

Proyecto : Centro Comercial Mashuan

Solicitud N° V-014-2018

Solicitado : MISTR S.A.

Fecha : Marzo 2018

Lugar : Mashuan - Huaraz - Ancash

Muestreado por : Y.D.T.

Técnico : Y.D.T.

DATOS DE LA MUESTRA

Cantera : --
 Calicata : C-2
 Material : Subrasante

Muestra : mab-01

Progresiva : --
 Clasif. (SUCS) : GC
 Clasif. (AASHTO) : A-2-6(0)

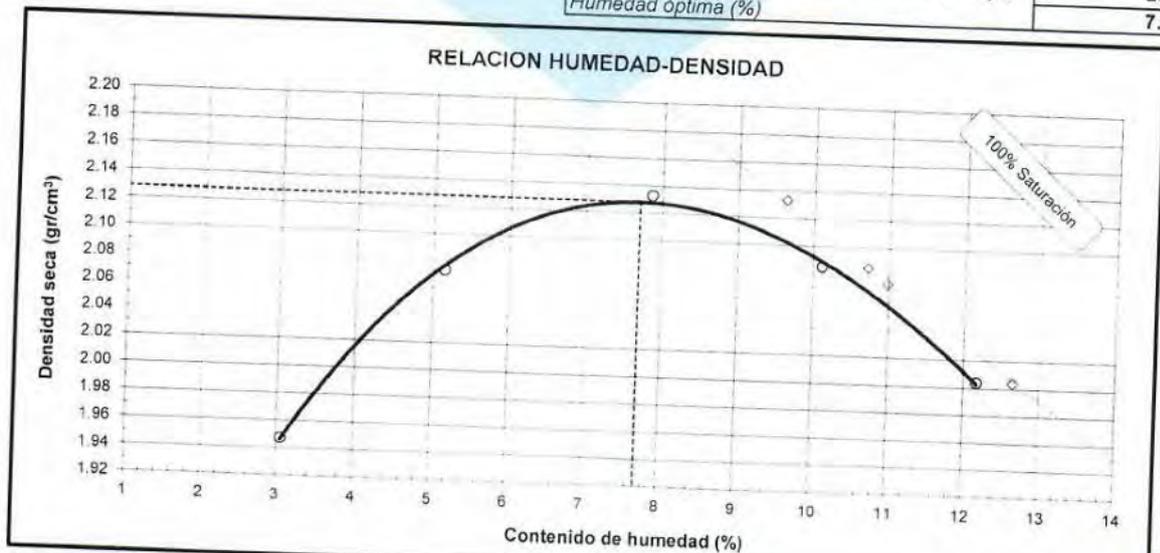
PROCEDIMIENTO DE COMPACTACION:

Pisón: C
 Manual
 Golpes por capa: 56

Método de Preparación : Húmedo
 Gravedad Especifica (Gs) : 2.61
 Capas : Cinco

Molde N° : 01
 Tamiz N° : 3/4"
 P_c (%) : 36.32

Masa suelo húmedo + molde	gr	7085.2	7452.9	7708.8	7698.3	7596.8
Masa del molde	gr	2830.2	2830.2	2830.2	2830.2	2830.2
Peso suelo húmedo compactado	gr	4255.0	4622.7	4878.6	4868.1	4766.6
Volumen del molde	cm ³	2120.5	2120.5	2120.5	2120.5	2120.5
Densidad húmeda compactada	gr/cm ³	2.007	2.180	2.301	2.296	2.248
Cálculo Contenido de Humedad						
Masa del suelo húmedo+ recip.	gr	241.32	264.43	263.78	221.42	258.78
Masa del suelo seco + recipiente	gr	234.86	252.65	246.19	204.61	233.15
Masa del recipiente	gr	23.30	24.00	22.53	38.41	22.56
Masa del agua	gr	6.46	11.78	17.59	16.81	25.63
Masa del suelo seco	gr	211.56	228.65	223.66	166.20	210.59
Contenido de Humedad	%	3.05	5.15	7.86	10.11	12.17
Densidad seca compactada	gr/cm ³	1.95	2.07	2.13	2.08	2.00
Densidad Seca Compactada Máxima (gr/cm ³) γ_d						2.13
Peso Unitario Seco Compactado (kN/m ³) γ_d						20.9
Humedad óptima (%)						7.71



Observaciones:



EMV LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS
 LABORATORIO QUÍMICO DE SUELOS Y AGUAS
 OBRAS Y PROYECTOS DE INGENIERÍA

CBR (Relación de soporte de California) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO
 (MTC E 132, NTP 339.145, ASTM D 1883)

Proyecto : Centro Comercial Mashuan

Solicitud N° **V-014-2018**

Solicitado : MISTR S.A.

Fecha de Ensayo : 23/03/2018

Lugar : Mashuan - Huaraz - Ancash

Muestreado por : Y.D.T.

Técnico : Y.D.T.

DATOS DE LA MUESTRA

Calicata : C-2
 Muestra : mab-01
 Material : Subrasante

Progresiva : --
 Clasif. (SUCS) : GC
 Clasif. (AASHTO) : A-2-6(0)

PREPARACIÓN DEL ESPECIMEN (COMPACTACION)						
Compactación :	Modificado		Método: C			
Molde N°	4		5		6	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	55		26		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO	
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12439.5	12503.8	12037.5	12152.6	11770.5	11947.6
Peso de molde (g)	7546.0	7546.0	7324.6	7324.6	7290.6	7290.6
Peso del suelo húmedo (g)	4893.5	4957.8	4712.9	4828.0	4479.9	4657.0
Volumen del molde (cm³)	2113.9	2113.9	2120.4	2120.4	2115.5	2115.5
Peso Unitario húmedo (g/cm³)	2.31	2.35	2.22	2.28	2.12	2.20
Contenido de Humedad						
Peso suelo húmedo + recipiente (g)	213.28	215.71	207.47	213.95	206.33	223.59
Peso suelo seco + recipiente (g)	200.06	201.75	195.14	198.20	193.90	204.49
Peso del recipiente (g)	40.25	41.85	38.64	36.58	37.50	38.29
Peso de agua (g)	13.22	13.96	12.33	15.75	12.43	19.10
Peso de suelo seco (g)	159.81	159.90	156.50	161.62	156.40	166.20
Contenido de humedad (%)	8.27	8.73	7.88	9.75	7.95	11.49
Peso Unitario seco (g/cm³)	2.14	2.16	2.06	2.07	1.96	1.97

Datos del Ensayo Proctor Modificado Peso Unitario Seco = 2.128 g/cm³ C.H.O. = 7.71 %

Sobrecarga de saturación = 4.54 Kg INMERSIÓN											
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
23/03/2018	12:00	0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0
24/03/2018	12:00	24	0.020	0.005	0.0	0.015	0.004	0.0	0.020	0.005	0.0
25/03/2018	12:30	48	0.030	0.008	0.0	0.020	0.005	0.0	0.030	0.008	0.0
26/03/2018	11:50	72	0.035	0.009	0.0	0.035	0.009	0.0	0.030	0.008	0.0
27/03/2018	11:50	96	0.040	0.010	0.0	0.030	0.008	0.0	0.014	0.004	0.0

Sobrecarga de penetración = 4.54 Kg PENETRACION													
PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm²	MOLDE N°				MOLDE N°				MOLDE N°			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.625		21	106.1			18	95.4			9	63.2		
1.250		61	249.2			55	227.8			23	113.3		
1.875		120	460.3			108	417.4			38	166.9		
2.540	70.31	183	685.7	727.0	52.7	155	585.5	549.0	39.8	49	206.3	203.3	14.7
5.080	105.46	398	1454.9	1423.6	68.8	260	961.2	945.9	45.7	80	317.2	322.1	15.6
7.500		540	1962.9			321	1179.4			98	381.6		
10.000		664	2406.5			380	1390.5			117	449.6		
12.500		765	2767.8			426	1555.0			130	496.1		


 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU
 Ing. Elio Alejandro Milla Vergara
 INGENIERO CIVIL
 R.E.G. CIP N° 42939



RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
 (MTC E 132-2000, NTP, ASTM D 1883,)

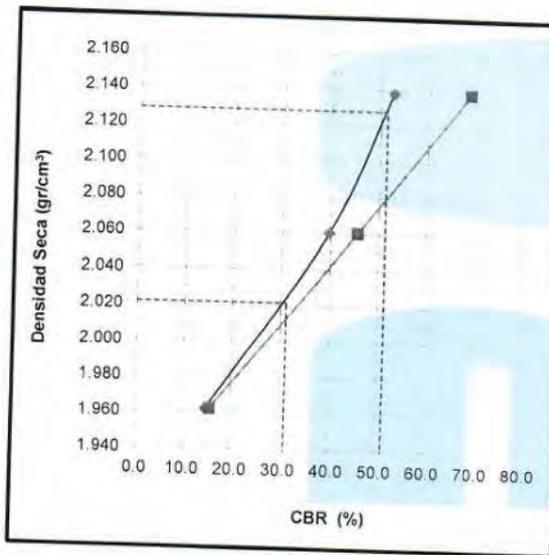
Proyecto : Centro Comercial Mashuan
 Solicitado : MISTR S.A.
 Lugar : Mashuan - Huaraz - Ancash
 Calicata : C-2
 Muestra : mab-01
 Material : Subrasante

Solicitud N° V-014-2018

Fecha : 27/03/2018
 Muestreado por : Y.D.T.
 Técnico : Y.D.T.

DATOS DE LA MUESTRA

Progresiva : --
 Clasif. (SUCS) : GC
 Clasif. (AASHTO) : A-2-6(0)



METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 2.13
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 7.71
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 2.02

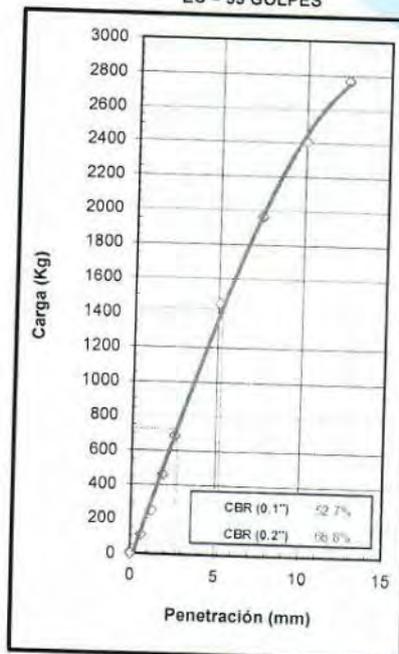
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1": 51.3	0.2": 65.8
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1": 31.1	0.2": 34.0

RESULTADOS:

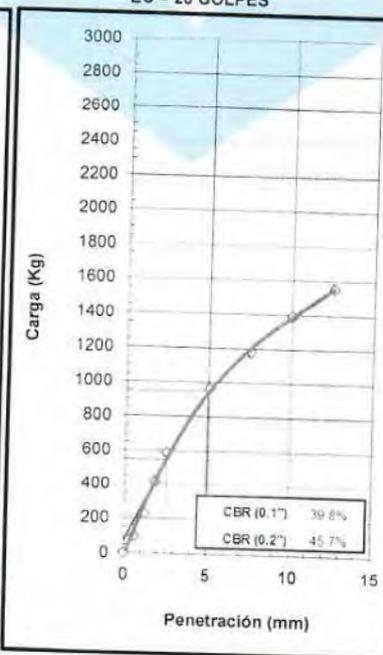
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 51.3 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 31.1 (%)

OBSERVACIONES:

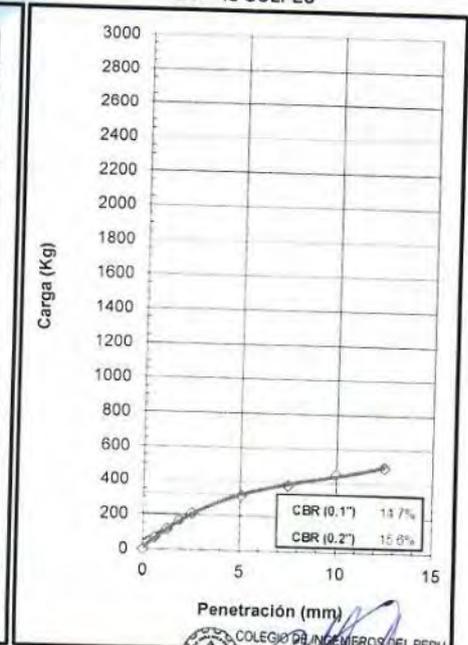
EC = 55 GOLPES



EC = 26 GOLPES



EC = 12 GOLPES



COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU



HOJA RESUMEN - ENSAYOS ESTANDAR - CLASIFICACIÓN SUCS
 (MTC ANEXO 1, NTP 339.134, NTP 339.135, ASTM D 2487)

Solicitud N° V-014-2018

Proyecto : Centro Comercial Mashuan

Solicita : MISTR S.A.

Lugar : Mashuan - Huaraz - Ancash

Fecha : Marzo 2018

Muestreado por : Y.D.T.

Técnico : Y.D.T.

DATOS DE LA MUESTRA		Progresiva	Calicata	Muestra	Profundidad
		--	C-3	mab-01	0.00 - 1.50 m.
Porcentaje de material que pasa la malla de porción de material < 3"	3"				100.00
	2"				92.89
	1 1/2"				90.60
	1"				86.34
	3/4"				78.36
	3/8"				68.56
	# 4				59.63
	# 10				51.05
	# 20				45.28
	# 40				38.92
	# 60				35.31
# 140				27.77	
# 200				25.44	
Coef. de Uniformidad Cu		--			
Coef. de Curvatura Cc		--			
Porcentaje de Material	Grava	40.37			
	Arena	34.18			
	Finos	25.44			
Mitad de Fracción Gruesa		37.28			
Límites de Consistencia	L.L.	32.00			
	L.P.	15.00			
I.P.		17.00			
Humedad Natural (%)		9.68			
Índice de Grupo	IG - LL	-1.53			
	IG - IP	0.73			
	Índice de Grupo	0			
Clasificación AASTHO		A-2-6(0)			
Clasificación SUCS		GC			
Descripción		Grava arcillosa con arena			


 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU
 Ing. Elío Alejandro Milta



HOJA RESUMEN - ENSAYOS ESTANDAR - CLASIFICACIÓN SUCS
(NTP 339.134, ASTM D 2487, MTC ANEXO 1)

Solicitud N° **V-014-2018**

UBICACIÓN DE PUNTOS EN LA CARTA DE PLASTICIDAD

Proyecto : Centro Comercial Mashuan

Solicita : MISTR S.A.

Lugar : Mashuan - Huaraz - Ancash

Fecha : Marzo 2018

Muestreado por : Y.D.T.

Técnico : Y.D.T.

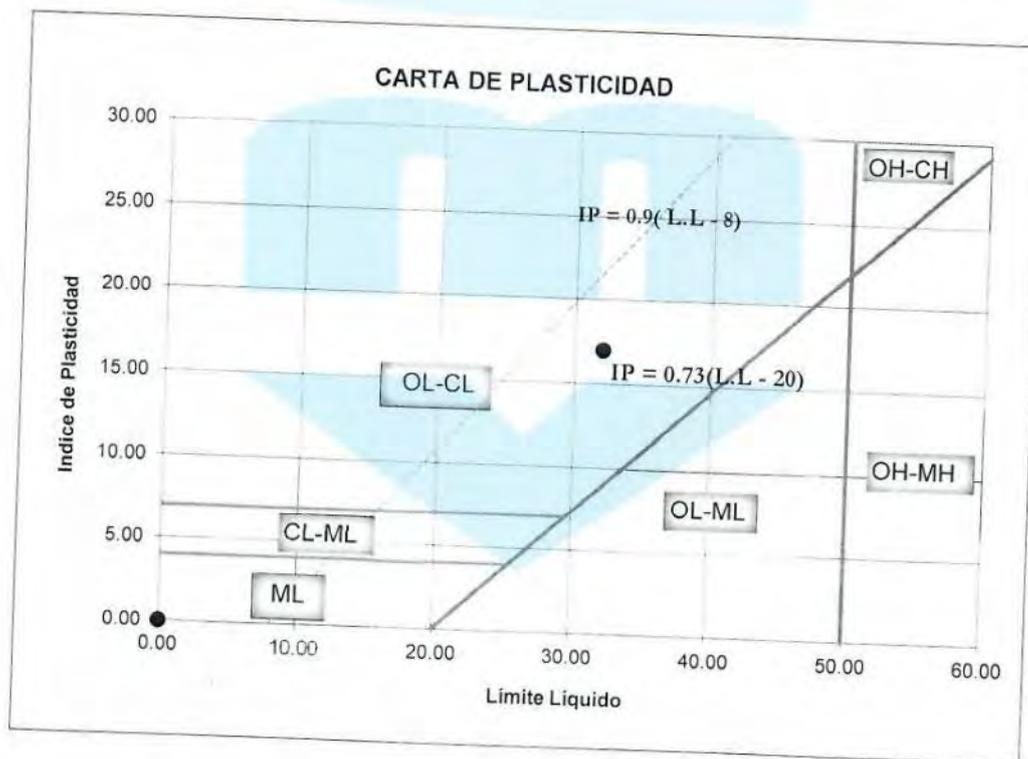
Cantera : -,-

Calicata : C-3

DATOS DE LA MUESTRA

Progresiva : -,-

Profundidad : 0.00 - 1.50 m.



COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU
ing. Elio Alejandro Milla Vergara
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 42832



CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO
(MTC E 108, NTP 339.127, ASTM D 2216)

Solicitud N° **V-014-2018**

Proyecto : Centro Comercial Mashuan

Solicita : MISTR S.A.

Lugar : Mashuan - Huaraz - Ancash

Fecha : Marzo 2018

Muestreado por : Y.D.T.

Técnico : Y.D.T.

Cantera : -.-

Calicata : C-3

DATOS DE LA MUESTRA

Progresiva : -.-

Muestra : mab-01

Material : Subrasante

Profundidad : 0.00 - 1.50 m.

DESCRIPCION		M - 1	M - 2
Peso Suelo Húmedo + Contenedor	Mcws	204.10	212.56
Peso Suelo Seco + Contenedor	Mcs	189.36	197.46
Peso Contenedor	Mc	38.64	39.85
Peso Suelo Seco (Mw=Mcws-Mcs)	Mw	150.72	157.61
Peso del Agua (Ms=Mcws-Mc)	Ms	14.74	15.10
Contenido de Humedad (w=Mw/Ms)	w	9.78	9.58

Humedad Promedio (%)	9.68
-----------------------------	-------------



COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU

Ing. Elio Alejandro Milla Vergara
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 42932



EMV LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS
 LABORATORIO QUÍMICO DE SUELOS Y AGUAS
 OBRAS Y PROYECTOS DE INGENIERÍA
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
 (MTC E 107, NTP 339.128, ASTM D 422)

Proyecto : Centro Comercial Mashuan

Solicitud N° V-014-2018

Solicita : MISTR S.A.

Fecha : Marzo 2018

Lugar : Mashuan - Huaraz - Ancash

Muestreado por : Y.D.T.

Técnico : Y.D.T.

Cantera : -.-

DATOS DE LA MUESTRA

Calicata : C-3

Progresiva : -.-

Material : Subrasante

Muestra : mab-01

Tamaño Máximo: 2"

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Masa Inicial Seca (gr) = 4216.50

Porción de masa que pasa tamiz N° 10 (gr) = 219.3

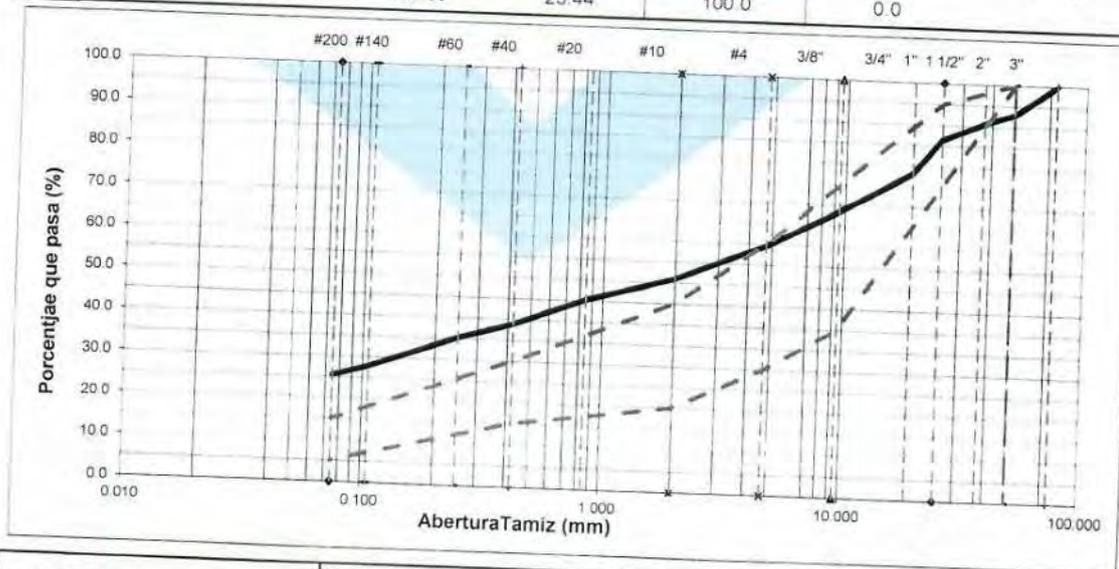
Masa Lavada y Seca (gr) = 3143.64

Masa de Material Grueso (gr) = 2063.90

Masa Retenido 3"(gr) = 0.00

% que pasa N° 200 = 25.44

Abertura de Tamices		RETENIDO EN CADA TAMIZ		PORCENTAJE ACUMULADO		Especificación CE.010 2010 Gradación "B"
ASTM	mm	Masa (gr)	%	Retenido	Que pasa	
3"	75.000	0.00	0.00	0.0	100.0	
2"	50.000	300.00	7.11	7.1	92.9	100
1 1/2"	37.500	96.50	2.29	9.4	90.6	
1"	25.000	179.30	4.25	13.7	86.3	75 - 95
3/4"	19.000	336.50	7.98	21.6	78.4	
3/8"	9.500	413.30	9.80	31.4	68.6	40 - 75
# 4	4.750	376.70	8.93	40.4	59.6	
# 10	2.000	361.60	8.58	48.9	51.1	30 - 60
# 20	0.850	24.80	5.77	54.7	45.3	20 - 45
# 40	0.425	27.30	6.36	61.1	38.9	
# 60	0.250	15.50	3.61	64.7	35.3	15 - 30
# 140	0.106	32.40	7.54	72.2	27.8	
# 200	0.075	10.00	2.33	74.6	25.4	
< 200	Fondo	109.30	25.44	100.0	0.0	5 - 15



% GRAVA	40.37	% Gruesa :	21.64	D60 (mm) =	4.948
		% Fina :	18.74	D30 (mm) =	0.149
% ARENA	34.18	% Gruesa :	8.58	D10 (mm) =	0.000
		% Media :	12.13	Coef. Unif. (Cu) =	-.-
% FINOS	25.44	% Fina :	13.48	Coef. Conc. (Cc) =	-.-



LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS
 (MTC E 110 y MTC E 111, NTP 339.129, ASTM D 4318)

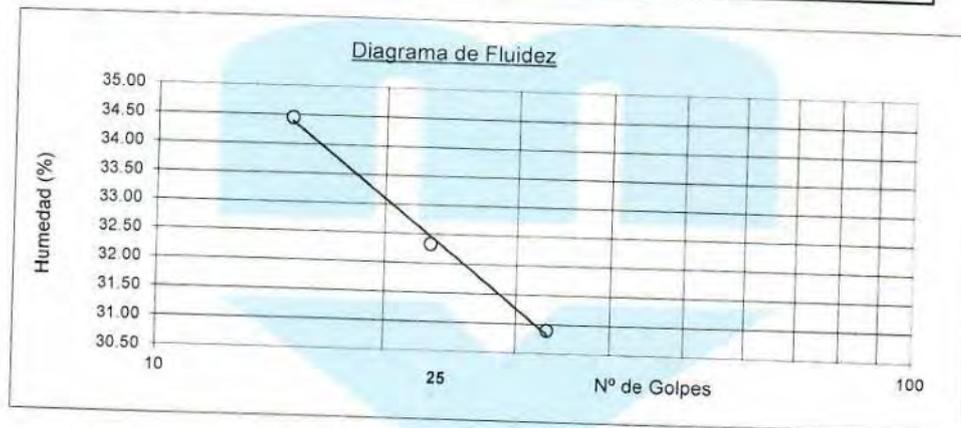
Proyecto : Centro Comercial Mashuan Solicitud N° V-014-2018

Solicita : MISTR S.A. Fecha : Marzo 2018
 Lugar : Mashuan - Huaraz - Ancash Muestreado por : Y.D.T.
Técnico : Y.D.T.

Cantera : -- DATOS DE LA MUESTRA
 Calicata : C-3 Progresiva : -- Material : Subrasante
Muestra : mab-01 Profundidad : 0.00 - 1.50 m.

