

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

“PROPUESTA DE SOBRE-ELEVACION DE
PRESA DE RELAVES CON SUELO REFORZADO”

Trabajo de investigación para optar al grado de:

Bachiller en Ingeniería Civil

Autor:

PEDRO MIGUEL MALDONADO TOLENTINO

Asesor:

Mg Ing. Arturo Dávila Obando

Lima - Perú

2019



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

DEDICATORIA

A mi esposa, madre, tíos y familiares por el apoyo incondicional en esta etapa de
superación y progreso

AGRADECIMIENTO

A la universidad por brindar con docentes de primer nivel en enseñanza educativo y volcar los conocimientos aprendidos en él cada día a día de su vida profesional muchas gracias

Tabla de contenido

<u>DEDICATORIA</u>	2
<u>AGRADECIMIENTO</u>	3
<u>TABLA DE CONTENIDO</u>	4
<u>ÍNDICE DE TABLAS</u>	5
<u>ÍNDICE DE FIGURAS</u>	6
<u>RESUMEN</u>	7
<u>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN</u>	8
<u>1.1. Realidad problemática</u>	8
<u>1.2. Formulación del problema</u>	8
<u>1.3. Objetivos</u>	8
<u>CAPÍTULO II: METODOLOGÍA</u>	9
<u>CAPÍTULO III: RESULTADOS</u>	10
<u>CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES</u>	12
<u>REFERENCIAS</u>	13
<u>ANEXOS</u>	14

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Algunos casos de fallas de presa de relaves en el Perú.</i>
Tabla 2	<i>Algunos casos de fallas de presa en el mundo.</i>
Tabla 3	<i>Causas de fallas y accidentes ocurridos en los depósitos de relaves operativos y en abandono a nivel mundial.</i>
Tabla 4	<i>Comparación de precios de presa con suelo reforzado y presa con tierra normal</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Número de incidentes versus principales mecanismos de fallas de los diferentes tipos de presas de residuos mineros de acuerdo al sistema de cierre utilizado (Oldecop & Rodriguez , 2007)
- Figura 02.** Falla de la presa de Iwiny (Polonia , 1976)
- Figura 3.** Planta general de la mina animon – Cía. Volcán zona afectada para el estudio
- Figura 4.** Tierra reforzada con plancha metálica
- Figura 5.** Sección Tipia de Suelo reforzado
- Figura 6.** Deformaciones en elementos de suelo con y sin refuerzo .
- Figura 7.** Tipos de geomalla estructural
- Figura 8.** Entrabamiento de la geomalla con las partículas

RESUMEN

La minería en el Perú será uno de los pilares de la economía por la alta demanda de materia prima esto hace que se realicen ampliación de sus operaciones y procesamiento del mineral, por lo que se requiere capacidad de almacenamiento de sus desechos contaminantes depositados a una presa de relaves para mitigar el impacto ambiental que esta generaría, que ha llevado a conflictos sociales vulnerables a su entorno de desarrollo y atado a un espacio geográfico.

La aplicación del suelo reforzado en espacios geográfico reducido sería la opción más viable por su menor costo, tiempo, mayor calidad y seguridad, reduciendo el impacto ambiental, social que esta construcción genera. Los resultados obtenidos determina que el uso de suelo reforzado con geomalla Uniaxial genera una reducción de costo de 27.10% global. La estabilidad del factor de seguridad de la presa en condición estática cumple >1.5 con la norma del ministerio de energía y minas.

PALABRAS CLAVES: Suelo reforzado, Sobre-elevación, Presa de relaves, Geomalla, Contaminación ambiental, Impacto social, Minería, Comunidades).

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La Minería en su proceso de producción y ampliación de sus operaciones y sus planta concentradora y crecimiento de la tasa de tratamiento de mineral durante las últimas décadas requiere un incremento en la capacidad de los depósitos de relaves. Consecuentemente la altura y el volumen de las presas de tierra diseñado, han alcanzado dimensiones sin precedentes.

Según (MEM, 2018) “Las exportaciones mineras (metálica y no metálica), Durante el 2017, sumaron US\$ 27,745 millones, lo que represento el 61.8% del valor total exportado en el país”.

Esto ha llevado que los proyectos mineros de las compañías a afrontar un problema con las comunidades de su entorno de trabajo, un conflicto social vulnerable porque están atados a un determinado espacio geográfico, lo que hace que los precios por servidumbre por m² cueste en promedio de \$100.00 Dólares el m². “De esta manera, el mantener buenas relaciones con las comunidades colindantes se ha convertido en una necesidad, no una opción”

A pesar de estos esfuerzos, el descontento en la población se mantiene, pues se sabe que no ha mejorado en mucho el nivel de vida en la población de las zonas mineras. Las provincias donde se desarrolla la actividad minera figuran entre las más pobres del país, por debajo del promedio nacional (Bebbington, 2005)

Asimismo debido a limitantes ambiental, territorial que son de propiedad de otros territorios que tienen significados culturales e históricos, que sustentan las estrategias de vida de los pobladores en su entorno. Lo que implica cambios territoriales drásticos, no bien entendido por la población local. “No es de sorprenderse entonces que la inversión minera ha venido tantas veces acompañada por tantos conflictos sociales.” (Bebbington, 2007).

