

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**Análisis comparativo de muros de contención de
neumáticos en desuso, construidos empíricamente y
diseñados teóricamente**

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Presentado por:

Bach. Erik Lujan Huaman

Asesor:

Ing. Abner Curi Vega

Ayacucho - Perú

2024

RESUMEN

Esta investigación se origina como una propuesta para examinar la viabilidad de erigir un muro de contención de gravedad empleando Neumáticos Fuera de Uso (NFU), en el centro Poblado de Totorilla, distrito de Jesús Nazareno. Los Neumáticos que han alcanzado su vida útil constituyen la materia prima para la construcción, otorgándoles una reutilización adecuada que contribuirá a mitigar la contaminación ambiental generada por los residuos sólidos (NFU).

Seguidamente se realizó la comparación del muro de contención propuesto con los muros de contención contruidos empíricamente por los pobladores de la zona, teniendo en cuenta que estos muros están contruidos sin ninguna guía técnica ni un asesoramiento adecuado, por ende generalmente están apilados uno sobre otro, sin tener en cuenta el diseño adecuado. Tras llevar a cabo el análisis de los resultados obtenidos en el software GEO5, se puede comprobar que la implementación de muros de contención de gravedad utilizando Neumáticos Fuera de Uso (NFU) es una opción viable para una geometría específica. Además, resulta una alternativa económica en comparación con otros materiales.

PALABRAS CLAVES: Neumáticos, Muros de contención, NFU, Llantas, Muros con NFU.

INTRODUCCIÓN

En este trabajo de investigación se propone un diseño de muros de contención utilizando Neumáticos Fuera de Uso (NFU). Esta propuesta será comparada con los muros de contención construidos por los habitantes de la zona en respuesta a las necesidades de deslizamientos de taludes y sostenimiento de suelos.

Los muros de contención a base de NFU representan una alternativa económica que ha sido implementada de manera empírica en diferentes lugares del país y del mundo. En el centro poblado Totorilla, ubicado en el distrito de Jesús Nazareno, se han encontrado muros apilados de hasta 2.70 metros de altura, lo cual nos lleva a presumir que la construcción de estos muros es adecuada.

A partir de esta concepción se origina el interés por plantear la correcta concepción de los muros de contención utilizando NFU, con una estructura que asegure la excelencia de la edificación, además de ser rentable y respetuoso con el medio ambiente.

Con el objetivo de elaborar esta propuesta, se inicia con el análisis de los muros de contención de gravedad, considerando sus atributos, su configuración geométrica y las regulaciones que deben cumplirse para establecer un marco teórico. Para complementar esta investigación, se lleva a cabo un estudio práctico que involucra tres técnicas: documentación del diseño de los muros de contención de gravedad, comparación con los muros de construcción ya existentes en el área de estudio y observación de ambos procesos.

Luego, recopilamos toda la información requerida para el diseño de los muros de contención utilizando NFU, tales como las características del suelo, los levantamientos topográficos, las propiedades de los neumáticos y las propiedades del relleno.

La selección de la geometría apropiada se llevará a cabo de forma teórica, siguiendo las normas de diseño de los muros de contención de gravedad. Para ello, utilizaremos una hoja de cálculo (EXCEL) y el software GEO5 para realizar las respectivas comparaciones y asegurarnos de que el diseño propuesto sea el adecuado para alcanzar los objetivos establecidos. La estructura de la presente investigación se encuentra organizada de la siguiente forma:

- **Capítulo 1 – Planteamiento del Problema:** En esta sección se aborda la descripción del problema en estudio, la delimitación tanto espacial como temporal, la temática y unidad de análisis, la formulación del problema, la justificación e importancia de la investigación, las limitaciones de la investigación y la presentación de los objetivos tanto generales como específicos. Todo esto con el propósito de proporcionar una visión de lo que se pretende lograr en la investigación y poder fundamentar el motivo por el cual se está llevando a cabo.

- **Capítulo 2 – Marco teórico:** Se presenta la secuencia temporal del progreso de la investigación, es decir, el estado actual del conocimiento en el diseño de muros de contención de gravedad. Además, se analizan y explican en detalle cada una de las variables esenciales de la investigación con el objetivo de lograr una visión más clara y una comprensión más profunda de la temática en estudio.
- **Capítulo 3 – Metodología de la investigación:** El proceso implica la delimitación del área de estudio, una comprensión más clara de los objetivos que se desean alcanzar y proporciona el enfoque para recopilar los datos necesarios para llevar a cabo la investigación deseada. Asimismo, muestra el alcance de la investigación, es decir, el nivel de profundidad en el que se está llevando a cabo, el diseño de la investigación, la determinación de la población y la muestra, las hipótesis, la operacionalización de las variables, las técnicas e instrumentos utilizados y, finalmente, el desarrollo completo del trabajo de tesis.
- **Capítulo 4 – Resultados:** En el análisis de los resultados obtenidos del procesamiento de datos, se determina la geometría adecuada de los muros de contención propuestos, que cumple con los parámetros deseados. Además, como parte de este capítulo, se exponen los resultados de todas las propuestas estudiadas.
- **Conclusiones:** Se concluye la investigación, se presentan las recomendaciones de acuerdo a los objetivos logrados durante el estudio, además se lleva a cabo la validación de la hipótesis planteada inicialmente.
- **Referencias bibliográficas:** Durante el desarrollo de este trabajo de investigación, se han consultado y citado diversos materiales textuales que proporcionan información relevante.
- **Anexos:** Incluye los resultados visuales, los datos tabulares documentados, los análisis de la mecánica de suelos y los planos.

Doy gracias a Dios por permitirme realizarme y poder dedicar este trabajo a mis padres, Catalina y Victorino, quienes han sido un pilar fundamental en mi vida y me han impulsado a seguir adelante. También quiero agradecer a mis hermanos, Lety, Deyci, Henry, Yuliana y Alexis, por fortalecer mis emociones y brindarme su apoyo incondicional en momentos difíciles. Por último, quiero expresar mi gratitud a mi novia, Gardenia, por ser mi motivación constante para crecer y superar mis límites.

AGRADECIMIENTOS

- ⇒ A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, mi Centro de Estudios, quien ha sido fundamental en mi formación académica y profesional. Agradezco especialmente a la Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil, así como a la Escuela profesional de Ingeniería Civil y a los docentes Ingenieros por su dedicación y compromiso en mi desarrollo educativo.
- ⇒ Al Ingeniero Abner Curi Vega, quien ha sido mi asesor durante el desarrollo de este trabajo de investigación, por su valioso tiempo, paciencia, apoyo y orientación
- ⇒ Al laboratorio de mecánica de suelos INGEOTECOM por realizar el estudio de suelos necesario para este proyecto.
- ⇒ A los profesores de la escuela de ingeniería civil por su dedicación y orientación durante mi proceso de formación académica.
- ⇒ Al Ing. Gregorio Leguía Damiano, quien me ha brindado la plantilla de la presente tesis en $\text{\LaTeX}$.
- ⇒ A mi primo Raul Huarcaya por ayudarme en la recolección de datos para optimizar el tiempo en la realización de la presente tesis.

U N S C H
AYACUCHO, ENERO DE 2024

Erik Luján Huamán

ÍNDICE GENERAL

	<i>Página</i>
Portada	I
Resumen	I
Introducción	II
Dedicatoria	IV
Agradecimientos	V
Índice General	VI
Lista de Figuras	XI
Lista de Tablas	XVIII
Glosario	XVIII
Siglas	XX
Símbolos	XXI
I Planteamiento del problema	1
1.1 Descripción del problema	1
1.2 Delimitación del problema	4
1.2.1 Delimitación espacial (geográfica)	4
1.2.2 Delimitación temporal	4
1.2.3 Temática y unidad de análisis	5
1.3 Formulación del problema	5
1.3.1 Problema principal	5
1.3.2 Problemas secundarios	5
1.4 Justificación e importancia de la investigación	6
1.4.1 Justificación	6
1.4.2 Importancia	6
1.4.3 Limitaciones de la investigación	6

1.5	Objetivos	7
1.5.1	Objetivo General	7
1.5.2	Objetivos Específicos	7
II	Marco teórico	8
2.1	Antecedentes	8
2.1.1	Investigaciones internacionales	8
2.1.2	Investigaciones nacionales	10
2.2	Bases teóricas	10
2.2.1	Muros de contención	10
2.2.2	Muros de Contención Flexibles	11
2.2.3	Muros de contención a base de Neumáticos Fuera de Uso	12
2.2.4	Presiones actuantes sobre muros de contención	13
2.2.5	Teoría de Coulomb	14
2.2.6	Método de Rankine	15
2.2.7	Empuje de tierras para suelos con sobrecarga	16
2.2.8	Empuje para terraplenes inclinados	17
2.2.9	Estabilidad de muros de retención	17
2.2.10	Neumáticos o Llantas	19
2.2.11	Composición de los Neumáticos	19
2.2.12	Geometría de los Neumáticos	19
2.2.13	Medidas estándar de los neumáticos para el estudio	21
2.2.14	Generación del Residuo	22
2.2.15	Usos de los Neumáticos	23
2.2.16	Software GEO5	24
2.2.16.1	Muro Prefabricado	25
2.3	Marco conceptual	26
2.3.0.1	Muros de contención	26
2.3.0.2	Muros en gaviones	26
2.3.0.3	Cargas/fuerzas	26
2.3.0.4	Empujes	26
2.3.0.5	Llanta o Neumático	27
2.3.0.6	Calicata	27
2.3.0.7	Peso específico del suelo	27
2.3.0.8	Granulometría	27
2.3.0.9	Sostenibilidad ambiental	27
2.3.0.10	Software de Ingeniería	27

III Método de la investigación	28
3.1 Enfoque	28
3.2 Alcance	28
3.3 Diseño de investigación	28
3.4 Población y muestra	28
3.4.1 Población	28
3.4.2 Muestra	29
3.5 Hipótesis	29
3.5.1 Hipótesis General	29
3.5.2 Hipótesis específicas.	29
3.6 Operacionalización de variables, definición conceptual y operacional	30
3.7 Técnicas e instrumentos.	31
3.7.1 Técnicas	31
3.7.2 Instrumentos	31
3.8 Técnicas estadísticas para el procesamiento de la información.	31
3.9 Desarrollo del trabajo de tesis	32
3.9.1 Área de estudio	32
3.9.2 Topografía del área de estudio	33
3.9.3 Estudio de Mecánica de Suelos.	36
3.9.4 Propiedades físico-mecánicas de los neumáticos	38
3.9.4.1 Composición interna de los neumáticos	38
3.9.4.2 Propiedades Físicas	38
3.9.4.3 Propiedades Mecánicas	39
3.9.5 Geometría del Neumático	40
3.9.6 Unidad constructiva del Muro de Contención de NFU	44
3.9.7 Cálculo del peso de la unidad constructiva Suelo-Neumático	44
3.9.8 Predimensionamiento de Muro de Contención de NFU	46
3.9.9 Altura del muro de contención según a la Topografía	48
3.9.10 Predimensionamiento del muro de Contención a partir del Neumático	50
3.9.11 Cálculo del porcentaje de Vacíos	52
3.9.11.1 Muros de contención de 1 fila de neumático	52
3.9.11.2 Muros de contención de 2 filas de neumáticos	53
3.9.11.3 Muros de contención de 3 filas de neumáticos	54
3.9.11.4 Muros de contención de 4 filas de neumáticos	55
3.9.12 Resumen Parámetros de Diseño	56
3.9.13 Diseño de Muro de Contención con un neumático de base	58
3.9.13.1 Diseño del muro de contención existente	58

3.9.13.2	Muro de contención con 5° de inclinación respecto a la vertical	61
3.9.13.3	Muros de contención con 10° de inclinación	64
3.9.13.4	Muros de contención con 15° de inclinación	66
3.9.14	Diseño de Muro de Contención con dos neumáticos de base	68
3.9.14.1	Muro de contención Vertical	68
3.9.14.2	Muro de contención con 5° de inclinación respecto a la vertical	71
3.9.14.3	Muros de contención con 10° de inclinación	73
3.9.14.4	Muros de contención con 15° de inclinación	75
3.9.15	Diseño de Muro de Contención con tres neumáticos de base	77
3.9.15.1	Muro de contención Vertical	77
3.9.15.2	Muro de contención con 5° de inclinación respecto a la vertical	80
3.9.15.3	Muros de contención con 10° de inclinación	82
3.9.15.4	Muros de contención con 15° de inclinación	84
3.9.16	Diseño de Muro de Contención con cuatro neumáticos de base	86
3.9.16.1	Muro de contención Vertical	86
3.9.16.2	Muro de contención con 5° de inclinación respecto a la vertical	89
3.9.16.3	Muros de contención con 10° de inclinación	91
3.9.16.4	Muros de contención con 15° de inclinación	93
IV	Resultados	95
4.1	Contrastación de Hipótesis	95
4.1.1	Hipótesis general	95
4.1.2	Hipótesis Específicas	95
4.2	Análisis e interpretación	96
4.2.1	Muros de contención de base de un neumático	96
4.2.2	Muros de contención de base de dos neumáticos	98
4.2.3	Muros de contención de base de tres neumáticos	99
4.2.4	Muros de contención de base de cuatro neumáticos	100
V	Conclusiones	102
5.1	Conclusiones	102
5.2	Recomendaciones	103
5.3	Trabajos futuros	103
Refs		104
		104
A	Apéndice A	107
1.1	Estudio de Mecánica de Suelos	107

B Apéndice B	115
2.1 Planos	115
2.1.1 Plano topográfico	115
2.1.2 Plano de Perfil Longitudinal	115
2.1.3 Plano de Perfil Transversal	115

LISTA DE FIGURAS

I.1	Crecimiento acelerado de la población en la Picota-Ayacucho	1
I.2	Muro de contencion existente en Totorilla	2
I.3	Trituración de las llantas para la reutilización	3
I.4	Ubicación espacial de la zona de estudio: Jesús Nazareno-Huamanga.	4
II.1	Muros de contención con neumáticos reciclados.	9
II.2	Clases muros de contención. Izquierda Muro de gravedad, Centro Muro de Semigravedad y Derecha. Muro en voladizo	11
II.3	clases de muros de contención. Muro con contrafuertes	11
II.4	Esquema de algunos muros flexibles	12
II.5	Muros de contencion con Neumáticos Fuero de Uso-Picota Ayacucho	12
II.6	Fuerzas que actúan sobre un muro de contención de gravedad	13
II.7	EMPUJE LATERAL-TEORIA DE COULOMB	14
II.8	EMPUJE LATERAL-RANKINE	15
II.9	EMPUJE LATERAL CON SOBRECARGA	16
II.10	EMPUJE LATERAL DE TERRAPLENES INCLINADOS	17
II.11	Estabilidad de muros de contención	18
II.12	Partes de una llanta	19
II.13	Código Alfanuméricos de los neumáticos	20
II.14	Medidas reales del Neumático	20
II.15	Indice de Carga de los Neumáticos	21
II.16	Generación de residuo solido-neumático fuera de uso	22
II.17	Usos industriales del NFU reducido y reciclado	23
II.18	Software GEO5 y sus aplicaciones	24
II.19	GEO5 Software-Muro Prefabricado	24
II.20	Diseño de un Muro Prefabricado	25
III.1	Área de estudio: Totorilla-Jesús Nazareno-Huamanga.	32
III.2	Vista fotográfica del Área de estudio	33

III.3	Curvas de Nivel del área de estudio	34
III.4	Perfil longitudinal del eje de muro proyectado	35
III.5	Sección transversal típica de la topografía en la zona de estudio	35
III.6	Ubicación de calicatas	36
III.7	Ensayos Realizados y normas utilizadas	37
III.8	Composición interna de los Neumáticos	38
III.9	Neumáticos de diferentes medidas en un botadero eventual	40
III.10	Geometría del neumático	42
III.11	Medición de Diametro (75 cm) y Espesor (26.5 cm) de un Neumatico Elegido al Azar	43
III.12	Medidas de una unidad de NFU que se usará en el Proyecto	43
III.13	Unidad Constructiva de muro de contención de NFU Compuesto Suelo- Neumático	44
III.14	Dimensiones aproximadas de los diversos componentes de muro de contención para los controles iniciales de estabilidad	46
III.15	Geometrías de los Muros: A. Geometría existente, B y C. Geometrías propuestas	47
III.16	Secciones Transversales	48
III.17	Perfil Longitudinal con todas las secciones propuestas	48
III.18	Muro de contención existente en la zona de estudio	49
III.19	Predimensionamiento de los Muros de contención a partir de las medidas del Neumático	50
III.20	Muro de contención de 14 hileras y 2 filas de neumáticos	51
III.21	Distribución y áreas de los neumáticos en dimensiones conocidas para una fila	52
III.22	Distribución y áreas de los neumáticos en dimensiones conocidas para dos filas	53
III.23	Distribución y áreas de los neumáticos en dimensiones conocidas para 3 filas	55
III.24	Distribución y áreas de los neumáticos en dimensiones conocidas para 4 filas	56
III.25	Muros existentes, apilados verticalmente sobre la base de una fila de neumáticos	58
III.26	Entorno del GEO5, con datos incorporados	59
III.27	Cuadro resumen del análisis de muros de contención existentes, según GEO5	59
III.28	Comparación de valores calculados y valor teórico del Factor de Seguridad al Vuelco Vs Numero de hileras de Neumático	60

III.29	Comparación de valores calculados y valor teórico del Factor de Seguridad al Deslizamiento Vs Numero de hileras de Neumático	60
III.30	Muros de contención de base de un neumático y una inclinación respecto a la vertical	61
III.31	Entorno del GEO5, con datos incorporados, para una inclinación de 5° . .	62
III.32	Cuadro resumen del análisis de muros de contención, con una fila de base y una inclinación de 5°, según GEO5	62
III.33	Comparación de valores calculados y valor teórico del Factor de Seguridad al Vuelco Vs Numero de hileras de Neumático, para muros con base de una fila y una inclinación de 5° con la vertical	63
III.34	Comparación de valores calculados y valor teórico del Factor de Seguridad al Deslizamiento Vs Numero de hileras de Neumático, para muros con base de una fila y una inclinación de 5° con la vertical	63
III.35	Entorno del GEO5, con datos incorporados, para una inclinación de 10° . .	64
III.36	Cuadro resumen del análisis de muros de contención, con una fila de base y una inclinación de 10°, según GEO5	64
III.37	Comparación de valores calculados y valor teórico del Factor de Seguridad al Vuelco Vs Numero de hileras de Neumático, para muros con base de una fila y una inclinación de 10° con la vertical	65
III.38	Comparación de valores calculados y valor teórico del Factor de Seguridad al Deslizamiento Vs Numero de hileras de Neumático, para muros con base de una fila y una inclinación de 10° con la vertical	65
III.39	Entorno del GEO5, con datos incorporados, para una inclinación de 10° . .	66
III.40	Cuadro resumen del análisis de muros de contención, con una fila de base y una inclinación de 15°, según GEO5	66
III.41	Comparación de valores calculados y valor teórico del Factor de Seguridad al Vuelco Vs Numero de hileras de Neumático, para muros con base de una fila y una inclinación de 15° con la vertical	67
III.42	Comparación de valores calculados y valor teórico del Factor de Seguridad al Deslizamiento Vs Numero de hileras de Neumático, para muros con base de una fila y una inclinación de 15° con la vertical	67

III.43Muro de contención típico para una base de dos neumáticos e inclinacion con la vertical diversa	68
III.44Entorno del GEO5, con datos incorporados, un muro de dos filas vertical .	69
III.45Cuadro resumen del análisis de muros de contención vertical de dos filas, según GEO5	69
III.46Comparación de valores calculados y valor teórico del Factor se Seguridad al Vuelco Vs Numero de hileras de Neumático	70
III.47Comparación de valores calculados y valor teórico del Factor se Seguridad al Deslizamiento Vs Numero de hileras de Neumático	70
III.48Entorno del GEO5, con datos incorporados, para una inclinación de 5° . .	71
III.49Cuadro resumen del análisis de muros de contención, con dos filas de base y una inclinación de 5°, según GEO5	71
III.50Comparación de valores calculados y valor teórico del Factor se Seguridad al Vuelco Vs Numero de hileras de Neumático, para muros con base de dos filas y una inclinación de 5° con la vertical	72
III.51Comparación de valores calculados y valor teórico del Factor se Seguridad al Deslizamiento Vs Numero de hileras de Neumático, para muros con base de dos filas y una inclinación de 5° con la vertical	72
III.52Entorno del GEO5, con datos incorporados, para una inclinación de 10° . .	73
III.53Cuadro resumen del análisis de muros de contención, con dos filas de base y una inclinación de 10°, según GEO5	73
III.54Comparación de valores calculados y valor teórico del Factor se Seguridad al Vuelco Vs Numero de hileras de Neumático, para muros con base de dos filas y una inclinación de 10° con la vertical	74
III.55Comparación de valores calculados y valor teórico del Factor se Seguridad al Deslizamiento Vs Numero de hileras de Neumático, para muros con base de dos filas y una inclinación de 10° con la vertical	74
III.56Entorno del GEO5, con datos incorporados, para una inclinación de 15° . .	75
III.57Cuadro resumen del análisis de muros de contención, con dos filas de base y una inclinación de 15°, según GEO5	75

III.58	Comparación de valores calculados y valor teórico del Factor se Seguridad al Vuelco Vs Numero de hileras de Neumático, para muros con base de dos filas y una inclinación de 15° con la vertical	76
III.59	Comparación de valores calculados y valor teórico del Factor se Seguridad al Deslizamiento Vs Numero de hileras de Neumático, para muros con base de dos filas y una inclinación de 15° con la vertical	76
III.60	Muro de contención típico para una base de tres neumáticos e inclinación con la vertical diversa	77
III.61	Entorno del GEO5, con datos incorporados, un muro de tres filas vertical .	78
III.62	Cuadro resumen del análisis de muros de contención vertical de tres filas, según GEO5	78
III.63	Comparación de valores calculados y valor teórico del Factor se Seguridad al Vuelco Vs Numero de hileras de Neumáticos	79
III.64	Comparación de valores calculados y valor teórico del Factor se Seguridad al Deslizamiento Vs Numero de hileras de Neumático	79
III.65	Entorno del GEO5, con datos incorporados, para una inclinación de 5° . .	80
III.66	Cuadro resumen del análisis de muros de contención, con tres filas de base y una inclinación de 5°, según GEO5	80
III.67	Comparación de valores calculados y valor teórico del Factor se Seguridad al Vuelco Vs Numero de hileras de Neumático, para muros con base de tres filas y una inclinación de 5° con la vertical	81
III.68	Comparación de valores calculados y valor teórico del Factor se Seguridad al Deslizamiento Vs Numero de hileras de Neumático, para muros con base de tres filas y una inclinación de 5° con la vertical	81
III.69	Entorno del GEO5, con datos incorporados, para una inclinación de 10° . .	82
III.70	Cuadro resumen del análisis de muros de contención, con tres filas de base y una inclinación de 10°, según GEO5	82
III.71	Comparación de valores calculados y valor teórico del Factor se Seguridad al Vuelco Vs Numero de hileras de Neumático, para muros con base de tres filas y una inclinación de 10° con la vertical	83

III.72	Comparación de valores calculados y valor teórico del Factor de Seguridad al Deslizamiento Vs Numero de hileras de Neumático, para muros con base de tres filas y una inclinación de 10° con la vertical	83
III.73	Entorno del GEO5, con datos incorporados, para una inclinación de 15° . .	84
III.74	Cuadro resumen del análisis de muros de contención, con tres filas de base y una inclinación de 15° , según GEO5	84
III.75	Comparación de valores calculados y valor teórico del Factor de Seguridad al Vuelco Vs Numero de hileras de Neumático, para muros con base de tres filas y una inclinación de 15° con la vertical	85
III.76	Comparación de valores calculados y valor teórico del Factor de Seguridad al Deslizamiento Vs Numero de hileras de Neumático, para muros con base de tres filas y una inclinación de 15° con la vertical	85
III.77	Muro de contención típico para una base de cuatro neumáticos e inclinación con la vertical diversa	86
III.78	Entorno del GEO5, con datos incorporados, un muro de cuatro filas vertical	87
III.79	Cuadro resumen del análisis de muros de contención vertical de cuatro filas, según GEO5	87
III.80	Comparación de valores calculados y valor teórico del Factor de Seguridad al Vuelco Vs Numero de hileras de Neumáticos	88
III.81	Comparación de valores calculados y valor teórico del Factor de Seguridad al Deslizamiento Vs Numero de hileras de Neumático	88
III.82	Entorno del GEO5, con datos incorporados, para una inclinación de 5° . .	89
III.83	Cuadro resumen del análisis de muros de contención, con cuatro filas de base y una inclinación de 5° , según GEO5	89
III.84	Comparación de valores calculados y valor teórico del Factor de Seguridad al Vuelco Vs Numero de hileras de Neumático, para muros con base de cuatro filas y una inclinación de 5° con la vertical	90
III.85	Comparación de valores calculados y valor teórico del Factor de Seguridad al Deslizamiento Vs Numero de hileras de Neumático, para muros con base de cuatro filas y una inclinación de 5° con la vertical	90
III.86	Entorno del GEO5, con datos incorporados, para una inclinación de 10° . .	91

III.87Cuadro resumen del análisis de muros de contención, con cuatro filas de base y una inclinación de 10° , según GEO5	91
III.88Comparación de valores calculados y valor teórico del Factor se Seguridad al Vuelco Vs Numero de hileras de Neumático, para muros con base de cuatro filas y una inclinación de 10° con la vertical	92
III.89Comparación de valores calculados y valor teórico del Factor se Seguridad al Deslizamiento Vs Numero de hileras de Neumático, para muros con base de cuatro filas y una inclinación de 10° con la vertical	92
III.90Entorno del GEO5, con datos incorporados, para una inclinación de 15° . .	93
III.91Cuadro resumen del análisis de muros de contención, con cuatro filas de base y una inclinación de 15° , según GEO5	93
III.92Comparación de valores calculados y valor teórico del Factor se Seguridad al Vuelco Vs Numero de hileras de Neumático, para muros con base de cuatro filas y una inclinación de 15° con la vertical	94
III.93Comparación de valores calculados y valor teórico del Factor se Seguridad al Deslizamiento Vs Numero de hileras de Neumático, para muros con base de cuatro filas y una inclinación de 15° con la vertical	94
IV.1 Comparación de valores calculados y valores teóricos de los Factor se Seguri- dad al Deslizamiento y al vuelco, para una altura determinada de muro de contención	97
IV.2 Comparación de valores calculados y valores teóricos de los Factor se Seguri- dad al Deslizamiento y al vuelco, para una altura determinada de muro de contención	98
IV.3 Comparación de valores calculados y valores teóricos de los Factor se Seguri- dad al Deslizamiento y al vuelco, para una altura determinada de muro de contención	99
IV.4 Comparación de valores calculados y valores teóricos de los Factor se Seguri- dad al Deslizamiento y al vuelco, para una altura determinada de muro de contención	100

LISTA DE TABLAS

I.1	Neumáticos manufacturados e importados y posteriormente distribuidos en el mercado interno.	3
II.1	Demanda de vehículos en el Perú.	22
III.1	Operacionalización de Variables	30
III.2	Ubicación de las Calicatas.	36
III.3	Resultados del EMS.	37
III.4	Peso medio de diferentes tipos de NFU.	39
III.5	Demanda de vehículos en el Perú.	40
III.6	Clasificación de Neumáticos segun el diámetro.	41
III.7	Alturas de muros de contencion requeridos segun el seccionamiento.	49

GLOSARIO

Análisis: En el ámbito de los modelos estructurales, se emplea un procedimiento numérico que permite determinar puntos o secciones de interés a partir de la geometría, acciones y condiciones de borde. Su finalidad radica en verificar la validez de la solución, sin embargo, no proporciona información cuantitativa y no permite determinar si la solución es inválida.

Análisis granulométrico: Mediante el tamizado de los suelos, se pretende establecer el rango de tamaños de las partículas que los componen.

Ángulo de fricción (ϕ): La resistencia al corte de un suelo se mide a través de la interacción entre los granos del suelo, que se entrelazan, y la resistencia al deslizamiento que se presenta entre ellos.

Asiento: El desplazamiento de los elementos de una obra debido a las cargas, sobrecargas o fenómenos físicos que perturban las condiciones de equilibrio del terreno base.

Densidad: El peso de una unidad de concreto o suelo compactado en comparación con la unidad de volumen que se expresa como libras/pies cúbicos (kg/m).

Equipos topográficos: En el ámbito de la topografía, se emplean diversos instrumentos, accesorios y útiles que desempeñan un papel fundamental en la realización de los trabajos topográficos. Estos elementos permiten llevar a cabo mediciones precisas y detalladas de la superficie terrestre, así como realizar levantamientos y trazados con exactitud.

Escarificación y compactación: La desintegración de la superficie del terreno, llevada a cabo mediante métodos mecánicos, y su posterior compactación, se realizarán una vez se hayan efectuado las tareas de despeje y/o eliminación de la capa de suelo vegetal.

Estabilidad de Taludes: Consideración de la propensión a fallar de un talud como resultado de varios mecanismos de falla potenciales, incluidos deslizamientos rotacionales, deslizamientos compuestos y deslizamientos traslacionales.

Explanación: El espacio de terreno efectivamente ocupado por las obras, en el cual se ha modificado el terreno natural.

Fuerza compresiva: La capacidad máxima de resistencia que posee un muro de contención de hormigón frente a cargas se define como presión máxima. Esta medida se expresa en PSI (libras por pulgada cuadrada).

Gaviones: Son recipientes de piedras que se mantienen unidas mediante una malla de alambre. Se instalan sin armar en el área de trabajo y, una vez en su lugar, se llenan con piedras locales. El uso de gaviones permite realizar proyectos que, de otra forma, requerirían más tiempo y trabajadores especializados, ya que el proceso de ensamblaje y llenado de piedras no demanda habilidades específicas.

Impacto ambiental: El impacto que genera la actividad humana en el entorno o medio ambiente es un tema de gran relevancia en la actualidad. La acción del ser humano puede tener consecuencias significativas en los ecosistemas y en la calidad de vida de las especies que habitan en ellos. Es fundamental tomar conciencia de este efecto y adoptar medidas para minimizarlo y promover la sostenibilidad ambiental.

Muro de contención: Se trata de un elemento estructural que se suele diseñar con el propósito de contener suelos o partes de un terreno, a la vez que ofrece soporte lateral a taludes de suelo tanto verticales como semiverticales.

Muro de gravedad: Cuando hablamos de un muro de contención sin refuerzo de suelo, nos referimos a una estructura cuya resistencia a las presiones del terreno se basa únicamente en su propio peso unitario. Estos muros de gravedad suelen tener una altura inferior a cuatro pies y no están diseñados para soportar pendientes ni cargas adicionales sobre ellos.

Muro de tierra reforzada: La construcción del muro se lleva a cabo mediante la superposición de capas de material de relleno, entre las cuales se insertan elementos que le otorgan resistencia, y su fachada exterior está revestida con elementos prefabricados de hormigón.

Neumáticos: Se trata de una cubierta de caucho rígida que se ubica en el lateral de algunos vehículos, como automóviles, motocicletas o bicicletas, y se infla con aire comprimido. Esta parte del vehículo es la que está en contacto directo con el suelo y actúa como superficie de rodadura.

Nivel freático: El nivel de la capa de agua subterránea libre, que se encuentra en un suelo específico, puede fluctuar estacionalmente debido a diversos factores, como las precipitaciones, la evaporación y la extracción de agua.

Pantalla: Estructura de contención flexible que tiene la capacidad de recibir de manera directa la presión del suelo y de sostenerla mediante la fijación de su base, así como mediante la eventual utilización de anclajes o apuntalamientos cercanos a su parte superior.

Pendiente: La pendiente se define como la inclinación de una rasante descendente en la dirección de avance.

Rasante: La Línea Rasante es el término utilizado para describir la inclinación o paralelismo de una vía en relación con el plano horizontal.

Resistencia a la extracción: La resistencia a la extracción se refiere a la capacidad del Neumatico para resistir las fuerzas hacia afuera a lo largo del de un conjunto de neumaticos.

Socavación: La acción agresiva que ocasiona la alteración del curso natural del agua, generando excavaciones de gran profundidad, debe ser identificada y resguardada adecuadamente con el fin de prevenir posibles deslizamientos de terreno o desestabilización de las bases de las estructuras.

suelos cohesivos: Los suelos con un alto contenido de arcilla se distinguen por su capacidad de cohesión. Dentro de esta categoría se encuentran el limo arcilloso, la arcilla arenosa, la arcilla limosa, la arcilla y la arcilla orgánica.

Terraplén: Obra civil cuyo proceso mediante el cual se eleva la construcción por encima del terreno original. Para lograr esto, es necesario utilizar materiales provenientes de desmontes o préstamos, los cuales se extienden, compactan y moldean para formar los laterales de la obra con una pendiente estable.

Talud: En términos generales, se puede definir un talud como una superficie plana inclinada.

SIGLAS

NFU	—	Neumáticos Fuera de Uso
FS	—	Factor de seguridad
FSv	—	Factor de seguridad al vuelco
FSd	—	Factor de seguridad al deslizamiento
GEO5	—	Software aplicado al estudio de mecánica de suelos aplicado ala ingeniería
INEI	—	Instituto Nacional de Estadística e Informática
MINAM	—	Ministerio del Ambiente
ONG	—	Organización no gubernamental
Fd	—	Fuerzas horizontales
Md	—	Momento deslizante
Mr	—	Momento resistente
EMS	—	Estudio de mecánica de suelos
ICC	—	Consejo del Código Internacional
AASHTO	—	American Association of State Highway and Transportation Officials
SUCS	—	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos
NTP	—	Norma Técnica Peruana
ASTM	—	American Society for Testing and Materials
SRSS	—	Cuadrado de la Suma de Sus Cuadrados
CQC	—	Combinación Cuadrática Completa
DDBD	—	Diseño Basado en Desplazamiento Directo
FBD	—	Diseño Basado en Fuerzas

SÍMBOLOS

q_{adm}	—	Capacidad admisible del suelo
ϕ_s	—	Ángulo de Fricción interna
P_{NFU}	—	Peso de un neumático relleno de suelo
ϕ_s	—	Angulo de fricción interna del neumático.
μ_{n-n}	—	coeficiente de fricción neumático-neumático.
D	—	Diámetro del neumático.
e	—	Espesor del neumático.
V_s	—	Volumen de suelo de relleno.
P_s	—	Peso de suelo de relleno.
γ_s	—	Peso específico compactado.
P_t	—	Peso Total del la unidad Suelo-Neumático
A_{rec-1}	—	Área del rectángulo para 1 fila de neumático.
A_{NFU}	—	Área de un neumático.
A_{4-NFU}	—	Área de 4 neumáticos.
A_i	—	Fracción o Porcentaje de área Útil.
A_v	—	Fracción o Porcentaje de área de vacíos.
A_{rec-2}	—	Área del rectángulo para 2 filas de neumáticos.
A_{NFU}	—	Área de un neumático.
A_{8-NFU}	—	Área de 8 neumáticos.
A_{rec-3}	—	Área del rectángulo para 3 filas de neumáticos.
A_{12-NFU}	—	Área de 12 neumáticos.
A_{rec-4}	—	Área del rectángulo para 2 filas de neumáticos.
A_{16-NFU}	—	Área de 16 neumáticos.
d_t	—	Desfase total muro de contención.
H	—	Altura del muro de contención.
θ	—	Angulo de inclinación del muro de contención con la vertical.

No pidáis a Dios que os de una carga apta para vuestros hombros; pedidle unos hombros aptos para soportar vuestras cargas

— Brooks, Phillips

Capítulo

I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

La ciudad de Huamanga, ubicada en el departamento de Ayacucho, ha experimentado un significativo crecimiento demográfico en los últimos años. Según (INEI, 2018), Huamanga es la provincia que ha experimentado el mayor crecimiento demográfico entre los años 2007 y 2017, con una Tasa de Crecimiento Promedio Anual del 2.5 %. El acelerado crecimiento demográfico se ve reflejado también en el crecimiento urbano, de tal manera que es necesario buscar nuevas alternativas para la construcción de viviendas ya que el centro Histórico y barrios importantes están súper pobladas. Con el tiempo esto a llevado a que los ciudadanos se acentúen en los alrededores de la ciudad, dando origen a los pueblos jóvenes que muchas veces no cuentan con un adecuado plan urbano y esto sumado a tener una topografía adversa, riesgo sísmico elevado y la geología muy diversa, que influyen negativamente en la vulnerabilidad de las edificaciones.

Fuente: Diario Correo-Ayacucho

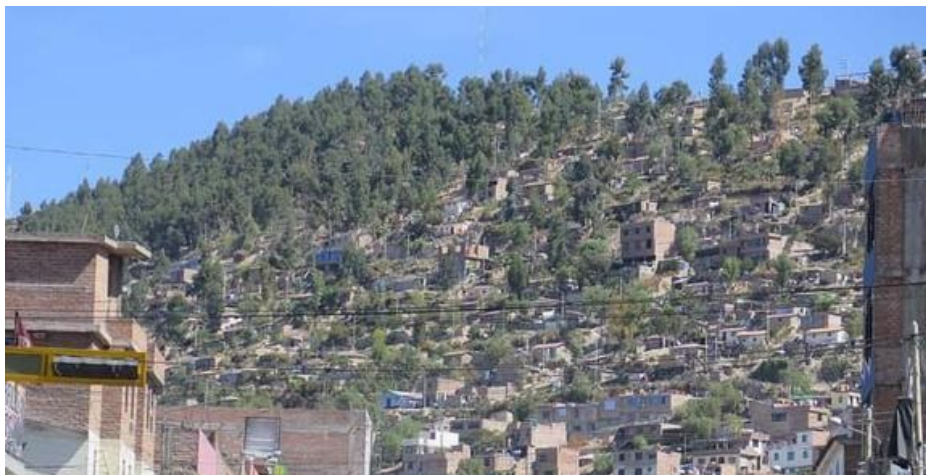


Figura I.1: Crecimiento acelerado de la población en la Picota-Ayacucho

El centro Poblado Totorilla, situado en el distrito de Jesús Nazareno de la provincia de Huamanga, es uno de los asentamientos humanos que ha surgido en los últimos años. Este pueblo joven se ha establecido en terrenos con una topografía accidentada, lo que ha llevado a los habitantes de la zona a construir viviendas adaptadas al lugar. Esto implica que las construcciones se han realizado en áreas con pendientes pronunciadas, márgenes de ríos secos que se activan durante la temporada de lluvias, zonas propensas a deslizamientos, entre otros. Por lo tanto, para establecerse en este lugar, fue necesario llevar a cabo excavaciones, realizar cortes en el terreno, crear taludes con pendientes pronunciadas y realizar rellenos que requirieron la construcción de muros de contención.

Los pobladores de la zona, con el fin de abordar los problemas de inestabilidad de los taludes, deslizamientos de tierra y erosión causada por la presencia de ríos, implementaron métodos tradicionales como el enrocado, así como también métodos innovadores como el apilamiento de neumáticos en las áreas propensas a deslizamientos, rellenos y otros, lo cual proporcionó un sólido soporte. La utilización de neumáticos para la construcción de muros de contención arrojó resultados muy alentadores, tanto desde el punto de vista económico como en términos de sostenibilidad ambiental.

Fuente: Elaboración propia



Figura I.2: Muro de contencion existente en Totorilla

Los Neumáticos (llantas) usados en la construcción de muros de contención son los denominados NFU (neumáticos fuera de uso), los cuales a menudo se encuentran dispersos en los alrededores de la ciudad, generando contaminación y desorden. Durante el año

2018, aproximadamente 3.60 millones de neumáticos ingresaron al mercado peruano, lo que equivale a un total de 67 mil toneladas.

Fuente: Consultora Idearíá LTDA

TIPO DE NEUMÁTICO	Nº DE UNIDADES	TONELADAS
Autos/Camionetas	2,781.000	22,943,3
Camión/Buses	840,000	44,100,0
Total	3.621.000	67.043,3

Tabla I.1: Neumáticos manufacturados e importados y posteriormente distribuidos en el mercado interno.

En nuestro país la Gestión Integral de Residuos Sólidos, en el tema de Neumáticos Fuera de Uso (NFU) esta legislado bajo el Decreto Supremo N° 024-2021-MINAM, por el Ministerio de Medio Ambiente, el cual se encarga del Régimen Especial de Gestión y Manejo de Neumáticos Fuera de Uso (NFU) y tiene como objetivo principal garantizar la eficiencia en la gestión y manejo de los NFU, brindando diferentes usos alternativos para estos neumáticos desechados. Entre las opciones disponibles se encuentran el reencauche, que implica su reutilización con un tratamiento adecuado, su utilización en pavimentos para áreas deportivas, su aplicación en trabajos de jardinería y otros fines. Además, otra alternativa que se está implementando a nivel mundial es la utilización de los neumáticos en la construcción de muros de contención, como se mencionó anteriormente. Esta opción representa una solución empírica y económica frente a las grandes necesidades existentes.

Fuente: ONG PLATAFORMA RED GAMS PERU



Figura I.3: Trituración de las llantas para la reutilización

1.2 Delimitación del problema

1.2.1 Delimitación espacial (geográfica)

Este análisis comparativo de los muros de contención con neumáticos fuera de uso se realizará de la ubicación siguiente:

Centro poblado: Totorilla.

Distrito: Jesús Nazareno.

Provincia: Huamanga.

Departamento: Ayacucho.

Fuente: Elaboración propia

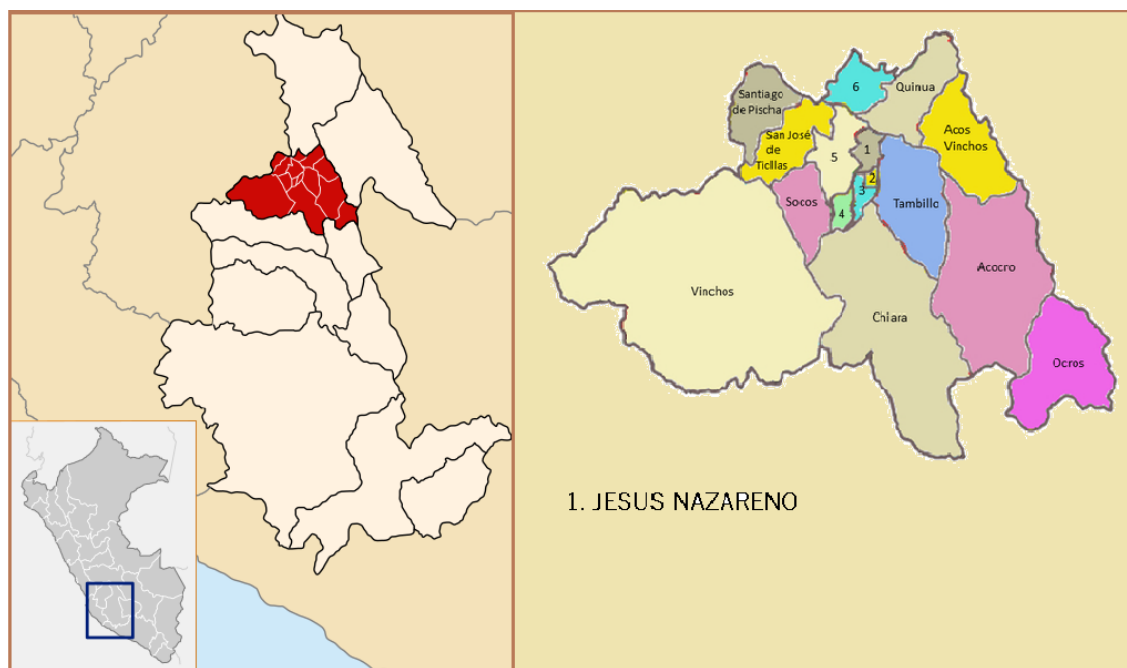


Figura I.4: Ubicación espacial de la zona de estudio: Jesús Nazareno-Huamanga.

1.2.2 Delimitación temporal

Este estudio se lleva a cabo en relación a los muros de contención de neumáticos fuera de uso (NFU) existentes hasta el año 2024. De esta forma, los hallazgos obtenidos de esta investigación serán de utilidad y servirán como punto de referencia para el diseño y construcción en un futuro próximo.

1.2.3 Temática y unidad de análisis

El estudio aborda el tema general de los muros de contención de gravedad, por lo tanto, se realizará una comparación teórica basada en los fundamentos de este tipo de estructuras. Es importante destacar que los muros de contención contruidos con neumáticos fuera de uso (NFU) serán diseñados siguiendo las técnicas y fórmulas establecidas para los muros de contención de gravedad. La unidad de análisis se centra en los muros de contención contruidos con neumáticos fuera de uso (NFU).

1.3 Formulación del problema

Los muros de contención fabricados a partir de neumáticos fuera de uso (NFU) son una opción innovadora que, desde una perspectiva socioeconómica, aborda las diversas necesidades, ya que utiliza como materia prima los neumáticos que ya han cumplido su vida útil. Por lo tanto, la adquisición de estos neumáticos de segunda mano será accesible y económica.

En el centro poblado Totorilla se erigieron muros de contención utilizando neumáticos en desuso. Estos muros fueron contruidos de manera empírica, mediante la superposición de neumáticos rellenos de suelo, simulando un enrocado. No se dispone de información sobre el diseño de la geometría, la dosificación, los rellenos, entre otros aspectos, lo cual imposibilita conocer con certeza si la calidad y durabilidad (estabilidad) de estos muros son apropiadas. En relación a esto, la falta de conocimientos previos antes de la edificación de los muros de contención con NFU genera incertidumbre en cuanto a su calidad, durabilidad e incluso la efectividad de este método constructivo.

1.3.1 Problema principal

⇒ ¿De qué manera la geometría posibilita la determinación del nivel de confianza en la estabilidad, costo, sostenibilidad y constructibilidad de los muros de contención contruidos empíricamente en comparación con los diseñados teóricamente?

1.3.2 Problemas secundarios

1. ¿De qué manera influye, el análisis, modelamiento y diseño de los muros de contención a base de NFU, en la calidad de estos muros?
2. ¿De qué manera el diseño eficaz de los muros de contención a base de neumáticos reciclados influye en las actividades socioeconómicas, del centro poblado Totorilla?

3. ¿De que manera la utilización neumáticos fuero de uso en la construcción de muros de contención influyen en el sostenimiento del centro poblado Totorilla?

1.4 Justificación e importancia de la investigación

1.4.1 Justificación

El propósito fundamental de esta investigación es proponer una alternativa distinta para abordar los deslizamientos de tierras y la estabilidad de taludes en el centro poblado Totorilla del distrito de Jesús Nazareno. Esta propuesta se desarrollará en respuesta a la necesidad de construir un muro de contención a base de NFU de calidad (Teóricamente diseñados) frente a muros de contención contruidos empíricamente con neumáticos en desuso. Para llevar a cabo las comparaciones necesarias, se utilizará un software de ingeniería que permita verificar los datos teóricos y así obtener una propuesta óptima que supere los muros empíricos ya existentes. Esto se refiere a aspectos como la calidad, estabilidad y otros factores relevantes.

Este ambicioso estudio también tiene la finalidad de fortalecer el aspecto socioeconómico de la población de Totorilla por que se tendrá un diseño seguro a un bajo costo y el plus que se tiene es que es una propuesta con sostenibilidad a nivel del medio ambiente. Así mismo la comunidad de Totorilla después de la propuesta técnica podrá masificar estas prácticas sostenibles con la seguridad de tener muros de contencion de una calidad idónea.

1.4.2 Importancia

Es importante contar con muros de contención con una geometría adecuada que garantice la estabilidad, esta estabilidad con respecto al volteo, punzonamiento y deslizamiento, además de ello que los costos de producción sean económicamente rentables para la condición socioeconómica de la población, también que la constructibilidad sea sencillo sin incurrir en la utilización de maquinarias y mano de obra altamente tecnificada. Adicionalmente a ello la otra gran importancia es que la sostenibilidad del medio ambiente estará garantizada ya que estaremos usando residuos sólidos que muchas veces se encuentran contaminando nuestra ciudad.

1.4.3 Limitaciones de la investigación

La investigación realizada abarca un amplio campo de acción, sin embargo, nos enfocaremos exclusivamente en la comparación de muros de contención contruidos con neumáticos

fuera de uso que han sido apilados de manera empírica, y los muros que se propondrán como alternativa en el centro poblado de Totorilla. Por lo tanto, se presentarán algunas limitaciones en este estudio. En primer lugar, el diseño propuesto será específico para la zona de estudio, ya que el análisis de la Mecánica de Suelos varía según cada región. Además, otra limitación será la capacidad de cubrir alturas considerables en los muros de contención.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

- ⇒ Analizar la influencia de la geometría, en la estabilidad, costo, sostenibilidad y constructibilidad, de los muros de contención, de los neumáticos fuera de uso contruidos empíricamente en comparación diseñados teóricamente.

1.5.2 Objetivos Específicos

1. Análisis, modelamiento y diseño de los muros de contención a base de neumáticos fuera de uso, en un software de ingeniería.
2. Describir la influencia de los muros de contención a base de neumáticos reciclados en las actividades socioeconómicas de Totorilla.
3. Proponer la influencia de la utilización de neumáticos fuera de uso en la construcción de muros de contención en el sostenimiento ambiental del centro poblado de Totorilla.

Trabajamos no sólo para producir, sino para dar valor al tiempo.

— DDelacroix, Eugène

Capítulo

II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

2.1.1 Investigaciones internacionales

Según (Rommel. J. Miranda C, 2018) Los muros de contención son elementos constructivos cuya finalidad es actuar como barreras, resistiendo principalmente las fuerzas horizontales generadas por la presión del suelo. Existen varios tipos de muros de contención, cada uno de ellos con un diseño particular y capaz de satisfacer diferentes requerimientos.

Uno de los primeros investigadores del uso de neumáticos en muros de contención fue desarrollada en Francia el Dr. (Long, 1990) quien después de varias investigaciones sobre el uso del neumático en las construcciones, estas se desarrollo con maquetas a escala. Los resultados de la utilización del suelo-neumático, para la estabilización de taludes son bastante favorables pero solo cubren la utilización de neumáticos y arena sin anclajes ni ataduras. Otra investigación importante fue desarrollada en Brasil, donde para el año 1995 este país producía al rededor de 33 millos de neumáticos fuera de uso. (Luciano V. Medeiros, 1995). Asimismo, en 1995, este autor llevó a cabo una serie de investigaciones en la Pontificia Universidad Católica de Rio de Janeiro en conjunto con la Universidad de Ottawa (Canadá). Estas investigaciones arrojaron como resultado que los muros de contención construidos a partir de neumáticos son más flexibles que los muros de contención convencionales. Esta flexibilidad adicional permite un mayor desplazamiento horizontal, lo cual a su vez genera una relajación y una transferencia de cargas óptimas.

En su trabajo sobre la Estabilización de Taludes con Muros de Neumáticos en la ciudad de Madrid, España, (Sieira A. C., 2001) ha llevado a cabo diversas investigaciones. Según sus recomendaciones, al comparar diferentes geometrías de muros de contención hechos con neumáticos usados, se ha concluido que la geometría más efectiva es aquella compuesta por 3 neumáticos en la parte larga, con una altura de 4 metros. Además, esta investigación ha

demostrado que el uso de neumáticos representa una alternativa eficiente en términos de rendimiento mecánico, facilidad de ejecución y bajo costo, en comparación con las técnicas tradicionales de estabilización de taludes.

En el año 2008, se llevó a cabo un importante estudio en Malasia por parte de la Universidad de Putra, dirigido por (Bujang B.K. Huat, 2008). Los resultados de esta investigación afirmaron que los neumáticos usados podrían soportar cargas de tracción de hasta 20 Kilo-Newton. Para la construcción de muros de contención utilizando estos neumáticos, se utilizó un sistema que consistía en apilar neumáticos atados con cuerdas de polipropileno, rellenándolos en el mismo lugar. La producción de estos muros de sostenimiento demostró un excelente rendimiento al cubrir taludes de hasta 5 metros de altura.

Durante el año 2018, (Rommel. J. Miranda C, 2018) se dedicó a investigar acerca de los muros de contención construidos a partir de neumáticos en desuso. Según sus hallazgos, estos muros son una elección sumamente acertada para la estabilización de terrenos, sobre todo en zonas rurales. Además, (Rommel. J. Miranda C, 2018) afirma que estos muros pueden ser analizados como muros de gravedad y deben cumplir con los factores de seguridad relacionados con el volcamiento, deslizamiento y capacidad de carga.