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO

N° de golpes	15	23	33
P.Suelo Húmedo+Rec.	36.87	36.92	46.20
P.Suelo Seco+Rec.	31.63	32.00	41.25
Peso del Recipiente	16.42	16.78	25.23
Peso Suelo Seco	15.21	15.22	16.02
Peso del Agua	5.24	4.92	4.95
C. de Humedad %	34.45	32.33	30.90



DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO

P.Suelo Húmedo+Rec.	24.91	24.95
P.Suelo Seco+Rec.	23.60	23.62
Peso del Recipiente	15.08	15.07
Peso Suelo Seco	8.52	8.55
Peso del Agua	1.31	1.33
C. de Humedad %	15.38	15.56

Limite Líquido = 32.0

Limite Plástico = 15.0

Indice Plasticidad = 17.0


 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU
Ing. Elio Alejandro Milla Vergara
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 42822



REGISTRO DE SONDAJE - DESCRIPCIÓN VISUAL MANUAL DE SUELOS
 (NTP 339.150, ASTM D-2487)

Solicitud N° **V-014-2018**

REGISTRO DE SONDAJE

Proyecto : Centro Comercial Mashuan
 Solicitado : MISTR S.A.
 Lugar : Mashuan - Huaraz - Ancash
 Calicata : C-3
 Progresiva : --
 Tipo de Sondaje : Cielo Abierto

Fecha : Marzo 2018
 Muestreado por : Y.D.T.
 Técnico : Y.D.T.
 Nivel Freático : N.E.

PROFUND. (m)	ESPESOR ESTRATO (m)	MUESTRAS OBTENIDAS	SIMBOLO GRAFICO	CLASIFIC. AASHTO/SUCS	DESCRIPCION DEL MATERIAL
	0.70	--		--	Material de relleno
0.70				A-2-6(0)	Grava arcillosa con arena, con presencia de bolonería de TM = 450 mm, con grava gruesa subredondeada dura en 40%, arena media subredondeada en 35% y finos de media plasticidad en 25%, media resistencia en estado seco, dilatancia lenta, media tenacidad color negro plomo, sin olor, humedad baja, estructura homogénea, cementación moderada.
	0.80	mab-01		GC	
1.50					

OBSERVACIONES:

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU

 Ing. Eljo Alejandro Millia Vergara
 INGENIERO CIVIL
 D.R.C. N° 123 456 789



PESO VOLUMÉTRICO DE SUELOS COHESIVOS
(NTP 339.139-1999)

Solicitud N° V-014-2018

Proyecto : Centro Comercial Mashuan

Solicita : MISTR S.A.

Lugar : Mashuan - Huaraz - Ancash

Fecha : Marzo 2018

Muestreado por : Y.D.T.

Técnico : Y.D.T.

Cantera : --

Progresiva : --

Material : Subrasante

Calicata : C-3

Muestra : mab-01

Profundidad : 0.00 - 1.50 m.

Método : Inmersión en Agua

Muestra de Ensayo			1	2
Tipo de Frasco Utilizado			Cilindro Graduado	Cilindro Graduado
Temperatura del agua	°C		16.2	16.2
Masa húmeda de la muestra	gr	(m_s)	167.87	149.11
Masa de la muestra con parafina	gr	(m_w)	173.72	151.68
Masa de muestra cubierta suspendido en agua	gr	(m_g)	92.93	86.17
Volumen de parafina ($v_{pr} = (m_w - m_s) / \gamma_{par}$)	cm ³	(v_{pr})	6.88	3.02
Volumen del suelo	cm ³	(v_s)	73.91	62.49
Densidad de Masa del suelo (γ)		gr/cm ³	2.27	2.39
Densidad de Masa del suelo	gr/cm ³	γ	2.33	
Contenido de humedad del suelo	%	ω	9.68	
Densidad de Masa del Suelo Seco	gr/cm ³	γ_d	2.12	

γ Parafina = 0.85 gr/cm³ (Peso específico de la parafina)

Observación:


 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU
Ing. Elio Alejandro Milla Vergara
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 42822



GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS
 ASTM C29, NTP 400.021

Solicitud N° V-014-2018

Proyecto : Centro Comercial Mashuan

Solicitado : MISTR S.A.

Lugar : Mashuan - Huaraz - Ancash

Fecha : Marzo 2018

Muestreado por : Y.D.T.

Tecnico : Y.D.T.

DATOS DE LA MUESTRA

Cantera : --

Calicata : C-3

Material : Subrasante

Progresiva : --

Muestra : mab-01

Profundidad : 0.00 - 1.50 m.

Agregado	GRUESO	
	2"	2"
Tamaño máximo de la muestra	2"	2"
Tipo de frasco utilizado	Cesta	Cesta
Masa del frasco dentro del agua (gr) (A)	1000.00	1000.00
Masa de la muestra saturada superficialmente seca (gr) (B)	1495.40	1507.98
Masa de la muestra saturada dentro del agua + frasco (gr) (C)	1925.45	1926.14
Masa de la muestra seca (gr) (D)	1474.77	1484.78
Masa de la muestra saturada dentro del agua (gr) (E)	925.45	926.14
Gravedad Específica B/(B-E)	2.62	2.59
Gravedad Específica Promedio	2.61	
Gravedad Específica Aparente, $G_{ea} = D/(D - C)$	2.68	2.66
Densidad Aparente, $D_a = 0.9975D/(D-E)$	2.68	2.65
Densidad Aparente Promedio, D_a	2.66	

Observación:

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU

Ing. Elio Alejandro Milla Vergara
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 42832



EMV LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS
 LABORATORIO QUÍMICO DE SUELOS Y AGUAS
 OBRAS Y PROYECTOS DE INGENIERÍA

CBR (Relación de soporte de California) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO
 (MTC E 132, NTP 339.145, ASTM D 1883)

Proyecto : Centro Comercial Mashuan
 Solicitado : MISTR S.A.
 Lugar : Mashuan - Huaraz - Ancash

Solicitud N° V-014-2018

Fecha de Ensayo : 27/03/2018
 Muestreado por : Y.D.T.
 Técnico : Y.D.T.

Calicata : C-3
 Muestra : mab-01
 Material : Subrasante

DATOS DE LA MUESTRA

Progresiva : --
 Clasif. (SUCS) : GC
 Clasif. (AASHTO) : A-2-6(0)

PREPARACIÓN DEL ESPECIMEN (COMPACTACION)						
Compactación :	Modificado		Método: C			
Molde N°	1		2		3	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	55		26		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12928.5	13024.4	12786.1	12927.7	12564.2	12789.3
Peso de molde (g)	7929.8	7929.8	7994.1	7994.1	8042.9	8042.9
Peso del suelo húmedo (g)	4998.7	5094.6	4792.0	4933.6	4521.3	4746.4
Volumen del molde (cm ³)	2134.3	2134.3	2123.1	2123.1	2125.7	2125.7
Peso Unitario húmedo (g/cm ³)	2.34	2.39	2.26	2.32	2.13	2.23
Contenido de Humedad						
Peso suelo húmedo + recipiente (g)	239.55	250.58	236.88	227.53	239.81	253.20
Peso suelo seco + recipiente (g)	223.97	232.25	220.39	208.98	223.08	229.23
Peso del recipiente (g)	26.05	24.60	24.60	23.30	23.30	21.28
Peso de agua (g)	15.58	18.33	16.49	18.55	16.73	23.97
Peso de suelo seco (g)	197.92	207.65	195.79	185.68	199.78	207.95
Contenido de humedad (%)	7.87	8.83	8.42	9.99	8.37	11.53
Peso Unitario seco (g/cm ³)	2.17	2.19	2.08	2.11	1.96	2.00

Datos del Ensayo Proctor Modificado Peso Unitario Seco = 2.172 gr/cm³ C.H.O. = 6.97 %

Sobrecarga de saturación = 4.54 Kg											
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
27/03/2018	12:00	0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0
28/03/2018	12:00	24	0.040	0.010	0.0	0.050	0.013	0.0	0.050	0.013	0.0
29/03/2018	12:30	48	0.045	0.011	0.0	0.056	0.014	0.0	0.060	0.015	0.0
30/03/2018	11:50	72	0.050	0.013	0.0	0.060	0.015	0.0	0.070	0.018	0.0
31/03/2018	11:50	96	0.064	0.016	0.0	0.069	0.017	0.0	0.079	0.020	0.0

Sobrecarga de penetración = 4.54 Kg													
PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE N°				MOLDE N°				MOLDE N°			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.625		10	66.8			6	52.5			4	45.3		
1.250		25	120.4			15	84.6			9	63.2		
1.875		43	184.8			28	131.2			13	77.5		
2.540	70.31	60	245.6	247.4	17.9	38	166.9	172.2	12.5	19	99.0	101.3	7.3
5.080	105.46	120	460.3	458.3	22.1	72	288.6	286.0	13.8	34	152.6	151.3	7.3
7.500		168	632.0			96	374.4			40	174.1		
10.000		204	760.8			105	406.6			47	199.1		
12.500		238	882.5			132	503.2			56	231.3		


 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU
 Ing. Elio Alejandro Milla Vergara
 INGENIERO CIVIL
 REG. GIP N° 48889



RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
 (MTC E 132-2000, NTP, ASTM D 1883,)

Solicitud N° V-014-2018

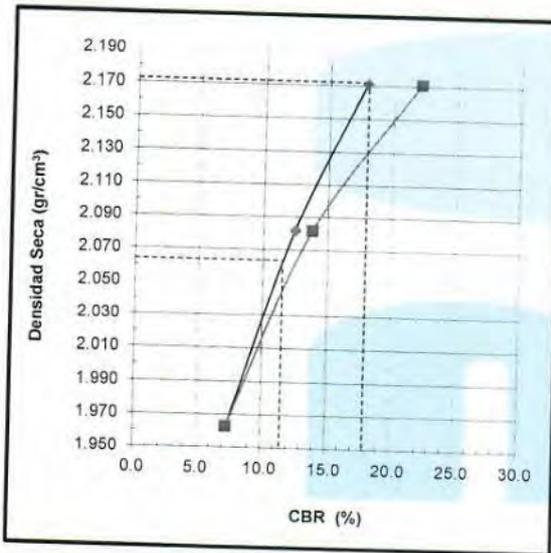
Proyecto : Centro Comercial Mashuan
 Solicitado : MISTR S.A.
 Lugar : Mashuan - Huaraz - Ancash

Fecha : 31/03/2018
 Muestreado por: Y.D.T.
 Técnico: Y.D.T.

Calicata : C-3
 Muestra : mab-01
 Material : Subrasante

DATOS DE LA MUESTRA

Progresiva : --
 Clasif. (SUCS) : GC
 Clasif. (AASHTO) : A-2-6(0)



METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 2.17
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 6.97
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 2.06

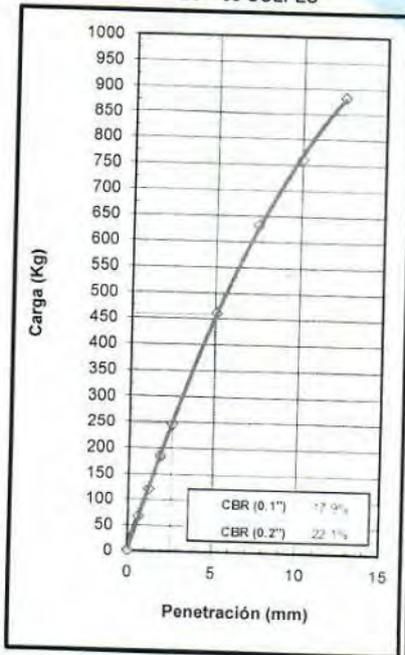
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1": 18.0	0.2": 22.3
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1": 11.5	0.2": 12.5

RESULTADOS:

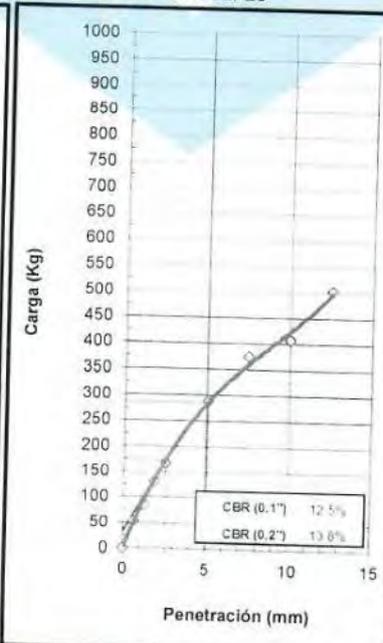
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 18.0 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 11.5 (%)

OBSERVACIONES:

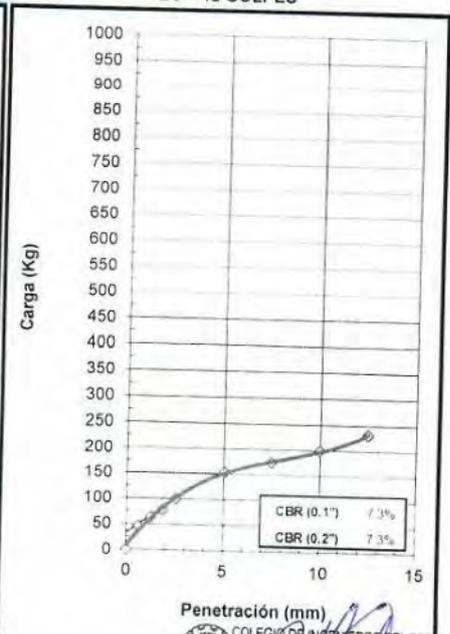
EC = 55 GOLPES



EC = 26 GOLPES



EC = 12 GOLPES



COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU



HOJA RESUMEN - ENSAYOS ESTANDAR - CLASIFICACIÓN SUCS
 (MTC ANEXO 1, NTP 339.134, NTP 339.135, ASTM D 2487)

Solicitud N° **V-014-2018**

Proyecto : Centro Comercial Mashuan

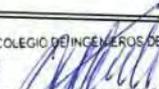
Solicita : MISTR S.A.

Lugar : Mashuan - Huaraz - Ancash

Fecha : Marzo 2018
 Muestreado por : Y.D.T.

Técnico : Y.D.T.

DATOS DE LA MUESTRA	Progresiva Calicata Muestra Profundidad	C-4			
		mab-01 0.00 - 0.30 m.	mab-02 0.30 - 0.60 m.	mab-03 0.60 - 1.00 m.	mab-04 1.00 - 1.50 m.
Porcentaje de material que pasa la malla de porción de material < 3"	3"	100.00	100.00	100.00	100.00
	2"	92.86	100.00	100.00	90.40
	1 1/2"	89.88	95.59	100.00	82.68
	1"	87.93	92.14	97.34	78.04
	3/4"	80.30	82.00	93.30	73.11
	3/8"	70.50	69.08	87.25	64.79
	# 4	59.97	57.79	77.12	57.28
	# 10	49.48	48.27	65.57	48.12
	# 20	42.08	41.52	58.87	41.53
	# 40	33.58	33.65	52.02	34.51
	# 60	28.77	28.79	47.39	30.31
# 140	20.09	20.82	39.23	22.63	
# 200	17.60	19.07	37.47	20.84	
Coef. de Uniformidad Cu		--	--	--	--
Coef. de Curvatura Cc		--	--	--	--
Porcentaje de Material	Grava	40.03	42.21	22.88	42.72
	Arena	42.37	38.72	39.65	36.44
	Finos	17.60	19.07	37.47	20.84
Mitad de Fracción Gruesa		41.20	40.46	31.27	39.58
Limites de Consistencia	L.L.	25.00	37.00	40.00	29.00
	L.P.	13.00	18.00	19.00	16.00
	I.P.	12.00	19.00	21.00	13.00
Humedad Natural (%)		6.69	9.45	9.77	12.51
Indice de Grupo	IG - LL	-2.18	-2.95	0.49	-2.05
	IG - IP	0.05	0.37	2.47	0.18
	Indice de Grupo	0	0	3	0
Clasificación AASTHO		A-2-6(0)	A-2-6(0)	A-6(3)	A-2-6(0)
Clasificación SUCS		SC	GC	SC	GC
Descripción		Arena arcillosa con grava	Grava arcillosa con arena	Arena arcillosa con grava	Grava arcillosa con arena


 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU
 Ingeniero Elio Alejandro Milla Vergara



HOJA RESUMEN - ENSAYOS ESTANDAR - CLASIFICACIÓN SUCS
(NTP 339.134, ASTM D 2487, MTC ANEXO 1)

Solicitud N° **V-014-2018**

UBICACIÓN DE PUNTOS EN LA CARTA DE PLASTICIDAD

Proyecto : Centro Comercial Mashuan

Solicita : MISTR S.A.

Lugar : Mashuan - Huaraz - Ancash

Fecha : Marzo 2018

Muestreado por : Y.D.T.

Técnico : Y.D.T.

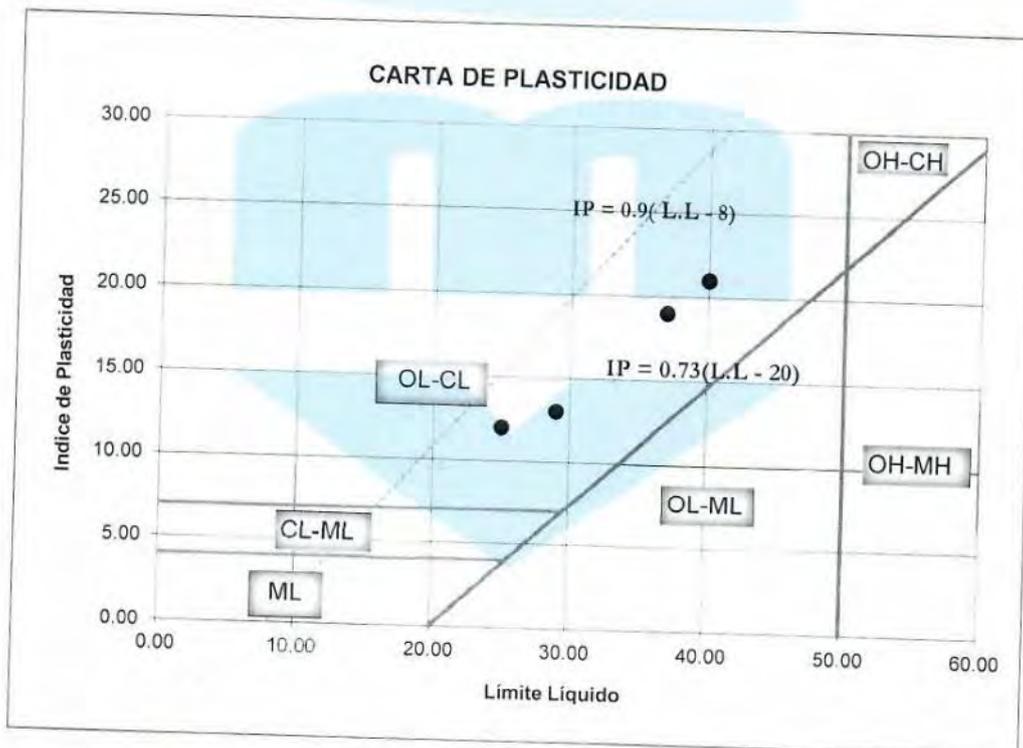
Cantera : -.-

Calicata : C-4

DATOS DE LA MUESTRA

Progresiva : -.-

Profundidad : 0.00 - 1.50 m.



COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU

Ing. *Elio Alejandro Milla Vergara*
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 22839



CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO
 (MTC E 108, NTP 339.127, ASTM D 2216)

Solicitud N° **V-014-2018**

Proyecto : Centro Comercial Mashuan

Solicita : MISTR S.A.

Lugar : Mashuan - Huaraz - Ancash

Fecha : Marzo 2018

Muestreado por : Y.D.T.

Técnico : Y.D.T.

DATOS DE LA MUESTRA

Cantera : -.-

Progresiva : -.-

Material : Subrasante

Calicata : C-4

Muestra : mab-01

Profundidad : 0.00 - 0.30 m.

DESCRIPCION		M - 1	M - 2
Peso Suelo Húmedo + Contenedor	Mcws	190.77	193.56
Peso Suelo Seco + Contenedor	Mcs	181.44	183.80
Peso Contenedor	Mc	38.41	41.38
Peso Suelo Seco (Mw=Mcws-Mcs)	Mw	143.03	142.42
Peso del Agua (Ms=Mcws-Mc)	Ms	9.33	9.76
Contenido de Humedad (w=Mw/Ms)	w	6.52	6.85

Humedad Promedio (%)	6.69
-----------------------------	-------------

Proyecto : Centro Comercial Mashuan

Solicita : MISTR S.A.

Lugar : Mashuan - Huaraz - Ancash

Fecha : Marzo 2018

Muestreado por : Y.D.T.

Técnico : Y.D.T.

DATOS DE LA MUESTRA

Cantera : -.-

Progresiva : -.-

Material : Subrasante

Calicata : C-4

Muestra : mab-02

Profundidad : 0.30 - 0.60 m.

DESCRIPCION		M - 1	M - 2
Peso Suelo Húmedo + Contenedor	Mcws	195.17	207.71
Peso Suelo Seco + Contenedor	Mcs	181.72	193.09
Peso Contenedor	Mc	39.05	38.64
Peso Suelo Seco (Mw=Mcws-Mcs)	Mw	142.67	154.45
Peso del Agua (Ms=Mcws-Mc)	Ms	13.45	14.62
Contenido de Humedad (w=Mw/Ms)	w	9.43	9.47

Humedad Promedio (%)	9.45
-----------------------------	-------------

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU

Ing. Elio Alejandro Milla Vergara
 INGENIERO CIVIL
 REG. C.I.P. N° 42832



CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO
 (MTC E 108, NTP 339.127, ASTM D 2216)

Solicitud N° **V-014-2018**

Proyecto : Centro Comercial Mashuan

Solicita : MISTR S.A.

Lugar : Mashuan - Huaraz - Ancash

Fecha : Marzo 2018

Muestreado por : Y.D.T.

Técnico : Y.D.T.

DATOS DE LA MUESTRA

Cantera : --

Progresiva : --

Material : Subrasante

Calicata : C-4

Muestra : mab-03

Profundidad : 0.60 - 1.00 m.

DESCRIPCION		M - 1	M - 2
Peso Suelo Húmedo + Contenedor	Mcws	201.32	205.62
Peso Suelo Seco + Contenedor	Mcs	186.45	190.85
Peso Contenedor	Mc	35.62	38.42
Peso Suelo Seco (Mw=Mcws-Mcs)	Mw	150.83	152.43
Peso del Agua (Ms=Mcws-Mc)	Ms	14.87	14.77
Contenido de Humedad (w=Mw/Ms)	w	9.86	9.69

Humedad Promedio (%)	9.77
-----------------------------	-------------

Proyecto : Centro Comercial Mashuan

Solicita : MISTR S.A.

Lugar : Mashuan - Huaraz - Ancash

Fecha : Marzo 2018

Muestreado por : Y.D.T.

Técnico : Y.D.T.

DATOS DE LA MUESTRA

Cantera : --

Progresiva : --

Material : Subrasante

Calicata : C-4

Muestra : mab-04

Profundidad : 1.00 - 1.50 m.

DESCRIPCION		M - 1	M - 2
Peso Suelo Húmedo + Contenedor	Mcws	187.97	186.74
Peso Suelo Seco + Contenedor	Mcs	171.67	170.01
Peso Contenedor	Mc	38.41	39.20
Peso Suelo Seco (Mw=Mcws-Mcs)	Mw	133.26	130.81
Peso del Agua (Ms=Mcws-Mc)	Ms	16.30	16.73
Contenido de Humedad (w=Mw/Ms)	w	12.23	12.79

Humedad Promedio (%)	12.51
-----------------------------	--------------

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU

 Ing. Eijo Alejandro Milla Vergara
 INGENIERO CIVIL
 R.O. N° 49938



EMV LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS
 LABORATORIO QUÍMICO DE SUELOS Y AGUAS
 OBRAS Y PROYECTOS DE INGENIERÍA
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
 (MTC E 107, NTP 339.128, ASTM D 422)

Proyecto : Centro Comercial Mashuan

Solicitud N° V-014-2018

Solicita : MISTR S.A.

Fecha : Marzo 2018

Lugar : Mashuan - Huaraz - Ancash

Muestreado por : Y.D.T.

Técnico : Y.D.T.