Como también las grandes producciones se realizan en su entorno también quedan desechos contaminantes que estos son depositados en estanques de relaves que están construido con presas de tierra en su mayoría, Los depósitos de relaves, tienen

como finalidad primordial almacenar el residuo proveniente de las plantas concentradoras, con el propósito de evitar la contaminación del medio ambiente.

Las presas de las minas es su generalidad están construidas con el mismo residuo (Desmote) o con material de préstamo que deben crecer gradualmente en altura. Al ritmode la producción de la mina. El funcionamiento hidráulico del depósito,tanto durante suoperación y construcción como despuésde su cierre y abandono, es determinante de las condiciones de estabilidad del talud de la presa.

(Oldecop & Rodriguez , 2007) La ruptura de la presa de relaves puede causar daños incalculables catastróficos al medio ambiente y a la economía del país.

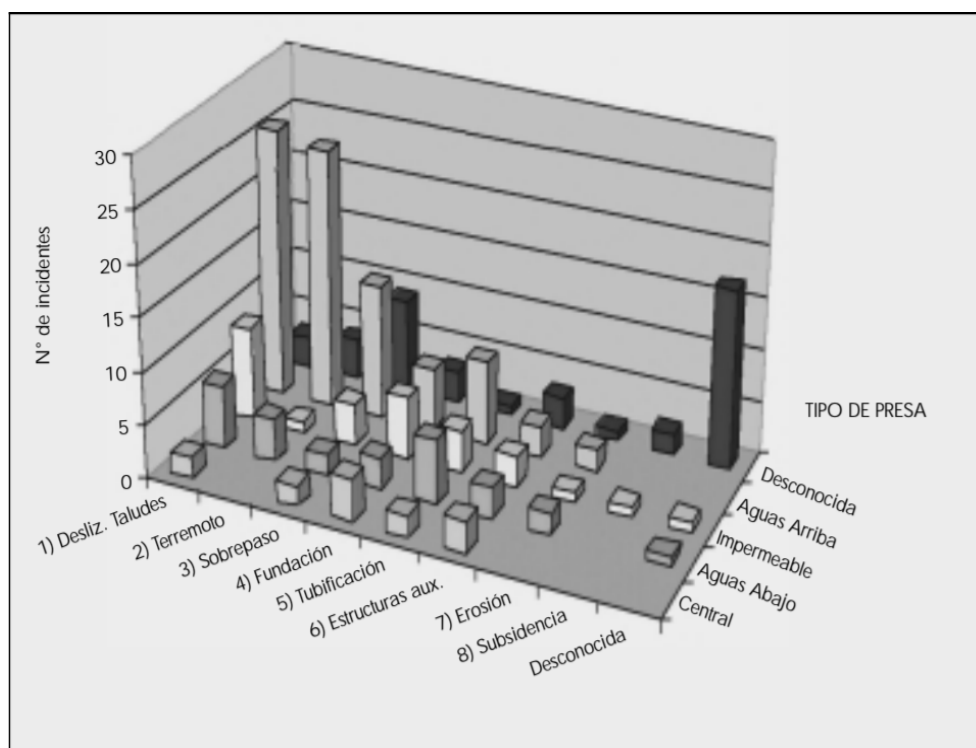


Figura 1. Número de incidentes versus principales mecanismos de fallas de los diferentes tipos de presas de residuos mineros de acuerdo al sistema de cierre utilizado (Oldecop & Rodriguez , 2007)

Tabla 1

Algunos casos de fallas de presa de relaves en el Perú.

Nombre de presa	Altura de deposito	Año de ocurrencia	Causa probable	Estado actual del deposito	Daños humanos y materiales
Casapalca	60 m	1952	Sismo	Abandonado	Números muertos y contaminación al río Rímac.
Millpo	60 m	1956	Sismo	Ejecución	Muchos muertos, interrupción de la carretera Pasco - Huánuco
Almivirca Yaruviulca	40 m	1962	Sismo magnitud 6.7 lluvias abundantes	Abandono	Daños a la agricultura y obras de infraestructura de la zona
Yauli Yacu	80 m	1968	Sismo	Abandono	Interrupción de la carretera central y contaminación del río Rímac
Ticapampa alianza	20 m	1971	Falla de construcción y drenaje	Abandonado	3 muertos, destrucción de viviendas y interrupción de vías Huaraz - lima
San Nicolás Cajamarca	-	1980	Falla de construcción	Se desconoce	Contaminación del río tingo y daños en la agricultura

Fuente: (Carrillo, 2009) Accidentes y Fallas en presa de relave

Tabla 2

Algunos casos de fallas de presa en el mundo.