En la actualidad, a nivel global, existen diversas compañías que se dedican a utilizar neumáticos en la construcción de muros de contención. Una de las más destacadas es Ecoflex International Pty Ltd, una empresa de origen australiano que se especializa en convertir neumáticos desechados en productos de construcción. Estos productos incluyen la estabilización de taludes, la estabilización de sub-bases de pavimento, plataformas para grúas, plataformas para pilotaje, caminos de acceso y áreas de soporte rígido. Además, estos neumáticos han sido diseñados y utilizados para proteger contra la erosión en vías fluviales, desagües, aliviaderos y estructuras de caída.

Fuente: Ecoflex International Pty Ltd

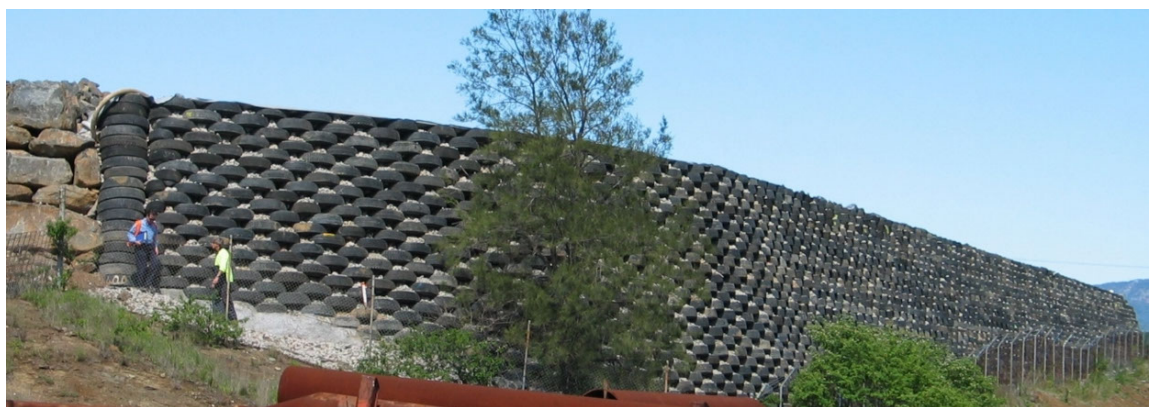


Figura II.1: Muros de contención con neumáticos reciclados.

2.1.2 Investigaciones nacionales

En el Perú no tenemos investigaciones de relevancia, solo contamos con algunas tesis de pregrado, donde nos indican las formas de construir los muros de contención a base de NFU, sin tener en cuenta los sustentos técnicos y teóricos.

Además, en la gestión de residuos sólidos de los Neumáticos fuera de uso, tenemos el reencauchado que consiste en darle una segunda oportunidad al neumático después de hacerle reparaciones, antideslizante en los campos deportivos, usos en la pavimentación, como materia prima para trabajos de jardinería, etc. También se emplea como materia prima en los muros de sostenimiento, pero este uso es de manera empírica.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Muros de contención

Según lo expuesto por (Braja, 2011), se han desarrollado diversas teorías con el fin de determinar la presión lateral del suelo, las cuales son empleadas en el diseño de diferentes tipos de muros de contención. Entre estos muros se encuentran los convencionales y los estabilizados mecánicamente. Los muros de retención convencionales se pueden clasificar en cuatro tipos:

1. Los muros de contención de gravedad: Se erigen utilizando concreto simple o mampostería de piedra. La estabilidad de estos muros se basa en su propio peso y en la carga que soporta proveniente del suelo que se encuentra sobre la mampostería.
2. Muros de contención de semigravedad: Son similares a los muros de gravedad, pero se les añade una pequeña cantidad de acero para mejorar su estabilidad y reducir el tamaño de las secciones de los muros de contención.
3. Los muros de retención en voladizo: Son construcciones de concreto reforzado que constan de una base llamada zapata, sobre la cual se erigen los muros esbeltos. Este tipo de muro resulta ser una opción económica para alturas de hasta aproximadamente 8 metros.
4. Los muros de retención con contrafuertes: Estos muros presentan una estructura similar a los muros en voladizo, pero se distinguen por la presencia de contrafuertes, que son losas de concreto verticales delgadas. Estos contrafuertes se colocan en intervalos específicos para anclar el muro a la base y garantizar su estabilidad.

Fuente: Braja Das 7ma Edición

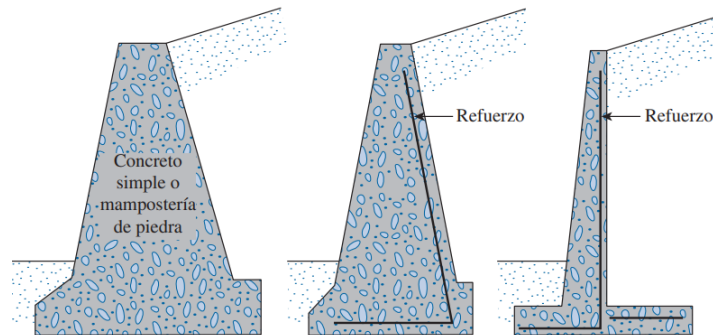


Figura II.2: Clases muros de contención. Izquierda Muro de gravedad, Centro Muro de Semi-gravedad y Derecha. Muro en voladizo

Fuente: Braja Das 7ma Edición

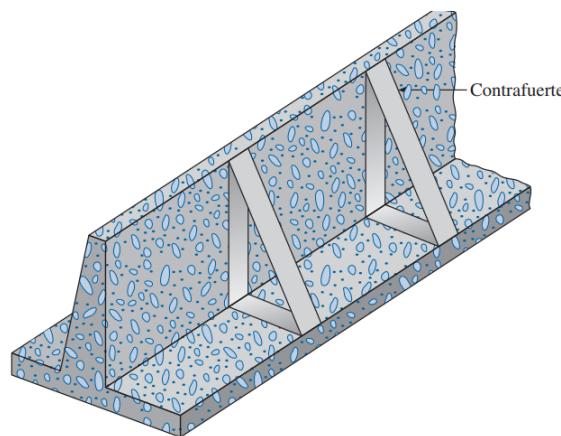


Figura II.3: clases de muros de contención. Muro con contrafuertes

Asimismo, el autor destaca la existencia de dos etapas en el diseño de un muro de contención convencional. En primer lugar, se realiza una evaluación de la estabilidad de la estructura en su conjunto, considerando la presión lateral del suelo. Se lleva a cabo un análisis exhaustivo para detectar posibles fallas por volcamiento, deslizamiento y capacidad de carga. En segundo lugar, se realiza una revisión individual de cada componente de la estructura para determinar su resistencia y se establece la cantidad de refuerzo de acero necesario para cada uno de ellos. (pág. 375-376).

2.2.2 Muros de Contención Flexibles

De acuerdo con (Peña Guzman, 2018), un muro flexible se caracteriza por estar conformado por elementos estructurales flexibles y que tienen la capacidad de deformarse bajo carga.

La eficacia de este tipo de estructura radica en su capacidad para soportar deformaciones importantes sin sufrir daños. Algunos ejemplos de muros flexibles son los postes de madera, las terrazas, los gaviones y los muros pantalla.

Fuente: Suárez Díaz, 1998

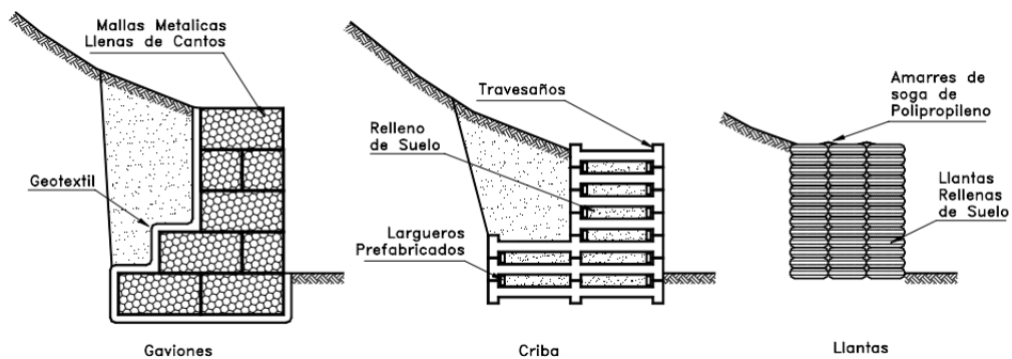


Figura II.4: Esquema de algunos muros flexibles

2.2.3 Muros de contención a base de Neumáticos Fuera de Uso

Los muros de contención de este tipo utiliza neumáticos fuera de uso como elementos de contención y/o refuerzo. Estos se pueden utilizar en su totalidad o en secciones y se pueden ensamblar en capas horizontales continuas y superpuestas para formar paredes del tamaño deseado (Barros, Sarabia, Valdés, Serrano, y Gaytan, 2019).

Fuente: Elaboración propia



Figura II.5: Muros de contención con Neumáticos Fuera de Uso-Picota Ayacucho

2.2.4 Presiones actuantes sobre muros de contención

Calcular las presiones que afectan a los muros de contención resulta una tarea compleja debido a la diversidad de la naturaleza y a la existencia de numerosos factores que intervienen tanto de forma directa como indirecta, tales como el tipo de suelo de la base, el relleno utilizado y la presencia del nivel freático, entre otros.

Según (Jaimes, 2009) William John Macquorn Rankine publicó en 1857 su teoría de presión lateral de tierras desarrollando los empujes Activo y Pasivo.

El empuje activo es generado al colocar el relleno y cuando actúan otras sobrecargas en la superficie del terreno, empujando al muro hacia el exterior. En la base del muro se produce la resistencia al deslizamiento, mientras que por delante del muro se genera el empuje pasivo, fuerzas que contrarrestan el movimiento hacia afuera. Además, el empuje activo tiende a hacer que el muro se vuelque alrededor de su base, pero esto es contrarrestado por el peso del muro y la componente vertical del empuje activo. Por lo tanto, el peso del muro juega un papel crucial, ya que se opone al vuelco y proporciona resistencia al deslizamiento en la base (Lambe, 2009).

A continuación se presentan de manera general, las principales fuerzas que actúan sobre el muro de contención de gravedad.

Fuente: Lambe, Whitman y Jimenez Salas, 2009

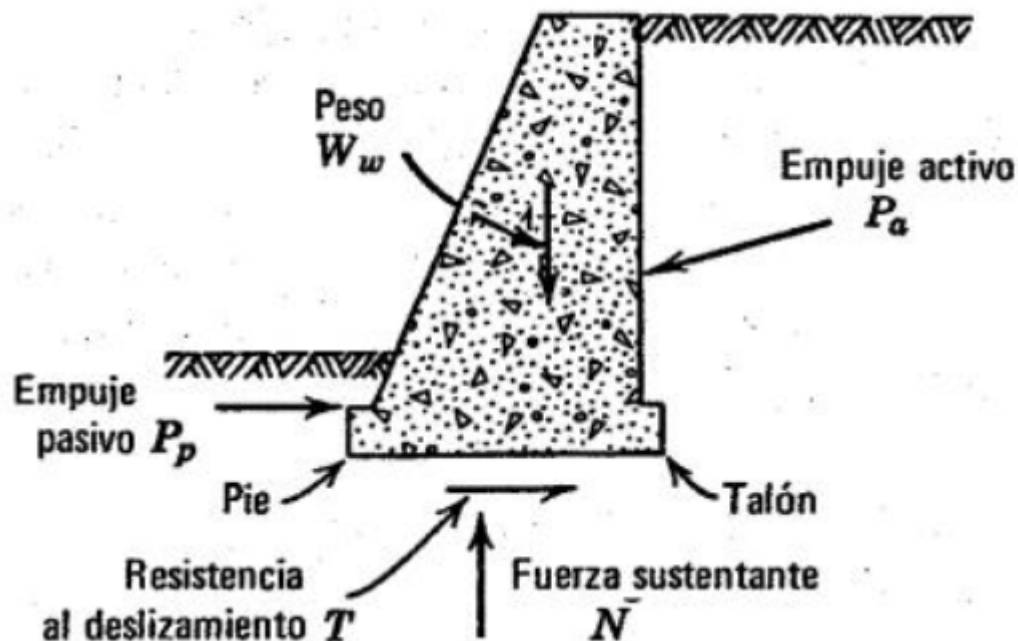


Figura II.6: Fuerzas que actúan sobre un muro de contención de gravedad

2.2.5 Teoría de Coulomb

(TOOLENGY, 2019) dice que de acuerdo a La teoría de Coulomb, el empuje de los suelos se produce mediante una cuña de suelo, la cual se encuentra limitada por la cara interna del muro de contención, la superficie del terreno y una superficie teórica de falla que se desarrolla a lo largo de toda la extensión del terreno.

Fuente: TOOLENGY

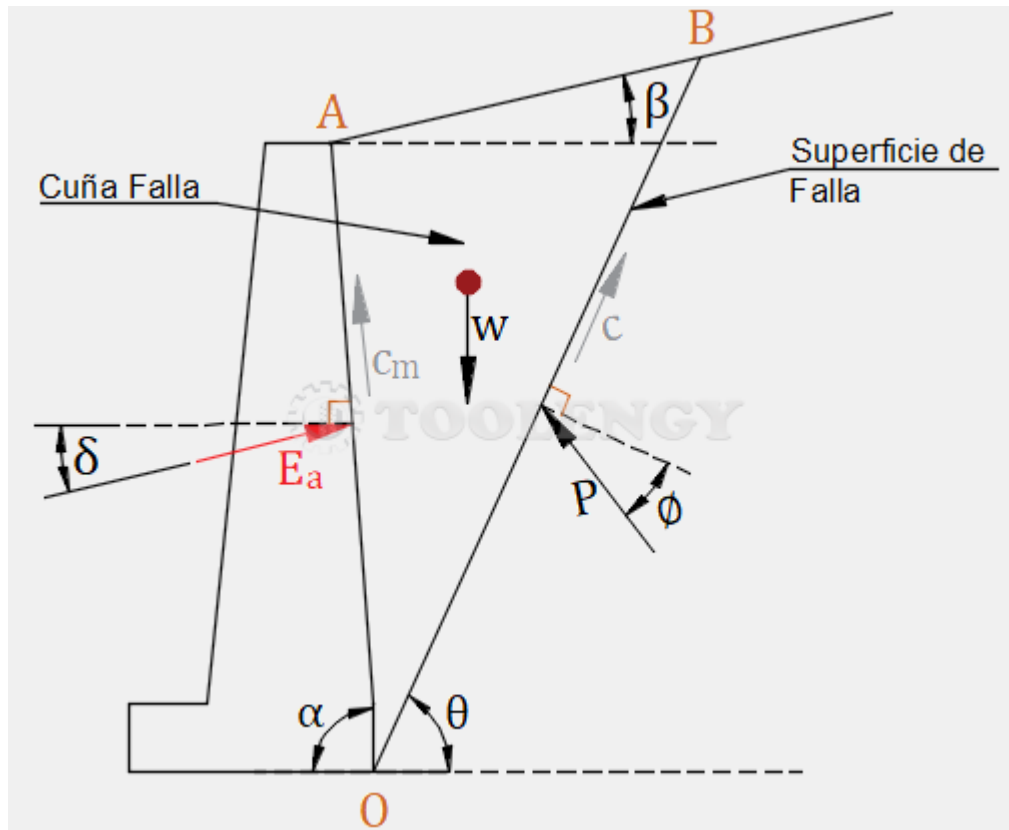


Figura II.7: EMPUJE LATERAL-TEORIA DE COULOMB

Además, este enfoque se sustenta en las siguientes conjeturas:

- ⇒ Es fundamental que la masa de suelo presente una homogeneidad e isotropía adecuadas, además de contar con un buen sistema de drenaje.
- ⇒ La superficie teórica (superficie creada por la cuña de falla) de falla plana.
- ⇒ El suelo con fricción ϕ se encuentra distribuido de manera uniforme a lo largo de toda la superficie de la falla.
- ⇒ La cuña teórica tiene un comportamiento de cuerpo rígido.
- ⇒ La dirección de la reacción Ea , forma un ángulo δ , con la normal al muro.

⇒ La dirección de P (Fuerza del suelo sobre la cuña) forma un ángulo ϕ con la normal al plano de falla, lo cual indica su inclinación con respecto a dicha normal.

Además, el autor señala que la teoría de Coulomb no permite determinar la distribución de presión en la pared, debido a que considera la cuña que produce el empuje como un cuerpo rígido y todas las fuerzas están concentradas. Sin embargo, en su teoría, Coulomb propuso que cada punto de la superficie de la pared representa una superficie de deslizamiento potencial, lo que permite calcular la presión en cualquier parte de la misma.

Al realizar nuevamente el cálculo de la fuerza de presión en la superficie de la pared, se puede observar que la distribución de la presión a lo largo de toda la altura conlleva a la distribución de la presión hidrostática, lo cual resulta en una presión a una altura $H/3$ desde el fondo del muro.

2.2.6 Método de Rankine

De acuerdo con (García, Prada, y Cáceres, 2012) , en los muros de contención con cara vertical que retienen suelo de peso específico γ , y talud horizontal, el método de Rankine se establece como una distribución triangular de esfuerzos horizontales sobre la cara vertical que contiene el suelo, con una resultante denominada empuje activo (P_a) localizada en el centroide de la distribución triangular, esto quiere decir a $H/3$ desde la base del muro, siendo H la altura de este. A continuación se muestra la fórmula para calcular el empuje activo.

Fuente: Laboratorio de Ingeniería Geotécnica de la Universidad de Yonsei

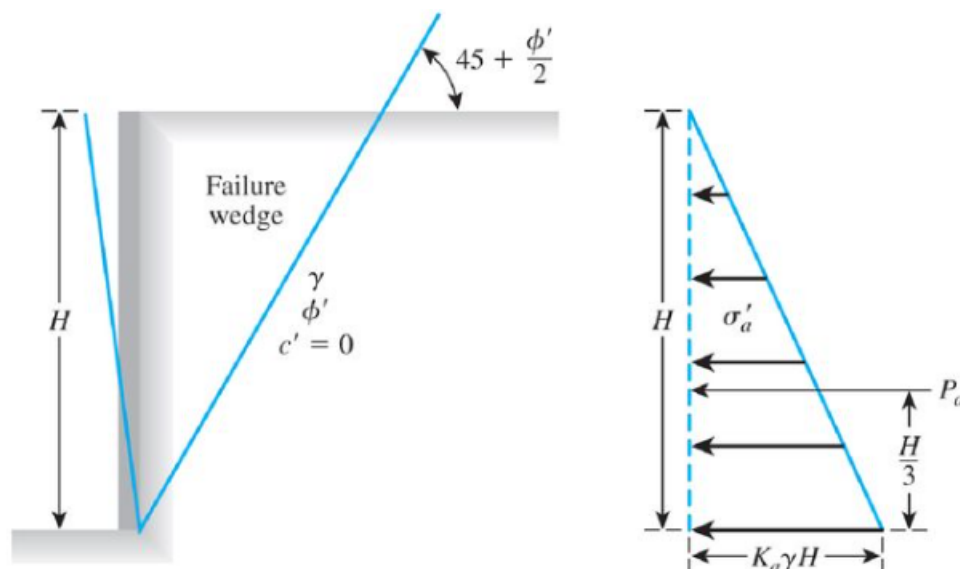


Figura II.8: EMPUJE LATERAL-RANKINE

$$P_a = \frac{1}{2} K_A \gamma H^2$$

Además, el cálculo del coeficiente de empuje activo (K_A) se determina en base al ángulo de fricción interna del suelo (ϕ).

$$K_A = \frac{1 - \sin\phi}{1 + \sin\phi} = \tan^2\left(45 - \frac{\phi}{2}\right)$$

2.2.7 Empuje de tierras para suelos con sobrecarga

Para el empuje de tierras con una sobrecarga sobre ellos usaremos la teoría de Rankine y a ella le agregaremos el empuje que se genera debido a la sobrecarga.

Fuente: CE Geotechnical Engineering II

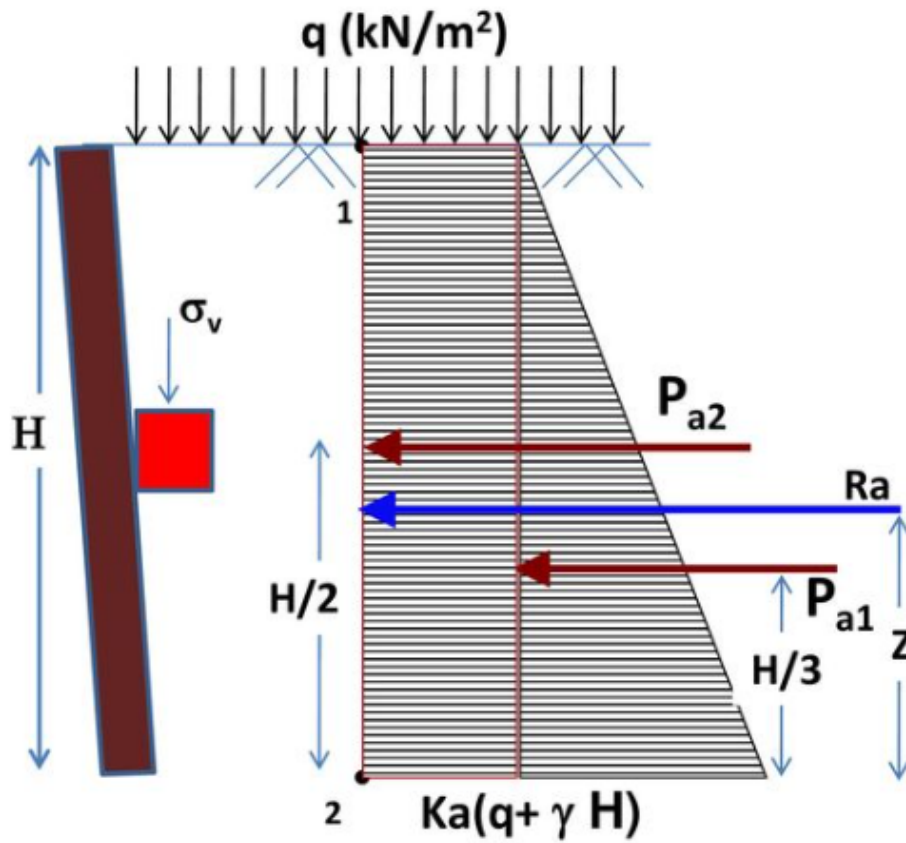


Figura II.9: EMPUJE LATERAL CON SOBRECARGA

Entonces para el cálculo de en empuje lateral tenemos:

$$P_{a1} = \frac{1}{2} K_a \gamma H^2$$

$$P_{a2} = K_a q H$$

2.2.8 Empuje para terraplenes inclinados

Para calcular la fuerza de empuje que los terraplenes inclinados ejercen sobre los muros de contención, se emplean las mismas fórmulas. Sin embargo, es relevante mencionar que el coeficiente de empuje está directamente relacionado con el ángulo de inclinación. A continuación, se presenta una ilustración detallada para una mejor comprensión del tema.

Fuente: TOOLENGY

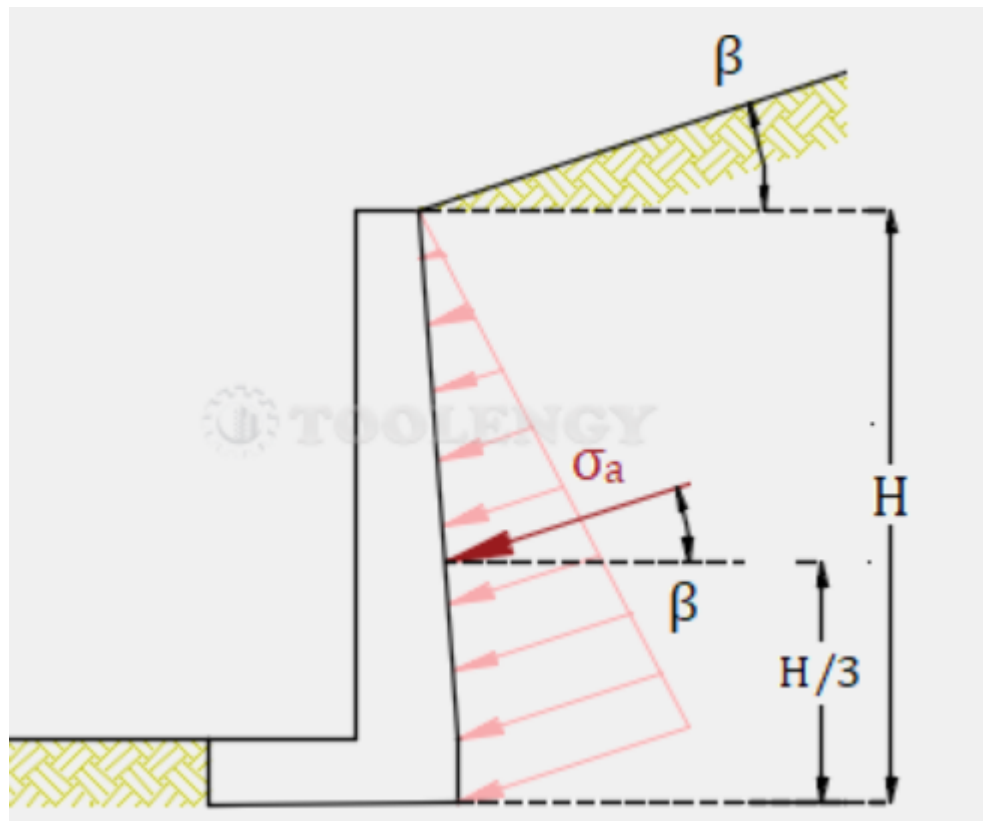


Figura II.10: EMPUJE LATERAL DE TERRAPLENES INCLINADOS

$$\sigma_a = \frac{1}{2}k_a\gamma H^2$$

Donde:

$$k_a = \cos\alpha \left(\frac{\cos\alpha - \sqrt{\cos^2\alpha - \cos^2\phi}}{\cos\alpha + \sqrt{\cos^2\alpha - \cos^2\phi}} \right)$$

2.2.9 Estabilidad de muros de retención

(Juárez Badillo, 1973) realiza una descripción de las fuerzas que ejercen su influencia sobre los muros de contención, las cuales son las siguientes:

1. La fuerza del propio peso, que se ejerce en el centro de gravedad de la sección, puede ser fácilmente calculada al subdividir dicha sección en áreas parciales.
2. Las fuerzas producidas por el volumen de suelo que se encuentra por encima de la zapata del muro son conocidas como peso del relleno.
3. Las fuerzas horizontales se originan debido a las presiones ejercidas por los empujes activos y pasivos.

De acuerdo con el estudio de (Hurtado, 2012), al realizar el cálculo de la estabilidad de los muros de contención, es esencial asegurar un factor de seguridad apropiado contra el deslizamiento y el vuelco. Para lograrlo, se deben emplear las fórmulas convencionales correspondientes.

Factor de Seguridad al deslizamiento

$$FS_d = \frac{\sum FR}{\sum Fd} \geq 1,5 - 2,0$$

Donde:

$\sum FR$ suma de la fuerzas horizontales resistentes.

$\sum Fd$ suma de las fuerzas horizontales de empuje.

Factor de Seguridad al volcamiento

$$FS_v = \frac{\sum MR}{\sum Md} \geq 1,5 - 2,0$$

Donde:

$\sum Md$ suma de los momentos de las fuerzas que tienden a volcar el muro respecto al punto de aplicación.

$\sum MR$ suma de los momentos de las fuerzas que tienden a resistir el volcamiento del muro respecto al punto de aplicación.

Fuente: Elaboración Propia

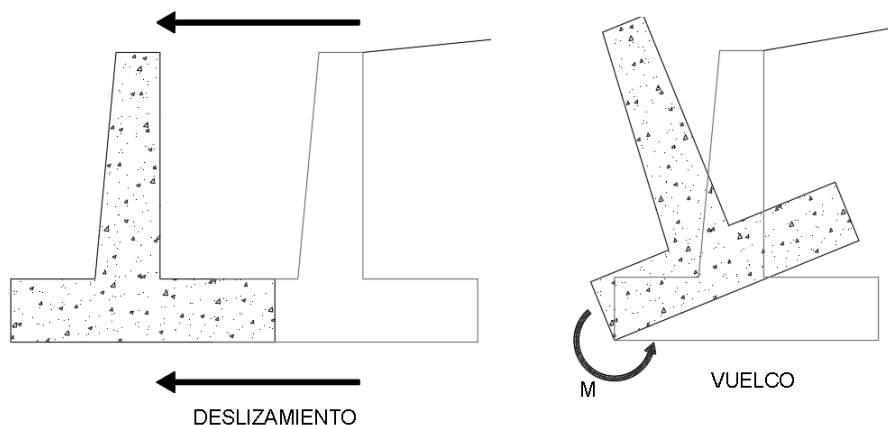


Figura II.11: Estabilidad de muros de contención

2.2.10 Neumáticos o Llantas

De acuerdo con la investigación realizada por (Rodríguez, Montes, y Moreno, 2009), el neumático está compuesto por diferentes elementos que le otorgan sus características particulares. En su parte interna, se encuentran láminas de caucho, así como una malla de acero y textil. Por otro lado, en la capa exterior, se encuentra el caucho macizo moldeado que forma la banda de rodadura. Esta banda es la encargada de entrar en contacto con la superficie de la carretera y se destaca por su resistencia al desgaste. Además, su diseño permite que el neumático tenga las cualidades necesarias de tracción, frenado y adherencia (p.21).

2.2.11 Composición de los Neumáticos

En el estudio realizado por (Rodríguez y cols., 2009), se concluye que los neumáticos presentan variaciones en tamaño y diseño según su aplicación, aunque la composición de los productos de distintos fabricantes es muy similar.

Fuente: Todo Ruedas

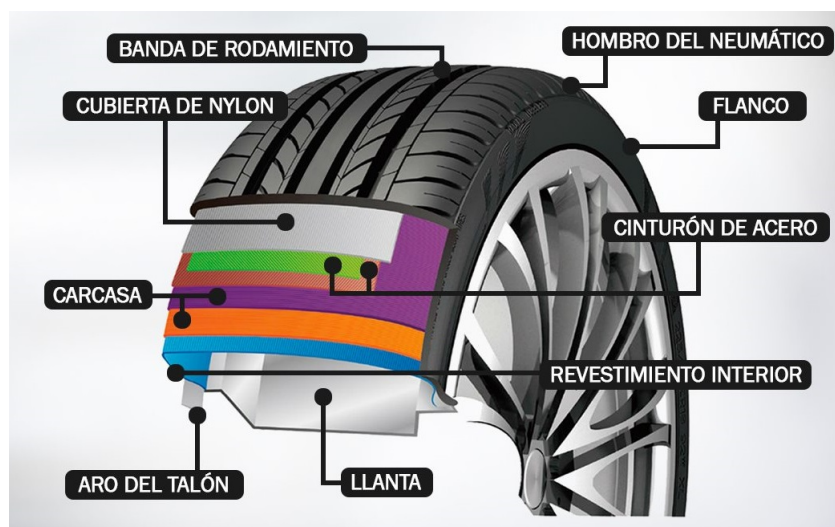


Figura II.12: Partes de una llanta

2.2.12 Geometría de los Neumáticos

De acuerdo con (Cembranos Nistal, 1999), la identificación de un neumático se realiza mediante un código alfanumérico que se encuentra moldeado en los flancos del neumático correspondiente. Estos códigos especifican las dimensiones del neumático y algunas de sus limitaciones clave, como su capacidad de carga o velocidad máxima. En ocasiones, la

información contenida en el flanco interior difiere de la que se encuentra en el exterior, y viceversa.

Las siglas más grandes presentes en el flanco del neumático, junto con la marca y el modelo, indican la anchura del neumático en milímetros, la serie o altura (que representa la relación entre la anchura y la altura, siendo en este caso el 65 % de la anchura) y el diámetro de la llanta en pulgadas (siendo una pulgada equivalente a 2,54 centímetros).

Fuente: Flanker

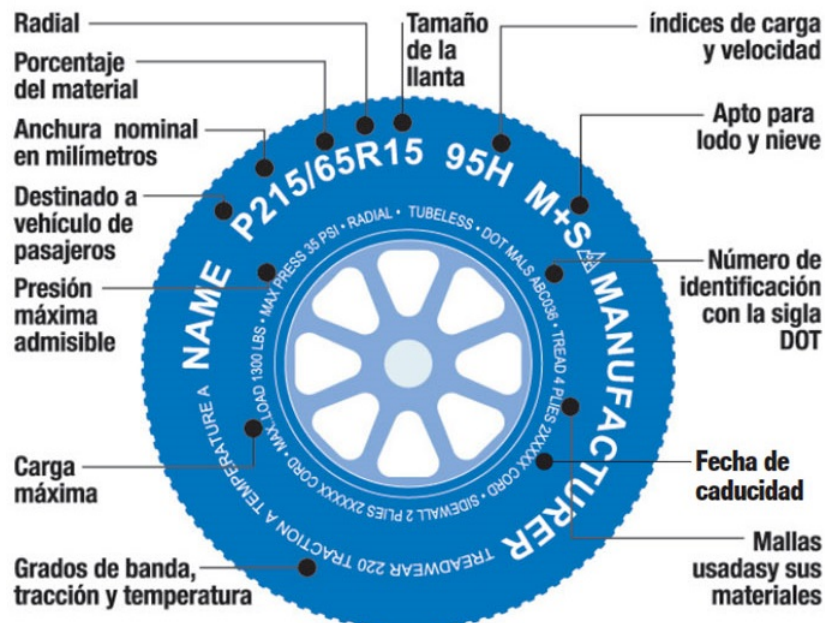


Figura II.13: Código Alfanuméricos de los neumáticos

Para tener un enfoque adecuado y una claridad con lo se quiere explicar, a continuación presentamos el dimensionamiento correcto a partir de los códigos alfanuméricos que se tiene en un neumático

Fuente: todollanteras.com.mx

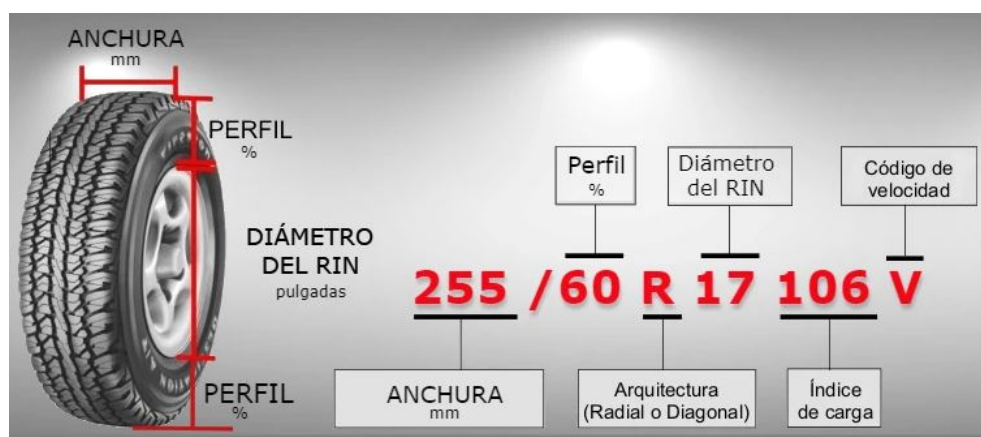


Figura II.14: Medidas reales del Neumático

Ademas, de lo mencionado anteriormente otra característica importante a tener en cuenta es el indice de carga , la cual hace referencia al peso máximo que la cubierta puede soportar. Para ello presentamos a continuación una tabla con los indices de carga característicos.

Fuente: Carlider.es

Código	Kilogramos	Código	Kilogramos	Código	Kilogramos
60	250	82	475	104	900
61	257	83	487	105	925
62	265	84	500	106	950
63	272	85	515	107	975
64	280	86	530	108	1.000
65	290	87	545	109	1.030
66	300	88	560	110	1.060
67	307	89	580	111	1.090
68	315	90	600	112	1.120
69	325	91	615	113	1.150
70	335	92	630	114	1.180
71	345	93	650	115	1.215
72	355	94	670	116	1.250
73	365	95	690	117	1.285
74	375	96	710	118	1.320
75	387	97	730	119	1.360
76	400	98	750	120	1.400
77	412	99	775	121	1.450
78	425	100	800	122	1.500
79	437	101	825	123	1.550
80	450	102	850	124	1.600
81	462	103	875	125	1.650

Figura II.15: Indice de Carga de los Neumáticos

2.2.13 Medidas estándar de los neumáticos para el estudio

En el estudio de los muros de contención construidos con Neumáticos Fuera de Uso, nos enfocaremos en describir tanto el diámetro total como la anchura total. Para ello, nos basaremos en las medidas estándar de fabricación. Según la Consultora Idearíá LTDA, en

el año 2018, se importaron más neumáticos de autos/camiones en Perú en comparación con los neumáticos de camiones/buses. Por lo tanto, utilizaremos las medidas de los neumáticos fuera de uso de camionetas, autos y vehículos similares para este estudio. A continuación, especificaremos las medidas exactas de cada uno de ellos.

Fuente: Asociación Automotriz del Perú (AAP)

TIPO	VEHICULO	CANTIDAD
Livianos	Atomovil	21222
	Camionetas	14490
	SUV. Todo Terreno	45072
	Pick Up	19295
Pesados	Camion tracto	8409
	Minibus/ombibus	1324

Tabla II.1: Demanda de vehículos en el Perú.

2.2.14 Generación del Residuo

Según la investigación de (Rodríguez y cols., 2009), en términos generales, los neumáticos suelen tener una vida útil de 50 mil Km, aunque esto puede variar dependiendo del mantenimiento que se le dé al vehículo y del estado de las carreteras por las que circula. No obstante, los fabricantes de neumáticos han realizado esfuerzos para prolongar su durabilidad, logrando en algunos casos superar los 100 mil km.

En Perú, la generación de residuos sólidos a partir de neumáticos usados está incrementándose debido a la demanda de vehículos y la falta de centros de procesamiento para los neumáticos que ya han cumplido su vida útil.

Fuente: ONG PLATAFORMA RED GAMS PERU



Figura II.16: Generación de residuo solido-neumático fuera de uso

2.2.15 Usos de los Neumáticos

En el ámbito global existen diversos métodos para el manejo de los NFU, algunos de naturaleza mecánica (trituración), mientras que otros son más avanzados tecnológicamente (pirólisis), cada uno con características distintas pero que en líneas generales persiguen la eliminación de estos desechos sólidos y la obtención de nuevos materiales útiles a través del reciclaje de los NFU (Claudio A. Magallanes Reyes, 2014).

La Gestión Integral de Residuos Sólidos en Perú, específicamente en el caso de los Neumáticos Fuera de Uso (NFU), está regulada por el Decreto Supremo N° 024-2021-MINAM, emitido por el (MINAM, 2021). Este decreto establece el Régimen Especial de Gestión y Manejo de los NFU, con el objetivo de garantizar la eficiencia en su gestión y manejo, así como brindarles usos alternativos. Entre estos usos se encuentran el reencauche (reutilización con tratamiento), la utilización en pavimentos para áreas deportivas, la jardinería y otros fines. Además, otra alternativa que se está implementando a nivel mundial es el uso de los neumáticos en la construcción de muros de contención, lo cual representa una solución práctica y económica frente a las grandes necesidades existentes.

Fuente: VICA NFU



Figura II.17: Usos industriales del NFU reducido y reciclado

2.2.16 Software GEO5

GEO5 es una solución de software de gran potencia que se utiliza para resolver problemas geotécnicos mediante el uso de métodos analíticos tradicionales y métodos de elementos finitos (FEM). Este programa cuenta con una serie de aplicaciones integradas, lo que permite utilizar los resultados de los análisis realizados en una aplicación en otra. Esta integración amplía la gama de problemas que pueden ser analizados con precisión y rapidez.

Fuente: GEO5 PERÚ

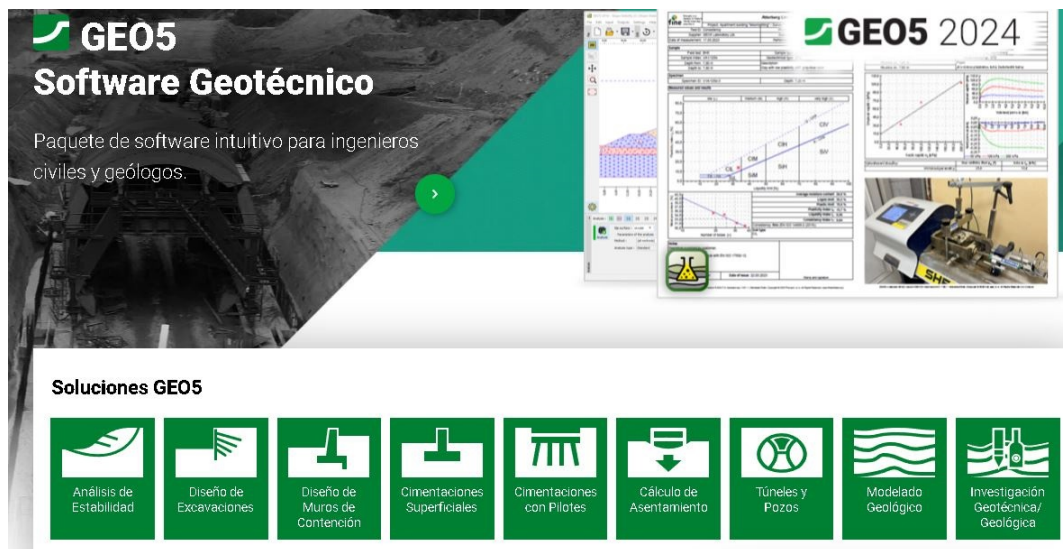


Figura II.18: Software GEO5 y sus aplicaciones

Dentro de las numeras aplicaciones del GEO5 se tiene el diseño de los muros de contención, quien as su vez tiene otras sub aplicaciones y una de ellas es el MURO PREFABRICADO y esta aplicación es la que se asemeja a nuestro proyecto de investigación ya que los datos necesarios para el diseño pueden ser incorporado por el diseñador.

Fuente: GEO5 PERÚ



Figura II.19: GEO5 Software-Muro Prefabricado

2.2.16.1 Muro Prefabricado

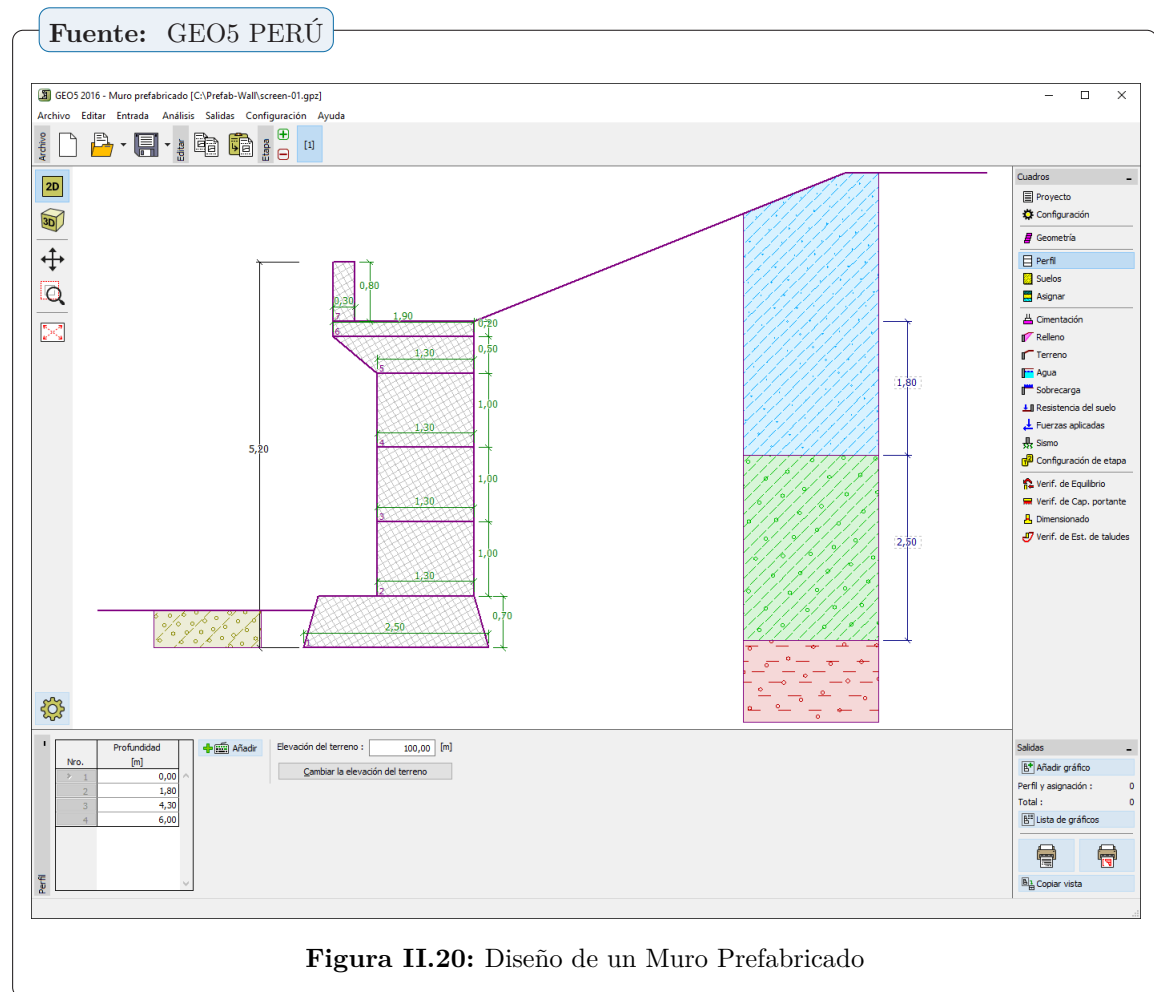


Figura II.20: Diseño de un Muro Prefabricado

Según (GEO5, 2024) las características principales del Muro Prefabricado son:

- ⇒ El análisis de verificación se puede realizar utilizando diferentes métodos, como EN 1997-1, LRFD o el enfoque clásico basado en los Estados límite y el Factor de seguridad (FS).
- ⇒ Análisis de la estabilidad (vuelco, desplazamiento, capacidad portante del suelo de cimentación).
- ⇒ Posibilidad de definir y especificar bloques diversos.
- ⇒ Entorno de suelo con estratificación generalizada y específica.
- ⇒ Admite distintos tipos de sobrecargas aplicadas a las estructuras (franja, trapezoidal y carga concentrada).
- ⇒ Modelado del agua delante y detrás de las estructuras, modelado del agua artesiana.
- ⇒ Análisis de presiones de tierra en parámetros efectivos y totales.

2.3 Marco conceptual

2.3.0.1 Muros de contención

El propósito esencial de los muros es actuar como elemento de contención de un terreno, pudiendo ser este de origen natural o resultado de un relleno artificial (Calavera y cols., 1990).

2.3.0.2 Muros en gaviones

Según la investigación realizada por (DIAZ, 2011), se define a estas estructuras como canastas rectangulares de alambre galvanizado que se rellenan con piedra con el fin de estabilizar escarpes o taludes en carreteras. Estas canastas se fabrican en diferentes tamaños para ajustarse a las distintas estructuras y satisfacer las necesidades particulares de cada proyecto.

2.3.0.3 Cargas/fuerzas

(JONATHAN FABRICIO ORTIZ REYES, 2019) afirma que los muros de contención deben ser concebidos para resistir distintas cargas, como por ejemplo:

- ⇒ Las presiones laterales del suelo y del agua, incluyendo cualquier carga adicional de peso propio, pueden tener un impacto significativo en las estructuras. Estas fuerzas laterales pueden ejercer una gran presión sobre los cimientos y las paredes de una construcción, lo que puede resultar en deformaciones o incluso en el colapso de la estructura.
- ⇒ El peso propio del muro de contención.
- ⇒ Las cargas y/o fuerzas superpuestas en el muro.
- ⇒ Los efectos de la deformación debido a cambios de temperatura y a la retención.

2.3.0.4 Empujes

(Peña, 1974) define como empuje a la fuerza que ejerce el suelos sobre los muros de contención y estos pueden ser activos y pasivos. Los empujes activos son que son producidos por los suelos retenidos por el muro y para el cual fue construido y el empuje pasivo es es el opuesto al empuje activo y es generado por la masa de suelo que absorbe el empuje activo.

2.3.0.5 Llanta o Neumático

De acuerdo con la definición de la (RAE, 2022), un neumático es una pieza de caucho que se coloca en la llanta de una rueda, ya sea con cámara de aire o sin ella, con el propósito de suavizar el movimiento.

2.3.0.6 Calicata

Las calicatas son perforaciones realizadas a través de métodos mecánicos tradicionales, que permiten la observación directa del suelo a una cierta profundidad, así como la obtención de muestras y la realización de pruebas en el campo (Obando, 2009).

2.3.0.7 Peso específico del suelo

El peso específico absoluto o peso específico del suelo, denotado como γ , se define como la relación entre el peso del suelo y su volumen (Graux, 1975).

2.3.0.8 Granulometría

El estudio de las propiedades físicas del suelo implica su caracterización detallada. La permeabilidad, consistencia, capacidad de intercambio de iones, retención hídrica, distribución de poros, infiltración y estructura son algunas de las características que se analizan. Estos aspectos son de vital importancia, ya que influyen significativamente en las propiedades del suelo (Gabriels y Lobo, 2011).

2.3.0.9 Sostenibilidad ambiental

La sostenibilidad ambiental implica la administración eficiente de los recursos naturales en la actividad productiva, con el objetivo de preservarlos para satisfacer las necesidades de las generaciones presentes y futuras (Economipedia, 2023).

2.3.0.10 Software de Ingeniería

Según (Barra, 1998), el software se refiere a un conjunto de instrucciones, es decir, programas de computadora, que al ejecutarse cumplen con la función y el comportamiento deseados. Además, el autor también define el software como estructuras de datos que permiten a los programas manipular la información de manera adecuada.

III

MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Enfoque

En base al propósito de la investigación, la naturaleza de los problemas y los objetivos planteados en el trabajo, el presente estudio cumple con los requisitos necesarios para ser clasificado como una investigación cuantitativa.

3.2 Alcance

Inicialmente, se realizará una investigación de tipo DESCRIPTIVA, posteriormente se llevará a cabo una investigación EXPLICATIVA y, por último, se realizará un análisis CORRELACIONAL, de acuerdo con los propósitos establecidos.

3.3 Diseño de investigación

En esta investigación se empleará el método experimental, el cual se complementará con el análisis, la síntesis, el razonamiento deductivo, inductivo, entre otros métodos de estudio.

3.4 Población y muestra

3.4.1 Población

En el departamento de Ayacucho, se emplean neumáticos como materia prima en varios lugares para la construcción de muros de contención. Para este estudio, se considerarán los muros de contención contruidos con neumáticos fuera de uso, apilados de manera

empírica, ubicados en el centro poblado Totorilla, del distrito de Jesús Nazareno, provincia de Huamanga.

3.4.2 Muestra

En la población mencionada anteriormente, se ha tomado una muestra de 90 metros lineales de muros de contención construidos de forma empírica en la calle Totorilla, perteneciente al distrito de Jesús Nazareno.

3.5 Hipótesis

3.5.1 Hipótesis General

1. Si se plantea una adecuada geometría de muros de contención construidos con neumáticos fuera de uso, entonces se tendrá una estabilidad adecuada a un bajo costo, sostenible y constructible.

3.5.2 Hipótesis específicas.

1. Al realizar un análisis, modelamiento y diseño de los muros de contención a base de neumáticos fuera de uso, en un software de ingeniería, entonces tendremos muros de contención de calidad.
2. Los muros de contención a base de neumáticos reciclados serán beneficiosos en las actividades socioeconómicas del centro poblado Totorilla.
3. El uso de neumáticos fuera de uso en la construcción de muros de contención ayuda al cuidado ambiental y sostenimiento del centro poblado Totorilla.