DATOS DE LA MUESTRA

Cantera : --

Progresiva : --

Material : Subrasante

Calicata : C-4

Muestra : mab-01

Tamaño Máximo: 2"

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Masa Inicial Seca (gr) = 4278.30

Porción de masa que pasa tamiz N° 10 (gr) = 208.6

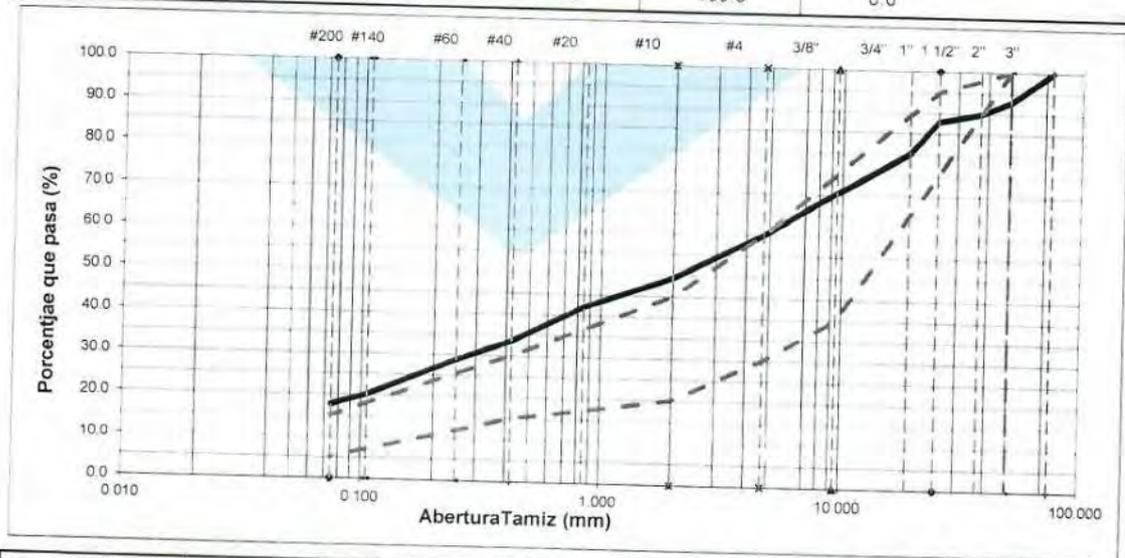
Masa Lavada y Seca (gr) = 3525.38

Masa de Material Grueso (gr) = 2161.60

Masa Retenido 3"(gr) = 0.00

% que pasa N° 200 = 17.60

Abertura de Tamices		RETENIDO EN CADA TAMIZ		PORCENTAJE ACUMULADO		Especificación CE 010 2010 Gradación "B"
ASTM	mm	Masa (gr)	%	Retenido	Que pasa	
3"	75.000	0.00	0.00	0.0	100.0	
2"	50.000	305.50	7.14	7.1	92.9	100
1 1/2"	37.500	127.50	2.98	10.1	89.9	
1"	25.000	83.60	1.95	12.1	87.9	75 - 95
3/4"	19.000	326.20	7.62	19.7	80.3	
3/8"	9.500	419.20	9.80	29.5	70.5	40 - 75
# 4	4.750	450.70	10.53	40.0	60.0	30 - 60
# 10	2.000	448.90	10.49	50.5	49.5	20 - 45
# 20	0.850	31.20	7.40	57.9	42.1	
# 40	0.425	35.80	8.49	66.4	33.6	15 - 30
# 60	0.250	20.30	4.81	71.2	28.8	
# 140	0.106	36.60	8.68	79.9	20.1	
# 200	0.075	10.50	2.49	82.4	17.6	5 - 15
< 200	Fondo	74.20	17.60	100.0	0.0	



% GRAVA	40.03	% Gruesa	19.70	D60 (mm) =	4.765
		% Fina	20.33	D30 (mm) =	0.295
% ARENA	42.37	% Gruesa	10.49	D10 (mm) =	0.000
		% Media	15.89	Coef. Unif. (Cu) =	--
		% Fina	15.99	Coef. Conc. (Cc) =	
% FINOS	17.60				



EMV LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS
 LABORATORIO QUÍMICO DE SUELOS Y AGUAS
 OBRAS Y PROYECTOS DE INGENIERÍA
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
 (MTC E 107, NTP 339.128, ASTM D 422)

Proyecto : Centro Comercial Mashuan

Solicitud N° V-014-2018

Solicita : MISTR S.A.

Fecha : Marzo 2018

Lugar : Mashuan - Huaraz - Ancash

Muestreado por : Y.D.T.

Técnico : Y.D.T.

DATOS DE LA MUESTRA

Cantera : -,-

Progresiva : -,-

Material : Subrasante

Calicata : C-4

Muestra : mab-02

Tamaño Máximo: 1 1/2"

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Masa Inicial Seca (gr) = 3065.80

Porción de masa que pasa tamiz N° 10 (gr) = 130.1

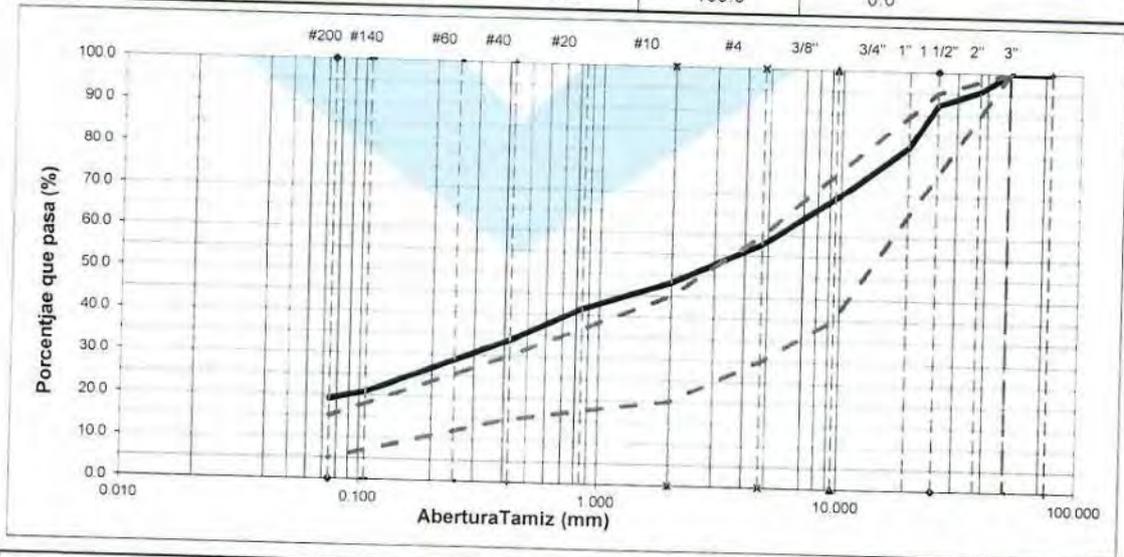
Masa Lavada y Seca (gr) = 2481.08

Masa de Material Grueso (gr) = 1585.80

Masa Retenido 3"(gr) = 0.00

% que pasa N° 200 = 19.07

Abertura de Tamices		RETENIDO EN CADA TAMIZ		PORCENTAJE ACUMULADO		Especificación CE 010 2010 Gradación "B"
ASTM	mm	Masa (gr)	%	Retenido	Que pasa	
3"	75.000	0.00	0.00	0.0	100.0	
2"	50.000	0.00	0.00	0.0	100.0	100
1 1/2"	37.500	135.10	4.41	4.4	95.6	
1"	25.000	105.90	3.45	7.9	92.1	75 - 95
3/4"	19.000	310.70	10.13	18.0	82.0	
3/8"	9.500	396.30	12.93	30.9	69.1	40 - 75
# 4	4.750	346.00	11.29	42.2	57.8	30 - 60
# 10	2.000	291.80	9.52	51.7	48.3	20 - 45
# 20	0.850	18.20	6.75	58.5	41.5	
# 40	0.425	21.20	7.87	66.3	33.7	15 - 30
# 60	0.250	13.10	4.86	71.2	28.8	
# 140	0.106	21.50	7.98	79.2	20.8	
# 200	0.075	4.70	1.74	80.9	19.1	5 - 15
< 200	Fondo	51.40	19.07	100.0	0.0	



% GRAVA	42.21	% Gruesa :	18.00	D60 (mm) =	5.679
		% Fina :	24.21	D30 (mm) =	0.293
% ARENA	38.72	% Gruesa :	9.52	D10 (mm) =	0.000
		% Media :	14.62	Coef. Unif. (Cu) =	-,-
		% Fina :	14.58	Coef. Conc. (Cc) =	-,-
% FINOS	19.07				



EMV LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS
 LABORATORIO QUÍMICO DE SUELOS Y AGUAS
 OBRAS Y PROYECTOS DE INGENIERÍA
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
 (MTC E 107, NTP 339.128, ASTM D 422)

Proyecto : Centro Comercial Mashuan

Solicitud N° V-014-2018

Solicita : MISTR S.A.
 Lugar : Mashuan - Huaraz - Ancash

Fecha : Marzo 2018
 Muestreado por : Y.D.T.
 Técnico : Y.D.T.

DATOS DE LA MUESTRA

Cantera : --
 Calicata : C-4

Progresiva : --
 Muestra : mab-03

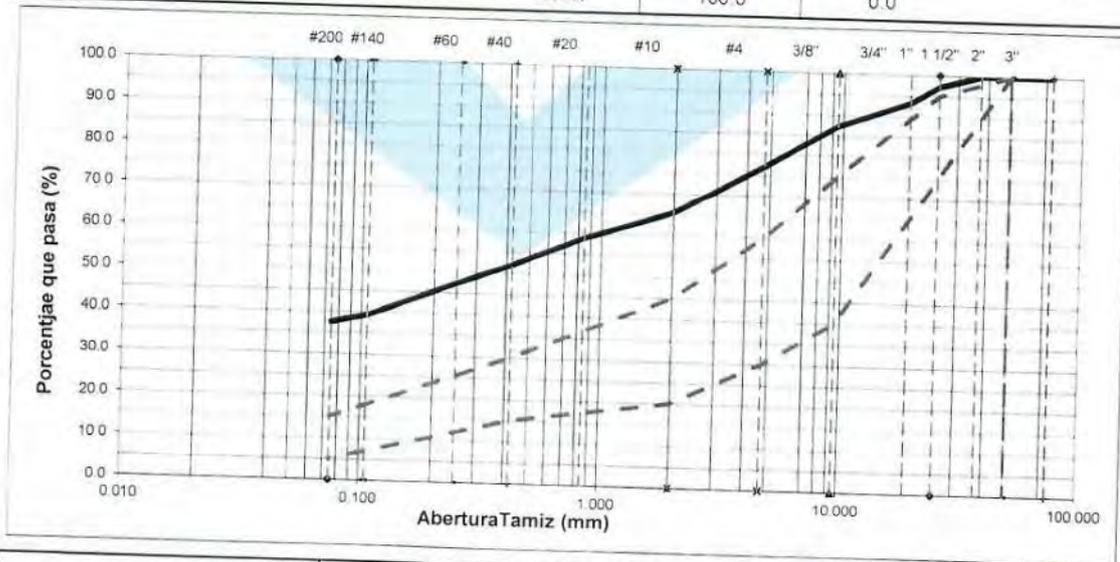
Material : Subrasante
 Tamaño Máximo: 1"

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Masa Inicial Seca (gr) = 2731.30
 Masa Lavada y Seca (gr) = 1707.99
 Masa Retenido 3"(gr) = 0.00

Porción de masa que pasa tamiz N° 10 (gr) = 130.2
 Masa de Material Grueso (gr) = 940.50
 % que pasa N° 200 = 37.47

Abertura de Tamices		RETENIDO EN CADA TAMIZ		PORCENTAJE ACUMULADO		Especificación CE 010 2010 Gradación "B"
ASTM	mm	Masa (gr)	%	Retenido	Que pasa	
3"	75.000	0.00	0.00	0.0	100.0	
2"	50.000	0.00	0.00	0.0	100.0	100
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.0	100.0	
1"	25.000	72.60	2.66	2.7	97.3	75 - 95
3/4"	19.000	110.30	4.04	6.7	93.3	
3/8"	9.500	165.30	6.05	12.7	87.3	40 - 75
# 4	4.750	276.80	10.13	22.9	77.1	30 - 60
# 10	2.000	315.50	11.55	34.4	65.6	20 - 45
# 20	0.850	13.30	6.70	41.1	58.9	
# 40	0.425	13.60	6.85	48.0	52.0	15 - 30
# 60	0.250	9.20	4.63	52.6	47.4	
# 140	0.106	16.20	8.16	60.8	39.2	
# 200	0.075	3.50	1.76	62.5	37.5	5 - 15
< 200	Fondo	74.40	37.47	100.0	0.0	



% GRAVA	22.88	% Gruesa	6.70	D60 (mm) =	1.044
		% Fina	16.19	D30 (mm) =	0.000
% ARENA	39.65	% Gruesa	11.55	D10 (mm) =	0.000
		% Media	13.55	Coef. Unif. (Cu) =	--
% FINOS	37.47	% Fina	14.55	Coef. Conc. (Cc) =	--



EMV LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS
 LABORATORIO QUÍMICO DE SUELOS Y AGUAS
 OBRAS Y PROYECTOS DE INGENIERÍA
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
 (MTC E 107, NTP 339.128, ASTM D 422)

Proyecto : Centro Comercial Mashuan

Solicitud N° V-014-2018

Solicita : MISTR S.A.

Fecha : Marzo 2018

Lugar : Mashuan - Huaraz - Ancash

Muestreado por : Y.D.T.

Técnico : Y.D.T.

DATOS DE LA MUESTRA

Cantera : -,-

Progresiva : -,-

Material : Subrasante

Calicata : C-4

Muestra : mab-04

Tamaño Máximo: 2"

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Masa Inicial Seca (gr) = 3331.80

Porción de masa que pasa tamiz N° 10 (gr) = 131.6

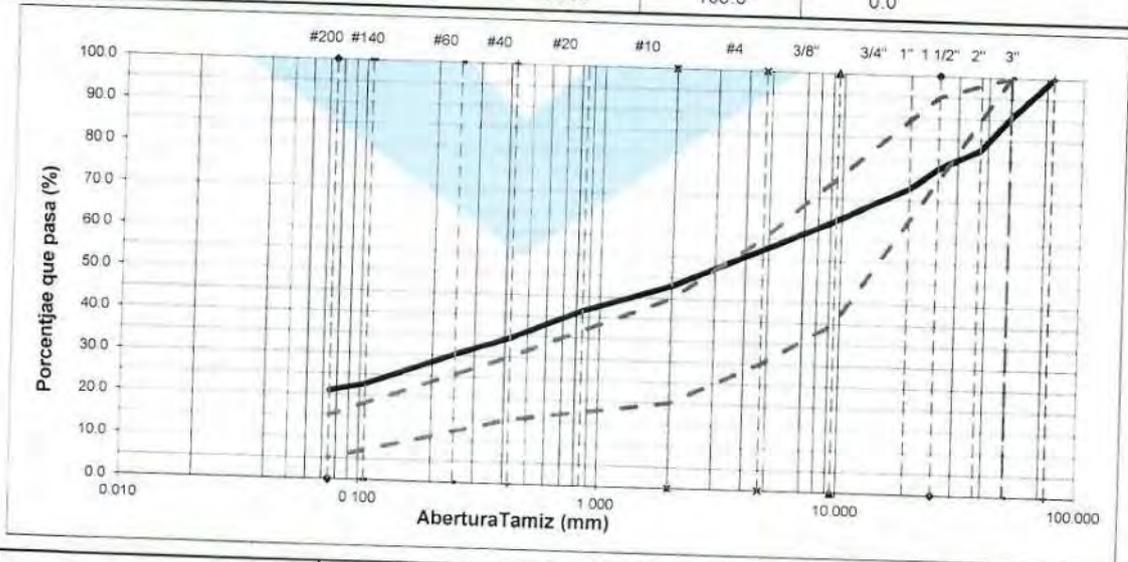
Masa Lavada y Seca (gr) = 2637.45

Masa de Material Grueso (gr) = 1728.70

Masa Retenido 3"(gr) = 0.00

% que pasa N° 200 = 20.84

Abertura de Tamices		RETENIDO EN CADA TAMIZ		PORCENTAJE ACUMULADO		Especificación CE.010 2010 Gradación "B"
ASTM	mm	Masa (gr)	%	Retenido	Que pasa	
3"	75.000	0.00	0.00	0.0	100.0	
2"	50.000	320.00	9.60	9.6	90.4	100
1 1/2"	37.500	257.10	7.72	17.3	82.7	
1"	25.000	154.40	4.63	22.0	78.0	75 - 95
3/4"	19.000	164.40	4.93	26.9	73.1	
3/8"	9.500	277.30	8.32	35.2	64.8	40 - 75
# 4	4.750	250.00	7.50	42.7	57.3	30 - 60
# 10	2.000	305.50	9.17	51.9	48.1	20 - 45
# 20	0.850	18.00	6.58	58.5	41.5	
# 40	0.425	19.20	7.02	65.5	34.5	15 - 30
# 60	0.250	11.50	4.20	69.7	30.3	
# 140	0.106	21.00	7.68	77.4	22.6	
# 200	0.075	4.90	1.79	79.2	20.8	5 - 15
< 200	Fondo	57.00	20.84	100.0	0.0	



% GRAVA	42.72	% Gruesa	26.89	D60 (mm) =	6.469
		% Fina	15.83	D30 (mm) =	0.244
% ARENA	36.44	% Gruesa	9.17	D10 (mm) =	0.000
		% Media	13.60	Coef. Unif. (Cu) =	-,-
% FINOS	20.84	% Fina	13.67	Coef. Conc. (Cc) =	-,-



LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS
 (MTC E 110 y MTC E 111, NTP 339.129, ASTM D 4318)

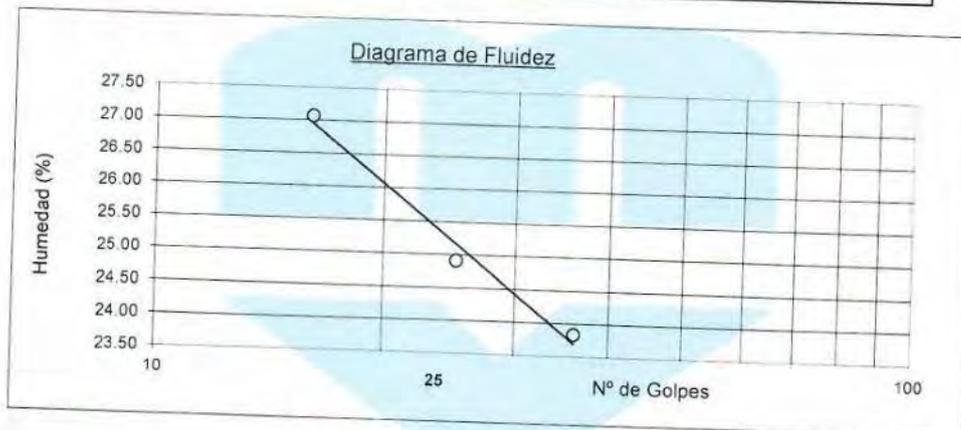
Proyecto : Centro Comercial Mashuan Solicitud N° V-014-2018

Solicita : MISTR S.A. Fecha : Marzo 2018
 Lugar : Mashuan - Huaraz - Ancash Muestreado por : Y.D.T.
Técnico : Y.D.T.

Cantera : -- DATOS DE LA MUESTRA
 Calicata : C-4 Progresiva : -- Material : Subrasante
Muestra : mab-01 Profundidad : 0.00 - 0.30 m.

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO

N° de golpes	16	25	36
P. Suelo Húmedo+Rec.	38.49	37.71	40.05
P. Suelo Seco+Rec.	33.84	33.61	35.50
Peso del Recipiente	16.66	17.15	16.41
Peso Suelo Seco	17.18	16.46	19.09
Peso del Agua	4.65	4.10	4.55
C. de Humedad %	27.07	24.91	23.83



DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO

P. Suelo Húmedo+Rec.	26.30	25.51
P. Suelo Seco+Rec.	24.96	24.30
Peso del Recipiente	14.62	15.06
Peso Suelo Seco	10.34	9.24
Peso del Agua	1.34	1.21
C. de Humedad %	12.96	13.10

Limite Líquido = **25.0**

Limite Plástico = **13.0**

Índice Plasticidad = **12.0**


 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU
Ing. Elio Alejandro Milla Vergara
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 42832



LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS
 (MTC E 110 y MTC E 111, NTP 339.129, ASTM D 4318)

Proyecto : Centro Comercial Mashuan

Solicitud N° V-014-2018

Solicita : MISTR S.A.

Fecha : Marzo 2018

Lugar : Mashuan - Huaraz - Ancash

Muestreado por : Y.D.T.

Técnico : Y.D.T.

DATOS DE LA MUESTRA

Cantera : -.-

Progresiva : -.-

Material : Subrasante

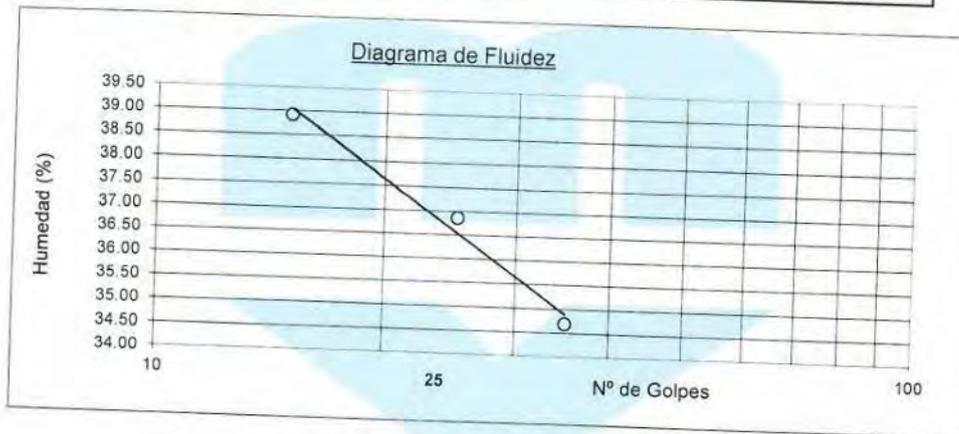
Calicata : C-4

Muestra : mab-02

Profundidad : 0.30 - 0.60 m.

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO

N° de golpes	15	25	35
P. Suelo Húmedo+Rec.	35.31	35.43	36.88
P. Suelo Seco+Rec.	30.15	30.38	31.70
Peso del Recipiente	16.89	16.68	16.77
Peso Suelo Seco	13.26	13.70	14.93
Peso del Agua	5.16	5.05	5.18
C. de Humedad %	38.91	36.86	34.70



DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO

P. Suelo Húmedo+Rec.	24.86	25.27
P. Suelo Seco+Rec.	23.29	23.78
Peso del Recipiente	14.52	15.50
Peso Suelo Seco	8.77	8.28
Peso del Agua	1.57	1.49
C. de Humedad %	17.90	18.00

Limite Líquido = 37.0

Limite Plástico = 18.0

Índice Plasticidad = 19.0

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU

 Ing. Eljo Alejandro Milta Vergara
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 42832



LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS
 (MTC E 110 y MTC E 111, NTP 339.129, ASTM D 4318)

Proyecto : Centro Comercial Mashuan

Solicitud N° V-014-2018

Solicita : MISTR S.A.

Fecha : Marzo 2018

Lugar : Mashuan - Huaraz - Ancash

Muestreado por : Y.D.T.

Técnico : Y.D.T.

DATOS DE LA MUESTRA

Cantera : --

Progresiva : --

Material : Subrasante

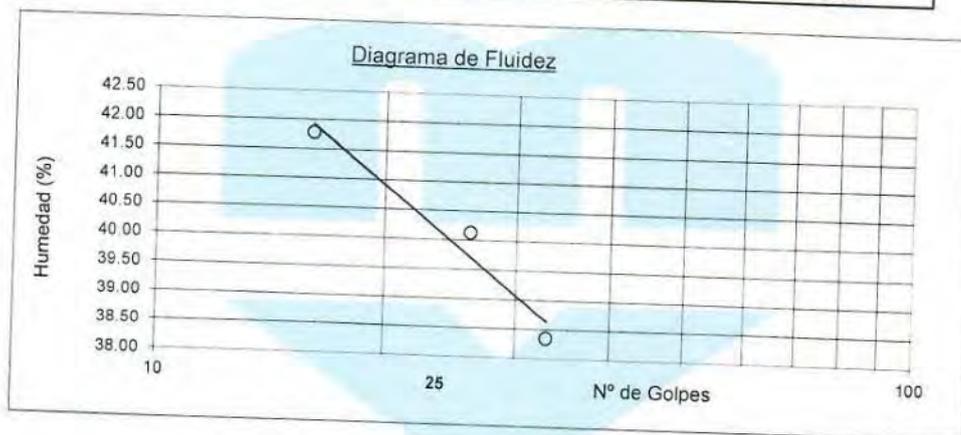
Calicata : C-4

Muestra : mab-03

Profundidad : 0.60 - 1.00 m.

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO

N° de golpes	16	26	33
P. Suelo Húmedo+Rec.	34.07	46.66	37.15
P. Suelo Seco+Rec.	28.91	40.54	31.39
Peso del Recipiente	16.56	25.29	16.37
Peso Suelo Seco	12.35	15.25	15.02
Peso del Agua	5.16	6.12	5.76
C. de Humedad %	41.78	40.13	38.35



DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO

P. Suelo Húmedo+Rec.	22.93	23.16
P. Suelo Seco+Rec.	21.61	21.83
Peso del Recipiente	14.83	14.95
Peso Suelo Seco	6.78	6.88
Peso del Agua	1.32	1.33
C. de Humedad %	19.47	19.33

Limite Liquido = 40.0

Limite Plástico = 19.0

Índice Plasticidad = 21.0



COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU

Ing. Elio Alejandro Milla Vergara
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 42832



LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS
 (MTC E 110 y MTC E 111, NTP 339.129, ASTM D 4318)

Proyecto : Centro Comercial Mashuan

Solicitud N° V-014-2018

Solicita : MISTR S.A.

Fecha : Marzo 2018

Lugar : Mashuan - Huaraz - Ancash

Muestreado por : Y.D.T.

Técnico : Y.D.T.

DATOS DE LA MUESTRA

Cantera : --

Progresiva : --

Material : Subrasante

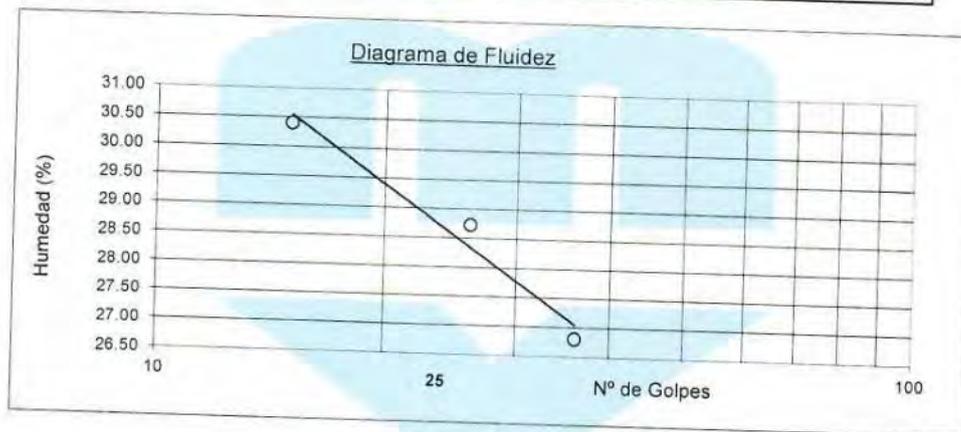
Calicata : C-4

Muestra : mab-04

Profundidad : 1.00 - 1.50 m.