Año	Ubicación	Tipo de relaves
2001	Aguas Claras (Brasil)	Hierro
2007	Mirai (Brasil)	Bauxita
2014	Mount Polley (Canadá)	Oro, Cobre
2015	Dahegon (Brasil)	Bauxita
2017	Tonglushan (China)	Cobre, Oro, Plata, Hierro

Fuente: (de la torre sobrevilla, 2017)

El comité de estados unidos de grandes presas, efectuó el año 1994, un análisis sobre causas y fallas y accidentes ocurridos en los depósitos de relaves operativos y en abandono a nivel mundial.

Tabla 3

Causas de fallas y accidentes ocurridos en los depósitos de relaves operativos y en abandono a nivel mundial.

Causa	Fallas	Accidentes	Total	%
Desbordamiento	7	0	7	10
Inestabilidad del talud	17	8	25	33
Sismo	14	11	25	33
Fundación	3	2	5	7
Estructural	2	1	3	4
Erosión	0	1	1	1
Total	48	27	75	100

Fuente: (de la torre sobrevilla, 2017)

La forma de operación de aguas superficiales y la geología que se encuentra en la cimentación hace ocurrencia de fallos en la presa.

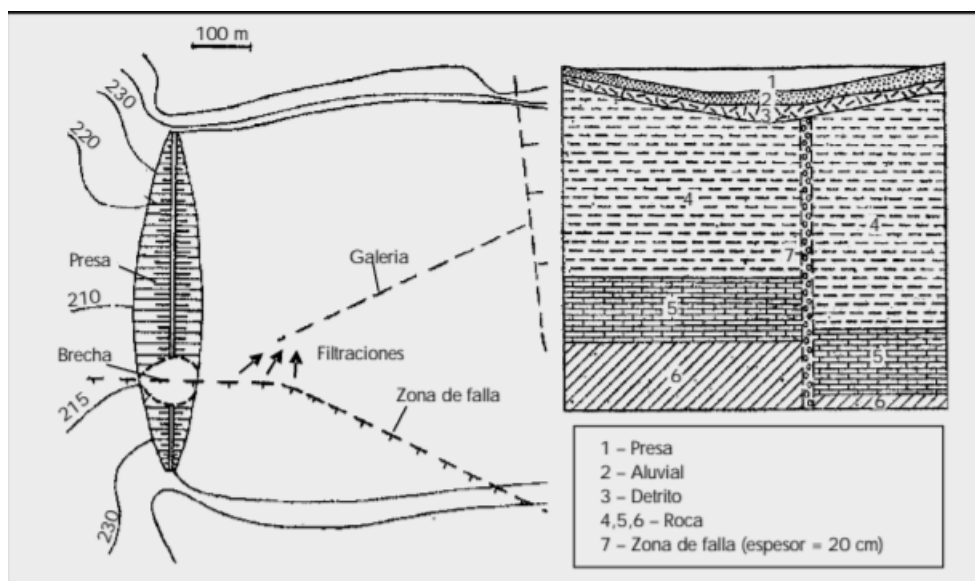


Figura 02. Falla de la presa de Iwiny (Polonia, 1976)

1.1.1 Casos de estudio

La compañía Minera Chungar S.A.C (CMCH) ubicada en la Región Pasco, Provincia de Pasco, Distrito de Huayllay una altura de 4600.0 msnm es administradora de las operaciones de la mina Animón que se dedica a la explotación de minerales polimetálicos de zinc, plomo, cobre y plata con una producción total de 5500 tpd.

En este caso la mina animon tiene proyectado realizar la sobreelevación de 14 m vertical a cota 4621 a 4631msnm para un promedio a 10 años para un relleno de volumen de relave de 7ml M3. Por el incremento de altura de la presa y el talud aguas abajo por su longitud horizontal afecta los sectores adyacentes al lado sur con la laguna huaroncocha y al lado oeste con la planta concentradora y límites de servidumbre con la comunidad campesina de Huayllay que esto ocasionado huelgas y paralizaciones a las operaciones mineras con grandes pérdidas económicas al país.