3.6 Operacionalización de variables, definición conceptual y operacional

Fuente: Elaboración Propia

Variable independiente	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimenciones	Indicadores
Geometría de muros de contención	Los muros de contención son elementos constructivos que cumplen la función de sostenimiento, soportando por lo general los esfuerzos horizontales producidos por el empuje de tierras.	Al realizar el diseño en un software podré evaluar que geometría tiene mejor comportamiento.	Metro, m3, m2	Largo, ancho y alto
Estabilidad	La estabilidad hace referencia a cuan seguro es la estructura que se propone	La estabilidad será necesario conocer para poder ver la calidad del muro, para ello se tiene que evaluar el Factor de Seguridad	FSv=2 FSd=1.5	Volcamiento, deslizamiento
Costo	Desembolso económico que se realizará para producir los muros de contención con neumáticos fuera de uso.	El costo se medirá en comparación con los muros apilados empíricamente.	Soles, barato	Accesible, beneficioso

Tabla III.1: Operacionalización de Variables

3.7 Técnicas e instrumentos.

3.7.1 Técnicas

- ⇒ Recolección de datos de campo (recolección de muestras de suelos, levantamiento topográfico, datos sobre los neumáticos).
- ⇒ Ensayo de laboratorio (análisis de mecánica de suelos, procesamiento de datos topográficos).
- ⇒ Diseño en teórico y en software, los modelos de muros de contención.
- ⇒ Análisis Documental, síntesis de papers, tesis y manuales.

3.7.2 Instrumentos

- ⇒ Manual de análisis documental, para recopilar la información necesaria para el desarrollo de la tesis.
- ⇒ Experimentos de laboratorio, para investigar la Mecánica de Suelos.
- ⇒ Aplicación de las normas y teorías de los muros de contención de gravedad.
- ⇒ Utilización de software, como AutoCad para los dibujos, Civil 3D para el procesamiento de datos topográficos y GEO5 para el diseño de los muros.
- ⇒ Utilización de Excel para el diseño de los muros de contención de Neumáticos en desuso.
- ⇒ Empleo del editor de textos L^AT_EX, para la redacción del plan de tesis y el borrador de la tesis.

3.8 Técnicas estadísticas para el procesamiento de la información.

- ⇒ Recolección de muestras de suelos en el área de estudio.
- ⇒ Levantamiento Topográfico del área de estudio, para poder realizar el planteamiento de los muros en el Civil 3D y AutoCad.
- ⇒ Recolección de datos como las propiedades Físico-mecánicas de los neumáticos y las dimensiones de los neumáticos.
- ⇒ Entre varias geometrías de muros de contención, se realizará la elección de la geometría que sea adecuada.

- ⇒ Comparación de los muros de contención respecto a la estabilidad, costo y sostenibilidad, posteriormente elección del muros de contención optimo.
- ⇒ Comparación del muro elegido con los muros de contencion existentes en el área de estudio.
- ⇒ Para una misma base, comparación del comportamiento de diferentes alturas del muro de contencion con NFU.
- ⇒ Presentación y publicación de los resultados

3.9 Desarrollo del trabajo de tesis

3.9.1 Área de estudio

- ⇒ **Calle:** Totorilla
- ⇒ **Distrito:** Jesús Nazareno.
- ⇒ **Provincia:** Huamanga
- ⇒ **Departamento:** Ayacucho

Fuente: Elaboración propia



Figura III.1: Área de estudio: Totorilla-Jesús Nazareno-Huamanga.

Fuente: Elaboración propia



Figura III.2: Vista fotográfica del Área de estudio

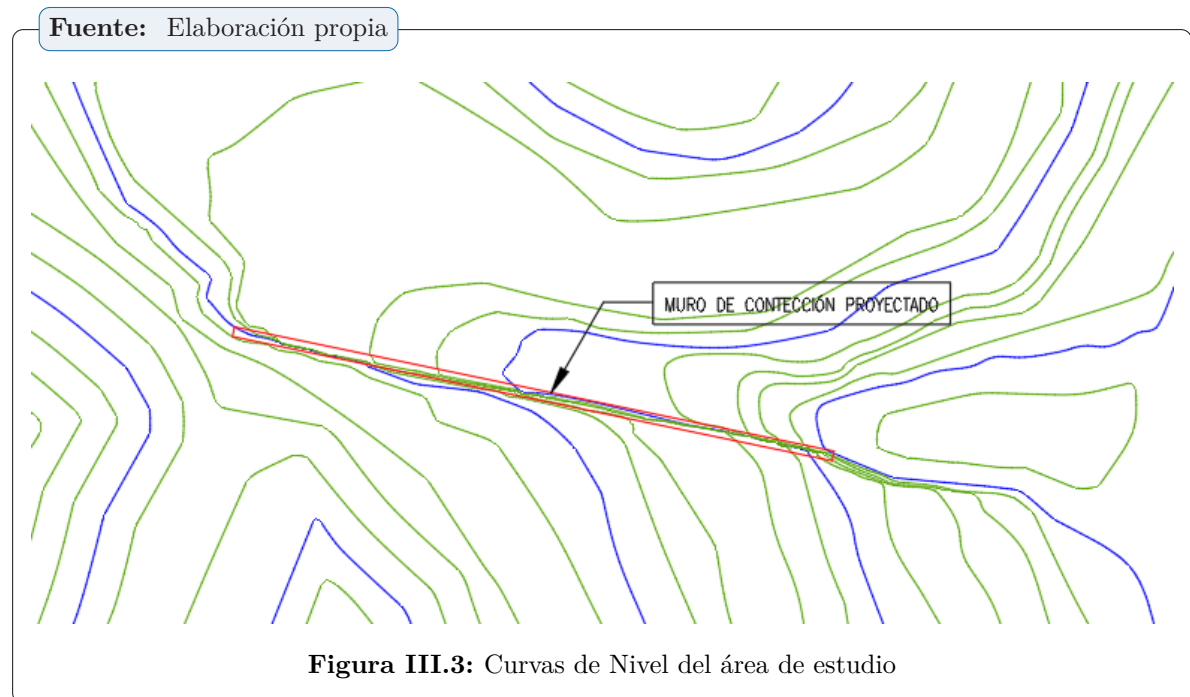
3.9.2 Topografía del área de estudio

A partir del análisis de los datos recopilados, se puede concluir que el área de estudio presenta una topografía predominantemente llano-ondulada. Sin embargo, es importante destacar la presencia de zonas urbanas en las cuales la topografía se adapta a la disposición de calles y jirones.

Además, se puede afirmar que en algunas áreas la topografía tiende a ser accidentada. Esto se debe a la erosión natural de las pendientes, así como a la intervención humana. La población de la zona ha construido sus viviendas en condiciones que generan pendientes pronunciadas, lo cual ha modificado significativamente la topografía local. Este cambio en la topografía ha incrementado considerablemente los peligros y riesgos asociados.

Un ejemplo de esta transformación es la calle Totorilla, ubicada en el centro poblado La Totorilla. Inicialmente, esta calle era un río que se seca durante la temporada de estiaje (abril-noviembre) y solo se activa durante los periodos de lluvia.

A continuación, se presenta las curvas de nivel que muestra la topografía del área de estudio, así como la ubicación proyectada de los muros de contención.



Las orillas del río en ambos lados están proyectadas como calles, lo cual genera la necesidad de construir defensas ribereñas, muros de contención y otros elementos estructurales debido a las pronunciadas pendientes que separan estas calles del río y su posible deslizamiento en caso de lluvias. Esto garantizará una circulación adecuada para aquellos que transitan por estas calles.

Teniendo en cuenta la topografía de la zona de estudio, es necesario sostener las pendientes para evitar que el desarrollo urbano se vea afectado. Por lo tanto, proponemos mejorar los muros de contención utilizando neumáticos fuera de uso, en lugar de los construidos empíricamente por los habitantes locales. Esta propuesta se basa en la teoría y la aplicación de la ingeniería.

Además de las curvas de nivel, presentamos el corte longitudinal y el corte transversal típico (progresiva 0+060) con el objetivo de proyectar los muros de contención utilizando neumáticos fuera de uso.

Fuente: Elaboración propia

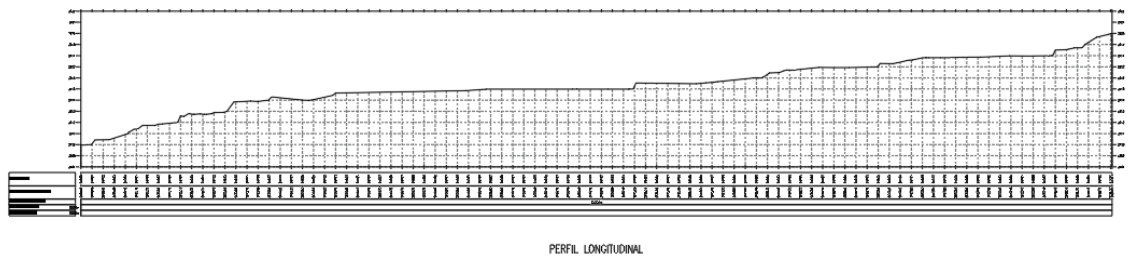


Figura III.4: Perfil longitudinal del eje de muro proyectado

Fuente: Elaboración propia

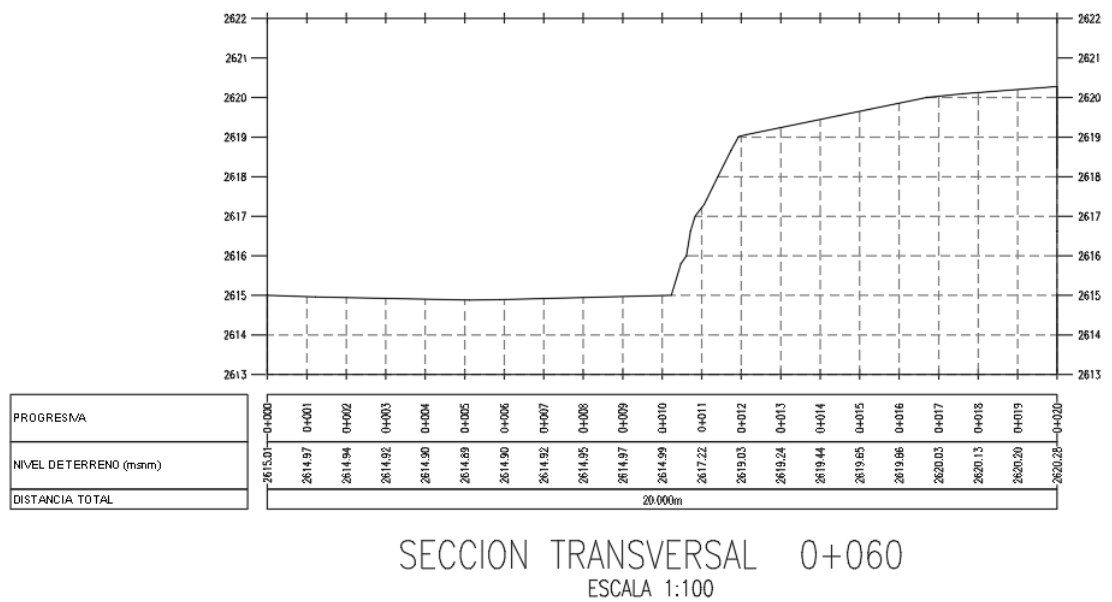
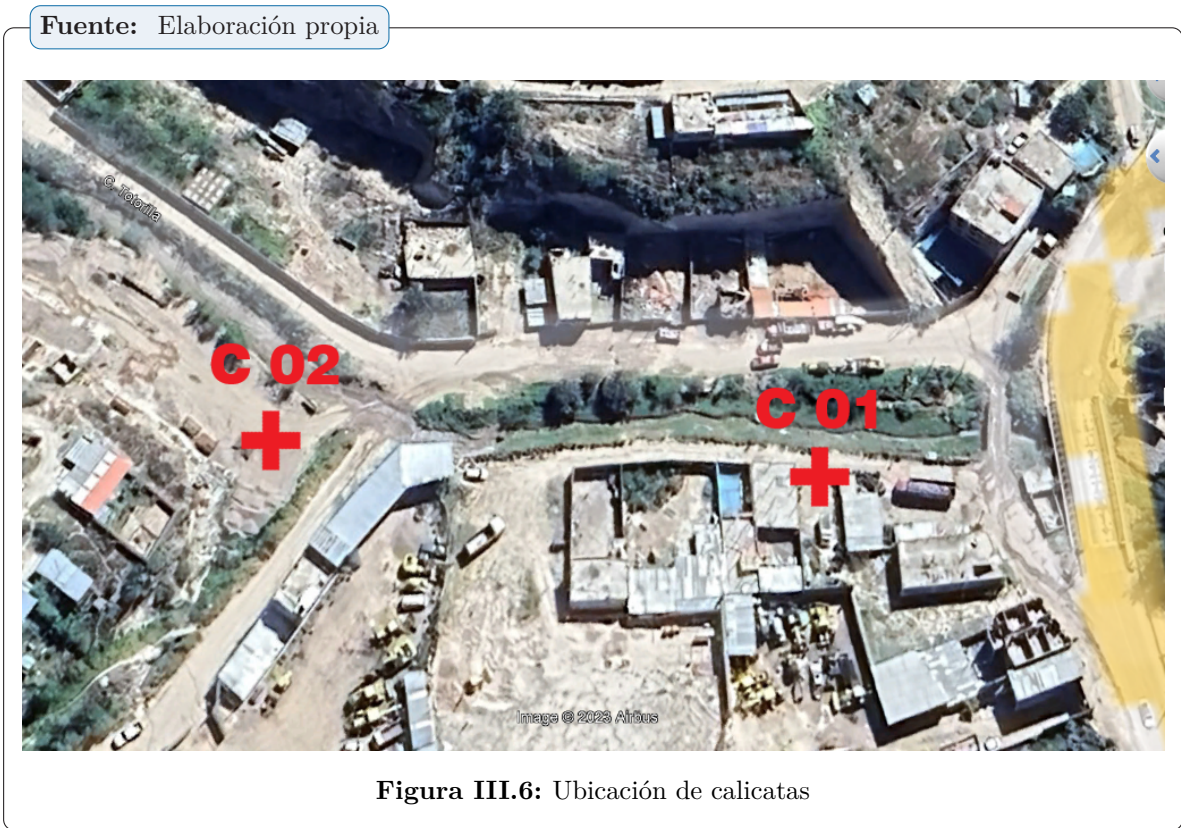


Figura III.5: Sección transversal típica de la topografía en la zona de estudio

3.9.3

Estudio de Mecánica de Suelos.

Se recolectaron muestras de suelo de dos calicatas seleccionadas al azar y estratégicamente para el estudio de Mecánica de Suelos. Posteriormente, estas muestras fueron trasladadas al Laboratorio de suelos INGEOTECOM con el fin de llevar a cabo las pruebas necesarias para obtener los datos requeridos para el diseño de los muros de contención de neumáticos fuera de uso. La ubicación de las calicatas es la siguiente:



Fuente: Elaboración Propia

DESCRIPCIÓN	CALICATA 1	CALICATA 2
CÓDIGO	C 01	C 02
ESTE	585514.80	585403.90
NORTE	8547541.80	8547570.70
COTA	2620 MSNM	2625 MSNM

Tabla III.2: Ubicación de las Calicatas.

Los estudios realizados en el laboratorio y las normas utilizadas en cada uno de los estudios se muestran a continuación:

Fuente: Laboratorio INGEOTECOM

Código	Nombre Coloquial	Norma de referencia
ING-302	Clasificación de Suelos SUCS y AASTHO (incluye ensayo de granulometría y límite)	ASTM D2487-17e1 ASTM D3282-15
ING-305	Peso unitario en suelos	NTP 400.017
ING-123	Corte Directo de suelos	NTP 339.171

Figura III.7: Ensayos Realizados y normas utilizadas

Los resultados obtenidos después de realizar los ensayos ya mencionados se exhiben en la tabla que sigue:

Fuente: Elaboración Propia

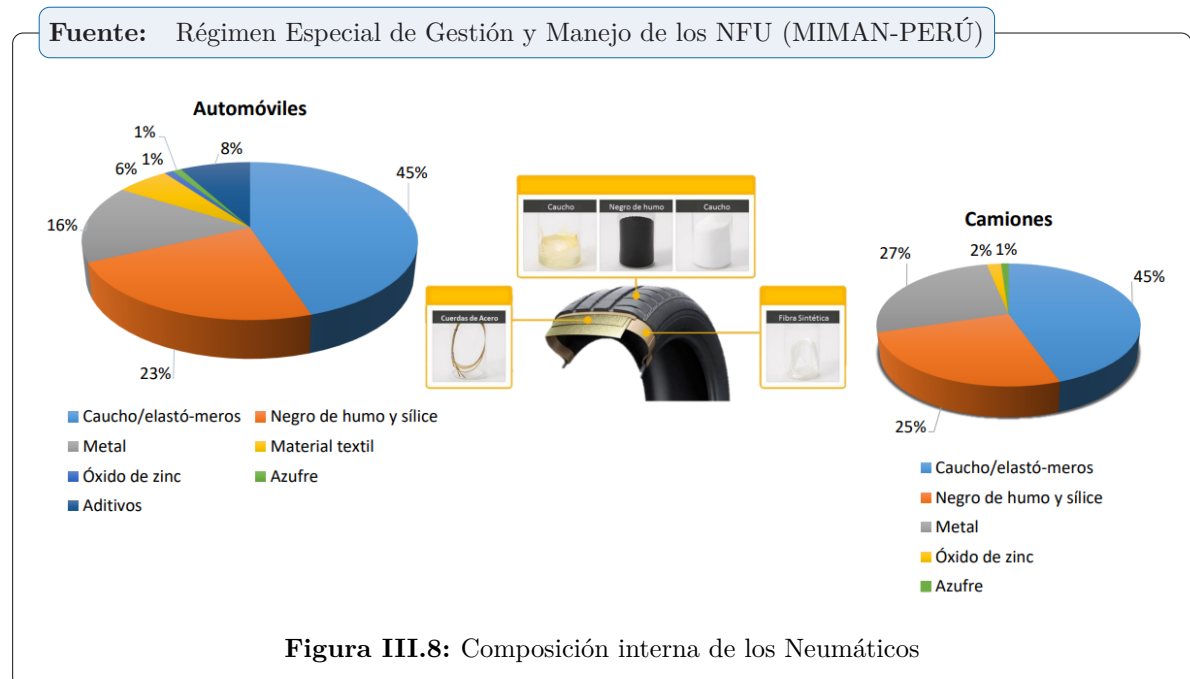
PROPIEDADES	C 01	C 02
Peso Específico Seco (γ_s)	9.17 KN/m^3	4.82 KN/m^3
Peso Específico Compactado (γ_c)	10.05 KN/m^3	9.08 KN/m^3
Ángulo de Fricción Interna (ϕ_s)	33.4 °	32.7 °
Cohesión (C)	0.05 KPa	0.02 KPa
Índice Plástico (IP)	NP	NP
SUCS	Limo Arenoso (LM)	Limo Arenoso (LM)
Capacidad Admisible (q_{adm})	1.0 Kg/Cm^3	1.1 Kg/Cm^3

Tabla III.3: Resultados del EMS.

3.9.4 Propiedades físico-mecánicas de los neumáticos

3.9.4.1 Composición interna de los neumáticos

Para la fabricación de una llanta o neumático es necesario la utilización de diversos materiales. Además, la composición puede variar de acuerdo a la región donde nos encontramos o la marca que fabrica estos neumáticos. A continuación resaltamos la composición de los neumáticos.



3.9.4.2 Propiedades Físicas

De acuerdo con la investigación realizada por (Denguir Younes, 2021), el caucho es el componente principal en la composición de los neumáticos. Esta presencia de caucho confiere a los neumáticos características como alta permeabilidad, bajo peso y una gran resistencia a la compactación.

Según el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX-España, 2013), los neumáticos están fabricados con un 50 a 60 por ciento de caucho natural o sintético. El caucho natural es más fácil de incorporar al asfalto en comparación con el caucho sintético. Además, la densidad total de los neumáticos es aproximadamente de 0,15 t/m³.

Fuente: Centro de Estudios y Experimentación de obras Públicas (CEDEX-España)

TIPO DE NFU	CARACTERÍSTICAS	PESO MEDIO (Kg/NFU)
MOTO	<500 cc	0.84
	>500 cc	4.10
AUTOMÓVILES	Turísticos	5.91
	Comerciales	10.6
	4x4	13.2
CAMIONES	-	52.7
VEHICULOS	-	12.5
AGRICOLAS	Ruedas motrices	64.7
VEHÍCULOS	8-15"	22.8
MAQUINARIAS	<12"	52.4
	>24"	245

Tabla III.4: Peso medio de diferentes tipos de NFU.

3.9.4.3 Propiedades Mecánicas

En la actualidad, la investigación sobre las propiedades mecánicas de los neumáticos es limitada, ya que es una disciplina que aún requiere una investigación exhaustiva. Sin embargo, para los propósitos de esta investigación, se considerará lo mencionado por (Huat, Aziz, Chuan, y cols., 2008). Según este autor, la resistencia máxima a la tracción de la banda de rodadura varía entre 21.293 y 59.754 kN, con alargamientos que van desde el 9,94 % hasta el 50,10 % en la máxima resistencia a la tracción.

Se llevó a cabo otro ensayo denominado Ensayo de corte directo sobre probetas de neumático. Según (Peña Guzman, 2018), este ensayo es apropiado para determinar las propiedades de resistencia al corte en condiciones consolidadas drenadas de un suelo. Dado que el neumático en este caso actúa como un material de refuerzo geotécnico, se someterá a ensayos de corte. Estos ensayos permitirán evaluar la resistencia en una situación donde la unidad suelo-neumático esté sometida a las tensiones normales existentes, siempre y cuando exista la interfaz neumático-neumático, la cual se presenta cuando el neumático se utiliza en su totalidad, sin la extracción de una banda lateral.

Tras llevar a cabo el ensayo, se obtuvieron los siguientes resultados: el ángulo de fricción interna es de $\phi = 36,5$ con cohesión nula. Además, se realizaron ensayos en suelos finos entre neumático-Neumático, lo cual ocasionó una disminución en el ángulo de fricción interna a

$\phi = 24,5$. Esto nos indica que la resistencia al corte también disminuye frente a las mismas sollicitaciones.

3.9.5 Geometría del Neumático

La geometría del Neumático es variable, depende del tipo de vehículo que empleara, para nuestro estudio nos concentraremos en la elección de una geometría adecuada dentro de las diversas posibilidades que se pueden tener. Estas posibilidades lo podemos deducir de acuerdo al siguiente cuadro:

Fuente: Asociación Automotriz del Perú (AAP)

TIPO	VEHICULO	CANTIDAD
Livianos	Atomovil	21222
	Camionetas	14490
	SUV. Todo Terreno	45072
	Pick Up	19295
Pesados	Camion tracto	8409
	Minibus/ombibus	1324

Tabla III.5: Demanda de vehículos en el Perú.

De acuerdo a la tabla anterior se puede deducir que la demanda de vehículos en el Perú en mayor proporción son los vehículos Livianos y por lo tanto, los neumáticos que se usaran y quedaran en desuso también serán para este tipo de Vehículos. Además, en nuestra zona de estudio la demanda de Automóviles es proporcional a la tabla presentada, ya que los vehículos menores son los mas usados.

Fuente: Elaboración Propia



Figura III.9: Neumáticos de diferentes medidas en un botadero eventual

También queremos aclarar que nuestro estudio se centra en los tipos de neumáticos que hay dentro de la zona de estudio, sin contar con neumáticos de vehículos pesados de carga, maquinarias o mineros.

Ahora ya sabiendo con que tipo de neumáticos realizaremos nuestra investigación, es necesario abordar con mas detalle con las medidas exactas de estos y para ellos tenemos una diversa variedad. Dentro de nuestra región y país tenemos diversas empresas que se dedican a la venta y distribución de neumáticos y en esta oportunidad tomaremos la información detallada que nos brinda la distribuidora de llantas MICHELÍN que para este tipo de vehículos hace la clasificación de neumáticos de acuerdo a diversas características tales como marca del vehículo, fabricante tamaño del neumático, experiencia del conductor, etc. Nosotros para nuestro estudio tomaremos lo que respecta a la medida del neumático y en especial a los diámetros de los aros los cuales varían desde las 14 pulgadas hasta las 19 pulgadas. A continuación presentamos las características principales para este tipo de diámetros.

Fuente: Distribuidora de Neumáticos MICHELÍN

14 In	15 Pulgadas	16 In	17 In	18 In	19 In
165/65R14	185/60R15	185/55R16	205/45R17	205/40R18	225/35R19
165/70R14	185/65R15	195/60R16	205/50R17	215/45R18	225/40R19
185/70R14	205/65R15	205/80R16	265/60R17	265/50R18	275/50R19
195/60R14	225/70R15	215/45R16	275/45R17	275/65R18	285/55R19
195/70R14	235/75R15	215/55R16	285/50R17	285/40R18	295/35R19

Tabla III.6: Clasificación de Neumáticos segun el diámetro.

Entonces ya teniendo un listado específico de medidas de Neumáticos tomaremos dentro del promedio usado en nuestra zona de estudio. Por lo tanto usaremos como geometría al siguiente: 265/60R17 y para una mejor ilustración presentaremos la sección de este neumático ayudados por las plataformas digitales, a continuación el neumático seleccionado para nuestro estudio:

Fuente: CALCULO DEL DIAMETRO TOTAL DEL NEUMÁTICO

CÓDIGO: 265/60R17

$$D = \text{radio} + 2 * \text{altura de perfil}$$

$$D = 17 * 25,41\text{mm} + 2 * 0,6 * 265\text{mm}$$

$$D = 750,00\text{mm}$$

Fuente: LlantasNeumaticos.com (calculadora de Neumáticos)

ANCHO DE LA SECC... RELACIÓN DE ASPE... DIÁMETRO DE LA L... ANCHURA DE LA LL... COMPENSAR

265 / 60 - 17 X 6 ET 20

Métrica ISO

Suponiendo que esta es la configuración de la rueda del equipo original

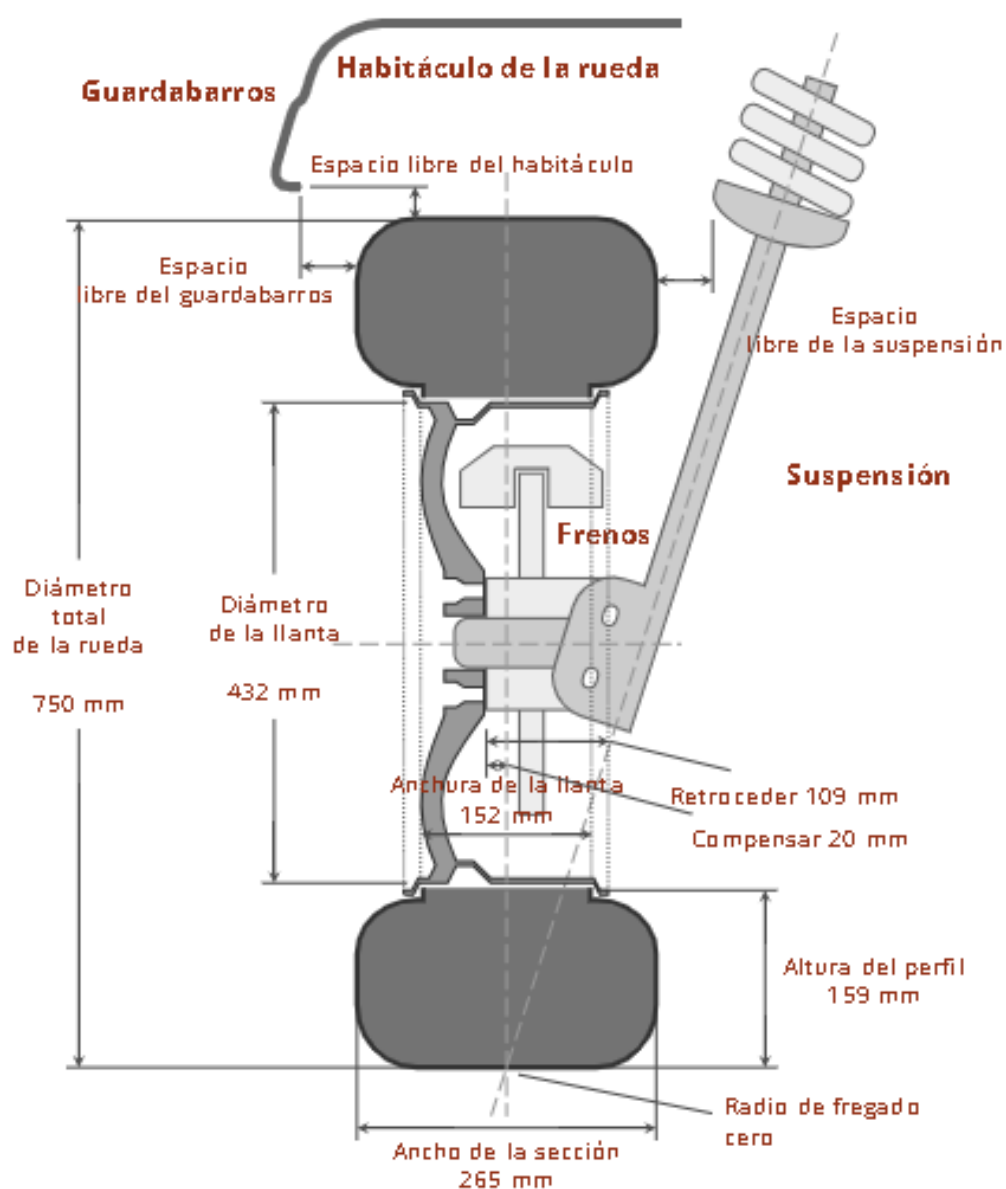


Figura III.10: Geometría del neumático

Fuente: Elaboración Propia



Figura III.11: Medición de Diametro (75 cm) y Espesor (26.5 cm) de un Neumatico Elegido al Azar

Fuente: Elaboración Propia



Figura III.12: Medidas de una unidad de NFU que se usará en el Proyecto

3.9.6 Unidad constructiva del Muro de Contención de NFU

Para el presente proyecto de investigación, se tendrá una unidad constructiva la cual será el compuesto "**Suelo-Neumático**" y a partir de esta unidad se ensamblará los muros de contención.

El Relleno que se usará dentro del neumático, será el propio material que resulte de la excavación, todo ello con el afán de realizar las comparaciones esperadas, ya que los muros de contención contruidos empíricamente por los pobladores de la zona tienen como relleno este mismo material.

3.9.7 Cálculo del peso de la unidad constructiva Suelo-Neumático

Fuente: Elaboración Propia



Figura III.13: Unidad Constructiva de muro de contención de NFU Compuesto Suelo-Neumático

Los datos que se utilizarán para realizar los cálculos serán los elegidos anteriormente y este es el neumático de **265/60R17** y traducidos al sistema internacional de unidades es la siguiente:

⇒ Diámetro (d): 75.00 cm.

⇒ Espesor (e): 26.50 cm

Luego también será necesario otros datos adicionales como las propiedades del suelo que se usará como relleno dentro de los neumáticos y estos también ya fueron nombrados anteriormente y son:

$$\Rightarrow \text{Peso específico compactado } (\gamma_s) : 9.08 \text{ KN/m}^3.$$

$$\Rightarrow \text{Ángulo de Fricción interna } (\phi_s): 32.7^\circ.$$

Además, también será necesario el peso promedio y aproximado de una unidad de NFU el cual será tomado de la Tabla III.4 (Peso medio de diferentes tipos de NFU), entonces tomaremos del neumático característico que estamos usando entonces será:

$$\Rightarrow P_{NFU} = 13,2Kg$$

$$P_{NFU} = 13,2Kg - f$$

Otro parámetro importante necesario para el diseño de muros de contención es la fricción que se presenta entre neumático-neumático y será calculada de acuerdo a dispuesto por (Richardson, 2022) en su plataforma digital, sobre Coeficiente de fricción para el diseño de muros de contención.

$$\phi_n = 36,5^\circ$$

$$\mu_{n-n} = \tan(2/3 * \phi)$$

Donde:

ϕ_s : Ángulo de fricción interna del neumático.

μ_{n-n} : coeficiente de fricción neumático-neumático.

$$\mu_{n-n} = \tan(2/3 * 36,5^\circ)$$

$$\mu_{n-n} = 0,45$$

a. Cálculo de Volumen del suelo

$$V_s = \frac{\pi * d^2 * e}{4}$$

Donde:

V_s : Volumen de suelo de relleno.

d : Diámetro del Neumático.

e : Espesor del neumático.

Sustituyendo valores

$$V_s = \frac{\pi * (0,75m)^2 * 0,265m}{4}$$

$$V_s = 0,1170m^3$$

b. Cálculo del peso del suelo

$$P_s = \gamma_s * V_s$$

Donde:

P_s : Peso de suelo de relleno.

γ_s : Peso específico compactado.

Sustituyendo valores

$$P_s = 9,08 \text{ KN/m}^3 * 0,1170 \text{ m}^3$$

$$P_s = 1,06 \text{ KN}$$

Cambiando unidades

$$P_s = 108,09 \text{ Kg} - f$$

c. Cálculo del peso Total del la unidad Suelo-Neumático

$$P_t = P_s + P_{NFU}$$

$$P_t = 108,09 \text{ Kg} - f + 13,20 \text{ Kg} - f$$

$$P_t = 121,29 \text{ Kg} - f$$

3.9.8 Predimensionamiento de Muro de Contención de NFU

En diversos artículos y libros nos sugieren algunas medidas de los elementos estructurales para realizar el Predimensionamiento de los muros de contención de gravedad, en este caso usaremos lo recomendado por (Braja, 2011) en el libro Fundamentos de Ingeniería Geotécnica y nos concentraremos en tres elementos principales, el cual será la altura, la base de cimentación y parte superior del espolón, por tanto la relación es la siguiente:

Fuente: Braja M. Das

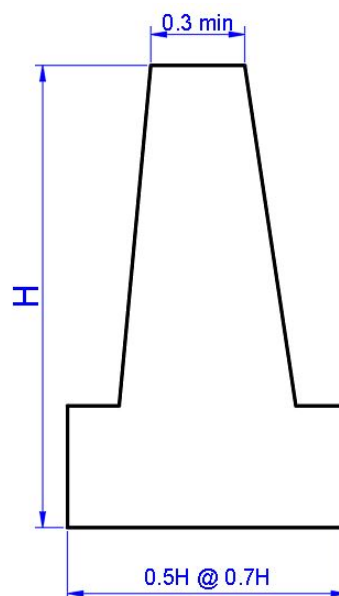
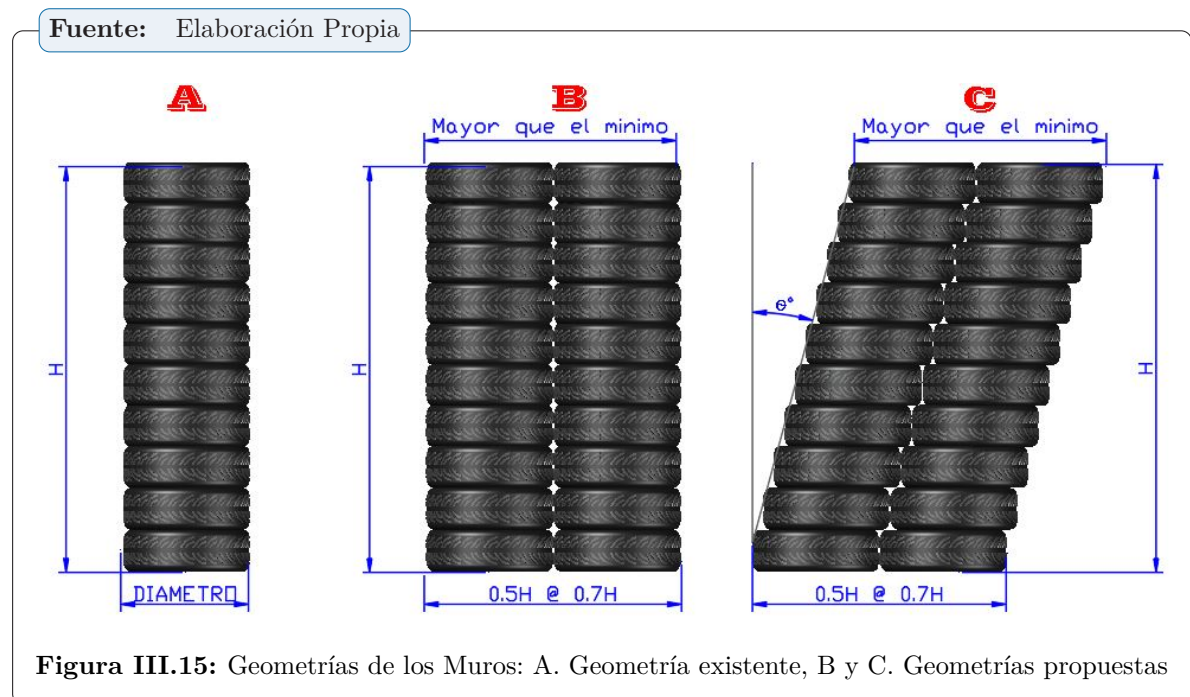


Figura III.14: Dimensiones aproximadas de los diversos componentes de muro de contención para los controles iniciales de estabilidad

Teniendo como base descrito en la imagen anterior realizaremos el Predimensionamiento de los elementos del muro de contención a base se NFU. A continuación presentamos las posibles geometrías para el muro de contención, además de ello también mostramos la geometría de los muros existentes.



De la imagen anterior mostrada detallamos lo siguiente:

- ⇒ La imagen A. es la geometría característica usada por los pobladores de la zona como muros de contención y consiste en neumáticos apilados verticalmente hasta alcanzar la altura necesaria para cubrir las necesidades, cabe recalcar que el muro se eleva sobre un solo bloque de neumáticos.
- ⇒ La imagen B. es la primera propuesta que realizamos, el cual consiste en neumáticos apilados verticalmente. la característica principal es que la base y la altura tiene el Predimensionamiento recomendado por (Braja, 2011), pudiendo estar compuesto por una, dos, tres, cuatro o mas hiladas, todo ello será de acuerdo a la altura del muro de contención.
- ⇒ La imagen C. es la segunda propuesta realizada, el cual son los mismos neumáticos apilados pero en cada nivel de neumático tienen un desfase respecto al nivel anterior que en general hacen que el muro tenga una inclinación θ° respecto a la vertical, las hiladas que tendrá este muro de contención dependerá de la altura del mismo ya que nos ceñimos a la recomendación realizada en el Predimensionamiento.

3.9.9 Altura del muro de contención según a la Topografía

El presente proyecto está propuesto para cubrir una longitud de 90 m de muros de contención, la topografía de la zona de estudio donde se esta aplicando el proyecto de investigación, presenta ondulaciones y un desnivel variable que será presentado por un seccionamiento a cada 6 m, esto con el fin de obtener las alturas necesarias para proponer los el muros de contención. En Los 90 m de longitud en total tendremos 16 secciones, mostradas a continuación.

Fuente: Elaboración Propia

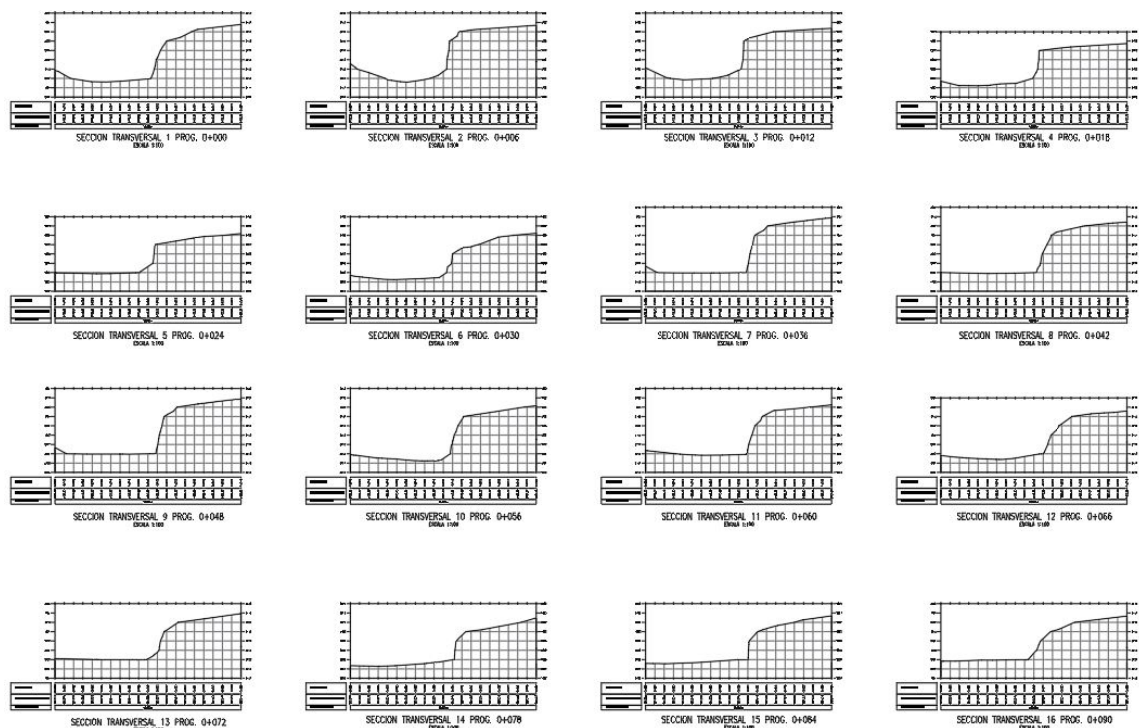


Figura III.16: Secciones Transversales

Fuente: Elaboración Propia

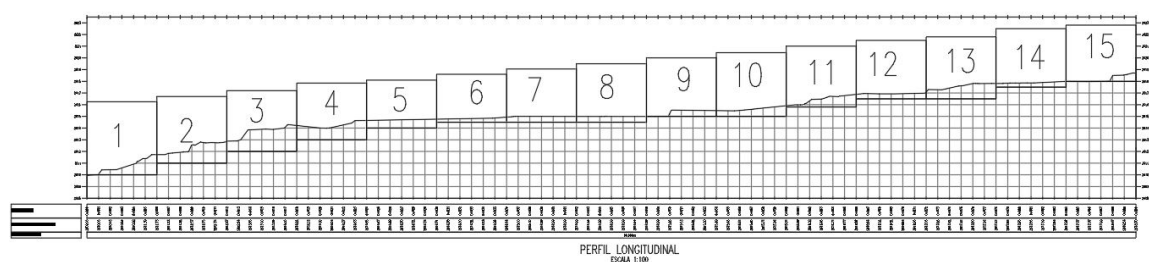


Figura III.17: Perfil Longitudinal con todas las secciones propuestas

Las alturas necesarias para los muros de contención de NFU, los presentamos a continuación.

Fuente: Elaboración Propia

SECCION	ALTURA	SECCION	ALTURA	SECCION	ALTURA
1.00	6.25 m	7.00	4.55 m	13.00	5.30 m
2.00	5.70 m	8.00	5.00 m	14.00	5.00 m
3.00	5.20 m	9.00	5.00 m	15.00	4.80 m
4.00	4.85 m	10.00	5.45 m	16.00	4.80 m
5.00	4.10 m	11.00	5.20 m		
6.00	4.10 m	12.00	5.00 m		

Tabla III.7: Alturas de muros de contencion requeridos segun el seccionamiento.

Teniendo como base el cuadro anterior, tenemos la altura mínima requerida de 4.10 m y una altura máxima requerida de 6.25 m. Ahora como forma de investigación generalizaremos el estudio para muros desde una altura de 1.50 m hasta la altura de 6.0 m. También debemos tener en cuenta que la altura del muros de contención existente en la zona de estudio tiene una altura aproximada y variable de 2.60 m (10 neumáticos apilados).

Fuente: Elaboración Propia



Figura III.18: Muro de contención existente en la zona de estudio

3.9.10 Predimensionamiento del muro de Contención a partir del Neumático

El neumático que emplearemos en el proyecto de investigación, tiene las dimensiones de 75.00 cm de diametro y 26.50 cm de espesor. Además, debido a que necesitamos cubrir alturas desde 1.50 m hasta los 6.00 m, a continuación presentamos una tabla con el Predimensionamiento de los muros de contención en función de la dimensiones del neumático.

Fuente: Elaboración Propia

NEUMATICOS			MURO DE CONTENCION		PROPIEDADES DE LA BASE	
# HILERAS und	ESPESOR m	DIAMETRO m	ALTURA m	BASE m	BASE REAL m	# NEUMATICOS und
7	0.265	0.75	1.855	0.9275	0.75	1.00
8	0.265	0.75	2.12	1.06	1.50	2.00
9	0.265	0.75	2.385	1.1925	1.50	2.00
10	0.265	0.75	2.65	1.325	1.50	2.00
11	0.265	0.75	2.915	1.4575	1.50	2.00
12	0.265	0.75	3.18	1.59	1.50	2.00
13	0.265	0.75	3.445	1.7225	2.25	3.00
14	0.265	0.75	3.71	1.855	2.25	3.00
15	0.265	0.75	3.975	1.9875	2.25	3.00
16	0.265	0.75	4.24	2.12	2.25	3.00
17	0.265	0.75	4.505	2.2525	2.25	3.00
18	0.265	0.75	4.77	2.385	3.00	4.00
19	0.265	0.75	5.035	2.5175	3.00	4.00
20	0.265	0.75	5.3	2.65	3.00	4.00
21	0.265	0.75	5.565	2.7825	3.00	4.00
22	0.265	0.75	5.83	2.915	3.00	4.00
23	0.265	0.75	6.095	3.0475	3.00	4.00

Figura III.19: Predimensionamiento de los Muros de contención a partir de las medidas del Neumático

La tabla anterior se interpreta de la siguiente manera:

- ⇒ Para los muros de contención con 7 hileras, se tiene una altura total de muro de 1.855 m, con una sola fila de neumático en la base.
- ⇒ Para muros de contención que contenga desde 8 hasta 12 hileras de neumático, se generará muros de contención desde 2.12 m hasta 3.18 m de altura, la base también será variable y acondicionando a las dimensiones del neumático y además respetando las recomendaciones del predimensionamiento se tendrá una base de 1.50 m aproximadamente.
- ⇒ Para muros de contención que contenga desde 13 hasta 17 hileras de neumático, se generará muros de contención desde 3.44 m hasta 4.50 m de altura, la base también

será variable y acondicionando a las dimensiones del neumático y predimensionamiento se tendrá una base de tres filas (2.25 m).

- ⇒ Finalmente para muros de contención que contenga desde 18 hasta 23 hileras de neumático, se generará muros de contención desde 4.77 m hasta 6.10 m de altura, la base también será variable y acondicionando a las dimensiones del neumático se tendrá una base de cuatro filas (3.00 m).

Se dispondrá paños longitudinales de 6.00 m el cual contendrá 8 neumáticos distribuidos en toda la longitud.

A continuación presentamos un posible muro de contención para 14 hileras de neumáticos.

Fuente: Elaboración Propia

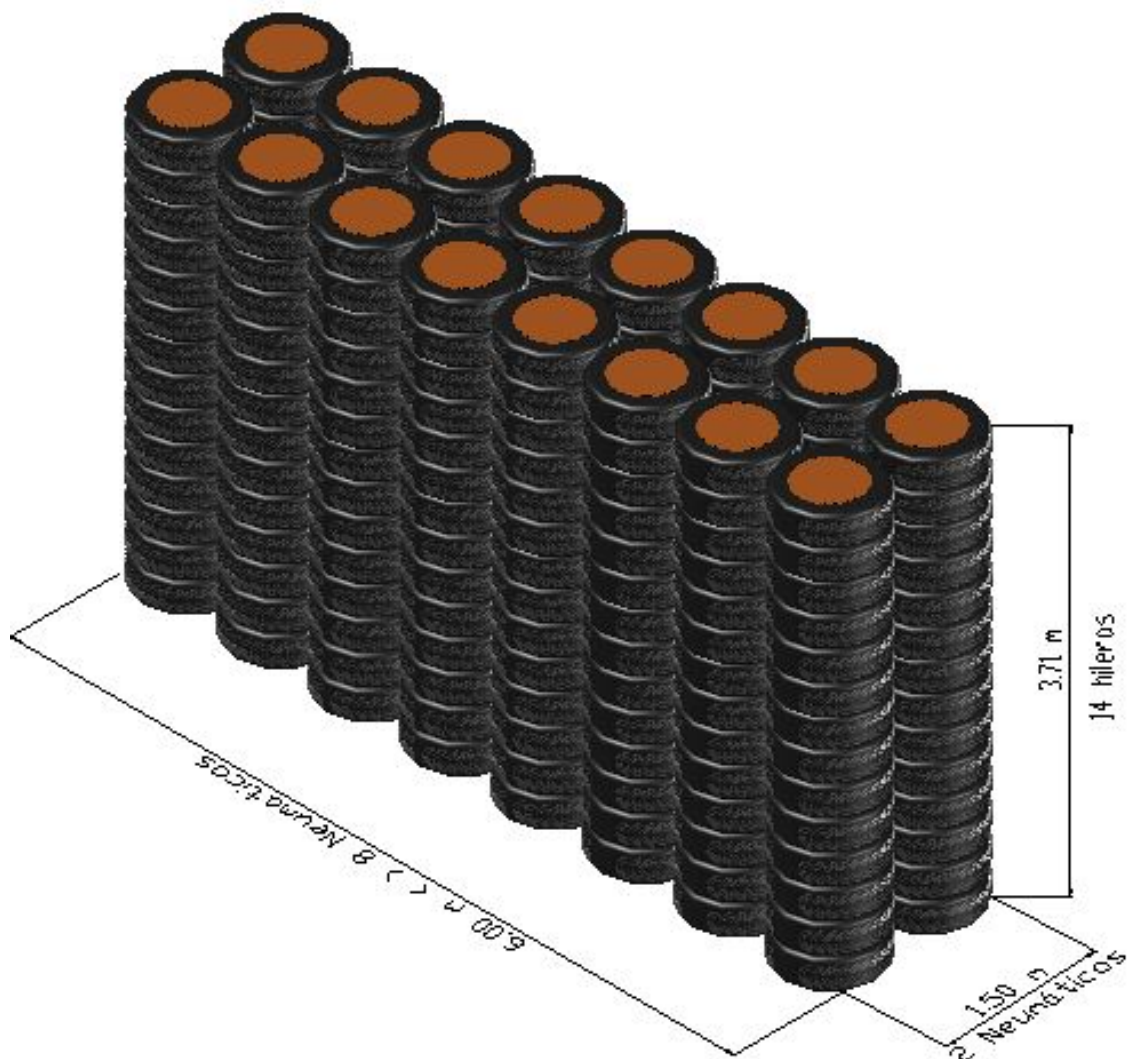


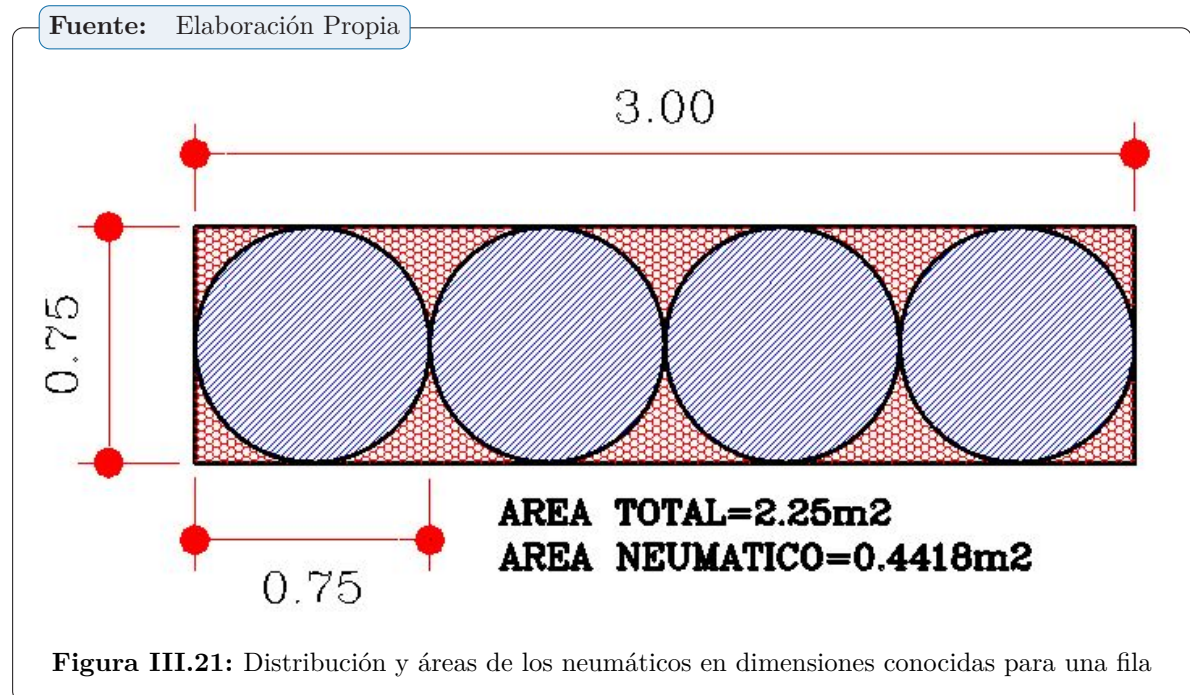
Figura III.20: Muro de contención de 14 hileras y 2 filas de neumáticos

3.9.11 Cálculo del porcentaje de Vacíos

Por tratarse de muros de contención de gravedad, lo mas importante es reducir los vacíos que se generen, para que así el muro sea mas estable ya que este tipo de muros de contención trabajan con su propio peso. De acuerdo a ello analizaremos para bases que tengan hasta 4 filas de neumáticos.