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO

N° de golpes	15	26	36
P. Suelo Húmedo+Rec.	37.05	39.30	42.03
P. Suelo Seco+Rec.	32.18	34.23	36.69
Peso del Recipiente	16.16	16.58	16.77
Peso Suelo Seco	16.02	17.65	19.92
Peso del Agua	4.87	5.07	5.34
C. de Humedad %	30.40	28.73	26.81



DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO

P. Suelo Húmedo+Rec.	22.11	24.12
P. Suelo Seco+Rec.	20.83	22.83
Peso del Recipiente	12.52	14.62
Peso Suelo Seco	8.31	8.21
Peso del Agua	1.28	1.29
C. de Humedad %	15.40	15.71

Limite Liquido = 29.0

Limite Plástico = 16.0

Indice Plasticidad = 13.0

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU

 Ing. Elio Alejandro Milla Vergara
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 42832



EMV LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS
 LABORATORIO QUÍMICO DE SUELOS Y AGUAS
 OBRAS Y PROYECTOS DE INGENIERÍA
REGISTRO DE SONDAJE - DESCRIPCIÓN VISUAL MANUAL DE SUELOS
 (NTP 339.150, ASTM D-2487)

Solicitud N° V-014-2018

REGISTRO DE SONDAJE

Proyecto : Centro Comercial Mashuan
 Solicitado : MISTR S.A.
 Lugar : Mashuan - Huaraz - Ancash
 Calicata : C-4
 Progresiva : -,-
 Tipo de Sondaje : Cielo Abierto

Fecha : Marzo 2018
 Muestreado por : Y.D.T.
 Técnico : Y.D.T.
 Nivel Freático : N.E.

PROFUND. (m)	ESPESOR ESTRATO (m)	MUESTRAS OBTENIDAS	SIMBOLO GRAFICO	CLASIFIC. AASHTO/SUCS	DESCRIPCION DEL MATERIAL
0.30	0.30	mab-01		A-2-6(0) SC	Arena arcillosa con grava, con presencia de bolonería en 1%, TM = 100 mm. con grava gruesa subredondeada dura en 40%, arena media subredondeada en 40% y finos de media plasticidad en 20%, media resistencia en estado seco, dilatancia lenta, media tenacidad color marrón, sin olor, humedad baja, estructura estratificada, cementación moderada.
0.60	0.30	mab-02		A-2-6(0) GC	Grava arcillosa con arena, con presencia de bolonería en 1%, TM = 100 mm. con grava gruesa subredondeada dura en 40%, arena media subredondeada en 40% y finos de media plasticidad en 20%, media resistencia en estado seco, dilatancia lenta, media tenacidad color plomo, sin olor, humedad baja, estructura estratificada, cementación moderada.
1.00	0.40	mab-03		A-6(3) SC	Arena arcillosa con grava, sin presencia de bolonería, con grava gruesa subredondeada dura en 25%, arena media subredondeada en 40% y finos de media plasticidad en 35%, media resistencia en estado seco, dilatancia lenta, media tenacidad color marrón claro, sin olor, humedad baja, estructura estratificada, cementación moderada.
1.50	0.50	mab-04		A-2-6(0) GC	Grava arcillosa con arena, sin presencia de bolonería, con grava gruesa subredondeada dura en 45%, arena media subredondeada en 35% y finos de media plasticidad en 20%, media resistencia en estado seco, dilatancia lenta, media tenacidad color amarillento claro, sin olor, humedad baja, estructura estratificada, cementación moderada.



PESO VOLUMÉTRICO DE SUELOS COHESIVOS
 (NTP 339.139-1999)

Solicitud N° V-014-2018

Proyecto : Centro Comercial Mashuan

Solicita : MISTR S.A.

Lugar : Mashuan - Huaraz - Ancash

Fecha : Marzo 2018

Muestreado por : Y.D.T.

Técnico : Y.D.T.

Cantera : --

Progresiva : --

Material : Subrasante

Calicata : C-4

Muestra : mab-04

Profundidad : 1.00 - 1.50 m.

Método : Inmersión en Agua

Muestra de Ensayo			1	2
Tipo de Frasco Utilizado			Cilindro Graduado	Cilindro Graduado
Temperatura del agua	°C		17.0	17.0
Masa húmeda de la muestra	gr	(m_s)	276.62	128.23
Masa de la muestra con parafina	gr	(m_w)	283.24	131.87
Masa de muestra cubierta suspendido en agua	gr	(m_g)	142.77	66.86
Volumen de parafina ($v_{pf} = (m_w - m_s) / \gamma_{par}$)	cm ³	(v_{pf})	7.79	4.28
Volumen del suelo	cm ³	(v_s)	132.68	60.73
Densidad de Masa del suelo (γ)		gr/cm ³	2.08	2.11
Densidad de Masa del suelo	gr/cm ³	γ	2.10	
Contenido de humedad del suelo	%	ω	12.51	
Densidad de Masa del Suelo Seco	gr/cm ³	γ_d	1.86	

γ Parafina = 0.85 gr/cm³ (Peso específico de la parafina)

Observación:

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU

 Ing. Elio Alejandro Milla Vergara
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 42632



Proyecto : Centro Comercial Mashuan
 Solicitado : MISTR S.A.
 Lugar : Mashuan - Huaraz - Ancash
 Sondaje : DPL-3 (E = 225371, N = 8935042)

Solicitud N° V-014-2018

Fecha : Marzo 2018
 Técnico : Y.D.T.
 Profundidad : 1.50 - 3.25 m.
 $\gamma_s = 20.58 \text{ kN/m}^3$

ENSAYO DE PENETRACION DINAMICA LIGERA DIN 4094 (NTP 339.159)

F.C. = 1

Prof. (m)	N2 (DPL)	N1 (SPT)	σ'_0 (kN/m ²)	Ncorr	CORRELACIONES		Descripción del suelo SUCS	ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA N _{DPL} N _{SPT}
					ϕ (°) suelo friccionante	c (Kg/cm ²) suelo cohesivo		
1.60	42							
1.70	16							
1.80	11	23	4.115	20	32.88	1.00		
1.90	11							
2.00	19							
2.10	26	19	10.289	18	32.33	0.90		
2.20	23							
2.30	30							
2.40	18	24	16.462	21	33.16	1.05		
2.50	20							
2.60	21							
2.70	16	19	22.635	18	32.33	0.90		
2.80	11							
2.90	9							
3.00	16	12	28.808	11	29.90	0.55		
3.10	23							
3.20	29							
3.25	32	28	33.952	39	37.98	1.95		
					--	--		
					--	--		
					--	--		
					--	--		
					--	--		
					--	--		
					--	--		
					--	--		

Observaciones:
 - Rechazo por llegar a suelo firme o por presencia de bolonerías
 - El ensayo se realizó desde nivel del fondo de la calicata (1.50 m) hasta la profundidad de 3.25 m. medido desde nivel de terreno natural (0.00 m).

N del SPT promedio N = 21 golpes/capa





GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS
 ASTM C29, NTP 400.021

Solicitud N° V-014-2018

Proyecto : Centro Comercial Mashuan

Solicitado : MISTR S.A.

Lugar : Mashuan - Huaraz - Ancash

Fecha : Marzo 2018

Muestreado por : Y.D.T.

Técnico : Y.D.T.

DATOS DE LA MUESTRA

Cantera : -.-

Calicata : C-4

Material : Subrasante

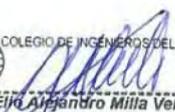
Progresiva : -.-

Muestra : mab-02

Profundidad : 0.30 - 0.60 m.

Agregado		GRUESO	GRUESO
Tamaño máximo de la muestra		2"	2"
Tipo de frasco utilizado		Cesta	Cesta
Masa del frasco dentro del agua (gr)	(A)	1000.00	1000.00
Masa de la muestra saturada superficialmente seca (gr)	(B)	1865.53	1866.66
Masa de la muestra saturada dentro del agua + frasco (gr)	(C)	2170.65	2161.81
Masa de la muestra seca (gr)	(D)	1852.72	1846.26
Masa de la muestra saturada dentro del agua (gr)	(E)	1170.65	1161.81
Gravedad Especifica B/(B-E)		2.68	2.65
Gravedad Especifica Promedio		2.67	
Gravedad Especifica Aparente, $G_a = D/(D - C)$		2.72	2.70
Densidad Aparente, $D_a = 0.9975D/(D-E)$		2.71	2.69
Densidad Aparente Promedio, D_a		2.70	

Observación:


 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ

Ing. Elio Alejandro Milla Vergara
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 42832



COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA
 (2 700 kN-m/m³ - 56 000 pie-lb/pie³)
 (MTC E115, NTP 339.141, ASTM D 1557)

Proyecto : Centro Comercial Mashuan

Solicitud N° V-014-2018

Solicitado : MISTR S.A.

Fecha : Marzo 2018

Lugar : Mashuan - Huaraz - Ancash

Muestreado por : Y.D.T.

Técnico : Y.D.T.

DATOS DE LA MUESTRA

Cantera : --
 Calicata : C-4
 Material : Subrasante

Muestra : mab-02 mab-04

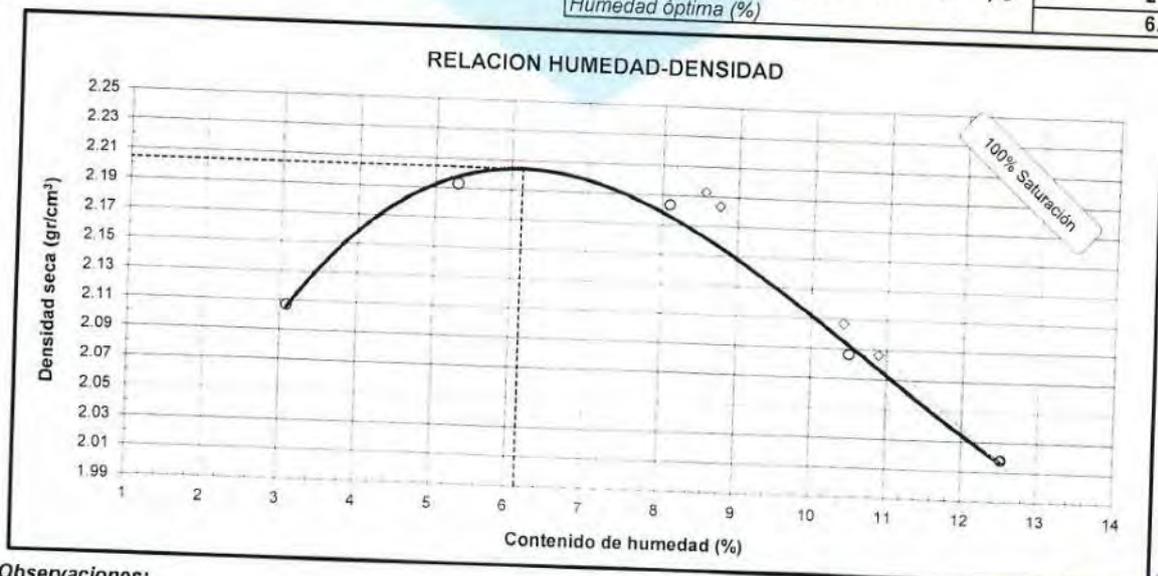
Progresiva : --
 Clasif. (SUCS) : GC
 Clasif. (AASHTO): A-2-6(0)

PROCEDIMIENTO DE COMPACTACION: **C**
 Pisón: Manual
 Golpes por capa: 56

Método de Preparación : Húmedo
 Gravedad Específica (Gs) : 2.67
 Capas : Cinco

Molde N° : 01
 Tamiz N° : 3/4"
 P_c (%) : 18.00

Masa suelo húmedo + molde	gr	7435.6	7726.6	7835.5	7718.5	7645.3
Masa del molde	gr	2830.2	2830.2	2830.2	2830.2	2830.2
Peso suelo húmedo compactado	gr	4605.4	4896.4	5005.3	4888.3	4815.1
Volumen del molde	cm ³	2120.5	2120.5	2120.5	2120.5	2120.5
Densidad húmeda compactada	gr/cm ³	2.172	2.309	2.360	2.305	2.271
Cálculo Contenido de Humedad						
Masa del suelo húmedo+ recip.	gr	236.98	229.09	236.33	228.14	241.63
Masa del suelo seco + recipiente	gr	230.97	219.54	221.62	210.09	218.76
Masa del recipiente	gr	36.12	39.20	39.93	38.17	36.17
Masa del agua	gr	6.01	9.55	14.71	18.05	22.87
Masa del suelo seco	gr	194.85	180.34	181.69	171.92	182.59
Contenido de Humedad	%	3.08	5.30	8.10	10.50	12.53
Densidad seca compactada	gr/cm ³	2.11	2.19	2.18	2.09	2.02
Densidad Seca Compactada Máxima (gr/cm ³) γ_d						2.20
Peso Unitario Seco Compactado (kN/m ³) γ_d						21.6
Humedad óptima (%)						6.14



Observaciones:



EMV LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS
 LABORATORIO QUÍMICO DE SUELOS Y AGUAS
 OBRAS Y PROYECTOS DE INGENIERÍA

CBR (Relación de soporte de California) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO
 (MTC E 132, NTP 339,145, ASTM D 1883)

Proyecto : Centro Comercial Mashuan

Solicitud N° V-014-2018

Solicitado : MISTR S.A.

Fecha de Ensayo : 23/03/2018

Lugar : Mashuan - Huaraz - Ancash

Muestreado por : Y.D.T.

Técnico : Y.D.T.

Calicata : C-4
 Muestra : mab-02 mab-04
 Material : Subrasante

DATOS DE LA MUESTRA

Progresiva : --
 Clasif. (SUCS) : GC
 Clasif. (AASHTO) : A-2-6(0)

PREPARACIÓN DEL ESPECIMEN (COMPACTACION)						
Compactación :	Modificado		Método: C			
Molde N°	7		8		9	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	55		26		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO	
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12419.4	12503.7	12210.2	12335.3	12095.7	12299.0
Peso de molde (g)	7400.8	7400.8	7421.5	7421.5	7563.8	7563.8
Peso del suelo húmedo (g)	5018.6	5102.9	4788.7	4913.8	4531.9	4735.2
Volumen del molde (cm ³)	2139.9	2139.9	2117.6	2117.6	2126.7	2126.7
Peso Unitario húmedo (g/cm ³)	2.35	2.38	2.26	2.32	2.13	2.23
Contenido de Humedad						
Peso suelo húmedo + recipiente (g)	203.07	205.27	199.07	201.38	229.27	232.41
Peso suelo seco + recipiente (g)	192.63	193.12	190.00	190.01	218.15	215.03
Peso del recipiente (g)	39.14	38.17	38.41	39.93	40.70	39.20
Peso de agua (g)	10.44	12.15	9.07	11.37	11.12	17.38
Peso de suelo seco (g)	153.49	154.95	151.59	150.08	177.45	175.83
Contenido de humedad (%)	6.80	7.84	5.98	7.58	6.27	9.88
Peso Unitario seco (g/cm ³)	2.20	2.21	2.13	2.16	2.01	2.03

Datos del Ensayo Proctor Modificado Peso Unitario Seco = 2.204 gr/cm³ C.H.O. = 6.14 %

Sobrecarga de saturación = 4.54 Kg											
INMERSIÓN											
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
23/03/2018	12:00	0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0
24/03/2018	12:00	24	0.030	0.008	0.0	0.050	0.013	0.0	0.080	0.020	0.0
25/03/2018	12:30	48	0.030	0.008	0.0	0.050	0.013	0.0	0.085	0.021	0.0
26/03/2018	11:50	72	0.040	0.010	0.0	0.060	0.015	0.0	0.090	0.023	0.0
27/03/2018	11:50	96	0.040	0.010	0.0	0.060	0.015	0.0	0.093	0.023	0.0

Sobrecarga de penetración = 4.54 Kg													
PENETRACION													
PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE N°				MOLDE N°				MOLDE N°			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.625		25	120.4			15	84.6			9	63.2		
1.250		70	281.4			60	245.6			24	116.8		
1.875		125	478.2			120	460.3			40	174.1		
2.540	70.31	183	685.7	785.0	56.9	171	642.8	597.8	43.3	50	209.9	203.5	14.7
5.080	105.46	436	1590.8	1559.5	75.3	290	1068.5	1068.9	51.6	73	292.1	303.5	14.7
7.500		600	2177.5			377	1379.7			86	338.7		
10.000		758	2742.8			450	1640.9			100	388.7		
12.500		902	3258.0			500	1819.8			110	424.5		


 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU
 Ing. *Elio Alejandro Milla Vergara*
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 12532



RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
 (MTC E 132-2000, NTP, ASTM D 1883,)

Proyecto : Centro Comercial Mashuan

Solicitud N° V-014-2018

Solicitado : MISTR S.A.

Fecha : 27/03/2018

Lugar : Mashuan - Huaraz - Ancash

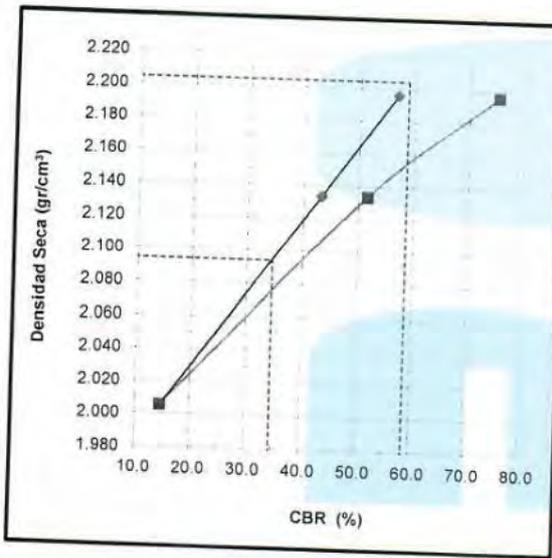
Muestreado por : Y.D.T.

Técnico : Y.D.T.

DATOS DE LA MUESTRA

Calicata : C-4
 Muestra : mab-02
 Material : Subrasante

Progresiva : --
 Clasif. (SUCS) : GC
 Clasif. (AASHTO) : A-2-6(0)



METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 2.20
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 6.14
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 2.09

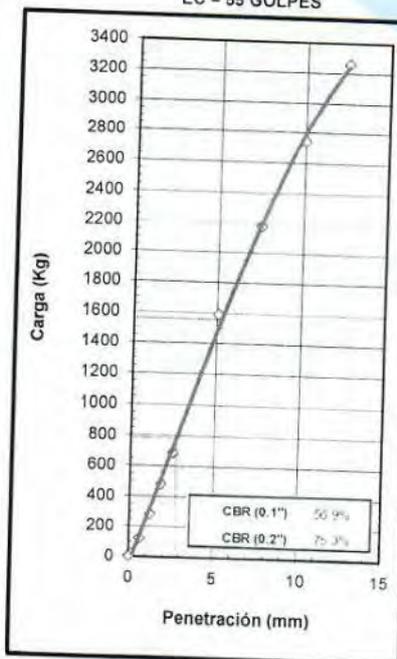
CB.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1":	58.7	0.2":	78.9
CB.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1":	34.6	0.2":	38.5

RESULTADOS:

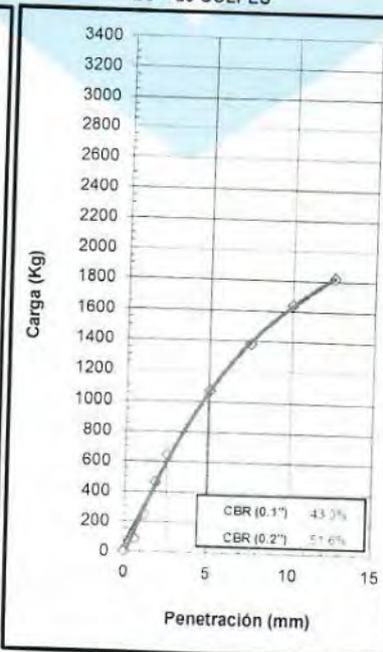
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 58.7 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 34.6 (%)

OBSERVACIONES:

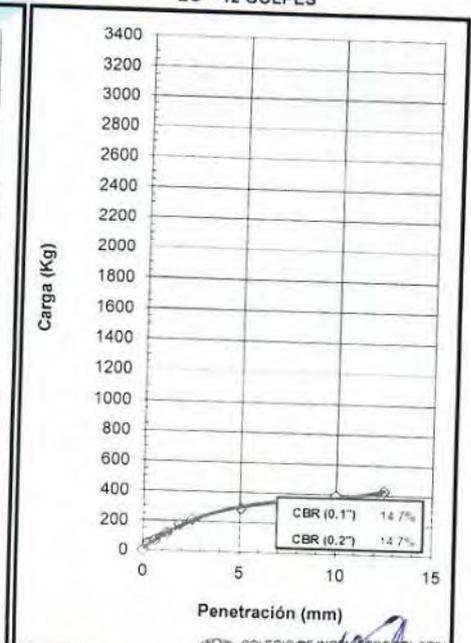
EC = 55 GOLPES



EC = 26 GOLPES



EC = 12 GOLPES





HOJA RESUMEN - ENSAYOS ESTANDAR - CLASIFICACIÓN SUCS
 (MTC ANEXO 1, NTP 339.134, NTP 339.135, ASTM D 2487)

Solicitud N° V-014-2018

Proyecto : Centro Comercial Mashuan

Solicita : MISTR S.A.

Lugar : Mashuan - Huaraz - Ancash

Fecha : Marzo 2018

Muestreado por : Y.D.T.

Técnico : Y.D.T.

DATOS DE LA MUESTRA		Progresiva Calicata Muestra Profundidad	-- C-5 mab-01 0.00 - 1.50 m.
Porcentaje de material que pasa la malla de porción de material < 3"	3"		100.00
	2"		89.72
	1 1/2"		85.06
	1"		79.41
	3/4"		73.23
	3/8"		64.26
	# 4		56.68
	# 10		49.78
	# 20		43.73
	# 40		37.14
# 60		33.04	
# 140		24.28	
# 200		21.67	
Coef. de Uniformidad Cu			--
Coef. de Curvatura Cc			--
Porcentaje de Material	Grava		43.32
	Arena		35.00
	Finos		21.67
Mitad de Fracción Gruesa			39.16
Limites de Consistencia	L.L.		28.00
	L.P.		16.00
	I.P.		12.00
Humedad Natural (%)			7.58
Indice de Grupo	IG - LL		-1.87
	IG - IP		0.13
	Indice de Grupo		0
Clasificación AASTHO			A-2-6(0)
Clasificación SUCS			GC
Descripción			Grava arcillosa con arena

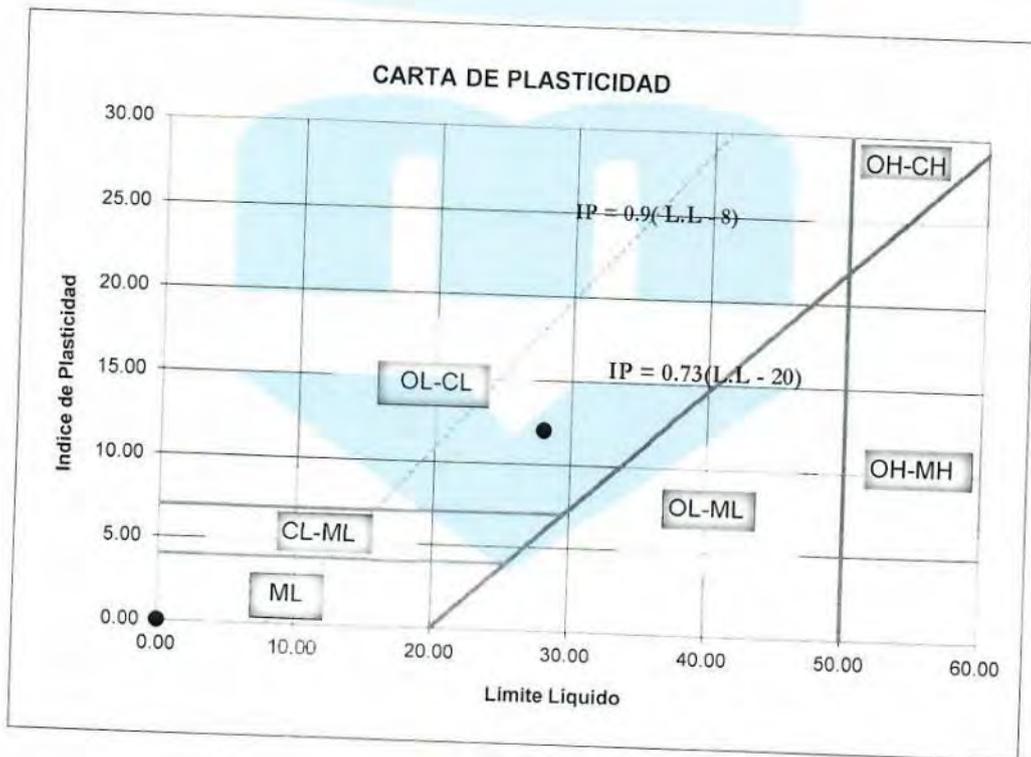


HOJA RESUMEN - ENSAYOS ESTANDAR - CLASIFICACIÓN SUCS
(NTP 339.134, ASTM D 2487, MTC ANEXO 1)

Solicitud N° **V-014-2018**

UBICACIÓN DE PUNTOS EN LA CARTA DE PLASTICIDAD

Proyecto	: Centro Comercial Mashuan	Fecha	: Marzo 2018
Solicita	: MISTR S.A.	Muestreado por	: Y.D.T.
Lugar	: Mashuan - Huaraz - Ancash	Técnico	: Y.D.T.
DATOS DE LA MUESTRA			
Cantera	: -	Progresiva	: -
Calicata	: C-5	Profundidad	: 0.00 - 1.50 m.



COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU
Ing. Elio Alejandro Milla Vergara
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 42000



CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO
(MTC E 108, NTP 339.127, ASTM D 2216)

Solicitud N° **V-014-2018**

Proyecto : Centro Comercial Mashuan

Solicita : MISTR S.A.

Lugar : Mashuan - Huaraz - Ancash

Fecha : Marzo 2018

Muestreado por : Y.D.T.

Técnico : Y.D.T.

Cantera : -,-

DATOS DE LA MUESTRA

Calicata : C-5

Progresiva : -,-

Muestra : mab-01

Material : Subrasante

Profundidad : 0.00 - 1.50 m.

DESCRIPCION		M - 1	M - 2
Peso Suelo Húmedo + Contenedor	Mcws	209.15	209.07
Peso Suelo Seco + Contenedor	Mcs	197.38	196.94
Peso Contenedor	Mc	36.96	41.85
Peso Suelo Seco (Mw=Mcws-Mcs)	Mw	160.42	155.09
Peso del Agua (Ms=Mcws-Mc)	Ms	11.77	12.13
Contenido de Humedad (w=Mw/Ms)	w	7.34	7.82

Humedad Promedio (%)	7.58
-----------------------------	-------------



COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU

Ing. Elio Alejandro Millá Vergara
INGENIERO CIVIL
REG. OIP N° 42832



EMV LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS
 LABORATORIO QUÍMICO DE SUELOS Y AGUAS
 OBRAS Y PROYECTOS DE INGENIERÍA
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
 (MTC E 107, NTP 339.128, ASTM D 422)

Proyecto : Centro Comercial Mashuan

Solicitud N° V-014-2018

Solicita : MISTR S.A.

Fecha : Marzo 2018

Lugar : Mashuan - Huaraz - Ancash

Muestreado por : Y.D.T.

Técnico : Y.D.T.

Cantera : -,-

DATOS DE LA MUESTRA

Calicata : C-5

Progresiva : -,-

Muestra : mab-01

Material : Subrasante

Tamaño Máximo: 2"

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Masa Inicial Seca (gr) = 4330.80

Porción de masa que pasa tamiz N° 10 (gr) = 130.0

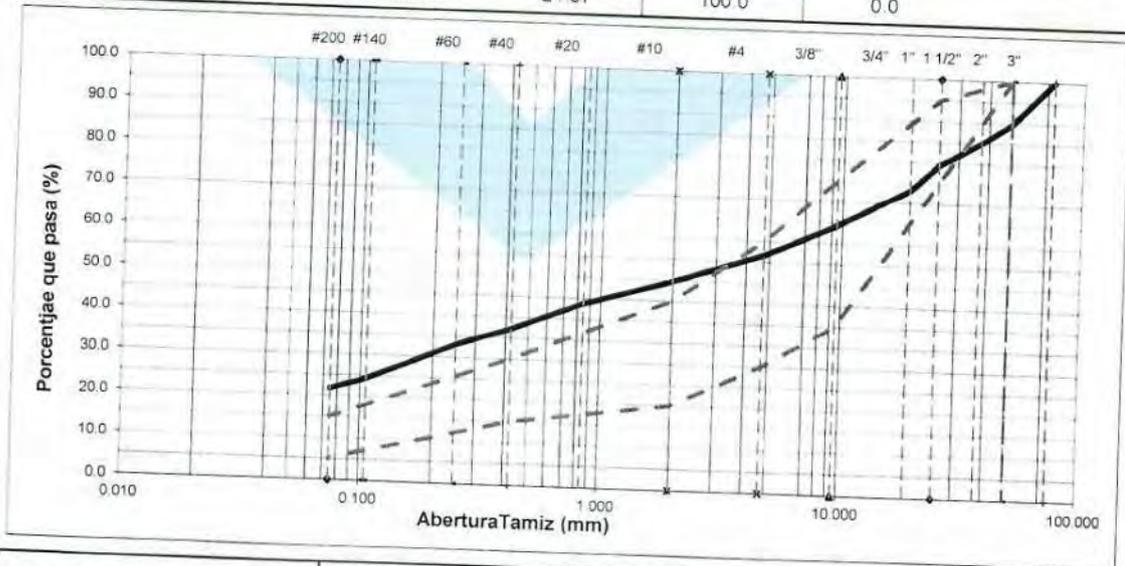
Masa Lavada y Seca (gr) = 3392.24

Masa de Material Grueso (gr) = 2175.10

Masa Retenido 3"(gr) = 0.00

% que pasa N° 200 = 21.67

Abertura de Tamices		RETENIDO EN CADA TAMIZ		PORCENTAJE ACUMULADO		Especificación CE.010 2010 Gradación "B"
ASTM	mm	Masa (gr)	%	Retenido	Que pasa	
3"	75.000	0.00	0.00	0.0	100.0	100
2"	50.000	445.10	10.28	10.3	89.7	
1 1/2"	37.500	201.80	4.66	14.9	85.1	75 - 95
1"	25.000	244.60	5.65	20.6	79.4	
3/4"	19.000	267.80	6.18	26.8	73.2	40 - 75
3/8"	9.500	388.70	8.98	35.7	64.3	
# 4	4.750	328.30	7.58	43.3	56.7	30 - 60
# 10	2.000	298.80	6.90	50.2	49.8	
# 20	0.850	15.80	6.05	56.3	43.7	20 - 45
# 40	0.425	17.20	6.59	62.9	37.1	
# 60	0.250	10.70	4.10	67.0	33.0	15 - 30
# 140	0.106	22.90	8.77	75.7	24.3	
# 200	0.075	6.80	2.60	78.3	21.7	5 - 15
< 200	Fondo	56.60	21.67	100.0	0.0	



% GRAVA	43.32	% Gruesa	26.77	D60 (mm) =	6.833
		% Fina	16.56	D30 (mm) =	0.200
% ARENA	35.00	% Gruesa	6.90	D10 (mm) =	0.000
		% Media	12.64	Coef. Unif. (Cu) =	--
% FINOS	21.67	% Fina	15.47	Coef. Conc. (Cc) =	--



REGISTRO DE SONDAJE - DESCRIPCIÓN VISUAL MANUAL DE SUELOS
 (NTP 339.150, ASTM D-2487)

Solicitud N° **V-014-2018**

REGISTRO DE SONDAJE

Proyecto : Centro Comercial Mashuan
 Solicitado : MISTR S.A.
 Lugar : Mashuan - Huaraz - Ancash
 Calicata : C-5
 Progresiva : --
 Tipo de Sondaje : Cielo Abierto

Fecha : Marzo 2018
 Muestreado por : Y.D.T.
 Técnico : Y.D.T.
 Nivel Freático : N.E.

PROFUND. (m)	ESPESOR ESTRATO (m)	MUESTRAS OBTENIDAS	SIMBOLO GRAFICO	CLASIFIC. AASHTO/SUCS	DESCRIPCION DEL MATERIAL
				A-2-6(0)	Grava arcillosa con arena, con presencia de bolonería en 20% de TM = 300 mm, con grava gruesa subredondeada dura en 45%, arena media subredondeada en 35% y finos de media plasticidad en 20%, media resistencia en estado seco, dilatancia lenta, media tenacidad color marrón claro, sin olor, humedad baja, estructura homogénea, cementación moderada.
1.50					
1.50					

OBSERVACIONES:



COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU

Ing. Elio Alejandro Milla Vergara
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 42832



PESO VOLUMÉTRICO DE SUELOS COHESIVOS
(NTP 339.139-1999)

Solicitud N° V-014-2018

Proyecto : Centro Comercial Mashuan

Solicita : MISTR S.A.

Lugar : Mashuan - Huaraz - Ancash

Fecha : Marzo 2018
 Muestreado por : Y.D.T.
 Técnico : Y.D.T.

Cantera : -,-

Progresiva : -,-

Material : Subrasante

Calicata : C-5

Muestra : mab-01

Profundidad : 0.00 - 1.50 m.

Método : Inmersión en Agua

Muestra de Ensayo			1	2
Tipo de Frasco Utilizado			Cilindro Graduado	Cilindro Graduado
Temperatura del agua	°C		16.7	16.7
Masa húmeda de la muestra	gr	(m_s)	385.04	314.34
Masa de la muestra con parafina	gr	(m_w)	390.99	321.85
Masa de muestra cubierta suspendido en agua	gr	(m_g)	190.35	154.11
Volumen de parafina ($v_{pf} = (m_w - m_s) / \gamma_{par}$)	cm ³	(v_{pf})	7.00	8.84
Volumen del suelo	cm ³	(v_s)	193.64	158.90
Densidad de Masa del suelo (γ)		gr/cm ³	1.99	1.98
Densidad de Masa del suelo	gr/cm ³	γ	1.98	
Contenido de humedad del suelo	%	ω	7.58	
Densidad de Masa del Suelo Seco	gr/cm ³	γ_d	1.84	

γ Parafina = 0.85 gr/cm³ (Peso específico de la parafina)

Observación:


 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU
 Ing. Elio Aljaraque Milla Vergara
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 42832



GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SOLIDOS
 ASTM C29, NTP 400.021

Solicitud N° V-014-2018

Proyecto : Centro Comercial Mashuan

Solicitado : MISTR S.A.

Lugar : Mashuan - Huaraz - Ancash

Fecha : Marzo 2018

Muestreado por : Y.D.T.

Tecnico : Y.D.T.

DATOS DE LA MUESTRA

Cantera : --

Calicata : C-5

Material : Subrasante

Progresiva : --

Muestra : mab-01

Profundidad : 0.00 - 1.50 m.

Agregado	GRUESO	
	2"	2"
Tamaño máximo de la muestra		
Tipo de frasco utilizado	Cesta	Cesta
Masa del frasco dentro del agua (gr) (A)	1000.00	1000.00
Masa de la muestra saturada superficialmente seca (gr) (B)	1515.55	1531.48
Masa de la muestra saturada dentro del agua + frasco (gr) (C)	1952.36	1957.91
Masa de la muestra seca (gr) (D)	1503.65	1512.35
Masa de la muestra saturada dentro del agua (gr) (E)	952.36	957.91
Gravedad Especifica B/(B-E)	2.69	2.67
Gravedad Especifica Promedio	2.68	
Gravedad Especifica Aparente, $Gea = D/(D - C)$	2.73	2.73
Densidad Aparente, $Da = 0.9975D/(D-E)$	2.72	2.72
Densidad Aparente Promedio, Da	2.72	

Observación:



COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU

Ing. Eijo Alejandro Milla Vergara
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 42832



COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA
 (2 700 kN-m/m³ - 56 000 pie-lb/pie³)
 (MTC E115, NTP 339.141, ASTM D 1557)

Proyecto : Centro Comercial Mashuan

Solicitud N° : V-014-2018

Solicitado : MISTR S.A.

Fecha : Marzo 2018

Lugar : Mashuan - Huaraz - Ancash

Muestreado por : Y.D.T.

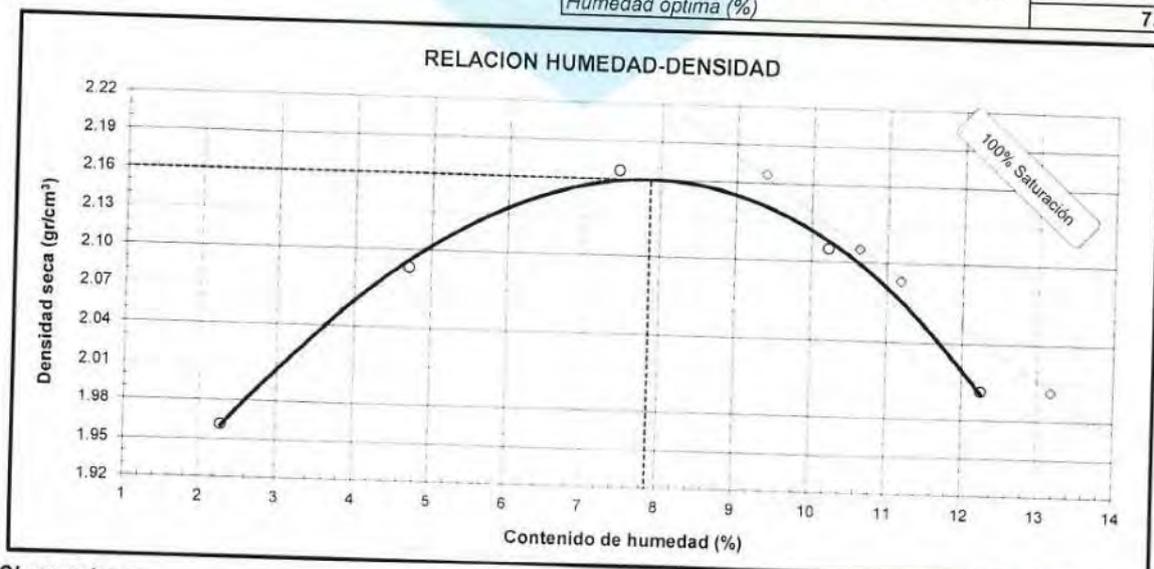
Técnico : Y.D.T.

DATOS DE LA MUESTRA

Cantera : --
 Calicata : C-5
 Material : Subrasante
 Muestra : mab-01
 Progresiva : --
 Clasif. (SUCS) : GC
 Clasif. (AASHTO) : A-2-6(0)

PROCEDIMIENTO DE COMPACTACION: C
 Pisón: Manual
 Golpes por capa: 56
 Método de Preparación : Húmedo
 Gravedad Específica (Gs) : 2.68
 Capas : Cinco
 Molde N° : 01
 Tamiz N° : 3/4"
 P_c (%) : 26.77

Masa suelo húmedo + molde	gr	7085.2	7461.9	7767.8	7762.2	7596.8
Masa del molde	gr	2830.2	2830.2	2830.2	2830.2	2830.2
Peso suelo húmedo compactado	gr	4255.0	4631.7	4937.6	4932.0	4766.6
Volumen del molde	cm ³	2120.5	2120.5	2120.5	2120.5	2120.5
Densidad húmeda compactada	gr/cm ³	2.007	2.184	2.328	2.326	2.248
Cálculo Contenido de Humedad						
Masa del suelo húmedo+ recip.	gr	241.32	221.96	213.01	220.34	258.78
Masa del suelo seco + recipiente	gr	236.45	213.86	200.88	203.61	233.00
Masa del recipiente	gr	23.30	41.85	38.17	39.93	22.56
Masa del agua	gr	4.87	8.10	12.13	16.73	25.78
Masa del suelo seco	gr	213.15	172.01	162.71	163.68	210.44
Contenido de Humedad	%	2.28	4.71	7.45	10.22	12.25
Densidad seca compactada	gr/cm ³	1.96	2.09	2.17	2.11	2.00
Densidad Seca Compactada Máxima (gr/cm ³) γ _d						2.16
Peso Unitario Seco Compactado (kN/m ³) γ _d						21.2
Humedad óptima (%)						7.87



Observaciones:



EMV LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS
 LABORATORIO QUÍMICO DE SUELOS Y AGUAS
 OBRAS Y PROYECTOS DE INGENIERÍA

CBR (Relación de soporte de California) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO
 (MTC E 132, NTP 339.145, ASTM D 1883)

Proyecto : Centro Comercial Mashuan

Solicitud N° : V-014-2018

Solicitado : MISTR S.A.

Fecha de Ensayo : 27/03/2018

Lugar : Mashuan - Huaraz - Ancash

Muestreado por : Y.D.T.

Técnico : Y.D.T.

DATOS DE LA MUESTRA

Calicata : C-5
 Muestra : mab-01
 Material : Subrasante

Progresiva : --
 Clasif. (SUCS) : GC
 Clasif. (AASHTO) : A-2-6(0)

PREPARACIÓN DEL ESPECIMEN (COMPACTACION)						
Compactación :	Modificado		Método: C			
Molde N°	10		11		12	
Capas N°	5		5		12	
Golpes por capa N°	55		26		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12629.5	12688.1	12604.7	12707.4	12337.8	12526.7
Peso de molde (g)	7635.0	7635.0	7790.0	7790.0	7822.6	7822.6
Peso del suelo húmedo (g)	4994.5	5053.1	4814.7	4917.4	4515.2	4704.1
Volumen del molde (cm ³)	2135.8	2135.8	2127.5	2127.5	2126.1	2126.1
Peso Unitario húmedo (g/cm ³)	2.34	2.37	2.26	2.31	2.12	2.21
Contenido de Humedad						
Peso suelo húmedo + recipiente (g)	166.75	258.45	237.47	260.09	238.40	255.97
Peso suelo seco + recipiente (g)	156.62	241.89	221.00	239.84	221.61	232.61
Peso del recipiente (g)	39.64	24.00	24.00	24.19	22.53	22.44
Peso de agua (g)	10.13	16.56	16.47	20.25	16.79	23.36
Peso de suelo seco (g)	116.98	217.89	197.00	215.65	199.08	210.17
Contenido de humedad (%)	8.66	7.60	8.36	9.39	8.43	11.11
Peso Unitario seco (g/cm ³)	2.15	2.20	2.09	2.11	1.96	1.99

Datos del Ensayo Proctor Modificado Peso Unitario Seco = 2.160 gr/cm³ C.H.O. = 7.87 %

Sobrecarga de saturación = 4.54 Kg											
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
27/03/2018	12:00	0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0
28/03/2018	12:00	24	0.001	0.000	0.0	0.002	0.001	0.0	0.002	0.001	0.0
29/03/2018	12:30	48	0.002	0.001	0.0	0.002	0.001	0.0	0.003	0.001	0.0
30/03/2018	11:50	72	0.002	0.001	0.0	0.003	0.001	0.0	0.004	0.001	0.0
31/03/2018	11:50	96	0.003	0.001	0.0	0.003	0.001	0.0	0.005	0.001	0.0

Sobrecarga de penetración = 4.54 Kg													
PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE N°				MOLDE N°				MOLDE N°			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.625		16	88.2			14	81.1			6	52.5		
1.250		51	213.4			41	177.7			16	88.2		
1.875		92	360.1			76	302.9			28	131.2		
2.540	70.31	139	528.3	588.5	42.6	111	428.1	422.7	30.6	39	170.5	161.5	11.7
5.080	105.46	320	1175.8	1170.3	56.5	210	782.3	745.3	36.0	58	238.5	243.0	11.7
7.500		443	1615.9			255	943.3			67	270.7		
10.000		562	2041.6			290	1068.5			80	317.2		
12.500		645	2338.5			317	1165.1			89	349.4		


 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU
 Ing. Elio Alejandro Milla Vergara
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 48992



RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
 (MTC E 132-2000, NTP, ASTM D 1883,)

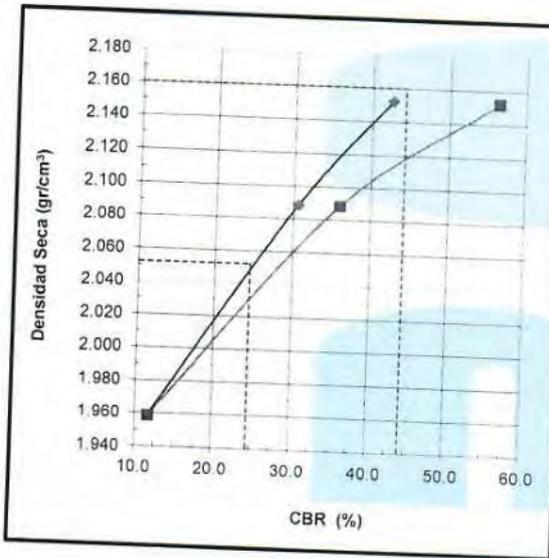
Proyecto : Centro Comercial Mashuan
 Solicitado : MISTR S.A.
 Lugar : Mashuan - Huaraz - Ancash
 Calicata : C-5
 Muestra : mab-01
 Material : Subrasante

Solicitud N° **V-014-2018**

Fecha : 31/03/2018
 Muestreado por : Y.D.T.
 Técnico : Y.D.T.

DATOS DE LA MUESTRA

Progresiva : --
 Clasif. (SUCS) : GC
 Clasif. (AASHTO) : A-2-6(0)



METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 2.16
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 7.87
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 2.05

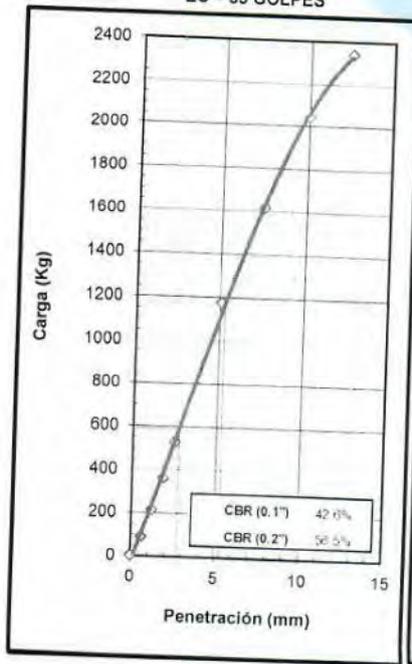
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1": 44.3	0.2": 59.5
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1": 24.6	0.2": 26.8

RESULTADOS:

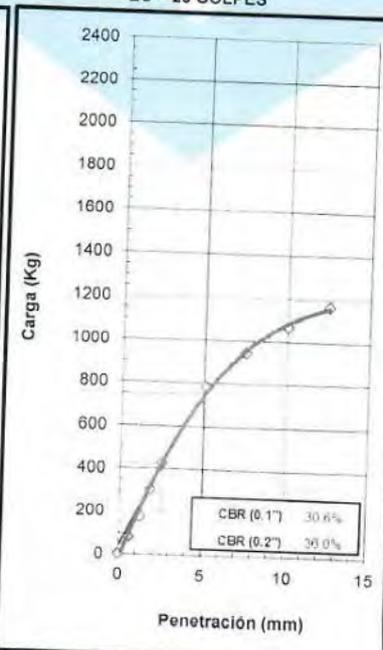
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 44.3 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 24.6 (%)

OBSERVACIONES:

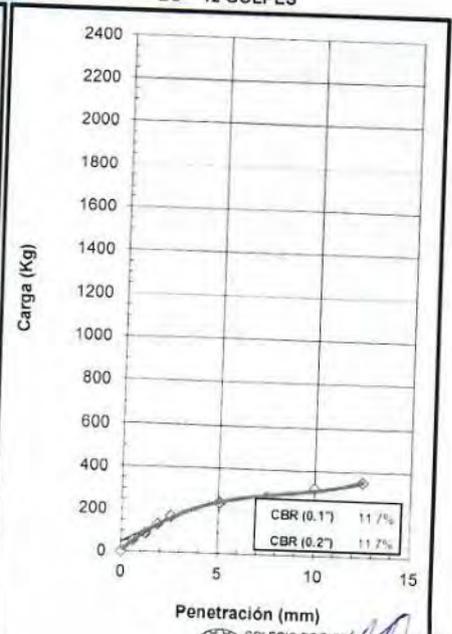
EC = 55 GOLPES



EC = 26 GOLPES

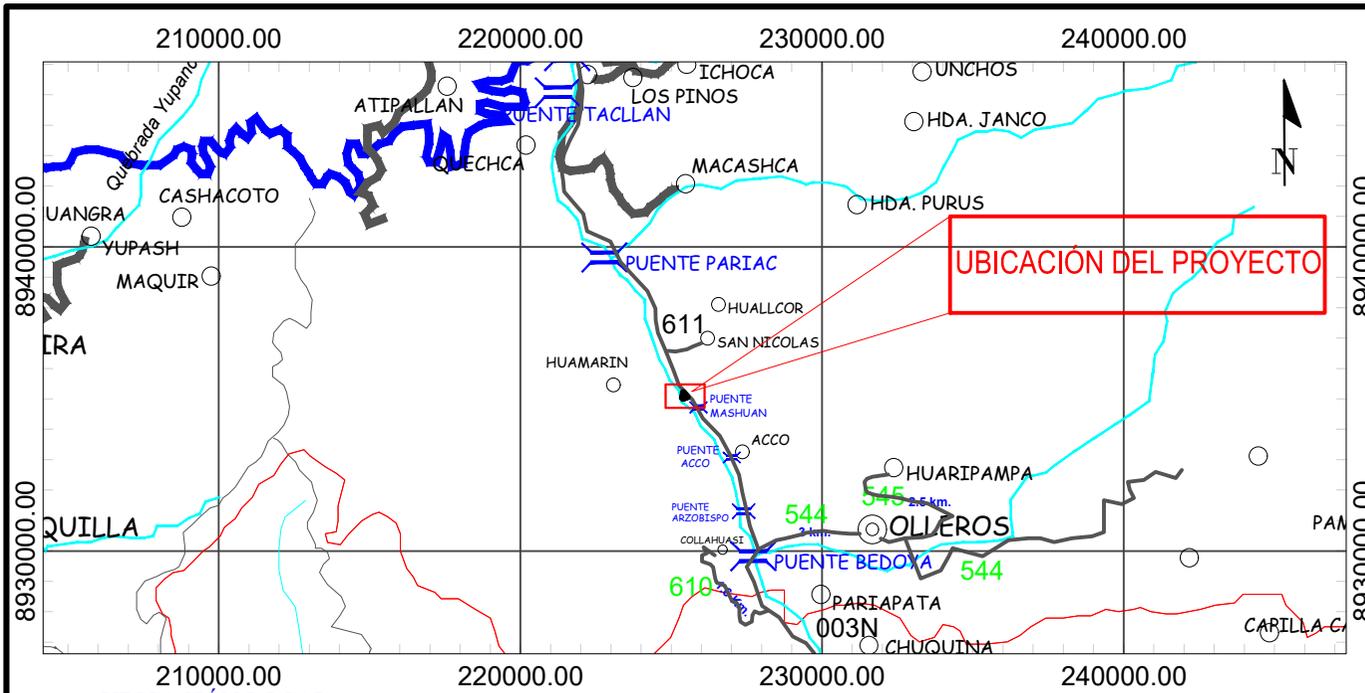


EC = 12 GOLPES



D. PLANOS

D.1. PLANO DE UBICACIÓN



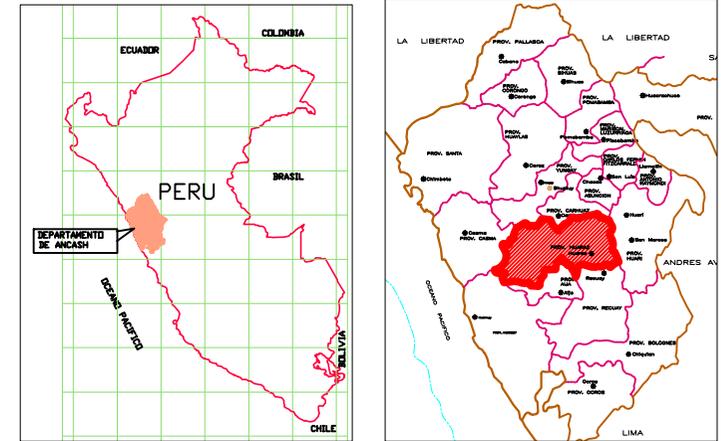
UBICACIÓN LOCAL

ESC. 1:100000



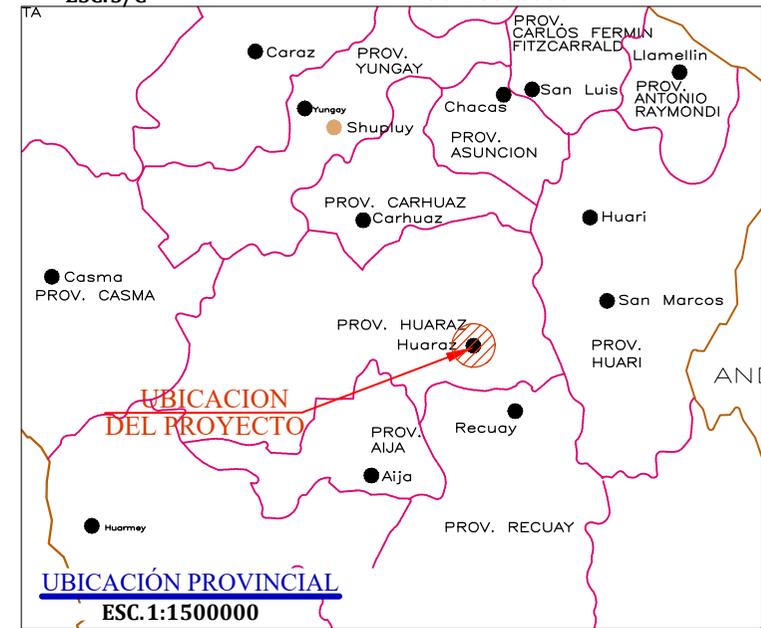
LOCALIZACIÓN

ESC. 1:7500



PERÚ
ESC. S/C

ANCASH
ESC. 1:500000



UBICACIÓN PROVINCIAL
ESC. 1:150000

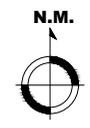
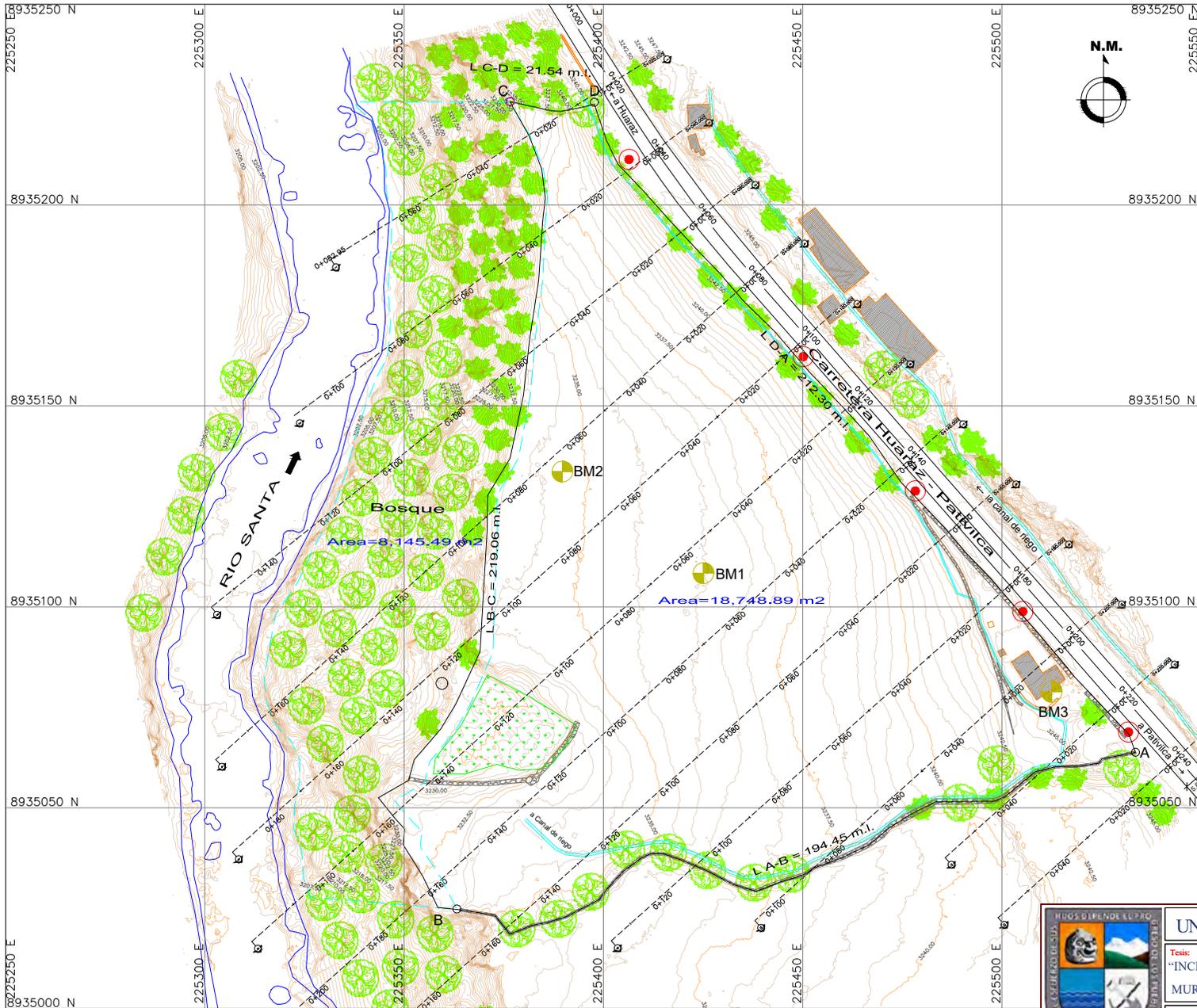


UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO

Tesis:
"INCIDENCIA DE LA CARGA SÍSMICA EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL MURO DE SUELO REFORZADO DEL CENTRO COMERCIAL TRUJILLO, HUARAZ 2021".

Tesisista: Bach. FERNANDEZ MENACHO Lincoln Jimmy	Plano: Ubicación	Lámina: U-01
Asesor: Dr. Ing. REYES ROQUE Reynaldo Melquiades		
Centro Poblado: Mashuan	Distrito: Huaraz	Zona UTM: 18 Sur
Provincia: Huaraz	Región: Ancash	Datum: WSG 84
		Fecha: Agosto 2023
		Correlativo: 01 de 10

D.2. PLANO TOPOGRAFICO

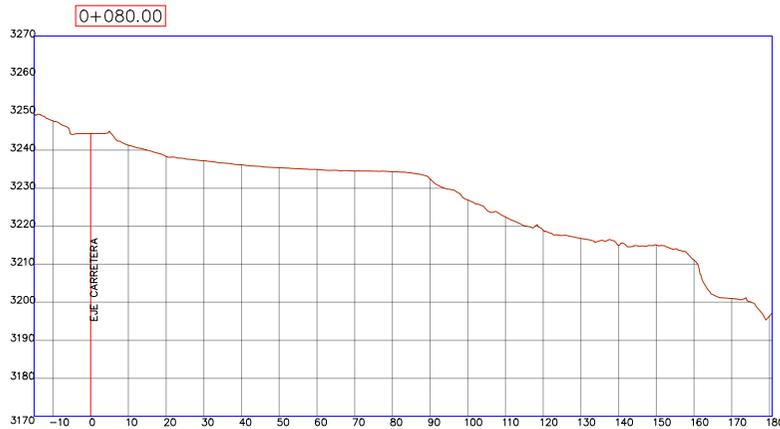


LEYENDA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
	Lindero
	Viviendas Existentes
	Sembríos
	Curvas de nivel
	Canal Riego
	Arboles, arbustos
	Postes de energía eléctrica
	Muro de piedras
	Pozos percoladores
	Bench Marck

LISTA DE BMS UTM WSG 84			
Item	Coordenadas		Elevación (msnm)
	Este (m)	Norte (m)	
BM01	225,425.1110	8,935,108.3820	3,236.0000
BM02	225,389.6970	8,935,133.6780	3,234.6550
BM03	225,512.4970	8,935,078.8820	3,246.7080

PLANO TOPOGRAFICO
ESC. 1:1500

	UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO		
	Tesis: "INCIDENCIA DE LA CARGA SÍSMICA EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL MURO DE SUELO REFORZADO DEL CENTRO COMERCIAL TRUJILLO, HUARAZ 2021".		
	Testista: Bach. FERNANDEZ MENACHO Lincoln Jimmy Asesor: Dr. Ing. REYES ROQUE Reynaldo Melquiades	Plano: Topográfico	Lámina: PT-01
	Sector: Mashuan Provincia: Huaraz	Distrito: Huaraz Región: Ancash	Zona UTM: 18 Sur Datum: WSG 84 Escala: Indicada Fecha: Agosto 2023 Correlativo: 02 de 10



PLANO TOPOGRAFICO - SECCIONES TERRENO NATURAL

ESC. 1:2000



UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO

Tesis: "INCIDENCIA DE LA CARGA SÍSMICA EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL MURO DE SUELO REFORZADO DEL CENTRO COMERCIAL TRUJILLO, HUARAZ 2021".

Tesisista: Bach. FERNANDEZ MENACHO Lincoln Jimmy

Asesor: Dr. Ing. REYES ROQUE Reynaldo Melquiades

Plano: Topográfico
Secciones

Lámina:

PT-02

Sector: Mashuan

Distrito: Huaraz

Zona UTM: 18 Sur

Escala: Indicada

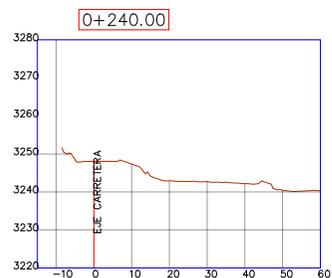
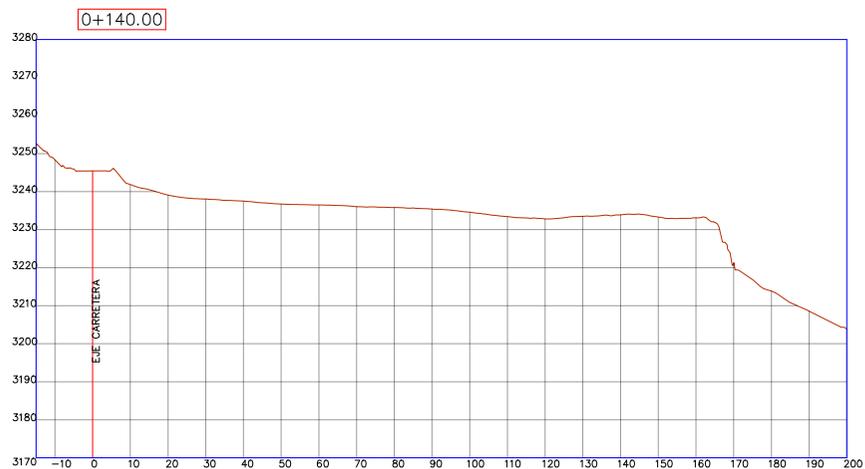
Provincia: Huaraz

Región: Ancash

Datum: WSG 84

Fecha: Agosto 2023

Correlativo: 03 de 10

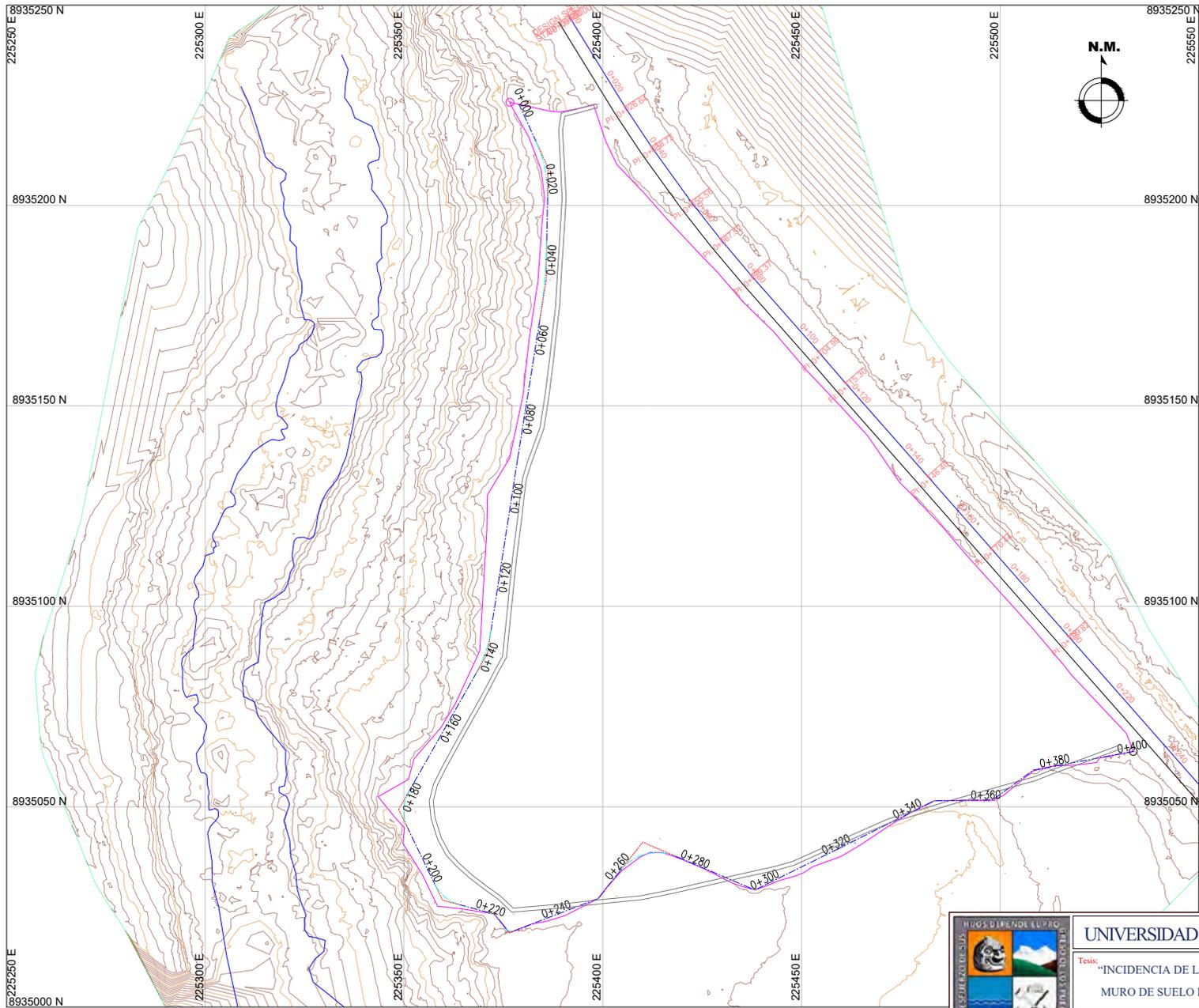


PLANO TOPOGRAFICO - SECCIONES TERRENO NATURAL

ESC. 1:2000

	UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO		
	Tesis: "INCIDENCIA DE LA CARGA SÍSMICA EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL MURO DE SUELO REFORZADO DEL CENTRO COMERCIAL TRUJILLO, HUARAZ 2021".		
Tesista: Bach. FERNANDEZ MENACHO Lincoln Jimmy	Asesor: Dr. Ing. REYES ROQUE Reynaldo Melquiades	Plano: Topográfico	Lámina: PT-03
Sector: Mashuan	Distrito: Huaraz	Zona UTM: 18 Sur	Escala: Indicada
Provincia: Huaraz	Región: Ancash	Datum: WSG 84	Fecha: Agosto 2023
			Correlativo: 04 de 10

D.3. PLANOS SISTEMA TERRAMESH



PLANO DE PLANTA TRAZO INICIAL DE MURO TERRAMESH

ESC. 1:1500



UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO

Tesis: "INCIDENCIA DE LA CARGA SÍSMICA EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL MURO DE SUELO REFORZADO DEL CENTRO COMERCIAL TRUJILLO, HUARAZ 2021".

Tesis: Bach. FERNANDEZ MENACHO Lincoln Jimmy

Plano: Planta

Lámina:

Asesor: Dr. Ing. REYES ROQUE Reynaldo Melquiades

Distribución

PP-01

Centro Poblado: Mashuan

Distrito: Huaraz

Zona UTM: 18 Sur

Escala: Indicada

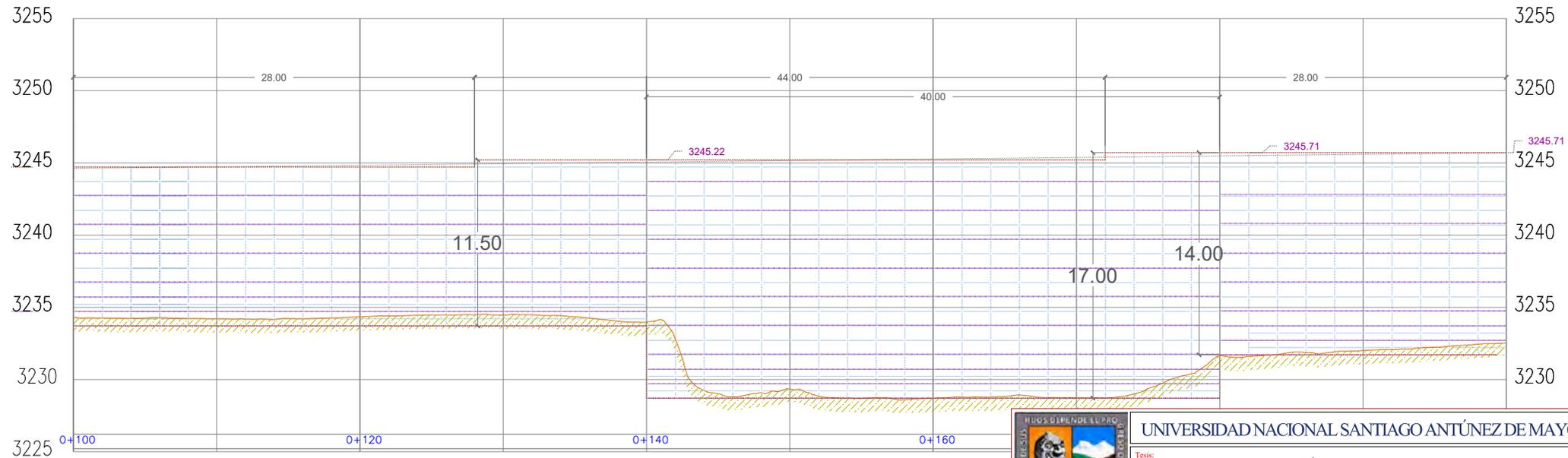
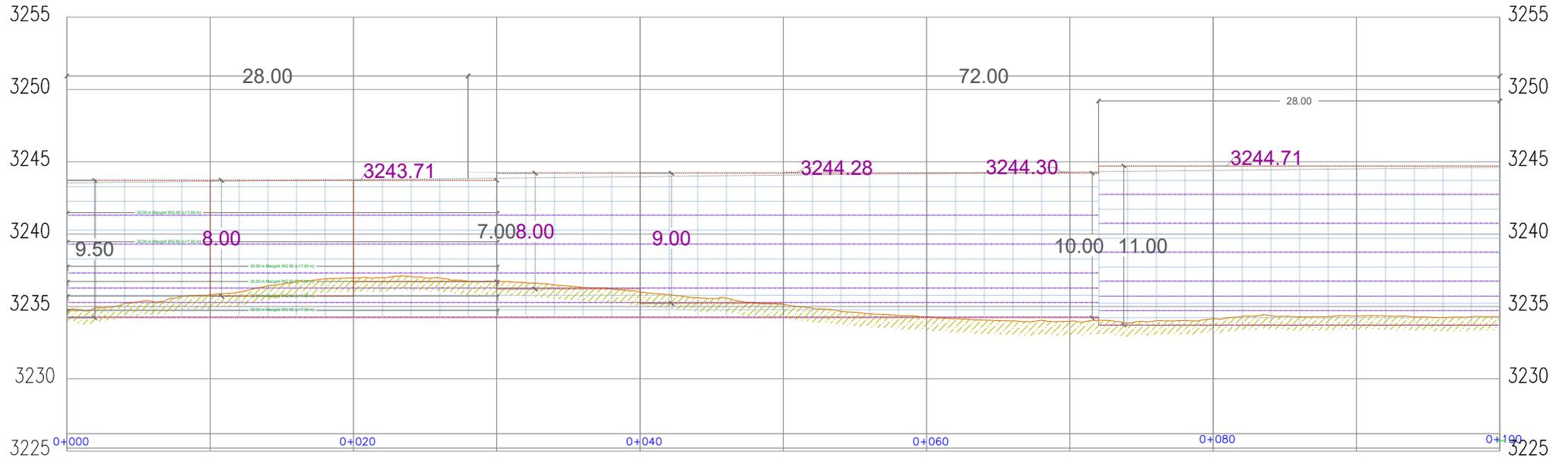
Provincia: Huaraz

Región: Ancash

Datum: WSG 84

Fecha: Agosto 2023

Correlativo: 05 de 10

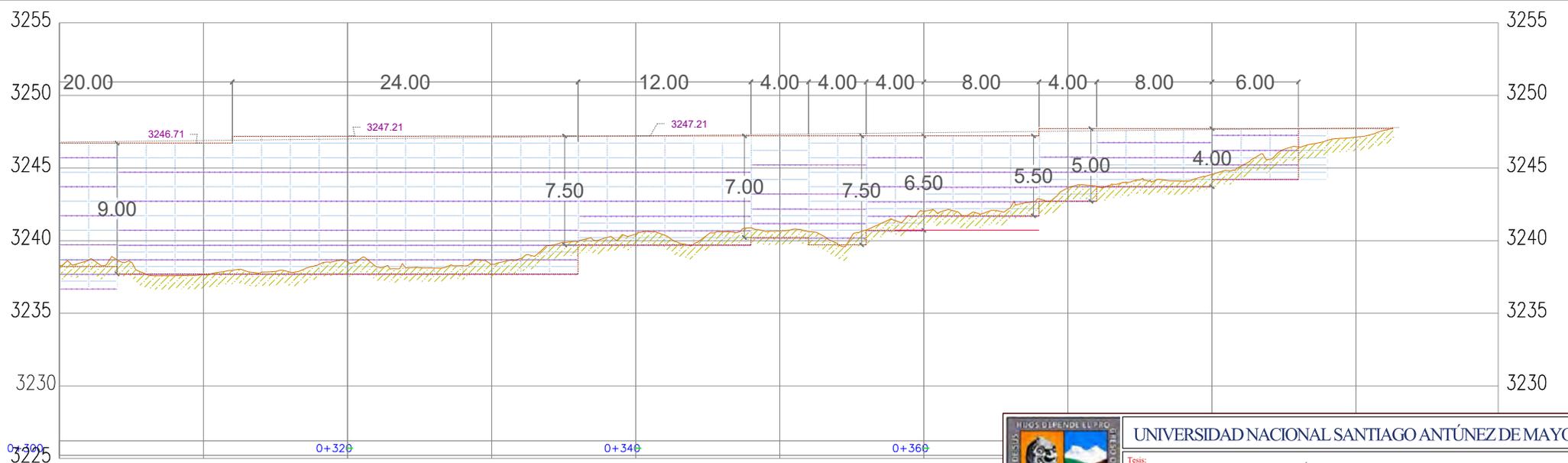
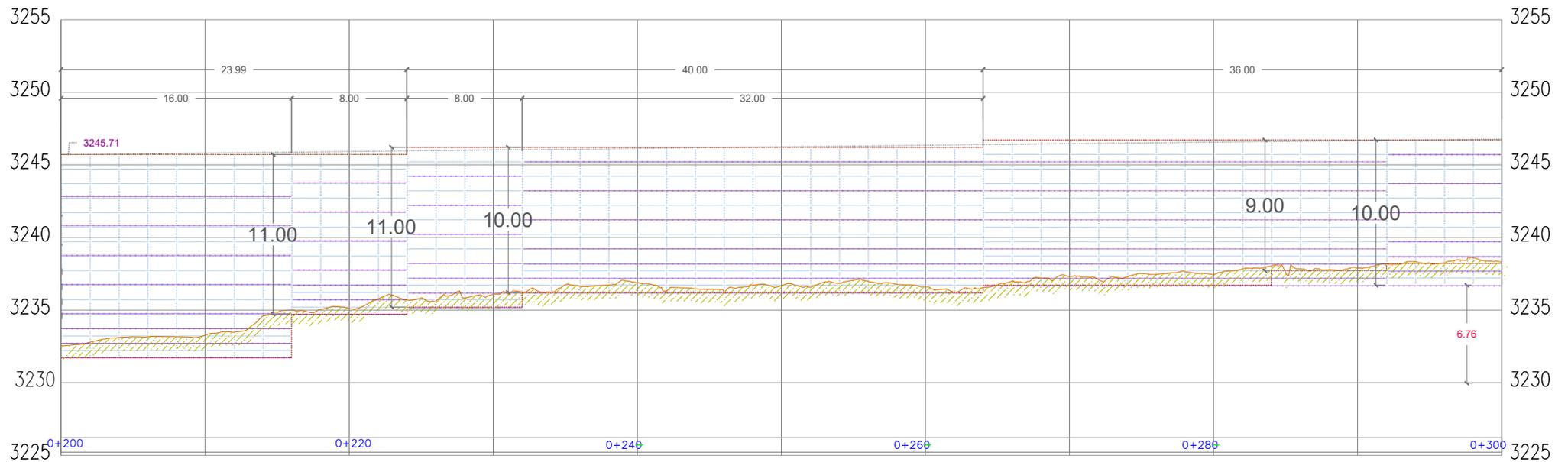


PERFIL LONGITUDINAL MURO TERRAMESH PROGRESIVAS 0+000 HASTA 0+200

ESC. 1:400

		UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO	
		Tesis: "INCIDENCIA DE LA CARGA SÍSMICA EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL MURO DE SUELO REFORZADO DEL CENTRO COMERCIAL TRUJILLO, HUARAZ 2021".	
Tesisista: Bach. FERNANDEZ MENACHO Lincoln Jimmy		Plano:	Perfil
Asesor: Dr. Ing. REYES ROQUE Reynaldo Melquiades			Longitudinal
Centro Poblado: Mashuan		Distrito:	Huaraz
Provincia: Huaraz		Región:	Ancash
		Zona UTM:	18 Sur
		Datum:	WSG 84
		Fecha:	Agosto 2023
		Correlativo:	06 de 10

Lámina: PL-01



PERFIL LONGITUDINAL MURO TERRAMESH PROGRESIVAS 0+200 HASTA 0+400

ESC. 1:400



UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO

Tesis: "INCIDENCIA DE LA CARGA SÍSMICA EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL MURO DE SUELO REFORZADO DEL CENTRO COMERCIAL TRUJILLO, HUARAZ 2021".