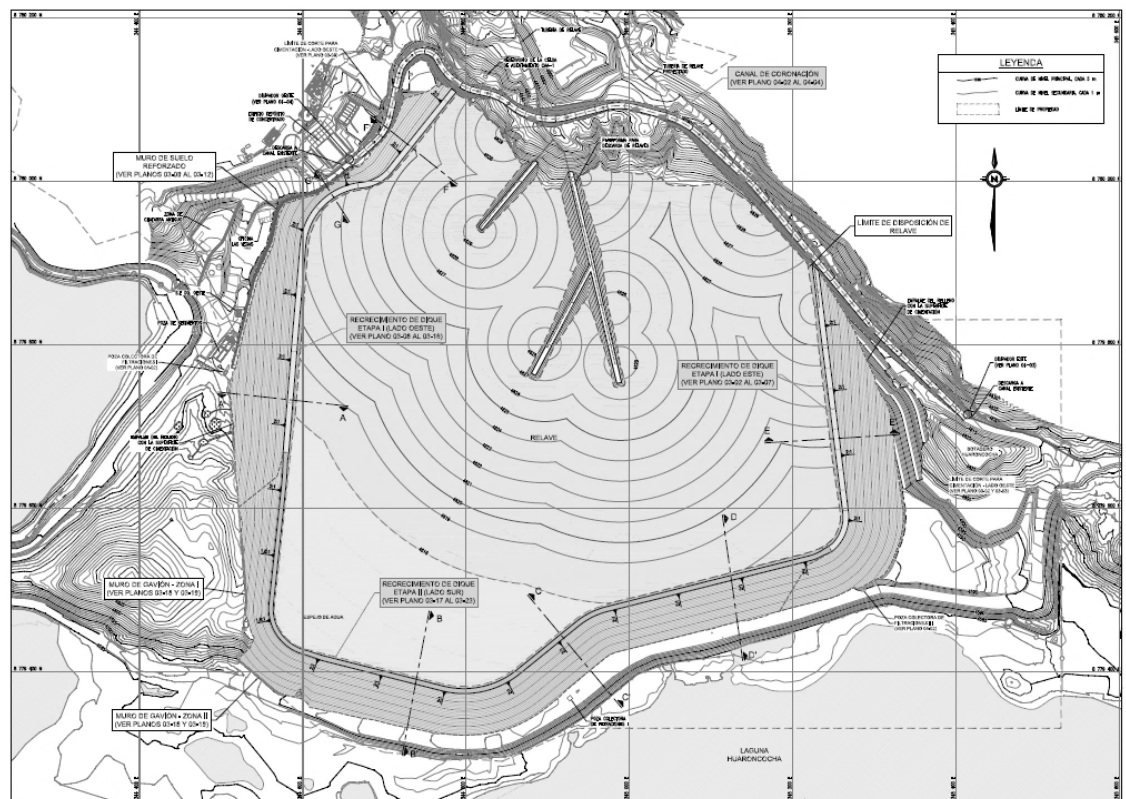


Figura 3. Planta general de la mina animon – Cía. Volcán zona afectada para el estudio

Fuente. Elaboración Propia

La causa de este problema son múltiples para este estudio, en este momento es el espacio reducido para la sobreelevación de la presa de relaves en la zona Sur ya que este se encuentra al costado de la laguna huaroncocha.

La consecuencia de la no ejecución de una sobre-elevación de la presa ocasionaría un desbordamiento por rebalse que ocasionaría delizaciomiento del talud aguas abajo y” la ruptura de la presa de tierra, en minería puede causar daños catastróficos incalculables al medio ambiente y a la economía del país”, como vemos en una gráfica estadística (figura 1) realizado por (Luciano oldecop, 2007).

Para poder realizar la sobreelevación de la presa de tierra con talud aguas bajo sin generar un gran impacto al medio ambiente y afectar la zona de la laguna huaroncocha y áreas de operaciones de la planta concentradora y áreas de servidumbre a la zona de influencia del proyecto una de las alternativas es la aplicación del tierra o suelo reforzado con geomalla.

1.1.2 Aplicación de suelo reforzado

La tierra reforzada moderna fue inventada y patentada por el arquitecto francés Henri Vidal en los años 1960s, y llegó a América en 1972. Originalmente se utilizaron láminas de acero como refuerzo pero con el tiempo el sistema ha ido evolucionando para incluir otro tipo de refuerzo, especialmente los geosintéticos (Geomallas y geotextiles tejidos).

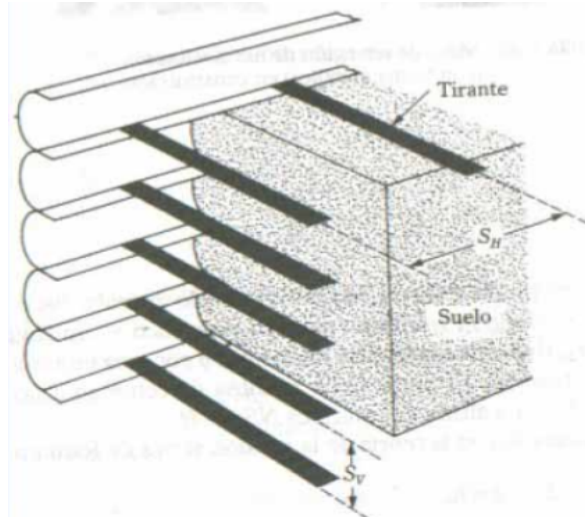


Figura 4. Tierra reforzada con plancha metálica

Los muros reforzados son sistemas compuestos de suelo compactado y elementos de refuerzo en tensión, su resistencia interna se debe principalmente al esfuerzo y externamente se diseñan como estructura masiva por gravedad, Son fáciles y sencillas de construir, utilizan suelo propio o de préstamo como su principal componente y pueden adaptarse fácilmente a la topografía del lugar del proyecto (Alonso, 2012) .