3.9.11.1 Muros de contención de 1 fila de neumático

El análisis se realizará inscribiendo los neumáticos en un rectángulo de dimensiones conocidas (Donde los neumáticos estén completos) que circunscriban la distribución de los neumáticos.



$$A_{rec-1} = 2,25m^2$$

$$A_{NFU} = 0,4418m^2$$

$$A_{4-NFU} = 4 * 0,4418m^2 = 1,7672m^2$$

$$A_u = \frac{A_{4-NFU}}{A_{rec-1}}$$

$$A_u = \frac{1,7671m^2}{2,25m^2}$$

$$A_u = 0,7854 <> 78,54 \%$$

$$A_v = 0,2146 <> 21,46 \%$$

Donde:

A_{rec-1} : Área del rectángulo para 1 fila de neumático.

A_{NFU} : Área de un neumático.

A_{4-NFU} : Área de 4 neumáticos.

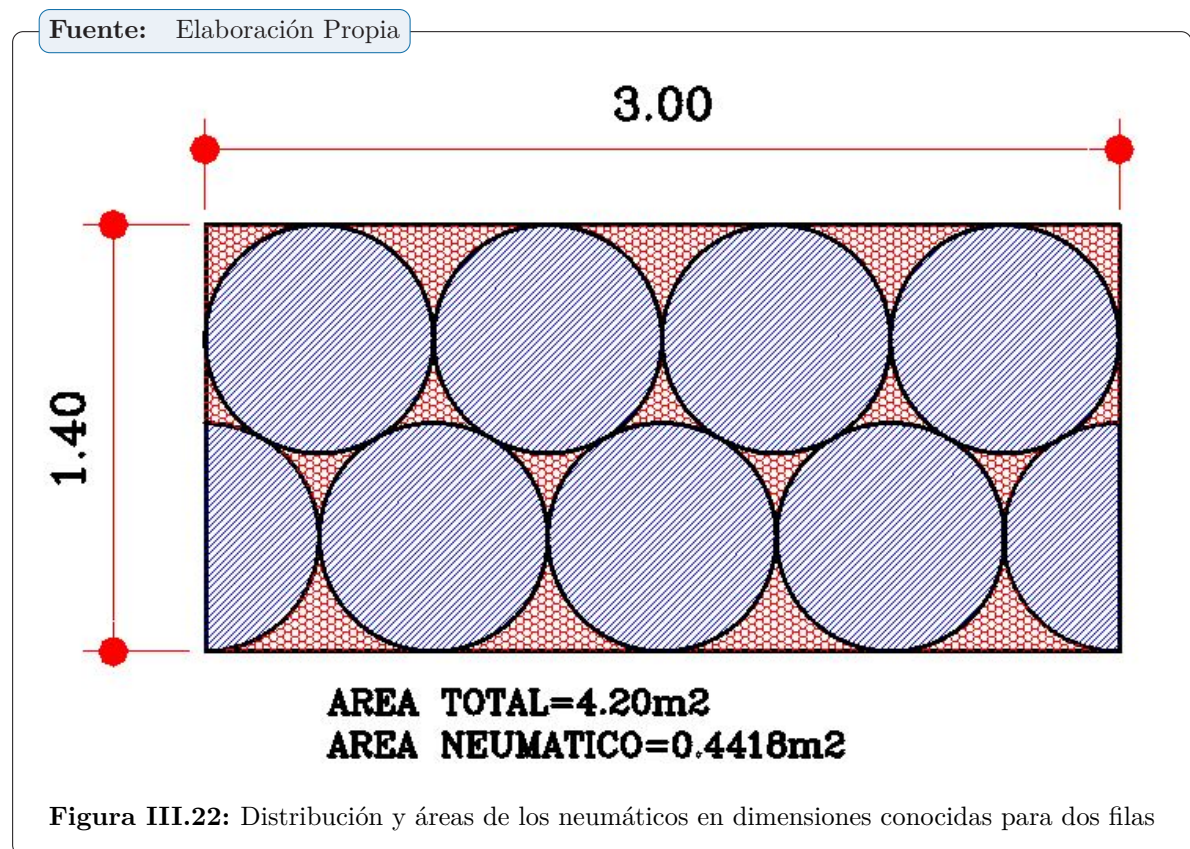
A_i : Fracción o Porcentaje de área Útil.

A_v : Fracción o Porcentaje de área de vacíos.

Teniendo en cuenta que solo el 78.54 % del área total es el área útil por cada hilera de neumático, podemos generalizar este razonamiento, por tanto solo el 78.54 % del peso total se empleará para los cálculos. Esto es posible debido a que el porcentaje de vacíos siempre será el mismo y afectará en la misma proporción al área, volumen y peso.

3.9.11.2 Muros de contención de 2 filas de neumáticos

El análisis se realizará con la misma lógica aplicada en el ítem anterior con la diferencia que en este caso se tendrá dos filas de neumáticos. Además, tenemos que tener en cuenta que se tiene que maximizar en lo posible el área útil de los neumáticos.



$$A_{rec-2} = 4,20m^2$$

$$A_{NFU} = 0,4418m^2$$

$$A_{8-NFU} = 8 * 0,4418m^2 = 3,5344m^2$$

$$A_u = \frac{A_{8-NFU}}{A_{rec-2}}$$

$$A_u = \frac{3,5344m^2}{4,20m^2}$$

$$A_u = 0,8415 \text{ } <> \text{ } 84,15 \%$$

$$A_v = 0,1585 \text{ } <> \text{ } 15,85 \%$$

Donde:

A_{rec-2} : Área del rectángulo para 2 filas de neumáticos.

A_{NFU} : Área de un neumático.

A_{8-NFU} : Área de 8 neumáticos.

A_i : Fracción o Porcentaje de área Útil.

A_v : Fracción o Porcentaje de área de vacíos.

De la misma manera que en lo anterior podemos generalizar el razonamiento para los muros con base de dos filas de neumáticos, el cual tendrá el 84.15 % de peso útil respecto del peso total. Además, la base para las dos filas de neumáticos medirá:

$$b_{2f} = 1,40m$$

3.9.11.3 Muros de contención de 3 filas de neumáticos

El análisis se realizará de la misma manera, pero tendremos que tener en cuenta que en este caso sera para bases con tres filas de neumáticos.

$$A_{rec-3} = 6,15m^2$$

$$A_{NFU} = 0,4418m^2$$

$$A_{12-NFU} = 12 * 0,4418m^2 = 5,3016m^2$$

$$A_u = \frac{A_{12-NFU}}{A_{rec-3}}$$

$$A_u = \frac{5,3016m^2}{6,15m^2}$$

$$A_u = 0,8620 \text{ } <> \text{ } 86,20 \%$$

$$A_v = 0,1380 \text{ } <> \text{ } 13,80 \%$$

Donde:

A_{rec-3} : Área del rectángulo para 3 filas de neumáticos.

A_{NFU} : Área de un neumático.

A_{12-NFU} : Área de 12 neumáticos.

A_i : Fracción o Porcentaje de área Útil.

A_v : Fracción o Porcentaje de área de vacíos.

De acuerdo a los manifestado se tendrá un peso útil del 86.20 % del peso total. Además, la base para las 3 filas de neumáticos medirá:

$$b_{3f} = 2,05m$$

Fuente: Elaboración Propia

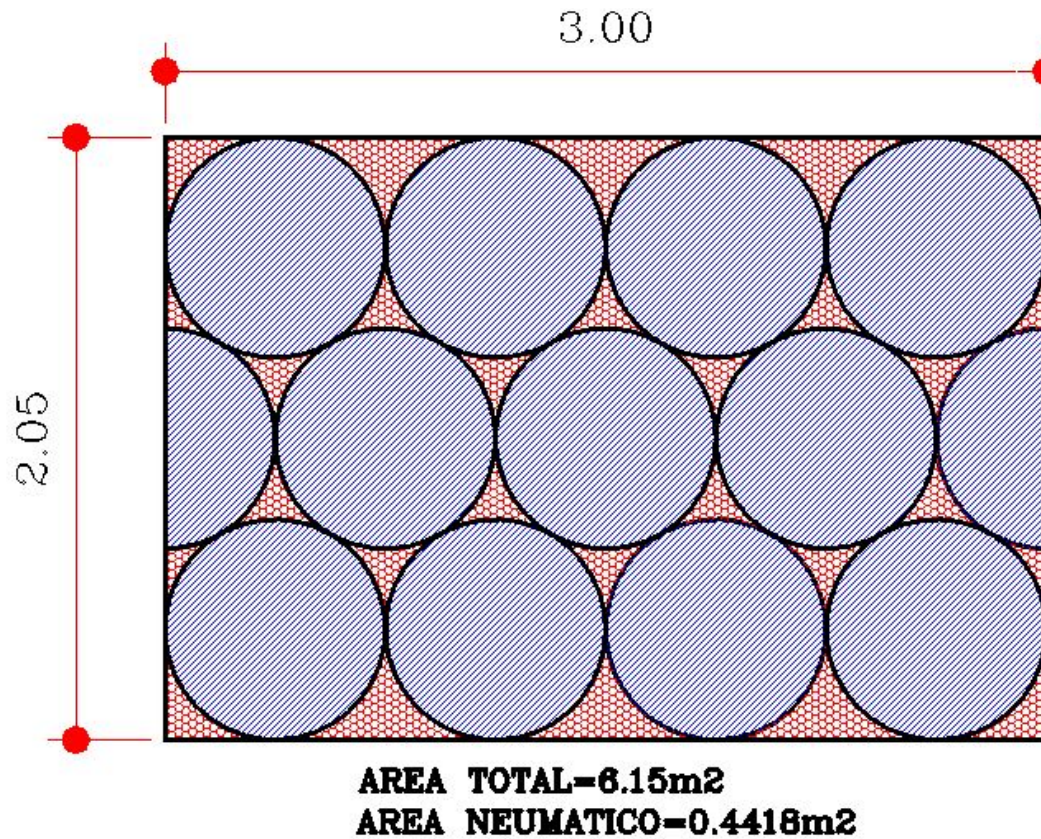


Figura III.23: Distribución y áreas de los neumáticos en dimensiones conocidas para 3 filas

3.9.11.4 Muros de contención de 4 filas de neumáticos

El análisis se realizará de la misma manera, pero tendremos que tener en cuenta que en este caso sera para bases con 4 filas de neumáticos.

$$A_{rec-4} = 8,10m^2$$

$$A_{NFU} = 0,4418m^2$$

$$A_{16-NFU} = 16 * 0,4418m^2 = 7,0688m^2$$

$$A_u = \frac{A_{16-NFU}}{A_{rec-4}}$$

$$A_u = \frac{7,0688m^2}{8,10m^2}$$

$$A_u = 0,8727 <> 87,27 \%$$

$$A_v = 0,1273 <> 12,73 \%$$

Donde:

A_{rec-4} : Área del rectángulo para 2 filas de neumáticos.

A_{NFU} : Área de un neumático.

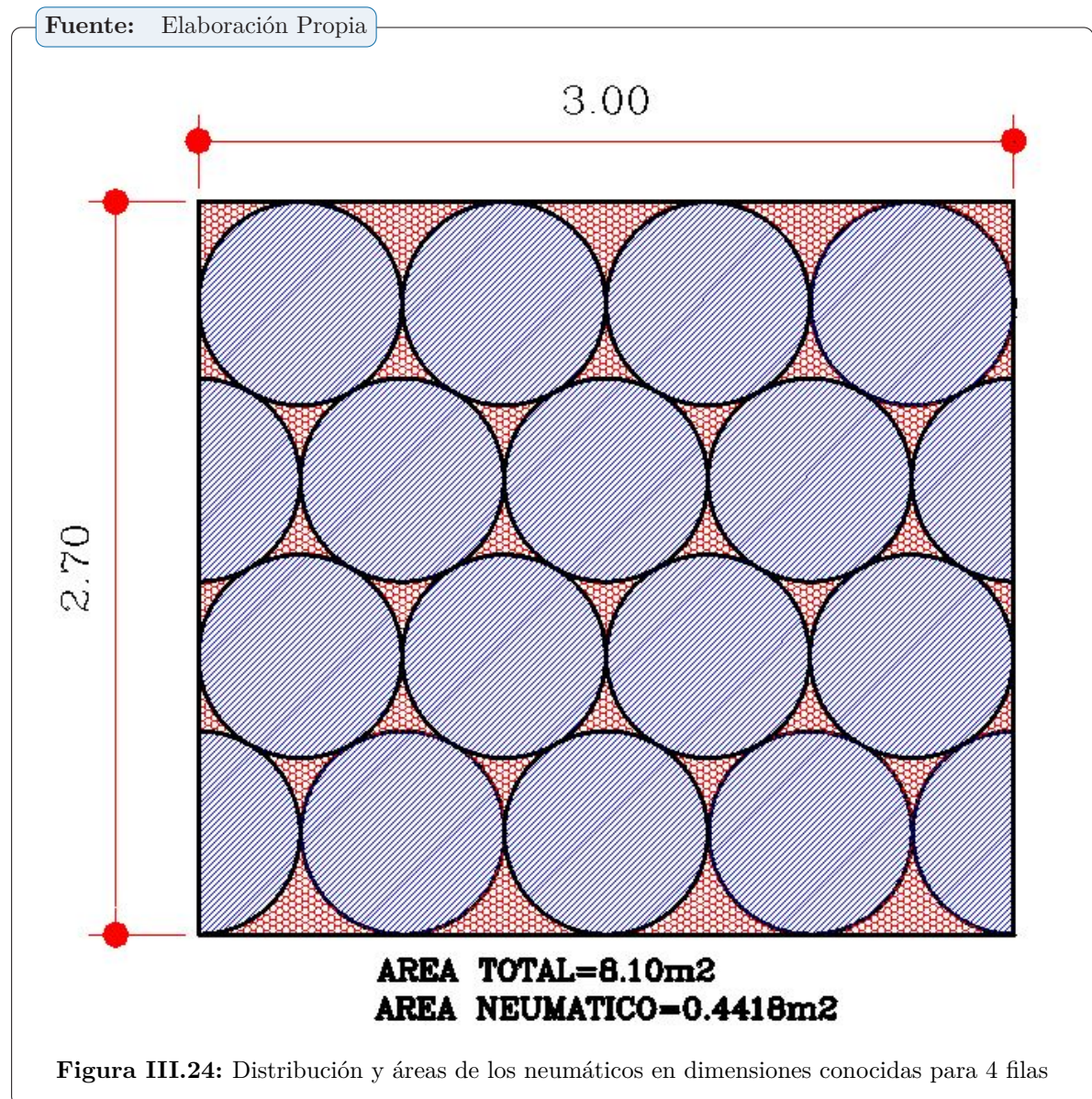
A_{16-NFU} : Área de 16 neumáticos.

A_i : Fracción o Porcentaje de área Útil.

A_v : Fracción o Porcentaje de área de vacíos.

De acuerdo a los manifestado se tendrá un peso útil del 87.27 % del peso total. Además, la base para las 4 filas de neumáticos medirá:

$$b_{3f} = 2,70m$$



3.9.12 Resumen Parámetros de Diseño

⇒ PROPIEDADES DEL SUELO

- Peso específico (γ_s) = $9,08KN/m^3$
- Ángulo de fricción interna (ϕ_s) = $32,7^\circ$

- Coeficiente de fricción suelo-suelo (μ_{s-s})= 0,39
- Cohesión (C)= 0KPa

⇒ PROPIEDADES DEL NEUMÁTICO-SUELO

- Peso específico (γ_n) = 7,98KN/m³
- Ángulo de fricción interna (ϕ_s)= 36,5°
- Coeficiente de fricción Neumático-Neumático (μ_{n-n})= 0,45
- Cohesión (C)= 1,00KPa

⇒ FACTORES DE DISEÑO

- El análisis se llevara a cabo por Rankine.
- Consideramos Cohesión 1KPa.
- Factor de seguridad al volteo (FSV)=2.00.
- Factor de seguridad al deslizamiento (FSD)=1.50.
- Se considerará un muro de dimensiones (0.75m , 1.40m, 2.05m y 2.70m) de base para una, dos, tres y cuatro filas de base de neumáticos respectivamente, 1m de largo y 0.27m (redondeado) de altura por cada hilera de neumático.
- Porcentaje de vacíos %vacios = 21,46 %, para una fila de base, %vacios = 15,85 %, para dos dilas de base, %vacios = 13,80 %, para tres filas de base y %vacios = 12,73 %, para cuatro filas de base.
- El suelo soportado no tendrá inclinación.
- No existe presencia de nivel freático.
- No existe S/C sobre el muro de contención.

⇒ DISEÑO DE MUROS DE CONTENCIÓN CON NEUMÁTICOS FUERA DE USO

- Muro de Contención Existente.
- Muro de Contención Propuesto.

Se presentarán una serie de muros de contención las cuales será de acuerdo al Predimensionamiento. Estos muros van desde una altura de 1.50 m hasta una altura de 6.10 m, teniendo en cuenta las dimensiones del neumático y lo calculado anteriormente.

3.9.13 Diseño de Muro de Contención con un neumático de base

3.9.13.1 Diseño del muro de contención existente

El análisis y diseño de los muros de contención con NFU existentes, se realizará teniendo en cuenta las propiedades y características encontradas in situ.

Además, debemos que tener en cuenta lo detallado anteriormente.

Los cálculos que se realizarán estarán contrastados por el Software GEO5, todo ello con el fin de realizar un diseño optimo.

Fuente: Elaboración Propia



Figura III.25: Muros existentes, apilados verticalmente sobre la base de una fila de neumáticos

Diseño y análisis de Muro Existente en GEO5

El diseño se realizará tomando en cuenta los parámetros mencionados anteriormente y considerando una altura total de 2.70 m de altura, que proviene de el apilamiento de 10 hileras de neumático con 0.27 m de altura cada uno.

A continuación presentamos el entorno del Software GEO5, en el cual detallamos todos los valores ingresados para el respectivo procesamiento de datos.

Fuente: Elaboración Propia

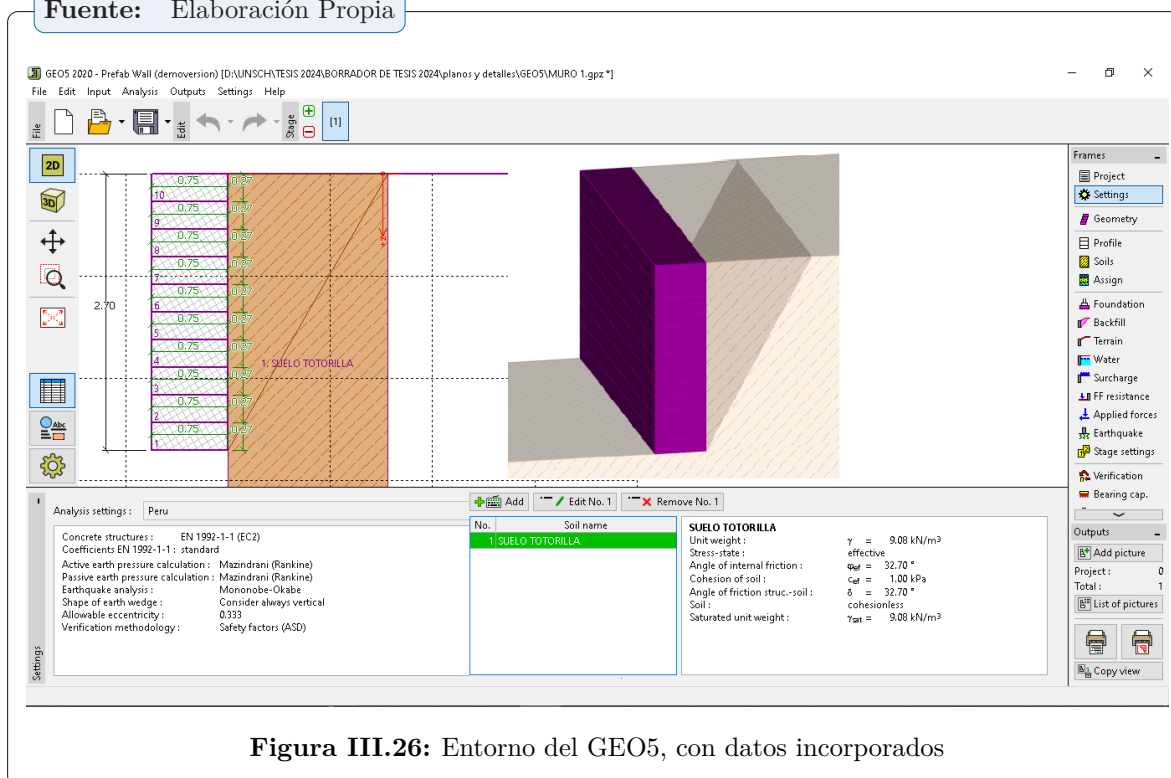


Figura III.26: Entorno del GEO5, con datos incorporados

A continuación presentamos los valores obtenidos en el Software GEO5, la información completa del análisis de datos y el diseño se podrá ver en el **APÉNDICE B** Parte 1.

Fuente: Elaboración Propia

NUM. DE HILERAS (UND)	BASE DE MURO (m)	ALTURA DE MURO (m)	PESO DEL MURO (KN)	EMPUJE ACTIVO (KN)	FSV CALCULADO	FSV TEORICO	FSD CALCULADO	FSD TEORICO
1.00	0.75	0.27	1.32	0.00	1000.00	2.0	1000.00	1.5
2.00	0.75	0.54	2.63	0.03	852.00	2.0	46.00	1.5
3.00	0.75	0.81	3.95	0.22	48.00	2.0	7.00	1.5
4.00	0.75	1.08	5.27	0.62	14.10	2.0	3.82	1.5
5.00	0.75	1.35	6.58	1.21	6.44	2.0	2.44	1.5
6.00	0.75	1.62	7.90	2.01	3.64	2.0	1.77	1.5
7.00	0.75	1.89	9.21	3.00	2.33	2.0	1.38	1.5
8.00	0.75	2.16	10.53	4.18	1.61	2.0	1.13	1.5
9.00	0.75	2.43	11.85	5.57	1.18	2.0	0.96	1.5
10.00	0.75	2.70	13.60	7.15	0.90	2.0	0.40	1.5

Figura III.27: Cuadro resumen del análisis de muros de contención existentes, según GEO5

El software GEO5 después de realizar el análisis, nos proporciona información acertada y amplia, de todo ello lo que nos interesa son los factores de seguridad al vuelco y al

deslizamiento, los cuales compararemos con valores teóricos con el cual podremos determinar la condición del muro en estudio.

Fuente: Elaboración Propia

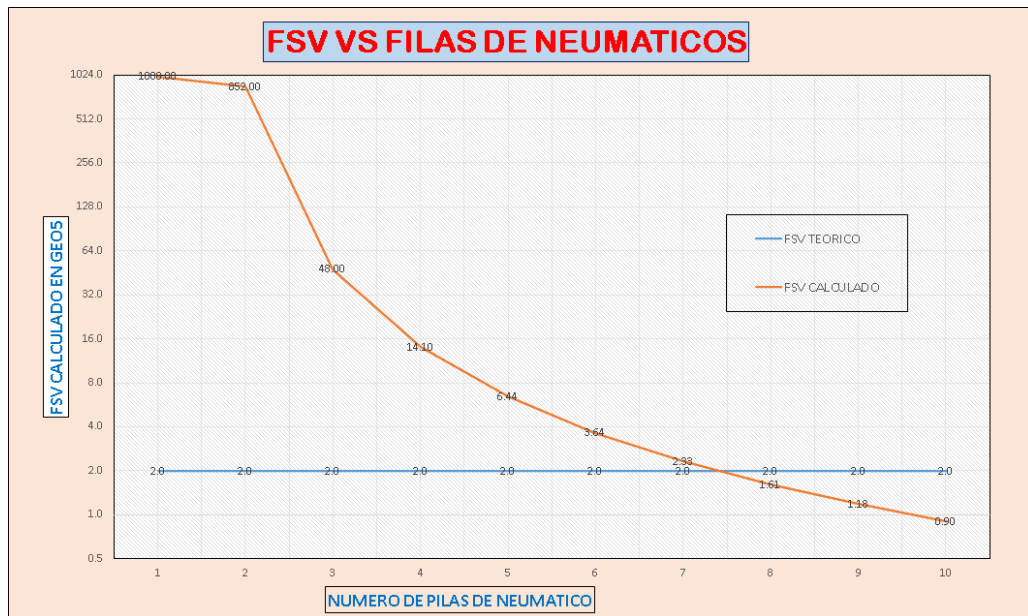


Figura III.28: Comparación de valores calculados y valor teórico del Factor de Seguridad al Vuelco Vs Numero de hileras de Neumático

Fuente: Elaboración Propia

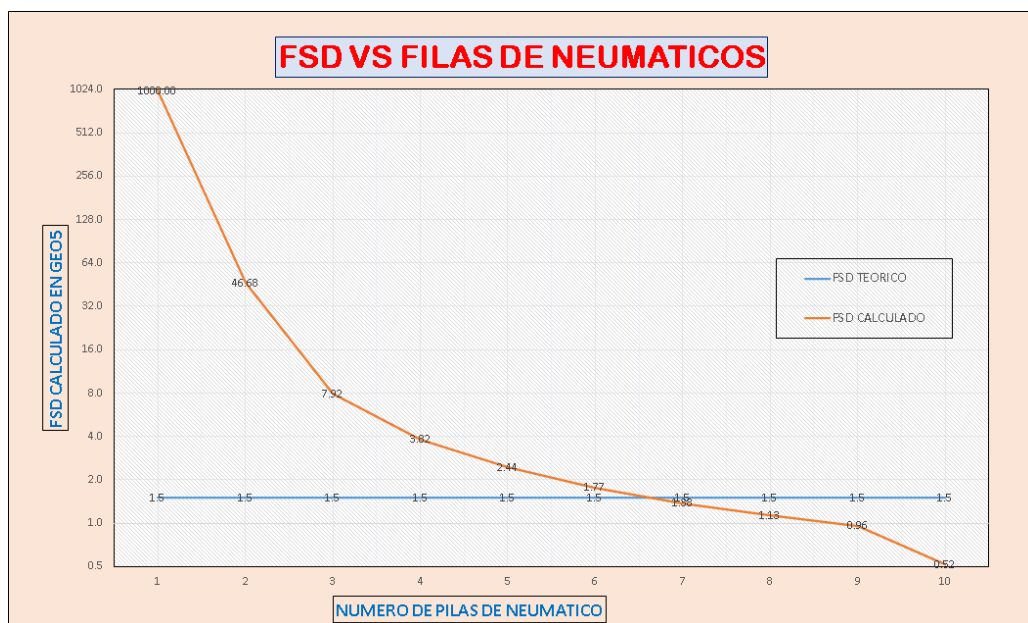


Figura III.29: Comparación de valores calculados y valor teórico del Factor de Seguridad al Deslizamiento Vs Numero de hileras de Neumático

3.9.13.2 Muro de contención con 5° de inclinación respecto a la vertical

Fuente: Elaboración Propia

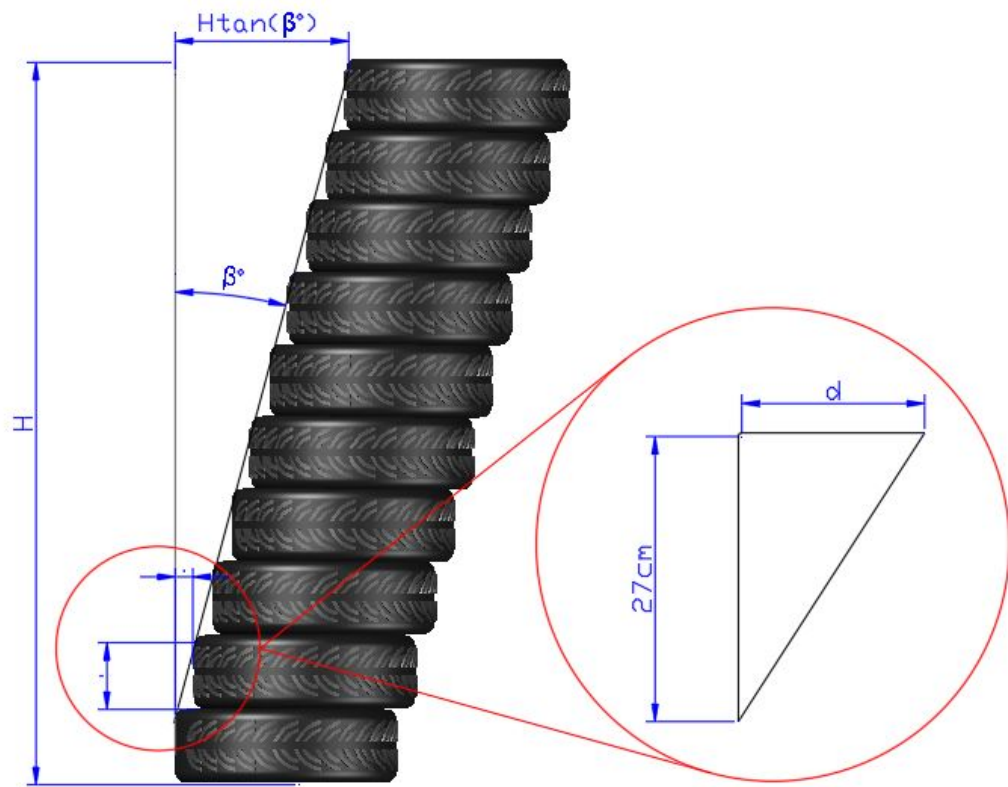


Figura III.30: Muros de contención de base de un neumático y una inclinación respecto a la vertical

El análisis y diseño de este tipo de muros de contención con NFU, debemos tener en cuenta los siguiente:

$$\beta = 5^\circ.$$

$$d = 2\text{cm}.$$

$$H = 2,70\text{m}$$

Diseño y análisis en GEO5

Se realiza la aclaración que los neumáticos siempre estarán en posición horizontal, la inclinación se generará gracias al desfase de 2 cm en cada hilera de neumático.

El desfase total en un muro de contención de un determinado número de hileras será expresado por la fórmula.

$$d_t = H * \tan(\theta)$$

Donde: d_t : Desfase total muro de contención, H : Altura del muro de contención y θ : ángulo de inclinación.

Para una altura $H=2.70\text{m}$, $d_t=24\text{ cm}$.

Fuente: Elaboración Propia

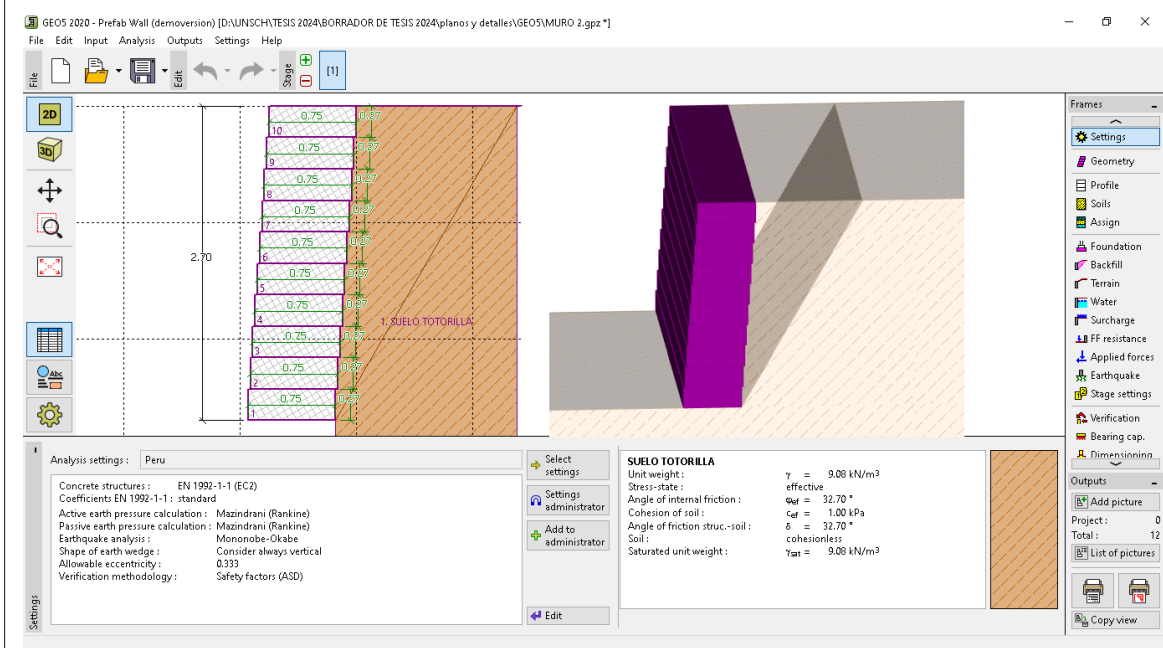


Figura III.31: Entorno del GEO5, con datos incorporados, para una inclinación de 5°

A continuación presentamos los valores obtenidos en el Software de apoyo, la información completa del diseño se podrá ver en el **APÉNDICE A** Parte 1.

Fuente: Elaboración Propia

NUM. DE HILERAS (UND)	BASE DE MURO (m)	ALTURA DE MURO (m)	PESO DEL MURO (KN)	EMPUJE ACTIVO (KN)	FSV CALCULADO	FSV TEORICO	FSD CALCULADO	FSD TEORICO
1.00	0.75	0.27	1.32	0.00	1000.00	2.0	1000.00	1.5
2.00	0.75	0.54	2.63	0.03	875.53	2.0	46.68	1.5
3.00	0.75	0.81	3.95	0.22	51.27	2.0	7.92	1.5
4.00	0.75	1.08	5.27	0.62	15.22	2.0	3.82	1.5
5.00	0.75	1.35	6.58	1.21	7.12	2.0	2.44	1.5
6.00	0.75	1.62	7.90	2.01	4.12	2.0	1.77	1.5
7.00	0.75	1.89	9.21	3.00	2.70	2.0	1.38	1.5
8.00	0.75	2.16	10.53	4.18	1.91	2.0	1.13	1.5
9.00	0.75	2.43	11.85	5.57	1.43	2.0	0.96	1.5
10.00	0.75	2.70	13.60	7.15	1.12	2.0	0.52	1.5

Figura III.32: Cuadro resumen del análisis de muros de contención, con una fila de base y una inclinación de 5°, según GEO5

Fuente: Elaboración Propia

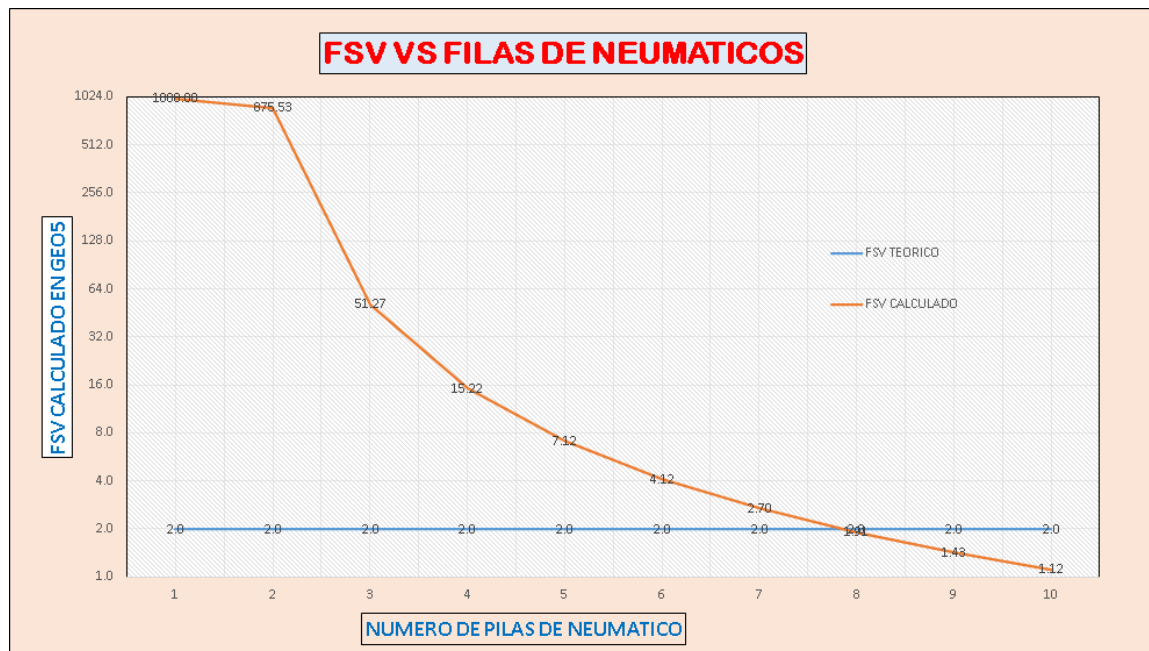


Figura III.33: Comparación de valores calculados y valor teórico del Factor de Seguridad al Vuelco Vs Numero de hileras de Neumático, para muros con base de una fila y una inclinación de 5° con la vertical

Fuente: Elaboración Propia

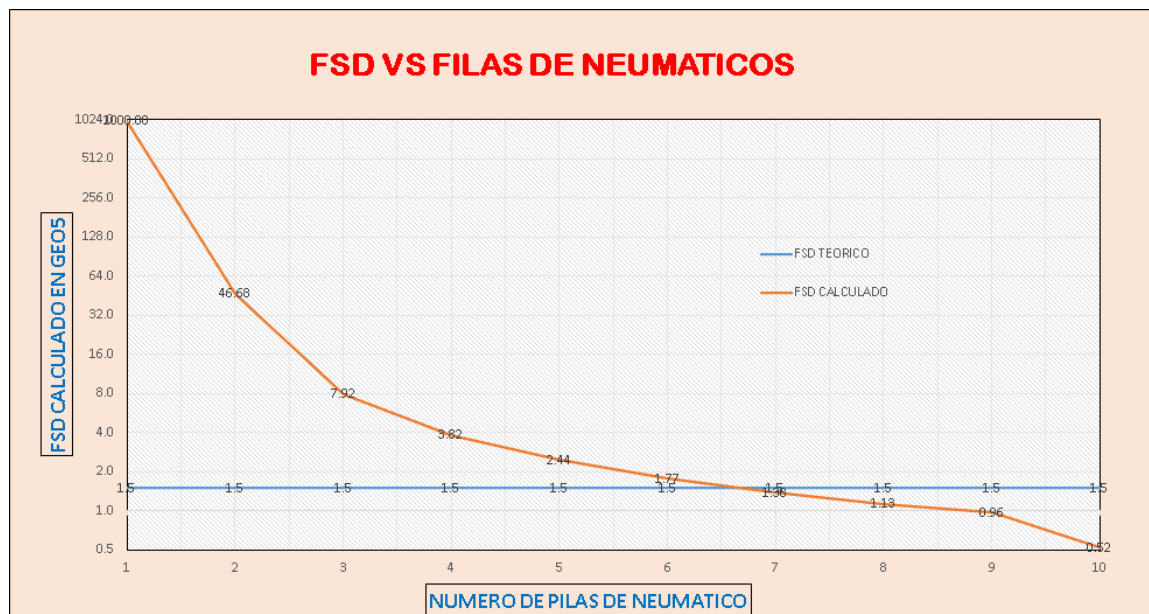


Figura III.34: Comparación de valores calculados y valor teórico del Factor de Seguridad al Deslizamiento Vs Numero de hileras de Neumático, para muros con base de una fila y una inclinación de 5° con la vertical

3.9.13.3 Muros de contención con 10° de inclinación

El análisis y diseño de este tipo de muros de contención con NFU, debemos tener en cuenta la **Figura III.30** , donde se tiene lo siguiente:

$$\beta = 10^\circ, d = 5\text{cm}, H = 2,70\text{m}$$

Diseño y análisis en GEO5

Fuente: Elaboración Propia

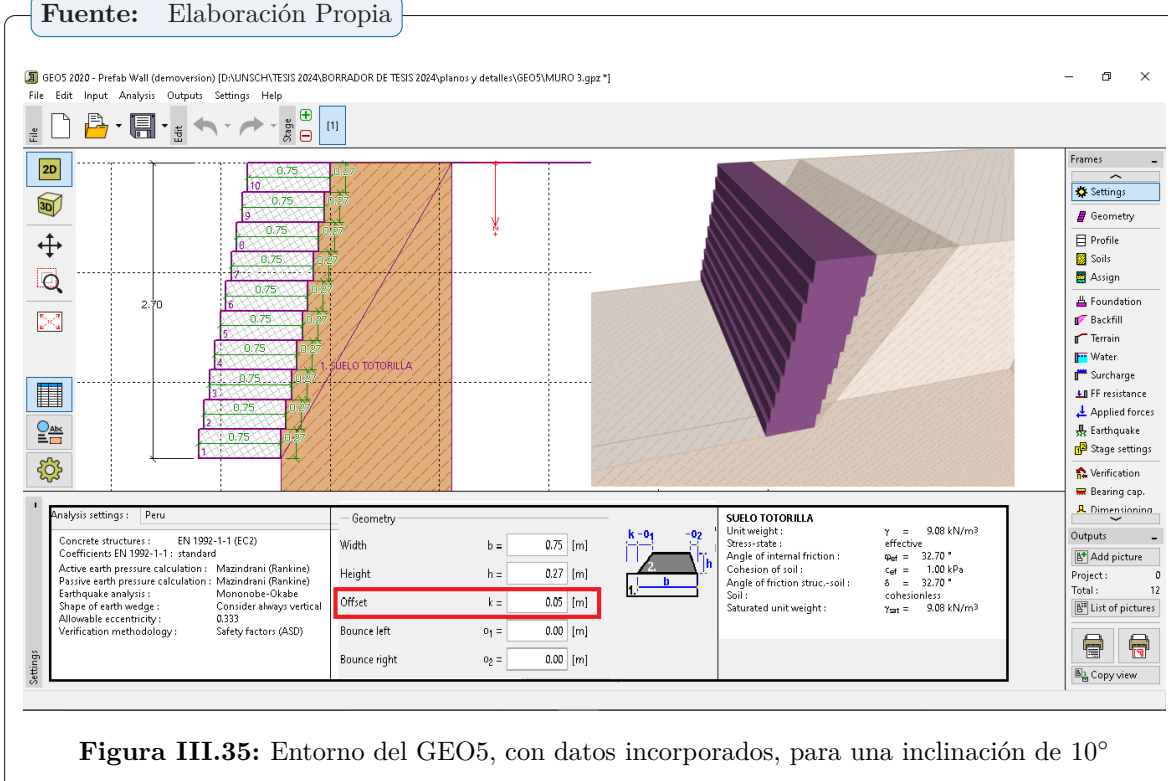


Figura III.35: Entorno del GEO5, con datos incorporados, para una inclinación de 10°

Fuente: Elaboración Propia

NUM. DE HILERAS (UND)	BASE DE MURO (m)	ALTURA DE MURO (m)	PESO DEL MURO (KN)	EMPUJE ACTIVO (KN)	FSV CALCULADO	FSV TEORICO	FSD CALCULADO	FSD TEORICO
1.00	0.75	0.27	1.32	0.00	1000.00	2.0	1000.00	1.5
2.00	0.75	0.54	2.63	0.03	909.65	2.0	46.68	1.5
3.00	0.75	0.81	3.95	0.22	55.17	2.0	7.92	1.5
4.00	0.75	1.08	5.27	0.62	16.91	2.0	3.82	1.5
5.00	0.75	1.35	6.58	1.21	8.15	2.0	2.44	1.5
6.00	0.75	1.62	7.90	2.01	4.85	2.0	1.77	1.5
7.00	0.75	1.89	9.21	3.00	3.26	2.0	1.38	1.5
8.00	0.75	2.16	10.53	4.18	2.36	2.0	1.13	1.5
9.00	0.75	2.43	11.85	5.57	1.81	2.0	0.96	1.5
10.00	0.75	2.70	13.60	7.15	1.44	2.0	0.52	1.5

Figura III.36: Cuadro resumen del análisis de muros de contención, con una fila de base y una inclinación de 10°, según GEO5

Fuente: Elaboración Propia

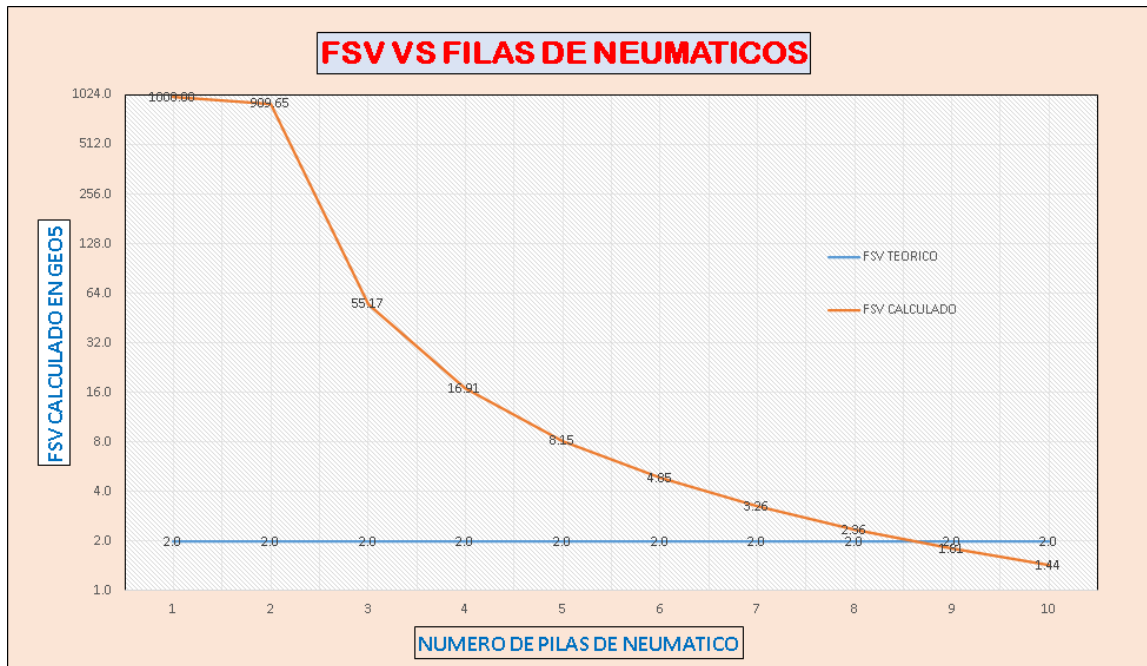


Figura III.37: Comparación de valores calculados y valor teórico del Factor de Seguridad al Vuelco Vs Numero de hileras de Neumático, para muros con base de una fila y una inclinación de 10° con la vertical

Fuente: Elaboración Propia

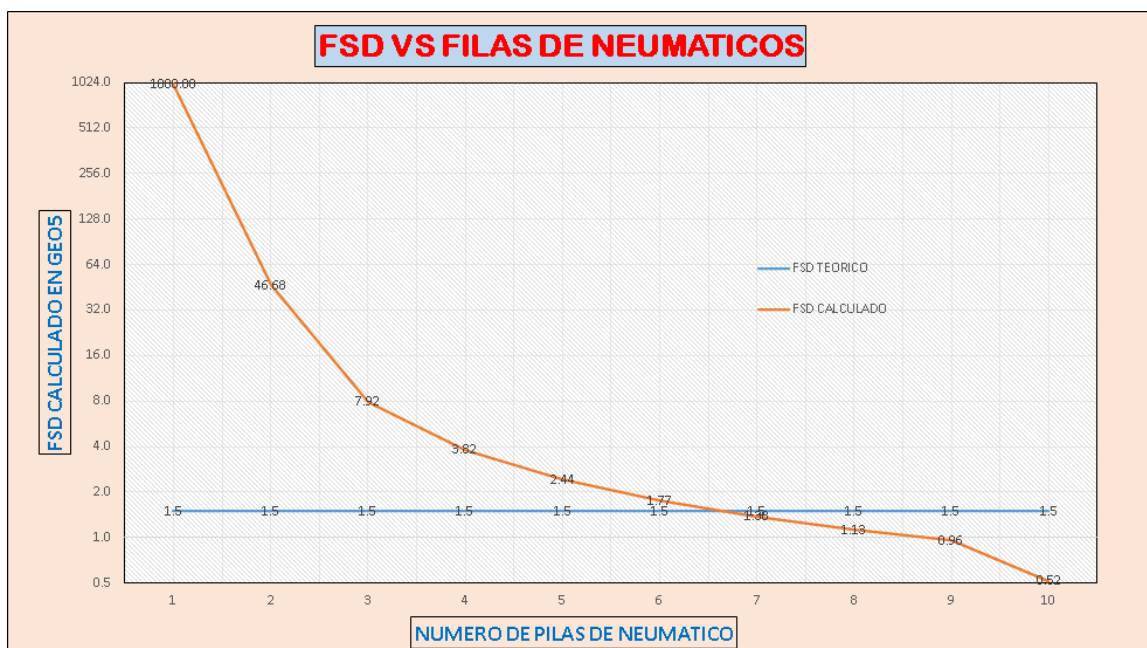


Figura III.38: Comparación de valores calculados y valor teórico del Factor de Seguridad al Deslizamiento Vs Numero de hileras de Neumático, para muros con base de una fila y una inclinación de 10° con la vertical

3.9.13.4 Muros de contención con 15° de inclinación

El análisis y diseño de este tipo de muros de contención con NFU, debemos tener en cuenta la **Figura III.30** , donde se tiene lo siguiente:

$$\beta = 15^\circ, d = 8\text{cm}, H = 2,70\text{m}$$

Diseño y análisis en GEO5

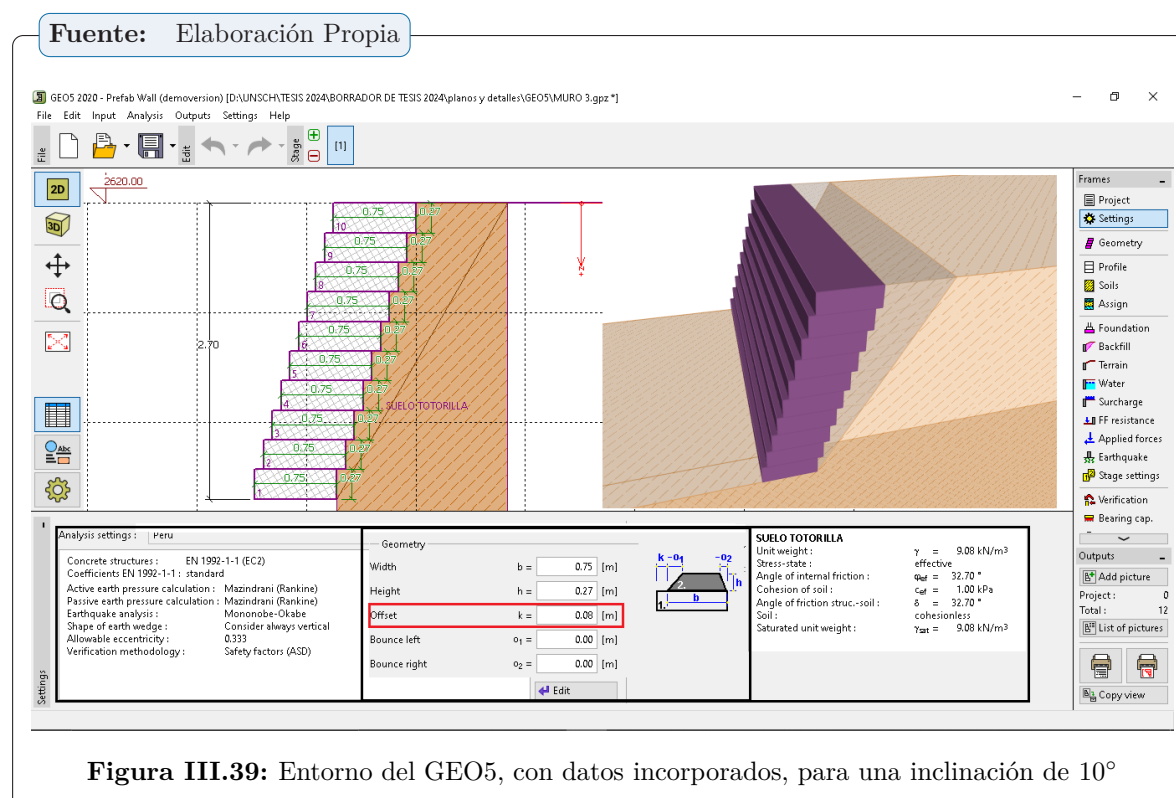


Figura III.39: Entorno del GEO5, con datos incorporados, para una inclinación de 10°