Tesisista: Bach. FERNANDEZ MENACHO Lincoln Jimmy

Plano: Perfil

Lámina:

Asesor: Dr. Ing. REYES ROQUE Reynaldo Melquiades

Longitudinal

PL-02

Centro Poblado: Mashuan

Distrito: Huaraz

Zona UTM: 18 Sur

Escala: Indicada

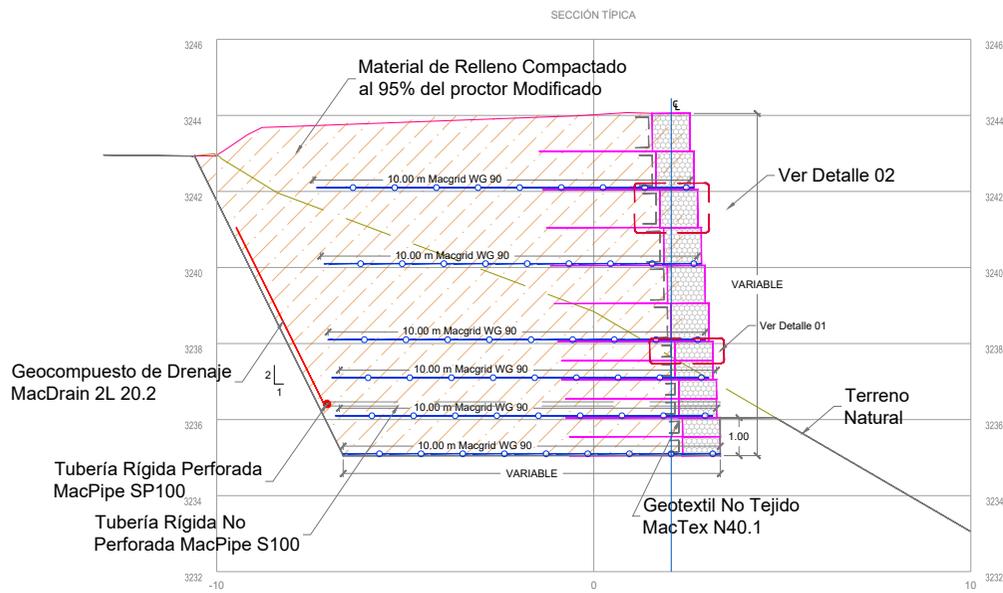
Provincia: Huaraz

Región: Ancash

Datum: WSG 84

Fecha: Agosto 2023

Correlativo: 07 de 10



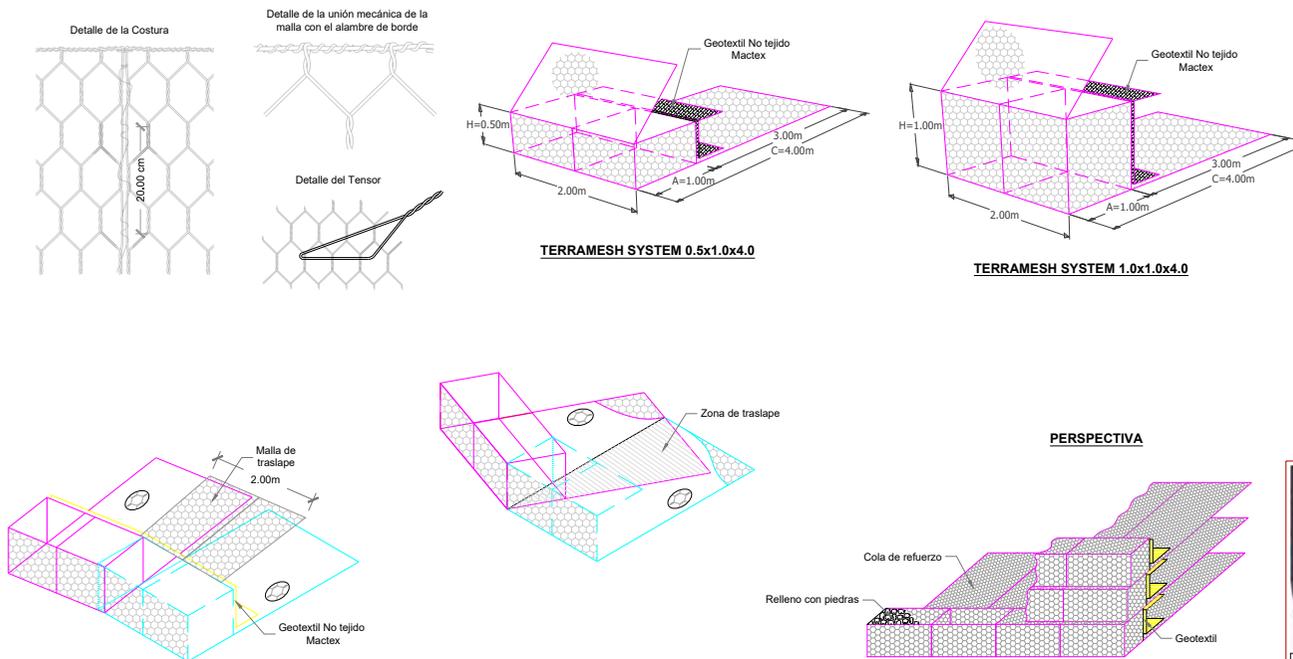
Geocompuesto de Drenaje
MacDrain 2L 20.2

Tubería Rígida Perforada
MacPipe SP100

Tubería Rígida No
Perforada MacPipe S100

Geotextil No Tejido
MacTex N40.1

SECCIÓN TÍPICA DE ARMADO DE GAVIONES EN SISTEMA TERRAMESH Y DETALLES
ESC. 1:200



ESPECIFICACIONES:

Elementos Terramesh System son confeccionados en malla hexagonal de doble torsión, tipo 10x12, a partir de alambres de acero BCC (Bajo Contenido de Carbono) revestidos con aleación Galvan (Zn - 5Al - MM) conforme la ASTM 856-98, con diámetro de 2.70 mm y recubiertos con PVC gris, de espesor mínimo 0.40 mm. Los elementos Terramesh son formados a partir de un único paño de red que garantiza la continuidad estructural entre el paramento frontal y la cola de refuerzo. El elemento Terramesh presenta un diafragma, producido con malla de las mismas características, el cual es fijado en la mitad de la longitud del elemento. Para las operaciones de amarre y colocación de los tirantes se utiliza el alambre de 2.20 mm de diámetro en proporción al peso del elemento Terramesh, 8% para los de 1.00 m de altura (sólo caja frontal) y 7% para los de 0.50 m de altura (sólo caja frontal).

TABLA DE MEDIDAS STANDARD TERRAMESH SYSTEM®					
H(m)	A(m)	C(m)	VOL.(m3)	TIPO DE MALLA	DIÁMETRO DEL ALAMBRE
0.5	1.0	4.0	1.00	10X12	Ø 2.7 mm
1.0	1.0	4.0	2.00		
DIÁMETRO DE LA PIEDRA : 6"Ø8"					

NOTAS DEL PROYECTO:

- Los suelos utilizados en el cuerpo del relleno debe de estar libre de materia orgánica y otras impurezas.
- El relleno debe de ser compactado en capas de espesor máximo de 20 cm. para las cajas de acabados de 1.00 m. de altura y de 25 cm. en las cajas de 0.50 m. de altura, llegando a un grado de compactación mínimo de 95% en ensayo de próctor modificado. Para la cara y espaciadas por lo menos 1.00 m, la compactación deberá ser procesada a través de la utilización de vibrador, para evitar daños por el rodillo en las cercanías.
- Para la implementación de la solución que aquí se presenta, se debe confirmar la topografía natural del terreno (parte superior de cotas, los pies y el despliegue), para localizar la estructura.
- Para la ejecución de los muros de contención que se muestran aquí, debe ser llevado a cabo sondeos SPT en torno a la estructura con el fin de verificar y confirmar la tensión admisible y los parámetros del suelo.
- Todas las medidas están en metros a menos que se indique lo contrario.

GEOMALLA MACGRID WG90		
Propiedades	Unidad	Valor
Resist. Última Longitudinal a la Tracción	kN/m	90.0
Deformación a la Rotura	%	10.0
Abertura Nominal Longitudinal	mm	22.0
Abertura Nominal Transversal	mm	25.0
Resistencia de Diseño Longitudinal a la Tracción		
Piedra Partida	kN/m	74.4
Arena	kN/m	51.1
Arena Limosa	kN/m	49.1

GEOTEXTIL NO TEJIDO MACTEX N 40.1		
Propiedades	Unidad	Valor
Resist. Última Longitudinal a la Tracción	N	711
Elongación a la Tracción	%	> 50
Resistencia al Punzonamiento	N	400
Resistencia al desgarre Trapezoidal	N	289
Permeabilidad	cm/s	0.30
Permisividad	s ⁻¹	1.60
Tamaño de Abertura Aparente	mm	0.212

MACDRAIN 2L 20.2		
Propiedades	Unidad	Valor
Abertura de Filtración	mm	0.145
Permisividad	s ⁻¹	1.51
Permeabilidad	cm/s	0.11
Resistencia - Tracción Longitudinal	kN/m	14.21
Resistencia - Tracción Transversal	kN/m	8.57
Deformación Rotura Longitudinal	%	33.23
Deformación Rotura Transversal	%	37.33
Espesor	mm	11.0
Gramaje	gr/m²	700.0

TUBERÍA MACPIPE SP100		
Propiedades	Unidad	Valor
Diámetro Nominal	mm (pulg)	100 (4)
Diámetro Externo (D)	mm	122
Diámetro Interno (d)	mm	101
Rigidez mínima al 5% de deformación	kPa	345
Tipo de Perforación		Ranura
Área Abierta Perforada	cm²/m	183
Cantidad de Perforaciones	und/m	366
Perforación ancho x longitud	mm x mm	2.0 x 25
Distribución de perforaciones	perfi/corruga	6

TUBERÍA MACPIPE S100		
Propiedades	Unidad	Valor
Diámetro Nominal	mm (pulg)	100 (4)
Diámetro Externo (D)	mm	122
Diámetro Interno (d)	mm	101
Rigidez mínima al 5% de deformación	kPa	345
Área	mm²/mm	2.04
Momento de Inercia (I)	cm4/cm	0.03

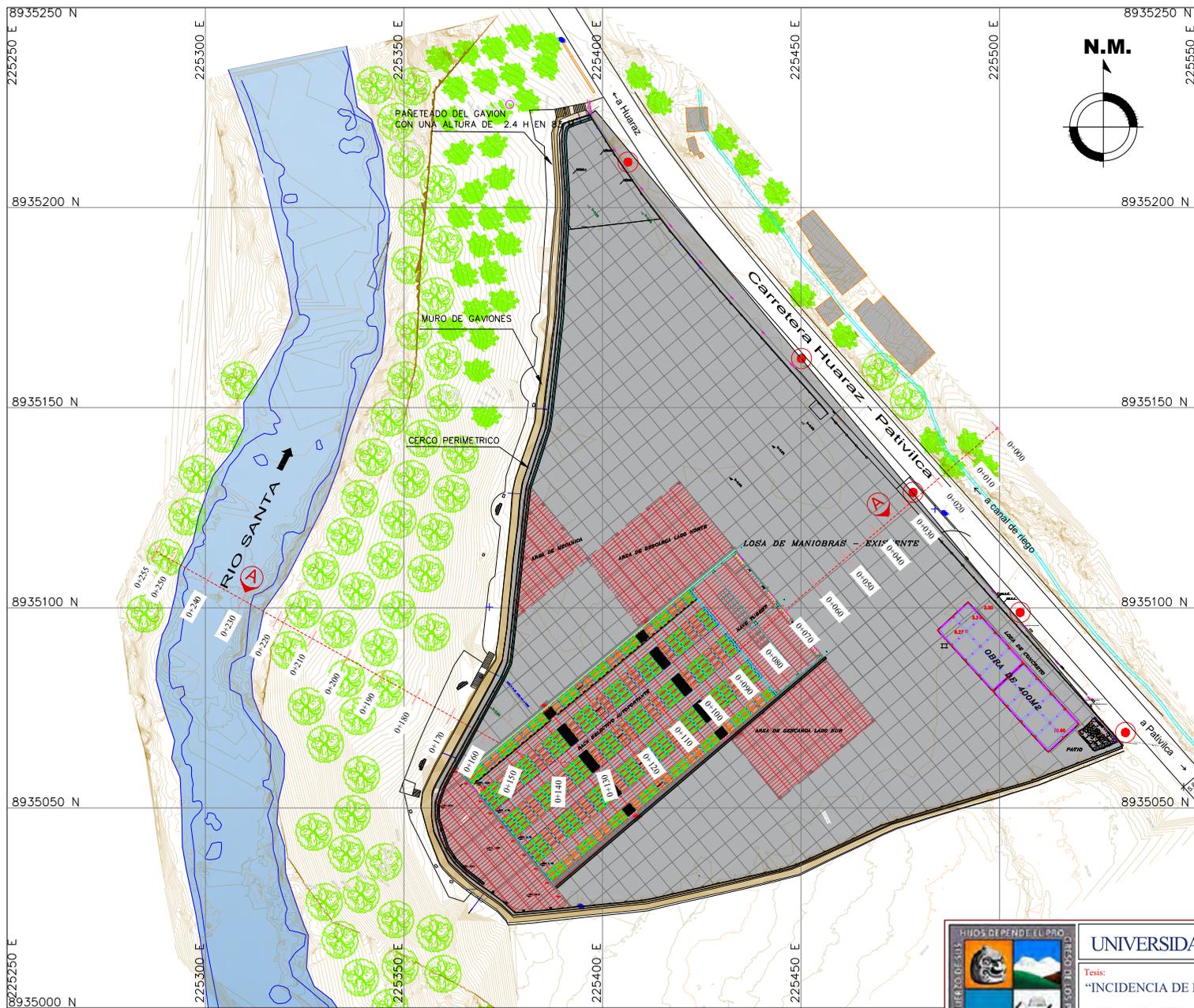
UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO

Tesis: "INCIDENCIA DE LA CARGA SÍSMICA EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL MURO DE SUELO REFORZADO DEL CENTRO COMERCIAL TRUJILLO, HUARAZ 2021".

Tesisista: Bach. FERNANDEZ MENACHO Lincoln Jimmy Plano: Detalles de Armado Lámina: **PD-01**
 Asesor: Dr. Ing. REYES ROQUE Reynaldo Melquiedes

Centro Poblado: Mashuan	Distrito: Huaraz	Zona UTM: 18 Sur	Escala: Indicada
Provincia: Huaraz	Región: Ancash	Datum: WSG 84	Fecha: Agosto 2023
			Correlativo: 08 de 10

**D.4. PLANOS ESTADO
ACTUAL**



PLANO DE PLANTA ACTUAL DE MURO TERRAMESH

ESC.1:1500



UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO

Tesis:
"INCIDENCIA DE LA CARGA SÍSMICA EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL MURO DE SUELO REFORZADO DEL CENTRO COMERCIAL TRUJILLO, HUARAZ 2021".

Tesista: Bach. FERNANDEZ MENACHO Lincoln Jimmy
Asesor: Dr. Ing. REYES ROQUE Reynaldo Melquiades

Plano: Planta
Distribución

Lámina:
PP-02

Centro Poblado: Mashuan

Distrito: Huaraz

Zona UTM: 18 Sur

Escala: Indicada

Provincia: Huaraz

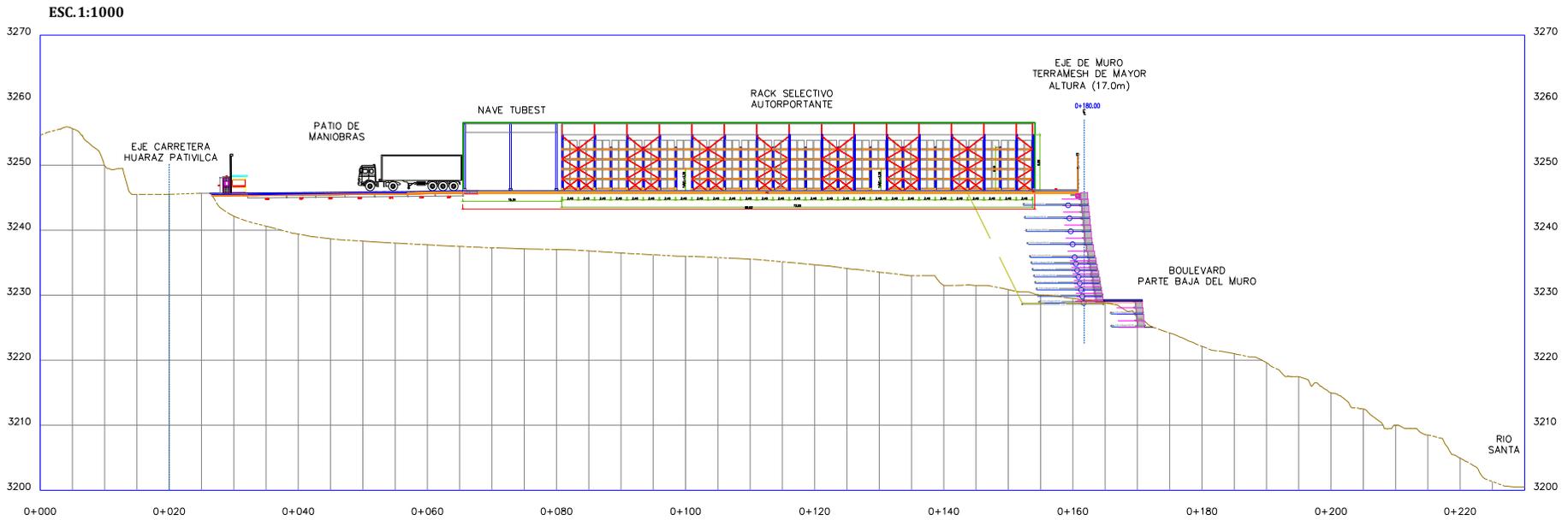
Región: Ancash

Datum: WSG 84

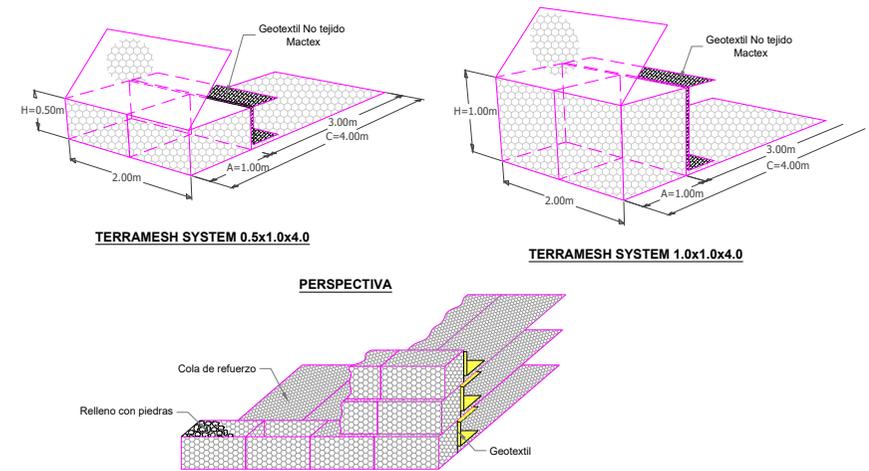
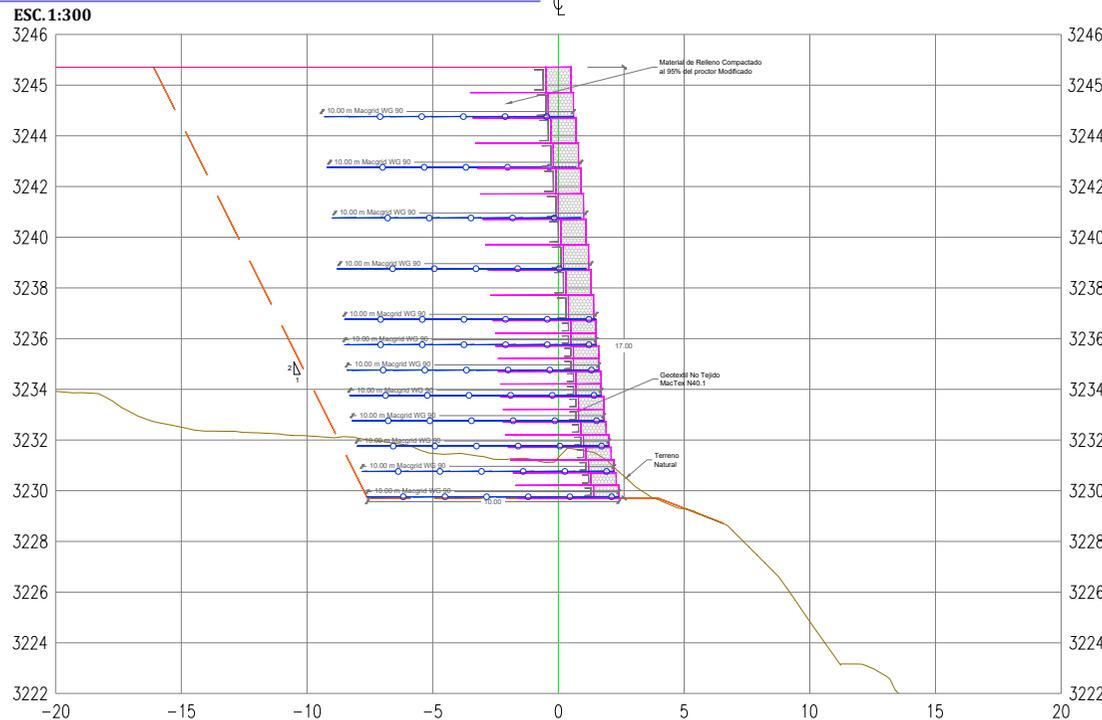
Fecha: Agosto 2023

Correlativo: 09 de 10

CORTE A-A DE MURO TERRAMESH



SECCIÓN CRÍTICA TÍPICA DE MURO TERRAMESH



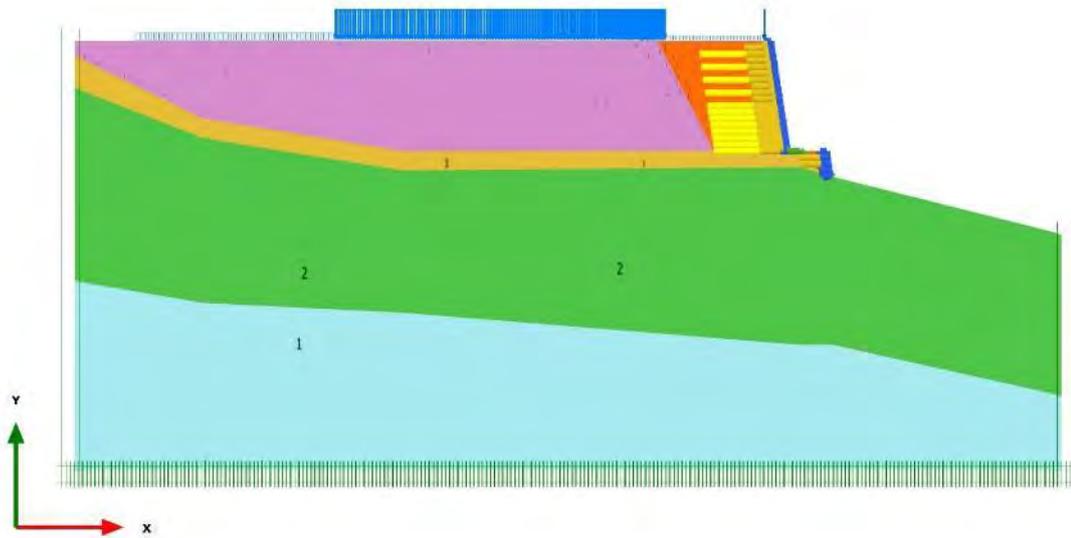
	UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO		
	Tesis: "INCIDENCIA DE LA CARGA SÍSMICA EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL MURO DE SUELO REFORZADO DEL CENTRO COMERCIAL TRUJILLO, HUARAZ 2021".		
	Tesista: Bach. FERNANDEZ MENACHO Lincoln Jimmy	Plano: Perfil y Corte	Lámina:
	Asesor: Dr. Ing. REYES ROQUE Reynaldo Melquiades	PL-03	
Centro Poblado: Mashuan	Distrito: Huaraz	Zona UTM: 18 Sur	Escala: Indicada
Provincia: Huaraz	Región: Ancash	Datum: WSG 84	Fecha: Agosto 2023
			Correlativo: 10 de 10

**E. REPORTE GENERADO EN EL
SOFTWARE PLAXIS 2D V16**

E.1. MATERIALES, SUELOS E INTERFASES

PLAXIS 2D V16 Report

1. Calculation results, Materials plot



Materials plot

2. Materials - Soil and interfaces - Mohr-Coulomb

Identification		0.Estrato profundo	4.Relleno Clasificado Boloneria	5.Sistema Terramesh
Identification number		1	5	6
Drainage type		Undrained (A)	Drained	Drained
Colour				
Comments				
γ unsat	kN/m ³	23.00	19.15	18.00
γ sat	kN/m ³	23.00	19.15	18.00
Dilatancy cut-off		No	No	No
e init		0.3000	0.6000	0.4500
e min		0.000	0.000	0.000
e max		999.0	999.0	999.0
Rayleigh α		0.000	0.000	0.000
Rayleigh β		0.000	0.000	0.000
E	kN/m ²	150.0E3	50.00E3	120.0E3
ν (nu)		0.3500	0.2000	0.3500
G	kN/m ²	55.56E3	20.83E3	44.44E3
E oed	kN/m ²	240.7E3	55.56E3	192.6E3
c ref	kN/m ²	500.0	0.000	50.00
ϕ (phi)	°	42.00	40.60	40.00
ψ (psi)	°	12.00	10.60	10.00
V s	m/s	153.9	103.3	155.6
V p	m/s	320.4	168.7	324.0
Set to default values		Yes	Yes	Yes
E inc	kN/m ² /m	0.000	0.000	0.000
y ref	m	0.000	0.000	0.000
c inc	kN/m ² /m	0.000	0.000	0.000
y ref	m	0.000	0.000	0.000
Tension cut-off		Yes	Yes	Yes
Tensile strength	kN/m ²	0.000	0.000	0.000
Undrained behaviour		Standard	Standard	Standard
Skempton-B		0.9699	0.9866	0.9699
ν u		0.4950	0.4950	0.4950
K w,ref / n	kN/m ²	5.370E6	2.049E6	4.296E6
C v,ref	m ² /day	171.6E3	0.000	0.000
Strength		Rigid	Rigid	Rigid

TESIS: "INCIDENCIA DE LA CARGA SÍSMICA EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL MURO DE SUELO REFORZADO DEL CENTRO COMERCIAL TRUJILLO, HUARAZ 2021".

Identification		0.Estrato profundo	4.Relleno Clasificado Boloneria	5.Sistema Terramesh
R inter		1.000	1.000	1.000
Consider gap closure		Yes	Yes	Yes
δ inter		0.000	0.000	0.000
R	m ² K/kW	0.000	0.000	0.000
K 0 determination		Automatic	Automatic	Automatic
K 0,x = K 0,z		Yes	Yes	Yes
K 0,x		0.3309	0.3492	0.3572
K 0,z		0.3309	0.3492	0.3572
Data set		USDA	USDA	USDA
Model		Van Genuchten	Van Genuchten	Van Genuchten
Type		Sand	Sandy loam	Sand
< 2 μ m	%	4.000	11.00	4.000
2 μ m - 50 μ m	%	4.000	26.00	4.000
50 μ m - 2 mm	%	92.00	63.00	92.00
Set to default values		Yes	Yes	Yes
k x	m/day	7.128	1.063	7.128
k y	m/day	7.128	1.063	7.128
- ψ unsat	m	10.00E3	10.00E3	10.00E3
e init		0.3000	0.6000	0.4500
S	1/m	0.000	0.000	0.000
c k		1.000E15	1.000E15	1.000E15
c s	kJ/t/K	0.000	0.000	0.000
λ s	kW/m/K	0.000	0.000	0.000
ρ s	t/m ³	0.000	0.000	0.000
Solid thermal expansion		Linear	Linear	Linear
α x	1/K	0.000	0.000	0.000
α y	1/K	0.000	0.000	0.000
α z	1/K	0.000	0.000	0.000
D v	m ² /day	0.000	0.000	0.000
f Tv		0.000	0.000	0.000
Unfrozen water content		No	No	No

3. Materials - Soil and interfaces - Hardening soil

Identification		1.Lecho Rocoso	2.Saprolito Arcilloso	3.Relleno Afirmado
Identification number		2	3	4
Drainage type		Undrained (A)	Undrained (A)	Drained
Colour				
Comments				
γ unsat	kN/m ³	20.00	17.64	20.00
γ sat	kN/m ³	20.00	17.64	20.00
Dilatancy cut-off		No	No	No
e init		0.4000	0.4500	0.5000
e min		0.000	0.000	0.000
e max		999.0	999.0	999.0
Rayleigh α		0.000	0.000	0.000
Rayleigh β		0.000	0.000	0.000
E 50 ref	kN/m ²	100.0E3	59.00E3	60.00E3
E oed ref	kN/m ²	100.0E3	59.00E3	60.00E3
E ur ref	kN/m ²	300.0E3	177.0E3	180.0E3
power (m)		0.9000	0.8500	0.7500
Use alternatives		No	No	No
C c		3.220E-3	5.653E-3	5.750E-3
C s		0.7973E-3	1.400E-3	1.424E-3
e init		0.4000	0.4500	0.5000
c ref	kN/m ²	15.00	3.700	1.950
ϕ (phi)	°	35.00	29.12	39.00
ψ (psi)	°	5.000	0.1000	9.000
Set to default values		No	No	No
v ur		0.3000	0.3000	0.3000
p ref	kN/m ²	100.0	100.0	100.0
K 0 nc		0.4264	0.5134	0.3707
c inc	kN/m ² /m	0.000	1.000	1.000
y ref	m	0.000	0.000	0.000

TESIS: "INCIDENCIA DE LA CARGA SÍSMICA EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL MURO DE SUELO REFORZADO DEL CENTRO COMERCIAL TRUJILLO, HUARAZ 2021".

Identification		1.Lecho Rocoso	2.Saprolito Arcilloso	3.Relleno Afirmado
R f		0.9000	1.000	1.000
Tension cut-off		Yes	No	No
Tensile strength	kN/m ²	0.000	10.00E6	10.00E6
Undrained behaviour		Standard	Standard	Standard
Skempton-B		0.9783	0.9783	0.9783
v u		0.4950	0.4950	0.4950
K w,ref / n	kN/m ²	11.25E6	6.637E6	6.750E6
Strength		Rigid	Rigid	Rigid
R inter		1.000	1.000	1.000
Consider gap closure		Yes	Yes	Yes
δ inter		0.000	0.000	0.000
R	m ² K/kW	0.000	0.000	0.000
K 0 determination		Automatic	Manual	Automatic
K 0,x = K 0,z		Yes	Yes	Yes
K 0,x		0.4264	0.5000	0.3707
K 0,z		0.4264	0.5000	0.3707
OCR		1.000	1.000	1.000
POP	kN/m ²	0.000	0.000	0.000
Data set		Standard	USDA	USDA
Model		Van Genuchten	Van Genuchten	Van Genuchten
Type		Coarse	Coarse	Coarse
Type		Sand	Loam	Clay loam
< 2 μm	%	10.00	20.00	34.00
2 μm - 50 μm	%	13.00	40.00	34.00
50 μm - 2 mm	%	77.00	40.00	32.00
Set to default values		Yes	Yes	Yes
k x	m/day	0.6000	0.2497	0.6238
k y	m/day	0.6000	0.2497	0.6238
-ψ unsat	m	10.00E3	10.00E3	10.00E3
e init		0.4000	0.4500	0.5000
S s	1/m	0.000	0.000	0.000
c k		1.000E15	1.000E15	1.000E15
c s	kJ/t/K	0.000	0.000	0.000

TESIS: "INCIDENCIA DE LA CARGA SÍSMICA EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL MURO DE SUELO
REFORZADO DEL CENTRO COMERCIAL TRUJILLO, HUARAZ 2021".

Identification		1.Lecho Rocoso	2.Saprolito Arcilloso	3.Relleno Afirmado
λ_s	kW/m/K	0.000	0.000	0.000
ρ_s	t/m ³	0.000	0.000	0.000
Solid thermal expansion		Linear	Linear	Linear
α_x	1/K	0.000	0.000	0.000
α_y	1/K	0.000	0.000	0.000
α_z	1/K	0.000	0.000	0.000
D _v	m ² /day	0.000	0.000	0.000
f _{Tv}		0.000	0.000	0.000
Unfrozen water content		No	No	No

4. Materials - Geogrids -

Identification		Macgrid WG90	Terramesh	Terramesh_Macgrid
Identification number		1	2	3
Comments				
Colour				
Material type		Elastic	Elastic	Elastic
Isotropic		Yes	Yes	Yes
EA 1	kN/m	900.0	250.0	1150
EA 2	kN/m	900.0	250.0	1150
Identification number		1	3	4
c	kJ/t/K	0.000	0.000	0.000
λ	kW/m/K	0.000	0.000	0.000
ρ	t/m ³	0.000	0.000	0.000
α	1/K	0.000	0.000	0.000
Identification number		1	3	4
c	kJ/t/K	0.000	0.000	0.000
λ	kW/m/K	0.000	0.000	0.000
ρ	t/m ³	0.000	0.000	0.000
α	1/K	0.000	0.000	0.000
A	m ²	0.000	0.000	0.000

E.2. REPORTE DE CÁLCULO ESTÁTICO Y DINÁMICO

PLAXIS 2D V16 Report

Calculation information				
Step info:				
Phase	Fase Operativa [Phase_28]			
Step	Initial			
Calculation mode	Classical mode			
Step type	Consolidation			
Updated mesh	False			
Solver type	Picos			
Kernel type	64 bit			
Extrapolation factor	0.8838			
Relative stiffness	7.396E-3			
Multipliers:				
Soil weight			ΣM_{Weight}	1.000
Strength reduction factor	M_{sf}	0.000	ΣM_{sf}	1.000
Time	Increment	181.0	End time	1230
Dynamic time	Increment	0.000	End time	0.000
Staged construction:				
Active proportion total area	M_{Area}	0.000	ΣM_{Area}	1.000
Active proportion of stage	M_{Stage}	0.1810	ΣM_{Stage}	1.000
Forces:				
F_x	0.000 Kn/m			
F_y	0.000 Kn/m			
Consolidation:				
Realised $P_{\text{Excess,Max}}$	0.03848E-3 kN/m ²			

Calculation information				
Step info:				
Phase	Carga_Sísmica_7035 [Phase_32]			
Step	Initial			
Calculation mode	Classical mode			
Step type	Dynamic analysis			
Updated mesh	False			
Solver type	Picos			
Kernel type	64 bit			
Extrapolation factor	0.000			
Relative stiffness	0.9689			
Multipliers:				
Soil weight			ΣM_{Weight}	1.000
Strength reduction factor	M_{sf}	0.000	ΣM_{sf}	1.000
Time	Increment	0.000	End time	1230
Dynamic time	Increment	0.02000	End time	25.00
Staged construction:				
Active proportion total area	M_{Area}	0.000	ΣM_{Area}	1.000
Active proportion of stage	M_{Stage}	0.000	ΣM_{Stage}	0.000
Forces:				
F_x	0.7076E-6 Kn/m			
F_y	0.000 Kn/m			
Consolidation:				
Realised $P_{Excess,Max}$	479.1 kN/m ²			

Calculation information				
Step info:				
Phase	Carga_Sísmica_(A) [Phase_57]			
Step	Initial			
Calculation mode	Classical mode			
Step type	Dynamic analysis			
Updated mesh	False			
Solver type	Picos			
Kernel type	64 bit			
Extrapolation factor	0.000			
Relative stiffness	0.9882			
Multipliers:				
Soil weight			ΣM_{Weight}	1.000
Strength reduction factor	M_{sf}	0.000	ΣM_{sf}	1.000
Time	Increment	0.000	End time	1230
Dynamic time	Increment	0.02000	End time	10.00
Staged construction:				
Active proportion total area	M_{Area}	0.000	ΣM_{Area}	1.000
Active proportion of stage	M_{Stage}	0.000	ΣM_{Stage}	0.000
Forces:				
F_x	0.7076E-6 Kn/m			
F_y	0.000 Kn/m			
Consolidation:				
Realised $P_{Excess,Max}$	589.8 kN/m ²			

Calculation information				
Step info:				
Phase	Carga_Sísmica_7036 [Phase_36]			
Step	Initial			
Calculation mode	Classical mode			
Step type	Dynamic analysis			
Updated mesh	False			
Solver type	Picos			
Kernel type	64 bit			
Extrapolation factor	0.000			
Relative stiffness	0.2863			
Multipliers:				
Soil weight			ΣM_{Weight}	1.000
Strength reduction factor	M_{sf}	0.000	ΣM_{sf}	1.000
Time	Increment	0.000	End time	1230
Dynamic time	Increment	0.02000	End time	25.00
Staged construction:				
Active proportion total area	M_{Area}	0.000	ΣM_{Area}	1.000
Active proportion of stage	M_{Stage}	0.000	ΣM_{Stage}	0.000
Forces:				
F_x	0.7076E-6 Kn/m			
F_y	0.000 Kn/m			
Consolidation:				
Realised $P_{Excess,Max}$	389.9 kN/m ²			

Calculation information				
Step info:				
Phase	Carga_Sísmica_7038 [Phase_40]			
Step	Initial			
Calculation mode	Classical mode			
Step type	Dynamic analysis			
Updated mesh	False			
Solver type	Picos			
Kernel type	64 bit			
Extrapolation factor	0.000			
Relative stiffness	0.7922			
Multipliers:				
Soil weight			ΣM_{Weight}	1.000
Strength reduction factor	M_{sf}	0.000	ΣM_{sf}	1.000
Time	Increment	0.000	End time	1230
Dynamic time	Increment	0.02000	End time	10.00
Staged construction:				
Active proportion total area	M_{Area}	0.000	ΣM_{Area}	1.000
Active proportion of stage	M_{Stage}	0.000	ΣM_{Stage}	0.000
Forces:				
F_x	0.7076E-6 Kn/m			
F_y	0.000 Kn/m			
Consolidation:				
Realised $P_{Excess,Max}$	475.3 kN/m ²			

Calculation information				
Step info:				
Phase	Carga_Sísmica_7039 [Phase_44]			
Step	Initial			
Calculation mode	Classical mode			
Step type	Dynamic analysis			
Updated mesh	False			
Solver type	Picos			
Kernel type	64 bit			
Extrapolation factor	0.000			
Relative stiffness	0.8674			
Multipliers:				
Soil weight			ΣM_{Weight}	1.000
Strength reduction factor	M_{sf}	0.000	ΣM_{sf}	1.000
Time	Increment	0.000	End time	1230
Dynamic time	Increment	0.02000	End time	10.00
Staged construction:				
Active proportion total area	M_{Area}	0.000	ΣM_{Area}	1.000
Active proportion of stage	M_{Stage}	0.000	ΣM_{Stage}	0.000
Forces:				
F_x	0.7076E-6 Kn/m			
F_y	0.000 Kn/m			
Consolidation:				
Realised $P_{\text{Excess,Max}}$	529.0 kN/m ²			

Calculation information				
Step info:				
Phase	Carga_Sísmica_7050 [Phase_48]			
Step	Initial			
Calculation mode	Classical mode			
Step type	Dynamic analysis			
Updated mesh	False			
Solver type	Picos			
Kernel type	64 bit			
Extrapolation factor	0.000			
Relative stiffness	0.5319			
Multipliers:				
Soil weight			ΣM_{Weight}	1.000
Strength reduction factor	M_{sf}	0.000	ΣM_{sf}	1.000
Time	Increment	0.000	End time	1230
Dynamic time	Increment	0.02000	End time	20.00
Staged construction:				
Active proportion total area	M_{Area}	0.000	ΣM_{Area}	1.000
Active proportion of stage	M_{Stage}	0.000	ΣM_{Stage}	0.000
Forces:				
F_x	0.7076E-6 Kn/m			
F_y	0.000 Kn/m			
Consolidation:				
Realised $P_{Excess,Max}$	483.9 kN/m ²			

Calculation information				
Step info:				
Phase	Carga_Sísmica_7051 [Phase_52]			
Step	Initial			
Calculation mode	Classical mode			
Step type	Dynamic analysis			
Updated mesh	False			
Solver type	Picos			
Kernel type	64 bit			
Extrapolation factor	0.000			
Relative stiffness	0.5852			
Multipliers:				
Soil weight			ΣM_{Weight}	1.000
Strength reduction factor	M_{sf}	0.000	ΣM_{sf}	1.000
Time	Increment	0.000	End time	1230
Dynamic time	Increment	0.02000	End time	20.00
Staged construction:				
Active proportion total area	M_{Area}	0.000	ΣM_{Area}	1.000
Active proportion of stage	M_{Stage}	0.000	ΣM_{Stage}	0.000
Forces:				
F_x	0.7076E-6 Kn/m			
F_y	0.000 Kn/m			
Consolidation:				
Realised $P_{Excess,Max}$	547.4 kN/m ²			

E.1. REPORTE DE CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD

PLAXIS 2D V16 Report

Calculation information				
Step info:				
Phase	SSR_FS_Estático [Phase_31]			
Step	Initial			
Calculation mode	Classical mode			
Step type	Safety			
Updated mesh	False			
Solver type	Picos			
Kernel type	64 bit			
Extrapolation factor	0.5000			
Relative stiffness	0.4115E-6			
Multipliers:				
Soil weight		ΣM_{Weight}	1.000	
Strength reduction factor	M_{sf}	0.7646E-3	ΣM_{sf}	2.179
Time	Increment	0.000	End time	1230
Dynamic time	Increment	0.000	End time	0.000
Staged construction:				
Active proportion total area	M_{Area}	0.000	ΣM_{Area}	1.000
Active proportion of stage	M_{Stage}	0.000	ΣM_{Stage}	0.000
Forces:				
F_x	0.000 Kn/m			
F_y	0.000 Kn/m			
Consolidation:				
Realised $P_{Excess,Max}$	1465 kN/m ²			

Calculation information				
Step info:				
Phase	SSR_FS_Dinámico_1 [Phase_34]			
Step	Initial			
Calculation mode	Classical mode			
Step type	Safety			
Updated mesh	False			
Solver type	Picos			
Kernel type	64 bit			
Extrapolation factor	2.000			
Relative stiffness	0.06437E-6			
Multipliers:				
Soil weight			ΣM_{Weight}	1.000
Strength reduction factor	M_{sf}	0.7500E-3	ΣM_{sf}	1.182
Time	Increment	0.000	End time	1230
Dynamic time	Increment	0.000	End time	25.00
Staged construction:				
Active proportion total area	M_{Area}	0.000	ΣM_{Area}	1.000
Active proportion of stage	M_{Stage}	0.000	ΣM_{Stage}	0.000
Forces:				
F_x	0.000 Kn/m			
F_y	0.000 Kn/m			
Consolidation:				
Realised $P_{\text{Excess,Max}}$	4455 kN/m ²			

Calculation information				
Step info:				
Phase	SSR_FS_Dinámico_2 [Phase_38]			
Step	Initial			
Calculation mode	Classical mode			
Step type	Safety			
Updated mesh	False			
Solver type	Picos			
Kernel type	64 bit			
Extrapolation factor	0.5000			
Relative stiffness	4.756E-9			
Multipliers:				
Soil weight			ΣM_{Weight}	1.000
Strength reduction factor	M_{sf}	0.1365E-3	ΣM_{sf}	1.409
Time	Increment	0.000	End time	1230
Dynamic time	Increment	0.000	End time	25.00
Staged construction:				
Active proportion total area	M_{Area}	0.000	ΣM_{Area}	1.000
Active proportion of stage	M_{Stage}	0.000	ΣM_{Stage}	0.000
Forces:				
F_X	0.000 Kn/m			
F_Y	0.000 Kn/m			
Consolidation:				
Realised $P_{Excess,Max}$	6210 kN/m ²			

Calculation information				
Step info:				
Phase	SSR_FS_Dinámico_3 [Phase_42]			
Step	Initial			
Calculation mode	Classical mode			
Step type	Safety			
Updated mesh	False			
Solver type	Picos			
Kernel type	64 bit			
Extrapolation factor	2.000			
Relative stiffness	-0.01931E-6			
Multipliers:				
Soil weight			ΣM_{Weight}	1.000
Strength reduction factor	M_{sf}	-0.4073E-3	ΣM_{sf}	1.204
Time	Increment	0.000	End time	1230
Dynamic time	Increment	0.000	End time	10.00
Staged construction:				
Active proportion total area	M_{Area}	0.000	ΣM_{Area}	1.000
Active proportion of stage	M_{Stage}	0.000	ΣM_{Stage}	0.000
Forces:				
F_x	0.000 Kn/m			
F_y	0.000 Kn/m			
Consolidation:				
Realised $P_{Excess,Max}$	3646 kN/m ²			

Calculation information				
Step info:				
Phase	SSR_FS_Dinámico_4 [Phase_46]			
Step	Initial			
Calculation mode	Classical mode			
Step type	Safety			
Updated mesh	False			
Solver type	Picos			
Kernel type	64 bit			
Extrapolation factor	0.5000			
Relative stiffness	9.598E-9			
Multipliers:				
Soil weight			ΣM_{Weight}	1.000
Strength reduction factor	M_{sf}	0.04500E-3	ΣM_{sf}	1.210
Time	Increment	0.000	End time	1230
Dynamic time	Increment	0.000	End time	10.00
Staged construction:				
Active proportion total area	M_{Area}	0.000	ΣM_{Area}	1.000
Active proportion of stage	M_{Stage}	0.000	ΣM_{Stage}	0.000
Forces:				
F_x	0.000 Kn/m			
F_y	0.000 Kn/m			
Consolidation:				
Realised $P_{Excess,Max}$	4488 kN/m ²			

Calculation information				
Step info:				
Phase	SSR_FS_Dinámico_5 [Phase_50]			
Step	Initial			
Calculation mode	Classical mode			
Step type	Safety			
Updated mesh	False			
Solver type	Picos			
Kernel type	64 bit			
Extrapolation factor	0.5000			
Relative stiffness	-1.969E-9			
Multipliers:				
Soil weight			ΣM_{Weight}	1.000
Strength reduction factor	M_{sf}	0.2733E-3	ΣM_{sf}	1.255
Time	Increment	0.000	End time	1230
Dynamic time	Increment	0.000	End time	20.00
Staged construction:				
Active proportion total area	M_{Area}	0.000	ΣM_{Area}	1.000
Active proportion of stage	M_{Stage}	0.000	ΣM_{Stage}	0.000
Forces:				
F_X	0.000 Kn/m			
F_Y	0.000 Kn/m			
Consolidation:				
Realised $P_{Excess,Max}$	9023 kN/m ²			

Calculation information				
Step info:				
Phase	SSR_FS_Dinámico_6 [Phase_54]			
Step	Initial			
Calculation mode	Classical mode			
Step type	Safety			
Updated mesh	False			
Solver type	Picos			
Kernel type	64 bit			
Extrapolation factor	2.000			
Relative stiffness	-0.6411E-9			
Multipliers:				
Soil weight			ΣM_{Weight}	1.000
Strength reduction factor	M_{sf}	0.04464E-3	ΣM_{sf}	1.326
Time	Increment	0.000	End time	1230
Dynamic time	Increment	0.000	End time	20.00
Staged construction:				
Active proportion total area	M_{Area}	0.000	ΣM_{Area}	1.000
Active proportion of stage	M_{Stage}	0.000	ΣM_{Stage}	0.000
Forces:				
F_X	0.000 Kn/m			
F_Y	0.000 Kn/m			
Consolidation:				
Realised $P_{Excess,Max}$	872.7 Kn/m ²			

Calculation information				
Step info:				
Phase	SSR_FoS_Dinámico_7 [Phase_59]			
Step	Initial			
Calculation mode	Classical mode			
Step type	Safety			
Updated mesh	False			
Solver type	Picos			
Kernel type	64 bit			
Extrapolation factor	2.000			
Relative stiffness	0.1133E-6			
Multipliers:				
Soil weight			ΣM Weight	1.000
Strength reduction factor	M sf	-0.08847E-3	ΣM sf	1.188
Time	Increment	0.000	End time	1230
Dynamic time	Increment	0.000	End time	10.00
Staged construction:				
Active proportion total area	M Area	0.000	ΣM Area	1.000
Active proportion of stage	M Stage	0.000	ΣM Stage	0.000
Forces:				
F X	0.000 kN/m			
F Y	0.000 kN/m			
Consolidation:				
Realised P Excess,Max	16.81E3 kN/m ²			