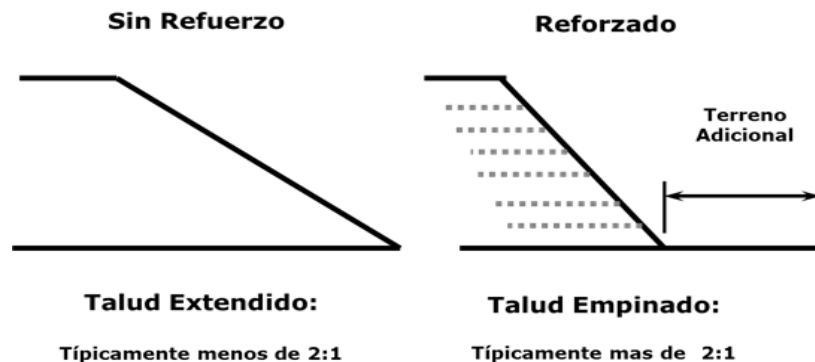


Figura 5.

Sección Tipia de Suelo reforzado

Una estructura de suelo reforzado consiste en la introducción de elementos resistentes a tracción convenientemente orientados, que aumentan la resistencia del suelo y disminuyen las deformaciones del macizo.

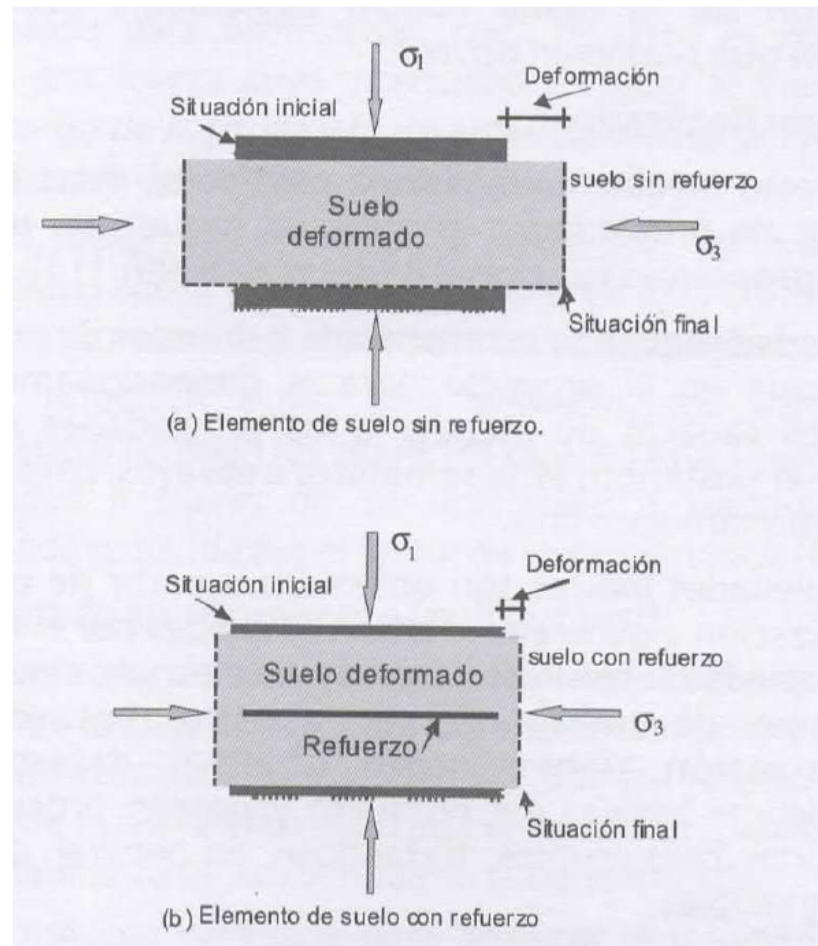


Figura 6. Deformaciones en elementos de suelo con y sin refuerzo.

Fuente: Manual de suelos reforzados (Macaferri, 2005)

La tesis titulada. **Comparación entre Muros de Suelo Reforzado con elementos extensibles y no extensibles** para obtener el grado de ingeniero civil (Areválo 2012): Indica queEl diseño de muros de suelo reforzado con elementos extensibles, se puede verificar que los elementos de refuerzo (Geomallas) están afectados por numerosos factores de reducción, los cuales reducen significativamente su resistencia a la tracción en un 72%, lo cual genera un mayor factor de seguridad para la estructura (Areválo pinedo, 2012). Los factores de reducción de resistencia no son otra cosa más que factores de incertidumbre, es por ello que los refuerzos

extensibles se encuentran más afectados por estos, ya que es muy difícil prever su comportamiento a largo plazo. Nos ayuda a entender los factores y esfuerzos del suelo reforzado.

(Andres Curriel, 2007)“Debido a las múltiples funciones y características en un muro de suelo reforzado permite lograr mayores pendientes reduciendo volumen de material de relleno optimizando espacios, obteniendo taludes mayores de 70°. Con la excelente capacidad de diseño a largo plazo, derivada a la alta resistencia a la deformación y bajas afectaciones que pudieran producirse en su instalación”.