Fuente: Elaboración Propia

NUM. DE HILERAS (UND)	BASE DE MURO (m)	ALTURA DE MURO (m)	PESO DEL MURO (KN)	EMPUJE ACTIVO (KN)	FSV CALCULADO	FSV TEORICO	FSD CALCULADO	FSD TEORICO
1.00	0.75	0.27	1.32	0.00	1000.00	2.0	1000.00	1.5
2.00	0.75	0.54	2.63	0.03	909.65	2.0	46.68	1.5
3.00	0.75	0.81	3.95	0.22	55.17	2.0	7.92	1.5
4.00	0.75	1.08	5.27	0.62	16.91	2.0	3.82	1.5
5.00	0.75	1.35	6.58	1.21	8.15	2.0	2.44	1.5
6.00	0.75	1.62	7.90	2.01	4.85	2.0	1.77	1.5
7.00	0.75	1.89	9.21	3.00	3.82	2.0	1.38	1.5
8.00	0.75	2.16	10.53	4.18	2.45	2.0	1.13	1.5
9.00	0.75	2.43	11.85	5.57	2.19	2.0	0.96	1.5
10.00	0.75	2.70	13.60	7.15	1.77	2.0	0.52	1.5

Figura III.40: Cuadro resumen del análisis de muros de contención, con una fila de base y una inclinación de 15°, según GEO5

Fuente: Elaboración Propia

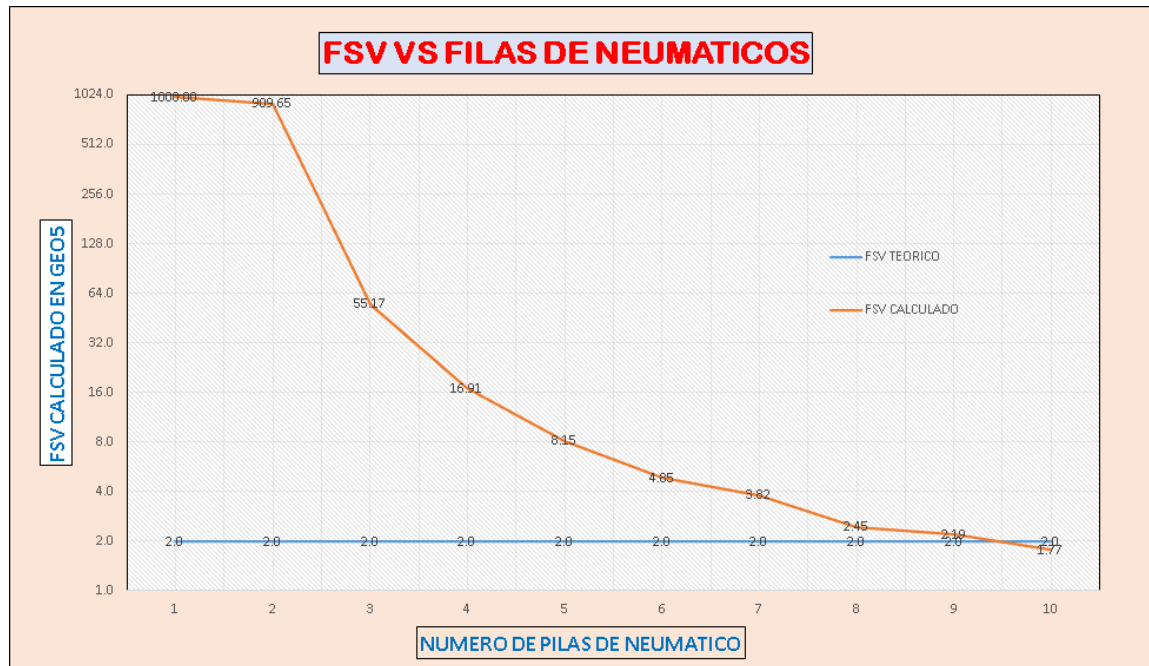


Figura III.41: Comparación de valores calculados y valor teórico del Factor de Seguridad al Vuelco Vs Numero de hileras de Neumático, para muros con base de una fila y una inclinación de 15° con la vertical

Fuente: Elaboración Propia

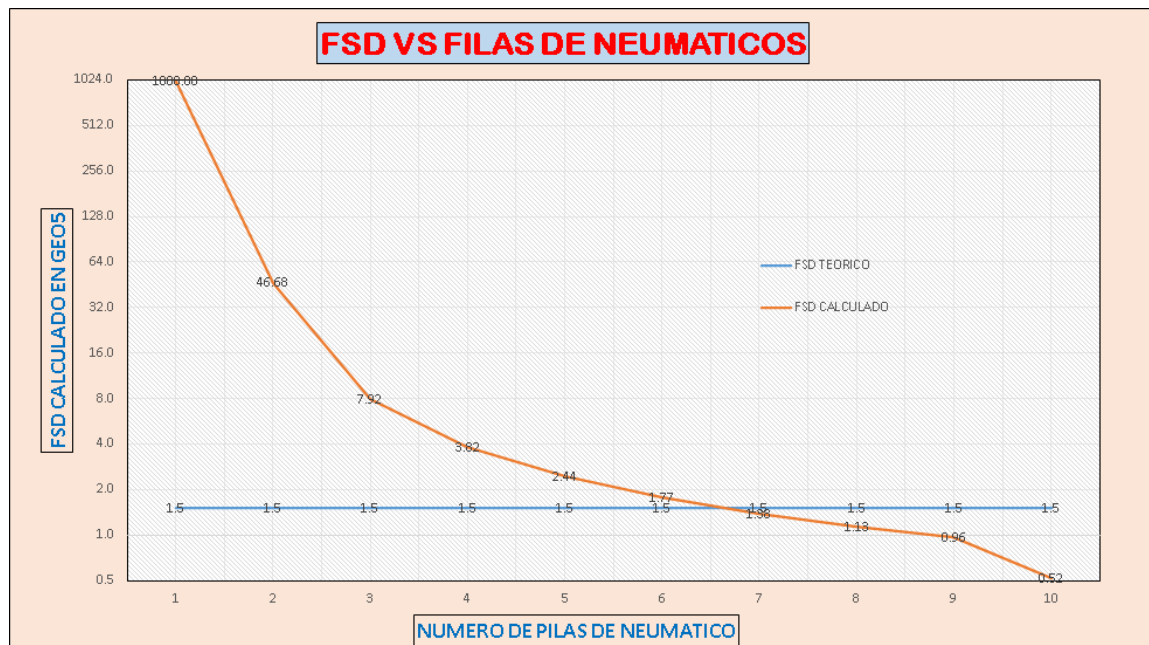


Figura III.42: Comparación de valores calculados y valor teórico del Factor de Seguridad al Deslizamiento Vs Numero de hileras de Neumático, para muros con base de una fila y una inclinación de 15° con la vertical

3.9.14 Diseño de Muro de Contención con dos neumáticos de base

La propuesta de este tipo de muros de contención es para muros que rondan entre los 1.50m y 3.00 m de altura según el Predimensionamiento propuesto en la Figura III.19.

Fuente: Elaboración Propia

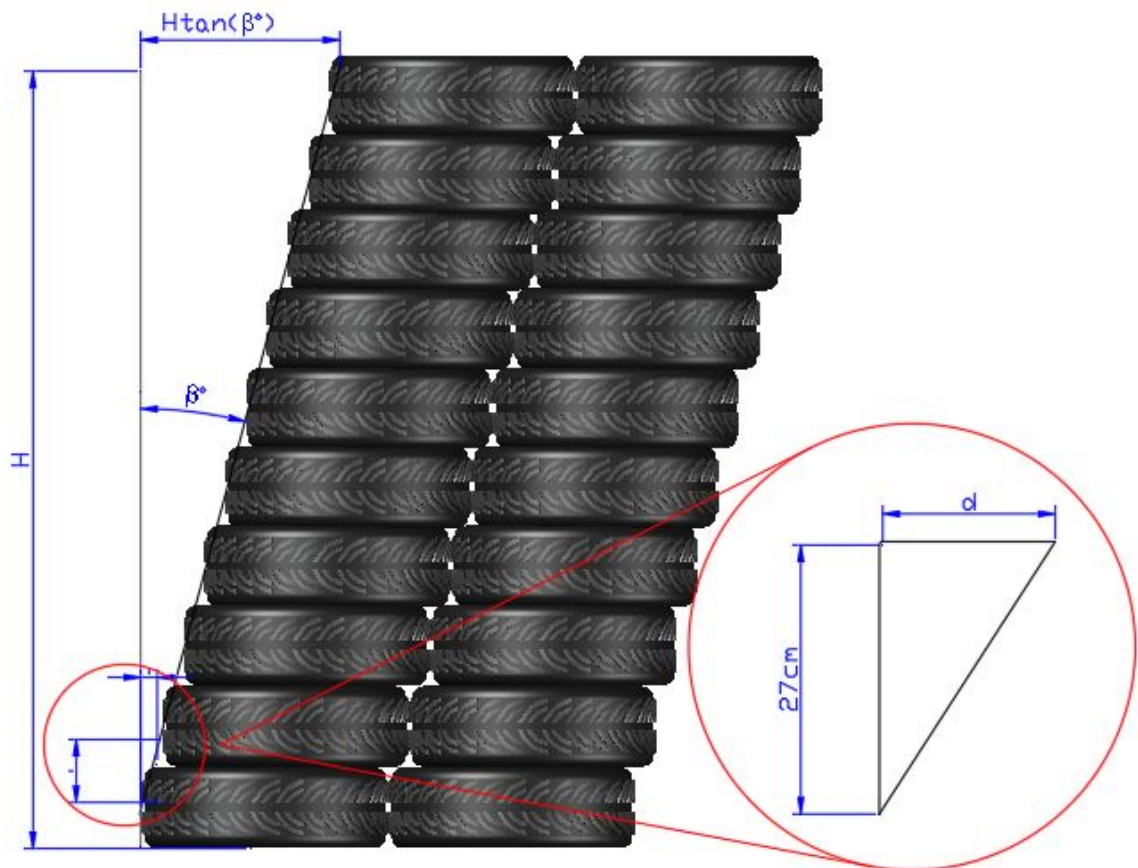


Figura III.43: Muro de contención típico para una base de dos neumáticos e inclinación con la vertical diversa

3.9.14.1 Muro de contención Vertical

El análisis y diseño de este tipo de muros de contención con NFU, está dado para neumáticos apilados verticalmente sobre la base de dos neumáticos, elevándose hasta un total de 15 hileras que hacen un total de 4.05m, además, debemos tener en cuenta la **Figura III.43** , donde se tiene lo siguiente:

$$\beta = 0^\circ.$$

$$d = 0\text{cm}$$

$$H = 4,05m$$

Diseño y análisis en GEO5

Fuente: Elaboración Propia

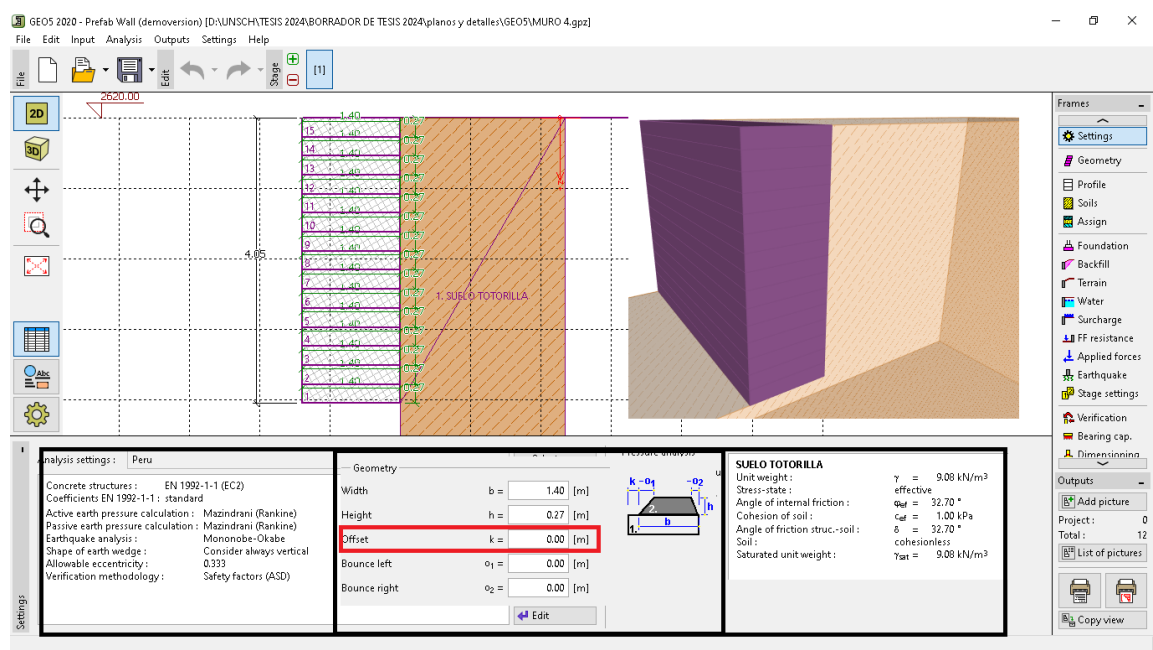


Figura III.44: Entorno del GEO5, con datos incorporados, un muro de dos filas vertical

Fuente: Elaboración Propia

NUM. DE HILERAS (UND)	BASE DE MURO (m)	ALTURA DE MURO (m)	PESO DEL MURO (KN)	EMPUJE ACTIVO (KN)	FSV CALCULADO	FSV TEORICO	FSD CALCULADO	FSD TEORICO
1.00	1.40	0.27	2.84	0.00	1000.00	2.0	1000.00	1.5
2.00	1.40	0.54	5.67	0.03	342.86	2.0	100.54	1.5
3.00	1.40	0.81	8.51	0.22	195.71	2.0	17.06	1.5
4.00	1.40	1.08	11.34	0.62	56.67	2.0	8.22	1.5
5.00	1.40	1.35	14.18	1.21	25.88	2.0	5.25	1.5
6.00	1.40	1.62	17.01	2.01	14.63	2.0	3.81	1.5
7.00	1.40	1.89	19.85	3.00	9.36	2.0	2.98	1.5
8.00	1.40	2.16	22.68	4.18	6.48	2.0	2.44	1.5
9.00	1.40	2.43	25.52	5.57	4.75	2.0	2.06	1.5
10.00	1.40	2.70	28.35	7.15	3.63	2.0	1.78	1.5
11.00	1.40	2.97	31.18	8.93	2.86	2.0	1.57	1.5
12.00	1.40	3.24	34.02	10.91	2.31	2.0	1.40	1.5
13.00	1.40	3.51	36.86	13.08	1.90	2.0	1.27	1.5
14.00	1.40	3.78	39.69	15.45	1.60	2.0	1.16	1.5
15.00	1.40	4.05	42.53	18.02	1.36	2.0	0.94	1.5

Figura III.45: Cuadro resumen del análisis de muros de contención vertical de dos filas, según GEO5

Fuente: Elaboración Propia

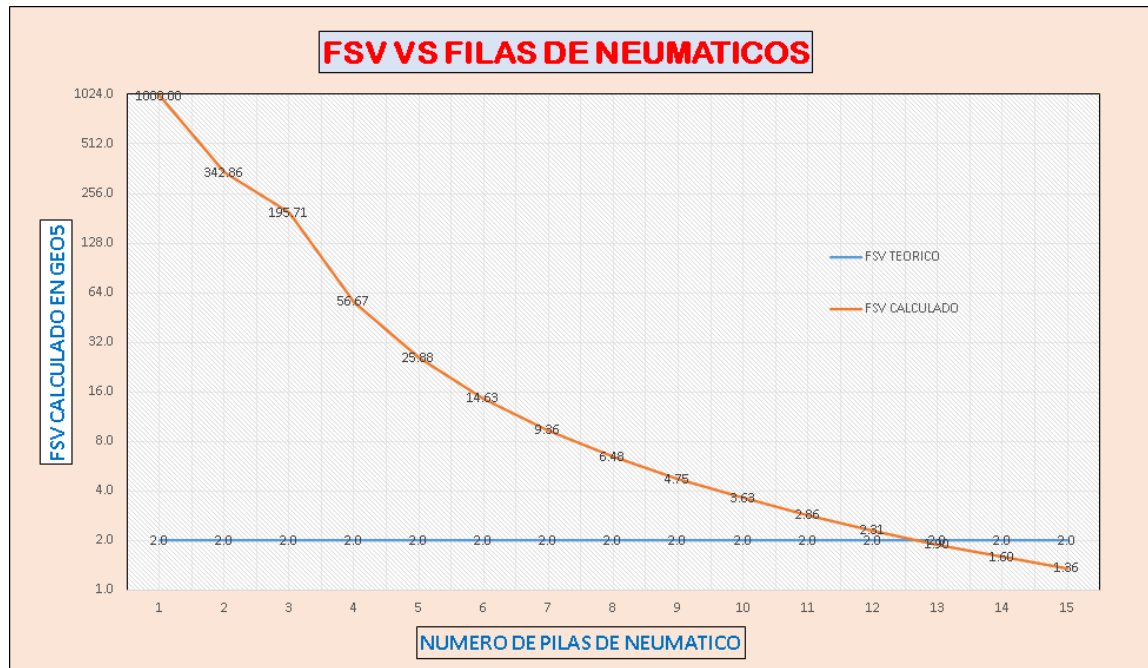


Figura III.46: Comparación de valores calculados y valor teórico del Factor se Seguridad al Vuelco Vs Numero de hileras de Neumático

Fuente: Elaboración Propia

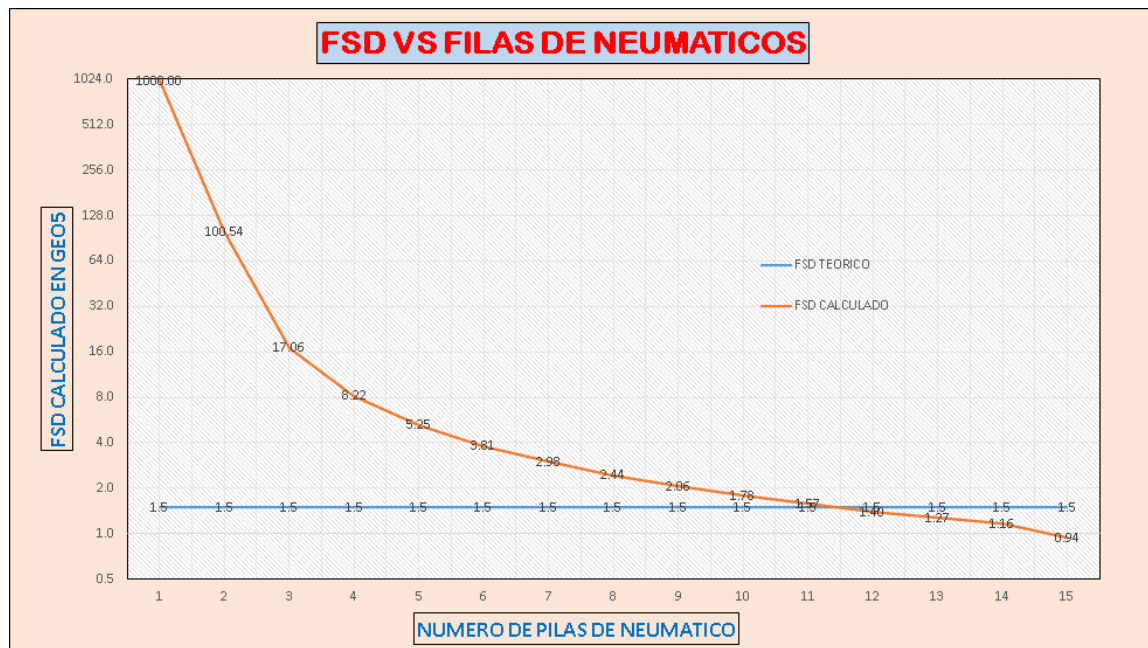


Figura III.47: Comparación de valores calculados y valor teórico del Factor se Seguridad al Deslizamiento Vs Numero de hileras de Neumático

3.9.14.2 Muro de contención con 5° de inclinación respecto a la vertical

El análisis y diseño de este tipo de muros de contención con NFU, debemos tener en cuenta los siguiente en la **Figura III.43**: $base = 1,40m$, $\beta = 5^\circ$, $d = 2cm$, $H = 4,05m$

Diseño y análisis en GEO5

Fuente: Elaboración Propia

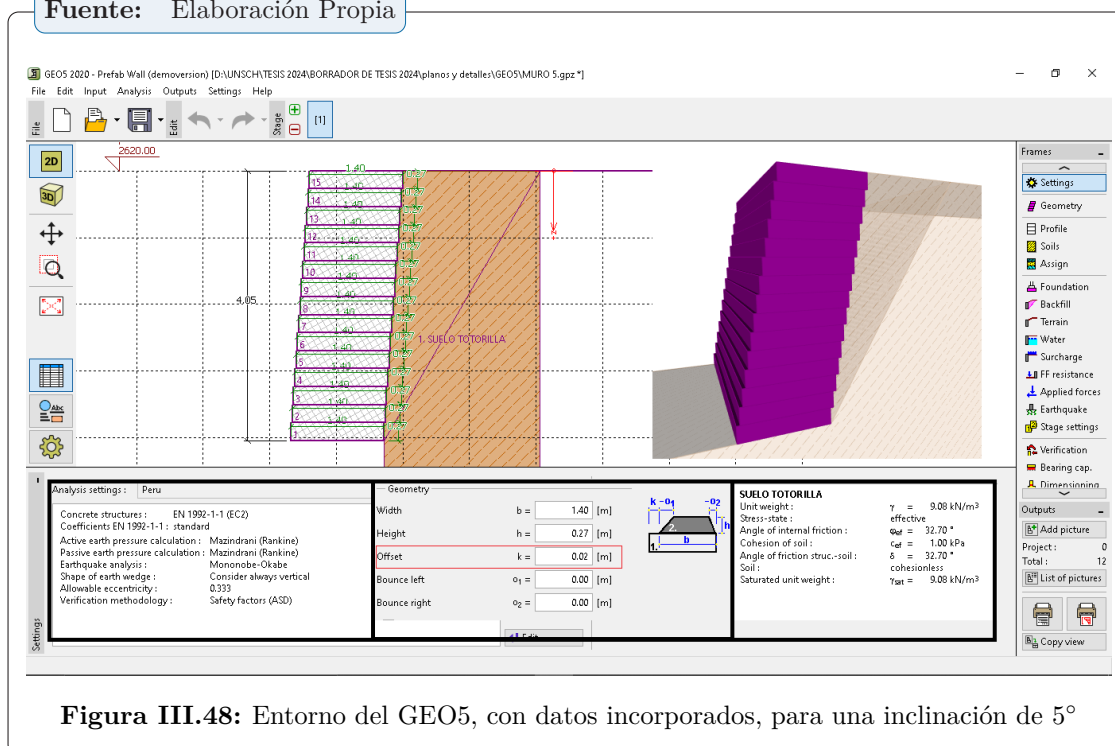


Figura III.48: Entorno del GEO5, con datos incorporados, para una inclinación de 5°

Fuente: Elaboración Propia

NUM. DE HILERAS (UND)	BASE DE MURO (m)	ALTURA DE MURO (m)	PESO DEL MURO (KN)	EMPUJE ACTIVO (KN)	FSV CALCULADO	FSV TEORICO	FSD CALCULADO	FSD TEORICO
1.00	1.40	0.27	2.84	0.00	1000.00	2.0	1000.00	1.5
2.00	1.40	0.54	5.67	0.03	347.76	2.0	100.54	1.5
3.00	1.40	0.81	8.51	0.22	201.30	2.0	17.06	1.5
4.00	1.40	1.08	11.34	0.62	59.10	2.0	8.22	1.5
5.00	1.40	1.35	14.18	1.21	27.36	2.0	5.25	1.5
6.00	1.40	1.62	17.01	2.01	15.67	2.0	3.81	1.5
7.00	1.40	1.89	19.85	3.00	10.16	2.0	2.98	1.5
8.00	1.40	2.16	22.68	4.18	7.13	2.0	2.44	1.5
9.00	1.40	2.43	25.52	5.57	5.29	2.0	2.06	1.5
10.00	1.40	2.70	28.35	7.15	4.09	2.0	1.78	1.5
11.00	1.40	2.97	31.18	8.93	3.27	2.0	1.57	1.5
12.00	1.40	3.24	34.02	10.91	2.67	2.0	1.40	1.5
13.00	1.40	3.51	36.86	13.08	2.33	2.0	1.27	1.5
14.00	1.40	3.78	39.69	15.45	1.89	2.0	1.16	1.5
15.00	1.40	4.05	42.53	18.02	1.63	2.0	0.94	1.5

Figura III.49: Cuadro resumen del análisis de muros de contención, con dos filas de base y una inclinación de 5°, según GEO5

Fuente: Elaboración Propia

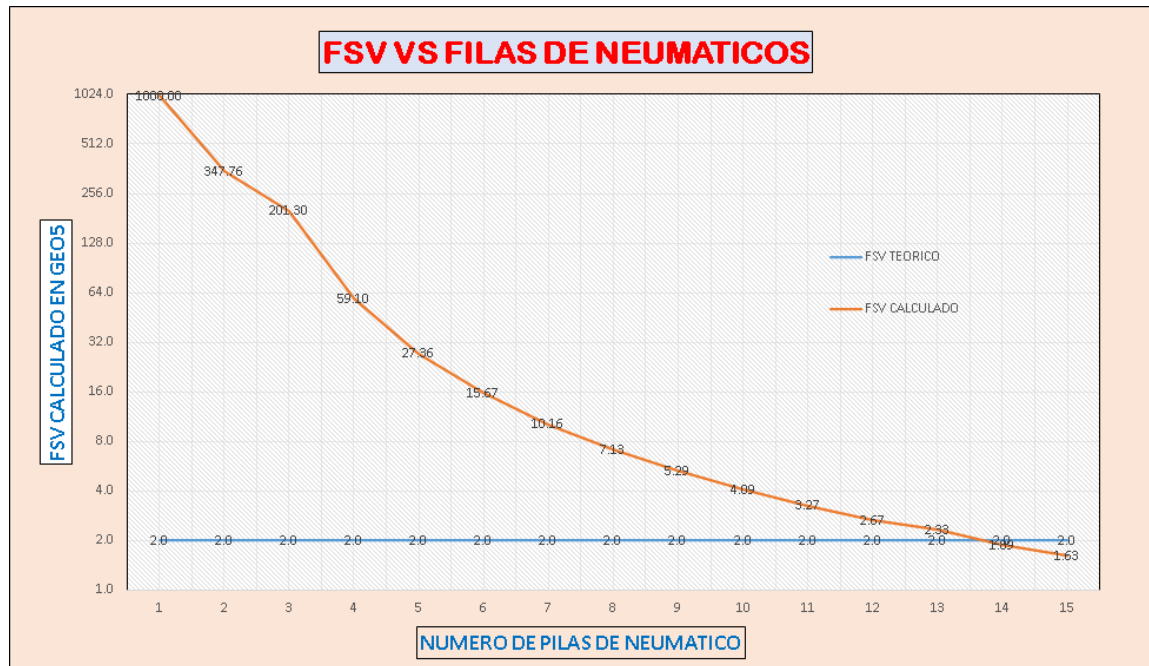


Figura III.50: Comparación de valores calculados y valor teórico del Factor se Seguridad al Vuelco Vs Numero de hileras de Neumático, para muros con base de dos filas y una inclinación de 5° con la vertical

Fuente: Elaboración Propia

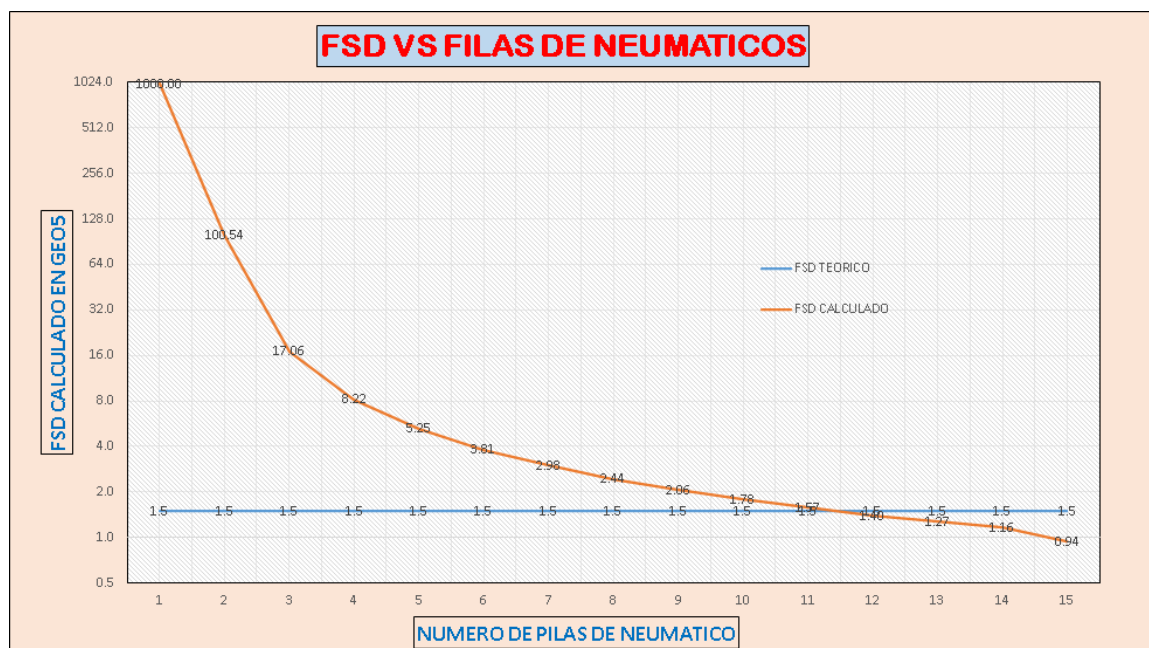


Figura III.51: Comparación de valores calculados y valor teórico del Factor se Seguridad al Deslizamiento Vs Numero de hileras de Neumático, para muros con base de dos filas y una inclinación de 5° con la vertical

3.9.14.3 Muros de contención con 10° de inclinación

El análisis y diseño de este tipo de muros de contención con NFU, debemos tener en cuenta la **Figura III.43** , donde se tiene lo siguiente: $\beta = 10^\circ$, $d = 5\text{cm}$, $H = 4,05\text{m}$

Diseño y análisis en GEO5

Fuente: Elaboración Propia

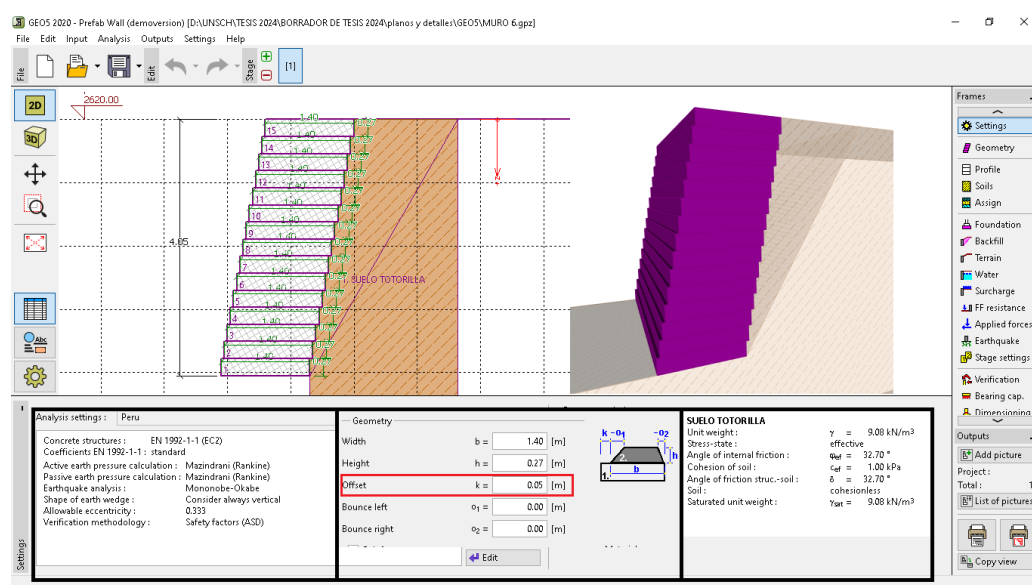


Figura III.52: Entorno del GEO5, con datos incorporados, para una inclinación de 10°

Fuente: Elaboración Propia

NUM. DE HILERAS (UND)	BASE DE MURO (m)	ALTURA DE MURO (m)	PESO DEL MURO (KN)	EMPUJE ACTIVO (KN)	FSV CALCULADO	FSV TEORICO	FSD CALCULADO	FSD TEORICO
1.00	1.40	0.27	2.84	0.00	1000.00	2.0	1000.00	1.5
2.00	1.40	0.54	5.67	0.03	355.12	2.0	100.54	1.5
3.00	1.40	0.81	8.51	0.22	209.69	2.0	17.06	1.5
4.00	1.40	1.08	11.34	0.62	62.74	2.0	8.22	1.5
5.00	1.40	1.35	14.18	1.21	29.57	2.0	5.25	1.5
6.00	1.40	1.62	17.01	2.01	17.24	2.0	3.81	1.5
7.00	1.40	1.89	19.85	3.00	11.36	2.0	2.98	1.5
8.00	1.40	2.16	22.68	4.18	8.10	2.0	2.44	1.5
9.00	1.40	2.43	25.52	5.57	6.11	2.0	2.06	1.5
10.00	1.40	2.70	28.35	7.15	4.79	2.0	1.78	1.5
11.00	1.40	2.97	31.18	8.93	3.88	2.0	1.57	1.5
12.00	1.40	3.24	34.02	10.91	3.22	2.0	1.40	1.5
13.00	1.40	3.51	36.86	13.08	2.72	2.0	1.27	1.5
14.00	1.40	3.78	39.69	15.45	2.34	2.0	1.16	1.5
15.00	1.40	4.05	42.53	18.02	2.04	2.0	0.94	1.5

Figura III.53: Cuadro resumen del análisis de muros de contención, con dos filas de base y una inclinación de 10°, según GEO5

Fuente: Elaboración Propia

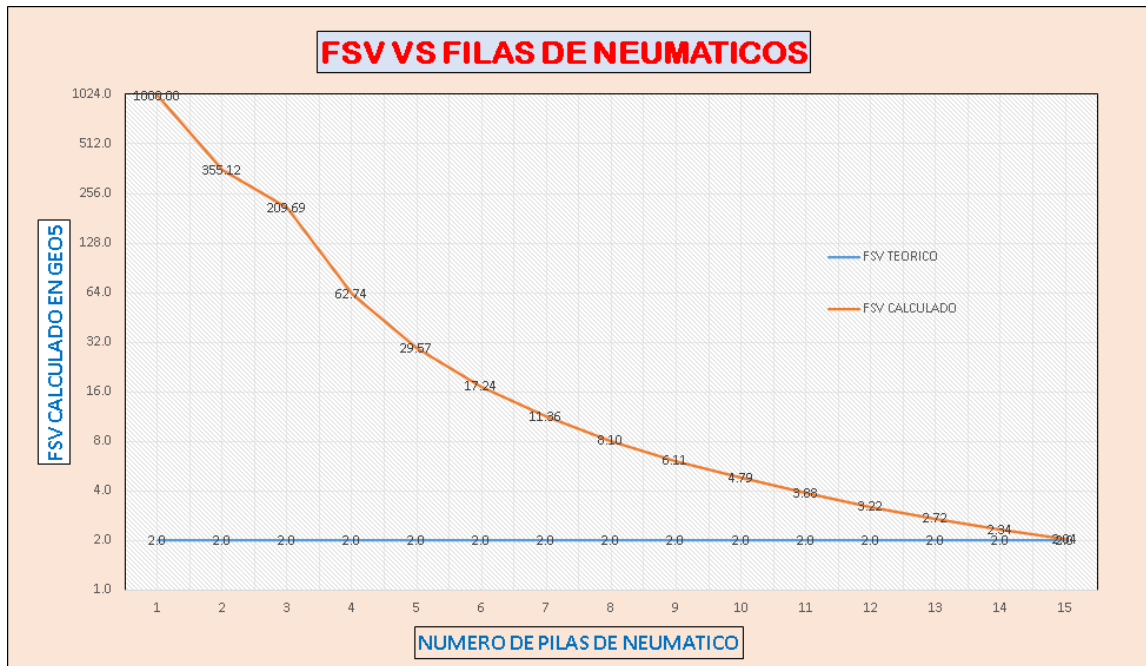


Figura III.54: Comparación de valores calculados y valor teórico del Factor se Seguridad al Vuelco Vs Numero de hileras de Neumático, para muros con base de dos filas y una inclinación de 10° con la vertical

Fuente: Elaboración Propia

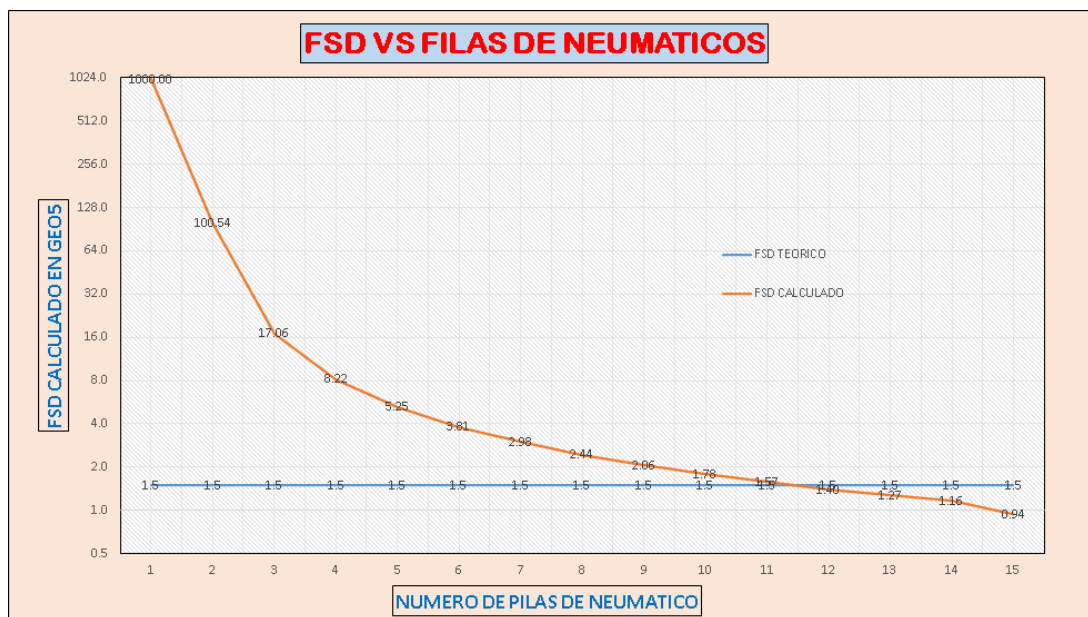


Figura III.55: Comparación de valores calculados y valor teórico del Factor se Seguridad al Deslizamiento Vs Numero de hileras de Neumático, para muros con base de dos filas y una inclinación de 10° con la vertical

3.9.14.4 Muros de contención con 15° de inclinación

El análisis y diseño de este tipo de muros de contención con NFU, debemos tener en cuenta la **Figura III.30** , donde se tiene lo siguiente: $\beta = 15^\circ$, $d = 8\text{cm}$, $H = 4,05\text{m}$

Diseño y análisis en GEO5

Fuente: Elaboración Propia

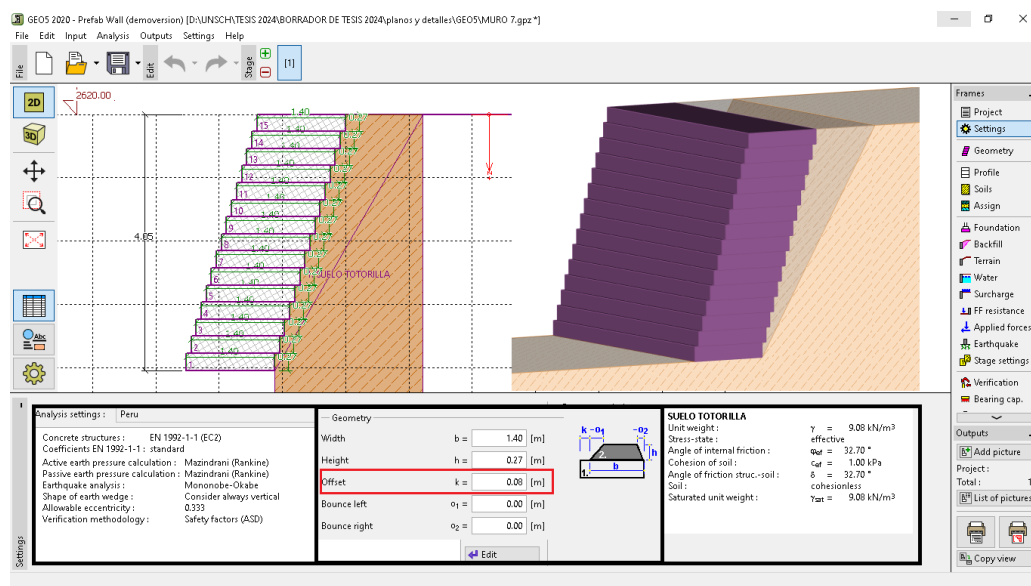


Figura III.56: Entorno del GEO5, con datos incorporados, para una inclinación de 15°

Fuente: Elaboración Propia

NUM. DE HILERAS (UND)	BASE DE MURO (m)	ALTURA DE MURO (m)	PESO DEL MURO (KN)	EMPUJE ACTIVO (KN)	FSV CALCULADO	FSV TEORICO	FSD CALCULADO	FSD TEORICO
1.00	1.40	0.27	2.84	0.00	1000.00	2.0	1000.00	1.5
2.00	1.40	0.54	5.67	0.03	362.42	2.0	100.54	1.5
3.00	1.40	0.81	8.51	0.22	218.08	2.0	17.06	1.5
4.00	1.40	1.08	11.34	0.62	66.39	2.0	8.22	1.5
5.00	1.40	1.35	14.18	1.21	31.79	2.0	5.25	1.5
6.00	1.40	1.62	17.01	2.01	18.81	2.0	3.81	1.5
7.00	1.40	1.89	19.85	3.00	12.56	2.0	2.98	1.5
8.00	1.40	2.16	22.68	4.18	9.07	2.0	2.44	1.5
9.00	1.40	2.43	25.52	5.57	6.92	2.0	2.06	1.5
10.00	1.40	2.70	28.35	7.15	5.49	2.0	1.78	1.5
11.00	1.40	2.97	31.18	8.93	4.49	2.0	1.57	1.5
12.00	1.40	3.24	34.02	10.91	3.76	2.0	1.40	1.5
13.00	1.40	3.51	36.86	13.08	3.21	2.0	1.27	1.5
14.00	1.40	3.78	39.69	15.45	2.78	2.0	1.16	1.5
15.00	1.40	4.05	42.53	18.02	2.45	2.0	0.94	1.5

Figura III.57: Cuadro resumen del análisis de muros de contención, con dos filas de base y una inclinación de 15°, según GEO5

Fuente: Elaboración Propia

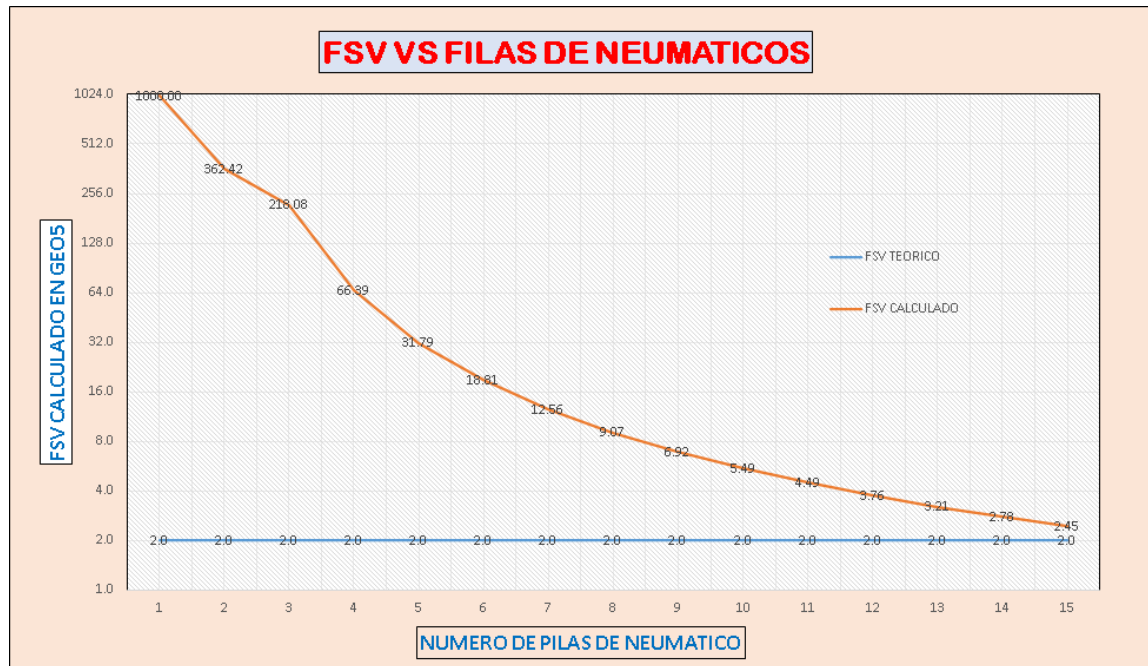


Figura III.58: Comparación de valores calculados y valor teórico del Factor se Seguridad al Vuelco Vs Numero de hileras de Neumático, para muros con base de dos filas y una inclinación de 15° con la vertical

Fuente: Elaboración Propia

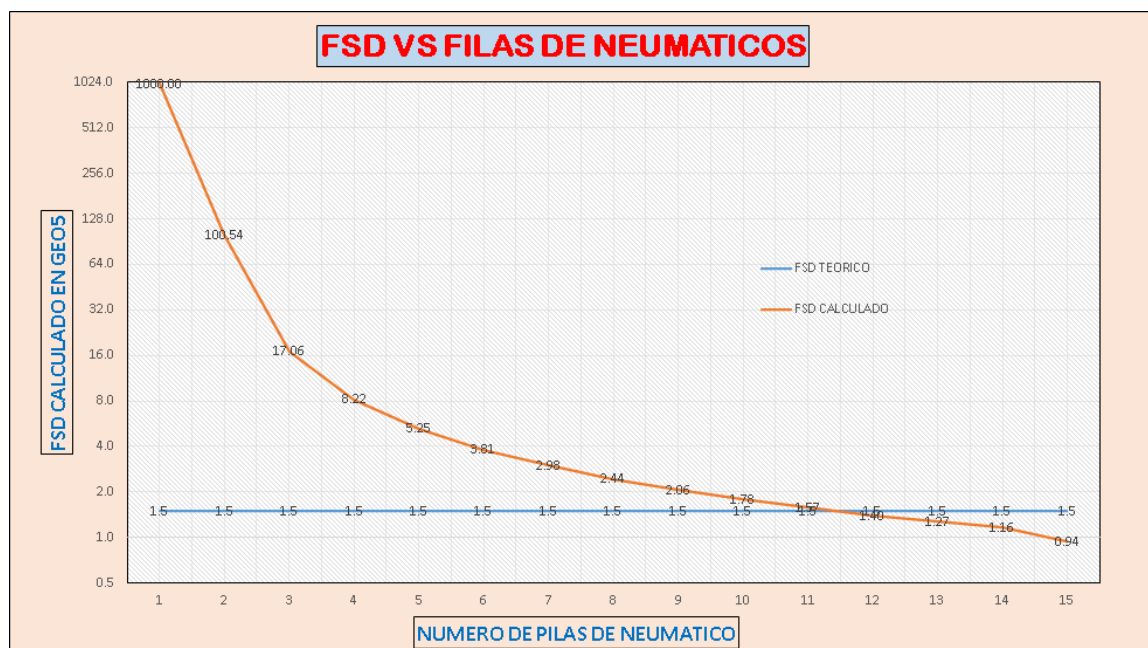
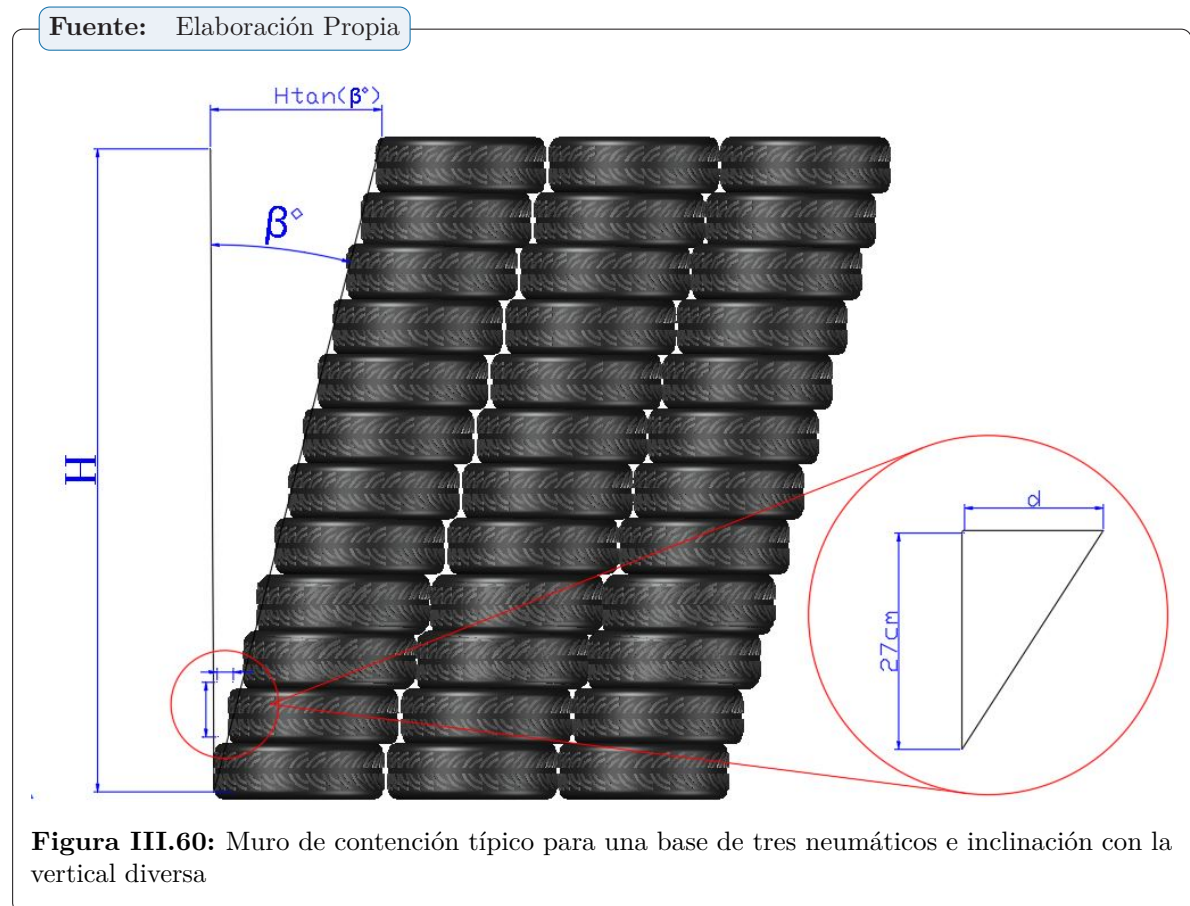


Figura III.59: Comparación de valores calculados y valor teórico del Factor se Seguridad al Deslizamiento Vs Numero de hileras de Neumático, para muros con base de dos filas y una inclinación de 15° con la vertical

3.9.15 Diseño de Muro de Contención con tres neumáticos de base

La propuesta de este tipo de muros de contención es para muros que rondan entre los 3.00m y 4.50 m de altura según el Predimensionamiento propuesto en la Figura III.19.