Según (Andres Curriel, 2007)“Aplicando geosintéticos se presenta la posibilidad de diseñar muros de contención en suelo armado, constituidos por capas de material natural como relleno y refuerzos horizontales con geosintéticos, autoportantes por gravedad, establecen sí mismos como macizo y resistentes a las acciones externas de empuje, volteo y deslizamiento”. Nos ayuda a entender los resultados y el comportamiento.

La tesis titulada **Evaluación experimental de la capacidad de soporte de suelos reforzados con geomalla**, Para obtener el grado de ingeniero civil (Muñoz, 2009), Nos indica que Los resultados muestran que el uso de geomallas incrementa la capacidad de soporte última del suelo y reduce el asentamiento comparado con suelos sin reforzar y que los esfuerzos transmitidos al suelo debajo de un estrado reforzado es menor que aquel para un suelo sin refuerzo (Muñoz príncipe, 2009). También el esfuerzo registrado en la geomalla es un indicador de la contribución de las capas de geomalla a la resistencia del sistema de suelo reforzado y la inclusión de la geomalla como material de refuerzo en una masa de arena contribuye al incremento de la capacidad de soporte y a la disminución del asentamiento comparado con una masa de arena sin refuerzo (Muñoz príncipe, 2009). Las deformaciones desarrolladas a lo largo de la geomalla de refuerzo están directamente relacionadas con el asentamiento inducido debido a la aplicación de carga.

Los Factores principales que influyen en el valor de este coeficiente de rozamiento del suelo reforzado son el peso específico del relleno la geometría superficial de las armaduras y a la tensión vertical actuante (Mopu, 1989)

1.1.3 Aplicación de Geosintéticos de Malla Uniaxial, Biaxial en Muro Reforzado.

Son tiras de polímero y franjas fueron formadas en grillas, las primeras geomalla integrales fueron utilizadas a finales de 1970 y se emplearon por primera vez en diversas aplicaciones de 1980.

Las geomallas extruidas inicial desarrollado fueron dos

Tipos. Biaxial, Uniaxial.

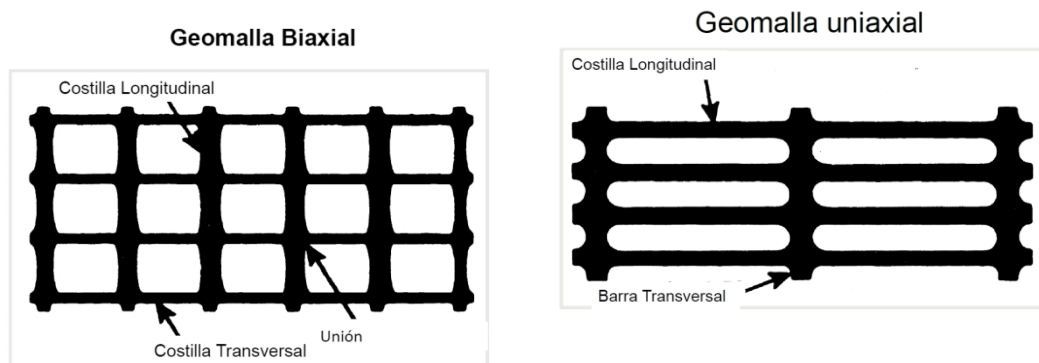


Figura 7. Tipos de geomalla estructural

Fuente: Manual de suelos reforzados (Macaferrri, 2005)

- Extruido: Formada por una lámina gruesa de polietileno o polipropileno la que es perforada y enlongada para crear aberturas e intensificar propiedades de ingeniería de nudos y costillas resultantes.
- Tejido: Tejido en base a polímeros, usualmente poliéster o polipropileno y tejido en una malla siguiendo un patrón para ser recubierto con una laca polimérica.
- Soldado: Fabricado por la fusión de la unión de tiras polímeras estas han demostrado un buen desempeño al ser comparada con otros tipos de aplicaciones de pavimento reforzado.

Los esfuerzos son transmitidos entre los geosintéticos y la masa del suelo por fricción ó por resistencia pasiva dependiendo de la geometría del elemento geosintéticos.

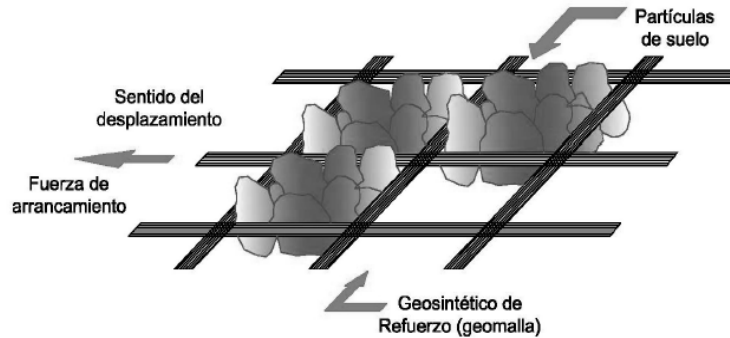


Figura 8. Entramado de la geomalla con las partículas

Fuente: (Geomatrix)

1.2 Formulación del problema

¿El espacio limitado en sobre-elevación de presa de relaves en minería impactaría las operaciones, la economía, el impacto social y ambiental?

1.3 Objetivo General

Plantear como propuesta en la sobre-elevación de la presa de relaves aplicando suelo reforzado con geosintéticos para brindar mayor capacidad de almacenamiento y determinar el aseguramiento de la estabilidad del talud evaluando los impactos ambientales, social, económico.

1.3.1 Objetivos específicos

- Analizar el sistema de suelo reforzado con geosintéticos en la sobre-elevación de la presa y evaluar el impacto ambiental, social, Económico.
- Analizar las técnicas y aplicaciones del suelo reforzado para la presa de tierra.
- Identificar los tipos de geomallas que se aplicaría a estos tipos de estructura de suelo reforzado.
- Identificar la aplicación del suelo reforzado en diferentes estructuras de similares proyectos.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

Tipo de investigación

No experimental, descriptivo, exploratorio sobre el uso y aplicación de tierra reforzada con geomalla.

Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

.En el caso de trabajos de investigación en ingeniería la información suele consignarse en la sección Materiales, instrumentos y métodos.

Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Se ha realizado investigaciones de uso y aplicación en diferentes ámbitos de la ing. Civil como la estabilización de taludes en presas, carreteras, viviendas, terraplenes.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

La aplicación del suelo reforzado en nuestra investigación en la sobre-elevación de la presa de relaves animon con taludes de 1V: 1.3H aguas arriba y aguas abajo en condición estática, la estabilidad global de la presa es mayor sería a 1.8 mayor de 1.5 del factor de seguridad mínimo requerido por el ministerio de energía y minas cumpliendo con la norma peruana (Minem, 1997).

Los Sistemas de suelo reforzado con geomalla es una tecnología que se está aplicando en gran medida a nivel mundial, ya que sus características técnicas económicas hacen de ésta solución una solución competente frente a las soluciones tradicionales y costosas como el concreto armado en muros.

Para la aplicación de suelo reforzado se deberá tomar en cuenta las características de cada proyecto para realizar los Diseños, tales como zona geográfica de sismo, nivel freático, condiciones de sobrecarga, tipo de material en sitio, Un estudio exhaustivo de la geología de la zona.

Los sistema se suelo reforzado con el sistema normal no hace un ahorro de 27.10% que además es un sistema de suelo reforzado estructural con geomalla Uniaxial el cual es una ahorro significativo.

Tabla 4

Comparación de precios de presa con suelo reforzado y presa con tierra normal

Descripción		Presa de Tierra con Talud 1V:2H				Presa de Tierra con Refuerzo 1V:1.3H			
		Und.	Metrado	Costo m ³ US\$	Total US\$	Und.	Metrado	Costo m ³ US\$	Total US\$
Terreno Compra propiedades									
EXPROPIACION DE TERRENO COMUNAL		m2	47.60	30.00	1.428.00	m2	12	30	360
Movimiento de Tierra									
EXCAVACION MASIVA EN SUELO (INC. ELIM D=10 KM)		m3	142.80	3.27	467.55	m3	36.00	3.27	117.87
RELLENADO DE MATERIAL NIVELANTE CIMENTACION (D=1 KM)		m3	142.80	9.18	1.311.41	m3	36.00	9.18	330.61
COLOCACION DE RELLENO Y COMPACTACION 0.35 CM - CANTIERA SIEMEN (D=22 KM)		m3	2.183.50	22.33	48.746.92	m3	1.450.00	22.33	32.378.50
Geosintéticos (Suministro e Instalación)									
SUMINISTRO E INSTALACION DE GEOMALLA UNIAJAL DE POLIETILENO D=1600		m2	0	0.00	0.00	m2	800.00	5.86	4.688.00
Total US\$ 51.953.88					Total US\$ 37.874.98				
% de ahorro 27.10%									

Comparación de Costo Con presa de tierra Normal y Presa de tierra con suelo reforzado en 1.0 Ancho por 50.82 mts altura

Sobreelevación de 14 mts

Fuente: Elaboración Propia

Fuente: Elaboracion Propia

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La aplicación del suelo reforzado en sobre-elevación de presas de relaves en espacios reducidos sería una alternativa de menor costo en diferencia a los muros de concreto armado.

La aplicación del suelo reforzado con geomalla en la sobre-elevación minimizaría el impacto ambiental, social, económico. Haciendo un sistema de instalación y construcción eco amigable con el medio ambiente.

En el mercado existen distintos tipos de geomalla Uniaxiales de diferentes marcas en nuestro Caso los expertos nos recomiendan para este tipo de estructura de presa debe ser geomalla Uniaxial UX 1600 de la marca Tensar por tener alta resistencia a la tensión al daño de la instalación y degradación química y biológica a largo plazo, que tiene propiedades de resinas de Polietileno de alta densidad (HDPE).

La aplicación del suelo reforzado se ha aplicado en nuestro país en puentes, Muros de tolvas de gruesos en minería, Pasos a desnivel en vías principales reemplazando al muro de concreto armado.