3.9.15.1 Muro de contención Vertical

El análisis y diseño de este tipo de muros de contención con NFU, está dado para neumáticos apilados verticalmente sobre la base de dos neumáticos, elevándose hasta un total de 19 hileras que hacen un total de 5.13m, además, debemos tener en cuenta la **Figura III.60** , donde se tiene lo siguiente:

$$base = 2,05m$$

$$\beta = 0^\circ.$$

$$d = 0cm$$

$$H = 5,13m$$

Diseño y análisis en GEO5

Fuente: Elaboración Propia

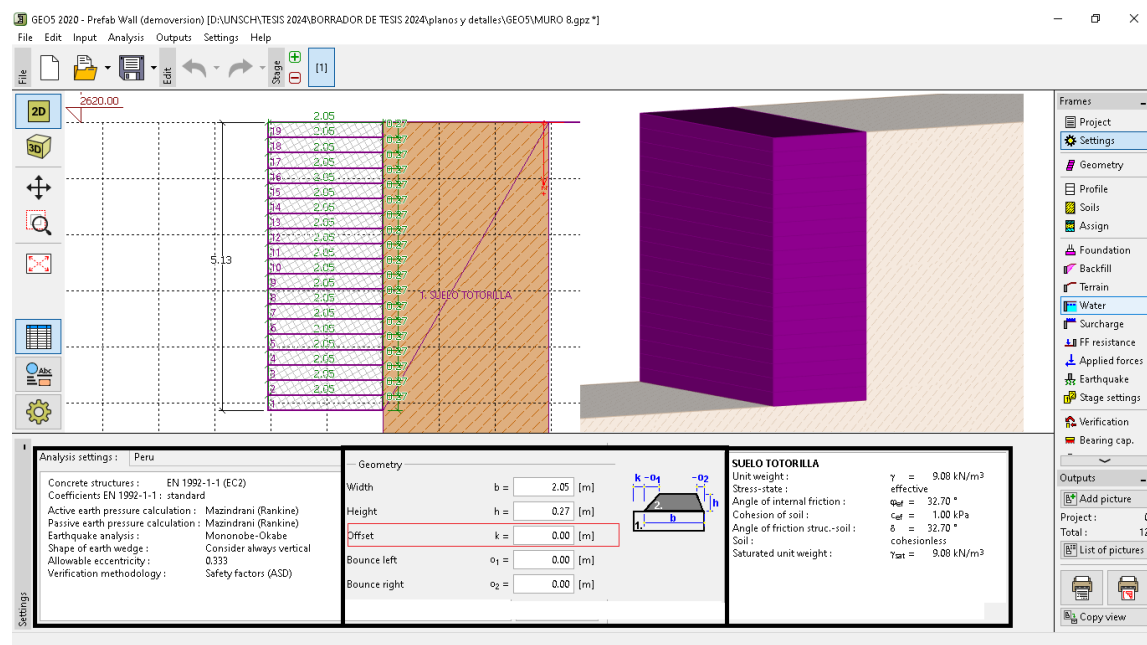


Figura III.61: Entorno del GEO5, con datos incorporados, un muro de tres filas vertical

Fuente: Elaboración Propia

NUM. DE HILERAS (UND)	BASE DE MURO (m)	ALTURA DE MURO (m)	PESO DEL MURO (KN)	EMPUJE ACTIVO (KN)	FSV CALCULADO	FSV TEORICO	FSD CALCULADO	FSD TEORICO
1.00	2.05	0.27	2.84	0.00	1000.00	2.0	1000.00	1.5
2.00	2.05	0.54	8.63	0.03	764.55	2.0	153.11	1.5
3.00	2.05	0.81	12.95	0.22	436.41	2.0	25.98	1.5
4.00	2.05	1.08	17.27	0.62	126.37	2.0	12.52	1.5
5.00	2.05	1.35	21.59	1.21	57.70	2.0	8.00	1.5
6.00	2.05	1.62	25.90	2.01	32.62	2.0	5.81	1.5
7.00	2.05	1.89	30.22	3.00	20.86	2.0	4.54	1.5
8.00	2.05	2.16	34.54	4.18	14.45	2.0	3.72	1.5
9.00	2.05	2.43	38.86	5.57	10.59	2.0	3.14	1.5
10.00	2.05	2.70	43.17	7.15	8.08	2.0	2.72	1.5
11.00	2.05	2.97	47.49	8.93	6.37	2.0	2.39	1.5
12.00	2.05	3.24	51.81	10.91	5.15	2.0	2.14	1.5
13.00	2.05	3.51	56.12	13.08	4.25	2.0	1.93	1.5
14.00	2.05	3.78	60.44	15.45	3.56	2.0	1.76	1.5
15.00	2.05	4.05	64.76	18.02	3.03	2.0	1.62	1.5
16.00	2.05	4.32	69.08	20.79	2.61	2.0	1.49	1.5
17.00	2.05	4.59	73.39	23.76	2.27	2.0	1.39	1.5
18.00	2.05	4.86	77.71	26.92	1.99	2.0	1.30	1.5
19.00	2.05	5.13	82.03	30.28	1.76	2.0	1.08	1.5

Figura III.62: Cuadro resumen del análisis de muros de contención vertical de tres filas, según GEO5

Fuente: Elaboración Propia

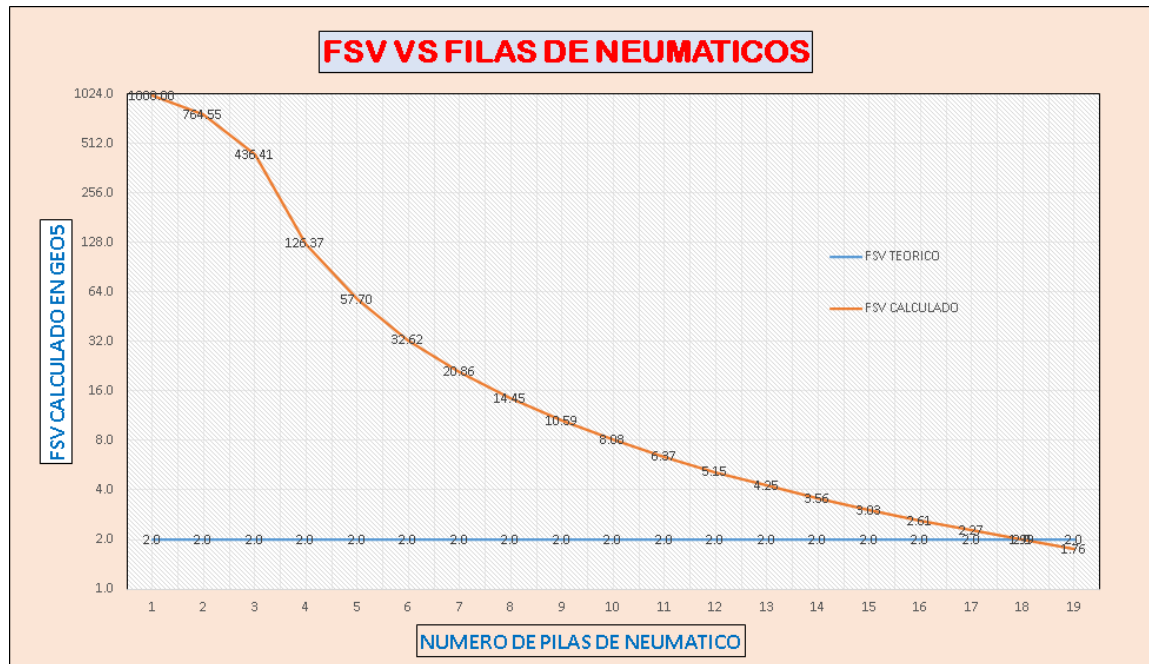


Figura III.63: Comparación de valores calculados y valor teórico del Factor se Seguridad al Vuelco Vs Numero de hileras de Neumáticos

Fuente: Elaboración Propia

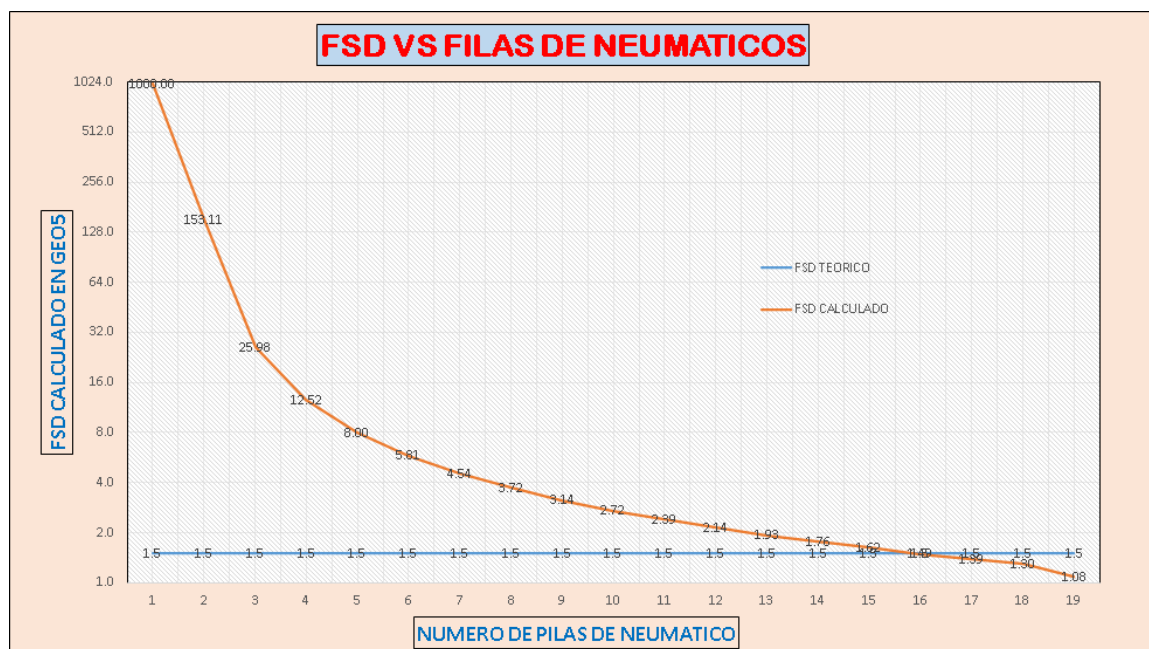
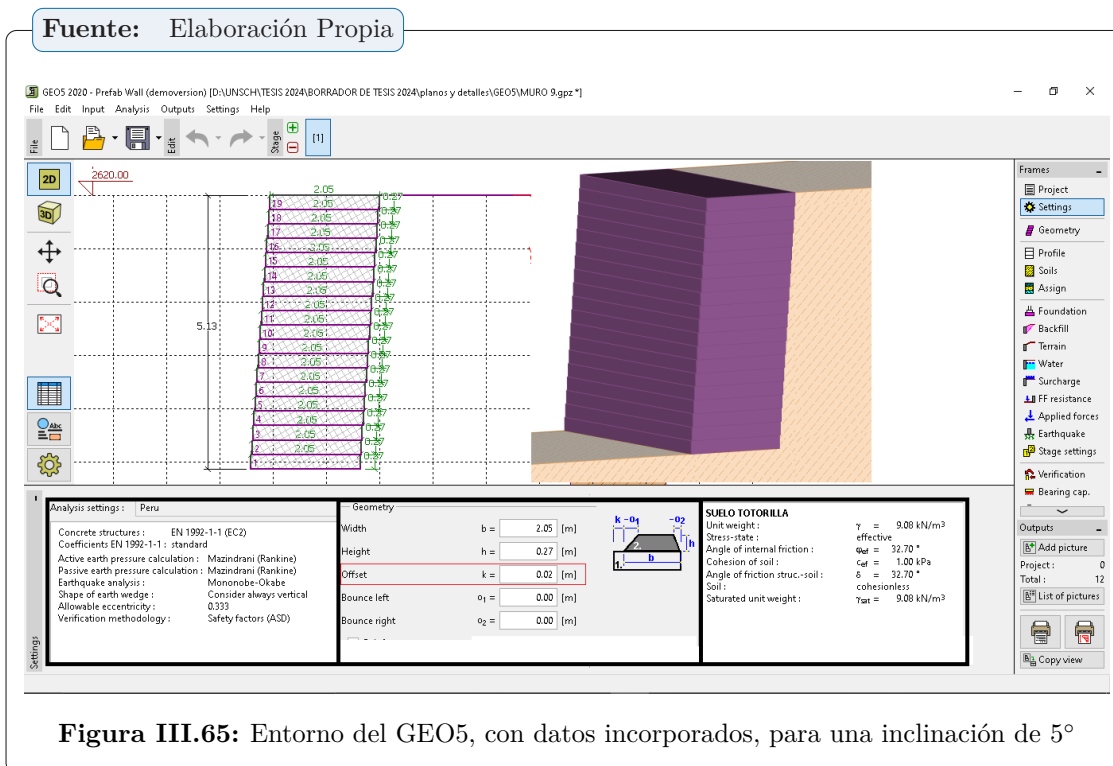


Figura III.64: Comparación de valores calculados y valor teórico del Factor se Seguridad al Deslizamiento Vs Numero de hileras de Neumático

3.9.15.2 Muro de contención con 5° de inclinación respecto a la vertical

El análisis y diseño de este tipo de muros de contención con NFU, debemos tener en cuenta los siguiente en la **Figura III.60**: $base = 2,05m$, $\beta = 5^\circ$, $d = 2cm$, $H = 5,13m$

Diseño y análisis en GEO5



Fuente: Elaboración Propia

NUM. DE HILERAS (UND)	BASE DE MURO (m)	ALTURA DE MURO (m)	PESO DEL MURO (KN)	EMPUJE ACTIVO (KN)	FSV CALCULADO	FSV TEORICO	FSD CALCULADO	FSD TEORICO
1.00	2.05	0.27	2.84	0.00	1000.00	2.0	1000.00	1.5
2.00	2.05	0.54	8.63	0.03	772.01	2.0	153.11	1.5
3.00	2.05	0.81	12.95	0.22	444.93	2.0	25.98	1.5
4.00	2.05	1.08	17.27	0.62	130.07	2.0	12.52	1.5
5.00	2.05	1.35	21.59	1.21	59.95	2.0	8.00	1.5
6.00	2.05	1.62	25.90	2.01	34.21	2.0	5.81	1.5
7.00	2.05	1.89	30.22	3.00	22.08	2.0	4.54	1.5
8.00	2.05	2.16	34.54	4.18	15.44	2.0	3.72	1.5
9.00	2.05	2.43	38.86	5.57	11.42	2.0	3.14	1.5
10.00	2.05	2.70	43.17	7.15	8.79	2.0	2.72	1.5
11.00	2.05	2.97	47.49	8.93	6.99	2.0	2.39	1.5
12.00	2.05	3.24	51.81	10.91	5.70	2.0	2.14	1.5
13.00	2.05	3.51	56.12	13.08	4.74	2.0	1.93	1.5
14.00	2.05	3.78	60.44	15.45	4.01	2.0	1.76	1.5
15.00	2.05	4.05	64.76	18.02	3.44	2.0	1.62	1.5
16.00	2.05	4.32	69.08	20.79	2.99	2.0	1.49	1.5
17.00	2.05	4.59	73.39	23.76	2.62	2.0	1.39	1.5
18.00	2.05	4.86	77.71	26.92	2.32	2.0	1.30	1.5
19.00	2.05	5.13	82.03	30.28	2.07	2.0	1.08	1.5

Figura III.66: Cuadro resumen del análisis de muros de contención, con tres filas de base y una inclinación de 5°, según GEO5

Fuente: Elaboración Propia

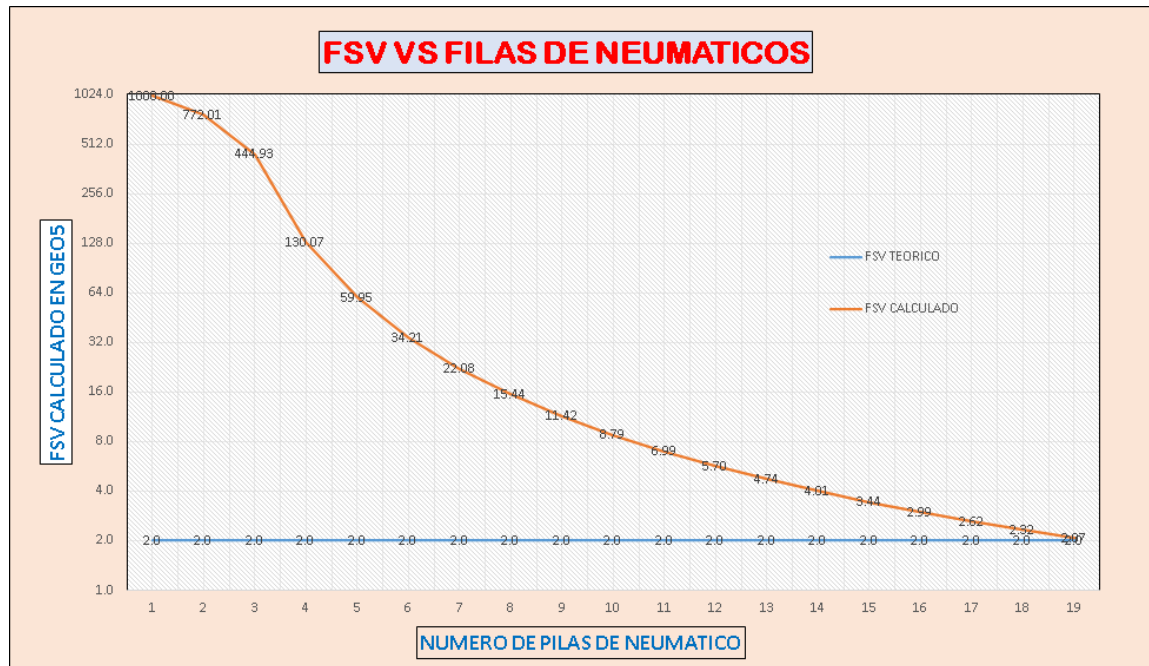


Figura III.67: Comparación de valores calculados y valor teórico del Factor de Seguridad al Vuelco Vs Numero de hileras de Neumático, para muros con base de tres filas y una inclinación de 5° con la vertical

Fuente: Elaboración Propia

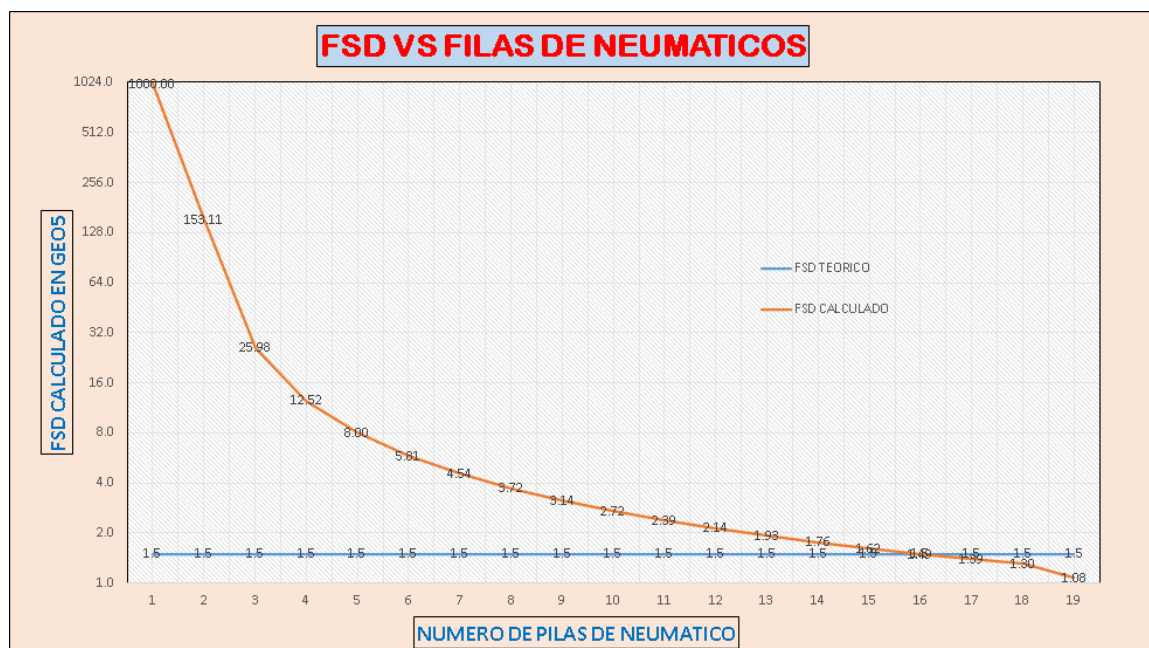


Figura III.68: Comparación de valores calculados y valor teórico del Factor de Seguridad al Deslizamiento Vs Numero de hileras de Neumático, para muros con base de tres filas y una inclinación de 5° con la vertical

3.9.15.3 Muros de contención con 10° de inclinación

El análisis y diseño de este tipo de muros de contención con NFU, debemos tener en cuenta la **Figura III.43** , donde se tiene lo siguiente: $\beta = 10^\circ$, $d = 5\text{cm}$, $H = 5,13\text{m}$

Diseño y análisis en GEO5

Fuente: Elaboración Propia

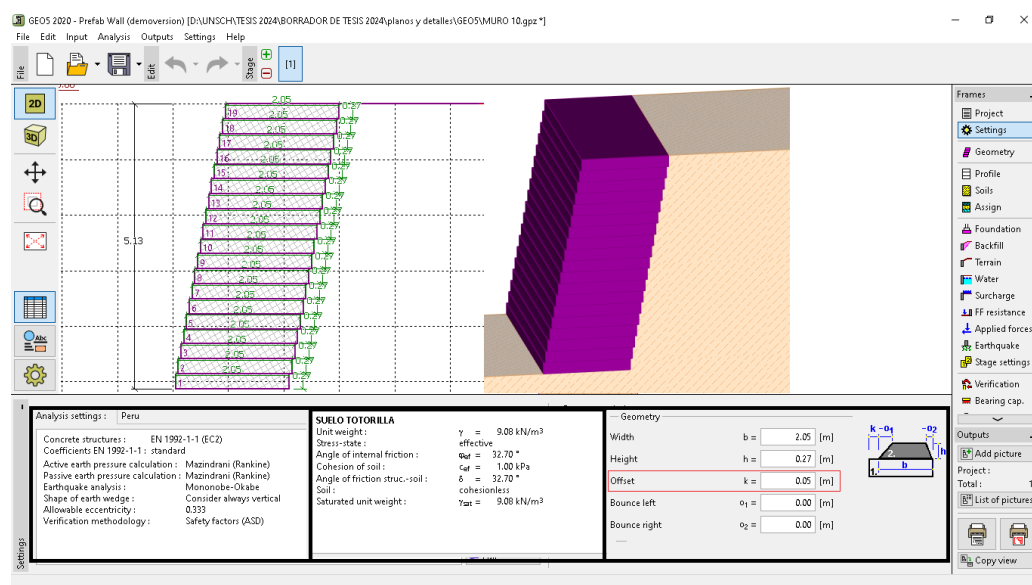


Figura III.69: Entorno del GEO5, con datos incorporados, para una inclinación de 10°

Fuente: Elaboración Propia

NUM. DE HILERAS (UND)	BASE DE MURO (m)	ALTURA DE MURO (m)	PESO DEL MURO (KN)	EMPUJE ACTIVO (KN)	FSV CALCULADO	FSV TEORICO	FSD CALCULADO	FSD TEORICO
1.00	2.05	0.27	2.84	0.00	1000.00	2.0	1000.00	1.5
2.00	2.05	0.54	8.63	0.03	783.20	2.0	153.11	1.5
3.00	2.05	0.81	12.95	0.22	457.70	2.0	25.98	1.5
4.00	2.05	1.08	17.27	0.62	135.62	2.0	12.52	1.5
5.00	2.05	1.35	21.59	1.21	63.33	2.0	8.00	1.5
6.00	2.05	1.62	25.90	2.01	36.60	2.0	5.81	1.5
7.00	2.05	1.89	30.22	3.00	23.92	2.0	4.54	1.5
8.00	2.05	2.16	34.54	4.18	16.92	2.0	3.72	1.5
9.00	2.05	2.43	38.86	5.57	12.65	2.0	3.14	1.5
10.00	2.05	2.70	43.17	7.15	9.86	2.0	2.72	1.5
11.00	2.05	2.97	47.49	8.93	7.93	2.0	2.39	1.5
12.00	2.05	3.24	51.81	10.91	6.53	2.0	2.14	1.5
13.00	2.05	3.51	56.12	13.08	5.49	2.0	1.93	1.5
14.00	2.05	3.78	60.44	15.45	4.69	2.0	1.76	1.5
15.00	2.05	4.05	64.76	18.02	4.06	2.0	1.62	1.5
16.00	2.05	4.32	69.08	20.79	3.56	2.0	1.49	1.5
17.00	2.05	4.59	73.39	23.76	3.15	2.0	1.39	1.5
18.00	2.05	4.86	77.71	26.92	2.82	2.0	1.30	1.5
19.00	2.05	5.13	82.03	30.28	2.54	2.0	1.08	1.5

Figura III.70: Cuadro resumen del análisis de muros de contención, con tres filas de base y una inclinación de 10°, según GEO5

Fuente: Elaboración Propia

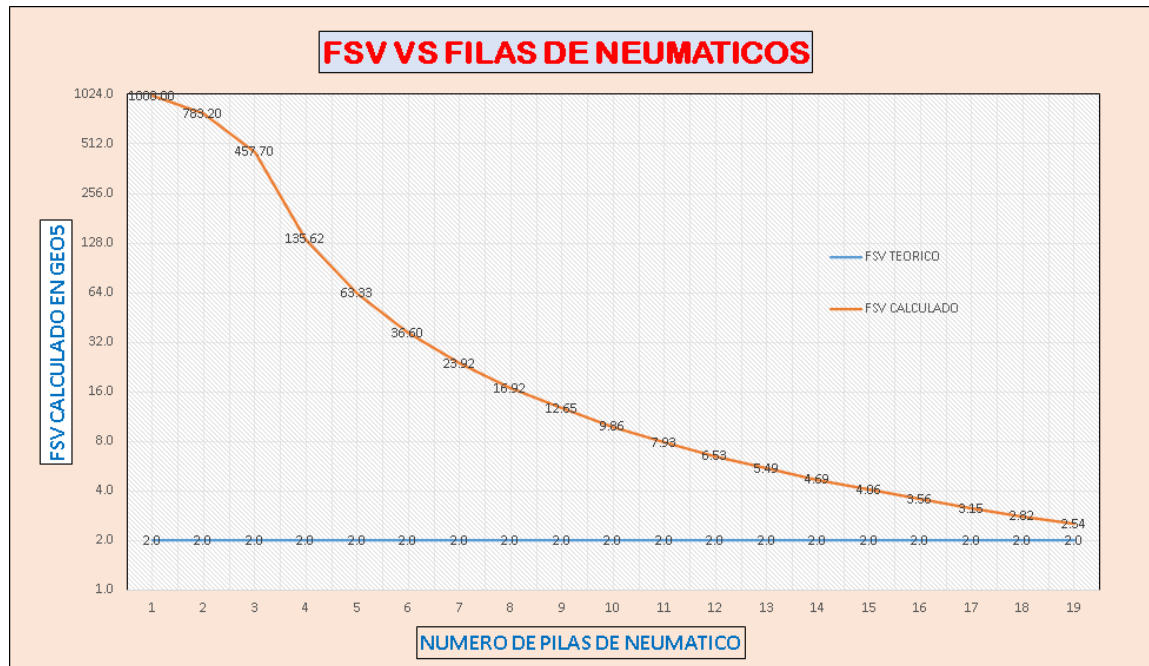


Figura III.71: Comparación de valores calculados y valor teórico del Factor se Seguridad al Vuelco Vs Numero de hileras de Neumático, para muros con base de tres filas y una inclinación de 10° con la vertical

Fuente: Elaboración Propia

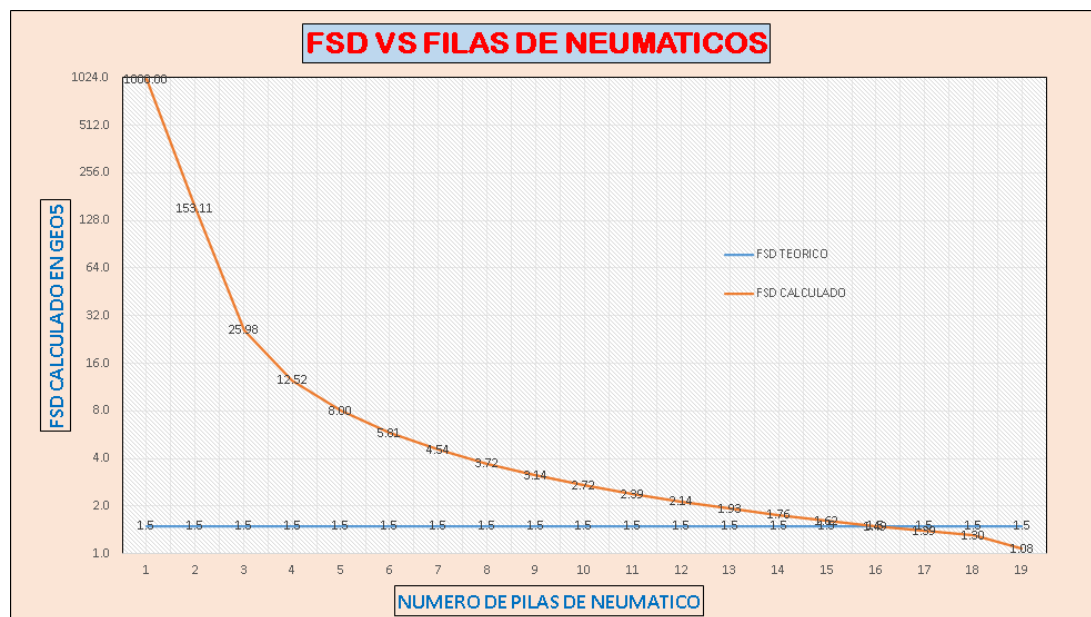


Figura III.72: Comparación de valores calculados y valor teórico del Factor se Seguridad al Deslizamiento Vs Numero de hileras de Neumático, para muros con base de tres filas y una inclinación de 10° con la vertical

3.9.15.4 Muros de contención con 15° de inclinación

El análisis y diseño de este tipo de muros de contención con NFU, debemos tener en cuenta la **Figura III.30** , donde se tiene lo siguiente: $\beta = 15^\circ$, $d = 8cm$, $H = 5,13m$

Diseño y análisis en GEO5

Fuente: Elaboración Propia

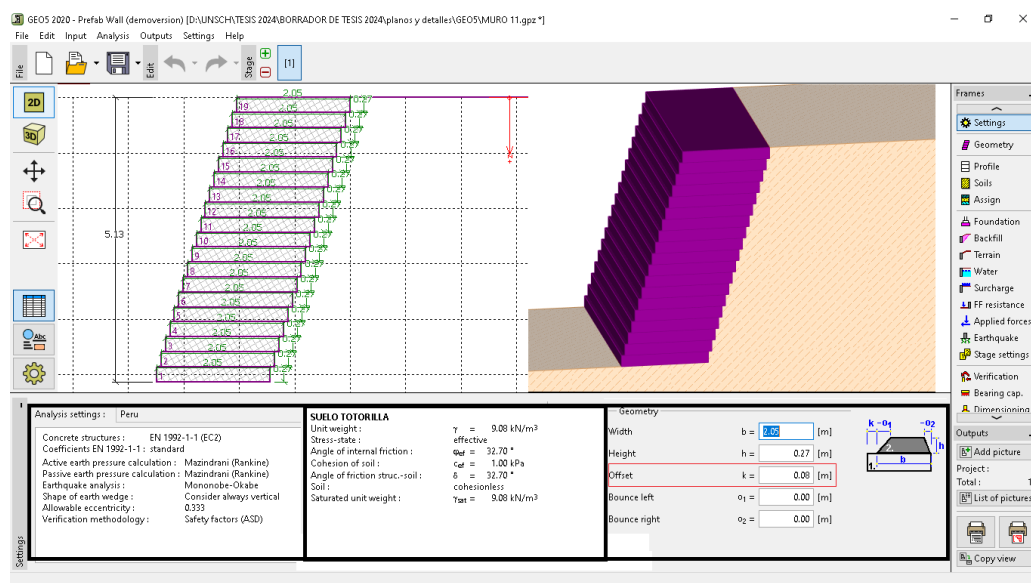


Figura III.73: Entorno del GEO5, con datos incorporados, para una inclinación de 15°

Fuente: Elaboración Propia

NUM. DE HILERAS (UND)	BASE DE MURO (m)	ALTURA DE MURO (m)	PESO DEL MURO (KN)	EMPUJE ACTIVO (KN)	FSV CALCULADO	FSV TEORICO	FSD CALCULADO	FSD TEORICO
1.00	2.05	0.27	2.84	0.00	1000.00	2.0	1000.00	1.5
2.00	2.05	0.54	8.63	0.03	812.32	2.0	153.11	1.5
3.00	2.05	0.81	12.95	0.22	501.21	2.0	25.98	1.5
4.00	2.05	1.08	17.27	0.62	190.10	2.0	12.52	1.5
5.00	2.05	1.35	21.59	1.21	84.23	2.0	8.00	1.5
6.00	2.05	1.62	25.90	2.01	45.20	2.0	5.81	1.5
7.00	2.05	1.89	30.22	3.00	27.35	2.0	4.54	1.5
8.00	2.05	2.16	34.54	4.18	17.25	2.0	3.72	1.5
9.00	2.05	2.43	38.86	5.57	13.89	2.0	3.14	1.5
10.00	2.05	2.70	43.17	7.15	10.92	2.0	2.72	1.5
11.00	2.05	2.97	47.49	8.93	8.86	2.0	2.39	1.5
12.00	2.05	3.24	51.81	10.91	7.36	2.0	2.14	1.5
13.00	2.05	3.51	56.12	13.08	6.24	2.0	1.93	1.5
14.00	2.05	3.78	60.44	15.45	5.37	2.0	1.76	1.5
15.00	2.05	4.05	64.76	18.02	4.68	2.0	1.62	1.5
16.00	2.05	4.32	69.08	20.79	4.14	2.0	1.49	1.5
17.00	2.05	4.59	73.39	23.76	3.69	2.0	1.39	1.5
18.00	2.05	4.86	77.71	26.92	3.31	2.0	1.30	1.5
19.00	2.05	5.13	82.03	30.28	3.00	2.0	1.08	1.5

Figura III.74: Cuadro resumen del análisis de muros de contención, con tres filas de base y una inclinación de 15°, según GEO5

Fuente: Elaboración Propia

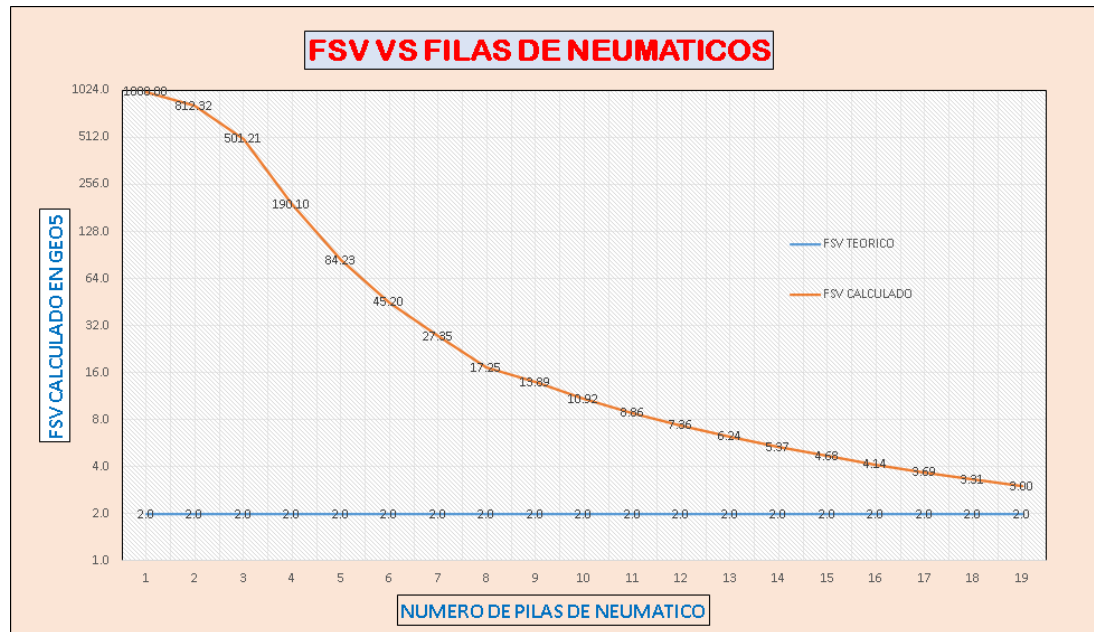


Figura III.75: Comparación de valores calculados y valor teórico del Factor de Seguridad al Vuelco Vs Numero de hileras de Neumático, para muros con base de tres filas y una inclinación de 15° con la vertical

Fuente: Elaboración Propia

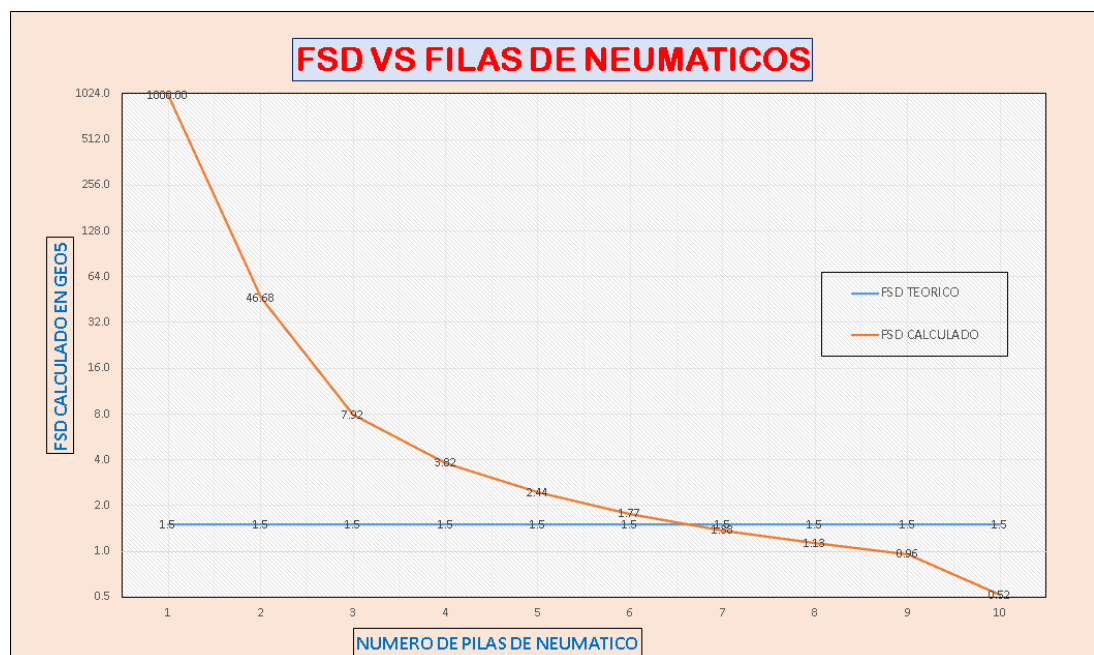


Figura III.76: Comparación de valores calculados y valor teórico del Factor de Seguridad al Deslizamiento Vs Numero de hileras de Neumático, para muros con base de tres filas y una inclinación de 15° con la vertical

3.9.16 Diseño de Muro de Contención con cuatro neumáticos de base

La propuesta de este tipo de muros de contención es para muros que rondan entre los 4.50m y 6.15 m de altura según el Predimensionamiento propuesto en la Figura III.19.

Fuente: Elaboración Propia

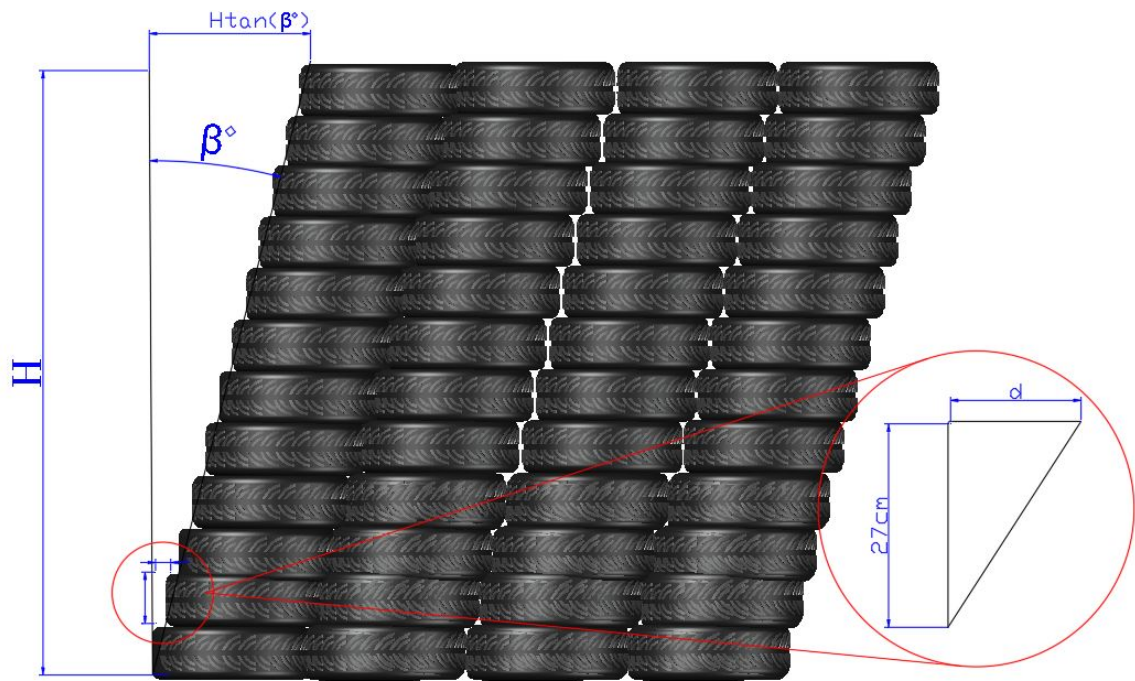


Figura III.77: Muro de contención típico para una base de cuatro neumáticos e inclinación con la vertical diversa

3.9.16.1 Muro de contención Vertical

El análisis y diseño de este tipo de muros de contención con NFU, esta dado para neumáticos apilados verticalmente sobre la base de dos neumáticos, elevándose hasta un total de 23 hileras que hacen un total de 6.21m, una base de 2.70m y también debemos tener en cuenta la **Figura III.77** , donde se tiene lo siguiente:

$$\text{base} = 2,70\text{m}$$

$$\beta = 0^\circ.$$

$$d = 0\text{cm}$$

$$H = 6,21\text{m}$$

Diseño y análisis en GEO5

Fuente: Elaboración Propia

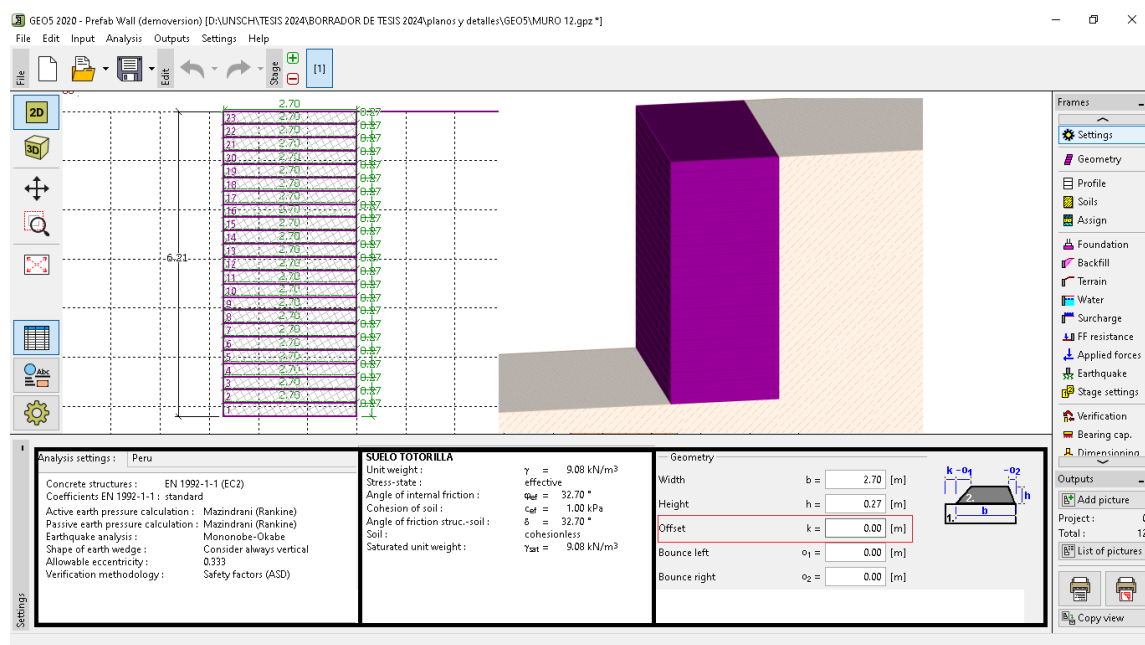


Figura III.78: Entorno del GEO5, con datos incorporados, un muro de cuatro filas vertical

Fuente: Elaboración Propia

NUM. DE HILERAS (UND)	BASE DE MURO (m)	ALTURA DE MURO (m)	PESO DEL MURO (KN)	EMPUJE ACTIVO (KN)	FSV CALCULADO	FSV TEORICO	FSD CALCULADO	FSD TEORICO
1.00	2.70	0.27	5.83	0.00	10000.00	2.0	10000.00	1.5
2.00	2.70	0.54	11.66	0.03	1360.27	2.0	206.83	1.5
3.00	2.70	0.81	17.50	0.22	776.45	2.0	35.10	1.5
4.00	2.70	1.08	23.33	0.62	224.84	2.0	16.91	1.5
5.00	2.70	1.35	29.16	1.21	102.66	2.0	10.80	1.5
6.00	2.70	1.62	34.99	2.01	58.04	2.0	7.85	1.5
7.00	2.70	1.89	40.82	3.00	37.12	2.0	6.13	1.5
8.00	2.70	2.16	46.66	4.18	25.71	2.0	5.02	1.5
9.00	2.70	2.43	52.49	5.57	18.84	2.0	4.24	1.5
10.00	2.70	2.70	58.32	7.15	14.38	2.0	3.67	1.5
11.00	2.70	2.97	64.15	8.93	11.34	2.0	3.23	1.5
12.00	2.70	3.24	69.98	10.91	9.16	2.0	2.89	1.5
13.00	2.70	3.51	75.82	13.08	7.56	2.0	2.61	1.5
14.00	2.70	3.78	81.65	15.45	6.34	2.0	2.38	1.5
15.00	2.70	4.05	87.48	18.02	5.39	2.0	2.18	1.5
16.00	2.70	4.32	93.31	20.79	4.64	2.0	2.02	1.5
17.00	2.70	4.59	99.14	23.76	4.04	2.0	1.88	1.5
18.00	2.70	4.86	104.98	26.93	3.54	2.0	1.75	1.5
19.00	2.70	5.13	110.81	30.29	3.15	2.0	1.65	1.5
20.00	2.70	5.40	116.64	33.84	2.79	2.0	1.55	1.5
21.00	2.70	5.67	122.47	37.59	2.51	2.0	1.47	1.5
22.00	2.70	5.94	128.30	41.55	2.26	2.0	1.39	1.5
23.00	2.70	6.21	134.45	45.70	2.05	2.0	1.17	1.5

Figura III.79: Cuadro resumen del análisis de muros de contención vertical de cuatro filas, según GEO5

Fuente: Elaboración Propia

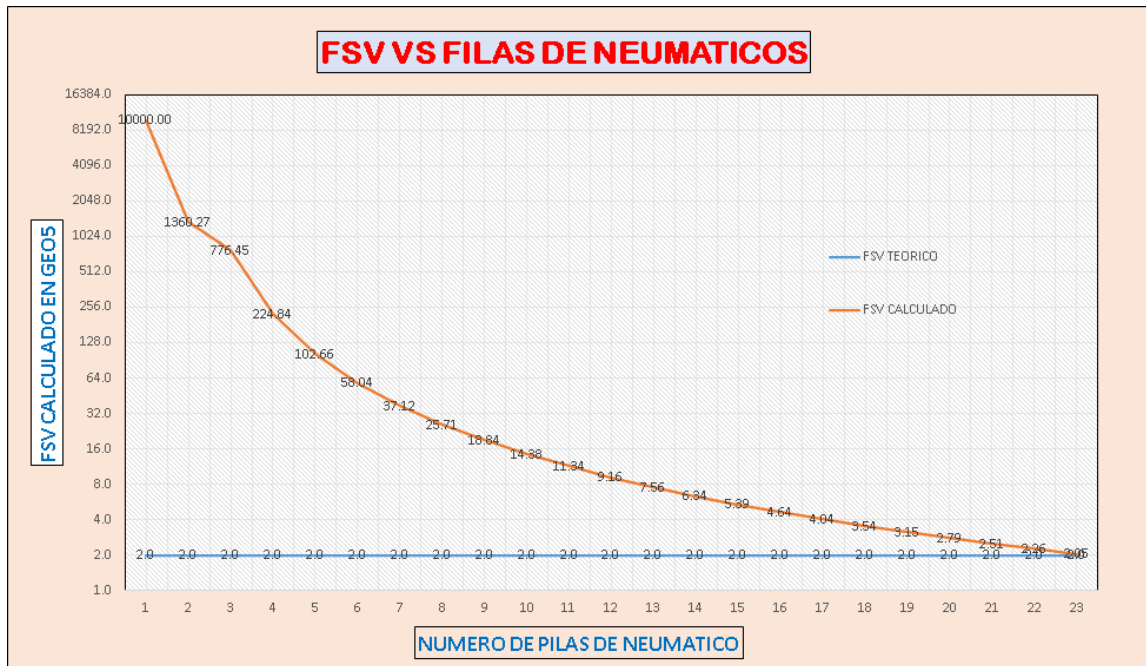


Figura III.80: Comparación de valores calculados y valor teórico del Factor se Seguridad al Vuelco Vs Numero de hileras de Neumáticos