La aplicación del suelo reforzado genera un ahorro del 27.10% frente a construcciones tradicionales como el muro de concreto o talud en terreno por reposo.

REFERENCIAS

- Andres Curriel, A. F. (2007). Muro de contención en suelo reforzado. *Departamento tecnico - America T&S*, 97-110.
- Areválo pinedo, M. A. (2012). *Comparación entre Muros de Suelo Reforzado con elementos extensibles y no extensibles*. Lima: Tesis.
- Bebbington, A. (2005). *Minería, movimientos sociales y respuestas campesinas*. Lima: Centro peruano de estudios sociales.
- Carrillo, E. (2009). *Accidentes y fallasen presa de relaves*. Lima.
- de la torre sobrevilla, M. (2017). Lecciones aprendidas de las fallas de presa. *Comite Peruano de Grandes Presas*, 1-2.
- Geomatrix, s. (s.f.). *www.geomatrix.com.co*. Obtenido de <http://www.geomatrix.com.co>
- Macaferri, d. p. (2005). Guía técnica de Estructuras en suelo reforzado. Perú.
- Minem. (Agosto de 1997). Guia ambientalpara la estabilidad de taludes dedepositos de desechos solidos de mina. Lima.
- Mopu. (Enero 1989). Manual para el proyecto y ejecucion de estructura de suelo reforzado. *Tecnologia Carreteras Mopu*, 31.
- Muñoz principe, H. E. (2009). *Evaluacion experimental de la capacidad de soporte de suelo reforzado con geomalla*. Lima: MedLatam.
- Oldecop, L., & Rodriguez , R. (2007). *Liquefacción de los relaves mineros. Riesgo ambiental*. Argentina: Publicacion.

ANEXOS

Anexo n°1. Presa Ticlacayan – Pasco - Pasco



Fuente. UNI – Muros y suelo reforzado con geosintéticos - Dr. J Alva, M, Escalaya

Anexo n°2 .Presa Ticlacayan – Pasco - Pasco



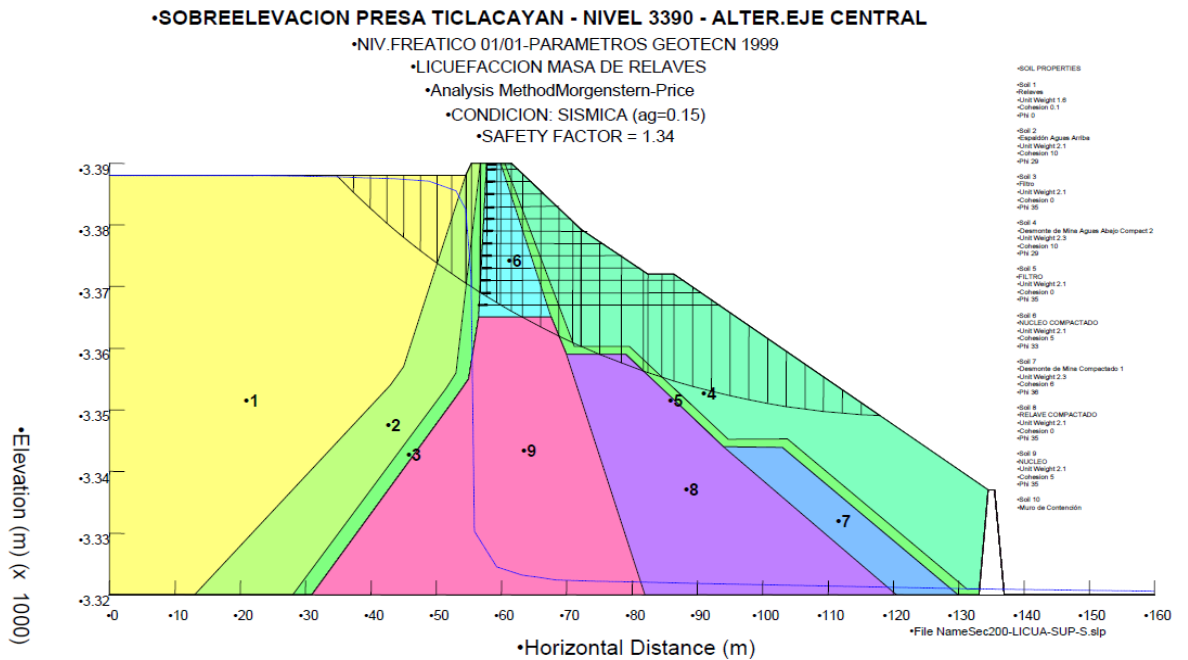
Fuente. UNI – Muros y suelo reforzado con geosinteticos - Dr. J Alva, M, Escalaya

Anexo n°3 .Presa Ticlacayan – Pasco - Pasco



Fuente. UNI – Muros y suelo reforzado con geosinteticos - Dr. J Alva, M, Escalaya

Anexo n°3 .Presa Ticlacayan – Pasco - Pasco



Fuente. UNI – Muros y suelo reforzado con geosinteticos - Dr. J Alva, M, Escalaya