Fuente: Elaboración Propia

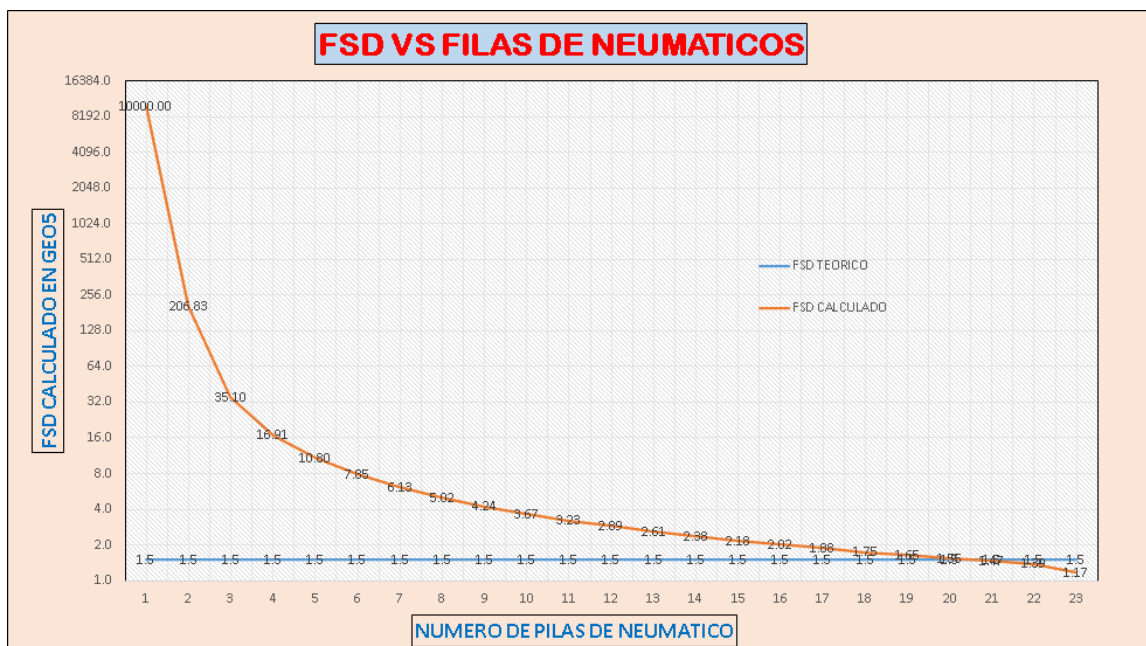


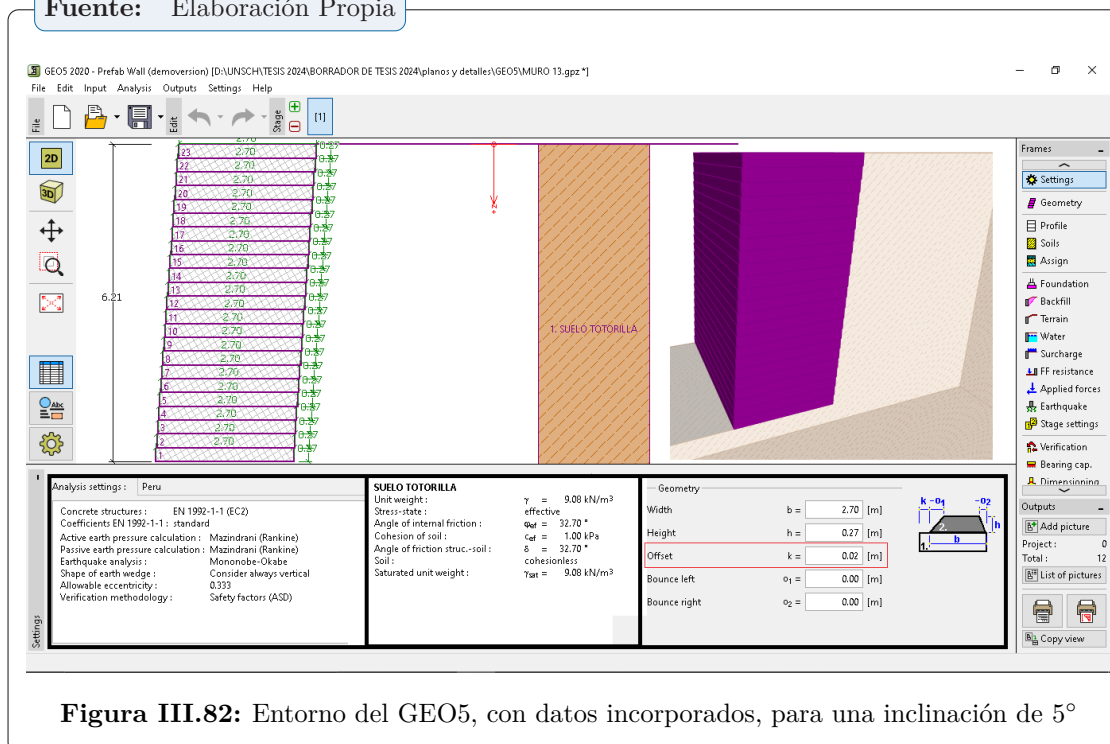
Figura III.81: Comparación de valores calculados y valor teórico del Factor se Seguridad al Deslizamiento Vs Numero de hileras de Neumático

3.9.16.2 Muro de contención con 5° de inclinación respecto a la vertical

El análisis y diseño de este tipo de muros de contención con NFU, debemos tener en cuenta los siguiente en la **Figura III.77**: $base = 2,70m$, $\beta = 5^\circ$, $d = 2cm$, $H = 6,21m$

Diseño y análisis en GEO5

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

NUM. DE HILERAS (UND)	BASE DE MURO (m)	ALTURA DE MURO (m)	PESO DEL MURO (KN)	EMPUJE ACTIVO (KN)	FSV CALCULADO	FSV TEORICO	FSD CALCULADO	FSD TEORICO
1.00	2.70	0.27	5.83	0.00	10000.00	2.0	10000.00	1.5
2.00	2.70	0.54	11.66	0.03	1370.34	2.0	206.83	1.5
3.00	2.70	0.81	17.50	0.22	787.95	2.0	35.10	1.5
4.00	2.70	1.08	23.33	0.62	229.83	2.0	16.91	1.5
5.00	2.70	1.35	29.16	1.21	105.70	2.0	10.80	1.5
6.00	2.70	1.62	34.99	2.01	60.19	2.0	7.85	1.5
7.00	2.70	1.89	40.82	3.00	38.77	2.0	6.13	1.5
8.00	2.70	2.16	46.66	4.18	27.05	2.0	5.02	1.5
9.00	2.70	2.43	52.49	5.57	19.96	2.0	4.24	1.5
10.00	2.70	2.70	58.32	7.15	15.34	2.0	3.67	1.5
11.00	2.70	2.97	64.15	8.93	12.18	2.0	3.23	1.5
12.00	2.70	3.24	69.98	10.91	9.91	2.0	2.89	1.5
13.00	2.70	3.51	75.82	13.08	8.23	2.0	2.61	1.5
14.00	2.70	3.78	81.65	15.45	6.95	2.0	2.38	1.5
15.00	2.70	4.05	87.48	18.02	5.95	2.0	2.18	1.5
16.00	2.70	4.32	93.31	20.79	5.16	2.0	2.02	1.5
17.00	2.70	4.59	99.14	23.76	4.52	2.0	1.88	1.5
18.00	2.70	4.86	104.98	26.93	3.99	2.0	1.75	1.5
19.00	2.70	5.13	110.81	30.29	3.55	2.0	1.65	1.5
20.00	2.70	5.40	116.64	33.84	3.19	2.0	1.55	1.5
21.00	2.70	5.67	122.47	37.59	2.88	2.0	1.47	1.5
22.00	2.70	5.94	128.30	41.55	2.61	2.0	1.39	1.5
23.00	2.70	6.21	134.45	45.70	2.38	2.0	1.17	1.5

Figura III.83: Cuadro resumen del análisis de muros de contención, con cuatro filas de base y una inclinación de 5°, según GEO5

Fuente: Elaboración Propia

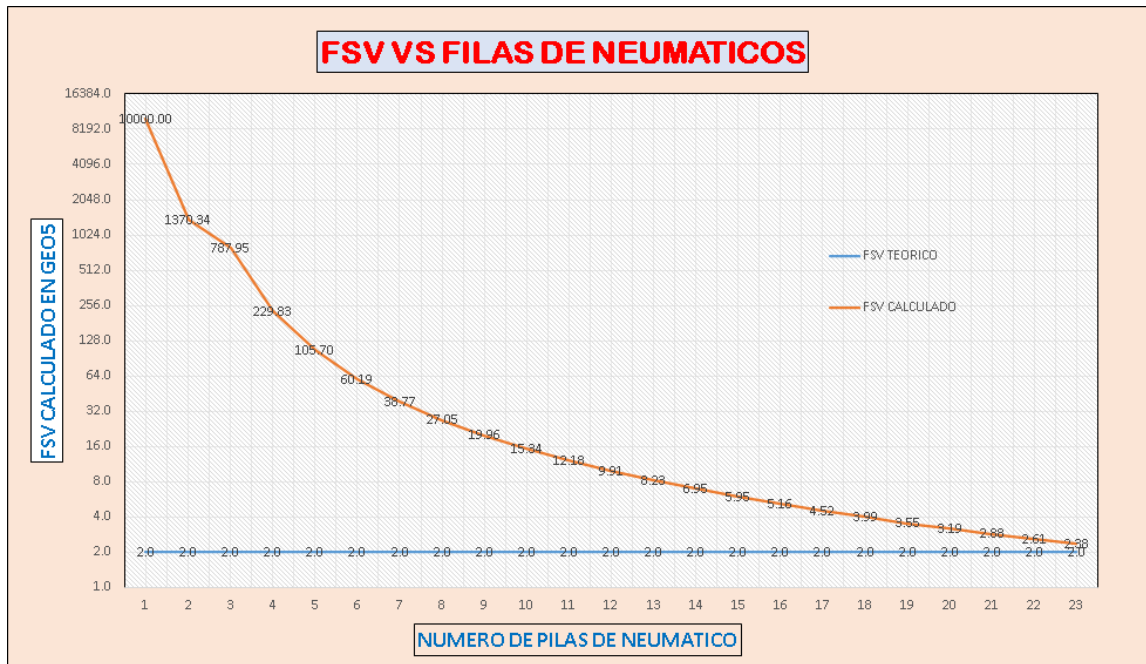


Figura III.84: Comparación de valores calculados y valor teórico del Factor se Seguridad al Vuelco Vs Numero de hileras de Neumático, para muros con base de cuatro filas y una inclinación de 5° con la vertical

Fuente: Elaboración Propia

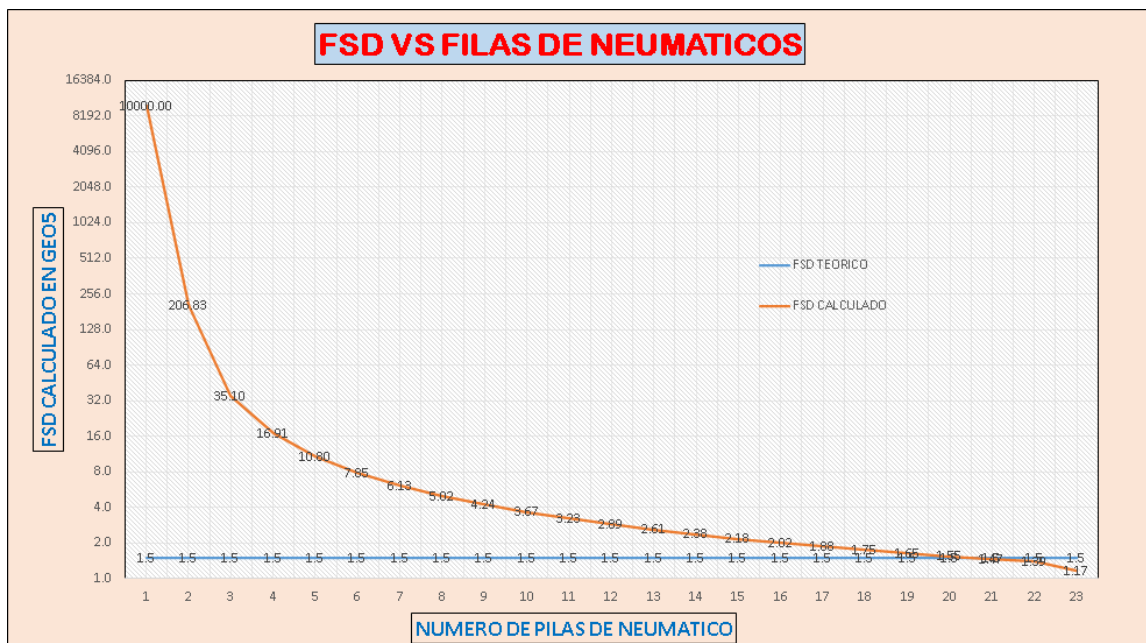


Figura III.85: Comparación de valores calculados y valor teórico del Factor se Seguridad al Deslizamiento Vs Numero de hileras de Neumático, para muros con base de cuatro filas y una inclinación de 5° con la vertical

3.9.16.3 Muros de contención con 10° de inclinación

El análisis y diseño de este tipo de muros de contención con NFU, debemos tener en cuenta la **Figura III.77** , donde se tiene lo siguiente: $\beta = 10^\circ$, $d = 5\text{cm}$, $H = 6,21\text{m}$

Fuente: Elaboración Propia

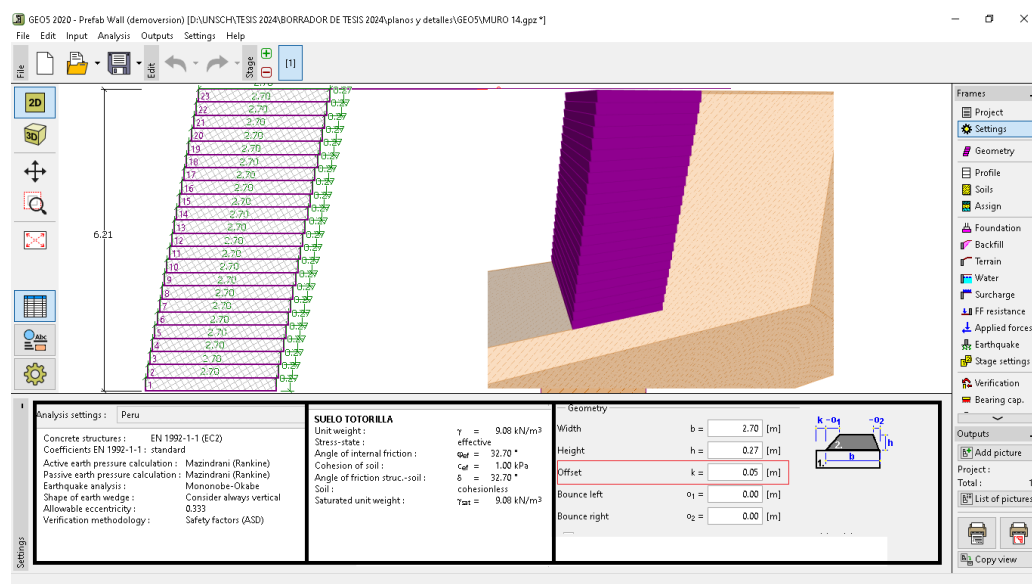


Figura III.86: Entorno del GEO5, con datos incorporados, para una inclinación de 10°

Fuente: Elaboración Propia

NUM. DE HILERAS (UND)	BASE DE MURO (m)	ALTURA DE MURO (m)	PESO DEL MURO (KN)	EMPUJE ACTIVO (KN)	FSV CALCULADO	FSV TEORICO	FSD CALCULADO	FSD TEORICO
1.00	2.70	0.27	5.83	0.00	10000.00	2.0	10000.00	1.5
2.00	2.70	0.54	11.66	0.03	1385.46	2.0	206.83	1.5
3.00	2.70	0.81	17.50	0.22	805.20	2.0	35.10	1.5
4.00	2.70	1.08	23.33	0.62	237.33	2.0	16.91	1.5
5.00	2.70	1.35	29.16	1.21	110.27	2.0	10.80	1.5
6.00	2.70	1.62	34.99	2.01	63.41	2.0	7.85	1.5
7.00	2.70	1.89	40.82	3.00	41.24	2.0	6.13	1.5
8.00	2.70	2.16	46.66	4.18	29.05	2.0	5.02	1.5
9.00	2.70	2.43	52.49	5.57	21.63	2.0	4.24	1.5
10.00	2.70	2.70	58.32	7.15	16.78	2.0	3.67	1.5
11.00	2.70	2.97	64.15	8.93	13.44	2.0	3.23	1.5
12.00	2.70	3.24	69.98	10.91	11.03	2.0	2.89	1.5
13.00	2.70	3.51	75.82	13.08	9.23	2.0	2.61	1.5
14.00	2.70	3.78	81.65	15.45	7.86	2.0	2.38	1.5
15.00	2.70	4.05	87.48	18.02	6.79	2.0	2.18	1.5
16.00	2.70	4.32	93.31	20.79	5.93	2.0	2.02	1.5
17.00	2.70	4.59	99.14	23.76	5.23	2.0	1.88	1.5
18.00	2.70	4.86	104.98	26.93	4.46	2.0	1.75	1.5
19.00	2.70	5.13	110.81	30.29	4.18	2.0	1.65	1.5
20.00	2.70	5.40	116.64	33.84	3.78	2.0	1.55	1.5
21.00	2.70	5.67	122.47	37.59	3.43	2.0	1.47	1.5
22.00	2.70	5.94	128.30	41.55	3.14	2.0	1.39	1.5
23.00	2.70	6.21	134.45	45.70	2.88	2.0	1.17	1.5

Figura III.87: Cuadro resumen del análisis de muros de contención, con cuatro filas de base y una inclinación de 10°, según GEO5

Fuente: Elaboración Propia

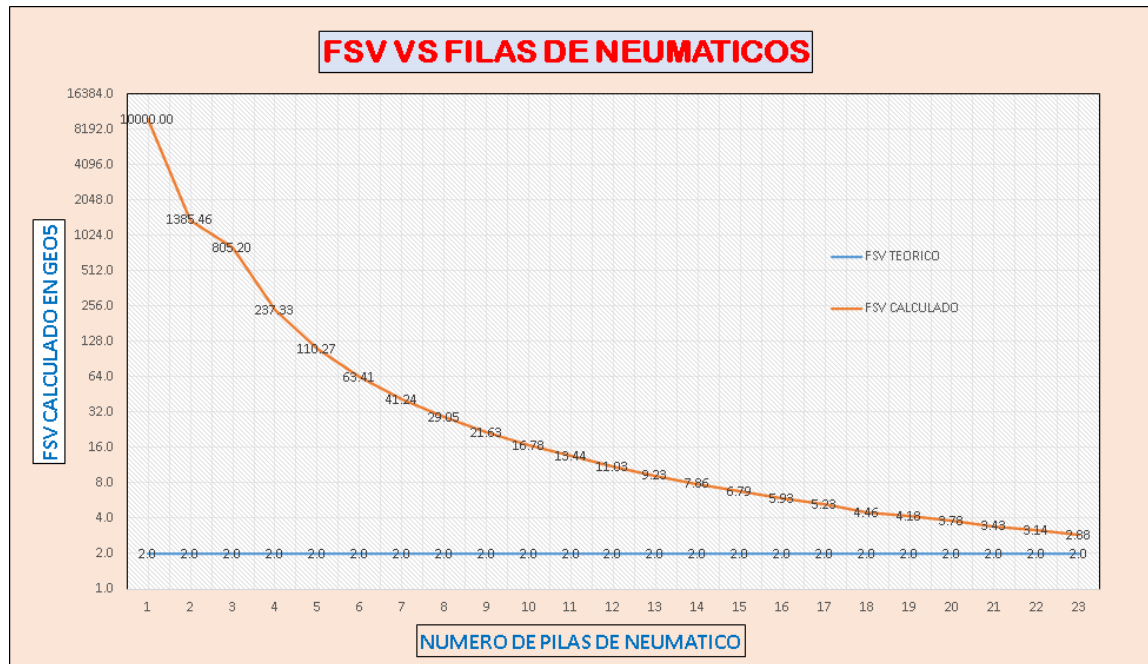


Figura III.88: Comparación de valores calculados y valor teórico del Factor se Seguridad al Vuelco Vs Numero de hileras de Neumático, para muros con base de cuatro filas y una inclinación de 10° con la vertical

Fuente: Elaboración Propia

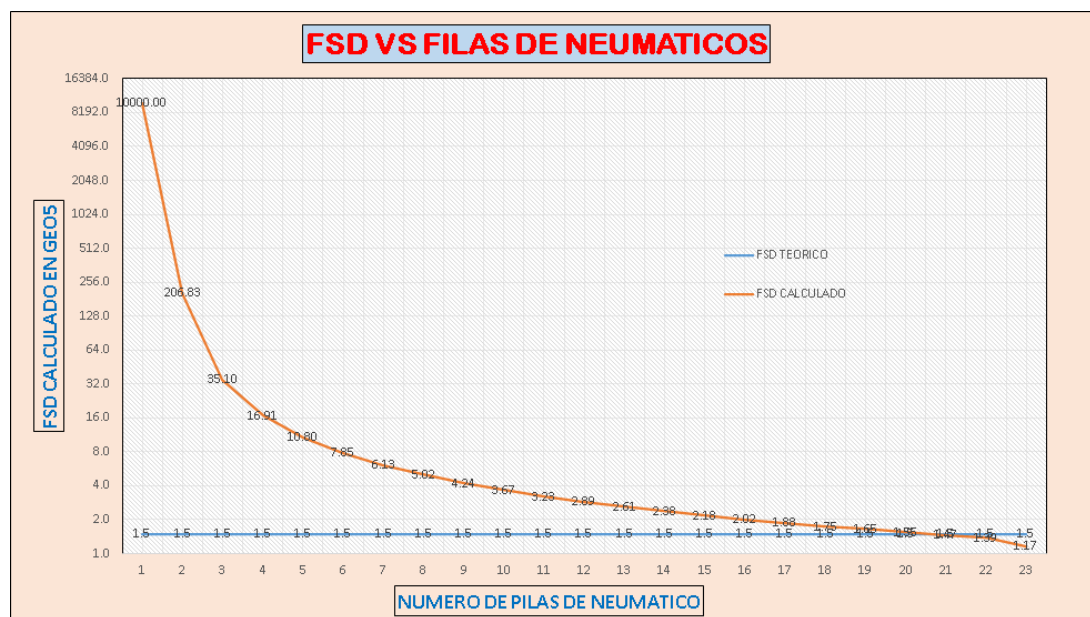


Figura III.89: Comparación de valores calculados y valor teórico del Factor se Seguridad al Deslizamiento Vs Numero de hileras de Neumático, para muros con base de cuatro filas y una inclinación de 10° con la vertical

3.9.16.4 Muros de contención con 15° de inclinación

El análisis y diseño de este tipo de muros de contención con NFU, debemos tener en cuenta la **Figura III.77** , donde se tiene lo siguiente: $\beta = 15^\circ$, $d = 8\text{cm}$, $H = 6,21\text{m}$

Fuente: Elaboración Propia

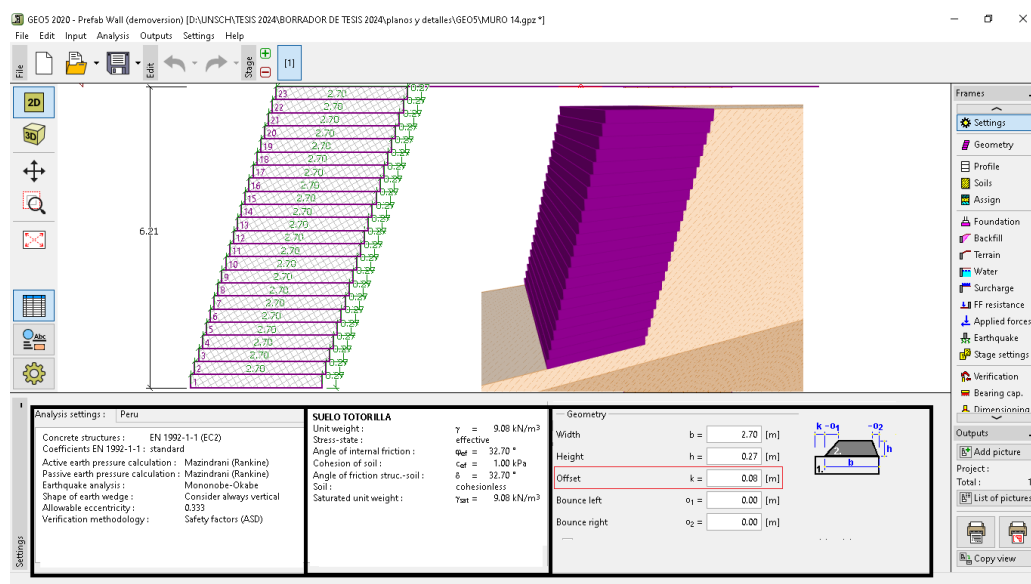


Figura III.90: Entorno del GEO5, con datos incorporados, para una inclinación de 15°

Fuente: Elaboración Propia

NUM. DE HILERAS (UND)	BASE DE MURO (m)	ALTURA DE MURO (m)	PESO DEL MURO (KN)	EMPUJE ACTIVO (KN)	FSV CALCULADO	FSV TEORICO	FSD CALCULADO	FSD TEORICO
1.00	2.70	0.27	5.83	0.00	10000.00	2.0	10000.00	1.5
2.00	2.70	0.54	11.66	0.03	1400.57	2.0	206.83	1.5
3.00	2.70	0.81	17.50	0.22	822.46	2.0	35.10	1.5
4.00	2.70	1.08	23.33	0.62	244.82	2.0	16.91	1.5
5.00	2.70	1.35	29.16	1.21	114.83	2.0	10.80	1.5
6.00	2.70	1.62	34.99	2.01	66.64	2.0	7.85	1.5
7.00	2.70	1.89	40.82	3.00	43.72	2.0	6.13	1.5
8.00	2.70	2.16	46.66	4.18	31.05	2.0	5.02	1.5
9.00	2.70	2.43	52.49	5.57	23.30	2.0	4.24	1.5
10.00	2.70	2.70	58.32	7.15	18.22	2.0	3.67	1.5
11.00	2.70	2.97	64.15	8.93	14.70	2.0	3.23	1.5
12.00	2.70	3.24	69.98	10.91	12.15	2.0	2.89	1.5
13.00	2.70	3.51	75.82	13.08	10.24	2.0	2.61	1.5
14.00	2.70	3.78	81.65	15.45	8.78	2.0	2.38	1.5
15.00	2.70	4.05	87.48	18.02	7.63	2.0	2.18	1.5
16.00	2.70	4.32	93.31	20.79	6.70	2.0	2.02	1.5
17.00	2.70	4.59	99.14	23.76	5.95	2.0	1.88	1.5
18.00	2.70	4.86	104.98	26.93	5.33	2.0	1.75	1.5
19.00	2.70	5.13	110.81	30.29	4.81	2.0	1.65	1.5
20.00	2.70	5.40	116.64	33.84	4.37	2.0	1.55	1.5
21.00	2.70	5.67	122.47	37.59	3.99	2.0	1.47	1.5
22.00	2.70	5.94	128.30	41.55	3.66	2.0	1.39	1.5
23.00	2.70	6.21	134.45	45.70	3.38	2.0	1.17	1.5

Figura III.91: Cuadro resumen del análisis de muros de contención, con cuatro filas de base y una inclinación de 15°, según GEO5

Fuente: Elaboración Propia

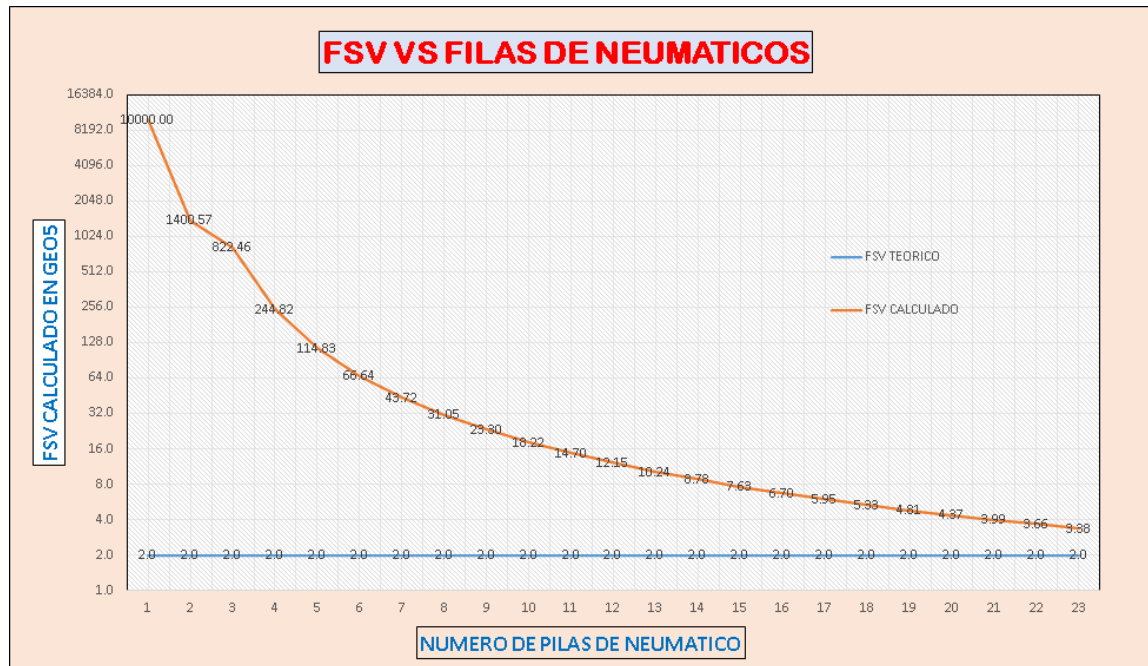


Figura III.92: Comparación de valores calculados y valor teórico del Factor se Seguridad al Vuelco Vs Numero de hileras de Neumático, para muros con base de cuatro filas y una inclinación de 15° con la vertical

Fuente: Elaboración Propia

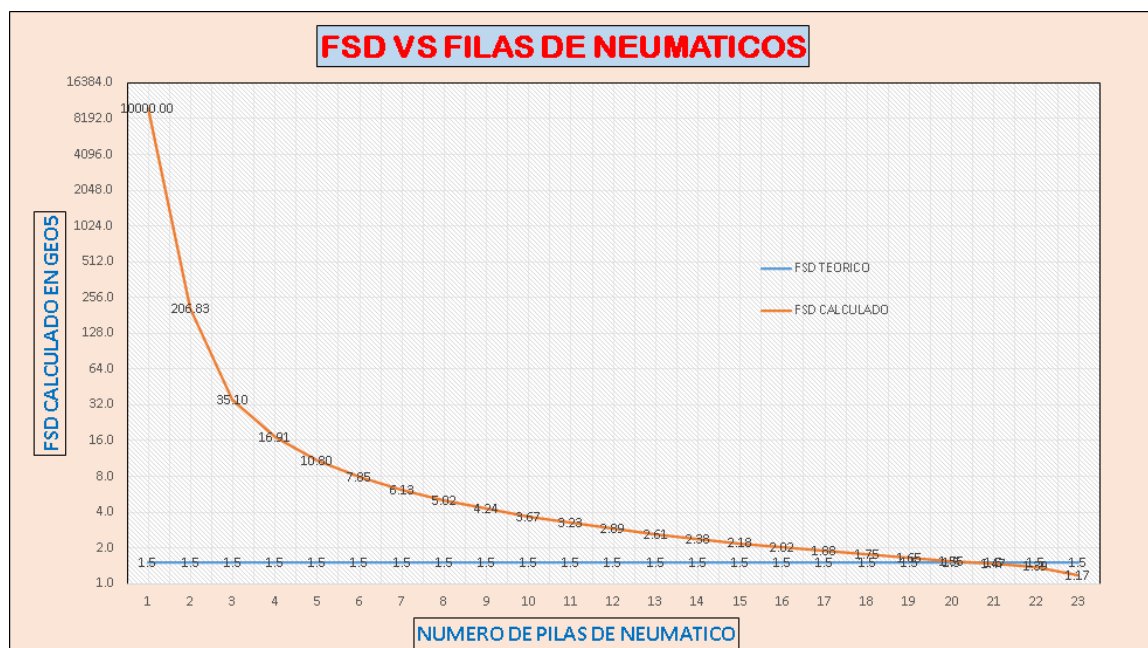


Figura III.93: Comparación de valores calculados y valor teórico del Factor se Seguridad al Deslizamiento Vs Numero de hileras de Neumático, para muros con base de cuatro filas y una inclinación de 15° con la vertical

El objeto de la educación es formar seres aptos para gobernarse a sí mismos, y no para ser gobernados por los demás

— *Spencer, Herbert*

Capítulo

IV

RESULTADOS

4.1 Contrastación de Hipótesis

4.1.1 Hipótesis general

Si se plantea una adecuada geometría de muros de contención contruidos con neumáticos fuera de uso, entonces se tendrá una estabilidad adecuada a un bajo costo, sostenible y constructible.

Regla de Decisión. Se comparan diversas geometrías de muros de contención a base de NFU, para determinar la estabilidad de los mismos.

Decisión. Se valida la hipótesis, debido a que la estabilidad es adecuada de acuerdo a una geometría planteada.

4.1.2 Hipótesis Específicas

1. Al realizar un análisis, modelamiento y diseño de los muros de contención a base de neumáticos fuera de uso, en un software de ingeniería, entonces tendremos muros de contención de calidad.

Regla de Decisión. Se comparan resultados de los factores de seguridad al volteo y deslizamiento en el software GEO5.

Decisión. Se valida la hipótesis, debido q ue para alturas y bases determinadas en el predimensionamiento, se cumplen con los factores de seguridad teóricos.

2. Los muros de contención a base de neumáticos reciclados serán beneficiosos en las actividades socioeconómicas del centro poblado Totorilla.

Regla de Decisión. Se comparan el costo de producción del muros de contención a base de NFU.

Decisión. Se valida la hipótesis, porque la construcción de los muros de contención a base de NFU, son muy económicos respecto a los sistemas de concreto.

3. El uso de neumáticos fuera de uso en la construcción de muros de contención ayuda al cuidado ambiental y sostenimiento del centro poblado Totorilla.

Regla de Decisión. Se analiza la reducción de residuos sólidos por presencia de NFU en botaderos informales.

Decisión. Se valida la hipótesis, por que al usar los neumáticos fuera de uso, reducimos en gran medida la contaminación ambiental producida por estos residuos sólidos.

4.2 Análisis e interpretación

En esta sección se interpreta los resultados obtenidos del muro de contención existente y los propuestos en el trabajo de investigación. En ese sentido lo clasificaremos el análisis en tres partes, la primera parte analizaremos los muros de contención que tengan un neumático como base, el segundo para los muros de dos neumáticos en la base, el tercero para muros de tres neumáticos en la base y el cuarto de cuatro neumáticos en la base.

La disposición de cada uno de estos neumáticos ya fueron vistos en la sección del calculo de vacíos ya que lo que se necesitaba era que tengan menor cantidad de vacíos por ser muros de gravedad y estos tienen estabilidad debido a su propio peso.

4.2.1 Muros de contención de base de un neumático

Los muros de contención de base de un neumático son 4 entre ellos el muro existente que es un muro apilado verticalmente y tres muros con una inclinación respecto a la vertical. las dimensiones para el análisis esta dado por hileras y su equivalente en metros. Es así que contiene 10 hileras de neumáticos, el cual corresponde a una altura de 2.70 m (0.27 por cada neumático).

También cabe mencionar que el análisis se realizo por cada hilera de neumático y en base a estos resultados se realizo el grafico siguiente.

Fuente: Elaboración Propia

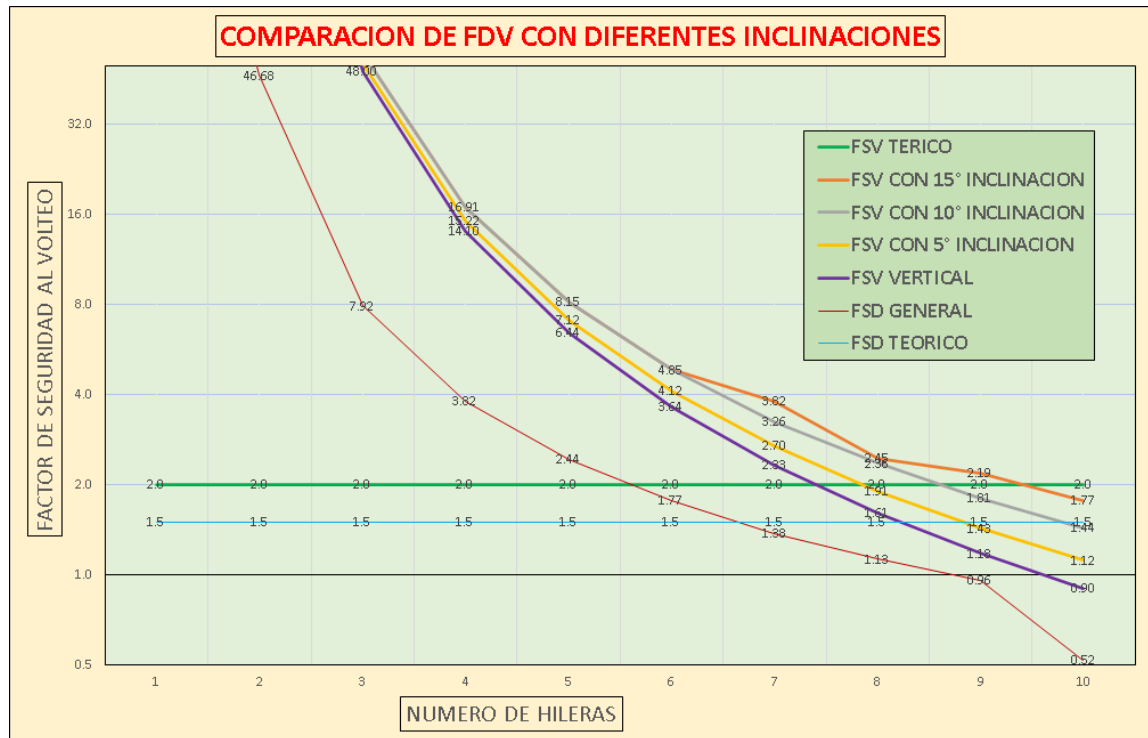


Figura IV.1: Comparación de valores calculados y valores teóricos de los Factor se Seguridad al Deslizamiento y al vuelco, para una altura determinada de muro de contención

La comparación se realiza en los factores de seguridad que nos garantizan la estabilidad de los muros de contención de gravedad y los muros de contención a base de neumáticos fuera de uso tienen ese tratamiento.

- ⇒ **Factores de seguridad al Volteo.** El comportamiento para los 4 tipos de muros varia ligeramente siendo que cuanto mas inclinado es mucho mejor su comportamiento. Según a la Figura IV.1 el comportamiento optimo es para un muro hasta de 7 hileras que corresponde a una altura de 1.89m.
- ⇒ **Factores de seguridad al Deslizamiento.** El comportamiento para los 4 tipos de muros es el mismo, sin ningún incremento o reducción, lo que nos da a conocer que no importa la inclinación del muro este factor siempre sera constante para una altura determinada, en ese sentido tenemos una altura optima de 6 hileras o 1.62m.

De lo manifestado anteriormente se tiene que el diseño (geometría) dependerá del factor de seguridad del deslizamiento ya que es constante y además es mínimo, respecto al factor de seguridad al volteo.

Además, elegiremos al muro con una inclinación de 10 grados respecto a la vertical, con

una altura de 1.62 m y una base de 0.75 m, por tener un comportamiento promedio (ver Apéndice C).

4.2.2 Muros de contención de base de dos neumáticos

Los muros de contención analizados de base de dos neumáticos (1.40m de base) son 4. las dimensiones para el análisis esta dado por hileras y su equivalente en metros. Es así que contiene 15 hileras de neumáticos, el cual corresponde a una altura de 4.05 m (0.27 por cada neumático).

También cabe mencionar que el análisis se realizo por cada hilera de neumático y en base a estos resultados se realizo el grafico siguiente.

Fuente: Elaboración Propia

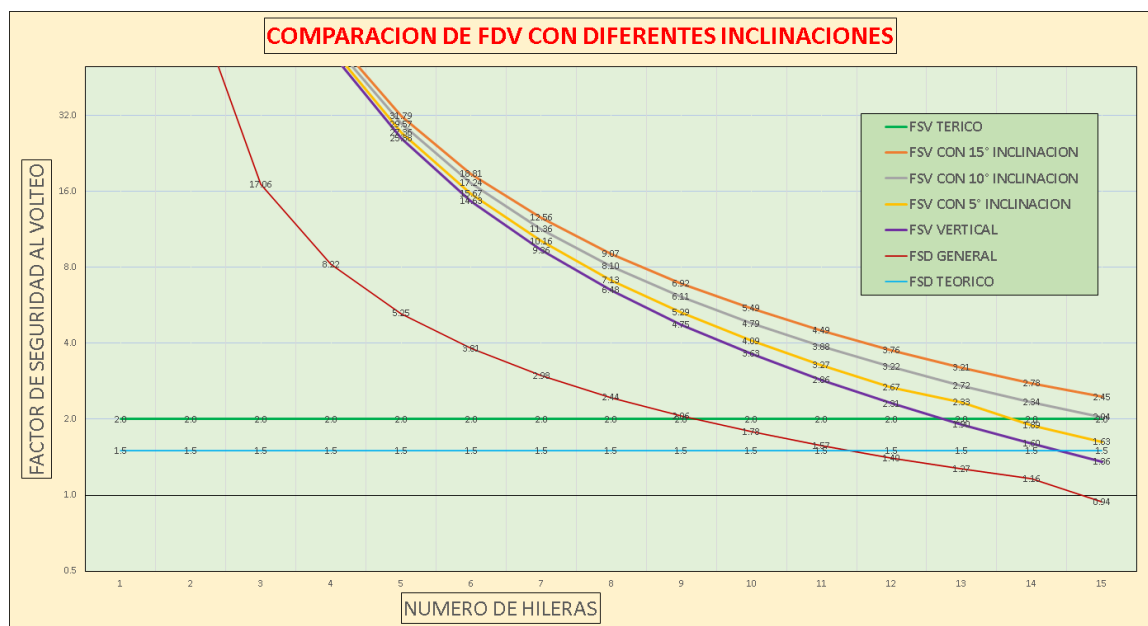


Figura IV.2: Comparación de valores calculados y valores teóricos de los Factor se Seguridad al Deslizamiento y al vuelco, para una altura determinada de muro de contención

La comparación se realiza en los factores de seguridad que nos garantizan la estabilidad de los muros de contención de gravedad y estos muros de contención a base de neumáticos fuera de uso tienen el siguiente tratamiento.

- ⇒ **Factores de seguridad al Volteo.** El comportamiento para los 4 tipos de muros varia ligeramente, siendo que, cuanto mas inclinado es mucho mejor su estabilidad.

⇒ **Factores de seguridad al Deslizamiento.** El comportamiento para los 4 tipos de muros es el mismo, sin ningún incremento o reducción, lo que nos da a conocer que no importa la inclinación del muro este factor se mantendrá constante para una altura determinada.

De lo manifestado anteriormente se tiene que el diseño (geometría) dependerá del factor de seguridad de deslizamiento ya que es constante y además es mínimo, respecto al factor de seguridad al volteo.

En ese sentido elegiremos al muro con una inclinación de 10 grados respecto a la vertical, una altura de 11 hileras(2.97m) y una base de 1.40m (ver Apendice C).

4.2.3 Muros de contención de base de tres neumáticos

La altura para el análisis esta dado por hileras y su equivalente en metros, entonces para este análisis usaremos un muro de 19 hileras de neumáticos que cual corresponde a una altura de 5.13 m (0.27 por cada neumático).

Fuente: Elaboración Propia

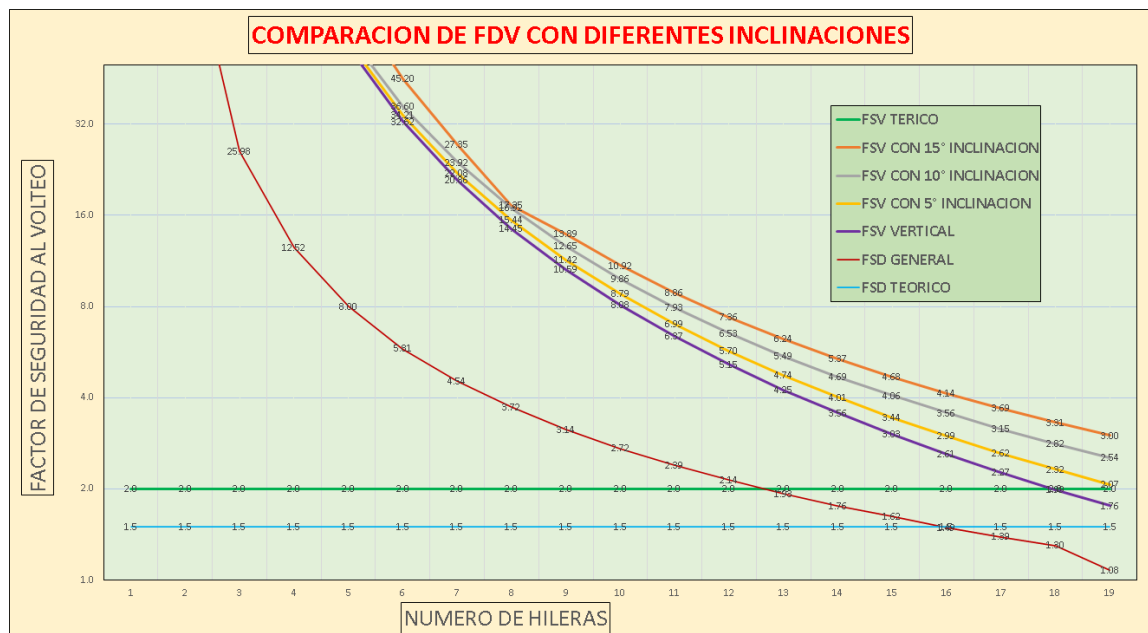


Figura IV.3: Comparación de valores calculados y valores teóricos de los Factor se Seguridad al Deslizamiento y al vuelco, para una altura determinada de muro de contención

La comparación se realiza en los factores de seguridad y nos arrojan lo siguiente:

⇒ **Factores de seguridad al Volteo.** El comportamiento para los 4 tipos de muros varia ligeramente. esta variación es favorable cuando se tiene un muro mas inclinado.

⇒ **Factores de seguridad al Deslizamiento.** El comportamiento para los 4 tipos de muros es el mismo, sin ninguna variación, lo que nos da a conocer que no importa la inclinación del muro este factor se mantendrá constante.

Entonces en base a lo manifestado, se tiene que el diseño (geometría) dependerá del factor de seguridad del deslizamiento ya que es constante y además es mínimo, respecto al factor de seguridad al volteo. En ese sentido elegiremos al muro con una inclinación de 10 grados respecto a la vertical, una altura de 16 hileras(4.32m) y una base de 2.05m (ver Apéndice C).

4.2.4 Muros de contención de base de cuatro neumáticos

La altura para el análisis esta dado por hileras y su equivalente en metros, entonces para este análisis usaremos un muro de 23 hileras de neumáticos que cual corresponde a una altura de 6.21 m (0.27 por cada neumático).

Fuente: Elaboración Propia

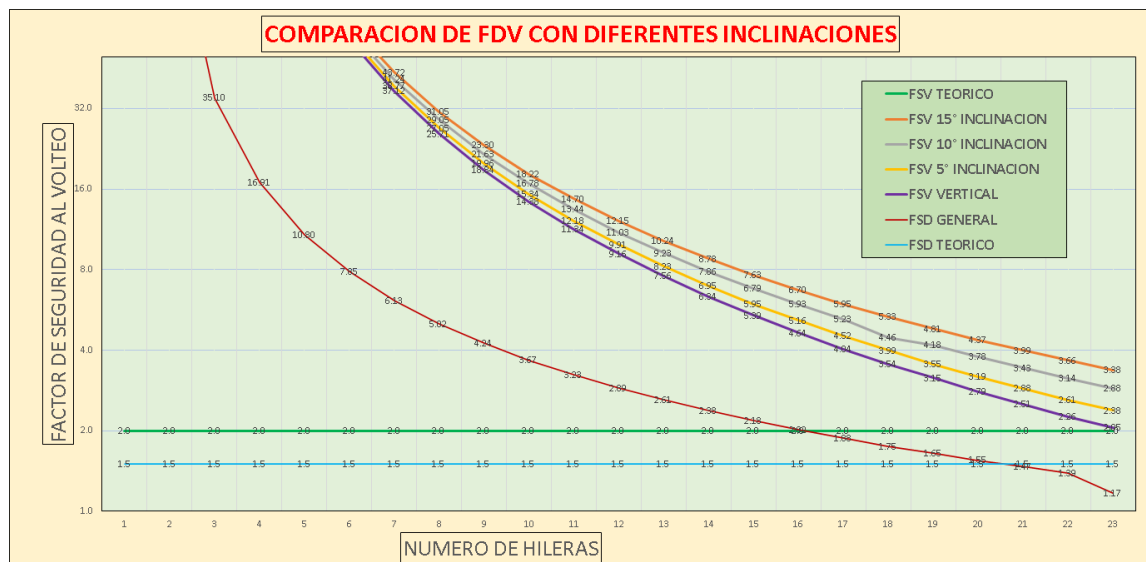


Figura IV.4: Comparación de valores calculados y valores teóricos de los Factor se Seguridad al Deslizamiento y al vuelco, para una altura determinada de muro de contención

La comparación se realiza en los factores de seguridad y nos arrojan lo siguiente:

- ⇒ **Factores de seguridad al Volteo.** El comportamiento para los 4 tipos es muy parecido a los anteriores, siendo así que cuando el muro tiene mas inclinación tiene un mejor comportamiento.
- ⇒ **Factores de seguridad al Deslizamiento.** El comportamiento para los 4 tipos de muros es el mismo, sin ninguna variación, lo que nos da a conocer que no importa la inclinación del muro este factor se mantendrá constante.

Entonces en base a lo manifestado, se tiene que el diseño (geometría) dependerá del factor de seguridad del deslizamiento ya que es constante y además es mínimo, respecto al factor de seguridad al volteo.

En ese sentido elegiremos al muro con una inclinación de 10 grados respecto a la vertical, una altura de 20 hileras(5.40m) y una base de 2.70m (ver Apéndice C).

Debe desear todo hombre vivir para saber, y saber para vivir.

— Alemán, Mateo

Capítulo

V

CONCLUSIONES

5.1 Conclusiones

El objetivo de este trabajo fue realizar la comparación entre los muros de contención de NFU contruidos empíricamente y los muros de contención diseñados teóricamente.

Para ello, fue necesario tomar prestados una serie de conceptos que nos permitieron darle un enfoque apropiado a la temática. En este sentido, presentamos detalladamente los resultados obtenidos.

1. El Muro de contención existente en la zona de estudio tiene una altura de 2.70m, apilada sobre la base de un neumático y verticalmente. Según el análisis los muros apilados sobre la base de un neumático pueden tener una estabilidad optima hasta una altura de 1.61 m que corresponde a 6 hileras de neumático.
2. Para muros de base de dos neumáticos, el comportamiento optimo es para dimensiones de una altura de 2.97m que corresponde a u total de 11 hileras y una base de 1.40m. Para la zona de estudio que requiere cubrir alturas de 2.70 m este tipo de muro sería el ideal.
3. Los muros de tres neumáticos de base tendrán dimensiones de 4.05 m de altura (15 hileras) y una base de 2.05m.
4. Los muros de cuatro neumáticos en la base tendrán dimensiones de 5.40 m (20 hileras) y una base de 2.70m.

5. Todos los muros diseñados teóricamente tienen un mejor comportamiento al vuelco cuando tienden ser mas inclinados respecto a la vertical, y se usara la inclinación de 10 grados.
6. Para la zona de estudio y según la topografía se debían cubrir alturas hasta de 6 metros, en ese sentido los muros diseñados cumplen esta condición haciendo un terraplén con una inclinación mínima para cubrir estas alturas.
7. El software GEO5 es una herramienta muy sofisticada y de fácil manejo para poder realizar análisis de este tipo ya que el usuario puede cargar todas las características de los muros que desea analizar.
8. La utilización de los neumáticos fuera de uso como materia prima para la construcción de muros de contención es barata y de fácil acceso, haciendo posible que todos tengan la oportunidad de trabajarlos para mejorar la calidad de vida de los suyos.
9. El sostenimiento ambiental mejorara eficientemente, debido que se estará reduciendo la presencia de residuos sólidos (neumáticos) de los botaderos improvisados.

5.2 Recomendaciones

1. La norma Peruana no tiene un sección especifica para la construcción de este tipo de muros de contención, como lo tienen otros países, sería muy importante la implementación de una norma sujeta a estos temas de interés común.
2. Implementar el estudio de muros de contención para otras zonas de estudio ya que el nuestro se limita a la zona de Totorilla.
3. Mejorar la calidad de los elementos que hacen posible el muro de contención de neumáticos a partir de realizar mejores estudios a los neumáticos.
4. Reducir el impacto ambiental por la presencia de residuos sólidos es una tarea para todos.

5.3 Trabajos futuros

1. Diseños de muros de contención con NFU, colocando rellenos de piedra, grava o afirmado para mejorar la densidad del muro y tenga mejor comportamiento.
2. Diseños de muros de contención de NFU, con cimentación de concreto.
3. Muros de contención con NFU, con refuerzos de acero y poliestireno.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

5.3

- Barra, C. (1998). Software e ingeniería de software. *Revista de Marina N*, 1(98), 55.
- Barros, P., Sarabia, G., Valdés, F., Serrano, P., y Gaytan, I. (2019). Muro de contención construido con neumáticos estabilizados mecánicamente. *Revista ingeniería de construcción*, 34(3), 252–267.
- Bosco, M. E. G. (2008). *Geotecnia ambiental*. Oficina de textos.
- Braja, M. D. (2011). *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones*. Cengage Learning. Descargado de <https://es.pdfdrive.com/ing-cimentaciones-braja-das-7ma-ed-d33998997.html>
- Bujang B.K. Huat, L. W. C., Azlan A. Aziz. (2008). Application of scrap tires as earth reinforcement for repair of tropical residual soil slope. Descargado de <https://docplayer.net/54760842-Application-of-scrap-tires-as-earth-reinforcement-for-repair-of-tropical-residual-soil-slope.html>
- Calavera, J., y cols. (1990). *Muros de contención y muros de sótano*. Instituto Técnico de Materiales y Construcciones (INTEMAC).
- CEDEX-España. (2013). Neumáticos fuera de uso (nfu). *La actividad de construcción es una gran demandante de recursos y materiales, lo que la convierte en un sector con enorme potencial de aprovechamiento de residuos, tanto de los derivados de su propia actividad como de los procedentes de otros sectores. La utilización en construcción de materiales procedentes de reciclado de residuos permite, por un lado, reducir la demanda de recursos naturales no renovables, y por otro reducir la cantidad.*
- Cembranos Nistal, F. J. (1999). Automatismos eléctricos, neumáticos e hidráulicos. *Editorial Paraninfo, Madrid*.
- Claudio A. Magallanes Reyes, I. C. G. S. (2014). Experiencias en el tratamiento de neumáticos fuera de uso en iberoamérica. Descargado de [https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/8825141B7F35F94F0525810C0070DA35/\\$FILE/275_INFINVES61_2014_neumatico.pdf](https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/8825141B7F35F94F0525810C0070DA35/$FILE/275_INFINVES61_2014_neumatico.pdf)
- Denguir Younes, C. H. S. (2021). Estudio del uso de neumáticos fuera de uso (nfu) como material para la construcción de terraplenes. aplicación a la ampliación del vertedero de residuos controlado de les borges blanques (lleida).
- DIAZ, J. S. (2011). *Sistema de estabilizacion de taludes*. Bucaramanga: sn.

- Economipedia. (2023). *Economipedia*. Descargado de <https://economipedia.com/definiciones/sostenibilidad-ambiental.html>
- Gabriels, D., y Lobo, D. (2011). Métodos para determinar granulometría y densidad aparente del suelo. *Venesuelos*, 14(1), 37–48.
- García, N. A., Prada, Y. S., y Cáceres, D. M. (2012). Diseño sísmico de muros de contención en gravedad y voladizo. *Revista Colombiana De Tecnologías De Avanzada (Rcta)*, 2(20).
- GEO5. (2024). *Muros prefabricados*. Descargado de <https://www.finesoftware.es/software-geotecnico/muro-prefabricado/>
- Graux, D. (1975). *Fundamentos de mecánica del suelo, proyecto de muros y cimentaciones* (Vol. 1). Reverte.
- Huat, B. B., Aziz, A. A., Chuan, L. W., y cols. (2008). Application of scrap tires as earth reinforcement for repair of tropical residual soil slope. *Electronic Journal of Geotechnical Engineering*, 13, 1–9.
- Hurtado, J. E. A. (2012). Diseño de muros de contención. *Sección de Post Grado. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería*.
- INEI. (2018). *Resultados definitivos de los censos nacionales 2017*. Cuadros estadísticos de población, vivienda y hogar, Ayacucho-Perú 2017. Descargado de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1568/
- Jaimes, L. P. P. (2009). *Empuje de tierras, diseño de tablestacas y eurocódigo 7*. Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad de los Andes. Descargado de <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/14395/u402341.pdf?sequence=1>
- JONATHAN FABRICIO ORTIZ REYES, A. L. T. H. (2019). Diseño del muro de contención para el parque la esperanza del barrio alaska de la localidad de usme bogota.
- Juárez Badillo, R. R., E. (1973). *Teoría y aplicaciones de la mecánica de suelos*. Editorial LIMUSA. Descargado de https://drive.google.com/file/d/1Sc9aZqyLIgxsmm0FVVgptbq600dm_04j/view
- Lambe, W. y. J. S. (2009). *Mecánica de suelos*. Editorial LIMUSA. Descargado de https://www.academia.edu/44624675/Mec%C3%A1nica_de_Suelos_T_William_Lambe_Robert_V_Whitman
- Long, N. T. (1990). The pneusol. Descargado de https://www.ifsttar.fr/fileadmin/user_upload/editions/lcpc/ERLPC/ERLPC-GT-LCPC-GT44.pdf
- Luciano V. Medeiros, D. M. G. A. S. S. M. H. A., Vinod K. Garga. (1995). Analysis of the instrumentation of a scrap tire reinforced retaining wall. Descargado de <http://www.labbas.eng.uerj.br/~denise/artigos/pneu/panam1999.pdf>
- Matamoros Huaman, W. G. (2016). Estudio y análisis comparativo entre muros de

- contención con contrafuertes y muros de concreto armado en huancavelica.
- MINAM. (2021). *Decreto supremo que aprueba el régimen especial de gestión y manejo de neumáticos fuera de uso*. El Peruano. Descargado de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2040528/D.S.%20024-2021-MINAM.pdf.pdf?v=1627342182>
- Obando, T. (2009). Sondeos geotécnicos y calicatas. *Universidad Internacional de Andalucía UNÍA. Huelva, España, 101*.
- Peña Guzman, C. A. (2018). Muros de contención mediante la utilización de neumáticos desechados para alturas menores. *Obtenido de https://repositorio.usm.cl/handle/11673/42202*.
- Peña, J. B. (1974). Muros de contención.
- Prada, F., Ramos, A., Solaque, D., y Caicedo, B. (2011). Confiabilidad aplicada al diseño geotécnico de un muro de contención. *Obras y proyectos*(9), 49–58.
- RAE. (2022). *Diccionario de la lengua española*. Descargado de <https://dle.rae.es/neum%C3%A1tico>
- Richardson, S. (2022). *Coeficiente de fricción para el diseño de muros de contención*. Descargado de <https://skyciv.com/es/docs/skyciv-retaining-wall/articles/coefficient-of-friction-for-retaining-wall-design/>
- Rodríguez, A. M., Montes, J. S., y Moreno, R. F. (2009). Influencia de la masa del cuerpo impactado sobre los coeficientes de cargas dinámicas calculados por métodos tradicionales. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 18*(2), 22–26.
- Rommel. J. Miranda C, C. J. M., Guillermo Alonso S. (2018). Análisis y diseño de muros de contención a base de neumáticos y su impacto en la sociedad. Descargado de https://www.ingenieria.unach.mx/images/Articulos_revista/revistapakbal_43_pag15-20.pdf
- Salvador, A. G., Alcaide, A. S., Sánchez, C. C., y Salvador, L. G. (2005). *Evaluación de impacto ambiental*. Pearson Educación.
- Serrano Guzmán, M. F., Torrado Gómez, L. M., y Pérez Ruiz, D. D. (2013). Impacto de los derrames de crudo en las propiedades mecánicas de suelos arenosos. *Revista Científica General José María Córdova, 11*(12), 233–244.
- Sieira A. C., L. V. d. M. D. M. S. G., Alberto S. F. J. Sayão. (2001). Estabilización de taludes con muros de neumáticos. Descargado de <http://www.eng.uerj.br/deptos/professor/123/paper-Madrid2001.pdf>
- TOOLENGY. (2019). *Empuje lateral-teoria de coulomb*. Descargado de <https://www.toolengy.com/geotecnia/empujes/empuje-coulomb>

El futuro tiene muchos nombres. Para los débiles es lo inalcanzable. Para los temerosos, lo desconocido. Para los valientes es la oportunidad.

— *Hugo, Victor*

Apéndice

A

APÉNDICE A

1.1

Estudio de Mecánica de Suelos

ENSAYOS DE MECÁNICA DE SUELOS EN LABORATORIO

INFORME N° 001-2023/ING-LAB-23-O-023/OT-0307

TESIS:

" ANÁLISIS COMPARATIVO DE MUROS DE
CONTENCIÓN DE NEUMÁTICOS EN DESUSO,
CONSTRUIDOS EMPÍRICAMENTE Y DISEÑADOS
TEÓRICAMENTE "

 INGEOTECON E.I.R.L.

Informe Autorizado Por:
VICTOR PORTAL QUICANA
JEFE DE LABORATORIO
INGENIERO CIVIL
CIP N° 71239

SOLICITANTE:

BACH. ERIK LUJAN HUAMÁN

FECHA:

AGOSTO DEL 2023



 	Laboratorio	Código: INF-LAB-003
	INFORME Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils ASTM D4318	Versión: 01
		Fecha: 2021-10-11
		Página 1 de 1
Ensayo para Determinar el Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de suelos		

Proyecto : TITULO DE LA TESIS: " ANÁLISIS COMPARATIVO DE MUROS DE CONTENCIÓN DE NEUMÁTICOS EN DESUSO, CONSTRUIDOS EMPÍRICAMENTE Y DISEÑADOS TEÓRICAMENTE "

Ubicación : AYACUCHO / HUAMANGA / JESÚS NAZARENAS / TOTORILLA

Lugar : TOTORILLA

Trazabilidad : INF. N° 001-2023/ING-LAB-23-O-023/OT-0307-23

Exploración : CALICATA 01

Solicitante : BACH. ERIK LUJAN HUAMAN

Estrato/Nivel : -.-

Atención -.-

Fecha Reporte : AGOSTO DEL 2023

INFORMACIÓN DEL ENSAYO

Código del informe: -.-

Fecha de recepción: 2023-07-25

Lugar de ensayo (zona): Laboratorio INGEOTECON zona de límites

Fecha de ensayo: 2023-07-31

Procedimiento de ensayo: Método para Límite Líquido: A (Multipunto)

Método para LP : Manual

DE LA MUESTRA

% aproximado retenido en la malla No. 40: 20%

Humedad de la muestra (%): -.-

TM aprox: 3/8 in.

Preparación de especímenes de ensayo: HUMEDO (> 15 % Retenido No. 40)

Remoción de lentes de arena: NO

Método de eliminación de partículas mayores a la malla No. 40: Eliminación por la malla No. 40 con Lavado.

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO DE LOS SUELOS

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ENSAYO 01	ENSAYO 02	LÍMITE PLÁSTICO: NP
Masa del Suelo Húmedo	g			
Masa del Agua en el espécimen	g			
Masa Seca del espécimen	g			
Humedad	%			

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PROCEDIMIENTO DE MULTIPUNTO			LÍMITE LIQUIDO: NP
Numero de Golpes	golpes				
Masa del Agua en el espécimen	g				
Masa Seca del espécimen	g				
Humedad	%				

DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE PLÁSTICO

ÍNDICE PLÁSTICO IP: NP


INGEOTECON E.I.R.L.
 Informe Autorizado Por:
VICTOR PORTAL QUICANA
 JEFE DE LABORATORIO
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 71239

OBSERVACIONES

- Los datos proporcionados por el cliente son los siguientes: proyecto, ubicación, solicitante, atención, lugar, exploración, estrato/nivel.
- Los resultados corresponden a ensayos realizados sobre las muestras proporcionadas por el cliente al laboratorio INGEOTECON.
- Los resultados reportados en el presente informe de ensayo son aplicables a la muestra de acuerdo a las condiciones en que se recibió. El muestreo y entrega de la muestra en las instalaciones de INGEOTECON son responsabilidad del solicitante.
- Los resultados de los ensayos no deben ser usados como conformidad de requisitos de normas o como certificado del sistema de gestión de la calidad de la entidad que lo produce.
- El informe de ensayo no podrá reproducirse en forma parcial, solo podrá reproducirse en su totalidad previa autorización del cliente.

Trazabilidad de equipos: Balanza: BLZ-016, Horno de Secado: HRN-002, Dispositivo de Límite Líquido: CCG-004, Aparato de Enrollamiento: -.-

INGEOTECON EIRL, dirección: A.H. Covadonga Mz P2 Lt 8 Ayacucho, Tel: 066 318525, cel 961372637, 989900609, Correo: ingeotecon.vportalq@gmail.com. Web: www.ingeotecon.com

	Laboratorio	Código: INF-LAB-022
	INFORME	Versión: 01
	PESO UNITARIO EN SUELOS	Fecha: 2021-10-11
	(REF. NTP 400.017)	Página 1 de 1

Proyecto : TITULO DE LA TESIS: " ANÁLISIS COMPARATIVO DE MUROS DE CONTENCIÓN DE NEUMÁTICOS EN DESUSO, CONSTRUIDOS EMPÍRICAMENTE Y DISEÑADOS TEÓRICAMENTE "

Ubicación : AYACUCHO / HUAMANGA / JESÚS NAZARENAS / TOT

Lugar : TOTORILLA

Trazabilidad : INF. N° 001-2023/ING-LAB-23-O-023/OT-0307-23

Exploración : CALICATA 01

Solicitante : BACH. ERIK LUJAN HUAMAN

Estrato/Nivel : -.-

Atención -.-

Fecha Reporte : AGOSTO DEL 2023

DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD			
RECIPIENTE	Nº	20.0	153.0
MASA SUELO HUMEDO+RECIPIENTE DE LA MUESTRA	g	519.50	519.40
MASA SUELO SECO+RECIPIENTE DE LA MUESTRA	g	462.30	462.40
MASA RECIPIENTE	g	65.20	67.40
MASA AGUA EN LA MUESTRA	g	57.20	57.00
MASA SECO DE LA MUESTRA	g	397.10	395.00
HUMEDAD	%	14.40%	14.43%
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	14.4%	

PESO UNITARIO SUELTO (PUS)		
DESCRIPCIÓN	Ensayo Nº 01	Ensayo Nº 02
Masa Molde (g)	2,700.0	2,700.0
Masa Suelo + Molde (g)	5,410.0	5,990.0
Masa Suelo Suelto (g)	2,710.0	3,290.0
Volumen del Molde (cm³)	2,806.4	2,806.4
Masa Unitario Suelto Seco (Kg/m³)	966	1,172

DENSIDAD HUMEDA SUELTA (g/cm³)

1.07

DENSIDAD SECA SUELTA (g/cm³)

0.93

PESO ESPECIFICO HUMEDO SUELTO (kN/m³)

10.49

PESO ESPECIFICO SECO SUELTO (kN/m³)

9.17

PESO UNITARIO COMPACTADO (PUC) METODO DEL APISONADO		
DESCRIPCIÓN	Ensayo Nº 01	Ensayo Nº 02
Masa Molde (g)	2,700.0	2,700.0
Masa Suelo + Molde (g)	5,992.0	5,990.0
Masa Suelo Suelto (g)	3,292.0	3,290.0
Volumen del Molde (cm³)	2,806.4	2,806.4
Masa Unitario Suelto Seco (Kg/m³)	1,173	1,172

DENSIDAD HUMEDA VARILLADA (g/cm³)

1.17

DENSIDAD SECA VARILLADA (g/cm³)

1.02

PESO ESPECIFICO HUMEDO VARILLADO (kN/m³)

11.50

PESO ESPECIFICO SECO VARILLADO (kN/m³)

10.05

 INGEOTECON E.I.R.L.

Informe Autorizado Por:
VICTOR PORTAL QUICANA
JEFE DE LABORATORIO

Trazabilidad de equipos: Código de Balanza Peso Unitario: BLZ-017, Código de Balanza Humedad: BLZ-004, Código de Molde de Peso Unitario: MPU-001, Código de Horario de Saca: HRN-002

Proyecto : TÍTULO DE LA TESIS: " ANÁLISIS COMPARATIVO DE MUROS DE CONTENCIÓN DE NEUMÁTICOS EN DESUSO, CONSTRUIDOS EMPÍRICAMENTE Y DISEÑADOS TEÓRICAMENTE "

Ubicación : AYACUCHO / HUAMANGA / JESÚS NAZARENAS / TOTORILLA

Lugar : TOTORILLA

Trazabilidad : INF. N° 001-2023/ING-LAB-23-O-023/OT-0307-23

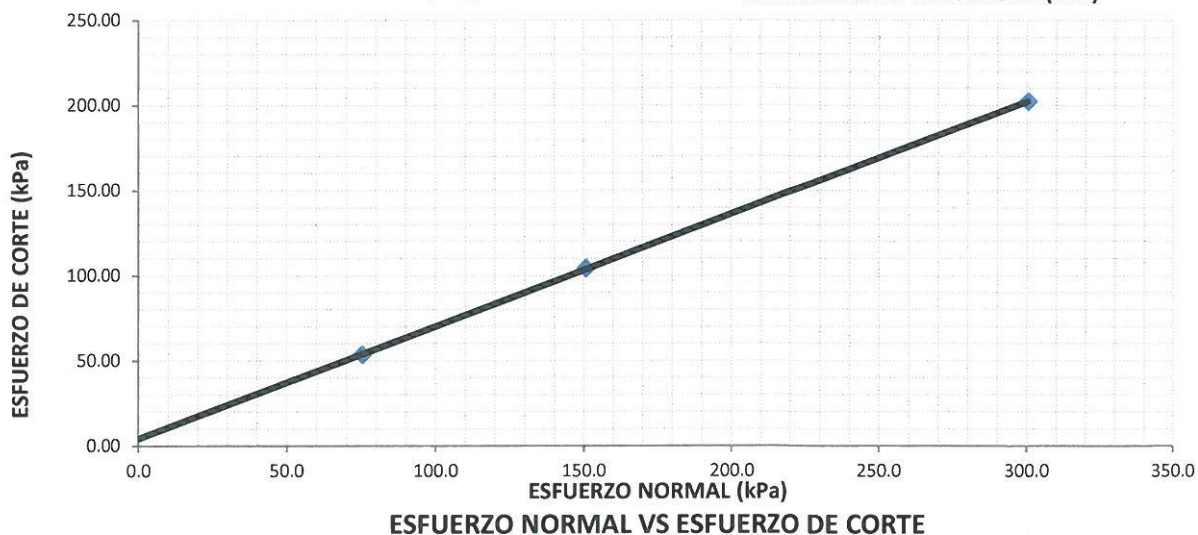
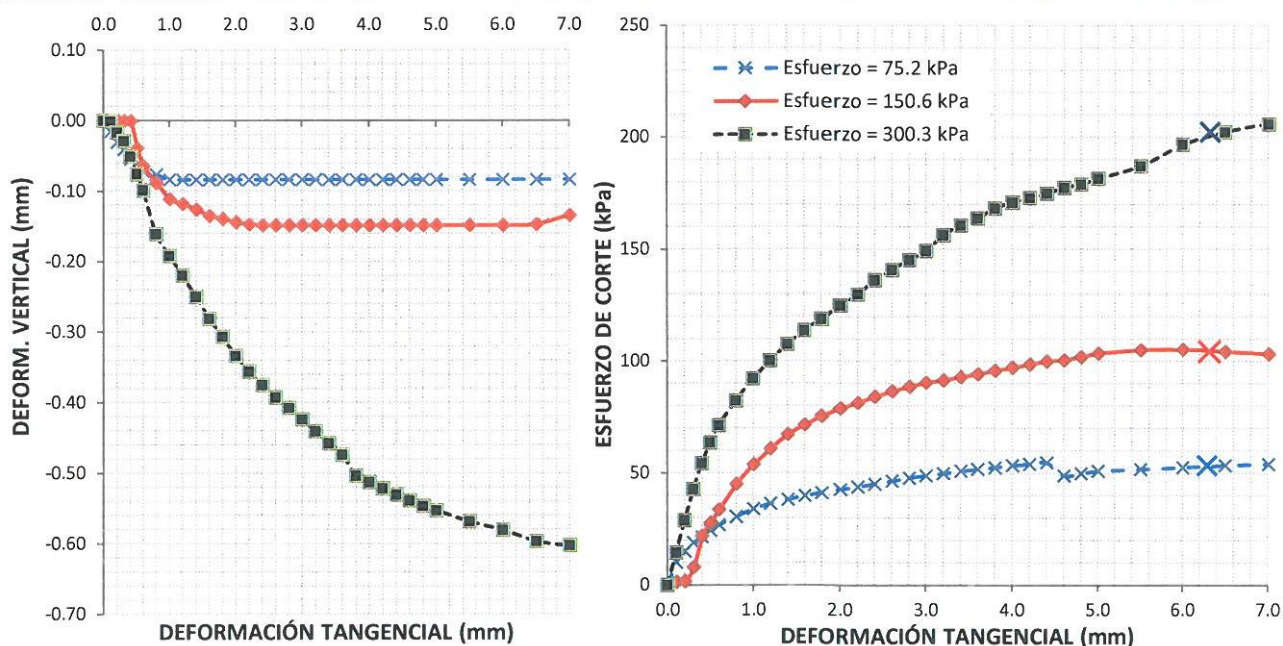
Exploración : CALICATA 01

Solicitante : BACH. ERIK LUJAN HUAMAN

Estrato/Nivel : -.-

Atención -.-

Fecha Reporte : AGOSTO DEL 2023



Ángulo de fricción interna ϕ' (°) :

Cohesión C' (kPa) :

Nota: Parámetros a esfuerzos al 10% de deformación


INGEOTECON E.I.R.L.
 Informe Autorizado Por
VICTOR PORTAL QUICAÑA
 JEFE DE LABORATORIO
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 71239

 	Laboratorio	Código: INF-LAB-003
	INFORME Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils ASTM D4318	Versión: 01
		Fecha: 2021-10-11
		Página 1 de 1
Ensayo para Determinar el Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de suelos		

Proyecto : TITULO DE LA TESIS: " ANÁLISIS COMPARATIVO DE MUROS DE CONTENCIÓN DE NEUMÁTICOS EN DESUSO, CONSTRUIDOS EMPÍRICAMENTE Y DISEÑADOS TEÓRICAMENTE "

Ubicación : AYACUCHO / HUAMANGA / JESÚS NAZARENAS / TOTORILLA

Lugar : TOTORILLA

Trazabilidad : INF. N° 001-2023/ING-LAB-23-O-023/OT-0307-23

Exploración : CALICATA 02

Solicitante : BACH. ERIK LUJAN HUAMAN

Estrato/Nivel : -.-

Atención -.-

Fecha Reporte : AGOSTO DEL 2023

INFORMACIÓN DEL ENSAYO

Código del informe: -.-

Fecha de recepción: 2023-07-25

Lugar de ensayo (zona): Laboratorio INGEOTECON zona de límites

Fecha de ensayo: 2023-07-31

Procedimiento de ensayo: Método para Límite Líquido: A (Multipunto)

Método para LP : Manual

DE LA MUESTRA

% aproximado retenido en la malla No. 40: 17%

Humedad de la muestra (%): -.-

TM aprox: 3/8 in.

Preparación de especímenes de ensayo: HUMEDO (> 15 % Retenido No. 40)

Remoción de lentes de arena: NO

Método de eliminación de partículas mayores a la malla No. 40: Eliminación por la malla No. 40 con Lavado.

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO DE LOS SUELOS

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ENSAYO 01	ENSAYO 02	LÍMITE PLÁSTICO: NP
Masa del Suelo Húmedo	g			
Masa del Agua en el espécimen	g			
Masa Seca del espécimen	g			
Humedad	%			

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PROCEDIMIENTO DE MULTIPUNTO			LÍMITE LIQUIDO: NP
Numero de Golpes	golpes				
Masa del Agua en el espécimen	g				
Masa Seca del espécimen	g				
Humedad	%				

DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE PLÁSTICO

ÍNDICE PLÁSTICO IP: NP


INGEOTECON E.I.R.L.
 Autorizado Por:
VICTOR PORTAL QUICANA
 JEFE DE LABORATORIO
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 71239

OBSERVACIONES

- Los datos proporcionados por el cliente son los siguientes: proyecto, ubicación, solicitante, atención, lugar, exploración, estrato/nivel.
- Los resultados corresponden a ensayos realizados sobre las muestras proporcionadas por el cliente al laboratorio INGEOTECON.
- Los resultados reportados en el presente informe de ensayo son aplicables a la muestra de acuerdo a las condiciones en que se recibió. El muestreo y entrega de la muestra en las instalaciones de INGEOTECON son responsabilidad del solicitante.
- Los resultados de los ensayos no deben ser usados como conformidad de requisitos de normas o como certificado del sistema de gestión de la calidad de la entidad que lo produce.
- El informe de ensayo no podrá reproducirse en forma parcial, solo podrá reproducirse en su totalidad previa autorización del cliente.

Trazabilidad de equipos: Balanza: BLZ-016, Horno de Secado: HRN-002, Dispositivo de Limite Liquido: CCG-004, Aparato de Enrollamiento: -.-

INGEOTECON E.I.R.L., dirección: A.H. Covadonga Mz P2 Lt 8 Ayacucho, Tel: 066 318525, cel 961372637, 989900609, Correo: ingeotecon.vportalq@gmail.com. Web: www.ingeotecon.com

	Laboratorio	Código: INF-LAB-022
	INFORME	Versión: 01
	PESO UNITARIO EN SUELOS	Fecha: 2021-10-11
	(REF. NTP 400.017)	Página 1 de 1

Proyecto : TITULO DE LA TESIS: " ANÁLISIS COMPARATIVO DE MUROS DE CONTENCIÓN DE NEUMÁTICOS EN DESUSO, CONSTRUIDOS EMPÍRICAMENTE Y DISEÑADOS TEÓRICAMENTE "

Ubicación : AYACUCHO / HUAMANGA / JESÚS NAZARENAS / TOT

Lugar : TOTORILLA

Trazabilidad : INF. N° 001-2023/ING-LAB-23-O-023/OT-0307-23

Exploración : CALICATA 02

Solicitante : BACH. ERIK LUJAN HUAMAN

Estrato/Nivel : -.-

Atención -.-

Fecha Reporte : AGOSTO DEL 2023

DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD			
RECIPIENTE	Nº	195.0	13.0
MASA SUELO HUMEDO+RECIPIENTE DE LA MUESTRA	g	480.30	472.60
MASA SUELO SECO+RECIPIENTE DE LA MUESTRA	g	394.00	388.10
MASA RECIPIENTE	g	66.80	67.10
MASA AGUA EN LA MUESTRA	g	86.30	84.50
MASA SECO DE LA MUESTRA	g	327.20	321.00
HUMEDAD	%	26.38%	26.32%
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	26.3%	

PESO UNITARIO SUELTO (PUS)		
DESCRIPCIÓN	Ensayo Nº 01	Ensayo Nº 02
Masa Molde (g)	2,700.0	2,700.0
Masa Suelo + Molde (g)	4,437.0	4,448.0
Masa Suelo Suelto (g)	1,737.0	1,748.0
Volumen del Molde (cm³)	2,806.4	2,806.4
Masa Unitario Suelto Seco (Kg/m³)	619	623
DENSIDAD HUMEDA SUELTA (g/cm³)	0.62	
DENSIDAD SECA SUELTA (g/cm³)	0.49	
PESO ESPECIFICO HUMEDO SUELTO (kN/m³)	6.09	
PESO ESPECIFICO SECO SUELTO (kN/m³)	4.82	

PESO UNITARIO COMPACTADO (PUC) METODO DEL APISONADO		
DESCRIPCIÓN	Ensayo Nº 01	Ensayo Nº 02
Masa Molde (g)	2,700.0	2,700.0
Masa Suelo + Molde (g)	5,982.0	5,980.0
Masa Suelo Suelto (g)	3,282.0	3,280.0
Volumen del Molde (cm³)	2,806.4	2,806.4
Masa Unitario Suelto Seco (Kg/m³)	1,169	1,169
DENSIDAD HUMEDA VARILLADA (g/cm³)	1.17	
DENSIDAD SECA VARILLADA (g/cm³)	0.93	
PESO ESPECIFICO HUMEDO VARILLADO (kN/m³)	11.47	
PESO ESPECIFICO SECO VARILLADO (kN/m³)	9.08	

 INGEOTECON E.I.R.L.

Informe Autorizado Por:
VICTOR PORTAL QUICANA
JEFE DEL LABORATORIO

Trazabilidad de equipos: Código de Balanza Peso Unitario: BLZ-017, Código de Balanza Humedad: BLZ-004, Código de Molde de Peso Unitario: MPU-001, Código de Horómetro: H-002

Proyecto : TÍTULO DE LA TESIS: " ANÁLISIS COMPARATIVO DE MUROS DE CONTENCIÓN DE NEUMÁTICOS EN DESUSO, CONSTRUÍDOS EMPÍRICAMENTE Y DISEÑADOS TEÓRICAMENTE "

Ubicación : AYACUCHO / HUAMANGA / JESÚS NAZARENAS / TOTORILLA

Lugar : TOTORILLA

Trazabilidad : INF. N° 001-2023/ING-LAB-23-0-023/OT-0307-23

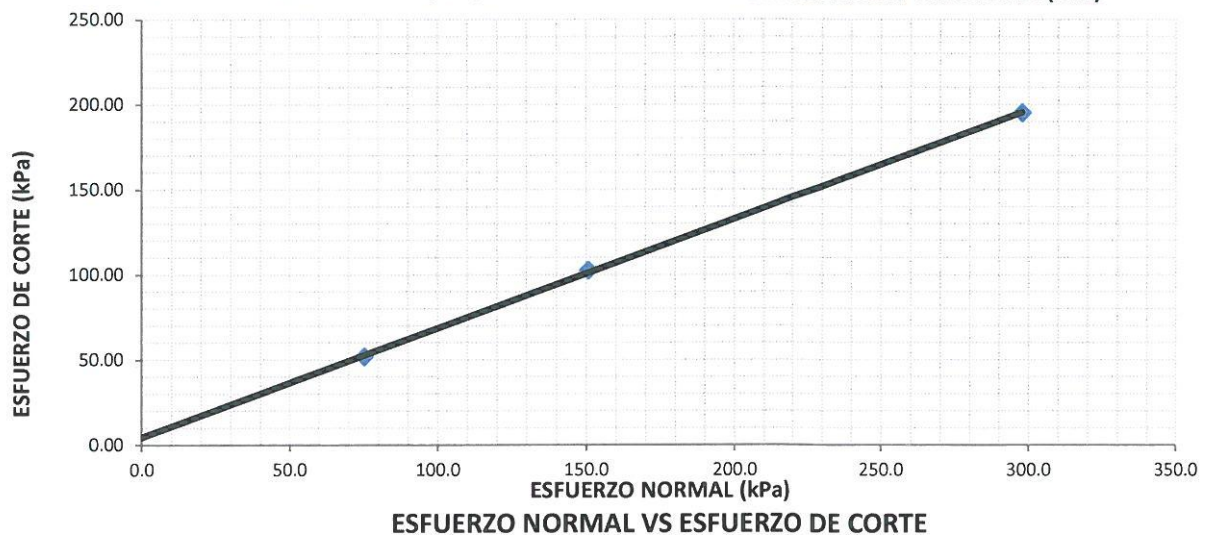
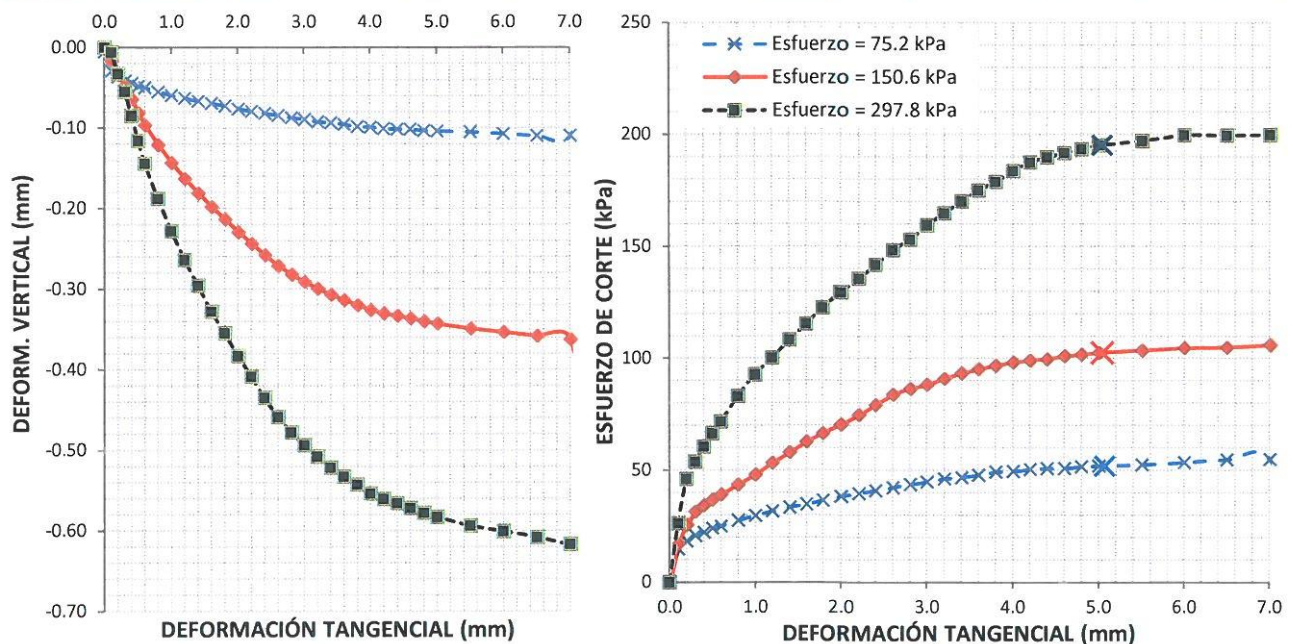
Exploración : CALICATA 02

Solicitante : BACH. ERIK LUJAN HUAMAN

Estrato/Nivel : -.-

Atención -.-

Fecha Reporte : AGOSTO DEL 2023



Ángulo de fricción interna ϕ' (°) :

Cohesión C' (kPa) :

Nota: Parámetros a esfuerzos al 10% de deformación


INGEOTECON E.I.R.L.
Informe Autorizado Por
VICTOR PORTAL OLGUINA
JEFE DE LABORATORIO
INGENIERO CIVIL
CIP N° 71239

*Vieja madera para arder, viejo vino para beber, viejos
amigos en quien confiar, y viejos autores para leer.*

— Bacon, Sir Francis

Apéndice

B

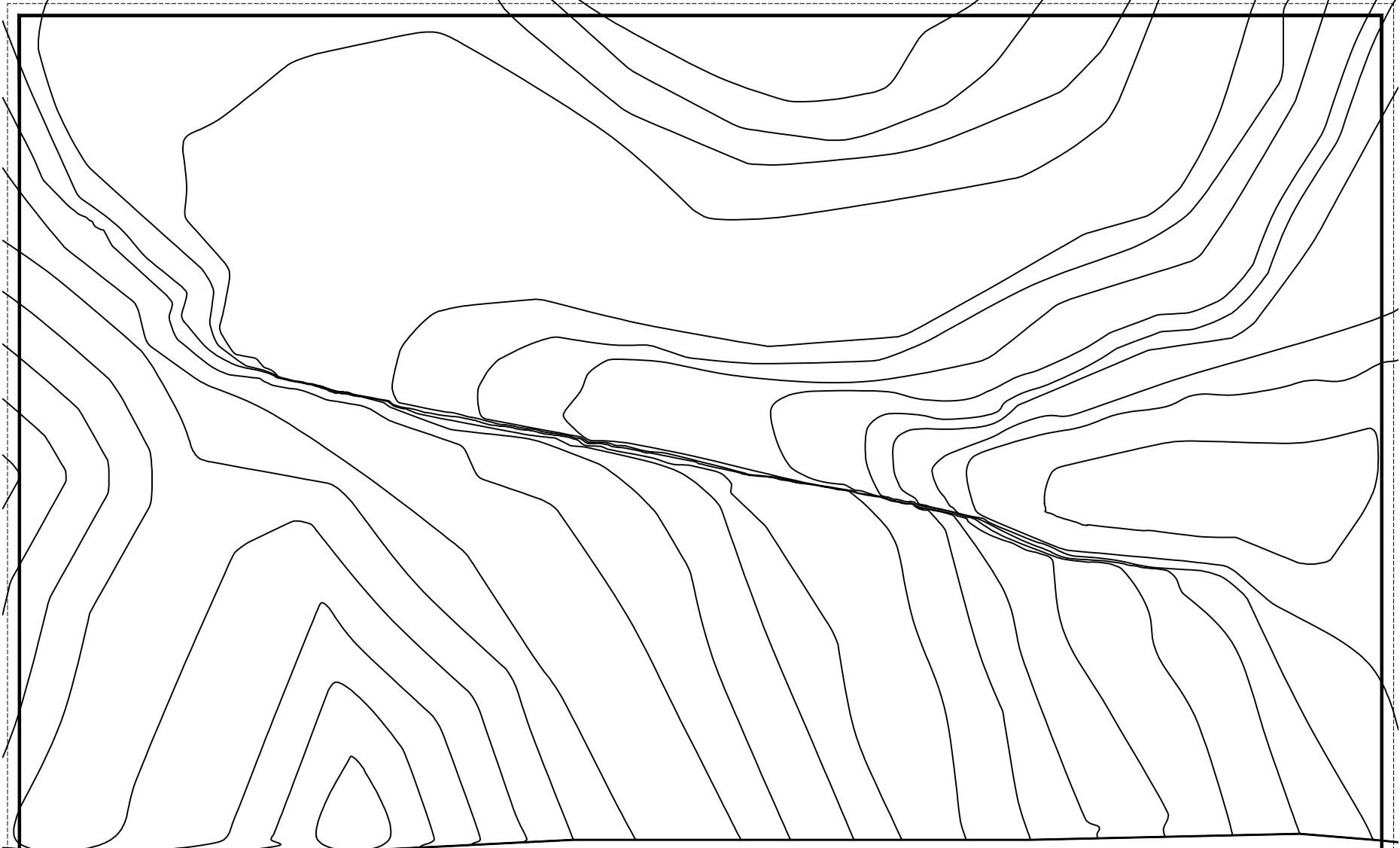
APÉNDICE B

2.1	Planos
-----	--------

2.1.1	Plano topográfico
-------	-------------------

2.1.2	Plano de Perfil Longitudinal
-------	------------------------------

2.1.3	Plano de Perfil Transversal
-------	-----------------------------



UNSCH

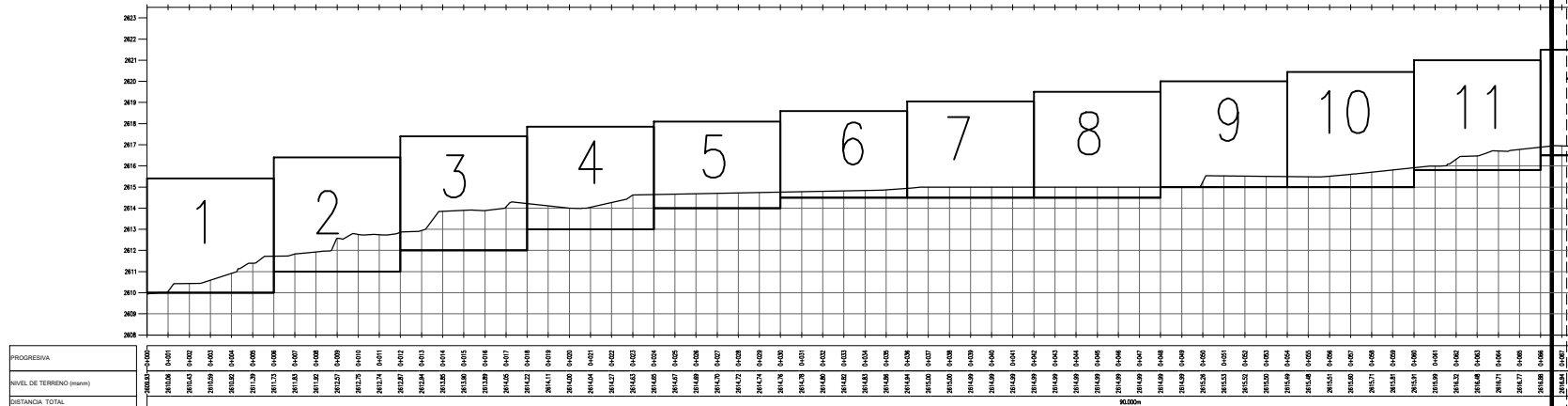
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS, GEOLOGIA
Y CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

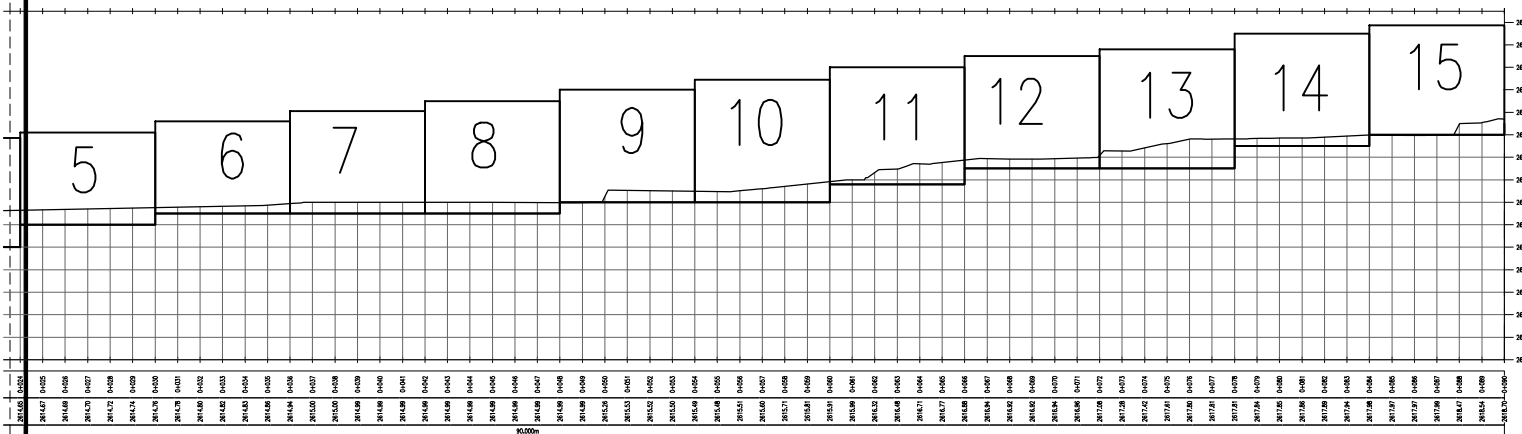
ANÁLISIS COMPARATIVO DE MUROS DE CONTENCIÓN DE NEUMÁTICOS EN DESUSO, CONSTRUIDOS
EMPÍRICAMENTE Y DISEÑADOS TEÓRICAMENTE

Laminas

TOPO-01



PERFIL LONGITUDINAL
ESCALA 1:100



PERFIL LONGITUDINAL
ESCALA 1:100

UNSCH

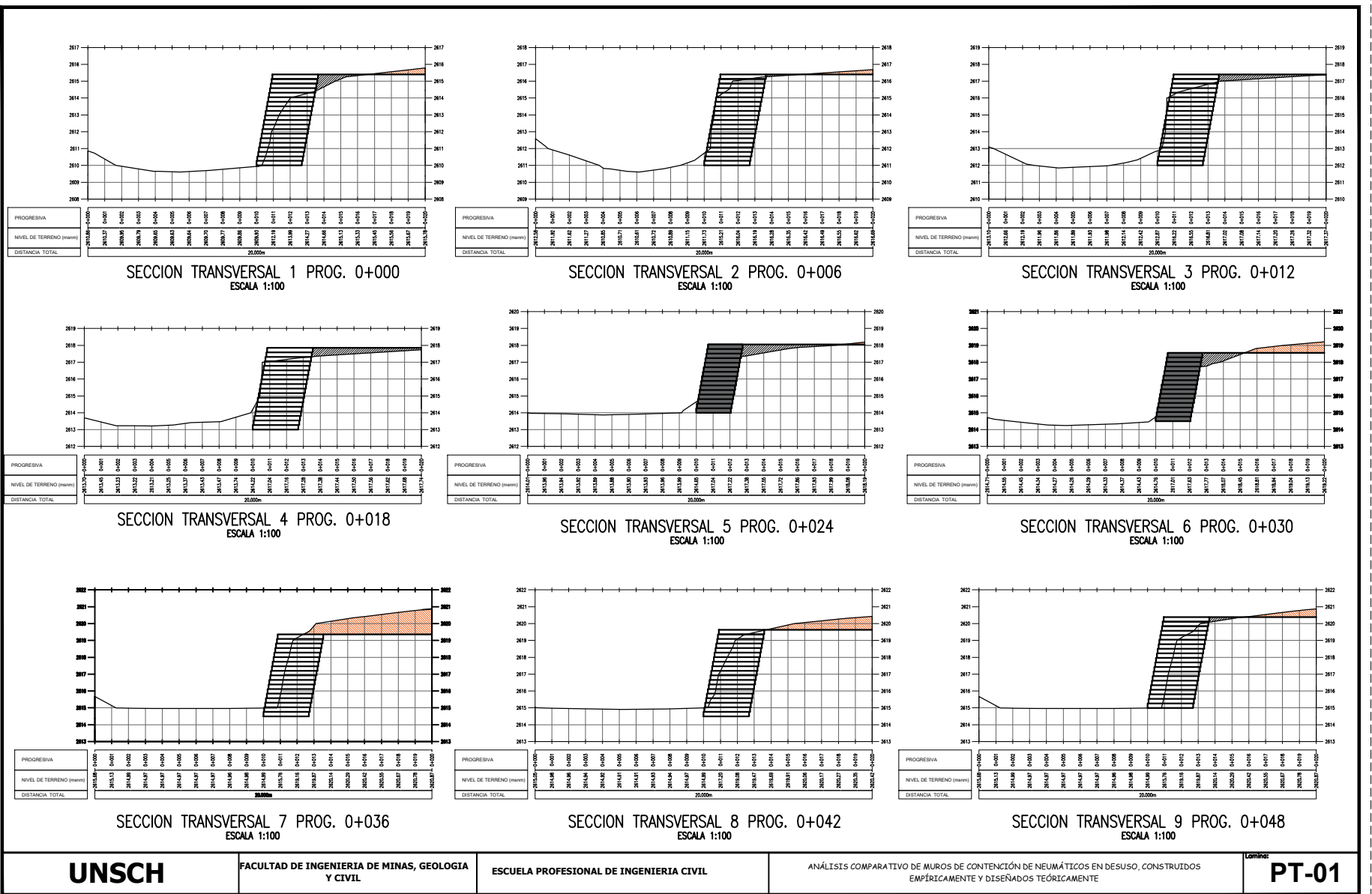
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS, GEOLOGIA
Y CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

ANÁLISIS COMPARATIVO DE MUROS DE CONTENCIÓN DE NEUMÁTICOS EN DESUSO, CONSTRUÍDOS
EMPÍRICAMENTE Y DISEÑADOS TEÓRICAMENTE

Lámina

PL-01





**ACTA N° 026-2024-FIMGC: ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS****PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

En la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga de la ciudad de Ayacucho, en cumplimiento a la Resolución Decanal N° 234-2024-FIMGC-D, a los veintiséis días del mes de marzo de 2024, siendo las 04:00 p.m, reunidos en el Auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas, bajo la presidencia del MSc. Carlos PRADO PRADO, y los miembros; MSc. Rolando CISNEROS AYALA, MSc. Abner CURI VEGA, actuando como secretario docente el MSc. Kelvis BERROCAL ARGUMEDO, para proceder a la sustentación de tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, del bachiller en Ciencias de la Ingeniería Civil:

Erik Lujan Huaman

Quien presentó la tesis denominada:

ANÁLISIS COMPARATIVO DE MUROS DE CONTENCIÓN DE NEUMÁTICOS EN DESUSO, CONSTRUIDOS EMPÍRICAMENTE Y DISEÑADOS TEÓRICAMENTE

Los señores miembros del jurado luego de expuesto la tesis y absueltas las preguntas, delibera y lo declaran:

APROBADO CON NOTA DIECISEIS (16)

Siendo las 5:40 p.m. del día 26 de marzo de 2024, culmina el acto de sustentación de tesis, y en conformidad a lo actuado los miembros del jurado firmamos al pie del presente.

MSc. Carlos PRADO PRADO
Presidente

MSc. Rolando CISNEROS AYALA
Miembro

MSc. Abner CURI VEGA
Miembro

MSc. Kelvis BERROCAL ARGUMEDO
Secretario docente de la FIMGC

cc:
Archivo



UNSCH

FACULTAD DE
INGENIERÍA
DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL



"Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTANCIA N° 104-2024-FIMGC/ASIH

El que suscribe; responsable verificador de originalidad de trabajos de tesis de pregrado con el software Turnitin, de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** de la **Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil**; en cumplimiento a la **Resolución de Consejo Universitario N° 039-2021-UNSH-CU**, Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga y **Resolución Decanal N° 476-2023-FIMGC-UNSH-D**, deja constancia de originalidad de trabajo de investigación, que el/la Sr./Srta.

Apellidos y Nombres : ERIK LUJAN HUAMAN

Escuela Profesional : INGENIERÍA CIVIL

Título de la Tesis : ANÁLISIS COMPARATIVO DE MUROS DE
CONTENCIÓN DE NEUMÁTICOS EN DESUSO,
CONSTRUIDOS EMPÍRICAMENTE Y DISEÑADOS
TEÓRICAMENTE

Evaluación de la Originalidad : 13 % Índice de Similitud

Identificador de la entrega : 2411228862

Por tanto, según los Artículos 12, 13 y 17 del Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación, es **PROCEDENTE** otorgar la **Constancia de Originalidad** para los fines que crea conveniente.

En señal de conformidad y verificación se firma la presente constancia

Ayacucho, 10 de julio del 2024



UNIVERSIDAD NACIONAL DE
SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil

Msc. Ing. Alex Sander IRCANAUPA HUAMANI
Verificador de Originalidad de Trabajos de Tesis de Pregrado
Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil

ANÁLISIS COMPARATIVO DE MUROS DE CONTENCIÓN DE NEUMÁTICOS EN DESUSO, CONSTRUIDOS EMPÍRICAMENTE Y DISEÑADOS TEÓRICAMENTE

por ERIK LUJAN HUAMAN

Fecha de entrega: 01-jul-2024 09:45a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2411228862

Nombre del archivo: TESIS_ERIK_LUJAN_HUAMAN_2024.pdf (26.74M)

Total de palabras: 23937

Total de caracteres: 126175

ANÁLISIS COMPARATIVO DE MUROS DE CONTENCIÓN DE NEUMÁTICOS EN DESUSO, CONSTRUIDOS EMPÍRICAMENTE Y DISEÑADOS TEÓRICAMENTE

INFORME DE ORIGINALIDAD

13%

INDICE DE SIMILITUD

12%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	3%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
3	repositorio.usm.cl Fuente de Internet	1%
4	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	ribuni.uni.edu.ni Fuente de Internet	1%
6	qdoc.tips Fuente de Internet	1%
7	www.studocu.com Fuente de Internet	1%
8	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	<1%

9	kupdf.net Fuente de Internet	<1 %
10	cdn.www.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
11	repository.ugc.edu.co Fuente de Internet	<1 %
12	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
13	www.cedexmateriales.es Fuente de Internet	<1 %
14	repositorio.uteq.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
15	repositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
16	munijesusnazareno.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
17	www.finesoftware.es Fuente de Internet	<1 %
18	Submitted to Escuela Superior Politécnica del Litoral Trabajo del estudiante	<1 %
19	directorioautomotrizquito.com Fuente de Internet	<1 %
20	desastres.usac.edu.gt Fuente de Internet	

<1 %

21

Submitted to ipn

Trabajo del estudiante

<1 %

22

geotecnia.online

Fuente de Internet

<1 %

23

docplayer.es

Fuente de Internet

<1 %

24

repositorio.unheval.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

25

wiki.ead.pucv.cl

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo